



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

ANTONIO GIDEILSON CORREIA DA SILVA

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-
EMERGÊNCIA NA CULTURA DA MANDIOCA**

MOSSORÓ

2024

ANTONIO GIDEILSON CORREIA DA SILVA

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-
EMERGÊNCIA NA CULTURA DA MANDIOCA**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. Dr.

Coorientador: Daniel Valadão Silva, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

SS586 Silva, Antonio Gideilson.
s SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS
APLICADOS EM PRÉ-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA MANDIOCA
/ Antonio Gideilson Silva. - 2024.
49 f. : il.

Orientador: Aurélio Barros.
Coorientador: Daniel Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2024.

1. Manihot esculenta Crantz. 2. plantas
daninhas. 3. fitotoxicidade. 4. controle. 5.
ingrediente ativo. I. Barros, Aurélio, orient.
II. Silva, Daniel, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANTONIO GIDEILSON CORREIA DA SILVA

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DE HERBICIDAS APLICADOS EM PRÉ-
EMERGÊNCIA NA CULTURA DA MANDIOCA**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 20/Fevereiro/2024.

BANCA EXAMINADORA

Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Daniel Valadão Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Matheus de Freitas Souza, Dr. (UniRV)
Membro Examinador

Guilherme Braga Pereira Braz, Prof. Dr. (UniRV)
Membro Examinador

Hamurabi Anizio Lins, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela oportunidade e por nunca ter me abandonado, mesmo em momentos em que esqueci que Ele estava ali ao meu lado, protegendo meus caminhos.

A toda a minha família, em especial aos meus pais, José Gilvan e Nádía Maria, por todo o apoio e suporte que me deram, me incentivando e aconselhando em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade de cursar a Graduação e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia (PPGFITO), pela oportunidade de cursar o Mestrado em Fitotecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa e o apoio a pesquisa;

Ao meu orientador, Professor Dr. Aurélio Paes Barros Júnior, a quem sou bastante grato por todas as orientações, incentivos, acolhimento e paciência, que foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Daniel Valadão Silva, pelos conselhos e ensinamentos que foram indispensáveis para a minha formação.

A todos os professores do PPGFITO e da graduação em Agronomia da UFERSA, em especial a Jailma Suerda, Lindomar Maria, João Everthon e Elisangela.

A Alex Lima Monteiro, pela condução do experimento em campo.

Ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Produção Agrícola e Recursos Genéticos e Vegetais (GEPPARG), com o qual tive o privilégio de trabalhar, em especial a Anna Kézia (Kezinha), Gisele Santos, Pablo Almeida, Ester Coelho, Elania Freire, Ana Clécia, Welder Lopes, Antonio, John Lucas, José Travassos, Carlos Daniel, Henrique, Pedro Isaac, J. Marcos, Leonardo.

Ao Núcleo de Estudos em Matologia do Semi-Árido (NOMATO), em especial a Jesley Nogueira, Luma Loureiro, Hamurábi Lins e Bruno Fernandes.

À minha namorada, Thifanny Rodrigues, pelo companheirismo e todo o apoio durante toda a minha formação acadêmica.

Às amigas construídas ao decorrer da estada no mestrado, em especial Iron, Dalbert, Fatima, Jessica, Douglas, Clara Ohana, Bruno Henrique, Natalia Celodonio e Cristiane Carvalho.

Aos funcionários da horta, em especial Nanã e Josimar, por toda a ajuda desde a condução a colheita dos experimentos.

A cada um que, de forma direta ou indireta, contribuiu para a minha formação.

“Pode ser difícil agora, mas você deve silenciar esses pensamentos. Pare de contar as coisas que você perdeu, o que se foi se foi. Então pergunte a si mesmo o que ainda resta para você” (One Piece).

RESUMO

O aparecimento das plantas daninhas pode afetar a produtividade da mandioca, exigindo manejo intenso no seu estágio inicial de crescimento, na medida em que a cultura apresenta crescimento inicial lento. A solução para evitar a interferência de plantas daninhas é o manejo adequado, por meio de métodos de controles que possam ser eficazes. O químico é o mais utilizado entre os produtores, devido ao baixo custo e alta eficiência. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo avaliar a seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura da mandioca. Foram conduzidos dois experimentos em delineamento de blocos casualizados, ao longo de dois anos de cultivo (2017 e 2018). Em 2017, foram utilizados dez tratamentos com herbicidas, juntamente com duas testemunhas, uma com capina e outra sem capina. Em 2018, foram utilizados oito tratamentos com herbicidas e duas testemunhas. Foram avaliadas as variáveis de fitotoxicidade, controle de plantas daninhas, matéria seca da parte aérea, altura das plantas, diâmetro do caule, diâmetro de raízes, comprimento de raízes, produtividade relativa e fitossociologia das plantas daninhas. No experimento de seletividade, foram apresentados os seguintes resultados: Os herbicidas atrazine + S-metolachlor e atrazine apresentaram os maiores resultados de fitotoxicidade, acima de 40%, até os 21 dias após a aplicação no ano de 2017. A fitotoxicidade dos herbicidas foi maior no ano de 2017 do que no ano de 2018. As aplicações de diuron e metribuzin causaram reduções de produtividade da mandioca no ano de 2017. No ano de 2018, somente o linuron e o S-metolachlor + clomazone não apresentaram reduções de produtividade. No experimento de eficácia, foram apresentados os seguintes resultados: em 2017, todos os herbicidas atingiram resultados acima de 60% no controle de plantas daninhas, aos 14 dias após a aplicação. Em 2018, apenas os herbicidas ametryn + clomazone e ametryn + flumioxazin conseguiram manter valores acima de 85% de controle em todas as avaliações. Quanto à produtividade relativa de raízes, em 2017 somente a aplicação de ametryn + clomazone não resultou em reduções. Em 2018, somente o S-metolachlor + clomazone não resultou em reduções.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, plantas daninhas, fitotoxicidade, controle, ingrediente ativo.

ABSTRACT

The appearance of weeds can affect cassava productivity, requiring intensive management in its early growth stage, due to the crop's slow initial growth. The solution to avoid weed interference is proper management through effective control methods. Chemical control is the most used by growers due to its low cost and high efficiency. Considering this scenario, this study aims to evaluate the selectivity and efficacy of pre-emergence herbicides applied for weed control in cassava cultivation. Two experiments were conducted in a randomized complete block design over two years of cultivation (2017 and 2018). In 2017, ten herbicide treatments were used along with two controls, one with weeding and one without weeding. In 2018, eight herbicide treatments and two controls were used. The variables of phytotoxicity, weed control, aboveground dry matter, plant height, stem diameter, root diameter, root length, relative productivity, and weed phytosociology were evaluated. In the selectivity experiment, the following results were obtained: Atrazine + S-metolachlor and atrazine herbicides showed the highest phytotoxicity results, above 40%, up to 21 days after application in 2017. Herbicide phytotoxicity was higher in 2017 than in 2018. The application of diuron and metribuzin caused reductions in cassava productivity in 2017. In 2018, only linuron and S-metolachlor + clomazone did not result in productivity reductions. For the efficacy experiment, the following results were obtained: in 2017, all herbicides achieved results above 60% in weed control, 14 days after application. In 2018, only the ametryn + clomazone and ametryn + flumioxazin herbicides maintained control values above 85% in all evaluations. Regarding relative root productivity, in 2017, only the application of ametryn + clomazone did not result in reductions. In 2018, only S-metolachlor + clomazone did not result in reductions.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, weeds, phytotoxicity, control, active ingredient.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Temperatura Média (°C) (A), Umidade Relativa Média do Ar (%) (B), Radiação solar ($W m^2$) (C), e Precipitação (mm) (D) ocorridas durante o ciclo da mandioca nos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019. Fonte: Estação metrológica automotiva do INMET e pluviômetro instalado na fazenda experimental.23
- Figura 2.** Intoxicação (%) das plantas de mandioca causados pelos herbicidas pré-emergentes aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAA. Fonte: O autor (2024).28
- Figura 3.** Matéria seca da parte aérea MSPA ($kg planta^{-1}$), altura das plantas (m) e diâmetro do caule (mm) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$). 30
- Figura 4.** Diâmetro de raízes (mm), comprimento de raízes (cm) e produtividade relativa (%) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$).31
- Figura 5.** Controle de plantas daninhas pelos herbicidas pré-emergentes em áreas cultivadas com mandioca aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAA.33
- Figura 6.** Matéria seca da parte aérea (MSPA) ($kg planta^{-1}$), altura das plantas (m) e diâmetro do caule (mm) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$). 39
- Figura 7.** Diâmetro de raízes (mm), comprimento de raízes (cm) e produtividade relativa (%) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$).40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Herbicidas, mecanismo de ação e grupo químico de herbicidas registrados para a aplicação na mandioca no Brasil.	20
Tabela 2. Caracterização química do solo em pré-instalação do experimento na área experimental	24
Tabela 3. Princípios ativos e dose de herbicidas aplicados em pré-emergência nas plantas de mandioca no ano de 2017/2018 e 2018/2019.	25
Tabela 4. Espécies de plantas daninhas não controladas pelos herbicidas nos anos de 2017 e 2018.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

4-HPPD	4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase
ACCase	Acetil-coenzima A carboxilase
ANOVA	Análise de variância
CTC	Capacidade de troca catiônica
DAA	Dias após a aplicação
DBC	Delineamento em blocos ao acaso
DOXPS	1-desoxi-xilulose-5-fosfatase síntese
ETc	Evapotranspiração da cultura
ETo	Evapotranspiração de referencia
FSI	Fotossistema I
FSII	Fotossistema II
HCN	Ácido cianídrico
i.a	Ingrediente ativo
Kc	Coeficiente da cultura
MO	Matéria orgânica
MSPA	Matéria seca da parte aérea
Ns	Não significativo
pH	Potencial hidrogênio iônico
PPO	Polifenoloxidasas
PROTOX	Protoporfirinogênio oxidase
RN	Rio Grande do Norte

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
Ca	Cálcio
Cm	Centímetro
K	Potássio
kg/planta	Quilograma por planta
M	Metro
Mg	Magnésio
mm	Milímetro
N	Nitrogênio
Na	Sódio
P	Fósforo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Cultura da mandioca	17
2.2	Plantas daninhas na cultura da mandioca	18
2.3	Herbicidas no controle de plantas daninhas.....	19
2.4	Mecanismo de ação dos herbicidas utilizados.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Localização e caracterização da área experimental	23
3.2	Delimitação experimental e tratamentos.....	24
3.3	Instalação e condução dos experimentos	26
3.4	Variáveis avaliadas	26
3.5	Análise estatística	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Seletividade.....	28
4.2	Eficácia dos herbicidas	32
5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A agricultura representa uma das atividades mais cruciais no setor econômico mundial, uma vez que atende a uma necessidade primordial da humanidade: a produção de alimentos (RAMIREZ *et al.*, 2020). Com a população global ultrapassando os sete bilhões de pessoas e projetada para atingir aproximadamente nove bilhões até 2050, os níveis atuais de produção agrícola revelam-se insuficientes para atender ao crescente aumento populacional (YOUNG *et al.*, 2013; WESTWOOD *et al.*, 2018; MONTEIRO *et al.*, 2022).

