

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

ANDERSON ÍTALO DALLA SANTA

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DAS PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA
MANDIOCA EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E TEXTURAS DE
SOLO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2025

ANDERSON ÍTALO DALLA SANTA

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DAS PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DA
MANDIOCA EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO E TEXTURAS DE
SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Dalla Santa, Anderson Ítalo

Estratégias de manejo das plantas daninhas na cultura da mandioca em diferentes sistemas de cultivo e texturas de solo / Anderson Ítalo Dalla Santa; orientador Neumarcio Vilanova da Costa. -- Marechal Cândido Rondon, 2025.
59 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico - Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2025.

1. Plantas daninhas. 2. Misturas comerciais. 3. Manejo químico. I. Costa, Neumarcio Vilanova da, orient. II. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ

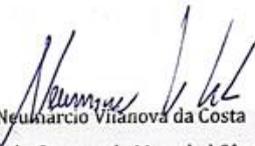


GOVERNO DO ESTADO

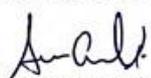
ANDERSON ÍTALO DALLA SANTA

Estratégias de manejo das plantas daninhas na cultura da mandioca em diferentes sistemas de cultivo e texturas de solo

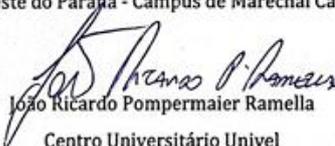
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO pela seguinte banca examinadora:


Orientador - Neumarco Vilanova da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


Antonio Carlos Torres da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)


João Ricardo Pompermaier Ramella
Centro Universitário Univel

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me permitir estar finalizando este ciclo de muito estudo e trabalho.

Aos meus pais Airton Dalla Santa e Eliane Aparecida Moreira Dalla Santa e meu irmão André Lucas Dalla Santa, e todos meus familiares, avós, tios e primos por estarem sempre ao meu lado e sendo meu apoio durante esta árdua jornada.

A minha namorada Thais dos Santos Teixeira por ser um pilar capaz de suportar todas as dificuldades que enfrentamos juntos durante esta jornada.

Aos meus queridos amigos Matheus Fernando Squisatti e Cristiano Antônio Brandalise por além de serem amigos queridos de longa data, estiveram ao meu lado e me apoiando durante meu processo de formação.

A todos os meus colegas de grupo de pesquisa GEMOP e programa de pós-graduação em agronomia (PPGA) que de alguma maneira tenham contribuído na elaboração desta pesquisa, em especial Jessica Schmidt, Stefany Ramiro Guilherme Sackser, Alysson Carvalho, Jean Kasulke, Maurício Kasulke, Fabio Fulber, Rafaela Scherer, Beatriz Kuppas, Maria Arndt e Danielly Ramos. Sou profundamente grato a cada um que agregou conhecimento, mesmo que de uma pequena forma.

A Assistente de Coordenação do PPGA Leila Dirlene Allievi Werlang por todo o suporte e o empenho em auxiliar em processos durante todo este período.

A Neumárcio Vilanova da Costa pela orientação e ensinamentos, os quais serei eternamente grato. Jamais esquecerei das dificuldades que enfrentamos e do aprendizado que o senhor me proporcionou para evoluir como pessoa e profissional.

A todos os meus professores do programa de pós-graduação em Agronomia por todo o conhecimento transmitido para contribuir para minha formação.

A universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e o programa de pós-graduação em Agronomia pela oportunidade, recursos e estrutura que colaboraram para os resultados deste trabalho.

Ao conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de estudos durante todo o período de realização da pesquisa de Mestrado.

RESUMO

SANTA, Anderson Ítalo Dalla. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, abril de 2025. **Estratégias de manejo das plantas daninhas na cultura da mandioca em diferentes sistemas de cultivo e texturas de solo.** Orientador: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa.

A seletividade dos herbicidas e eficiência de controle das plantas daninhas podem variar de acordo com o sistema de cultivo e textura do solo. Portanto, objetivou-se avaliar a seletividade e eficácia de estratégias de manejo com herbicidas no controle das plantas daninhas sob diferentes sistemas de cultivo e texturas de solos. Foram instalados quatro experimentos em delineamento de blocos ao acaso contendo quatro repetições com a mandioca 'BRS CS01', utilizando sistema de plantio convencional e plantio direto em solo de textura arenosa e argilosa. Os tratamentos e suas respectivas doses (g ha^{-1}) consistiram em: [clomazona + ametrina (800+1200)]/S-metolaclo-ro + cletodim + óleo mineral (1920+250); [clomazona + ametrina + óleo vegetal (800+1200)]/S-metolaclo-ro + cletodim + óleo vegetal (1920+250); [piroxasulfona + flumioxazina (200+200)]/clomazona + cletodim + óleo mineral (1250+250); [piroxasulfona + flumioxazina+ óleo vegetal (200+200)]/clomazona + cletodim + óleo vegetal (1250+250); padronizou-se a recomendação da dose de 0,5% do volume de pulverização para o óleo mineral e vegetal. Adicionou-se uma testemunha com convivência e outra sem convivência. Nos experimentos em solo arenoso, injúrias só foram notadas após a segunda aplicação sequencial, registrando fitointoxicação em média de 60 e 78% nas plantas tratadas com clomazona (1250 g ha^{-1}) aos 4 dias após a primeira aplicação no sistema convencional e 3 dias após a segunda aplicação no sistema de plantio direto. Já os tratamentos contendo S-metolaclo-ro (1920 g ha^{-1}), as plantas apresentaram sintomas abaixo de 35%, independente do sistema de cultivo utilizado, os quais regrediram ao longo do tempo. Por outro lado, a primeira aplicação sequencial composta da mistura [piroxasulfona + flumioxazina] apresentou efeito residual de controle até 59 dias após a primeira aplicação, independente da presença do óleo vegetal na mistura, enquanto a mistura [clomazona + ametrina] demonstrou 28% a mais de persistência no solo quando associada ao óleo vegetal. De modo geral, as estratégias contendo [piroxasulfona + flumioxazina + óleo vegetal (200+200)]/clomazona + cletodim + óleo vegetal (1250+250) e [piroxasulfona + flumioxazina (200+200)]/clomazona + cletodim + óleo mineral (1250+250) mantiveram o controle das plantas daninhas acima de 90% até o final

das avaliações, independente do sistema de cultivo. Do mesmo modo, verificou-se eficiência de controle semelhante após as aplicações de [clomazona + ametrina + óleo vegetal (800+1200)]/S-metolaclo-ro + cletodim + óleo vegetal (1920+250) e [clomazona + ametrina (800+1200)]/S-metolaclo-ro + cletodim + óleo mineral (1920+250) no sistema convencional. No entanto, no experimento em sistema de plantio direto, estes herbicidas apresentaram controle abaixo de 70% aos 81 dias após a primeira aplicação. Já nos experimentos em solo argiloso, notou-se fitointoxicação nos experimentos em ambos os sistemas de cultivo após a segunda aplicação sequencial, alcançando sintomas de até 60% aos 5 dias após a segunda aplicação. Aos 21 dias após a segunda aplicação, as plantas em ambos os sistemas de cultivo já apresentavam redução das injúrias (<30%), demonstrando a recuperação dos sintomas. A adição do óleo vegetal em mistura a [piroxasulfona + flumioxazina] na 1ª aplicação sequencial não representou acréscimo de efeito residual no solo, independente do sistema de cultivo avaliado. O mesmo cenário foi averiguado com a mistura [clomazona + ametrina] em sistema de plantio direto, porém ao avaliar esta mistura em sistema convencional, notou-se aumento de 13 dias a mais de efeito residual quando associado ao óleo vegetal. Em tese, todas as estratégias de manejo apresentaram controle da comunidade infestante acima de 88% até 66 dias após a primeira aplicação, o que vai de encontro com a tendência de redução da biomassa das plantas daninhas coletada aos 100 dias após a primeira aplicação em ambos os sistemas de cultivo. Os tratamentos se mostraram seletivos para a cultivar 'BRS CS01' cultivada em solo argiloso, independente do sistema de cultivo utilizado, bem como se evidenciou médias superiores de produtividade e acúmulo de fécula nas plantas cultivadas no sistema de plantio direto em detrimento ao plantio convencional. Assim, conclui-se que as estratégias de manejo contendo a mistura [piroxasulfona+flumioxazina] aplicadas na primeira aplicação sequencial se apresentaram eficientes no controle das plantas daninhas nos experimentos em solo arenoso e argiloso, independente do sistema de cultivo utilizado, enquanto as estratégias contendo a mistura [clomazona+ametrina] apresentaram controle inadequado apenas em solo arenoso no sistema de plantio direto. Verificou-se que os herbicidas que integravam as estratégias de manejo foram seletivos para a cultivar 'BRS CS01', independente da textura do solo e sistema de cultivo.

