

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRARIAS

POSICIONAMENTO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NA
CULTURA DA MANDIOCA: SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE
CONTROLE

LUCAS MARAUS MAROSTICA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2024

POSICIONAMENTO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NA CULTURA DA MANDIOCA: SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE CONTROLE

Lucas Maraus Marostica

Orientador: Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva

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

Dourados
Mato Grosso do Sul
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586e MAROSTICA, Lucas Maraus
POSICIONAMENTO DE HERICIDAS PRÉ-EMERGENTES NA
CULURA DA MANDIOCA: SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE
CONTROLE [recurso eletrônico] / Lucas Maraus Marostica. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Paulo Vinícius Da Silva.

TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande
Dourados, 2024. Disponível no Repositório Institucional da UFGD
em:<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Amido. 2. Mandioca. 3. Fitotoxicidade. I. Silva, Paulo Vinicius Da. II.
Título.

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

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**POSICIONAMENTO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NA CULTURA DA
MANDIOCA: SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE CONTROLE**

Por

Lucas Maraus Marostica

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

Prof. Dr. Paulo Vinícius da Silva

Orientador – UFGD/FCA

Profa. Bruna Ferrari Schedenfeldt

Membro da Banca – UNESP/FCA

Prof. Dr. Elias Silva de Medeiros –

UFGD/FACET

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade e discernimento que me trouxeram até aqui, pela graça da vida e bençãos na minha trajetória de vida.

Aos meus pais e família, minha gratidão pelo amor, dedicação e apoio constantes, que me deram força ao longo dessa jornada. Mesmo à distância, nunca pouparam esforços para que eu pudesse chegar até este momento.

Agradeço a Isabela, minha namorada, por todo apoio no projeto, e com tudo que eu precisei, obrigado por estar sempre do meu lado e ter paciência comigo durante esses últimos anos.

Ao meu orientador, Dr. Paulo Vinicius da Silva, agradeço pela confiança depositada em meu trabalho, bem como pelas orientações que guiam não só minha formação acadêmica, mas também minha vida pessoal e profissional desde o início da graduação.

Aos integrantes do Grupo de Estudos de Plantas Daninhas (GEPLAD), minha profunda gratidão por todo o apoio na realização deste e de outros experimentos. Agradeço pela amizade e pelo suporte ao longo desses anos; espero ter contribuído para o grupo tanto quanto ele contribuiu e continua a contribuir para mim.

Agradeço ao Professor Dr. Elias Silva de Medeiros pela orientação e pelo apoio incansável nas análises estatísticas, que foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Finalmente, à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), agradeço pela oportunidade de cursar uma graduação e oportunidades como bolsa de iniciação científica durante a graduação, que me proporcionou grandes experiencias e oportunidades.

MAROSTICA, L. M. **Posicionamento de herbicidas pré-emergentes na cultura da mandioca: seletividade e eficácia de controle.** 2024. XX f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da grande Dourados, Dourados, 2024.

RESUMO

Visando se estabelecer altos patamares produtivos, na cultura da mandioca, o manejo de plantas daninhas, através de herbicidas pré-emergentes, surge como uma opção, sendo imprescindível assegurar a seletividade, algo que se torna difícil pelo reduzido número de herbicidas registrados para cultura. Logo, o objetivo deste trabalho foi analisar a eficácia e a seletividade de herbicidas pré-emergentes de diferentes mecanismos de ação aplicados na modalidade de plante e aplique no manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. O experimento foi conduzido em campo no município de Ivinhema-MS. Foram implantadas manivas da variedade IPR Paraguinha em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. O experimento contou com os seguintes tratamentos: ametrina (3000 g i.a. ha⁻¹); clomazone (1750 g i.a. ha⁻¹); fluzioxazina (125g i.a. ha⁻¹); s-metolaclo (1920 g i.a. ha⁻¹); pyroxasulfona (200 g i.a. ha⁻¹); isoxoflutole (93,75 g i.a. ha⁻¹); metribuzim (1890 g i.a. ha⁻¹); diuron (2400g i.a. ha⁻¹); metribuzim + clomazone (373,4+1570,32 g i.a. ha⁻¹); ametrina + clomazone (1500+1570,32 g i.a. ha⁻¹); pyroxasulfona+flumioxazina (120+80 g i.a. ha⁻¹); flumioxazina+s-metolaclo (63+1260 g i.a. ha⁻¹); sulfentrazone (600 g i.a. ha⁻¹) além de duas testemunhas sem aplicação de herbicidas, a primeira capinada e a segunda absoluta. Aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência – DAE, foram realizadas avaliações de fitointoxicação, controle, número de plantulas, altura da cultura, diâmetro de caule e clorofila. Após dez meses, realizou-se produtividade e quantificação de amido no programa ImageJ. Todas as análises estatísticas foram feitas no software R com Análise de Deviance, foram adotados modelos GAMLSS com diferentes distribuições e funções de ligação, dependendo da variável estudada. Os efeitos de Tratamento, Período e sua interação foram avaliados pelo teste F, e os resultados foram apresentados em *caterpillar plots* para facilitar a comparação visual dos tratamentos. Aos 35 DAE o tratamento que apresentou maior fitotoxicidade foi o sulfentrazone (próximo a 20%). Já quando avaliado o controle, pode-se observar que o herbicida s-metolaclo isolado possuiu a menor eficácia entre todos os tratamentos, sendo essa de 30%. Não houve diferença significativa quando observado os índices de clorofila. Vale ressaltar, ainda, que a ametrina mesmo com expressiva fitotoxicidade inicial, figurou entre as maiores produtividades. Portanto, podemos concluir que a utilização de ametrina e ametrina+clomazone, dentre os herbicidas registrados, obtiveram os melhores resultados de controle. Já para os herbicidas não registrados, destaca-se o metribuzim e flumioxazina + s-metolaclo, os quais demonstraram eficiência de controle. O posicionamento de herbicidas pré-emergentes para a cultura da mandioca é uma modalidade viável e essencial no manejo de plantas daninhas.

Palavras-chave: Amido; Cassava; Fitotoxicidade.

ABSTRACT

Aiming to establish greater production levels, in cassava's crop, the weeds management through pre-emergence herbicides emerges as an option, while its essential to secure its selectivity to the crop, something that is difficulted by the lack of registered herbicides for this crop. Therefore, the purpose of this work was to evaluate the efficacy and selectivity of pre-emergence herbicides with different mechanisms of action applied in the sow-apply modality in cassava's crop weed management. The experiment was conducted at the city of Ivinhema-MS with the following geographical coordinates: 22°21'36'' of latitude south and 53°35'31'' of longitude west, with an altitude of 327. The predominant weather and soil in the region is Cwa and red-yellow latosol respectively. It was implanted variety IPR Paraguainha manioc in experimental design of casualized blocks with four repetitions. The experiment was constituted by the following treatments: ametrin (3000g a.i.ha⁻¹); clomazone (1750g a.i.ha⁻¹), flumioxazin (125g a.i.ha⁻¹), s-metolachlor (1920g a.i.ha⁻¹), pyroxasulfone (200g a.i.ha⁻¹), isoxaflutol (93,75g a.i.ha⁻¹), metribuzin (1890g a.i.ha⁻¹), diuron (2400g a.i.ha⁻¹), metribuzin + clomazone (373,4 + 1570,32g a.i.ha⁻¹), ametrin + clomazone (1500 + 1570,32g a.i.ha⁻¹), pyroxasulfone + flumioxazin (120 + 80g a.i.ha⁻¹), flumioxazin + s-metolachlor (63 + 1260g a.i.ha⁻¹), sulfentrazone (600g a.i.ha⁻¹), besides two witness with no herbicide application, the first one with weeding and the second one without it. At 7, 14, 21, 28 and 35 days after the emergence (DAE), it was conducted phytotoxicity evaluations, control, number of plants, crop's height, stalk diameter and chlorophyll. After 10 months, it was evaluated yield and starch levels through ImageJ[®] program. All statistical analysis was conducted through R's software with Deviance analysis and Tukey's test. All statistical analyses were performed using R software with Deviance Analysis. GAMLSS models with different distributions and link functions were adopted, depending on the variable studied. The effects of Treatment, Period and their interaction were evaluated by the F test, and the results were presented in caterpillar plots to facilitate visual comparison of treatments. At 35 DAE, the treatment sulfentrazone presented the highest levels of phytotoxicity (next to 20%). When evaluated control, it was possible to notice that s-metolachlor when applied alone, provided less efficacy among all treatments with control levels next to 30%. There was no significant difference when evaluated the chlorophyll levels. It's worth to notice that ametrin, although presented expressive initial phytotoxicity, figured among the highest yields. Therefore, the positioning of ametrin + clomazone, among the registered herbicides, obtained the best control results. For the non-registered herbicides, it's highlighted the use of metribuzin and flumioxazin + s-metolachlor, which showed control's efficiency. The positioning of pre-emergence herbicides for cassava's crop is a viable modality and essential in weeds management.

Key – Words: Starch, Cassava; Phytotoxicity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura média, umidade relativa do ar, e índice pluviométrico durante o período de condução do experimento do período de 01 de setembro de 2023 a 30 de novembro de 2023.....	20
Figura 2. Imagens retiradas das raízes de mandioca cortadas horizontalmente para quantificação do teor de amido.....	24
Figura 3. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado fitotoxicidade.....	26
Figura 4. Ajuste da regressão Beta com função de ligação logit para a Fitotoxicidade em relação aos DAE.....	27
Figura 5. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas (a) e o ajuste da regressão Beta com função de ligação logit (b), quando avaliado o controle.....	28
Figura 6. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas (a) e o ajuste da regressão Normal (b), quando avaliado a clorofila.....	29
Figura 7. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado o Diâmetro.....	30
Figura 8. Ajuste da regressão Gumbel com função de ligação log para o Diâmetro em relação aos DAE.....	32
Figura 9. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado a Altura.....	33
Figura 10. Ajuste da regressão Gumbel com função de ligação log para o Altura em relação aos DAE.....	34
Figura 11. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado amido	35
Figura 12. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado a produtividade.....	36
Figura 13. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado diâmetro (a) e comprimento (b) de raiz	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo no local do experimento em profundidade de 0-20 cm.....	21
Tabela 2. Lista de tratamentos de herbicidas pré-emergência a serem aplicados e suas respectivas doses utilizadas	22

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 PANORAMA ECONÔMICO E DE PRODUÇÃO DE MANDIOCA, ASPECTO NACIONAL E INTERNACIONAL	14
3.2 A TECNIFICAÇÃO DA CULTURA DA MANDIOCA E DIFUSÃO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS, PERSPECTIVAS E DESAFIOS	15
3.3 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA MANDIOCA	17
3.3.1 HERBICIDAS REGISTRADOS E O SEU POSICIONAMENTO EM CAMPO E O SEUS IMPACTOS	18
3.3.2 IMPACTO DOS HERBICIDAS NA FISIOLOGIA DA MANDIOCA, PRODUÇÃO E QUANTIDADE DE AMIDO	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	21
3.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	22
3.3 AVALIAÇÕES DE FITOTOXICIDADE E BIOMÉTRICAS NO MANDIOCA	24
3.4 AVALIAÇÃO DE CLOROFILA	25
3.5 TEOR DE AMIDO	25
3.6 PRODUTIVIDADE	26
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
5 RESULTADOS	28
5.1. FITOTOXICIDADE	28
5.2. CONTROLE	29
5.3. CLOROFILA	30
5.4. DIÂMETRO DE CAULE	31
5.5. ALTURA DE PLANTA	34
5.6. TEOR DE AMIDO	37

	11
5.7. PRODUTIVIDADE	37
5.8. DIÂMETRO E COMPRIMENTO DE RAIZ	38
7 CONCLUSÕES	43
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1. INTRODUÇÃO

A produção de mandioca se destaca no continente africano e regiões tropicais, a exemplo do Brasil, o qual se apresenta como o quarto maior produtor mundial dessa cultura, produzindo mais de 18 milhões de toneladas de acordo com o último levantamento feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2024). A mandioca é uma planta rústica, que possui poucas exigências em fertilidade do solo, sendo considerada em muitos países um produto base para alimentação humana e animal (Ponce; Ribeiro; Telles, 2020). É uma cultura que se adapta a diferentes condições climáticas, como a do estado de Mato Grosso do Sul, no qual durante sua época de plantio a temperatura média se encontra abaixo de 20° C e precipitação acumulada menor que 150 mm, e após o plantio, se observa o aumento das temperaturas médias e pluviosidade. Esse cenário observado se torna preocupante uma vez que se torna muito favorável à emergência e desenvolvimento de plantas daninhas (Souza *et al.*, 2023).

Dessa forma, para boas produções, se torna necessário fazer um manejo eficaz de plantas daninhas, visando um controle superior a 80%, visto que o manejo inadequado resulta em competição por água, luz e nutrientes com a cultura da mandioca, resultando em perdas de produtividade (Hasan *et al.*, 2021). Dentro dos métodos de controle, o mais utilizado é o controle químico, através da utilização de herbicidas, proporcionando eficácia de controle e redução de mão de obra e custos (Fontes; Oliveira; Morais, 2021). A utilização de herbicidas traz consigo benefícios significativos, tais como maior rendimento operacional, eficácia no controle de plantas daninhas e menor custo se comparado ao controle mecânico (Santiago *et al.*, 2020).

Dentre as opções de herbicidas disponíveis para controlar plantas daninhas, o posicionamento de pré-emergentes surge como uma opção viável e eficaz para o sistema de cultivo de mandioca. Esses herbicidas são aplicados antes das plantas daninhas e da cultura emergirem, e tem como uma das principais vantagens a redução da competição entre as plantas daninhas e a cultura durante o período crítico de infestação (Sanchotene *et al.*, 2017). Esses herbicidas apresentam efeitos residuais que permitem o desenvolvimento inicial da cultura sem a interferência de plantas daninhas, e assim, retardam a incidência de novos fluxos de germinativos após a emergência da cultura. O que facilita o manejo da cultura em pós-emergência e, consequentemente a redução de custos com operações na cadeia produtiva, visto que se torna mais escasso as opções de herbicidas liberados para aplicação em pós emergência da cultura (Rizzardi; Rockenbach; Schneider, 2020; Guerra *et al.*, 2020).

O controle em pós-emergência da cultura é convencionalmente feito por dois métodos: controle mecânico, através de capinas manuais, ou por meio de controle químico, no entanto, seu uso é restringido a dois grupo de herbicidas registrados para a cultura (Machado Filho, 2020). No qual o uso é especificamente através de herbicidas inibidores da ACCase, como cletodim e haloxifop no controle de plantas daninhas de folha fina e apenas a carfentrazone para controle de plantas daninhas de folha larga, que é um inibidor da PROTOX (Agrofit, 2024).