A produção agrícola pode ser limitada por diversos fatores, como, por exemplo, fatores abióticos como seca e altas temperaturas, condições frequentes para os produtores localizados no semiárido. Uma alternativa para superar essas adversidades é o cultivo de espécies adaptadas que possam produzir rendimentos em condições adversas (CAVALCANTE *et al.*, 2017; CASTILLA *et al.*, 2020).

Dentre as diversas culturas cultivadas, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem destaque em regiões tropicais e subtropicais, onde contribui significativamente para a segurança alimentar desses locais, sendo uma das principais fontes de carboidrato para países em desenvolvimento (BYJU *et al.*, 2020; CEBALLOS *et al.*, 2020; MORGANTE *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2022; OREK, 2024).

A mandioca é uma cultura rústica, capaz de crescer e se desenvolver em solos de baixa fertilidade, apresentando facilidade na sua propagação e sendo tolerante ao estresse hídrico. Essas características tornam seu cultivo atrativo para pequenos produtores, devido ao baixo investimento necessário (SANTIAGO *et al.*, 2018; BYJU *et al.*, 2020; MORGANTE *et al.*, 2020; OREK, 2024).

O aparecimento das plantas daninhas pode afetar a produtividade da mandioca, exigindo manejo intenso no seu estágio inicial de crescimento, na medida em que a cultura apresenta crescimento inicial lento, o que facilita a interferência causada por plantas daninhas (WEERARATHNE *et al.*, 2017; BURGOS *et al.*, 2021). Portanto, medidas de controle de plantas daninhas devem ser adotadas pelo menos no período crítico de prevenção da interferência (PCPI).

Os PCPI da mandioca cultivada no Acre, Minas Gerais e Paraná foram, respectivamente, de 30-60, 25-75 e de 18-100 dias após o plantio (MOURA *et al.*, 2000; ALBUQUERQUE *et al.*, 2008; BIFFE *et al.*, 2010).

As plantas daninhas têm o potencial de causar prejuízos significativos devido à competição direta por luz, nutrientes, água e espaço. Além disso, elas podem liberar substâncias alelopáticas e atuar como hospedeiras de pragas, resultando em perdas no rendimento da produção agrícola, resultando em impactos financeiros consideráveis, devido aos custos elevados associados ao manejo dessas plantas indesejadas (HU *et al.*, 2020; GALON *et al.*, 2023).

A solução para evitar a interferência de plantas daninhas é o manejo adequado, por meio de métodos de controles que possam ser eficazes (SARDANA *et al.*, 2017). As opções de controle de plantas daninhas na cultura da mandioca incluem o controle cultural, mecânico, biológico e químico. O químico é o mais utilizado entre os produtores, devido ao baixo custo e alta eficiência (HAGGBLADE *et al.*, 2017).

O controle químico pode ser realizado com aplicações em pré e pós-emergência. As aplicações em pré-emergência são aplicações antes da emergência da cultura e das plantas daninhas, com o herbicida atuando sobre as plantas daninhas no seu estágio inicial de desenvolvimento; por sua vez, as aplicações em pós-emergência ocorrem após a germinação da cultura e das plantas daninhas (SOMERVILLE *et al.*, 2017).

No Brasil, existem poucos herbicidas registrados para uso na mandioca, sendo eles o ametryn, carfentrazone-ethyl, cletodim, clomazone, flumioxazin, isoxaflutole, linurom, metribuzin, S-metolachlor, trifluralin (AGROFIT, 2023).

A disponibilidade limitada de herbicidas registrados para o uso na cultura da mandioca é resultado de fatores como baixo incentivo e o prolongado tempo necessário para conduzir pesquisas. Diante desse cenário, faz-se necessário ajustar as recomendações dos herbicidas já registrados e buscar novas soluções para possibilitar registros adicionais, ampliando, assim, as opções disponíveis aos produtores. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a seletividade e eficácia de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas na mandioca.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), pertencente ao gênero *Manihot* da família Euphorbiaceae, é originária da América Latina, sendo a planta mais antiga cultivada no Brasil (ASSIS LINHARES *et al.*, 2019). Conhecida popularmente como macaxeira e aipim, a mandioca também pode ser morfológicamente classificada como mandioca mansa, quando as raízes têm teor de ácido cianídrico (HCN) abaixo de 50 mg kg⁻¹, e mandioca brava, quando o teor de HCN ultrapassa 100 mg kg⁻¹, imprópria para o consumo *in natura* (MATTOS *et al.*, 2006; ROMANO *et al.*, 2020).

A maior diferença entre a mandioca mansa e a brava está na forma de consumo. A mandioca mansa é destinada ao consumo com preparo mais simples, como cozida, frita ou assada. Além disso, é utilizada na indústria, sendo mais versátil do que a brava. Por outro lado, a mandioca brava é empregada na indústria, principalmente na produção de farinha e extração de amido, dentre outros produtos, sendo imprópria para o consumo, e só pode ser consumida após algum tipo de processamento industrial para remoção das substâncias tóxicas (VALLE *et al.*, 2004; MATTOS *et al.*, 2006; ROMANO *et al.*, 2020).

Cultivada em áreas tropicais e subtropicais, como África Subsaariana, Ásia e América Latina, a mandioca representa uma das principais fontes de energia na dieta dessas regiões, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar de milhões de pessoas (BYJU *et al.*, 2020; CEBALLOS *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2022). Além de ser essencial na alimentação humana, a mandioca desempenha papel importante na alimentação animal e na indústria, sendo produzida em sua maioria por pequenos agricultores no Brasil. Isso se deve à sua capacidade de prosperar em solos de baixa fertilidade, tolerância ao estresse hídrico, facilidade de propagação e requisitos modestos de investimento e práticas agrícolas (BYJU *et al.*, 2020; MORGANTE *et al.*, 2020; OREK, 2024).

As principais regiões produtoras de mandioca são a África subsaariana, responsável por 61% da produção mundial, com a Nigéria representando 70% dessa produção. A Ásia contribui com 32%, enquanto a América Latina responde por 12% (FAOSTAT, 2020; MORGANTE *et al.*, 2020; OREK, 2024). O Brasil destaca-se como o maior produtor de mandioca na América Latina, com produção de 23 milhões de toneladas. Na região Norte do país, o Pará é o estado mais produtivo, representando 57% da produção regional (EMBRAPA,

2005; IBGE, 2022). O Nordeste é a segunda maior produtora de mandioca do país, contribuindo com 19,7% da produção nacional (IBGE, 2022).

A mandioca é de grande importância socioeconômica no Brasil, sendo cultivada tanto por pequenos produtores familiares quanto em sistemas empresariais. Seu cultivo não apenas contribui para a geração de empregos, como também desempenha papel crucial como fonte de renda para os produtores (SANTIAGO *et al.*, 2018).

Apesar de sua importância, a mandioca vem sofrendo reduções de área plantada nos últimos anos, devido a motivos como a escassez de mão de obra e a preferência dos produtores pelo plantio de milho e soja, que proporcionam resultados mais rápidos e em menor espaço do que o da mandioca. Além disso, fatores relacionados ao cultivo, como a falta de manivas de boa qualidade, a não seleção dessas manivas, a ausência de controle de plantas daninhas e a não adoção de espaçamentos adequados, somados à dificuldade de acesso às tecnologias de cultivo, contribuem para esse cenário (SILVA *et al.*, 2023).

2.2 Plantas daninhas na cultura da mandioca

O desempenho da cultura da mandioca pode ser limitado por diferentes aspectos, como as práticas culturais, a escolha do genótipo adequado a determinada região e o surgimento de plantas daninhas. As plantas daninhas representam um dos principais fatores que reduzem o rendimento dos sistemas agrícolas em todo o mundo. Quando crescem junto com a cultura, podem diminuir a produtividade e a qualidade das plantas, seja por competição por água, luz, nutrientes, espaço ou por alelopatia (MONTEIRO *et al.*, 2021).

Apesar da mandioca ser uma cultura rústica, sua produção é negativamente afetada pela competição com plantas daninhas, podendo reduzir o rendimento das raízes em valores próximos a 70% (WEERARATHNE *et al.*, 2017; SANTIAGO *et al.*, 2020; BURGOS *et al.*, 2021; EKELEME *et al.*, 2021).

A competição com as ervas daninhas ocorre em todos os períodos de crescimento da cultura, mas os efeitos mais prejudiciais sobre a mandioca acontecem por volta de 21 e 84 dias após o plantio, período em que a cultura está nos estágios iniciais de formação da copa (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; EKELEME *et al.*, 2020). O crescimento lento da mandioca a torna altamente suscetível à competição com plantas daninhas, o que pode reduzir o tamanho e a qualidade das raízes (EKELEME *et al.*, 2021; ONASANYA *et al.*, 2021).

As opções de controle de plantas daninhas na cultura da mandioca incluem o controle cultural, mecânico, biológico e químico. Na Nigéria, a capina manual é a forma mais comum

de controle de plantas daninhas na cultura da mandioca, com a realização de duas a três capinas durante todo o ciclo da cultura (EKELEME *et al.*, 2020). Apesar dessa predominância, essa prática torna-se inviável em grandes áreas agrícolas devido à escassez de mão de obra e ao alto custo associado. Por esse motivo, os produtores têm aderido ao controle químico, por meio da utilização de herbicidas, como o método mais indicado, dada a sua praticidade (GIANESSIS, 2013; SANTIAGO *et al.*, 2020).

A mandioca é de natureza perene, portanto, necessita de herbicidas que possuam longa persistência no solo, controlando as plantas daninhas durante um período extenso, sem causar efeitos adversos à cultura (WEERARATHNE *et al.*, 2017).

2.3 Herbicidas no controle de plantas daninhas

Os herbicidas têm se destacado como a forma mais fácil e eficiente de controlar a proliferação de plantas daninhas, sendo considerados líderes entre os métodos de controle (DUHOUX *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2022). De acordo com Duhoux *et al.* (2017), para alcançar sucesso agrônômico e comercial, um herbicida deve oferecer controle eficiente contra diversas espécies de plantas daninhas, minimizando seus efeitos adversos nas culturas. A utilização desses produtos tem contribuído para o aumento da produção agrícola mundial, combatendo as plantas daninhas responsáveis por significativas perdas nas colheitas (GIANESSI, 2013). Conforme destacado por Correia *et al.* (2021), a base para o êxito do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola está no estudo da seletividade, que avalia a fitotoxicidade dos herbicidas em relação à cultura de interesse.

Um dos principais problemas para o controle químico na mandioca é o número restrito de herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas, somado aos poucos mecanismos de ação (BIFFE *et al.*, 2010). É necessário manter a cultura livre de plantas daninhas no período mínimo de 75 dias após o plantio, visando ao desenvolvimento adequado das raízes da mandioca (MACHADO FILHO *et al.*, 2018).