Palavras-chave: Manejo químico, Adjuvante, Misturas comerciais, Aplicações sequenciais, *Manihot esculenta*.

ABSTRACT

SANTA, Anderson Ítalo Dalla. State University of Western Paraná, in April 2025. **Weed management strategies in cassava crop under different cropping systems and soil textures.** Advisor: Prof. Dr. Neumárcio Vilanova da Costa.

Herbicide selectivity and weed control efficiency can vary according to the cropping system and soil texture. The aim was therefore to assess the selectivity and effectiveness of herbicide management strategies in controlling weeds under different cropping systems and soil textures. Four experiments were set up in a randomized block design with four replications with 'BRS CS01' cassava, using conventional and no-till systems in sandy and clay soils. The treatments and their respective doses (g ha⁻¹) consisted of: [clomazone + amethrin (800+1200)]/S-metolachlor + clethodim + mineral oil (1920+250); [clomazone + amethrin + vegetable oil (800+1200)]/S-metolachlor + clethodim + vegetable oil (1920+250); [pyroxasulfone + flumioxazin (200+200)]/clomazone + clethodim + mineral oil (1250+250); [pyroxasulfone + flumioxazin + vegetable oil (200+200)]/clomazone + clethodim + vegetable oil (1250+250); the dose recommendation of 0.5% of the spray volume was standardized for mineral and vegetable oil. A control with coexistence and one without coexistence were added. In the experiments on sandy soil, damage was only noticed after the second sequential application, with phytointoxication averaging 60 and 78% in plants treated with clomazone (1250 g ha⁻¹) 4 days after the first application in the conventional system and 3 days after the second application in the no-till system. As for the treatments containing S-metolachlor (1920 g ha⁻¹), the plants showed symptoms below 35%, regardless of the cropping system used, which regressed over time. On the other hand, the first sequential application of the [pyroxasulfone + flumioxazin] mixture showed a residual control effect up to 59 days after the first application, regardless of the presence of vegetable oil in the mixture, while the [clomazone + ametrine] mixture showed 28% more persistence in the soil when associated with vegetable oil. In general, the strategies containing [pyroxasulfone + flumioxazin + vegetable oil (200+200)]/clomazone + clethodim + vegetable oil (1250+250) and [pyroxasulfone + flumioxazin (200+200)]/clomazone + clethodim + mineral oil (1250+250) maintained weed control above 90% until the end of the evaluations, regardless of the cropping system. Similarly, there was similar control efficiency following applications of [clomazone + amethrin + vegetable oil (800+1200)]/S-metolachlor + clethodim + vegetable oil (1920+250) and [clomazone +

amethrin (800+1200)]/S-metolachlor + clethodim + mineral oil (1920+250) in the conventional system. However, in the no-till experiment, these herbicides showed control below 70% at 81 days after the first application. In the experiments on clay soil, phytointoxication was noted in both cropping systems after the second sequential application, reaching symptoms of up to 60% at 5 days after the second application. At 21 days after the second application, the plants in both cropping systems already showed a reduction in damage (<30%), demonstrating the recovery of symptoms. The addition of vegetable oil in a mixture with [pyroxasulfone + flumioxazin] in the 1st sequential application did not increase the residual effect in the soil, regardless of the cropping system evaluated. The same scenario was observed with the [clomazone + ametrin] mixture in a no-till system, but when evaluating this mixture in a conventional system, an increase of 13 days more residual effect was observed when associated with vegetable oil. In theory, all the management strategies showed weed community control of over 88% up to 66 days after the first application, which is in line with the tendency to reduce weed biomass collected at 100 days after the first application in both cropping systems. The treatments proved to be selective for the 'BRS CS01' cultivar grown in clay soil, regardless of the cultivation system used, as well as showing higher average yields and starch accumulation in the plants grown in the no-till system compared to conventional planting. Thus, it can be concluded that the management strategies containing the [pyroxasulfone+flumioxazin] mixture applied in the first sequential application were efficient in controlling weeds in the experiments on sandy and clay soil, regardless of the cropping system used, while the strategies containing the [clomazone+amethrin] mixture showed inadequate control only on sandy soil in the no-till system. It was found that the herbicides included in the management strategies were selective for the cultivar 'BRS CS01', regardless of soil texture and cropping system.

Keywords: Chemical management, Adjuvant, Commercial mixtures, Sequential applications, *Manihot esculenta crantz*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Cultura da mandioca.....	3
2.2 Práticas de manejo culturais	3
2.3 Planta daninha	4
2.4 Controle químico	5
2.5 Misturas herbicidas e aplicações sequenciais.....	5
2.6 Misturas herbicidas comerciais registradas para uso na mandioca	6
2.6.1 Clomazona e ametrina	6
2.6.2 Piroxasulfona e flumioxazina	7
2.7 Estratégias de manejo em relação ao sistema de cultivo e textura do solo	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1 Experimentos em solo arenoso	8
3.1.1 Caracterização da área experimental.....	8
3.1.2 Instalação e condução dos experimentos	9
3.1.3 Aplicação dos tratamentos	10
3.1.4 Variáveis analisadas	12
3.1.5 Análise estatística.....	13
3.2 Experimentos em solo argiloso	13
3.2.1 Caracterização da área experimental.....	13
3.2.2 Instalação e condução dos experimentos	14
3.2.3 Aplicação dos tratamentos	15
3.2.4 Variáveis analisadas	17
3.2.5 Análise estatística.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Experimentos em solo arenoso	18
4.2 Experimentos em solo argiloso.....	30

5	CONCLUSÃO	43
6	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A mandioca apresenta alto potencial de adaptabilidade e rusticidade, porém pode ter sua produtividade reduzida em até 100% se não for realizado o manejo das plantas daninhas (Biffe et al., 2010a; Pitelli et al., 2015). Neste contexto, se destaca como principal ferramenta o controle químico por uso de herbicidas, devido a praticidade, baixo custo operacional e elevada eficiência (Silveira et al., 2013). Entretanto, a gama de ingredientes ativos registrados para a mandioca é limitada, e por essa cultura apresentar crescimento inicial lento, requer adoção de estratégias complementares para o controle das plantas daninhas durante todo o período crítico de prevenção a interferência (até 90 Dias após o plantio) (Johanns e Contiero, 2006; Albuquerque et al., 2008). No Brasil, constam registrados para aplicação na mandioca os herbicidas ametrina, clomazona, S-metolaclo, cletodim, flumioxazina, piroxasulfona e as misturas comerciais de [clomazona+ametrina] e [piroxasulfona+flumioxazina] (MAPA, 2024), sendo a maioria destes herbicidas recomendados em pré emergência da cultura e com limitado espectro de ação (Costa et al., 2020a).

O efeito residual proveniente dos herbicidas deve se prolongar preferencialmente desde o momento da aplicação até o final do período crítico de prevenção a interferência. Entretanto, a realização de apenas uma aplicação na pré emergência da cultura não proporciona efeito residual suficiente para evitar a competição que as plantas daninhas impõem a cultura da mandioca, sendo necessário a busca por medidas complementares que visem aumentar o espectro de controle e prolongar o efeito residual até o fim do período crítico de prevenção a interferência da cultura (Costa et al., 2021).