Diante desse cenário, se tem a importância do uso de pré-emergentes, onde o posicionamento desses herbicidas, a seletividade é de suma importância, pois se a cultura for sensível ao herbicida aplicado, surgirão sintomas fitotóxicos e, que poderá resultar na perda de produtividade (Soares, 2019). Nesse contexto, o conhecimento acerca da seletividade de herbicidas na cultura da mandioca é fundamental (Rajak *et al.*, 2023). Assim, quando seletivos, herbicidas pré-emergentes podem resultar em ganhos de produtividade para a cultura da mandioca e consequentes ganhos econômicos (Ekeleme *et al.*, 2020).

A cultura da mandioca é considerada uma cultura com suporte fitossanitário insuficiente (Ibama, 2024), que consiste em um número reduzido de ingredientes ativos de herbicidas registrados, contando com apenas dez atualmente, o que dificulta a implementação de programas eficientes de manejo de plantas daninhas (Agrofit, 2024). Dessa forma, tornam-se válidos estudos acerca da eficácia e seletividade de herbicidas pré-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura da mandioca afim de obter-se melhores índices produtivos.

2 OBJETIVOS

O trabalho buscou avaliar o posicionamento de herbicidas pré-emergentes registrados e não registrados aplicados no sistema plante e aplique para controle de plantas daninhas na cultura da mandioca. Através dos seguintes objetivos específicos:

- (a) Avaliar a seletividade de diferentes tratamentos de herbicidas pré-emergentes na cultura da mandioca.
- (b) Avaliar a eficácia de controle de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninha.
- (c) Avaliar a interferência dos herbicidas pré-emergentes no acúmulo de amido e produtividade da cultura da mandioca.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PANORAMA ECONÔMICO E DE PRODUÇÃO DE MANDIOCA, ASPECTO NACIONAL E INTERNACIONAL

A cultura da mandioca está presente em mais de 100 países. Ela é utilizada como matéria prima para produção de diversos produtos, na alimentação animal e humana, constituinte da cesta básica por estar na composição de diversos produtos. Pela diversidade de uso, é utilizada em programas de redução da fome, principalmente nas regiões mais pobres do mundo. Dessa forma, órgãos como a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), vem alertando para a necessidade de aumentar a produção de alimentos básicos, dentre eles a mandioca (Groxko & Pereira, 2022).

O aumento expressivo da população mundial associado à disponibilidade limitada de recursos demandou a busca por alimentos que permitam melhor oferta de mercado (Bahar *et al.*, 2020). Assim, a cultura da mandioca se posicionou como uma alternativa viável de produção permitindo a redução da insegurança alimentar, da fome e da pobreza (Tomlins *et al.*, 2021). Fato esse que pode ser associado ao continente africano, que passa por grandes dificuldades, e a ainda são referências na produção de mandioca, visto que é cultura de grande importância socioeconômica no continente. Onde os principais produtores da cultura são a Nigéria, República Democrática do Congo e Gana. Nas últimas décadas, o cultivo de mandioca vem crescendo anualmente e tornando a mandioca um alimento de segurança nacional. Onde a produção passou de 40 milhões para 192 milhões de toneladas nos últimos 50 anos (Groxko & Pereira, 2022).

No continente Asiático, a cultura da mandioca vem atingindo um grau tecnológico mais avançado, diferentemente do continente Africano, onde a produção é baixa e com escassez de tecnologias. A Tailândia e Indonésia são os principais países asiáticos responsáveis pela produção de mandioca, os quais apresentam grandes construções de indústrias nos últimos anos, fator determinante para que a Tailândia represente o país com maior exportação de mandioca e seus derivados (Groxko & Pereira, 2022).

Nesse contexto, em cenário nacional, o Brasil apresenta atualmente a quarta maior área cultivada do mundo, totalizando 1,24 milhões de hectares destinados à produção de mandioca. No quesito produção, o Brasil está na quinta colocação mundial com 19,13 milhões de toneladas e vem ganhando destaque na produção da cultura, apresentando um aumento de 2,5% no ano de 2023 em relação à safra passada, fato este, que se deve principalmente ao aumento de área

cultivada, que apresentou crescimento de 2,2%, além de estimar-se um aumento de 1,43% de produtividade nas áreas (Conab, 2024).

Ao analisar a cultura da mandioca, é essencial considerar as especificidades territoriais dessa produção. A produção brasileira de mandioca está concentrada em dois estados: Pará, na região Norte, e Paraná, no Sul do Brasil. O Pará possui a maior área cultivada, predominantemente em sistemas de produção familiar, com a principal finalidade de fabricação de farinha para o consumo local. A farinha é um alimento básico na região, gerando uma demanda significativa e conferindo à produção de raízes uma dinâmica própria. Em 2024, o estado deverá responder por 20% da produção nacional de mandioca (Conab, 2024)

Por outro lado, o Paraná apresenta uma dinâmica produtiva distinta. A maior parte da produção paranaense destina-se à fabricação de fécula, e as áreas cultivadas são caracterizadas por uma agricultura de maior tecnologia, resultando em uma produtividade quase o dobro da do Pará. Além disso, as estimativas indicam um aumento na produção paranaense, em contraste com a tendência de outros estados (Conab, 2024). Em 2024, segundo o IBGE, o Paraná deverá produzir 19,82% da produção brasileira de raízes, comparado a 17,62% no ano anterior, em uma área de 139.600 hectares. O Paraná é um importante produtor de fécula e desempenha um papel crucial no fornecimento de farinha para a região Nordeste.

O Mato Grosso do Sul produziu em 2023 cerca de 1.156.934 toneladas de mandioca em uma área de 52.064 hectares, tendo como rendimento médio cerca de 22.221 Kg por hectare. A produção no estado está mais concentrada na região sul do estado, tendo grande produção no Vale do Ivinhema e na região de Itaquiraí, o qual foi o município mais produtivo do estado em 2023 (Ibge, 2024).

3.2 A TECNIFICAÇÃO DA CULTURA DA MANDIOCA E DIFUSÃO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS, PERSPECTIVAS E DESAFIOS

O cultivo de mandioca vem sendo cultivado na maioria de forma intensiva, onde muitas dessas áreas usam pouca tecnificação. Esse comportamento é motivado pela crescente busca por alimentos, estimulando maiores produções de alimentos, resultando na aplicação de técnicas de produção agrícola, facilitando a produção e incrementando a produtividade. Outro fator que possibilita o aumento de produção é o fato que a mandioca não possui grandes exigências em relação à fertilidade do solo, tolerância à presença de alumínio e a estresses hídricos (Silva *et al.*, 2022). No entanto a infestação de patógenos, pragas e plantas daninhas,

pode culminar em expressivas perdas de produtividade, necessitando na utilização de variedades melhoradas geneticamente e de tecnologias como irrigação, inseticidas e agrotóxicos (Emrich; Luppi; Saldanha, 2021).

A caracterização das variedades de mandioca pode ser feita por meio de caracteres agronômicos, morfológicos e análises moleculares do DNA. Em campo, os agricultores identificam as variedades com base nas características morfológicas das raízes, da parte aérea e pelo uso, seja para consumo in natura ou para produção de farinha. Um critério bastante utilizado por agricultores, é a classificação das variedades segundo a concentração de ácido cianídrico, dividindo-as em mandioca brava (destinada à fabricação de farinha) e mandioca mansa (consumida in natura, tanto por humanos quanto em alimentação de animais domésticos) (Azevedo *et al.*, 2023).

Observando os cenários atuais e futuros, representantes da cadeia produtiva têm solicitado soluções de pesquisa, especialmente no desenvolvimento de novas cultivares que apresentem características vantajosas, como alta produtividade de raízes e amido, estabilidade de comportamento, tolerância e resistência às principais doenças e pragas, além de uma arquitetura que facilite o plantio mecanizado e os cuidados culturais. Ainda em fase de testes, os programas de melhoramento genético das instituições públicas têm oferecido algumas soluções. (Rangel; Ringenberg, 2021).

No Brasil, existem bancos que preservam o germoplasma da mandioca, como o localizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia, e o Instituto Agrônomo em Campinas (Iac, São Paulo), que conservam cerca de quatro mil genótipos do gênero *Manihot* (Azevedo *et al.*, 2023). A Embrapa, lançou duas variedades voltadas para o processamento industrial de amido e farinha: BRS CS01 (BRS, 2016) e BRS 420 (BRS, 2020). Ambas possuem características como ciclo precoce, permitindo a colheita no primeiro ciclo, mas também são opções viáveis caso a colheita ocorra no segundo ciclo. Uma característica relevante dessas variedades é a adequação ao cultivo em plantio direto, uma prática conservacionista que vem sendo cada vez mais adotada no Centro-Sul do Brasil (Rangel; Ringenberg, 2021).

Em 2013, a EMBRAPA Mandioca e Fruticultura lançou o projeto RENIVA – Rede de Multiplicação e Transferência de Materiais Propagativos de Mandioca com Qualidade Genética e Fitossanitária, que tem como objetivo criar uma rede de multiplicação de se manivas-sementes com garantia de qualidade genética e fitossanitária de manivas de mandioca entre agricultores familiares e grandes produtores (Embrapa, 2023).

O programa consta em identificar as variedades mais utilizadas, produtivas e que tem melhor desempenho contra pragas, realizar a indexação dessas plantas, e realizar a multiplicação do material. Proporcionando a oportunidade de criação de produtores especializados no processo, e beneficiando os produtores com tecnificação em boas práticas de produção e seleção do material adaptadas para a realidade do produtor. Esses que virão a proporcionar a propagação do material com qualidade e segurança genética em uma maior dimensão (Souza & Kalid, 2022).

Alguns produtores ainda tem deficiências na parte de capacitação técnica, o que pode vir a comprometer a produtividade, visto que por ser uma cultura com maior rusticidade, frequentemente é observado o negligenciamento de tratos culturais (Azevedo *et al.*, 2023). Como por exemplo, o manejo de plantas daninhas, que mediante a mato-competição, resulta em perda de potencial produtivo. Somando-se a isso, também existe a falta de informação associada a infestação de vários ciclos de plantas daninhas durante o ciclo da cultura da mandioca, a qual em virtude da sua arquitetura em forma de copa, culmina em solo exposto a luz, na maior parte do desenvolvimento da cultura, além disso deve-se destacar que essa cultura apresenta crescimento inicial lento, favorecendo o estabelecimento e desenvolvimento de plantas daninhas (Junior *et al.*, 2021).

3.3 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA MANDIOCA

A definição de plantas daninhas, as quais podem ser descritas como qualquer planta que se desenvolve em um local não desejado, podendo vir a interferir no desenvolvimento da cultura de interesse agrônomo, gerando prejuízos através da redução de produtividade e qualidade do produto final (Lacerda *et al.*, 2021). Um adequado manejo de plantas daninhas inicia-se pela correta identificação das espécies, estágio de desenvolvimento, além da densidade e frequência (Razfar *et al.*, 2022). No Brasil, existe a ocorrência de diferentes espécies que pode vir a prejudicar o desenvolvimento da mandioca, algumas espécies são vista com maior frequência e maior número em certas regiões, o que torna as principais plantas daninhas da cultura (Soares *et al.*, 2019).

As principais plantas daninhas que ocorrem no Brasil e que ocasionam maiores problemas para a mandiocultura são as dicotiledôneas, como corda-de-viola (*Ipomoea purpurea*), amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) e buva (*Conyza spp.*). Entretanto também são encontrados espécies monocotiledôneas de difícil controle, como a trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*). Quando cultivada a cultura em áreas

que anteriormente eram pastagens, plantas do gênero *Urochloa spp.* se tornam problemáticas (Peressin *et al.*, 2022).

O controle de plantas daninhas engloba todas as práticas que visam reduzir as infestações. O grau de controle das plantas daninhas depende das características das espécies de e da eficácia dos métodos de controle empregados. Nos cultivos de mandioca e outros, há diferentes opções para controlar as plantas daninhas. A busca por métodos culturais, como selecionar genótipos vigorosos e competitivos, usar coberturas mortas ou vivas, plantio direto, plantio com espaçamento correto e mandioca em fileiras duplas e cultivos intercalares, tem aumentado. Além disso, o controle mecânico tem sido utilizado através de capinas manuais, cultivadores de tração animal ou mecanizados (Peressin *et al.*, 2022).

Por outro lado, o controle químico tem sido mais enfatizado nos últimos anos, devido à crescente escassez de mão de obra no campo, o que torna o controle químico cada vez mais importante. Em geral, todos esses sistemas têm sido utilizados de forma integrada para controlar plantas daninhas na cultura da mandioca. A intensidade de adoção de cada prática de controle pode variar de acordo com a disponibilidade de mão de obra e capital do agricultor. (Peressin *et al.*, 2022).

3.3.1 HERBICIDAS REGISTRADOS E O SEU POSICIONAMENTO EM CAMPO E O SEUS IMAPCTOS

De acordo com o Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários e a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, no Brasil, para a cultura da mandioca estão registrados apenas dez princípios ativos, dentre os registrados para aplicação em pré-emergência são ametrina, clomazona, flumioxazina, isoxaflutol, metribuzim e s-metolacoloro (Agrofit, 2024; Adapar, 2023).

A ametrina é um herbicida do grupo S-triazina que atua principalmente inibindo o fotossistema I. Tem a capacidade de ser absorvido pelo solo em baixas quantidades (K_{oc} de 3,45; K_d de 5,69, meia-vida de 53,2 dias) e por ser altamente solúvel em água (200 mg.L^{-1}), possui alta mobilidade no meio ambiente (com um potencial de lixiviação de 6,94) e é altamente persistente tanto na água quanto no solo (Grott *et al.*, 2022).

O clomazone é um herbicida seletivo sistêmico que pertence ao grupo isoxazolidinona, que atua na inibição da síntese de carotenoides, é amplamente utilizado para combater ervas daninhas de folhas largas. Esse herbicida pode acabar no solo de várias formas e sua persistência pode variar de aproximadamente 9 a 195 dias (Rong *et al.*, 2021). Nos últimos, o clomazone

ganhou uma nova tecnologia, que é a liberação gradual dos ingredientes ativos por meio de formulações em cápsulas. Essas formulações apresentam vantagens significativas em relação aos concentrados emulsionáveis (EC) convencionais. A parede das cápsulas protege o ingrediente ativo dissolvido em uma pequena quantidade de solvente orgânico, evitando sua volatilização e outros processos indesejados. A taxa de liberação pode ser controlada ao variar o tamanho das partículas, a espessura da parede e a porosidade da mesma (Stevanovic, 2021).

O flumioxazin é um produto inibidor da PROTOX, seletivo e não sistêmico, sendo utilizado em pré e pós-emergência para controle de plantas daninhas em culturas como algodão, batata, café, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, milho e soja. O flumioxazin é um herbicida não-iónico, com baixa solubilidade em água ($1,79 \text{ mg L}^{-1}$ a 25°C) e pressão de vapor ($2,41 \times 10^{-6} \text{ mm Hg}$ a 22°C), o que indica um baixo potencial de volatilização. No solo, sua meia-vida é de 21,9 dias e sua degradação ocorre por hidrólise e atividade microbiana. Essas características conferem baixo risco de lixiviação e mobilidade no solo. Além disso, devido ao seu alto Kow ($2,25$ a 20°C), o flumioxazin pode ter alta adsorção em materiais altamente lipofílicos, como os resíduos de culturas (Da Silva, 2020).