No Brasil, existem 10 ingredientes ativos registrados para o controle de plantas daninhas na cultura da mandioca (Tabela 1) (AGROFIT, 2023). Considerando a diversidade de plantas daninhas presentes nas áreas cultivadas, muitas vezes torna-se necessário aplicar mais de um herbicida (SANTIAGO *et al.*, 2018).

Tabela 1. Herbicidas, mecanismo de ação e grupo químico de herbicidas registrados para a aplicação na mandioca no Brasil.

Herbicida	Mecanismo de ação	Grupo químico
Ametryn	Inibição da fotossíntese no fotossistema II (FSII)	Triazinas
Carfentrazone-ethyl	Inibição da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX)	Triazolinonas
Clethodim	Inibição da acetil-coenzima A carboxilase (ACCase)	Ciclohexanodionas
Clomazone	Inibição da biossíntese de carotenoides na 1-desoxi-xilulose-5-fosfatase síntese (DOXPS)	Isoxazolidinonas
Flumioxazin	Inibição da PROTOX	N-fenilpirazoles
Isoxaflutole	Inibição da biossíntese de carotenoides na 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenase (4-HPPD)	Isoxazoles
Linurom	Inibição da fotossíntese no FSII	Ureia
Metribuzin	Inibição da fotossíntese no FSII	Triazinonas
S-Metolachlor	Inibição da divisão celular ou de ácidos graxos de cadeia muito longa	Cloroacetamidas
Trifluralin	Inibição da formação de microtúbulos	Dinitroanilinas

Fonte: AGROFIT (2023).

A mandioca apresenta boa tolerância aos herbicidas aplicados em pré-emergência, demonstrando seletividade diferencial e, portanto, constituindo excelente alternativa para o controle de plantas daninhas na fase inicial da cultura (SANTIAGO *et al.*, 2020).

Um controle mais eficaz de plantas daninhas pode ser alcançado por meio da aplicação

de herbicidas de pré-emergência, combinada com duas capinas mecânicas durante o ciclo da cultura, evitando, assim, a proliferação dessas plantas indesejadas (OLORUNMAIYE *et al.*, 2009; WEERARATHNE *et al.*, 2017).

Em estudos anteriores, os herbicidas clomazone, ametryn, metribuzin, flumioxazin e isoxaflutole demonstraram seletividade para a mandioca, proporcionando controle eficaz de plantas daninhas sem causar efeitos tóxicos à cultura. Esses herbicidas podem ser aplicados tanto de forma isolada quanto em conjunto (SANTIAGO *et al.*, 2018).

2.4 Mecanismo de ação dos herbicidas utilizados

Uma forma de identificar os herbicidas é agrupá-los de acordo com seu mecanismo de ação nas plantas. Os herbicidas influenciam uma série de processos metabólicos na planta, sendo o mecanismo de ação o primeiro ponto onde o herbicida atua na planta, causando a primeira lesão. São os mecanismos de ação dos herbicidas que impedem o desenvolvimento das plantas (SALOMÃO *et al.*, 2020; MENDES *et al.*, 2023). Segue o mecanismo de ação dos herbicidas utilizados na pesquisa.

- Clomazone - Inibidor da biossíntese de carotenoides na 1-desoxi-xilulose-5-fosfatase sintase (DOXPS).

Esse herbicida atua como inibidor da biossíntese de carotenoides, inibindo a enzima DXP síntese (deoxixilulose fosfato síntese), responsável pela síntese de precursores de carotenoides. É utilizado na pré-emergência de plantas daninhas, no controle de monocotiledôneas e dicotiledôneas (SANCHOTENE *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2013):

- S-metolachlor - Inibidor da divisão celular ou ácidos graxos de cadeia muito longa (VLCFA).

Esse herbicida atua na inibição da síntese de proteínas nos meristemas apicais da parte aérea e das raízes, resultando na paralisação da divisão celular, aumento no tamanho das células e inibição do crescimento da parte aérea e das raízes. Herbicidas desse grupo controlam gramíneas e algumas dicotiledôneas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011):

- Ametryn, atrazine, linuron, diuron e metribuzin - Inibidores da fotossíntese no fotossistema II (FSII).

Esses herbicidas causam a inibição do FSII, prendendo a proteína D1 e bloqueando o transporte de elétrons do QA para o QB, interrompendo, assim, a fixação de CO₂ e a produção de ATP e NADPH₂, o que conseqüentemente interrompe o crescimento da planta. São herbicidas que podem ser utilizados tanto em pré quanto em pós-emergência das plantas daninhas, geralmente sendo aplicados no solo e absorvidos pelas raízes, controlando plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas (WANG *et al.*, 2018; GANUGI *et al.*, 2021; MENDES *et al.*, 2023):

- Sulfentrazone e flumioxazin - Inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX).

Esses herbicidas agem na inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). A enzima PROTOX tem como função a síntese de clorofila nas plantas, e sua inibição resulta na peroxidação dos lipídios da membrana celular, utilizados na pré-emergência para controlar tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas (BRUM *et al.*, 2013; MADALÃO *et al.*, 2013; SIMPLICIO *et al.*, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Foram conduzidos dois experimentos em campo em dois anos agrícolas, sendo um destinado a avaliar a seletividade de diferentes herbicidas aplicados em pré-emergência da mandioca, ao passo que no segundo experimento o objetivo foi avaliar a eficácia de herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de plantas daninhas nesta cultura.

Os estudos foram conduzidos na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5° 03'37" S, 37° 23'50" W e 81m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil no período de setembro a julho dos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019.

Segundo Köppen o clima da região é classificado como quente e seco, com uma precipitação pluviométrica medial anual de 673,9 mm (ALVARES *et al.*, 2013). Os dados médios de temperatura média, umidade relativa média do ar, radiação solar e precipitação estão apresentados na Figura 1 e foram obtidos pela estação meteorológica automotiva do INMET e pluviômetro instalado na fazenda experimental.

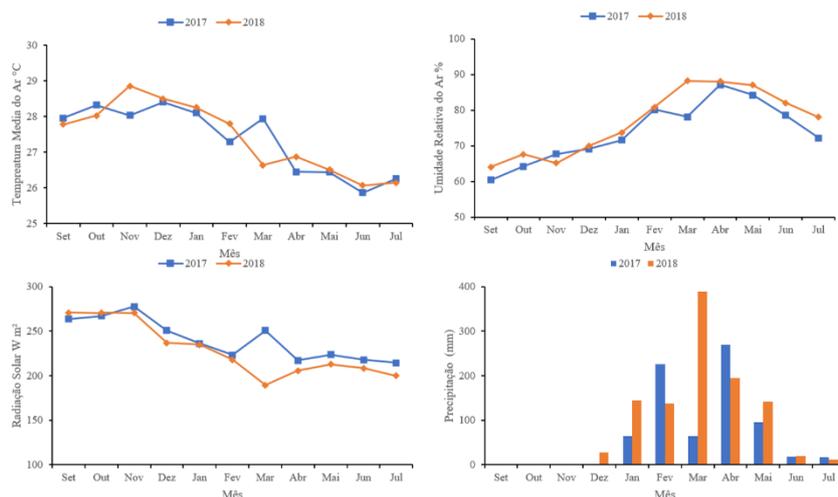


Figura 1. Temperatura Média (°C) (A), Umidade Relativa Média do Ar (%) (B), Radiação solar (W m²) (C), e Precipitação (mm) (D) ocorridas durante o ciclo da mandioca nos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019. Fonte: Estação metrológica automotiva do INMET e pluviômetro instalado na fazenda experimental.

O solo da área experimental é classificado como Argiloso Vermelho Distrófico típico, apresentando valores de 91% de areia, 3% de silte e 6% de argila. Antes da instalação do experimento, foi realizado o preparo do solo, visando à homogeneização da área e eliminação das plantas daninhas, onde foi realizada operação mecânica, com o auxílio de um arado, seguido por uma gradagem. A adubação do solo foi realizada de acordo com as necessidades da cultura, com base na análise do solo (Tabela 1).

Tabela 2. Caracterização química do solo em pré-instalação do experimento na área experimental.

Safrá	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al ³⁺	H+Al ³⁺	CTC
	H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						
2017	6,92	0,99	15,2	2,06	0,11	1,31	1,55	0	0	5,04
2018	6,45	4,6	8,36	0,12	0,006	1,31	0,66	0	0	2,1

Fonte: O autor (2024).

A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo, seguindo as recomendações do IPA (CAVALCANTE, 2008). O fósforo foi disponibilizado na forma de superfosfato simples (18% de P). O potássio foi disponibilizado na forma de KCL (58% de K) aplicado em fundação, e o nitrogênio foi disponibilizado na forma de ureia (45% de N), com duas aplicações, a primeira em fundação e a segunda realizada em cobertura (60 dias após a emergência).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Para ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), no ano de 2017, com doze tratamentos e três repetições e no ano de 2018 com dez tratamentos com três repetições. Para o experimento de seletividade, foram realizadas capinas manuais em todas as unidades, sempre que necessário. Para o experimento de eficiência, não foram realizadas capinas durante o ciclo da mandioca, contando somente com o efeito dos herbicidas no controle de plantas daninhas.

Nos dois anos, houve duas testemunhas, controle sem a aplicação de herbicidas e outra sem controle de plantas daninhas. O controle foi realizado pelo método mecânico. No ano de 2017, foram selecionados dez tratamentos com a aplicação de herbicidas e dois tratamentos controle (Tabela 2). No ano de 2018, os tratamentos com os herbicidas metribuzin, ametryn, atrazine, S-metolachlor, clomazone, diuron e atrazina + S-metolachlor foram retirados, devido à falta de seletividade (Morte das plantas de mandioca) visualizada no experimento realizado em 2017. Esses herbicidas foram substituídos por linuron, flumioxazin + ametryn, flumioxazin + clomazone, S-metolachlor + flumioxazin e S-metolachlor + clomazone (Tabela 3).

Tabela 3. Princípios ativos e dose de herbicidas aplicados em pré-emergência nas plantas de mandioca no ano de 2017/2018 e 2018/2019.

Princípios ativos 2017/2018	Dose p.c.* (kg.ha ⁻¹)	Princípios ativos 2018/2019	Dose p.c.* (Kg.ha ⁻¹)
Flumioxazin	0,12	Flumioxazin	0,12
Sulfentrazone	1,20	Sulfentrazone	1,20
Metribuzin	1,00	Linuron	2,20
Ametryn	5,00	Ametryn + clomazone	5,00 + 3,50
Atrazine	4,00	Flumioxazin + ametryn	0,06 + 5,00
S-metolachlor	2,00	Flumioxazin + clomazone	0,06 + 3,50
Clomazone	3,50	S-metolachlor + clomazone	2,00 + 3,50
Diuron	4,80	S-metolachlor + flumioxazin	4,80
Atrazina + s-metolachlor	4,00 + 2,00	Testemunha capinada	-
Ametryn + clomazone	5,00 + 3,50	Testemunha sem capina	-
Testemunha capinada	-	-	-
Testemunha sem capina	-	-	-

* Produto comercial.