A utilização de óleos vegetais em associação aos herbicidas é uma possível estratégia para prolongar o efeito residual no solo, pois além de acelerar o processo de fixação do herbicida na planta daninha alvo, podem formar uma película de revestimento com propriedades quelatizantes, que evitam a degradação tanto por microrganismos como pela incidência de luz (Queiroz et al., 2022). No entanto, por se tratar de uma estratégia inovadora, são escassos os trabalhos neste seguimento de estudo.

A utilização de misturas comerciais e aplicações sequenciais são estratégias complementares muito utilizadas em outras culturas, como algodão, soja e milho, e que podem ser empregadas na mandioca, aumentando o espectro de controle das plantas daninhas e prolongando o período residual (Arantes et al., 2014; Maciel et al., 2011). Por

exemplo, a aplicação do clomazona (1080 g ha^{-1}) apresentou controle abaixo de 70% da comunidade das plantas daninhas aos 105 dias após a aplicação, com destaque para a maior predominância das espécies *Commelina benghalensis*, *Euphorbia heterophylla*, *Leonurus sibiricus* e *Phyllanthus tenellus*, enquanto a clomazona (900 g ha^{-1}) em mistura ao flumioxazina (60 g ha^{-1}), sulfentrazone (100 g ha^{-1}) e S-metolacoloro (1440 g ha^{-1}) apresentou médias de controle acima de 90% destas espécies no mesmo período (Scariot et al. 2013). Do mesmo modo, Costa et al., (2020) verificou eficiência de controle das plantas daninhas acima de 80% após as aplicações sequenciais de clomazona (1250 g ha^{-1}) e [mesotriona + S-metolacoloro ($240+1920 \text{ g ha}^{-1}$)] até 98 dias após a primeira aplicação, enquanto a mesma dose do clomazone em uma única aplicação apresentou eficiência de controle das plantas daninhas abaixo de 50% aos 98 dias após a primeira aplicação, De acordo com estas informações, a seletividade e eficiência de controle das plantas daninhas também pode ser dependente de fatores como sistema de cultivo e textura de solo (Silva et al., 2012b).

A aplicação da mistura [piroxasulfona + flumioxazina ($200+66,67 \text{ g ha}^{-1}$)] apresentou efeito residual superior a 15 dias em relação a aplicação isolada de piroxasulfona (100 g ha^{-1}) sob diferentes texturas de solos, sendo destacado a ocorrência de precipitações de 10 a 70 mm em 60 dias após a aplicação como condição para que as moléculas escorressem a palha e chegar ao solo para promover o controle das plantas daninhas (Novais et al., 2023). Da mesma maneira, a aplicação de flumioxazina (100 g ha^{-1}) apresentou meia vida superior a 80% em solo com presença de palha em relação ao solo sem palha (Patel et al., 2023), enquanto a mistura [clomazona+ametrina ($1000+1500 \text{ g ha}^{-1}$)] aplicada sobre palha apresentou controle insatisfatório (<15%) em relação aos tratamentos sem palha (>75%) aos 60 dias após a aplicação (Monquero et al., 2008).

A utilização de óleos vegetais, misturas de herbicidas e aplicações sequenciais podem assegurar maior persistência das moléculas no solo, bem como aumentar o espectro de controle e impedir a infestação das plantas daninhas durante o PCPI da mandioca (Silva et al., 2014a). Isto posto, este trabalho parte da hipótese de que a seletividade e eficiência de controle dos herbicidas que fazem parte das estratégias de manejo podem ser influenciadas pelo sistema de preparo e textura do solo. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a seletividade e eficiência de controle das estratégias de manejo das plantas daninhas na cultura da mandioca nos sistemas convencional e de plantio direto em solos de textura arenosa e argilosa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta crantz*) desempenha papel fundamental como fonte de ração animal, matéria prima para indústria de fécula e produção de biocombustíveis (Latif e Miller, 2015; Ozoegwu et al., 2017; Ogbonna et al., 2021), bem como se destaca pela sua rusticidade e tolerância a condições de déficit hídrico (Ogundele et al., 2020). A produção mundial de mandioca no ano de 2022 totalizou 335,5 milhões de toneladas de raízes, com destaque para a Nigéria como o maior em produção, seguido da República Democrática do Congo, Tailândia, Gana, Camboja e Brasil (FAO, 2024). A produção brasileira no ano de 2023 foi equivalente a 19,13 milhões de toneladas colhidas em uma área total de 1,24 milhões de hectares (CONAB, 2024).

Dentre várias cultivares de mandioca, a cultivar ‘BRS CS01’ se destaca por ser recomendada para diversos estados, como Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo, bem como apresenta porte superior as cultivares já existentes. Por apresentar aspecto de precocidade, permite que a colheita possa ser realizada no primeiro ciclo vegetativo e que se tenha um aumento significativo na produtividade de raízes no segundo ciclo vegetativo da cultura (Embrapa, 2016).

A mandioca é uma planta Dicotyledoneae pertencente à família Euphorbiaceae, tendo como semelhança as espécies desta família a secreção do látex quando ocorre ferimentos (Ceballos et al., 2002). A expressão de muitas características é dependente do ambiente em que a planta se encontra, que sob condições ambientais distintas, sofre alterações morfológicas e fisiológicas drásticas. As folhas da mandioca são caducas, simples e lobuladas, possui caule subarborescente e ereto, com presença de nós e gemas que possibilitam a propagação vegetativa, por uso de manívas (Nassar et al., 2008). As raízes tuberosas da mandioca se destaca como produto de maior valor agregado, apresentando diferentes formas e tamanhos entre indivíduos da mesma cultivar.

2.2 Práticas de manejo culturais

Dentre as práticas de manejo da cultura, o preparo do solo antes do plantio tem se destacado e tendo relevância na cultura da mandioca. Esta prática vem sendo realizada por influenciar na produtividade de raízes, bem como causar alterações nas condições

físicas, químicas e biológicas do solo que influenciam no crescimento e desenvolvimento da mandioca. O sistema de preparo convencional do solo consiste no revolvimento da camada superficial do solo, tornando possível a incorporação de fertilizantes e resíduos vegetais, além de aumentar a porosidade do solo (Filho et al., 2000). Enquanto o sistema plantio direto baseia-se no preparo do solo apenas na linha de plantio, o que pode contribuir no controle das plantas daninhas devido ao efeito físico da cobertura do solo por uso da palhada, impedindo a germinação do banco de semente (Severino e Christoffoleti, 2001; Jakelaitis et al., 2003).

O uso de sistema plantio direto com o mínimo de revolvimento tem ganhado espaço na cultura da mandioca, em razão de oferecer condições benéficas de sustentabilidade dos sistemas de produção e viabilizar de maneira técnica a mandioca (Cavaliere et al. 2006). Além de controlar o banco de sementes das plantas daninhas, o sistema plantio direto parte da inclusão de plantas de cobertura para promover a rotação de culturas, aumento da fertilidade do solo, redução de processos erosivos e diminuição do ataque de pragas e doenças (Filho et al. 2000).

2.3 Planta daninha

A mandioca apresenta crescimento inicial lento, permitindo o estabelecimento de plantas daninhas que irão competir por fatores de crescimento como espaço, água, luz e nutrientes, interferindo negativamente no crescimento e desenvolvimento da cultura e resultando em reduções na produtividade de raízes (Curcelli et al., 2010; Fontes et al., 2021). Estudos verificaram que a interferência imposta pelas plantas daninhas pode reduzir em até 70% a produção de raízes (Santiago et al., 2018).

O período crítico de prevenção a interferência da mandioca pode alcançar em média até 90 dias após o plantio, no qual este período pode variar em função da variabilidade regional, climática e mineralógica, sistema de cultivo utilizado e a própria composição florística das plantas daninhas infestantes (Carvalho et al., 2004; Johanns e Contiero, 2006; Albuquerque et al., 2008; Biffe et al., 2010a).