O isoxaflutole tem a capacidade de inibir a enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (HPPD), o que resulta em um sintoma característico nas plantas, o branqueamento das folhas. Além disso, ele possui alta mobilidade no solo (Carbonari, 2020). E solubilidade em água de $6,2 \text{ }\mu\text{g/mL}$ (20°C) e sua meia-vida varia de 3,2 horas a 11 dias, dependendo da temperatura e pH (Lázár, 2023).

O Metribuzin, também conhecido como 4-amino-6-terc-butil-3-metilsulfanil-1,2,4-triazin-5-ona, é amplamente utilizado como herbicida para controlar plantas daninhas de folhas largas e gramíneas. Sua ação está relacionada à interferência no transporte de elétrons do fotossistema II nos cloroplastos das plantas. Estudos atuais indicam que o Metribuzin apresenta baixa sorção no solo devido ao coeficiente octanol-água Kow ($1,70$), o que sugere uma alta mobilidade. Por isso, há um alto risco de lixiviação (Cara, *et al.*, 2021).

O S-metolacloro pode ser utilizado tanto em pré-emergência como incorporado antes do plantio para controlar várias plantas de folhas largas e estreitas. Este herbicida atua inibindo a síntese de ácidos graxos de cadeia longa, o que limita o crescimento de raízes e brotos de mudas. Pertencente à classe química das acetamidas, o s-metolacloro é uma molécula não ionizável, com meia-vida no solo que varia de 6 a 100 dias, dependendo das condições ambientais. Suas características físico-químicas incluem solubilidade em água de 480 mg L^{-1} , pressão de vapor de $3,7 \text{ mPa}$ a 20°C , Koc de 200 L kg^{-1} e Kow de $3,05$ a 25°C . Sua degradação no solo está diretamente ligada à atividade microbiológica (Do Carmo, 2023).

Deve-se ressaltar que a escassez de produtos registrados para a cultura da mandioca leva ao posicionamento de produtos não registrados sobre a cultura, ou ainda, na aplicação de produtos comumente posicionados porém em doses superiores – como atrazina, diuron e s-metolaclo-ro – o que leva não só a uma maior pressão de seleção para biótipos resistentes, mas também a um maior custo de produção para o produtor (Ekeleme *et al.*, 2020).

3.3.2 IMPACTO DOS HERBICIDAS NA FISILOGIA DA MANDIOCA, PRODUÇÃO E QUANTIDADE DE AMIDO

A utilização de herbicidas no sistema de cultivo da mandioca vem aumentando a cada dia, entretanto se tem pouco conhecimento sobre os efeitos que os herbicidas podem causar no processo fisiológico da cultura (Santos *et al.*, 2022). Estudos demonstram que alguns herbicidas se tornam tóxicos ao ecossistema por uso inadequado, podendo causar danos tanto a saúde humana quanto das plantas (Enyong, 2021). Como Onasanya *et al.*, (2021) relata em seu estudo que o uso de herbicidas em áreas sem revolvimento do solo diminuiu o rendimento da cultura, quando se comparado a área sem utilização de herbicidas. Da Silva *et al.*, (2021) relata que o uso de saflufenacil quando usado na dessecação de babata reduz o teor de amido.

Costa *et al.*, (2020) ao estudar estratégias de controle químico em mandioca, obteve resultados onde a aplicação de clomazone e s-metolaclo-ro isolados e mistura de clomazone + s-metolaclo-ro na pré-emergência resultou em redução de produtividade e decréscimo na produção de amido em comparação com a testemunha. Entretanto Santiago *et al.*, (2020) não obteve diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha sem aplicação de herbicidas ao avaliar teor de amido na cultura da mandioca.

4 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido a campo, entre o período de 22 de setembro de 2023 a 30 de setembro de 2024, no Sítio Ipanema, que está localizado no distrito de Amandina pertencente ao município de Ivinhema no estado de Mato Grosso do Sul, com as seguintes coordenadas geográficas: 22° 21' 36'' de latitude sul e 53° 35' 31'' de longitude oeste, com altitude de 327m. O clima predominante na região é caracterizado por verão com altas temperaturas e ocorrência de precipitações, enquanto no inverno predomina temperaturas mais baixas e ausência de chuvas, o que é característico de um clima Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) segundo a classificação climática de Köppen (Fietz *et al.*, 2017). Na Figura 1 está descrita as condições climáticas durante a condução do experimento.

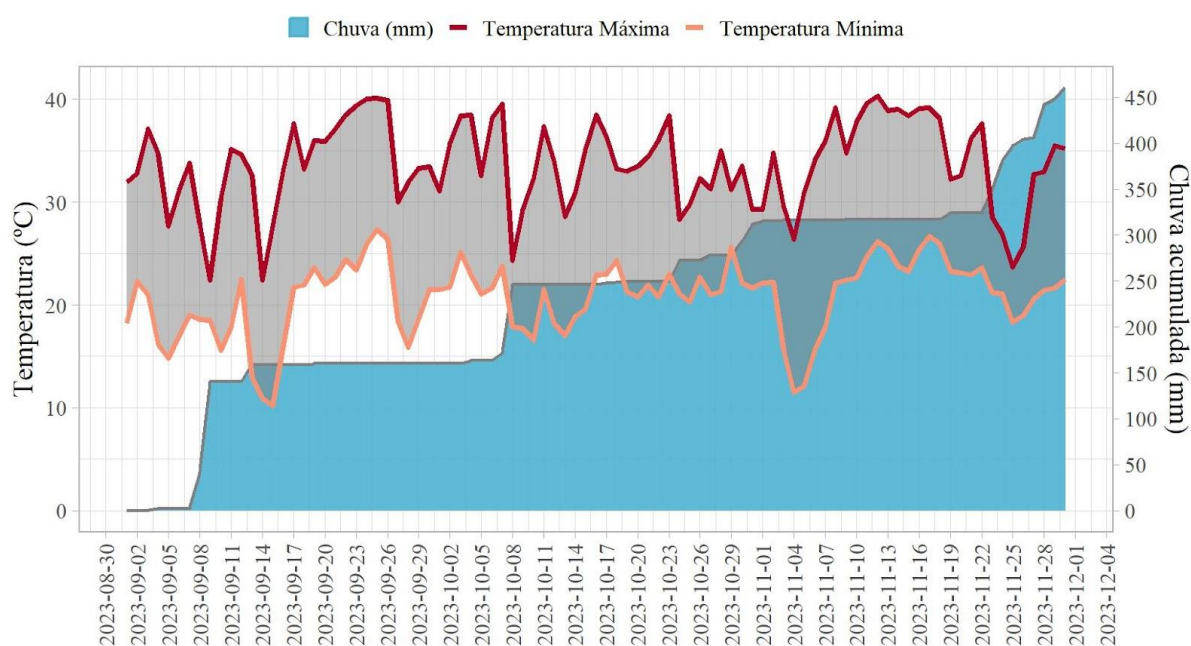


Figura 1. Dados de temperatura média, umidade relativa do ar, e índice pluviométrico durante o período de condução do experimento do período de 01 de setembro de 2023 a 30 de novembro de 2023.

Durante todo o período de condução do experimento ocorreu o monitoramento e coleta de dados diários das condições climáticas, analisando dados como, temperatura e precipitação fornecidos pela estação meteorológica de Ivinhema. De modo que no final seja formulados gráficos para embasamento da discussão dos resultados do trabalho. No momento da aplicação foi ajusto a barra para 0,5 m de altura em relação ao solo. E foram aferido as condições climáticas com o auxílio de um termo-higro-anemômetro na área experimental., que constava com temperatura média de 29,9°C, velocidade do vento de 0,84 m/s e umidade do ar de 50%.

Na região, o solo predominante é classificado como Latossolo Vermelho-amarelo, de textura franco-argiloso, onde realizou-se análise de solo para obtenção das características físico-químicas do solo, para em seguida fazer a correção da acidez através da aplicação de calcário dolomítico seguindo a análise do solo. Assim como as deficiências nutricionais foram corrigidas através da utilização de fertilizantes. A análise de solo da área está disposta na tabela 1.

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

Análise química do solo									
cmol/dm³									
Ca	Mg	H+Al	SB	T	Al	K	P	V	pH
								%	SMP
2,55	1,60	1,96	4,50	6,46	0,00	0,35	5,2	69,66	--
pH CaCl₂		pH H₂O		P		K		Al	H+Al
Leitura									
5,3		ns		0,211		14		0,2	1,88

3.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo da área foi feito de forma totalmente mecanizada, sendo que teve início cerca de 90 dias antes do plantio da cultura, onde foi distribuído calcário a lanço com distribuidor mecânico de arrasto de calcário/fertilizantes. A área do experimento foi preparada antecipadamente com o auxílio de uma grade aradora 18 x 28, sendo feito o processo de gradagem duas vezes, de modo que o segundo processo foi realizado no sentido transversal ao primeiro processo para melhor destorroamento do solo. Em seguida foi feito a aração da área com arado de aiveca helicoidais na profundidade de 30 cm. E no final do preparo, realizou-se o processo de gradagem com grade niveladora 32 x 22 para nivelamento e destorroamento superficial do solo.

As manivas para implantação da cultura foram retiradas 15 dias antes do plantio, de área já estabelecida com cerca de um ano de idade. O corte foi conduzido de forma manual acerca de 20cm abaixo do ápice da planta e outro corte 20cm acima da superfície do solo, buscando a padronização de qualidade das mudas. A variedade adotada foi a IPR Paraguinha, a qual é indicada tanto para plantio convencional quanto plantio direto, essa variedade se sobressai as demais no quesito resistência a doenças da cultura.

O plantio foi realizado com plantadeira/adubadora mecanizada Planti Center de duas linhas, quais foram reguladas para espaçamento entre linhas de 0,85 metros, e com espaço entre

manivas de 0,55 metros e profundidade de 10 cm abaixo do nível da superfície do solo. O corte do tamanho da maniva foi ajustado a 13 cm por maniva. A adubadora estava regulada para adubação de base para 5 cm abaixo da profundidade das manivas para evitar possíveis danos as manivas. Ajustou-se a regulagem para 500kg/ha da formulação 04-30-10.

O plantio e aplicação dos tratamentos foi estabelecido em unidades experimentais de 3 x 5 metros, totalizando área de 15 m², com 4 linhas de mandioca em cada parcela. Realizou-se o estaqueamento das parcelas com bandeiras de polipropileno com identificação da parcela e consequentemente dos tratamentos aplicados, adotando-se o delineamento de blocos casualizados ao acaso. O experimento contou com 13 tratamentos, que estão descritos na Tabela 2, mais uma testemunha e uma testemunha capinada, ambos com quatro repetições cada, totalizando uma área total de 900m².

Tabela 2. Lista de tratamentos de herbicidas pré-emergência a serem aplicados e suas respectivas doses utilizadas.

Tratamentos	Herbicidas ¹	Dose (L ha ⁻¹)
T1	Ametrina	3000
T2	Clomazone	1750
T3	Flumioxazina	125
T4	s-metolaclo	1920
T5	Pyroxasulfona	200
T6	Isoxoflutole	93,75
T7	Metribuzim	1890
T8	Diuron	2400
T9	metribuzim+s-metalocloro	373,4+1570,32
T10	ametrina+clomazone	1500+1000
T11	pyroxasulfona+flumioxazina	120+80
T12	flumioxazina+s-metalocloro	63+1260
T13	Sulfentrazone	600
T14	Testemunha Absoluta	-
T15	Testemunha Capinada	-

A aplicação dos herbicidas pré-emergente foi realizado no sistema plante e aplique, ou seja, logo após a plantio da cultura foram aplicados os tratamentos. A aplicação dos tratamentos, contou com a utilização de um pulverizador pressurizado por CO₂ com um volume de calda de 150 L ha⁻¹ e pressão de trabalho de 2 kgf/cm², equipado com barra de seis bicos tipo leque Teejet 110.02 espaçadas em 0,5 m, totalizando uma área de aplicação de 3m.

3.3 AVALIAÇÕES DE FITOTOXICIDADE E BIOMÉTRICAS NO MANDIOCA

Logo após a emergência da cultura da mandioca, realizou-se avaliações de fitotoxicidade aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a emergência – DAE, que é realizada através da correlação de percentual de danos visuais com caracterização de fitotoxicidade proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, onde 0% está relacionado com a ausência de fitotoxicidade e 80-100% à destruição total das plantas (SBCPD, 1995). Em conjunto com a avaliação de fitotoxicidade foi realizado avaliação de eficácia de controle, de acordo com a escala visual de Alam (1974), onde 0% está refere-se a ausência de sintomas dos herbicidas e 100% para plantas totalmente morta.

Interligada com a avaliação de controle, foi realizado a avaliação fluxos germinativos através do método do quadrado inventário. Onde através de uma estrutura metálica de 0,5m x 0,5m, foi arremessado aleatoriamente na parcela e foi realizado a identificação das espécies presentes e contabilizado o número de plantas por metro. Onde ao final da última avaliação de controle, a população de plantas daninhas variou entre tratamentos com valores entre população média de 10000 plantas/ha a 40000 plantas/ha. E as principais espécies encontradas foram: *Digitaria insularis*, *Urochloa decumbens*, *Ricinus communis*, *Amaranthus spp.* *Richardia brasiliensis* e *Ipomoea grandifolia*.

Já as avaliações de altura de planta, foi conduzida através da medição de 3 plantas por parcela, efetuada entre a superfície do solo até a ápice apical das plantas, contabilizando a distância entre os dois pontos. A medição do diâmetro do caule também foi feita em 3 plantas por parcela com o auxílio de um paquímetro digital. As plantas a serem avaliadas foram marcadas para que em todas as avaliações sejam medidas nas mesmas planas, e também foi adotado uma altura parcial para medição de forma que todas as avaliações sejam medidas nos mesmos pontos.

O diâmetro e comprimento de raízes foram medidos seguindo a metodologia proposta por Aparecido *et al.*, (2020) de forma adaptada. O diâmetro médio de raízes foi medido em 3 raízes principais de cada plana no terço médio das raízes, a leitura foi feito com um paquímetro digital, onde os valores são mensurados em milímetro. Da mesma forma que o diâmetro, o comprimento de raízes mediu-se as 3 raízes principais com auxílio de uma trena, fazendo a medições de em uma extremidade até a outra.

3.4 AVALIAÇÃO DE CLOROFILA

Aferiu-se o teor de clorofila junto com as avaliações biométricas, onde foram feitas leitura em três plantas por parcela, e em cada planta realizou-se a leitura em três folhas do terço médio da planta, na parte mediana de cada folha através do aparelho Clorofilog®/CFL 1030 utilizado conforme instruções do fabricante. Ao final das avaliações os dados foram submetidos a testes estatísticos de comparação de médias.