3.3 Instalação e condução dos experimentos

O sistema de irrigação foi realizado por gotejamento, com os gotejadores espaçados a 0,3 m. A irrigação aconteceu diariamente, seguindo a ETc estimada da cultura ($ETc = ETo \times Kc$). Os valores de Kc correspondentes aos estágios de desenvolvimento foram estimados pela evapotranspiração de referência, utilizando a equação de Penman-Motheith (ALLEN *et al.*, 1998).

O plantio foi realizado nos meses de setembro de cada ano, de forma manual utilizando uma maniva por cova a uma profundidade de 8 a 10 cm. A variedade utilizada foi a Baixo Assú, que apresenta teor menor que 100 mg de HCN g⁻¹ de polpa. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com a necessidade da cultura.

Cada unidade experimental teve área total de 14,4 m² (3,6 m x 4,0 m) e área útil de 4,8 m². Quatro fileiras dispostas transversalmente, espaçadas a 2,0 m entre si, e dentro da linha espaçamento de 0,6m entre plantas, totalizando 24 plantas na área total e oito plantas na área útil. A área útil foi representada pelas duas fileiras centrais, com as duas linhas externas sendo usadas com bordadura.

Após o plantio, foi realizada aplicação dos herbicidas, nos horários de maior umidade relativa do ar, menor temperatura e velocidade do vento, com a finalidade de evitar a deriva. Antes da aplicação dos herbicidas, as linhas foram irrigadas até o solo atingir a capacidade de campo.

3.4 Variáveis avaliadas

A fitointoxicação de mandioca e o controle de plantas daninhas foram avaliados visualmente aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). A seletividade dos herbicidas para a cultura foi realizada por meio de avaliações visuais de fitotoxicação seguindo a escala de notas que vai de 0% (nenhuma lesão ou redução de crescimento em comparação com a parcela não tratada) a 100% (morte completa das plantas) (SBCPD, 1995).

A colheita manual foi realizada 270 dias após a emergência, sendo colhidas todas as plantas da área útil, que foram levadas ao laboratório da UFERSA. No período da colheita, a biomassa da parte aérea das plantas daninhas foi coletada da área central de cada parcela.

Após a colheita, foram avaliadas as características de matéria seca da parte aérea (kg planta^{-1}), altura das plantas (m), diâmetro do caule (mm), diâmetro de raízes (mm), comprimento de raízes (cm) e produtividade relativa (%), para ambos os experimentos.

A fitossociologia foi realizada na área útil das parcelas, onde todas as plantas daninhas que cresceram durante o ciclo de cultivo foram coletadas e identificadas. Após isso, o material foi levado para a estufa de circulação forçada de ar a 65°C , até atingir o peso constante, para a determinação da matéria seca.

3.5 Análise estatística

A fitointoxicação e o controle foram comparados pelo intervalo de confiança de ($p \leq 0,05$).

O teste de Bartlett foi utilizado para testar a homogeneidade de variância e o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição normal dos resíduos. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para fitointoxicação e características pós-colheita, sendo as médias comparadas pelo teste de Dunnett ao $p \leq 0,001, 0,01, 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seletividade

No ano de 2017, os herbicidas atrazine + S-metolachlor e atrazine demonstraram fitotoxicidade na mandioca até os 21 DAA, alcançando valores acima de 40%. Entretanto, nas avaliações realizadas aos 28 e 35 DAA, houve diminuição desses valores, que caíram para menos de 30% de fitotoxicidade (Figura 2). O ametryn apresentou toxicidade acima de 40% na primeira avaliação, aos 7 DAA. Apesar disso, os níveis de fitotoxicidade diminuíram nas avaliações subsequentes, alcançando valores baixos na avaliação de 42 DAA (Figura 2). O herbicida ametryn + clomazone manteve valores de fitotoxicidade em torno de 25% até os 21 DAA, com redução desses valores nas avaliações posteriores (Figura 2). O diuron demonstrou baixa fitotoxicidade na avaliação realizada aos 7 DAA, porém houve aumento desses valores nas avaliações de 21 e 28 DAA, atingindo um máximo superior a 30%, havendo posterior diminuição desses valores nas avaliações subsequentes. Os demais tratamentos apresentaram fitotoxicidade com valores inferiores a 25%, em todas as épocas de avaliação.

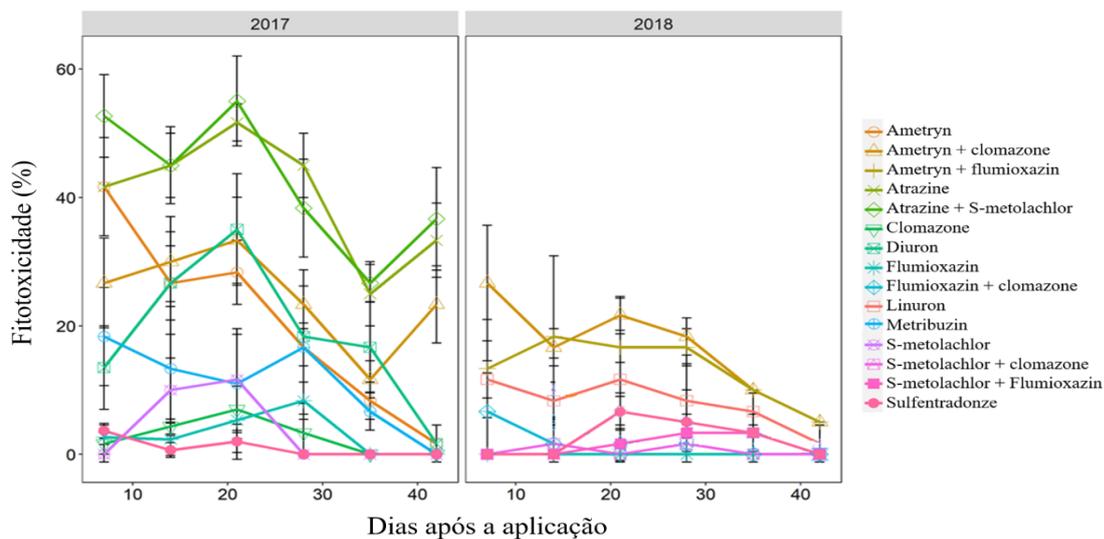


Figura 2. Intoxicação (%) das plantas de mandioca causados pelos herbicidas pré-emergentes aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAA. Fonte: O autor (2024).

Em 2018, todos os herbicidas avaliados demonstraram valores de toxicidade inferiores a 30%. De forma geral, os índices de fitotoxicidade foram menores se comparados ao ano de 2017 (Figura 2).

O clomazone, flumixazin e o S-metolachlor apresentaram resultados baixos de fitotoxicidade, menores que 15% em todas as avaliações. Esses produtos são registrados para o uso na mandioca no Brasil (AGROFIT 2023). FONTES *et al.* (2021) relataram níveis de fitotoxicidade menores que 15% com a aplicação de clomazone (1080g de i.a. ha⁻¹) em pré-emergência. Por sua vez, Scariot *et al.* (2013) não relataram sintomas de fitotoxicação em plantas de mandioca da cultivar ‘cascuda”, com aplicação de clomazone (900 e 1080g de i.a. ha⁻¹) em pré-emergência. O clomazone é adsorvido pelos meristemas apicais, principalmente das raízes, sendo favorecida por solos mais úmidos, baixos teores de argila e de matéria orgânica (LEE *et al.*, 2004; FONTES *et al.* 2021), o que justifica menor adsorção desses herbicidas pela mandioca, visto que o solo da área experimental é classificado como arenoso.

Notou-se diminuição dos sintomas visuais de intoxicação para todos os herbicidas aplicados após os 21 dias, o que pode estar associado à recuperação das plantas de mandioca por meio da emissão de novas folhas sem os sinais evidentes de fitotoxicação (SILVA *et al.*, 2012). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira Jr. *et al.* (2001) e Biffe *et al.* (2010), onde os maiores efeitos de fitotoxicidade acontecem, respectivamente, aos 37 e 60 dias, e após isso a planta consegue se recuperar dos sintomas de injúrias.

No ano de 2017, a aplicação dos herbicidas na cultura da mandioca não gerou reduções do acúmulo de matéria seca da parte aérea, na altura da planta e no diâmetro do caule quando comparados à testemunha capinada (Figura 3). É importante ressaltar que o herbicida S-metolachlor apresentou resultados superiores à testemunha capinada no que se refere ao acúmulo de matéria seca da parte aérea.

Em 2018, os herbicidas aplicados não influenciaram o acúmulo de matéria seca da parte aérea (Figura 3). Entretanto, o S-metolachlor + flumioxazin proporcionaram reduções da altura da planta e diâmetro do caule.

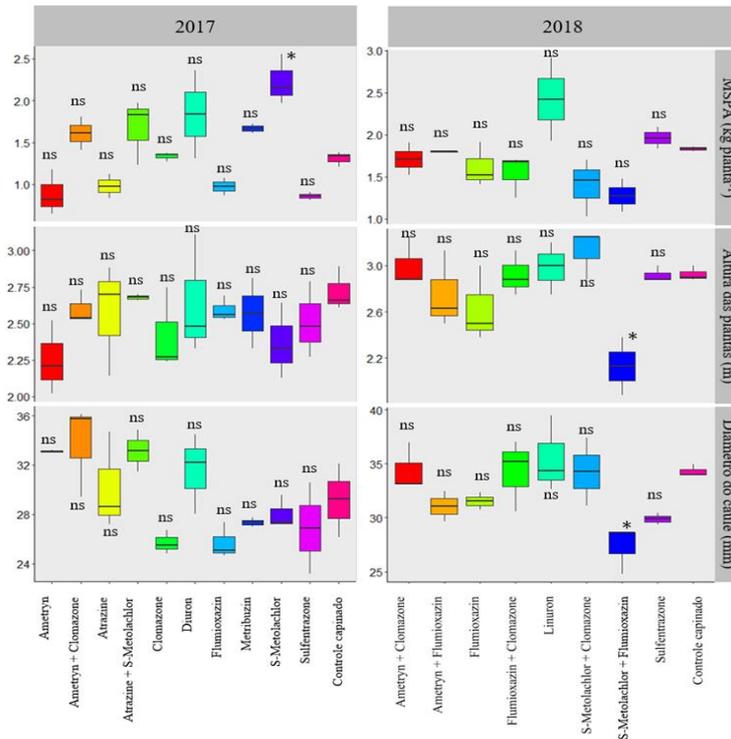


Figura 3. Matéria seca da parte aérea MSPA (kg planta⁻¹), altura das plantas (m) e diâmetro do caule (mm) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$).