A ocorrência da matocompetição pode acarretar partição de foto assimilados, causando alterações na morfologia da mandioca como redução da massa seca de raízes e também da parte aérea, principalmente nos períodos iniciais da cultura. Além disso, as plantas daninhas podem ser hospedeiras de patógenos e nematoides, tanto no período em que a cultura comercial está implantada, como no período entressafras, prejudicando

indiretamente as culturas comerciais à medida que favorecem as doenças a se perpetuar ao longo do tempo (Marcuzzo e Santos, 2021).

2.4 Controle químico

O controle químico por uso de herbicidas é o mais utilizado, devido a economia de mão de obra, rapidez na aplicação e alta taxa de eficiência, no entanto existem poucos herbicidas registrados para a mandioca, tornando necessária a adoção de estratégias complementares que visem suprimir a emergência de plantas daninhas durante o Período crítico de prevenção a interferência da cultura (Oliveira et al., 2001a).

Nesta perspectiva, a utilização de óleos vegetais, aplicações sequenciais e misturas de herbicidas se apresentam como estratégias fundamentais para evitar a competição imposta pelas plantas daninhas (Arantes et al., 2014; Maciel et al., 2011). Entretanto, deve-se considerar que as estratégias garantam eficiência de controle e sejam seletivas para a cultura.

2.5 Misturas herbicidas e aplicações sequenciais

A gama de ingredientes ativos que são registrados para aplicação na mandioca é escassa, tornando a utilização de mistura de herbicidas essencial no manejo das plantas daninhas. Ao ter o incremento de dois ingredientes ativos, busca-se aumentar o espectro de controle das plantas daninhas alvo, além de prolongar o efeito residual no solo (Vieira et al., 2015).

Da mesma maneira, a adoção de duas ou mais aplicações sequenciais propõem reduzir ou eliminar fluxos germinativos de plantas daninhas que não foram controladas pela primeira aplicação, evitando assim o processo de re-infestação da área e mitigando a matocompetição durante o período crítico de prevenção a interferência da cultura (Silva et al., 2014a; Costa et al., 2020b). Acrescentando a isso, é importante que a escolha do herbicida seja feita de acordo com o histórico de infestação da área, além de recomendar herbicidas com diferentes mecanismos de ação para que rotacione os ingredientes ativos e não cause a seleção de biótipos resistentes, bem como aumentar o espectro de controle dos alvos (Arantes et al., 2014; Maciel et al., 2011).

Costa et al., (2021) estudando o efeito de misturas herbicidas e aplicações sequenciais, verificaram níveis de controle 44% superiores do S-metolaclo

(1920 g ha⁻¹) associado a sulfentrazone (500 g ha⁻¹) em relação a aplicação isolada aos 46 dias após a primeira aplicação sequencial. Posterior a isto, a segunda aplicação sequencial composta do clomazona em associação ao cletodim manteve o controle das plantas daninhas acima de 80% até 15 dias após a segunda aplicação sequencial enquanto o tratamento que não teve aplicação sequencial apresentou controle de apenas 23,25%.

2.6 Misturas herbicidas comerciais registradas para uso na mandioca

2.6.1 Clomazona e ametrina

O Clomazona ([2-[metil(2-clorofenil)]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinona] pertence ao grupo químico das isoxazolinonas, cujo mecanismo de ação consiste na inibição da biossíntese de carotenoides. Este herbicida é largamente indicado para culturas como feijão, milho, soja, cana-de-açúcar e mandioca no controle de gramíneas anuais e algumas plantas daninhas de folha larga. A absorção deste herbicida ocorre por meio do meristema apical sendo translocado pelo xilema, ocasiona sintomas como branqueamento e despigmentação de clorofila (albinismo) que interrompe a atividade fotossintética, até resultar na morte da planta (Ferhatoglu e Barret, 2006). A eficiência de controle desta molécula no solo é dependente da textura e da presença de matéria orgânica, devido apresentar alta solubilidade em água (1100 g L⁻¹), moderado coeficiente de partição a fração orgânica do solo (KOC = 300 mg L⁻¹) e alto coeficiente octanol-água (KOW = log 2,58) (Noldin et al., 2001; Mancuso et al., 2011).

A ametrina pertence ao grupo das s-triazinas e apresenta mecanismo de ação interrompendo o fluxo de elétrons no fotossistema II, podendo ser absorvida por meio da parte aérea (folhas e caules) ou pelas raízes, sendo translocado via xilema, bem como é registrado para aplicações pré emergentes da cultura e da planta daninha, tendo como principais alvos espécies dicotiledôneas (Silva et al., 2013). Este herbicida apresenta os seguintes coeficientes físico-químicos: alto KOW (Log 2,60), moderado KOC (300 ml g⁻¹) e moderada solubilidade em água (200 mg L⁻¹) (Inoue et al., 2003; Rodrigues e Almeida, 2005; Silva et al., 2014b).

2.6.2 Piroxasulfona e flumioxazina

A piroxasulfona é um herbicida com efeito pré emergente na cultura e na planta daninha, pertencendo ao grupo químico Isoxazolina que tem como mecanismo de ação inibir a síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa (VLCFAs) tendo como sítio de ação as elongases (Tanetani et al., 2009; Nakatani et al., 2016; Khalil et al., 2018). Pesquisas demonstram alta eficácia de controle de espécies gramíneas e algumas plantas daninhas de folha larga (Tanetani et al., 2013; Morota et al., 2018; Araújo et al., 2023). Este herbicida apresenta os seguintes coeficientes físico-químicos: alto Log Kow Log (2,39), moderado Koc (113 ml g⁻¹) e baixa solubilidade em água (3,49 mg L⁻¹) (Alister e Kogan, 2006; Christoffoleti et al., 2009).

A flumioxazina se apresenta como um herbicida seletivo de ação sistêmica, registrado para uso em pré emergência no controle de plantas daninhas de folha larga e algumas gramíneas. Pertencente ao grupo das N-Fenil-imidas e atua na inibição da enzima Protoporfirinogênio oxidase (PPO/PROTOX) (Ferrell et al., 2005; Carbonari et al., 2010). Apresenta alto Log Kow (2,55), forte Koc (889 ml g⁻¹) e baixa solubilidade em água (1,79 mg L⁻¹), o que fazem deste herbicida um produto com baixo risco de lixiviação e alta capacidade de se adsorver aos coloides do solo (Ferrell et al., 2005; Rodrigues e Almeida, 2005).

2.7 Estratégias de manejo em relação ao sistema de cultivo e textura do solo

As estratégias de manejo compostas das misturas herbicidas e aplicações sequenciais podem apresentar alteração da seletividade e eficiência de controle em função do sistema de cultivo utilizado e a textura do solo (Silva et al., 2012b). Os herbicidas apresentam diferentes coeficientes físico-químicos, os quais irão influenciar o seu comportamento no solo.

O coeficiente Octanol-água (KOW) e coeficiente de partição a fração orgânica do solo (KOC) são índices que indicam a lipofilicidade de uma molécula e a capacidade de adsorção a fração orgânica do solo ou palha. De modo que níveis distintos de matéria orgânica de acordo com a textura do solo ou presença de palha influencia na adsorção da flumioxazina aos coloides do solo, determinando que a dose recomendada deste herbicida se mostra dependente da capacidade adsortiva (Jaremtchuk et al. 2009).