3.5 TEOR DE AMIDO

Avaliou-se o teor de amido pelo método de coloração lugol de acordo com a metodologia adaptada descrita por Da Silva (2021). Onde sucedeu uma mistura de 1% iodo + 2% de iodeto de potássio, com dissolução de 5 g de iodo, 3 g de iodeto de potássio em 100 ml de água. A seguir, foram coletados três tubérculos que mais exemplificaram a parcela. Cortou-se os tubérculos ao meio verticalmente e adicionadas 3 gotas da solução de lugol e ficarão em pousio por uma hora para atuação do reagente com o teor de amido. Após uma hora, a presença de coloração indica a presença de amido enquanto a ausência de coloração indica a não presença de amido.

Após a verificação da presença de amido registrou-se as amostras em fotos, que serviram como base para a quantificação de amido através do programa ImageJ. ImageJ é um programa de processamento de imagem de domínio público (National Institute of Mental Health EUA, 2012). Ele seleciona uma faixa de parâmetros, como cor, matriz, saturação e luz. Com isso é possível diferenciar através do programa as partículas de amido, que estarão coradas das demais partículas.



Figura 2. Imagens retiradas das raízes de mandioca cortadas horizontalmente para quantificação do teor de amido.

3.6 PRODUTIVIDADE

A produtividade foi estimada a partir do peso das raízes coletadas de 3 plantas extraídas da área útil das parcelas, onde retirou-se as raízes de cada planta, para que em seguida fossem pesadas em balança digital, para assim obter-se a média e posteriormente multiplicar o peso parcial pelo número de plantas por hectare para obtenção da produtividade de raízes em toneladas por hectare, seguindo a metodologia adaptada de Aparecido *et al.*, (2020).

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em virtude das características das variáveis (proporção, contagem) foram ajustados os Modelos Aditivos Generalizados para Localização, Escala e Forma (GAMLSS) com diferentes distribuições de probabilidades (Rigby *et al.*, 2019). Nesse modelo, a parcela foi inserida como efeito aleatório e os demais fatores (bloco, herbicida, DAE, herbicida versus DAE) de efeito fixo. Para verificar o efeito dos fatores (herbicida, DAE, herbicida versus DAE) foi construída a Análise de Deviance e calculado a estatística F. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team (2023)). E o pacote gamlss (Stasinopoulos *et al.*, (2017) utilizado para ajustes dos modelos GAMLSS e o pacote ggplot2 (Wickham, 2016) para apresentação gráfica.

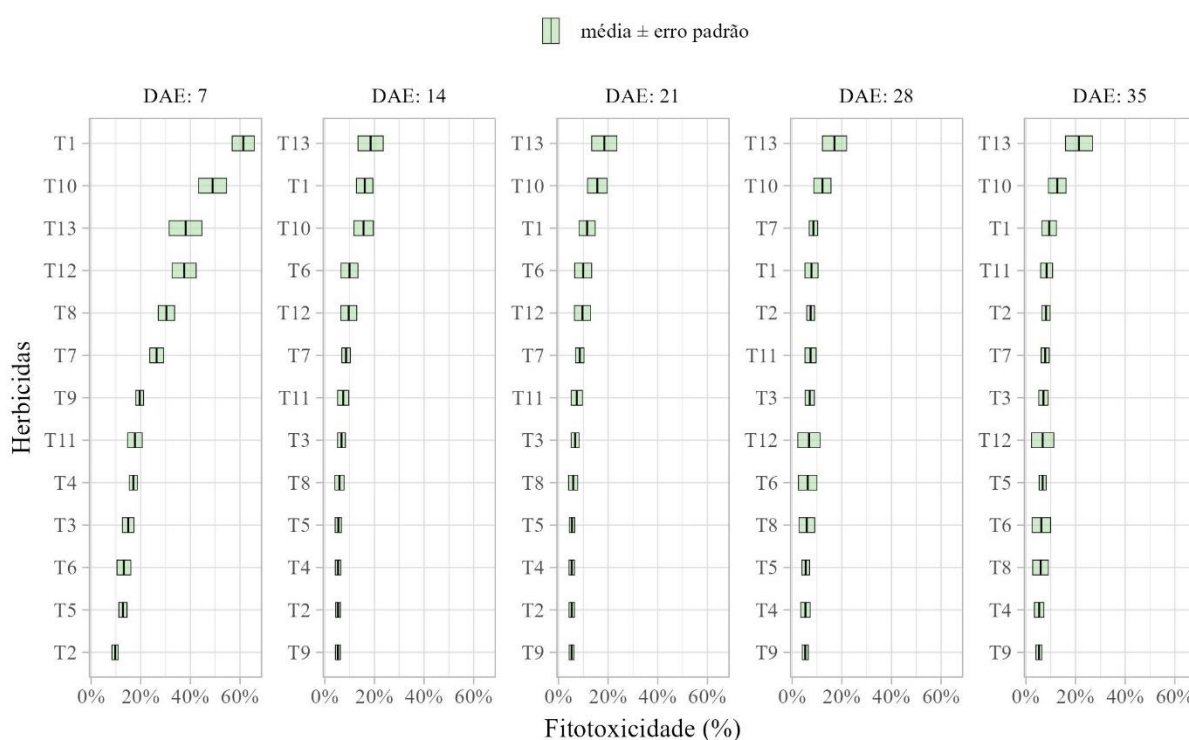
Para análise estatística das variáveis fitotoxicidade, controle e amido, foi adotado os modelos aditivos generalizados de locação, escala e forma (GAMLSS) com distribuição Beta Inflacionada de 1 e funções de ligação logit para a média e variância. Para variável amido, foi adotados modelos aditivos generalizados de locação, escala e forma (GAMLSS) com distribuição Gumbel e função de ligação log para o parâmetro locação. Já para as variáveis diâmetro de caule, altura de planta, produtividade, comprimento de raiz, diâmetro de raiz e clorofila foi adotado os modelos aditivos generalizados de locação, escala e forma (GAMLSS) com distribuição Normal e função de ligação log para o parâmetro de locação.

Com o intuito de verificar os efeitos de Tratamento, Período e da interação aplicou-se o teste de estatística F. Os dados foram apresentados por meio de um gráfico do tipo *Caterpillar plot*, com o objetivo de visualizar e comparar os tratamentos ao longo dos diferentes períodos de avaliação. Esse método gráfico foi utilizado para evidenciar as diferenças entre os tratamentos e suas variações, oferecendo uma análise visual clara das respostas observadas nas variáveis estudadas.

5 RESULTADOS

5.1. FITOTOXICIDADE

Na Figura 3, estão expressos os resultados de fitotoxicidade, onde aos 7 DAE o ametrina apresentou fitotoxicidade acima de 60%, seguido da associação entre ametrina + clomazone com fitotoxicidade de 50%. Os tratamentos sulfentrazone e flumioxazim + s-metolaclo apresentaram 40% de fitotoxicidez. O diuron apresentou fitotoxicidez de 30% enquanto o metribuzim apresentou certa de 25%. Já os demais tratamentos apresentaram fitotoxicidez entre 10% a 20% de fitotoxicidez.



T1 = ametrina; T2 = clomazone; T3 = flumioxazina; T4 = s-metolaclo; T5 = pyroxasulfona; T6 = isoxoflutole; T7 = metribuzim; T8 = diuron;
T9 = metribuzim+s-metolaclo; T10 = ametrina+clomazone; T11 = pyroxasulfona+flumioxazina; T12 = flumioxazina+s-metolaclo; T13 = sulfentrazone

Figura 3. *Caterpillar plot* para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado fitotoxicidade.

Com 14 DAE o sulfentrazone, ametrina e ametrina + clomazone apresentaram redução para 20% de fitotoxicidez. O isoxoflutole e flumioxazim + s-metolaclo apresentaram 10% de fitotoxicidez, enquanto os demais tratamentos apresentaram valores inferiores a 10%. Aos 21 DAE o sulfentrazone e ametrina + clomazone se mantiveram estáveis, enquanto ametrina reduziu sua fitotoxicidez para 10%. Os outros tratamentos se teve alteração dos valores.

Aos 28 DAE não apresentaram diferença da última avaliação, onde o sulfentrazone e ametrina + clomazone aos 28 DAE apresentaram respectivamente 20% e 10% de fitotoxicidade.

E os demais tratamentos valores inferiores a 10%. Com 35 DAE o sulfentrazone apresentou uma pequena evolução de toxidez, enquanto não houve alteração nos demais tratamentos.

De acordo com a Figura 4, é importante observar o valor do coeficiente em x. Quanto maior esse valor, mais rápida é a desaceleração do fitotoxicidade ao longo dos DAE. Nesse caso, o diuron apresentou o maior coeficiente em x (0,135). Isso indica que o diuron foi o herbicida que apresentou a diminuição mais rápida da fitotoxicidez. Por outro lado, o sulfentrazone foi o herbicida que apresentou uma desaceleração mais lenta de fitotoxicidade.

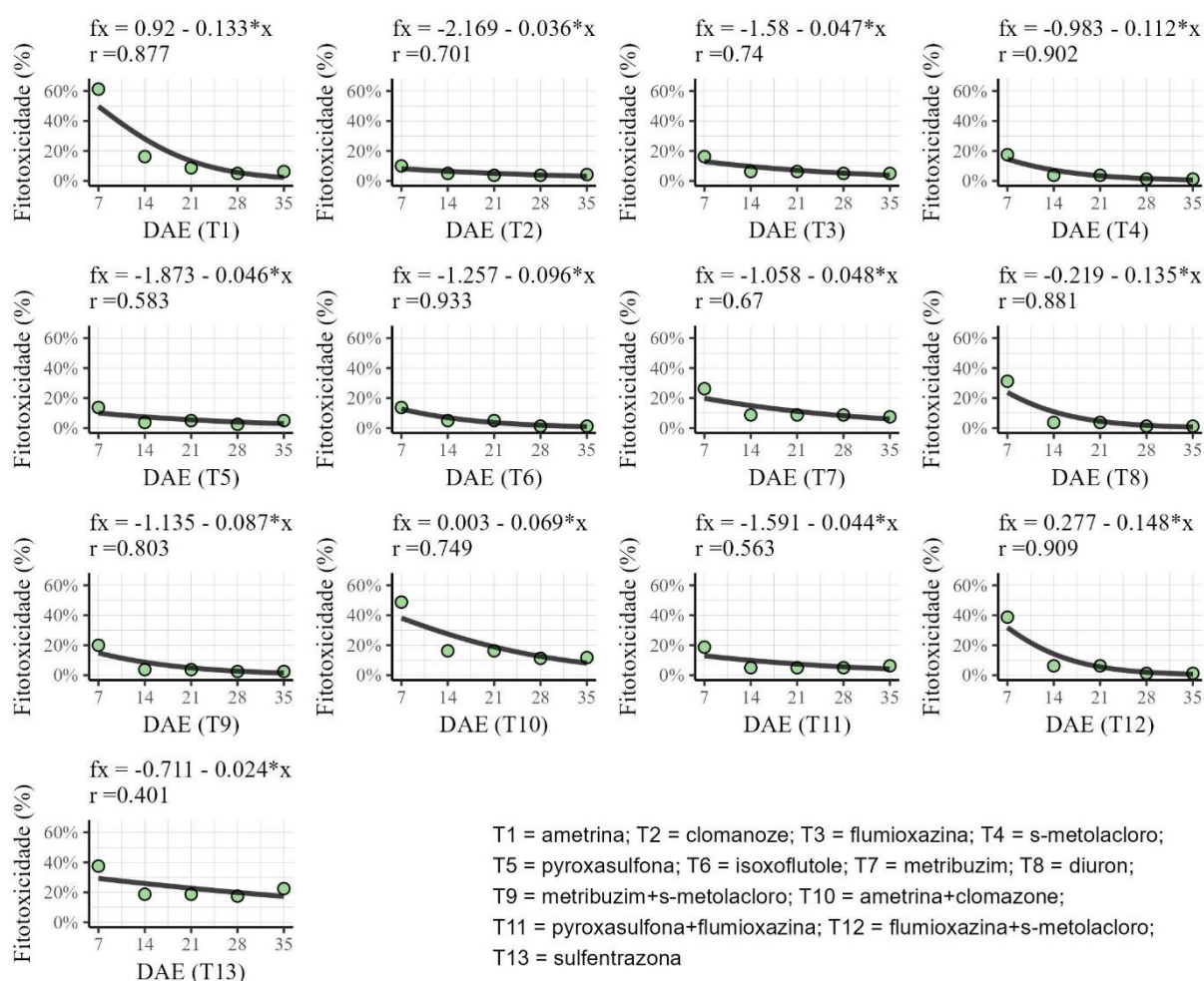


Figura 4. Ajuste da regressão Beta com função de ligação *logit* para a Fitotoxicidade em relação aos DAE.

5.2. CONTROLE

Na Figura 5a pode ser observado que apenas o tratamento com ametrina + clomazone apresentaram eficácia de controle satisfatório (90%). Os tratamentos ametrina e metribuzim tiveram eficácia próximos a 80%, que é considerado como satisfatório. Já flumioxazim + s-metolacloro e diuron expressaram 75% de controle. A mistura metribuzim + s-metolacloro e sulfentrazone apresentaram valores inferiores próximos a 70%. Os demais tratamentos

apresentaram controle abaixo de 50% onde o s-metolaclozoro sem associação foi que o pior, apresentando valores próximos a 30%.

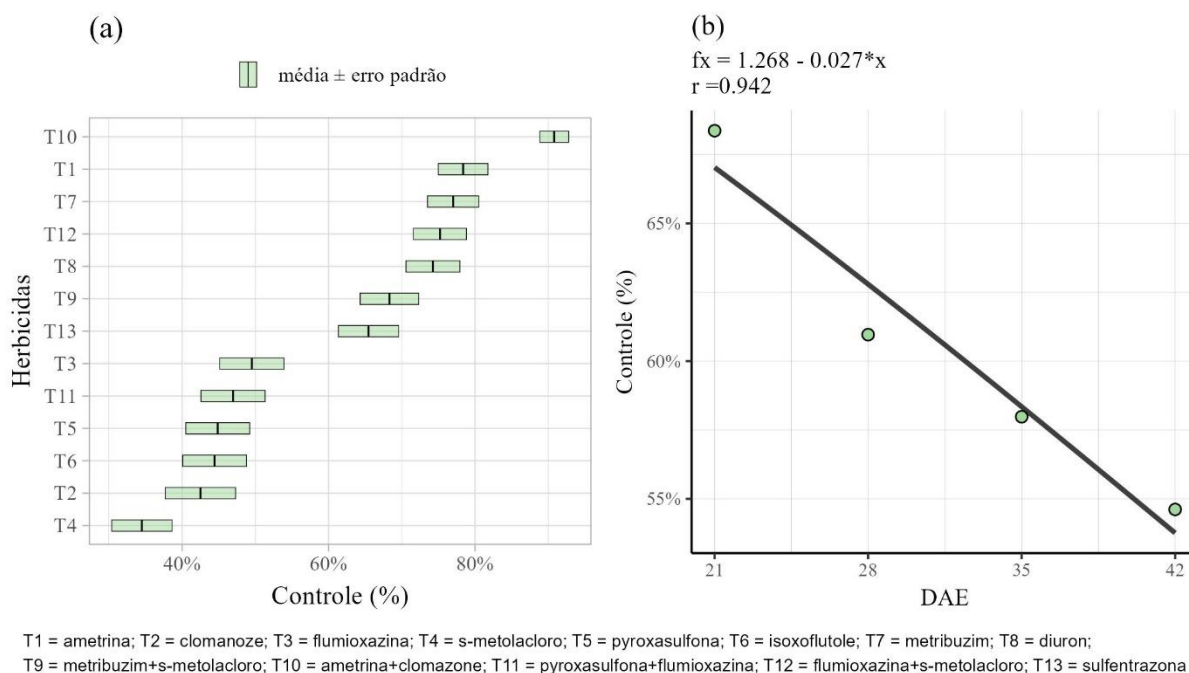


Figura 5. *Caterpillar plot* para comparação entre os herbicidas (a) e o ajuste da regressão Beta com função de ligação logit (b), quando avaliado o controle.