Os herbicidas atrazine+ S-metolachlor, atrazine, ametryn, ametryn + clomazone e diuron provocaram sintomas de intoxicação na cultura de mandioca. Entretanto, não houve reduções significativas nas características de massa seca da parte aérea, altura de planta e diâmetro do caule. Isso reforça a capacidade de recuperação das plantas de mandioca após a intoxicação causada por esses herbicidas (SANTIAGO *et al.*, 2018).

Em 2017, nenhum dos herbicidas aplicados provocou reduções do diâmetro das raízes, embora a combinação de atrazine + S-metolachlor tenha resultado em um aumento (Figura 4). Por outro lado, em 2018 todas as aplicações de herbicidas resultaram em reduções do diâmetro das raízes (Figura 4). Quanto ao comprimento das raízes, tanto em 2017 quanto em 2018 não foram observadas reduções para nenhum dos herbicidas aplicados.

No ano de 2017, os herbicidas diuron e metribuzin ocasionaram reduções de produtividade (Figura 4). Para os demais herbicidas, não foram observadas reduções da produtividade. Em contrapartida, em 2018 o linuron e o S-metolachlor + clomazone não afetaram negativamente a produtividade relativa (Figura 4). Os demais herbicidas utilizados proporcionaram reduções na produtividade relativa.

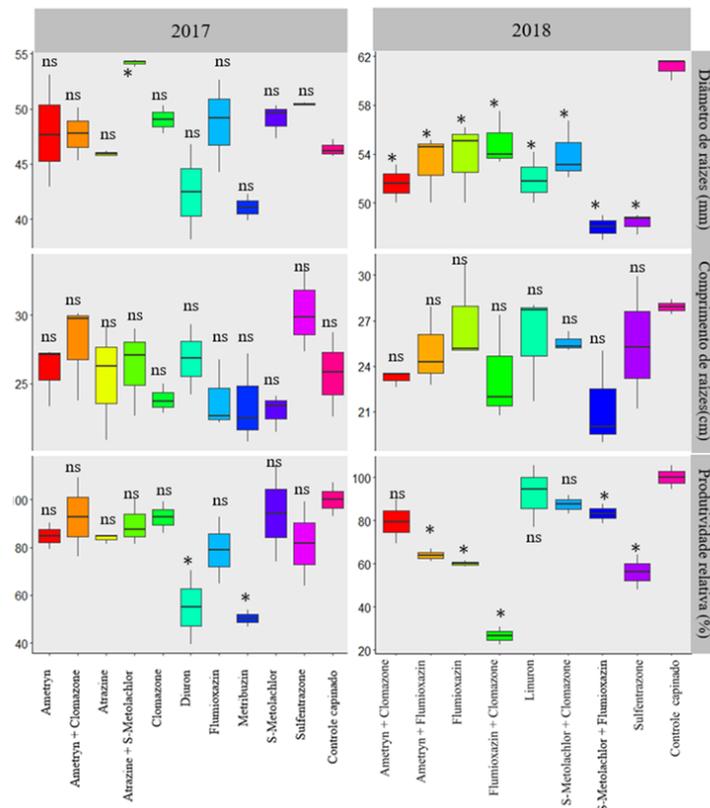


Figura 4. Diâmetro de raízes (mm), comprimento de raízes (cm) e produtividade relativa (%) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$).

Em 2017, apenas o diuron e o metribuzin causaram reduções da produtividade, mostrando a falta de seletividade desses produtos. A maioria dos herbicidas foi seletiva para a cultura da mandioca. Esses resultados corroboram estudos anteriores, mostrando a seletividade dos herbicidas ametryn, clomazone, atrazine e flumioxazin aplicados em pré-emergência na mandioca (OLIVEIRA JR *et al.*, 2010; BIFFE *et al.*, 2010; SANTIAGO *et al.*, 2018).

No ano de 2018, as maiores reduções foram observadas no diâmetro e na produtividade relativa das raízes, possivelmente devido ao efeito tóxico dos herbicidas. Esses efeitos não foram evidentes na parte aérea, o que pode ter sido causado por maior estresse metabólico nas raízes. O linuron e o S-metolachlor + clomazone foram os únicos seletivos para a cultura da mandioca. Scariot *et al.* (2013) relataram que a mistura de S-metolachlor + clomazone ($1.440 + 900 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) foi seletiva para a cultura da mandioca.

Segundo Scariot *et al.* (2013), a seletividade dos herbicidas aplicados em pré-emergência, na cultura da mandioca, pode depender do tipo de solo do local, mudanças

quanto ao teor de argila, areia e matéria orgânica pode interferir na seletividade do herbicida aplicado na cultura. De acordo com Oliveira Júnior et al. (2001), o flumioxazin (42 g ha⁻¹), s-metolachlor (2.000 g ha⁻¹) e o sulfentrazone (600 g ha⁻¹), aplicados em pré-emergência, em solo arenoso, na mandioca ‘Espeto’, ocasionaram, respectivamente, reduções de 27,6, 33,6 e 63,0% na produtividade de raízes, quando comparado à testemunha capinada. Estes herbicidas possuem Kow baixos, com valores para flumioxazin, s-metolachlor e sulfentrazone de 2,55, 3,05 e 1,48, respectivamente (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005; SCARIOT *et al.*, 2013). Na prática, isso implica maior solubilidade e mobilidade, além de menor adsorção das moléculas em solos arenosos, os quais geralmente apresentam menor teor de matéria orgânica em comparação aos solos argilosos (OLIVEIRA *et al.*, 1998; LIU *et al.*, 2001; OHMES *et al.*, 2007; SZMIGIELSKI *et al.*, 2009; SCARIOT *et al.*, 2013).

4.2 Eficácia dos herbicidas

Houve variações no controle das plantas daninhas, e nem todos os herbicidas foram eficientes no controle ao longo dos períodos de avaliação (Figura 5). No ano de 2017, aos 7 DAA, apenas o herbicida ametryn alcançou taxa de controle acima de 80%. Por outro lado, o herbicida flumioxazin apresentou o menor índice de controle, atingindo apenas 10%. Aos 14 DAA, todos os herbicidas aumentaram sua eficiência, registrando valores superiores a 68% de controle. Entretanto, aos 21 e 28 DAA, o herbicida sulfentrazone demonstrou consideráveis reduções no controle, diminuindo de 75% aos 14 DAA para 50% aos 21 DAA e 43% aos 28 DAA. Entre os 35 e 42 DAA, observou-se uma redução no controle das plantas daninhas para todos os herbicidas, sendo que o atrazine + S-metolachlor apresentou as menores reduções, mantendo 75% de controle na última avaliação, aos 42 DAA.

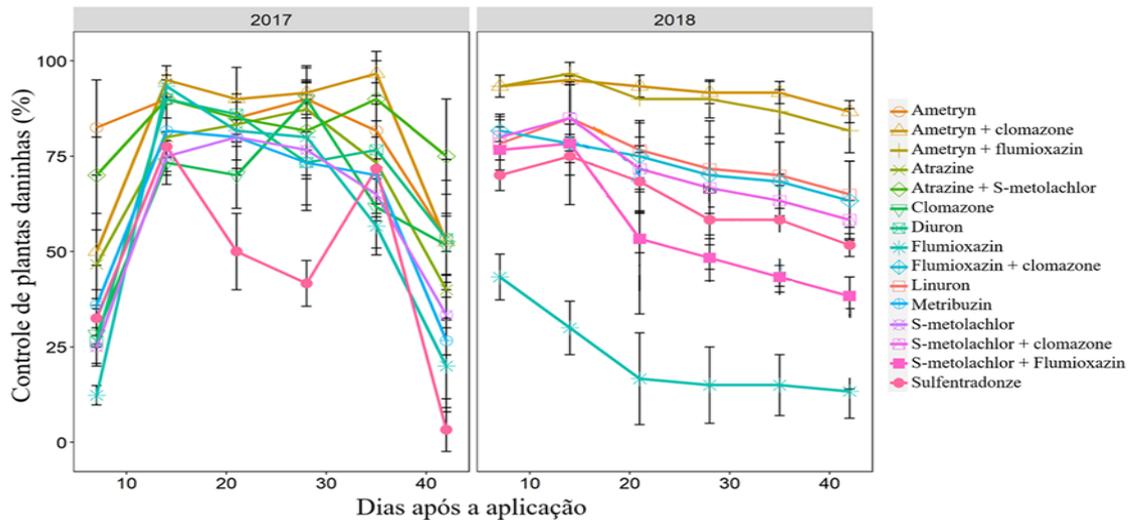


Figura 5. Controle de plantas daninhas pelos herbicidas pré-emergentes em áreas cultivadas com mandioca aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAA.

No ano de 2018, os herbicidas ametryn + clomazone, ametryn + flumioxazin, flumioxazin + clomazone, linuron e S-metolachlor + clomazone demonstraram um controle de plantas daninhas acima de 75% aos 7 DAA (Figura 5). O flumioxazin, com 45% de controle aos 7 DAA, obteve os resultados mais baixos no controle de plantas daninhas, mantendo essa tendência ao longo de todas as avaliações. Houve reduções na eficiência de controle nas avaliações realizadas aos 21, 28 e 42 DAA para todos os herbicidas. Apenas os herbicidas ametryn + clomazone e ametryn + flumioxazin conseguiram manter valores acima de 85% de controle em todas as avaliações.

A maior eficiência no controle das plantas daninhas pelos herbicidas linuron, ametryn + clomazone, ametryn + flumioxazin, atrazine + S-metolachlor, clomazone, diuron, flumioxazin + clomazone, s-metolachlor + clomazone, sulfentrazone, ao longo das avaliações provavelmente estar relacionado ao efeito residual desses herbicidas, permitindo assim um controle durante um maior intervalo de tempo.

As espécies de plantas daninhas que ocorreram com maior frequência foram *Ipomoea triloba*, *Jacquemonthia gracillim*, *Meremia aegyptia*, *Macroptilium lathyroides* e *Urochloa decumbens*, em ambas as áreas e anos agrícolas (2017/2018 e 2018/2019) (Tabela 4). No ano de 2017, observou-se o aparecimento de 18 espécies diferentes de plantas daninhas, enquanto no ano de 2018 esse número foi de 14 espécies.

Tabela 4 Espécies de plantas daninhas não controladas pelos herbicidas nos anos de 2017 e 2018.