Da mesma maneira, Carbonari et al., (2010) observaram resultados de controle acima de 90% de *Ipomoea nil* e *Ipomoea grandifolia* em aplicações de flumioxazina (150 g ha⁻¹) com e sem presença de palha sob diferentes períodos de limitação hídrica. Entretanto notou-se tendência de redução do controle para o período de 60 dias sem precipitações e com a presença de palha, que pode indicar a degradação do produto quando submetido a prolongados períodos de exposição sobre a palha e sem ocorrências de chuva.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimentos em solo arenoso

3.1.1 Caracterização da área experimental

Foram instalados dois experimentos em condição de campo durante os anos 2023/2024 no município de Naviraí, estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, apresentando as seguintes coordenadas: 23°03'45" Sul, 54°11'26" Oeste e altitude aproximada de 360 metros. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho distrófico de textura arenosa (EMBRAPA, 1999) cuja análise química do solo correspondente a área experimental em sistema convencional apresentou as seguintes características: pH (CaCl₂) = 5,63; H⁺+Al³⁺ = 1,82 cmolc dm⁻³; Al³⁺ = 0,00 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ = 1,52 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 0,57 cmolc dm⁻³; K = 0,05 cmolc dm⁻³; P = 19,86 mg dm⁻³; Matéria orgânica = 9,46 mg dm⁻³; CTC = 3,96 cmolc dm⁻³ e V% = 54,19 e em sistema plantio direto apresentou as seguintes características: pH (CaCl₂) = 4,66; H+Al = 3,55 cmolc dm⁻³; Al³⁺ = 0,20 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ = 1,42 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 0,60 cmolc dm⁻³; K = 0,10 cmolc dm⁻³; P = 28,84 mg dm⁻³; Matéria orgânica = 9,20 mg dm⁻³; CTC = 5,66 cmolc dm⁻³ e V% = 37,33.

Os dados pluviométricos e temperaturas médias mensais do local dos experimentos estão descritos na figura 1.

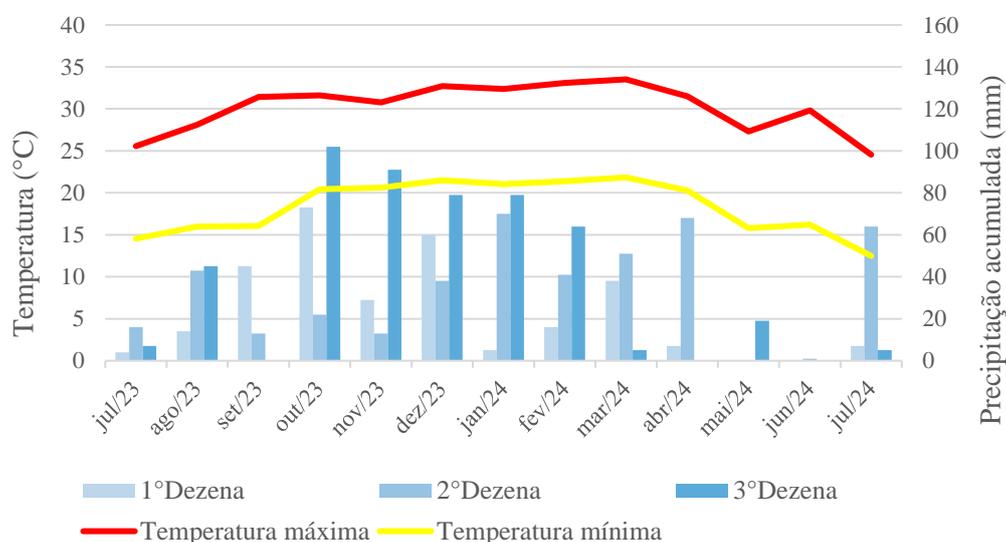


Figura 1. Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima e mínima (°C) durante a realização dos experimentos, Naviraí, Mato Grosso do Sul (2023/2024); Fonte: BNDMET (2024).

3.1.2 Instalação e condução dos experimentos

A cultivar escolhida para os experimentos foi a ‘BRS CS01’ cultivada nos sistemas de plantio convencional e de plantio direto em experimentos individualizados, cuja data de plantio foi de 10/07/2023 e 08/08/2023, respectivamente. Em cada experimento foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso contendo quatro tratamentos e quatro repetições, além de testemunhas com a presença e ausência de convivência das plantas daninhas. Os tratamentos e dosagens dos herbicidas que pertenciam aos tratamentos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Herbicidas aplicados no controle das plantas daninhas na mandioca ‘BRS CS01’.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)
Testemunha capinada	-
Testemunha sem capina	-
[clomazona+ametrina]/S-metolaclo-ro+cletodim ¹	[800+1200]/1920+250
[clomazona+ametrina ²]/S-metolaclo-ro+cletodim ²	[800+1200]/1920+250
[piroxasulfona+flumioxazina]/clomazona+cletodim ¹	[200+200]/1250+250
[piroxasulfona+flumioxazina ²]/clomazona+cletodim ²	[200+200]/1250+250

¹0,5% v/v de óleo mineral; ²0,5% v/v de óleo vegetal.

As parcelas foram compostas de quatro linhas cujo espaçamento entre linhas foi de 0,9 m, tendo como comprimento e largura da parcela de com 5,0 e 3,6 m, respectivamente, totalizando uma área total de 18 m². O plantio foi realizado com auxílio de uma plantadora de duas linhas modelo BAZUCA (Planticenter) utilizando manivas de 0,12 m de comprimento alocadas a 0,15 m de profundidade no solo. Realizou-se adubação na base de 200 kg ha⁻¹ do formulado NPK 05-25-05.

No sistema convencional, o solo foi manejado com auxílio de duas gradagens e uso de grade niveladora aproximadamente 15 dias antes do plantio (DAP). Enquanto que o experimento em sistema plantio direto foi instalado sob área de palhada de trigo mourisco e milho (3430 kg ha⁻¹ de palhada remanescente coletada 5 dias antes do plantio). A área foi dessecada com auxílio da mistura em tanque de glifosato (1200 g ha⁻¹) e carfentrazona-etílica (16 g ha⁻¹) aos 15 Dias antes do plantio e o controle das plantas daninhas nas testemunhas sem convivência foi feito por meio de capinas manuais.

3.1.3 Aplicação dos tratamentos

A primeira aplicação sequencial consistiu nas misturas comerciais [clomazona + ametrina (800+1200 g ha⁻¹)] e [piroxasulfona+ flumioxazina (200+200 g ha⁻¹)] associadas ou sem o óleo vegetal nos experimentos em sistema convencional e de plantio direto, realizada 4 e 7 dias após o plantio, respectivamente. No momento das aplicações o solo se encontrava seco e as manivas apresentavam brotações de 1,0 cm.

A segunda aplicação sequencial consistiu nos herbicidas S-metolaclo-ro (1920 g ha⁻¹) e clomazona (1250 g ha⁻¹) associados ao cletodim (250 g ha⁻¹) sendo realizada aos

55 e 30 Dias após a primeira aplicação nos sistemas convencional e plantio direto, respectivamente. Na área de plantio convencional, o solo se encontrava úmido, as plantas apresentavam altura de 22 cm e média de 8 folhas por planta, enquanto na área em plantio direto, o solo também se encontrava úmido, as plantas apresentavam altura de 30 cm e média de 8 folhas por planta. O momento e que as aplicações foram realizadas constam nas figuras 2 e 3.



Figura 2. Primeira aplicação sequencial dos herbicidas na área experimental em solo arenoso nos sistemas convencional (A) e plantio direto (B).

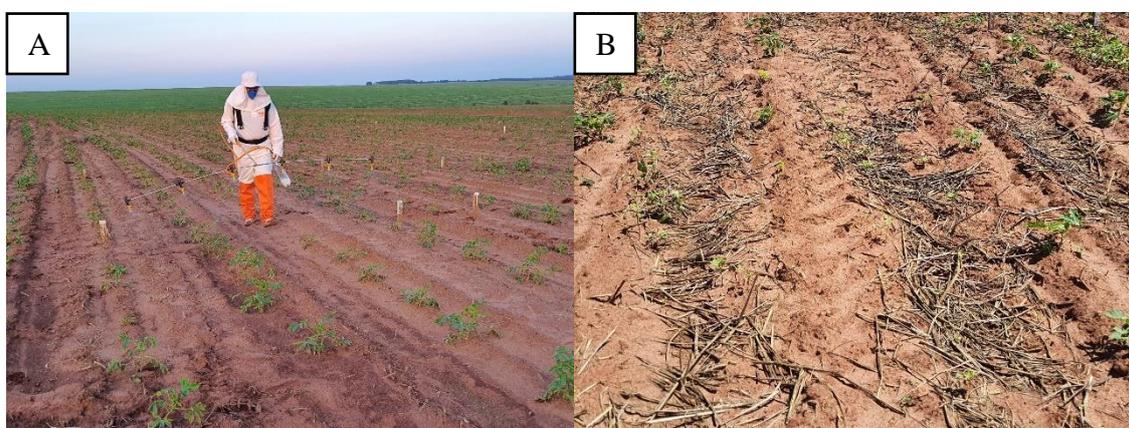


Figura 3. Momento da segunda aplicação sequencial dos herbicidas na área experimental em solo arenoso no sistema convencional (A) e plantio direto (B).