Diante da análise estatística, os níveis de controle não se diferenciaram em relação as épocas de avaliação, e de acordo com a (Figura 5b), podemos notar que a eficácia de controle decresceu seguindo uma curva linear. Onde a primeira avaliação apresentou média de controle de 75%, e nas seguintes avaliações, o controle regrediu 5% a cada avaliação, onde a segunda, terceira e quarta avaliação apresentaram respectivamente as seguintes medias: 62%, 57% e 53%.

5.3. CLOROFILA

Para a variável clorofila não houve diferença significativa entre os tratamentos, entretanto, na Figura 6 (b) demonstra que houve uma elevação da primeira avaliação (47%) para a segunda avaliação (52%) do índice de clorofila. Foi observado o pico de clorofila na segunda avaliação, visto que na terceira avaliação houve uma pequena redução do índice e uma queda abrupta da terceira para a quarta avaliação.

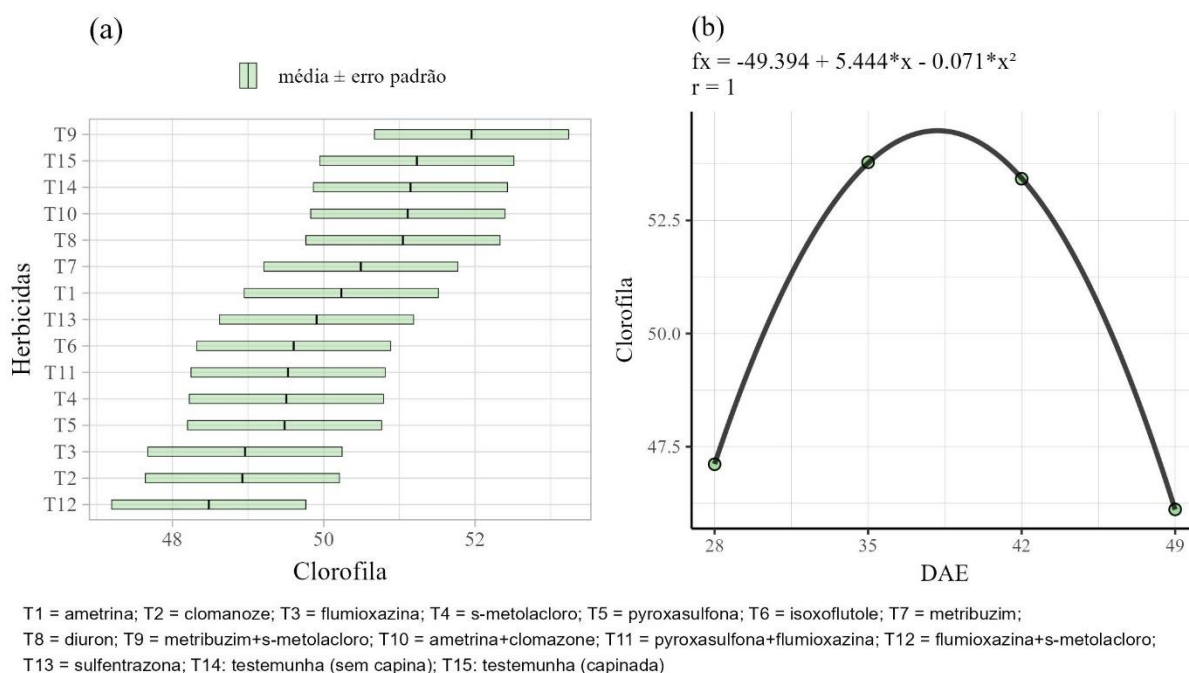


Figura 6. *Caterpillar plot* para comparação entre os herbicidas (a) e o ajuste da regressão Normal (b), quando avaliado a clorofila.

5.4. DIÂMETRO DE CAULE

Analisando a (Figura 7), aos 21 DAE, o s-metolacolor, apresentou diâmetro de 0,8cm, não se diferenciando da testemunha. Diuron, flumioxazim + s-metolacolor e metribuzim + s-metolacolor apresentaram diâmetro de 0,7cm assim como a testemunha capinada. Os tratamentos clomazone e que apresentam pyroxasulfona apresentaram diâmetro de 0,65cm. Já flumioxazina, isoxoflutole e metribuzim obtiveram médias próximas a 0,6cm. Enquanto os tratamentos ametrina + clomazone apresentou uma redução para 0,5cm e ametrina para valor inferior a 0,5cm de diâmetro.

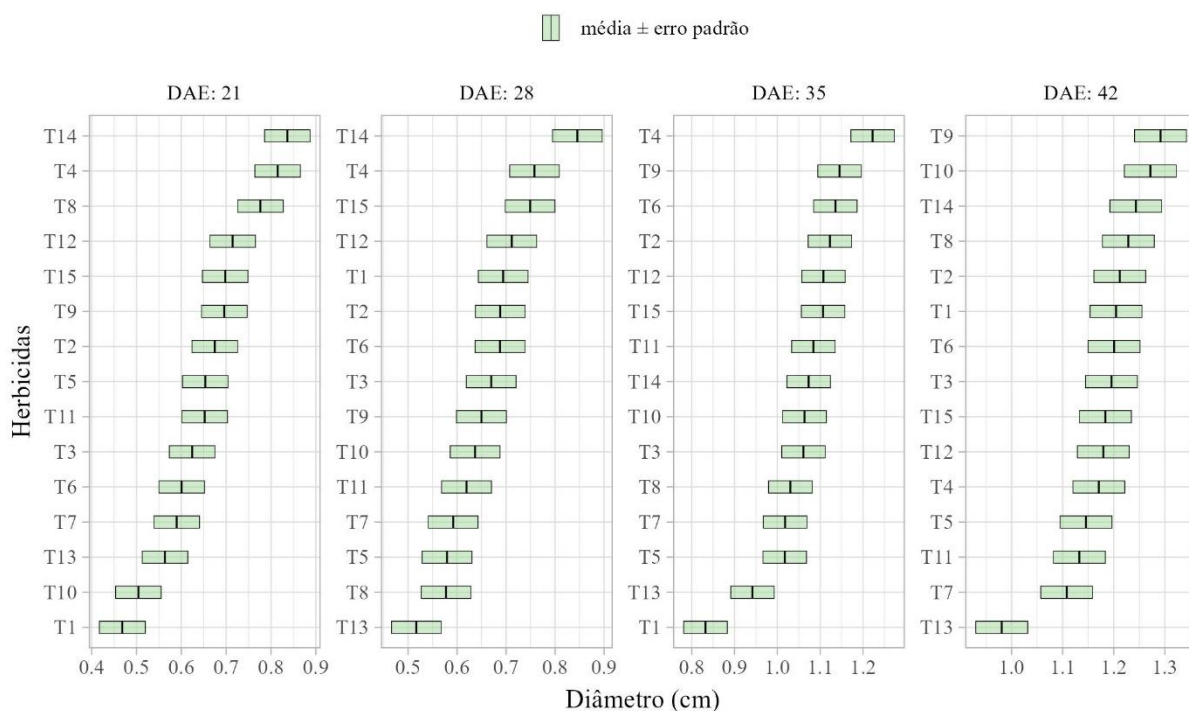


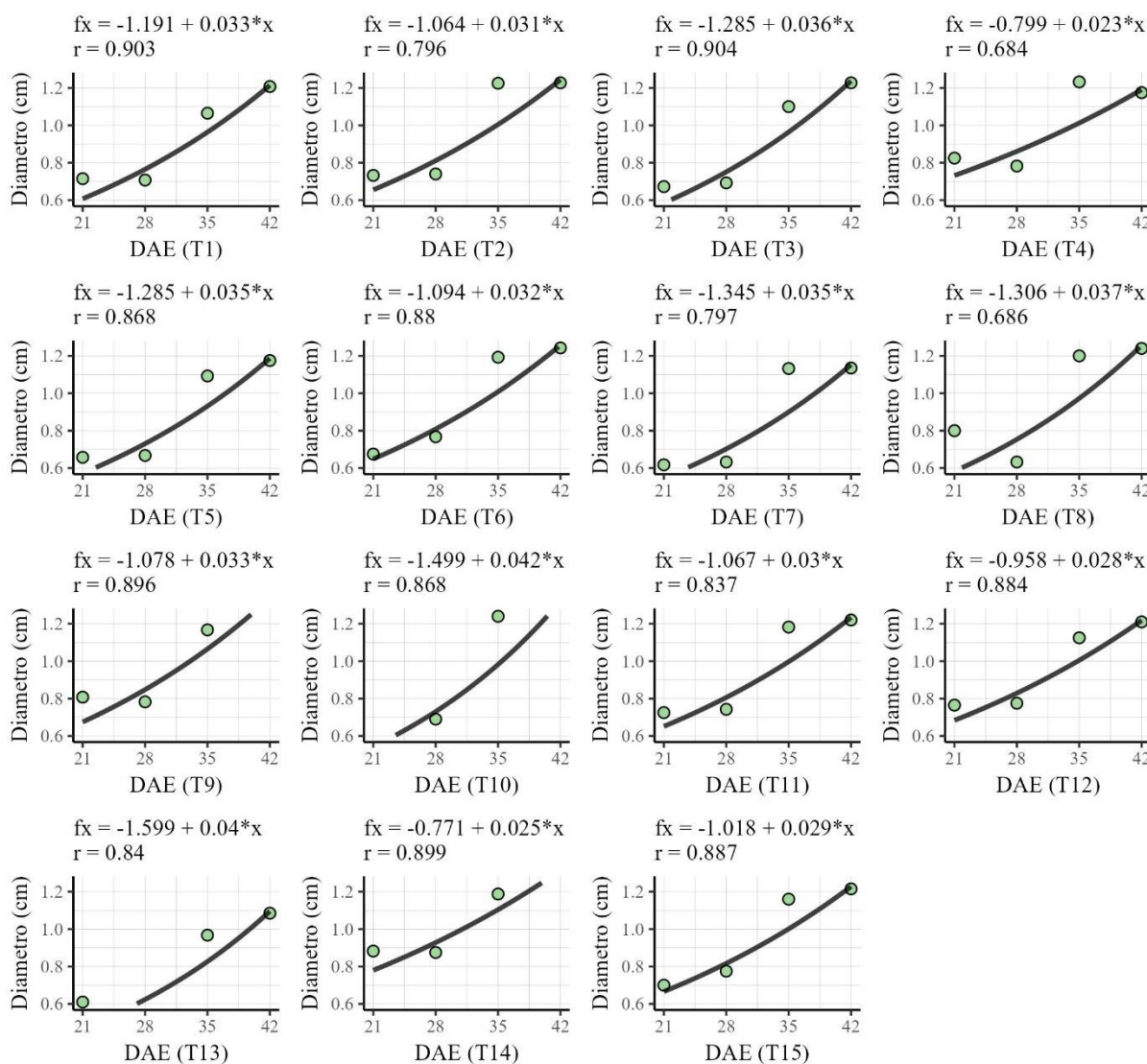
Figura 7. *Caterpillar plot* para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado o Diâmetro.

Aos 28 DAE, o s-metolaclo apresentou uma redução para 0,75cm, entretanto não se diferiu da testemunha capinada. Do mesmo modo o flumioxazin + s-metolaclo que apresentou valor próximo a 0,7cm. Já os tratamentos ametrina, clomazone, isoxaflutole, flumioxazina, metribuzim + s-metolaclo e pyroxasulfona + flumioxazina apresentaram valores entre 0.6 a 0.7cm de diâmetro. Enquanto metribuzim, pyroxasulfona e diuron apresentaram valores abaixo de 0,6cm. E o sulfentrazona foi o que apresentou maior redução do porte, com valor próximo a 0,5cm.

Durante os 35 DAE, o s-metolaclo foi o que apresentou maior diâmetro (1,2cm) se diferenciando das testemunhas. O metribuzim + s-metolaclo, isoxoflutole, clomazone e flumioxazim + s-metolaclo apresentaram valores acima da testemunha capinada, porém não foram estatisticamente diferentes entre si. Já pyroxasulfona + flumioxazina apresentou valor inferior a testemunha capinada e superior a testemunha absoluta. A associação ametrina + clomazone e os herbicidas s-metolaclo, diuron, metribuzim e pyroxasulfona apresentaram valores inferiores a testemunha entrando não se diferiram estatisticamente. Diferente do sulfentrazona e ametrina que apresentaram redução de diâmetro para 0,95cm e 0,84cm respectivamente.

Aos 42 DAE, o metribuzim + s-metolaclozolo apresentou maior diâmetro (1,3cm), seguido de ametrina + clomazone com valor próximo a 1,25cm acima da testemunha absoluta. Já o diuron, clomazone, ametrina, isoxoflutole e flumioxazina apresentaram valores inferiores a testemunha capinada (1,25cm) e superiores a testemunha absoluta (1,18cm). A associação de flumioxazina + s-metolaclozolo, s-metolaclozolo, pyroxasulfona, pyroxasulfona + flumioxazina e metribuzim apresentaram valores inferiores sem se diferenciarem da testemunha capinada. E o sulfentrazone se diferenciou da testemunha, apresentando uma redução de diâmetro inferior a 1cm.

Na Figura 8, pode ser observado que a linha de crescimento do tratamento T10 e T13 iniciou-se após a primeira avaliação demonstrando uma redução no crescimento logo após a emergência, ocasionado por efeito fitotóxicos dos herbicidas. Já o tratamento T4, ocasionou uma curva tendendo ao paralelo do eixo “x”, demonstrando um aumento no diâmetro mais lento que os demais tratamentos. Os demais tratamentos apresentaram curvas semelhantes a curva do tratamento T15 – testemunha capinada, demonstrando que não houve efeito dos herbicidas na curva de regressão.