Tratamento	2017	Tratamento	2018
	Plantas daninhas		Plantas daninhas
Controle capinado	<i>Senecio brasiliensis</i>	Controle sem capina	<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Ipomoea triloba</i>		<i>Jacquemonthia gracillima</i>
	<i>Merremia aegyptia</i>		<i>Meremiam aegyptia</i>
	<i>Centrosema pascuorum</i>		<i>Macroptilium lathyroides</i>
	<i>Macroptilium lathyroides</i>		<i>Senna obtusifolia</i> L.
	<i>Mimosa pudica</i>		<i>Urochloa decumbens</i>
	<i>Senna obtusifolia</i> L.		<i>Mesosphaerum suaveolens</i>
	<i>Herissantia crispa</i> L.		<i>Waltheria indica</i> L.
	<i>Herissantia tiubae</i>		<i>Spermacoce suaveolens</i>
	<i>Waltheria indica</i> L.		<i>Turnera ulmifolia</i>
Ametryn	<i>Richardia brasiliensis</i>	Ametryn + clomazone	<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Ipomoea triloba</i>		<i>Jacquemonthia gracillima</i>
	<i>Merremia aegyptia</i>		<i>Meremiam aegyptia</i>
	<i>Indigofera hirsuta</i> L.		<i>Macroptilium lathyroides</i>
	<i>Macroptilium lathyroides</i>		<i>Senna obtusifolia</i> L.
	<i>Mimosa pudica</i>		<i>Urochloa decumbens</i>
Ametryn + clomazone	<i>Herissantia crispa</i> L.	Flumioxazin	<i>Mesosphaerum suaveolens</i>
	<i>Herissantia tiubae</i>		<i>Spermacoce suaveolens</i>
	<i>Waltheria indica</i> L.		<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Ipomoea triloba</i>		<i>Jacquemonthia gracillima</i>
	<i>Macroptilium lathyroides</i>		<i>Meremiam aegyptia</i>
	<i>Mimosa pudica</i>		<i>Senna obtusifolia</i> L.
	<i>Senna obtusifolia</i> L.		<i>Urochloa decumbens</i>
	<i>Sida rhombifolia</i> L.		

			<i>Mesosphaerum suaveolens</i>
			<i>Waltheria indica</i> L.
			<i>Dactyloctenium aegyptium</i>
			<i>Turnera ulmifolia</i>
			<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Ipomoea grandifolia</i>		<i>Jacquemonthia gracillima</i>
	<i>Ipomoea triloba</i>		<i>Merremia aegyptia</i>
	<i>Merremia aegyptia</i>		<i>Indigofera hirsuta</i> L.
	<i>Macroptilium lathyroides</i>		<i>Macroptilium lathyroides</i>
Atrazine	<i>Mimosa pudica</i>	Flumioxazin + clomazone	<i>Mimosa pudica</i>
	<i>Herissantia crispa</i> L.		<i>Urochloa decumbens</i>
	<i>Herissantia tiubae</i>		<i>Digitaria horizontalis</i>
	<i>Waltheria americana</i> L.		<i>Spermacoce suaveolens</i>
	<i>Richardia brasiliensis</i>		<i>Turnera ulmifolia</i>
	<i>Ipomoea grandifolia</i>		
	<i>Ipomoea triloba</i>		
	<i>Jacquemonthia gracillima</i>		<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Merremia aegyptia</i>		<i>Merremia aegyptia</i>
Atrazine + S- metolachlor	<i>Macroptilium lathyroides</i>	Linuron	<i>Macroptilium lathyroides</i>
	<i>Senna obtusifolia</i> L.		<i>Senna obtusifolia</i> L.
	<i>Herissantia crispa</i> L.		<i>Urochloa decumbens</i>
	<i>Herissantia tiubae</i>		<i>Mesosphaerum suaveolens</i>
	<i>Richardia brasiliensis</i>		<i>Spermacoce suaveolens</i>

	<i>Turnera ulmifolia</i>		<i>Ipomoea triloba</i>
			<i>Jacquemonthia gracillima</i>
	<i>Ipomoea triloba</i>		<i>Merremia aegyptia</i>
	<i>Merremia aegyptia</i>		<i>Indigofera hirsuta</i> L.
	<i>Indigofera hirsuta</i> L.		<i>Macroptilium lathyroides</i>
	<i>Macroptilium lathyroides</i>		<i>Senna obtusifolia</i> L.
Clomazone	<i>Senna obtusifolia</i> L.	S-metolachlor + clomazone	<i>Urochloa decumbens</i>
	<i>Herissantia crispa</i> L.		<i>Mesosphaerum suaveolens</i>
	<i>Herissantia tiubae</i>		<i>Waltheria indica</i> L.
	<i>Richardia brasiliensis</i>		<i>Digitaria horizontalis</i>
	<i>Spermacoce suaveolens</i>		<i>Spermacoce suabeolens</i>
			<i>Turnera ulmifolia</i>
	<i>Ipomoea grandifolia</i>		<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Ipomoea triloba</i>		<i>Jacquemonthia gracillima</i>
	<i>Merremia aegyptia</i>		<i>Indigofera hirsuta</i> L.
Diuron	<i>Macroptilium lathyroides</i>	Sulfetrazone	<i>Urochloa decumbens</i>
	<i>Mimosa pudica</i>		<i>Mesosphaerum suaveolens</i>
	<i>Herissantia tiubae</i>		<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Turnera ulmifolia</i>		<i>Merremia aegyptia</i>
	<i>Jacquemonthia gracillima</i>		<i>Macroptilium lathyroides</i>
Flumioxazin	<i>Macroptilium lathyroides</i>	Ametryn + flumioxazin	
	<i>Mimosa pudica</i>		

	<i>Sida rhombifolia</i> L.		<i>Senna obtusifolia</i> L.
	<i>Herissantia crispa</i> L.		<i>Jacquemonthia gracillima</i>
	<i>Herissantia tiubae</i>		
	<i>Waltheria americana</i> L.		
	<i>Waltheria indica</i> L.		
	<i>Richardia brasiliensis</i>		
	<i>Spermacoce suaveolens</i>		
	<i>Ipomoea grandifolia</i>		
	<i>Ipomoea triloba</i>		<i>Ipomoea triloba</i>
	<i>Jacquemonthia gracillima</i>		<i>Jacquemonthia gracillima</i>
Metribuzin	<i>Mimosa pudica</i>	S-Metolachlor + flumioxazin	<i>Meremia aegyptia</i>
	<i>Herissantia tiubae</i>		<i>Indigofera hirsuta</i> L.
	<i>Richardia brasiliensis</i>		<i>Senna obtusifolia</i> L.
	<i>Ipomoea triloba</i>		
	<i>Centrosema pascuorum</i>		
	<i>Indigofera hirsuta</i> L.		
	<i>Macroptilium lathyroides</i>		
S-Metolachlor	<i>Mimosa pudica</i>		
	<i>Herissantia crispa</i> L.		
	<i>Waltheria indica</i> L.		
	<i>Spermacoce suaveolens</i>		
Sulfentrazone	<i>Ipomoea triloba</i>		

Macroptilium lathyroides

Mimosa pudica

Herissantia crispa L.

Herissantia tiubae

Waltheria indica L.

As plantas daninhas que foram observadas em maior frequência no ano de 2017 foram *Herissantia crispa* L., *Herissantia tiubae*, *Ipomoea triloba*, *Macroptilium lathyroides* e *Mimosa pudica*. Já no ano de 2018 as plantas daninhas que foram observadas em uma maior frequência foram *Ipomoea triloba*, *Jacquemonthia gracillima*, *Meremia aegyptia* e *Urochloa decumbens* (Tabela 4). De maneira geral, o ano de 2017 apresentou uma maior variedade de plantas daninhas do que o ano de 2018. No ano de 2017 foi possível a identificação das famílias Asteraceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Malvaceae, Rubiaceae e Turneraceae, totalizando 6 famílias de plantas daninhas, já no ano de 2018 foi possível a identificação das famílias Convolvulaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Poaceae, Rubiaceae e Turneraceae, totalizando 7 famílias de plantas daninhas.

No ano de 2017, os herbicidas atrazine + S-metolachlor, diuron e sulfentrazone não demonstraram reduções no acúmulo de matéria seca da parte aérea (Figura 6). Quanto à altura, somente os herbicidas ametryn + clomazone e diuron não apresentaram reduções. Em relação ao diâmetro do caule, os herbicidas ametryn, ametryn + clomazone, atrazine e diuron não ocasionaram reduções significativas.

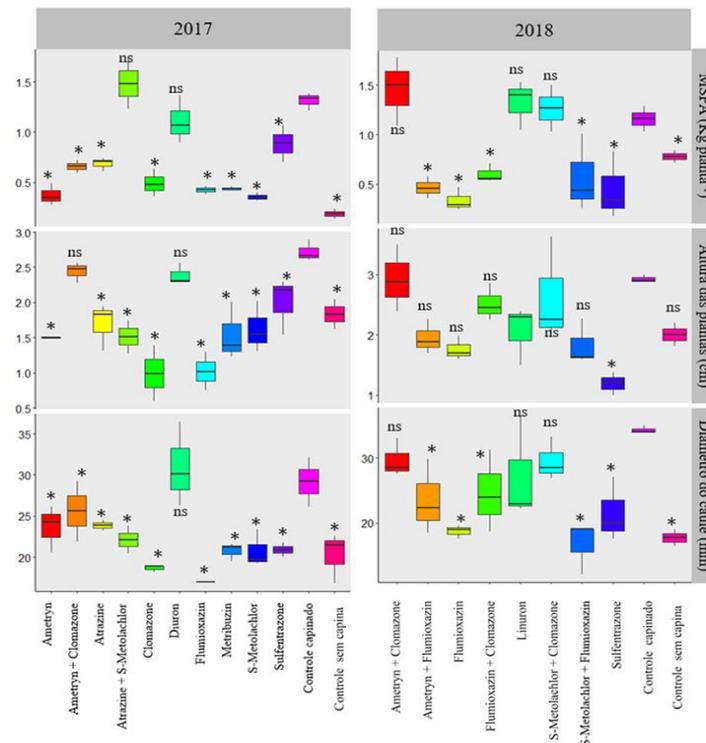


Figura 6. Matéria seca da parte aérea (MSPA) (kg planta^{-1}), altura das plantas (m) e diâmetro do caule (mm) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$).

Em 2018, os herbicidas linuron, ametryn + clomazone e S-metolachlor não reduziram o acúmulo de matéria seca da parte aérea (Figura 6). Para a altura das plantas, os herbicidas flumioxazin e sulfentrazone demonstraram reduções, enquanto os demais não apresentaram diminuições. Quanto ao diâmetro do caule, os herbicidas linuron, ametryn + clomazone e S-metolachlor + clomazone não provocaram reduções.

A competição entre as plantas daninhas não controladas pelos herbicidas, combinada com o efeito dos próprios herbicidas, pode ter dificultado a recuperação das plantas de mandioca, resultando em reduções na parte aérea da cultura. É importante ressaltar que a interferência das plantas daninhas não apenas afeta o rendimento das raízes da cultura, mas também pode diminuir o crescimento da parte aérea das plantas (SILVA *et al.*, 2012; SANTIAGO *et al.*, 2020).

A mandioca tem a sua propagação de forma vegetativa, através da parte aérea da planta, com isso, qualquer impacto que possa reduzir o crescimento do caule pode acarretar reduções na qualidade do material de plantio e alterar a produção das próximas safras (SILVA *et al.*, 2012).

No ano de 2017, apenas o herbicida clomazone demonstrou reduções no diâmetro das plantas (Figura 7). Quanto ao comprimento das raízes a aplicação de atrazine + S-metolachlor, flumioxazin e S-metolachlor apresentaram reduções, os demais tratamentos não resultou em reduções. Quanto a produtividade somente o ametryn + clomazone que não resultou em reduções.