As aplicações foram realizadas com auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO₂ equipado com barra de seis pontas (Magno AD 11002 Anti-deriva), cujas pontas estavam espaçadas em 0,5 m e volume de pulverização de 200 L ha⁻¹ com intuito de simular uma aplicação tratorizada. As condições meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) foram mensuradas com o auxílio de um termo-higroanemômetro portátil e estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Data e condições meteorológicas no momento das aplicações sequenciais dos herbicidas nos experimentos em solo arenoso nos sistemas convencional e plantio direto.

	Data	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)
Sistema convencional				
1ª Aplicação	17/07/2023	25,50	51,30	2,50
2ª Aplicação	10/09/2023	28,20	64,40	1,80
Sistema de plantio direto				
1ª Aplicação	12/08/2023	23,90	62,80	1,70
2ª Aplicação	11/09/2023	28,50	58,40	1,90

3.1.4 Variáveis analisadas

As avaliações de fitointoxicação nas plantas de mandioca e eficiência de controle no sistema convencional ocorreu aos 37, 52, 59, 66, 73, 80, 88, 94 e 104 dias após a primeira aplicação sequencial, enquanto no sistema plantio direto, as avaliações foram realizadas aos 23, 30, 33, 40, 47, 62, 68, 75 e 81 dias após a primeira aplicação. Os dados coletados foram baseados na metodologia de notas percentuais (SBCPD, 1995) em que zero correspondeu a nenhuma injúria nas plantas de mandioca ou nas plantas daninhas e 100% correspondeu a morte total das plantas de mandioca ou das plantas daninhas. Os critérios de análise se basearam na inibição da germinação e crescimento, capacidade de rebrota das plantas e morte da comunidade infestante nas parcelas.

A coleta de biomassa das plantas daninhas e estudo fitossociológico foram realizados aos 115 e 90 dias após a primeira aplicação sequencial nos sistemas convencional e plantio direto, respectivamente. Os procedimentos foram realizados por meio do método do quadrado inventário, coletando-se todas as plantas dentro de um quadro metálico de 0,25 m² (50 x 50 cm) alocado ao acaso na linha útil de cada parcela. As espécies coletadas foram contadas e identificadas por gênero e espécie e, posteriormente, acondicionadas em sacos de papel kraft para serem secadas em estufa de circulação forçada a 60°C até obtenção de massa constante, e por seguinte, pesadas com auxílio de balança de precisão (0,001g). O estudo fitossociológico foi realizado em cada área experimental e na posse dos dados, calculado o índice de similaridade entre os sistemas de cultivo através do índice de similaridade de Sorensen (1948).

A colheita em sistema convencional e sistema plantio direto foi realizada 380 e 350 Dias após o plantio, respectivamente, sendo colhidas as plantas das duas linhas centrais da parcela com desconto das linhas das bordaduras e de uma planta por extremidade das linhas para determinação da produtividade (kg ha^{-1}). Após a pesagem para obtenção dos valores de produção, separou-se amostras de 5 kg de raízes por parcela para determinação da porcentagem de fécula (%) através do método da balança hidrostática (Grossman e Freitas, 1950).

3.1.5 Análise estatística

Os dados de fitointoxicação e eficiência de controle foram apresentados graficamente ajustados a modelos de regressão não linear utilizando-se o erro padrão das médias. Os dados de biomassa das plantas daninhas foram submetidos a análise de variância por meio do teste F a 5% de probabilidade, enquanto a produtividade e teor de fécula foram submetidos a análise de variância conjunta conforme a metodologia proposta por Banzatto e Kronka (1995) e na presença de significância, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 Experimentos em solo argiloso

3.2.1 Caracterização da área experimental

Foram instalados dois experimentos em condição de campo de maneira simultânea na unidade experimental da Associação Técnica da Indústria de Mandioca do Paraná (ATIMOP) durante os anos de 2023/2024, no município de Marechal Candido Rondon, situado na região oeste do estado do Paraná, Brasil, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: $-24^{\circ}51'10''$ Sul, $-54^{\circ}30'21''$ Oeste, altitude aproximada de 218 metros e solo classificado como Latossolo vermelho eutrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). Anterior a implantação dos experimentos, procedeu-se a realização de análise química do solo correspondente a área em que os experimentos foram instalados, apresentando as seguintes características: $\text{pH (CaCl}_2) = 4,60$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+} = 5,76 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Al}^{3+} = 0,30 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{2+} = 5,02 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{2+} = 1,20 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{K}^+ = 0,35 \text{ cmolc dm}^{-3}$; $\text{P} = 25,86 \text{ mg dm}^{-3}$; Matéria orgânica = $29,06 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 12,33 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e $\text{V}\% = 53$.

Os dados pluviométricos e temperaturas mensais do local dos experimentos são apresentados na Figura 4.

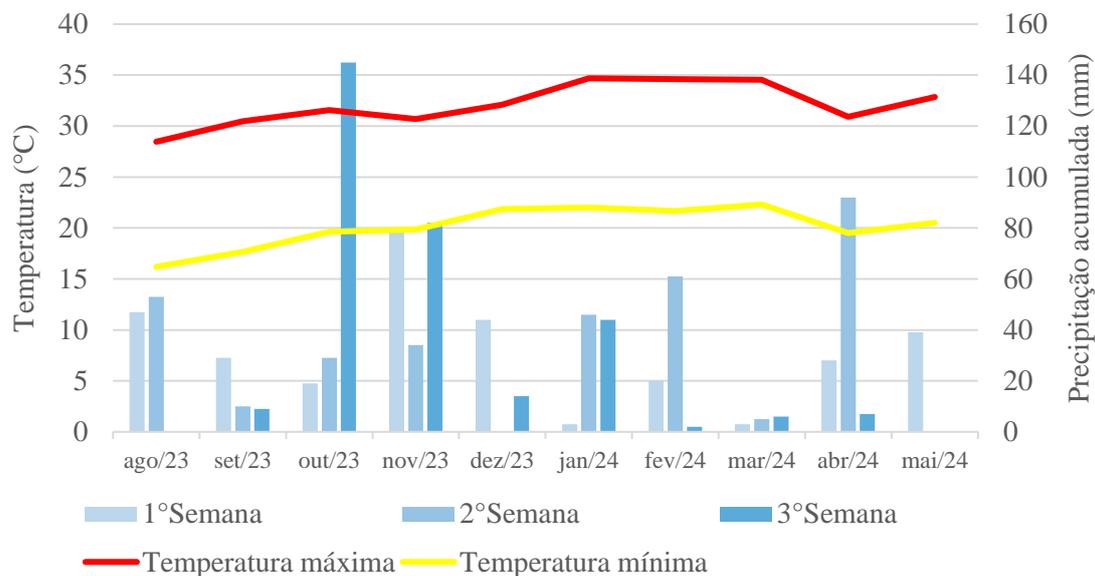


Figura 4. Precipitação total mensal (mm), temperatura máxima, média e mínima (°C) durante a realização dos experimentos, Marechal Cândido Rondon, Paraná (2023/2024); Fonte: BNDMET (2024).

3.2.2 Instalação e condução dos experimentos

A cultivar ‘BRS CS01’ foi cultivada nos sistemas de plantio convencional e plantio direto em experimentos individualizados, cujo plantio das manivas ocorreu na data de 05/08/2023. Cada experimento foi instalado sob delineamento de blocos ao acaso contendo quatro tratamentos e quatro repetições, além das testemunhas capinada e sem capina. Os herbicidas e suas respectivas dosagens constam na Tabela 3.