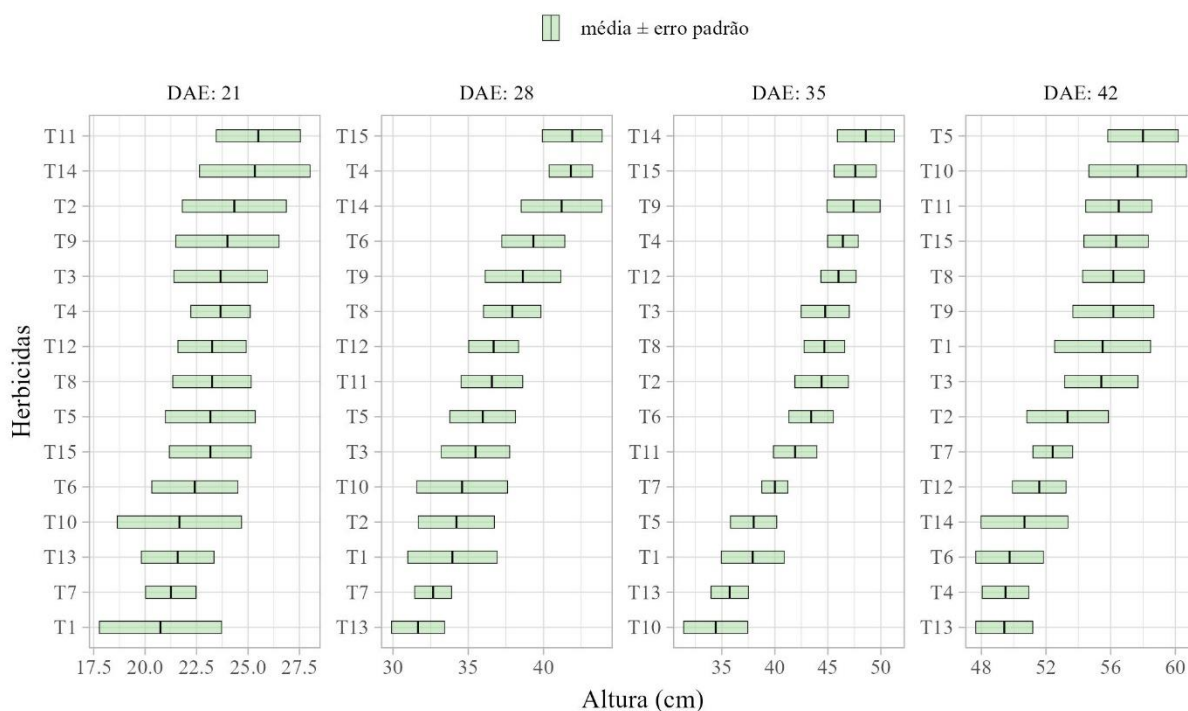


T1 = ametrina; T2 = clomazone; T3 = flumioxazina; T4 = s-metolaclo; T5 = pyroxasulfona; T6 = isoxoflutole;
 T7 = metribuzim; T8 = diuron; T9 = metribuzim+s-metolaclo; T10 = ametrina+clomazone; T11 = pyroxasulfona+flumioxazina;
 T12 = flumioxazina+s-metolaclo; T13 = sulfentrazone; T14: testemunha (sem capina); T15: testemunha (capinada)

Figura 8. Ajuste da regressão *Gumbel* com função de ligação *log* para o Diâmetro em relação aos DAE.

5.5. ALTURA DE PLANTA

A figura 9, expressa os resultados de altura de planta, onde pode ser observado que durante a primeira avaliação o pyroxasulfona + flumioxazina não se diferiu da testemunha absoluta apresentando valores acima de 25cm. Com exceção dos tratamentos ametrina + clomazone, sulfentrazone, metribuzim e ametrina que apresentaram valores inferiores a 22,5cm, os demais tratamentos demonstraram valores maiores que 22,5cm e 25cm não diferindo da testemunha capinada.



T1 = ametrina; T2 = clomazone; T3 = flumioxazina; T4 = s-metolaclo; T5 = pyroxasulfona; T6 = isoxoflutole; T7 = metribuzim; T8 = diuron; T9 = metribuzim+s-metolaclo; T10 = ametrina+clomazone; T11 = pyroxasulfona+flumioxazina; T12 = flumioxazim+s-metolaclo; T13 = sulfentrazone; T14: testemunha (sem capina); T15: testemunha (capinada)

Figura 9. *Caterpillar plot* para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado a Altura.

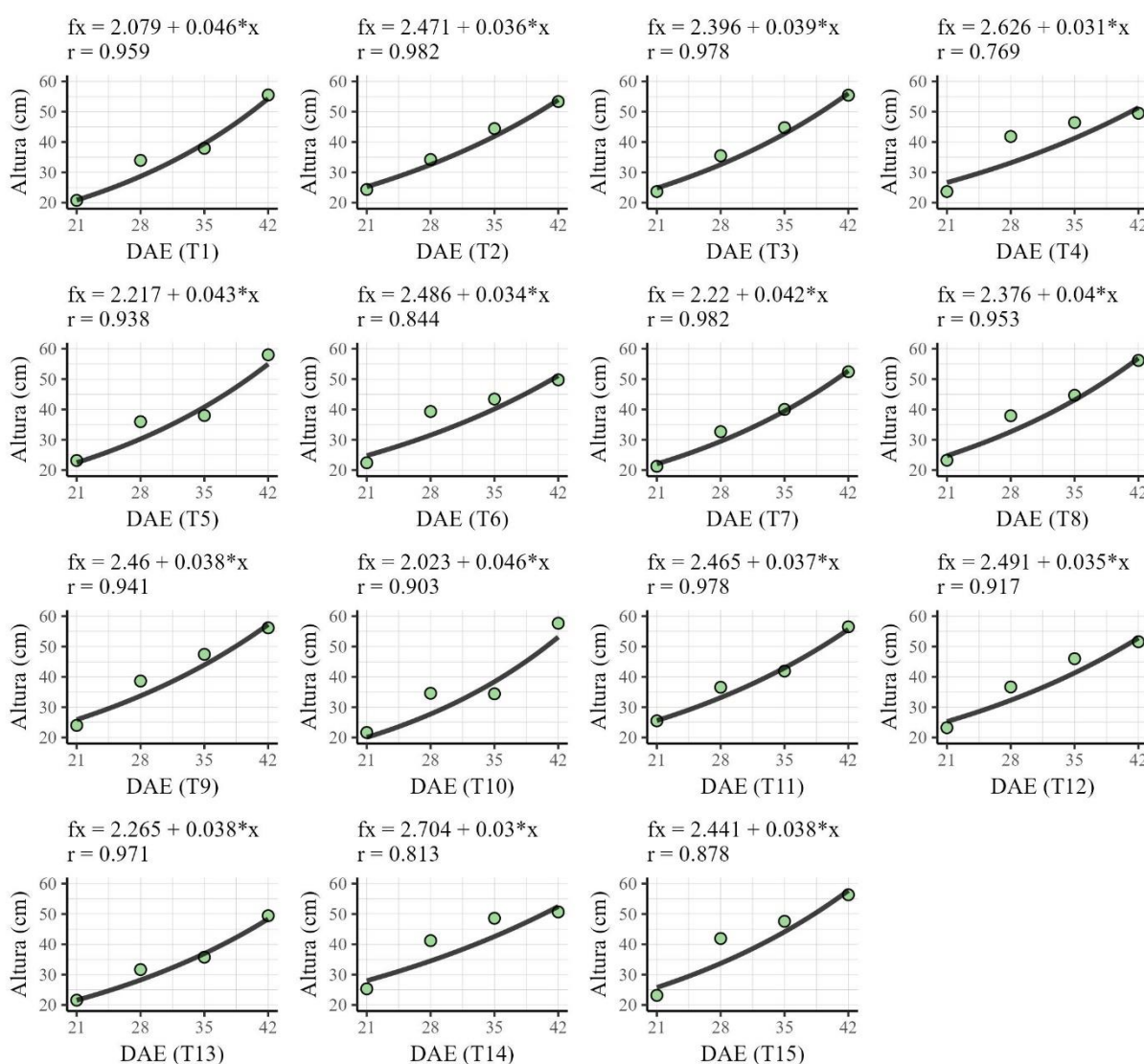
Na segunda avaliação apenas o s-metolaclo apresentou valor acima de 40cm semelhante a testemunhas. Enquanto o isoxoflutole, metribuim + s-metolaclo, diuron, flumioxazim+ s-metolaclo, pyroxasulfona + flumioxazina, pyroxasulfona e flumioxazina apresentaram valores entre 35cm e 40cm de altura. E ametrina + clomazone, clomazone, ametrina, metribuzim e sulfentrazone apresentaram redução no porte da cultura, com valor inferior a 35cm, sendo que o sulfentrazone apresentou menor valor.

Na terceira avaliação as testemunhas se encontram no ápice do gráfico, assim como o metribuzim + s-metolaclo, s-metolaclo e flumioxazim + s-metolaclo com valores superiores a 45cm de altura. Já o flumioxazina, diuron, clomazone, isoxoflutole e flumioxazim + s-metolaclo apresentaram valores entre 40cm a 45cm. Enquanto o metribuzim, pyroxasulfona, ametrina e sulfentrazone apresentaram alturas menores que 40cm, e ametrina + clomazone apresentou menor valor, sendo inferior a 35cm.

Na última avaliação o pyroxasulfona, ametrina + clomazone, flumioxazim + s-metolaclo, testemunha capinada, diuron e metribuzim + s-metolaclo apresentaram valores acima de 56cm. Ametrina, flumioxazina, clomazone e metribuzim apresentaram valores intermediários entre 52cm a 56cm. E flumioxazim + s-metolaclo, isoxoflutole, s-metolaclo

e sulfentrozona demonstraram valores inferiores a 52cm de altura, onde se diferiram da testemunha absoluta.

Na figura 10, estão análise de regressão da altura de plantas, onde o tratamento T4, T6, T12 e T13 apresentaram crescimento, embora menos acelerado entre as avaliações, e durante a última avaliação apresentaram valores igual ou inferior a 50cm de altura. Os tratamentos citados ainda se igualam a testemunha sem capina, onde em virtude da competição com plantas daninhas, o crescimento veio a ser menor que a testemunha capinada. Os demais tratamentos apresentaram curvas com um crescimento mais expressivo a partir da terceira avaliação, tendo a curva exponencial.

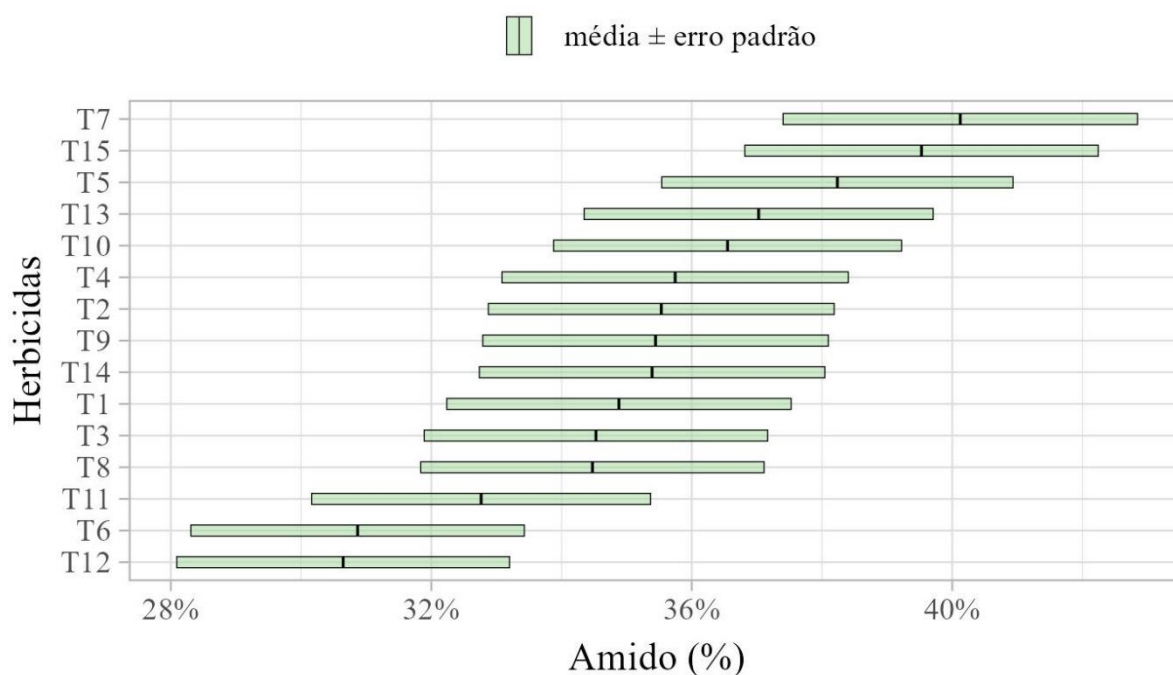


T1 = ametrina; T2 = clomazone; T3 = flumioxazina; T4 = s-metolaclo; T5 = pyroxasulfona; T6 = isoxoflutole;
 T7 = metribuzim; T8 = diuron; T9 = metribuzim+s-metolaclo; T10 = ametrina+clomazone; T11 = pyroxasulfona+flumioxazina;
 T12 = flumioxazina+s-metolaclo; T13 = sulfentrozona; T14: testemunha (sem capina); T15: testemunha (capinada)

Figura 10. Ajuste da regressão *Gumbel* com função de ligação *log* para o Altura em relação aos DAE.

5.6. TEOR DE AMIDO

A figura 11, expressa os resultados da quantificação do teor de amido. Na análise estatística, não houve diferença significativa entre os tratamentos, entretanto, podemos notar que o metribuzim apresentou o maior percentual de amido, mais de 40% de amido, sendo maior que o valor apresentado na testemunha capinada, que ficou próximo a 40%. Os herbicidas pyroxasulfona, sulfentrazone, ametrina + clomazone, s-metolacolor, clomazone e metribuzim + s-metolacolor apresentaram valores entre 38% a 35%, não se diferenciando da testemunha absoluta. Ametrina, flumioxazina e diuron demonstraram valores inferiores próximos a testemunha. A associação pyroxasulfona + flumioxazina apresentou 33% de amido e, isoxoflutole e flumioxazim + s-metolacolor apresentaram valor mais baixos, próximos a 30%.