Em 2018, os herbicidas linuron, ametryn + flumioxazin e S-metolachlor + clomazone não resultaram em reduções significativas no diâmetro das raízes (Figura 7). O comprimento das raízes não apresentou diferenças significativas, exceto nos casos dos herbicidas flumioxazin e sulfentrazone, que demonstraram reduções (Figura 7). Para a produtividade, somente o S-metolachlor + clomazone que não resultou em reduções.

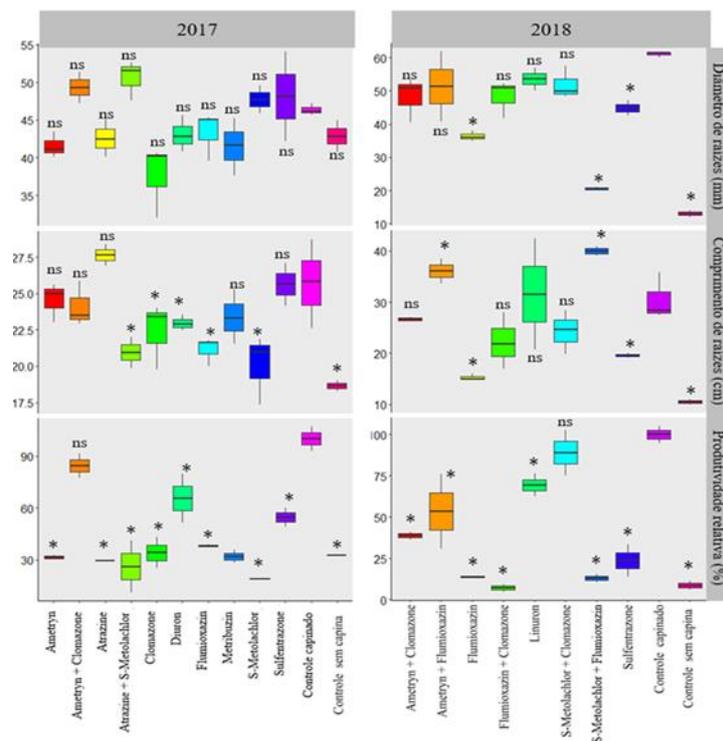


Figura 7. Diâmetro de raízes (mm), comprimento de raízes (cm) e produtividade relativa (%) das plantas de mandioca aos herbicidas nos anos de 2017 e 2018. Círculos vermelhos indicam a média dos tratamentos. ns não-significativo pelo teste Dunnett a $p \leq 0,05$. Médias seguidas de ***, **, * significativo pelo teste Dunnett ($p \leq 0,001, 0,01, 0,05$).

A redução do comprimento e da produtividade das raízes de mandioca pode estar diretamente relacionada à ausência de controle das plantas daninhas durante o ciclo da cultura. De acordo com Alabi *et al.* (2001), Costa *et al.* (2013) e COSTA *et al.*, (2021) as perdas ocasionadas pela interferência de plantas daninhas podem chegar a até 96% na produtividade das raízes, demonstrando que a cultura é sensível à competição com as plantas daninhas. Dado o ciclo longo dessa cultura, é necessário um controle pós-emergente para complementar o controle prévio realizado com herbicidas (EKELEME *et al.*, 2020).

5 CONCLUSÃO

Em 2017, a aplicação de ametryn + clomazone (5,0 + 3,5 Kg do p.c. ha⁻¹) demonstrou seletividade e eficácia para a aplicação em pré-emergência na cultura da mandioca.

Em 2018, a aplicação de S-metolachlor + clomazone (2,00 + 3,50 Kg do p.c. ha⁻¹) demonstrou seletividade e eficácia para a aplicação em pré-emergência na cultura da mandioca.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários\Agrofit. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 23 fev. 2024.
- ALABI, Bamidele S. et al. Giant sensitive plant interference in cassava. **Weed Science**, v. 49, n. 2, p. 171-176, 2001. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/abs/giant-sensitiveplant-interference-in-cassava/9EC3AE7ECEB741194C79DF404A9B871F>. Acesso em: 26 fev. 2024.
- ALBUQUERQUE, J. A. A. *et al.* Desenvolvimento da cultura de mandioca sob interferência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 37-45, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/kj3LddRKZKBTHsYvCF8V3ZC/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 26 fev. 2024.
- ALBUQUERQUE, J. A. A. *et al.* Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/8rtYtG43tmP9jWmynQzMtMK/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 26 fev. 2024.
- ALLEN, Richard G. Crop Evapotranspiration-Guideline for computing crop water requirements. **Irrigation and drain**, v. 56, p. 300, 1998.
- ALVARES, C. A. *et al.*, **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ASSIS LINHARES, A. L. F. *et al.* Determinação quantitativa do ácido cianídrico em mandioca. **e-Scientia**, v. 11, n. 2, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcbas/article/view/2411>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- BIFFE, D. F. *et al.* Avaliação de herbicidas para dois cultivares de mandioca. **Planta Daninha**, v. 28, p. 807-816, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/nwgmS3VdJQ48CtmySc7ksTg/>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- BIFFE, D. F. *et al.* Período de interferência de plantas daninhas em mandioca (*Manihot esculenta*) no noroeste do Paraná. **Planta daninha** v. 28, n. 3, p. 471-478, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/6DkcqYK3XFbyT8fdvDncGFz/>. Acesso em: 26 fev. 2024.
- BRUM, C. S. *et al.* Degradação do herbicida sulfentrazone em dois solos de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 558-564, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/3hqV9kXvBv4h4Dm7BTh6MSq/?lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2024.
- BURGOS, A. M. *et al.* Growth and yields parameters of cassava crop (*Manihot esculenta* Crantz) as affected by plant density, genotype and planting system. **Revista Ceres**, v. 68, p. 546-554, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/yxkL8GdQx67rt4WGV57GCKJ/#>. Acesso em: 18 jan. 2024.

BYJU, G. *et al.* Mineral nutrition of cassava. **Advances in Agronomy**, v. 159, p. 169-235, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211319300926>. Acesso em: 18 jan. 2024.

CASTILLA, N. P. *et al.* Characterization of cropping practices, pest constraints, and yield variation in irrigated lowland rice of Cambodia. **Crop Protection**, v. 135, p. 104906, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219419302522?casa_token=LbHkQc5USuMAAAAA:doHSZsvcKRPuFq7sZEEFiDdTISWDL8WGSm7YT71FvRCJVPHyeqyHS6DHEu6UMZBRs9CcVqIkYU. Acesso em: 18 jan. 2024.

CAVALCANTE, J. T. *et al.* Períodos de interferência de plantas daninhas em genótipos de batata-doce. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 4, p. 640-656, 2017. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2361>. Acesso em: 18 jan. 2024.

CAVALCANTI, F. J. A. **Fertilizer recommendations for the state of Pernambuco: 2^a approximation**. IPA: Recife, 2008.

CEBALLOS, H. *et al.* Excellence in cassava breeding: perspectives for the future. **Crop Breeding, Genetics and Genomics**, v. 2, n. 2, 2020. Disponível em: https://wap.hapres.com/htmls/CBGG_1209_Detail.html. Acesso em: 18 jan. 2024.

CORREIA, N. M. *et al.* Selectivity of herbicides to sweet potato. **Weed Control J.**, v. 20, p. - , 2021. Disponível em: <https://www.weedcontroljournal.org/article/selectivity-of-herbicides-to-sweet-potato/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

COSTA, N. V. *et al.* Weed interference periods in the 'Fécúla Branca' cassava. **Planta Daninha**, v. 31, p. 533-542, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/qgwfGzp7n3F8s68QnkYkf7S/?lang=en>. Acesso em: 26 fev. 2024.

COSTA, N. V. *et al.* Chemical management of weeds in cassava crop, cultivar 'Santa Helena'. **Revista Ceres**, v. 68, p. 569-578, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/ccPH8qdGWsgrL8PQhMfgmDv/?lang=en#>. Acesso em: 26 fev. 2024.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (org.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 141-192.

DUHOUX, A. *et al.* Herbicide safeners decrease sensitivity to herbicides inhibiting acetolactate-synthase and likely activate non-target-site-based resistance pathways in the major grass weed *Lolium sp.* (Rye-grass). **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1310, 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01310/full>. Acesso em: 18 jan. 2024.

EKELEME, F. *et al.* Increasing cassava root yield on farmers' fields in Nigeria through appropriate weed management. **Crop Protection**, v. 150, p. 105810, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219421002805#bib20>). Acesso em: 18 jan. 2024.

EKELEME, F. *et al.* Screening preemergence herbicides for weed control in cassava. **Weed Technology**, v. 34, n. 5, p. 735-747, 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/screening-preemergence-herbicides-for-weed-control-in-cassava/61256B07BF3A75F75107997D8915A34F>. Acesso em: 18 jan. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

FAOSTAT – **Food and agriculture** (2020). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 jan. 2024.

FONTES, J. R. A. *et al.* **Seletividade e eficácia de herbicidas para o controle de plantas daninhas na mandioca**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/artigos/2021/0103-3816-2021v33n1p69-78.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2024.

GANUGI, Paola *et al.* Concealed metabolic reprogramming induced by different herbicides in tomato. **Plant Science**, v. 303, p. 110727, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945220303332>. Acesso em: 09 fev. 2024.

GALON, L. *et al.* Manejo químico de plantas daninhas infestantes da cultura do trigo. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 8, p. 1-22, 2023. Disponível em: <https://bjs.emnuvens.com.br/revista/article/view/344/206>. Acesso em: 18 jan. 2024.

GIANESSI, L. P. The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. **Pest management science**, v. 69, n. 10, p. 1099-1105, 2013. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ps.3598?casa_token=K-de2L9aSHkAAAAA%3AQbA08IcryHF9-MTORp3lPgPh4a26gU1FXPsZZHPa6aLbScLMciPgtCv_TkN3cVHtSIReO5R9yVa1HDv_. Acesso em: 18 jan. 2024.

HAGGBLADE, S. *et al.* Causes and consequences of increasing herbicide use in Mali. **The European Journal of Development Research**, v. 29, p. 648-674, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1057/S41287-017-0087-2>. Acesso em: 18 jan. 2024.

HU, K. *et al.* Graph weeds net: A graph-based deep learning method for weed recognition. **Computers and electronics in agriculture**, v. 174, p. 105520, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169920303458>. Acesso em: 18 jan. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, 2022. Disponível em: <https://ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

LEE, Do-Jin et al. Soil characteristics and water potential effects on plant-available clomazone in rice. **Weed Science**, v. 52, n. 2, p. 310-318, 2004. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=LEE%2C+D.+J.+et+al.+2004.+Soil+characteristics+and+water+potential+effects+on+plant-available+clomazone+in+rice.+Weed+Science+52%282%29%3A310-318.&btnG= . Acesso em: 18 jan. 2024.