Tabela 3. Herbicidas aplicados no controle das plantas daninhas na mandioca ‘BRS CS01’.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)
Testemunha capinada	-
Testemunha sem capina	-
[clomazona+ametrina]/S-metolacloro+cletodim ¹	[800+1200]/1920+250
[clomazona+ametrina ²]/S-metolacloro+cletodim ²	[800+1200]/1920+250
[piroxasulfona+flumioxazina]/clomazona+cletodim ¹	[200+200]/1250+250
[piroxasulfona+flumioxazina ²]/clomazona+cletodim ²	[200+200]/1250+250

¹0,5% v/v de óleo mineral; ²0,5% v/v de óleo vegetal.

As parcelas foram compostas de 4 linhas de mandioca com 5,0 m de comprimento (3,6 m x 5,0 m = 18 m²). O plantio foi realizado com auxílio de uma plantadora de duas linhas modelo BAZUCA (Planticenter) utilizando manivas de 0,12 m de comprimento no espaçamento de 0,9 e 0,9 m entre plantas e entre linhas, alocadas a 0,10 m de profundidade no solo. A adubação de base foi realizada 200 kg ha⁻¹ do formulado NPK 04-25-05.

O manejo de solo foi realizado com uma aração e duas gradagens aproximadamente 30 dias antes do plantio. Enquanto no experimento em sistema de plantio direto foi instalado sob área de palhada de milho (6493,05 kg ha⁻¹ de palhada remanescente coletada 20 dias antes do plantio). A área foi dessecada com auxílio da mistura em tanque de glifosato (1000 g ha⁻¹) e carfentrazona-etílica (24 g ha⁻¹) aos 20 Dias antes do plantio e o controle das plantas daninhas nas testemunhas capinadas no decorrer dos experimentos foi feito por meio de capinas manuais.

3.2.3 Aplicação dos tratamentos

A primeira aplicação sequencial (Figura 5) consistiu nas misturas prontas [clomazona + ametrina (800+1200 g ha⁻¹)] e [piroxasulfona+ flumioxazina (200+200 g ha⁻¹)] associadas ou sem o óleo vegetal no sistema convencional e de plantio direto, realizada 31 dias após o plantio. No momento das aplicações o solo se encontrava seco e as manivas apresentavam brotações de 5,0 cm. A segunda aplicação sequencial (Figura 6) consistiu nos herbicidas S-metolacloro (1920 g ha⁻¹) e clomazona (1250 g ha⁻¹) associados ao cletodim (250 g ha⁻¹), sendo realizadas 45 dias após a primeira aplicação

sequencial. No momento das aplicações o solo se encontrava seco, as plantas apresentavam em média 30 folhas por planta e altura de 50 cm.

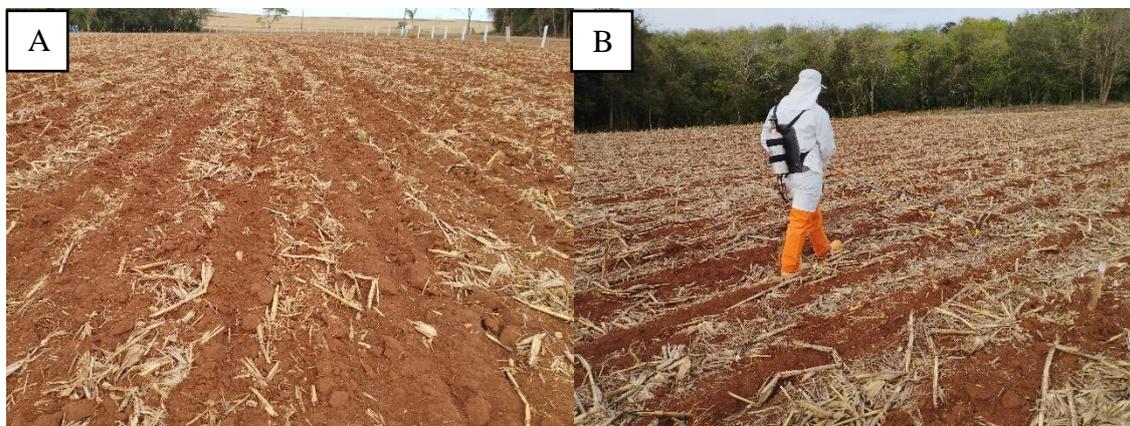


Figura 5. Momento da primeira aplicação sequencial dos herbicidas na área experimental nos sistemas convencional (A) e de plantio direto (B).



Figura 6. Momento da segunda aplicação dos herbicidas na área experimental nos sistemas convencional (A) e de plantio direto (B).

As aplicações foram realizadas com auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO_2 equipado com barra de seis pontas (Magno AD 11002 Anti-deriva), cujos bicos estavam espaçados em 0,5cm e volume de pulverização de 200 L ha^{-1} com intuito de simular uma aplicação tratorizada. As informações referentes as condições meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) no momento da aplicação foram aferidas com o auxílio de um termo-higro-anemômetro portátil e estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Data e condições meteorológicas no momento da aplicação dos herbicidas em solo argiloso nos sistemas convencional e plantio direto.

	Data	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)
Sistema convencional				
1ª Aplicação	05/09/2023	24,10	59,40	0,80
2ª Aplicação	20/10/2023	29,60	59,60	1,50
Sistema de plantio direto				
1ª Aplicação	05/09/2023	25,00	59,40	0,80
2ª Aplicação	20/10/2023	27,20	71,00	0,50

3.2.4 Variáveis analisadas

A porcentagem de fitointoxicação nas plantas de mandioca e eficiência de controle dos herbicidas foram avaliadas com base na metodologia de notas percentuais (SBCPD, 1995) em que zero correspondia a nenhuma injúria observada na mandioca ou nas plantas daninhas, e 100 correspondia a morte total das plantas de mandioca ou das plantas daninhas. As avaliações foram realizadas aos 11, 15, 23, 32, 45, 50, 56 e 66 dias após a primeira aplicação sequencial, considerando como critérios de avaliação a inibição da germinação e crescimento, capacidade de rebrota e eventual morte das plantas.

A coleta de biomassa das plantas daninhas e estudo fitossociológico foi realizado aos 100 dias após a primeira aplicação. Os procedimentos foram realizados por meio do método do quadrado inventário coletando-se todas as plantas dentro de um quadro metálico de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) alocado ao acaso na linha útil de cada parcela. As espécies coletadas foram contados e identificadas por gênero e espécie e, posteriormente, acondicionadas em sacos de papel kraft para serem secas em estufa de circulação forçada a 60°C até obtenção de massa constante, e por seguinte, pesadas com auxílio de balança de precisão (0,001g). O estudo fitossociológico foi realizado em cada área experimental e na posse destes dados, calculado o índice de similaridade entre os sistemas de cultivo através do índice de similaridade de Sorensen (1948).

A colheita dos experimentos foi realizada aos 330 dias após o plantio, sendo colhidas as plantas das duas linhas centrais da parcela descontando as linhas da bordadura e uma planta por extremidade das linhas úteis para determinação da produtividade

(kg ha⁻¹). Após a obtenção dos valores de produtividade por parcela, separou-se amostras de 5 kg para determinação da porcentagem de fécula (%) através do método da balança hidrostática (Grossman e Freitas, 1950).