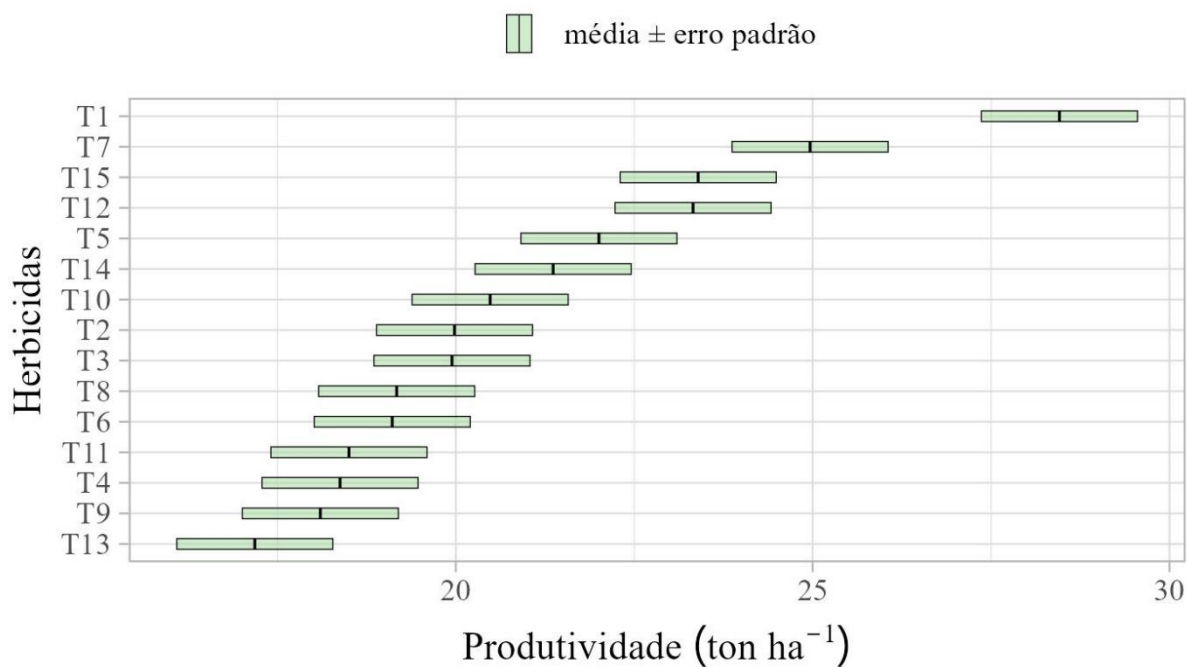
T1 = ametrina; T2 = clomazone; T3 = flumioxazina; T4 = s-metolacolor; T5 = pyroxasulfona; T6 = isoxoflutole; T7 = metribuzim; T8 = diuron; T9 = metribuzim+s-metolacolor; T10 = ametrina+clomazone; T11 = pyroxasulfona+flumioxazina; T12 = flumioxazina+s-metolacolor; T13 = sulfentrazone; T14 = testemunha (sem capina); T15 = testemunha (capinada)

Figura 11. *Caterpillar plot* para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado amido.

5.7. PRODUTIVIDADE

Na figura 12, temos expressos os resultados de produtividade em toneladas por hectare, onde para a variável produtividade, o tratamento 1 (ametrina) apresentou como o melhor tratamento, passando de 25 ton/ha. Em segundo lugar o metribuzim apresentou aproximadamente 25 ton/há. Na sequência, teve-se igualdade entre a testemunha capinada e

flumioxazim + s-metolaclo. Os tratamentos pyroxasulfona e ametrina + clomazone apresentaram valores superiores a 20 ton / ha, no entanto se igualaram a testemunha absoluta. O clomazone e flumioxazina produziram 20 ton / ha. Em ordem decrescente, os tratamentos pyroxasulfona + flumioxazina, s-metolaclo e metribuzim + s-metolaclo foram os que apresentaram produtividade inferior a 20 ton / ha. E o sulfentrazone foi o pior tratamento, apresentando a menor produtividade, próximo a 17 ton / ha.



T1 = ametrina; T2 = clomazone; T3 = flumioxazina; T4 = s-metolaclo; T5 = pyroxasulfona; T6 = isoxoflutole; T7 = metribuzim; T8 = diuron; T9 = metribuzim+s-metolaclo; T10 = ametrina+clomazone; T11 = pyroxasulfona+flumioxazina; T12 = flumioxazina+s-metolaclo; T13 = sulfentrazone; T14 = testemunha (sem capina); T15 = testemunha (capinada)

Figura 12. Caterpillar plot para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado a produtividade.

5.8. DIÂMETRO E COMPRIMENTO DE RAIZ

Na figura 13 (a) temos os resultados para comprimento de raiz, quando avaliado estatisticamente, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, o tratamento flumioxazina + s-metolaclo, s-metolaclo e ametrina apresentou os maiores diâmetros de raiz assim como a testemunha capinada, apresentando diâmetros maiores que 4,8cm. O tratamento clomazone e ametrina + clomazone foram os que apresentaram menores valores, inferior a 4,5cm. Acima apenas da testemunha absoluta que apresentou 4,2cm de diâmetro.

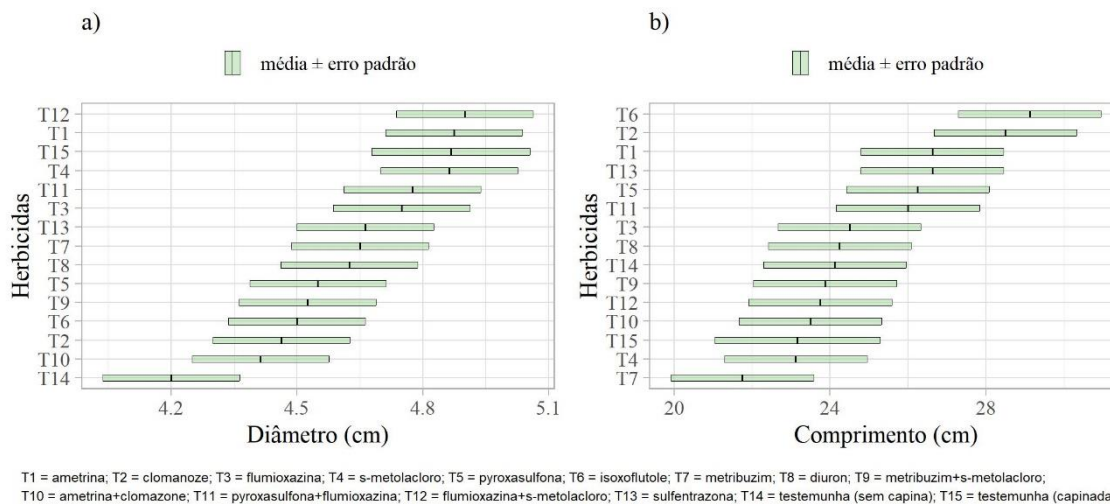


Figura 13. *Caterpillar plot* para comparação entre os herbicidas em cada DAE, quando avaliado diâmetro (a) e comprimento (b) de raiz.

A figura 13 (b) os resultados de comprimento de raiz, os tratamentos não se diferiram estatisticamente, contudo, os tratamentos isoxoflutole e clomazone demonstraram os maiores valores de comprimento de raiz, superando os 28cm. Enquanto os tratamentos ametrina, sulfentrazone, pyroxasulfona, flumioxazina e diuron apresentaram valores superiores a 24cm. Os demais tratamentos apresentaram valores inferior a 24cm, onde o tratamento metribuzim apresentou o pior valor, próximo a 22cm.

6 DISCUSSÃO

Em relação a fitotoxicidade, os tratamentos com ametrina demonstraram alta fitotoxicidade inicial, causando redução no diâmetro de caule e redução na altura de planta. Entretanto, os danos fitotóxicos da ametrina não interferiram na produtividade e teor de amido. Tais fatos podem ter ocorrido devido à presença de umidade no solo associado à alta solubilidade de ametrina e sulfentrazone (200 e 490 mg L⁻¹), fazendo com que ocorra a dissipação do produto (Grott *et al.*, 2022). Associado a isso, o herbicida pode ser facilmente adsorvido em solo com maior teor de argila (Grott *et al.*, 2022). Como notado por Carvalho (2021), a utilização de ametrina e sulfentrazone isoladas demonstra elevadas fitotoxicidade inicial, essa alta fitotoxicidade pode estar associada a interação entre o herbicida e ambiente, visto que o solo com boa umidade assegura um bom funcionamento do produto. A ocorrência de chuvas após a aplicação, promove a incorporação do produto no solo e favorece sua pronta atividade (Agrofit, 2024).

A redução de fitotoxicidade aos 14 DAE apresentada por alguns herbicidas, quando associado características físico-química dos herbicidas, pode-se notar que há uma relação entre os herbicidas e tempo de meia vida, onde o tempo de meia vida dos herbicidas ametrina (60 dias), clomazone (9 – 195 dias), isoxaflutole (28 dias) e flumioxazin (21 dias) + s-metolaclopro (6 – 150 dias) são consideráveis pequenos e pode serem reduzidos quando associados a ocorrência de precipitação durante os 14 DAE, uma vez que a degradação do produto por meio de processos como a hidrólise, ocasionada pela ocorrência de precipitações, é dada como a principal causa da perda de eficácia dos herbicidas pré-emergentes (Khalil; Khamis, 2021).

A partir dos 21 DAE, sulfentrazone e ametrina + clomazone demonstraram ter uma persistência significativa no ambiente. Essa estabilidade durante as avaliações, pode estar associado a lenta degradação dos herbicidas, e apoiado por uma maior persistência, que pode afetar as plantas por maiores períodos de acordo com as características específicas do solo e planta (Ekeleme, 2020).

O s-metolaclopro e s-metolaclopro + metribuzim se demonstraram os herbicidas mais seguros quanto a fitotoxicidade, fato este que é corroborado pelo seu registro de uso para a cultura em questão (Agrofit, 2024). Entretanto, o metribuzim apresentou uma redução na altura de planta durante o início do experimento, porém não atrapalhou a produtividade, sendo a segunda maior produtividade o maior teor de amido. Por apresentarem tempo de meia vida baixo e serem lipofílicos, esses herbicidas apresentam uma rápida adsorção quando associados a umidade do solo, levando a uma rápida ação das moléculas.

Entretanto, causam uma maior dissipação e diminuindo a eficácia de controle durante o passar dos dias. Esses resultados corroboram com Carvalho (2021) que estudando a interferência do manejo de plantas daninhas na variedade IPR B36 observou baixa fitotoxicidade de flumioxazina e s-metolaclo-ro e ainda, ambos não apresentaram controle satisfatório e apresentou fitotoxicidade de 40% durante a primeira avaliação.

O melhor controle foi através da associação de ametrina + clomazone, tal fato se deve que são dois herbicidas que apresentam amplo espectro de controle e alta persistência no solo, prolongando o tempo de ação da molécula. Analisando eficácia de pré emergentes na mandioca, Santiago *et al.*, (2018) observou que as associações com clomazone apresentaram melhor controle, o que corrobora com os obtidos onde a associação ametrina + clomazone apresentou controle acima de 90%. O autor ressalta ainda que a associação entre herbicidas se mostra como uma boa alternativa no manejo de plantas daninhas na mandioca uma vez que permite um maior período residual independentemente da dose utilizada, e assim promover maiores valores para produtividade das raízes.

O metribuzin apresentou o terceiro melhor controle, sendo seus valores inferiores apenas aos tratamentos com ametrina. Isso pode ser explicado pela solubilidade dos produtos em questão, associado às condições climáticas durante o período de condução experimental, uma vez que o herbicida metribuzim apresenta solubilidade de 1100 mg L^{-1} , quatro vezes maior que a solubilidade da ametrina, deste modo, pode se afirmar que o metribuzim apresenta maior facilidade em ser lixiviado quando comparado à ametrina (Cara, *et al.*, 2021). Esse fato também foi observado no trabalho de Santiago, (2020) onde o metribuzim apresentou controle inferior a ametrina e flumioxazina.

Os resultados apresentados por pyroxasulfona + flumioxazina o posicionaram como uma alternativa devido à sua baixa fitotoxicidade para a cultura e alta eficácia de controle, o que corroboram com seu registro de uso para essa modalidade na cultura (Agrofit, 2024). Entretanto essa associação causou fitotoxicidade oculta, reduzindo o teor de amido e produtividade do tratamento. Essa associação não apresentou um controle eficaz, isso pode ser explicado pela não utilização da dose mais indicada para a cultura, visto que utilizado uma dose maior, Ekeleme (2020) obteve 78% de controle de plantas daninhas utilizando pyroxasulfona + flumioxazina (140 + 110 g ia ha) na mandioca. Ekeleme (2020) ainda em seu trabalho utilizou sulfentrazone, obtendo controle de 63%, fato isso que se iguala aos dados do presente trabalho.

Ainda, foi possível observar que o - s-metalocloro e isoxaflutole apresentaram baixas porcentagens de controle, causando ocorrência de novos fluxos germinativos, vieram a

interferir na altura de planta das parcelas, causando redução. Tais afirmações podem ser explicadas pelo espectro de controle de ambos os herbicidas, uma vez que tanto s-metolachloro quanto isoxaflutole são herbicidas com espectro de controle para gramíneas, e visto que boa parte dos fluxos de plantas daninhas presentes na área se referiam à infestação de mamona, uma planta dicotiledônea, isso explicaria a menor eficácia. Essa afirmação é ainda corroborada quando se avalia a seletividade à cultura, que se refere também a uma planta dicotiledônea, e por isso, não apresentou valores significativos de fitotoxicidade (Cara, *et al.*, 2021).

Associado a isso, o processo de sorção-dessorção é um dos principais sofridos pelo s-metalochloro, sendo que, o seu coeficiente de sorção se torna maior (K_d) conforme o aumento da quantidade de argila presente no solo como descrito por Weber *et al.*, (2003) e Gannon *et al.*, (2013). Ainda, Youbin *et al.*, (2009) observou que o teor de argila influencia também no processo de dessorção do s-metalochloro, uma vez que o processo de histerese (dificuldade do herbicida em retornar à solução do solo) se mostrou maior em solos com maiores teores de argila. O autor explica o fenômeno pelo fato de que a ligação do herbicida com os constituintes do solo pode ocorrer de forma irreversível, ou ainda, de dessorção extremamente lenta, o que acaba por reduzir a quantidade de herbicidas disponíveis para absorção no solo.

A associação de s-metolachlor + metribuzin, se destacou dentre as mais eficazes no controle de plantas daninhas, ao mesmo tempo que não resultou em efeitos fitotóxicos na cultura, apresentando apenas uma pequena redução de porte aos 42 DAE. A eficácia de controle está associada, ocorrência de chuvas após a aplicação dos herbicidas, indicando que essa situação deve ser observada em seu posicionamento, por tratam-se de produtos lipofílico, ou seja, com alto K_{ow} , dependendo de água no sistema para serem disponibilizados em quantidade suficiente para serem absorvidos pelas plantas daninhas (Agrofit, 2024). Outra observação é a ausência de fitotoxicidade, pois tanto s-metalochloro quanto metribuzin, apresentam seletividade de posição, onde os herbicidas não apresentam contato com as partes vegetativas da mandioca (Matos *et al.*, 2016).

Outro resultado é que independentemente dos efeitos fitotóxicos associados ao posicionamento de herbicidas, se observou que a adoção dessa prática resultou em aumento de produtividade, quando comparado a testemunha, isso acontece, pois a decisão de não manejar plantas daninhas resultam em competição com a cultura, que mesmo por um período reduzido de tempo culmina em perda de produtividade. Ekeleme *et al.*, (2020), observaram que o posicionamento de herbicidas pré-emergentes resultou em ganhos de produtividade na cultura

da mandioca. Nesse sentido, o principal resultado desse experimento que chama a atenção e ametrina, a qual mesmo com expressiva fitotoxicidade inicial, figurou entre as maiores produtividades.