LIU, W. P. *et al.* Adsorption of chloroacetanilide herbicides on soil: I. Structural influence of chloroacetanilide herbicide for their adsorption on soils and its components. **Journal of Environmental Sciences**, Beijing, v. 13, n. 1, p. 37-45, 2001. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20013024371>. Acesso em: 26 fev. 2024.

MACHADO FILHO, G. C. *et al.* Herbicide selectivity to cassava crop in postemergence application. **Communications in Plant Sciences**, v. 8, p. 112-115, 2018. Disponível em: <https://cpsjournal.org/2018/11/19/herbicide-selectivity-to-cassava-crop-in-post-emergence-application/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MADALÃO, J. C. *et al.* Selection of plants tolerant to sulfentrazone and potential for phytoremediation. **Revista Ceres**, v. 60, p. 111-121, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/pK6Pwf4WGcMyYbsfmzR5zzq/abstract/?lang=en>. Acesso em: 09 fev. 2024.

MATOS, A. K. *et al.* Dynamics of diuron and sulfentrazone formulations in soils with different textures. **Planta daninha**, v. 38, 2020. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Dynamics+of+diuron+and+sulfentrazone+formulations+in+soils+with+different+texture&btnG=. Acesso em: 09 fev. 2024.

MENDES, K. F. *et al.* **Plantas daninhas: herbicidas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2023.

MONTEIRO, A. *et al.* Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management. **Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 118, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/1/118>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MONTEIRO, A. L. *et al.* A new alternative to determine weed control in agricultural systems based on artificial neural networks (ANNs). **Field Crops Research**, v. 263, p. 108075, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429021000216?casa_token=2N4Es6JE0dUAAAAA:-jYDYCmT6iY0z38Z5OCVnB7pUM0LFQ8NS6KhRUdXrGLqpASxER0vKJIWT-_o5peAMzSaPMS3tog. Acesso em: 18 jan. 2024.

MORGANTE, C. V. *et al.* Genetic and physiological analysis of early drought response in *Manihot esculenta* and its wild relative. **Acta physiologiae plantarum**, v. 42, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-019-3005-8>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MOURA, G. M. *et al.* Interferência de plantas daninhas na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no Estado do Acre. **Planta daninha**, Viçosa – MG, v.18, n.3, p.451-456,

2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/pB36GPVZk456xts8PxxwDJt/?lang=pt>. Acesso em: 26 fev. 2024.

OHMES, G. A. *et al.* Sulfentrazone adsorption and mobility in surface soil of the southern United States. **Weed Technology**, Champaign, v. 21, n. 3, p. 796-800, 2007. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weedtechnology/article/abs/sulfentrazone-adsorption-and-mobility-in-surface-soil-of-the-southern-united-states/4AB802F4982D909A1D68811EE6BF678D>. Acesso em: 26 fev. 2024.

OLIVEIRA JR, R. S. *et al.* Tolerância de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*) a herbicidas. **Planta Daninha**, v. 19, p. 119-125, 2001. *Planta Daninha*, v. 19, n. 1, p. 119-125, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/4VpTHyPMd9YXPDBM4mXKkXx/>. Acesso em: 26 fev. 2024.

OLIVEIRA JR, R. S. *et al.* **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA, M. F. *et al.* Atividade dos herbicidas flumioxazin e metribuzin em diferentes solos. **Planta Daninha**, v. 16, p. 37-43, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/g4rKGxRyCFFb5hJPDG8ySzf/?lang=pt>. Acesso em: 26 fev. 2024.

OLORUNMAIYE, P. M. *et al.* Effect of integrated weed management on weed control and yield components of maize and cassava intercrop in a southern Guinea savanna ecology of Nigeria. **Australian Journal of Crop Science**, v. 3, n. 3, p. 129, 2009. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103271589>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ONASANYA, O. O. *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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429020313228>. Acesso em: 18 jan. 2024.

OREK, C. A review of management of major arthropod pests affecting cassava production in Sub-Saharan Africa. **Crop Protection**, v. 175, p. 106465, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219423002880?casa_token=LTWPIHMa3-cAAAAA:GKbZs7wo_uHzGWdMk15U8reY8eLjEQvSIbmPXRbfXyzvt__5vtcfhGZkBPjN05CMpF3p4Aq1P6U. Acesso em: 18 jan. 2024.

PEREIRA, L. *et al.* Hematological and biochemical alterations in the fish *Prochilodus lineatus* caused by the herbicide clomazone. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 36, n. 1, p. 1-8, 2013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668913000495?casa_token=8iz_DIHTxX0AAAAA:K39hZtQq3UMc2SHPR8AYRTOIIV2fs6hbftIrJtEp8JVqeMp4JD4bFenrhF8vD-LLzSxNktM824U. Acesso em: 09 fev. 2024.

RAMIREZ, W. *et al.* Deep convolutional neural networks for weed detection in agricultural crops using optical aerial images. In: **2020 IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote**

Sensing Conference (LAGIRS). IEEE, 2020. p. 133-137. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9165562>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ROMANO, V. P. *et al.* Mandioca, macaxeira e aipim na Região Sudeste do Brasil: distribuição diatópica e comentários geolinguísticos dos informantes. **MOARA–Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Letras**, n. 55, p. 109-128, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/moara/article/view/9171>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SARDANA, V. *et al.* Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. **Crop Protection**, v. 95, p. 1-7, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219416302551>. Acesso em: 24 fev. 2024.

SALOMÃO, P.E.A. *et al.* Herbicidas no Brasil: uma breve revisão. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 2, p. e32921990-e32921990, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1990>. Acesso em: 09 fev. 2024.

SANCHOTENE, D.M. *et al.* Efeito do protetor dietholate na seletividade de clomazone em cultivares de arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 28, p. 339-346, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/K69zydjL9JdxVscqnBmm4z/?lang=pt>. Acesso em: 09 fev. 2024.

SANTIAGO, A. D. *et al.* Efficacy and selectivity of herbicides applied in cassava pre-emergence. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 640-650, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/KqZ9PYKRz9kmqKf3dVWQbSN/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SANTIAGO, A. D. *et al.* The use of pre-emergence herbicides in cassava decreases the need of manual weeding. **Revista Ceres**, v. 67, p. 223-230, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/xm5rmRM69yCZpgf6ZJVfd6R/?lang=en>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SCARIOT, C. A. *et al.* Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 300-307, 2013. Acesso em: 26 fev. 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/TzY7YQStK8PFCTCbv75b66r/?format=html>. Acesso em: 26 fev. 2024.

SILVA, A.A. *et al.* Cultura da mandioca: aspectos gerais sobre a produção no município de Mairi-BA. **Cadernos Macambira**, v. 8, n. especial3, p. 69-86, 2023. Disponível em: <https://revista.lapprudes.net/index.php/CM/article/view/1017>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SILVA, D. V. *et al.* Seletividade de herbicidas pós-emergentes na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, v. 30, p. 835-841, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/JJLXLKP4Np4DnJzZV7XbLPN/?format=html>. Acesso em: 26 fev. 2024.

SIMPLÍCIO, F. J. T. *et al.* Herbicide sulfentrazone in the control of weed plants in initial posts-emergency of sugarcane crop. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 11, n. 1, p. 99-103, 2018. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/5174>. Acesso em: 09 fev. 2024.

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

SOMERVILLE, G. J. *et al.* Why was resistance to shorter-acting pre-emergence herbicides slower to evolve?. **Pest management science**, v. 73, n. 5, p. 844-851, 2017. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ps.4509?casa_token=q14bNr0SPVEAAAAA:tRfIPqPHdn1Bmg_aCrly3lxBhYtV0S9TwCMX0J0fd_vZ-dRJpbxaH5jjRyY7MqXz9h3gEKWZlMLXP_KN. Acesso em: 18 jan. 2024.

SZMIGIELSKI, A. M. *et al.* Development of a laboratory bioassay and effect of soil properties on sulfentrazone phytotoxicity in soil. **Weed Technology**, Champaign, v. 23, n. 3, p. 486-491, 2009. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/development-of-a-laboratory-bioassay-and-effect-of-soil-properties-on-sulfentrazone-phytotoxicity-in-soil/032B8E9A6AE456E83E34C04551A7490F>. Acesso em: 26 fev. 2024.

VALLE, T. L. *et al.* Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, v. 63, p. 221-226, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/DfQjMnBj5Lwv3mpwFsJbJ3m/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

WANG, Z. *et al.* Cassava starch: Chemical modification and its impact on functional properties and digestibility, a review. **Food Hydrocolloids**, v. 129, p. 107542, 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X22000625?casa_token=VwpXV NfaeJoAAAAA:Our3bWZR1zfulTUIz4OY4GmN4e1PnTi6aohR1D20WAXgdXIexwGukWkl1AETXXx9S33QL5vCymI. Acesso em: 18 jan. 2024.

WESTWOOD, J. H. *et al.* Weed management in 2050: Perspectives on the future of weed science. **Weed science**, v. 66, n. 3, p. 275-285, 2018. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/weed-management-in-2050-perspectives-on-the-future-of-weed-science/51F98001554CADCE9866699E976562D1>. Acesso em: 18 jan. 2024.

WEERARATHNE, L. V. Y. *et al.* Does intercropping play a role in alleviating weeds in cassava as a non-chemical tool of weed management?—A review. **Crop protection**, v. 95, p. 81-88, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219416302356?casa_token=ZAp4cm QKiIwAAAAA:UPeaxmNl0K1GPffSfd5_FiVwNRWCa7ywOeN1ylrquayYBL6dUKFyq5JN E1ygYR9m_vZPfJuycpI. Acesso em: 18 jan. 2024.

YOUNG, S. L.; PIERCE, F. J. (Ed.). **Automation: The future of weed control in cropping systems.** Springer Science & Business Media, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os herbicidas ametryn + clomazone, no ano de 2017, e S-metolachlor + clomazone, no ano de 2018, foram os únicos que demonstraram seletividade e eficácia para a aplicação em pré-emergência na cultura da mandioca.

As aplicações em pré-emergência de ametryn + flumioxazin, ametryn + flumioxazin, metribuzin, sulfentrazone, S-metolachlor, S-metolachlor + flumioxazin e S-metolachlor + clomazone, apesar de apresentarem baixos níveis de fitotoxicidade na mandioca, não foram seletivas, pois tiveram reduções da produtividade da cultura.

A aplicação de diuron resultou em alto nível de fitotoxicidade e reduções da produtividade da cultura.

A aplicação de ametryn + clomazone apresentou alto nível de fitotoxicidade e reduções da produtividade da cultura, somente nas condições do ano de 2018.

As aplicações de atrazine, linuron, clomazone, flumioxazin, atrazine + S-metolachlor e ametryn apresentaram baixa fitotoxicidade e não resultaram em reduções da produtividade da cultura. Apesar disso, esses produtos não foram eficientes no controle de plantas daninhas, sendo necessárias capinas, após a aplicação do herbicida, para evitar perdas de produtividade da cultura.