De acordo com Agrofit (2024), os herbicidas diuron, metribuzim, metribuzim + s-metolaclo, pyroxasulfona + flumioxazina e flumioxazim + s-metolaclo não apresentam registro para a mandioca, entretanto, de acordo com os resultados obtidos, eles apresentam potencial de uso na cultura, por terem apresentados baixa fitotoxicidade e controle próximos a 80%. Essa informação é importante, pois a cultura da mandioca apresenta suporte fitossanitário insuficiente e carece de mais pesquisas que fomentem o seu desenvolvimento tecnológico e industrial.

Esse trabalho está abrindo a linha de pesquisa de plantas daninhas na cultura da mandioca, sendo essa extremamente carente de investimentos e pesquisas nesse setor da fitotecnia, sendo limitados os trabalhos publicados na literatura brasileira e internacional com essa temática. Além dos aspectos de controle e fitotoxicidade, também foram avaliados de qualidade da produção e produtividade.

Diante desse cenário, pode-se afirmar que o posicionamento de herbicidas pré-emergentes para a cultura da mandioca, deve-se levar em consideração as condições ambientais no momento da aplicação visto que herbicidas de alta solubilidade como metribuzim podem não apresentar a eficácia desejada sob ocorrência de precipitações. Diante das condições climáticas no momento do experimento, a associação entre os herbicidas flumioxazina + s-metolaclo se mostram como as melhores alternativas de uso.

7 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a utilização de ametrina e ametrina+clomazone causaram fitotoxicidade inicial e foram os melhores tratamentos para eficácia de controle entre os herbicidas registrados. Para a ametrina isolada, a fitotoxicidade não atrapalhou o desenvolvimento da cultura, visto que o tratamento apresentou a maior produtividade. Entretanto quando associada com clomazone demonstrou redução na produtividade. Para os herbicidas não registrados para a cultura os herbicidas metribuzim e flumioxazina + s-metolaclo se demonstraram eficientes em controle (>80%) e produtivos, visto que foram o segundo e terceiro tratamentos que mais produziram se tornando opções viáveis para a cultura

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPAR - Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (2023) Agrotóxicos do Paraná, 2023. Available at: Available at: <http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=387> Accessed on: June 24th, 2023. » <http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=387>

AGROFIT - Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários (2024) Consulta de produtos formulados, 2024. Available at: Available at: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Accessed on: June 24th, 2024. » http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

ALAM. (1974) Asociation Latino Americana de Malezas. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. Alam, 1, 35-38.

APARECIDO, LEO, DA SILVA CABRAL DE MORAES, JR, DE MENESES, KC, LORENÇONE, PA, LORENÇONE, JA, DE OLANDA SOUZA, GH, & TORSONI, GB (2020). Zoneamento agrícola como ferramenta para expansão da mandioca em cenários de mudanças climáticas. **Climatologia Teórica e Aplicada**, 142 (3-4), 1085-1095.

AZEVEDO, J. M. A. D. et al. Indicação Geográfica da Farinha de Cruzeiro do Sul: prospecção da diversidade de mandioca com uso de marcadores moleculares. Cadernos de Prospecção, v. 16, n. 4, p. 1375–1390, 26 maio 2023.

BAHAR N, LO M, SANJAYA M, et al. Meeting the foodsecurity challenge for nine billion people in 2050:what impact on forests. Global Environm Change 2020; 62:102056.[2]

BERLYN, G.P., MIKSCHKE, J.P. 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. Ames: Iowa State University, USA. P. 121-276.

CARA, I. G., FILIP, M., BULGARIU, L., RAUS, L., TOPA, D., & JITAREANU, G. (2021). Environmental remediation of metribuzin herbicide by mesoporous carbon—rich from wheat straw. **Applied Sciences**, 11(11), 4935.

CARBONARI, CA, GOMES, GLGC, KRENCHINSKI, FH et al. Dinâmica e eficácia dos herbicidas sulfentrazone, flumioxazina e isoxaflutol aplicados em resíduos de colheita de eucalipto. **Novas Florestas** 51 , 723–737 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11056-019-09756-3>

CARVALHO, A. O. D. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON. 2021.

CARVALHO, L. B. Herbicidas. 1ª Edição. Lages – SC. 2013.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Histórico mensal mandioca. Gerência de Fibras e Alimentos Básicos – GEFAB. Brasília-DF. 2024.

COSTA, N. V. D., GIBBERT, A. M., FERREIRA, S. D., CANAVESSI, H., & SALVALAGGIO, A. C. (2020). Strategies of chemical management for weed control in cassava. **Revista Ceres**, 67, 240-246.

DA SILVA, P., BLUMER, S., COETI, JPZ, BARBOSA, GC, INÁCIO, EM, & MONQUERO, PA (2021). Dessecação da casca da batata com herbicidas de contato e qualidade final dos tubérculos. **Comunicata Scientiae** , 12 , e3498-e3498.

DA SILVA, PV, TRONQUINI, SM, BARBOSA, GC, DE CARVALHO DIAS, R., VEIGA, JPS, & INÁCIO, EM (2020). Eficácia de flumioxazin em *Euphorbia heterophylla* L. aplicada sobre diferentes tipos e detalhes de resíduos culturais e simulações de chuva. **Revista de Ciências Agrárias**, 43 (3), 324-332.

DE OLANDA SOUZA, G. H. et al. Climate change and its influence on planting of cassava in the Midwest region of Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 25, n. 2, p. 1184–1204, 1 fev. 2023.

DO CARMO, M. S., DA SILVEIRA, I. N., ALMEIDA, D. R., JARDIM, R. S. M., & DAMIN, V. Effectiveness of the S-metolachlor herbicide in the control of *Urochloa decumbens* in Brazilian Savanna soils1. 2023.

DOS SANTOS, JCC, COSTA, RN, SILVA, DMR, DA ROCHA, DF, DOS SANTOS SILVA, LK, DA SILVA, RM, ... & SILVA, JV (2022). Alterações fotoquímicas, anatômicas e de crescimento em cultivares de mandioca após aplicação de herbicidas pós-emergentes. **Agricultura** , 12 (7), 950.

EKELEME, F. et al. Screening preemergence herbicides for weed control in cassava. **Weed Technology**, v. 34, n. 5, p. 735–747, out. 2020.

EKELEME, F., DIXON, A., ATSER, G., HAUSER, S., CHIKOYE, D., OLORUNMAIYE, PM, ... & WELLER, S. (2020). Triagem de herbicidas pré-emergentes para controle de plantas daninhas na mandioca. **Tecnologia de Ervas Daninhas**, 34 (5), 735-747.

ELACERDA, Marlon Lopes et al. Fitossociologia de plantas daninhas em cultivo de feijão-caupi no semiárido mineiro. **Nativa**, v. 9, n. 5, p. 528-535, 2021.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. RENIVA: Rede de multiplicação e distribuição de manivas - semente de mandioca com qualidade genética e fitossanitária. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**. Curz das Almas - BA. 2023.

EMRICH, E. B.; LUPPI, M. J. R.; SALDANHA, C. B. Fitotecnia: algodão e mandioca. [s.l.] **Editora e Distribuidora Educacional S.A.**, 2021.

ENYONG, JFK, & UGBE, ORALA. Avaliação da Fitotoxicidade de Herbicidas Seleccionados em Algumas Cultivares de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).2021.

FIETZ, C. R., FISCH, G. F., COMUNELLO, E., FLUMIGAN, D. L. “O Clima da Região de Dourados, MS”. EMBRAPA. Documentos. ISSN 1679-043X, nov. 2017.

FONTES, J. R.; OLIVEIRA, I.; MORAIS, R. SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS PARA O CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA MANDIOCA. **Agrotrópica** (Itabuna), v. 33, n. 1, p. 69–78, 30 abr. 2021.

GANNON, T. W. et al. Sorption of simazine and Smetolachlor to soils from a chronosequence of turfgrass systems. **Weed Sci.**, v. 61, n. 3, p. 508-514, 2013.

GROTT, S. C. et al. Influence of temperature on biomarker responses of bullfrog tadpoles (*Lithobates catesbeianus*) exposed to the herbicide ametryn. **Chemosphere**, v. 308, p. 136327, 1 dez. 2022.

GROXKO, M. PEREIRA, J. R. Prognóstico agropecuário. Departamento de economia rural – DERAL. ISSN 2764-1887. Vol 13 n.34 – 2022.

GUERRA, N., HARAMOTO, R., SCHMITT, J. D., COSTA, G., SCHIESSEL, J. J., & NETO, O. A. Weed control and selectivity herbicides pre emerging in garlic cultivars. **Planta daninha**, 38. 2020.

HASAN, M. et al. Weed Control Efficacy and Crop-Weed Selectivity of a New Bioherbicide WeedLock. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1488, 27 jul. 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário – Produção de Mandioca. 2024.

JUNIOR, V. B. P. et al. LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLOGICO DE PLANTAS DANINHAS APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES MISTURAS DE TANQUE COM FLUAZIFOPE EM ÁREA DE CULTIVO DE MANDIOCA. Singular. **Meio Ambiente e Agrárias**, v. 1, n. 2, p. 34–39, 21 maio 2021.

Khalil, M. S., & Khamis, W. M. (2021). Novel forecasting, bioindicator, and bioremediation for pesticides contamination in soil. In *Pesticide Contamination in Freshwater and Soil Environs* (pp. 283-303). **Apple Academic Press**.

LÁZÁR, Diána et al. Application of a fluorescence-based instrument prototype for chlorophyll measurements and its utility in an herbicide algal ecotoxicity assay. **Water**, v. 15, n. 10, p. 1866, 2023.

MACHADO FILHO, Gilberto Coutinho et al. Evaluation of intoxication caused by post-emerging herbicides in cassava culture in two times of application. *Acta Iguazu*, v. 9, n. 3, p. 28-36, 2020.

MATOS, A. K. A. et al. Dynamics of preemergent herbicides in production systems with straw. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília-DF, v. 15, n. 1, p. 97-106, 2016

MEITE, F., ALVAREZ-ZALDIVAR, P., CROCHET, A., WIEGERT, C., PAYRAUDEAU, S., & IMFELD, G. Impact of rainfall patterns and frequency on the export of pesticides and heavy-metals from agricultural soils. **Science of the Total Environment**, 616, 500-509. 2018.

ONASANYA, Olabisi Omolara et al. On-farm assessment of cassava root yield response to tillage, plant density, weed control and fertilizer application in southwestern Nigeria. **Field Crops Research**, v. 262, p. 108038, 2021.

PERESSIN, V. A. et al. Manejo Integrado De Plantas Daninhas Em Mandioca: Um Desafio Ambientalmente Correto. Campinas, SP: Iac, 2022.

PONCE, T. P. RIBEIRO, M. R. TELLES, T. S. «Dinâmica espacial da produção de mandioca no Paraná, Brasil», *Confins* [Online], 48 | 2020, posto online no dia 22 dezembro 2020, consultado o 16 novembro 2024. URL: <http://journals.openedition.org/confins/34307>; DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.34307>

R Core Team. 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.

RAJAK, B. K. et al. Sequência e semelhanças estruturais da proteína ACCase de *Phalaris minor* e trigo: uma visão para explicar a seletividade do herbicida. **Fronteiras na Ciência Vegetal**, v. 1056474, 2023.

RANGEL, M. A. S.; RINGENBERG, R. Comportamento de genótipos de mandioca quanto às características produtivas em diferentes épocas de colheita em Paranaíba, PR. 2021.

RAZFAR, N., TRUE, J., BASSIOUNY, R., VENKATESH, V., & KASHEF, R. (2022)..**Journal of Agriculture and Food Research**, Volume 8, 2022, 100308, ISSN 2666-1543, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100308>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154322000412>).

RIGBY, ROBERT A, MIKIS D STASINOPOULOS, GILLIAN Z HELLER, AND FERNANDA DE BASTIANI. 2019. Distributions for Modeling Location, Scale, and Shape: Using GAMLSS inr. CRC press.

RIZZARDI, Mauro A.; ROCKENBACH, Ana P.; SCHNEIDER, Theodoro. Residual herbicides increase the period prior to interference in soybean cultivars. **Planta Daninha**, v. 38, 2020.

RONG, L., WU, X., XU, J., DONG, F., LIU, X., XU, H., ... & ZHENG, Y. (2021). Clomazone improves the interactions between soil microbes and affects C and N cycling functions. **Science of the Total Environment**, 770, 144730.

SANCHOTENE D. M.; DORNELLES S. H. B.; BOLZAN T. M.; VOSS H. M. G.; ESCOBAR O. S.; LEON C. B.; SHIMÓIA E. P. Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Perspectiva**, Erechim, 41:07-15. 2017.

SANTIAGO, A. D. et al. EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA DA MANDIOCA. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 640–650, 28 maio 2018.

SANTIAGO, A. D., PROCOPIO, S. D. O., BRAZ, G. B. P., & FERREIRA, C. J. B. The use of pre-emergence herbicides in cassava decreases the need of manual weeding. **Revista Ceres**, 67, 223-230. 2020

SILVA, R. B. et al. Análises fisiológicas e de crescimento e produtividade da mandioca sob níveis de irrigação. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, n. 1, p. 16–26, 4 mar. 2022.

SOARES, M. R. S. et al. Períodos de interferência de plantas infestantes na cultura da mandioca, submetida ou não à adubação NPK, em Vitória da Conquista-Ba. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 237- 247 Páginas, 6 fev. 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimento com herbicidas. Londrina: SBCPD, 1995, 42 p.

SOUZA, Emanuel; KALID, Ricardo. Transferência de tecnologia no cultivo de mandioca—o caso do Projeto Reniva. **Interações** (Campo Grande), v. 23, n. 2, p. 423-439, 2022.

SOUZA, G. H. O., et al. Climate change and its influence on planting of cassava in the Midwest region of Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 25, n. 2, p. 1184–1204, 1 fev. 2023.

STASINOPOULOS, MIKIS D, ROBERT A RIGBY, GILLIAN Z HELLER, VLASIOS VOUDOURIS, AND FERNANDA DE BASTIANI. 2017. Flexible Regression and Smoothing: Using GAMLSS in r. CRC Press.

STEVANOVIĆ, M., BRKIĆ, D., TOMIĆ, T., MIHAJLOVIĆ, V., ĐORĐEVIĆ, T., & GAŠIĆ, S. (2021). Effects of the technical ingredient clomazone and its two formulated products on aquatic macrophytes. *Environmental Pollution*, 277, 116753.

TOMLINS, K., PARMAR, A., OMOHIMI, CI, SANNI, LO, ADEGOKE, AF, ADEBOWALE, ARA, & BENNETT, B. (2021). Melhorando a vida útil de raízes frescas de mandioca: uma avaliação de campo de sacos de armazenamento simples. *Processos*, 9 (4), 577.

WEBER, J. B.; MCKINNON, E. J.; SWAIN, L. R. Sorption and mobility of ¹⁴C-labeled imazaquin and metolachlor in four soils as influenced by soil properties. *J. Agric. Food Chem.*, v. 51, n. 19, p. 5752-5759, 2003.

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

YOUBIN, S. et al. Adsorption, desorption and dissipation of metolachlor in surface and subsurface soils. *Pest Manag. Sci.*, v. 65, n. 9, p. 956-962, 2009.