3.2.5 Análise estatística

Os dados de fitointoxicação e eficiência de controle foram apresentados graficamente ajustados a modelos de regressão não linear com auxílio do erro padrão da média. Os dados de biomassa das plantas daninhas foram submetidos a análise de variância por meio do teste F a 5% de probabilidade, enquanto a produtividade e teor de fécula foram submetidos a análise de variância conjunta conforme a metodologia proposta por Banzatto e Kronka (1995) e na presença de significância, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimentos em solo arenoso

A Figura 11 apresenta a fitointoxicação nas plantas de mandioca decorrente da aplicação dos herbicidas nos sistemas de plantio convencional e plantio direto, respectivamente. Verificou-se que a primeira aplicação sequencial composta das misturas comerciais [piroxasulfona + flumioxazina (200+200 g ha⁻¹)] e [clomazona + ametrina (800 + 1200g ha⁻¹)] não causaram sintomas de fitointoxicação nas plantas de mandioca, independente da adição do óleo vegetal a mistura e do sistema de cultivo utilizado. Resultados semelhantes foram observados em aplicações dos herbicidas clomazona (1080 g ha⁻¹), S-metolaclopro (1920 g ha⁻¹) e da mistura [clomazona + S-metolaclopro (900 + 1440 g ha⁻¹)], que não causaram fitointoxicação na cultivar ‘Cascuda’ (Scariot et al., 2013). No entanto, a mistura [clomazona + ametrina (900+1350 g ha⁻¹)] ocasionou injúrias elevadas aos 30 dias após o plantio nas cultivares ‘Fécula Branca’ e ‘Fibra’, as quais as plantas se recuperaram, não apresentando sintoma de fitointoxicação após 60 dias depois do plantio (Biffe et al., 2010b).

Na segunda aplicação sequencial, ocorreram injúrias intensas nos tratamentos aplicados com clomazona (1250 g ha⁻¹), apresentando sintomas de 60 e 78% aos 4 e 3 após a segunda aplicação no sistema convencional e plantio direto, respectivamente. Já

nos tratamentos contendo o S-metolacloro (1920 g ha^{-1}), as plantas apresentaram sintomas abaixo de 35% aos 4 dias após a segunda aplicação, independente do preparo do solo utilizado. Os sintomas nas plantas podem ser verificados nas Figuras 7 e 8, sendo característicos dos inibidores da síntese de carotenoides, em que se assemelham a amarelecimento e branqueamento do limbo foliar, principalmente de folhas jovens do ápice da planta ou em folhas do terço médio, seguido de necrose e folhas tortas. Todavia, já existem trabalhos que identificaram tolerância da mandioca a este mecanismo de ação, pois mesmo causando injúrias não leva a perda de produtividade (Silva et al., 2012a; Costa et al., 2013b).

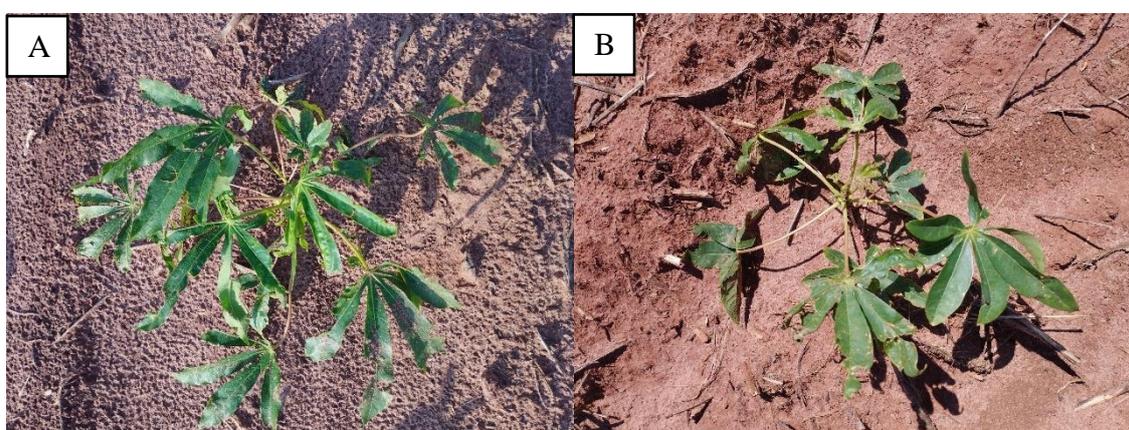


Figura 7. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 4 e 3 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [clomazona + ametrina]/S-metolacloro + cletodim + óleo mineral, respectivamente.

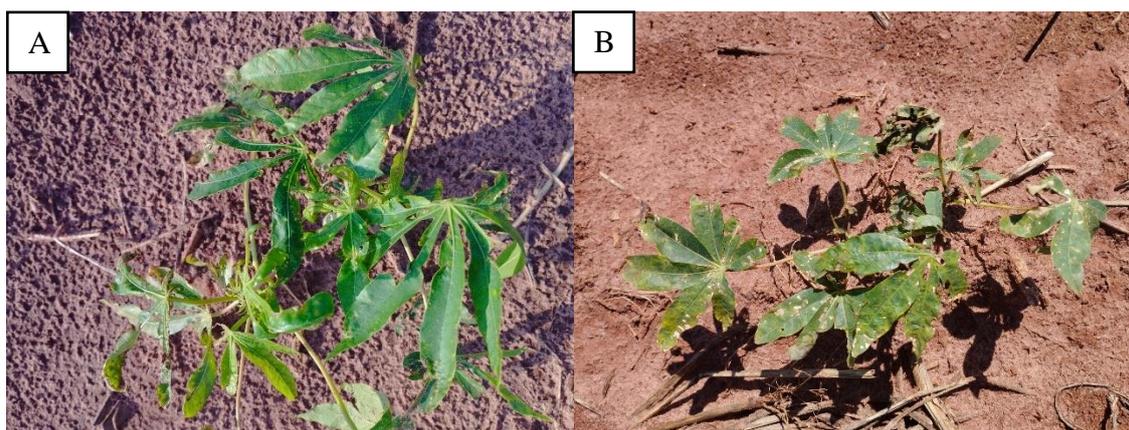


Figura 8. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 4 e 3 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [piroxasulfona + flumioxazina]/clomazona + cletodim + óleo mineral, respectivamente.

Outros fatores que podem diferir os resultados é a tolerância diferencial entre variedades de mandioca aos herbicidas pertencentes ao grupo dos inibidores da síntese de carotenoides, além da dose recomendada. Costa et al., (2020) verificaram 16 % de injúria na mandioca ‘Baianinha’ aos 7 dias após aplicação sequencial de mesotriona, notando-se que as injúrias desaparecem aos 28 dias após a aplicação. Do mesmo modo, a mesotriona (1440 g ha^{-1}) causou sintomas de fitointoxicação de 2,5% na mandioca ‘IAC-12’ aos 35 dias após a aplicação (Silva et al., 2012b). Na última avaliação realizada em ambos os sistemas de preparo de solo, verificou-se que a maioria das plantas não apresentavam sintomas provenientes dos herbicidas, indicando que as plantas se recuperaram das injúrias (Figura 9 e 10).

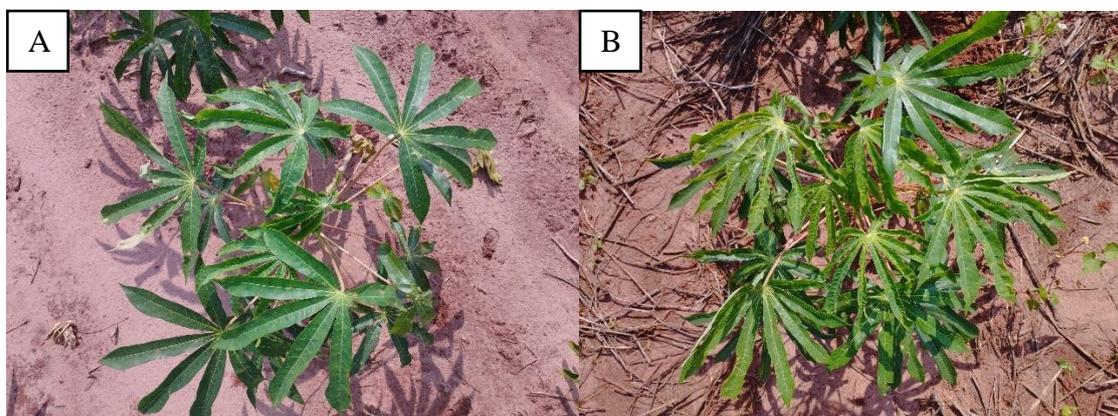


Figura 9. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 59 e 58 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [clomazona + ametrina]/S-metolaclo-ro + cletodim + óleo mineral, respectivamente.

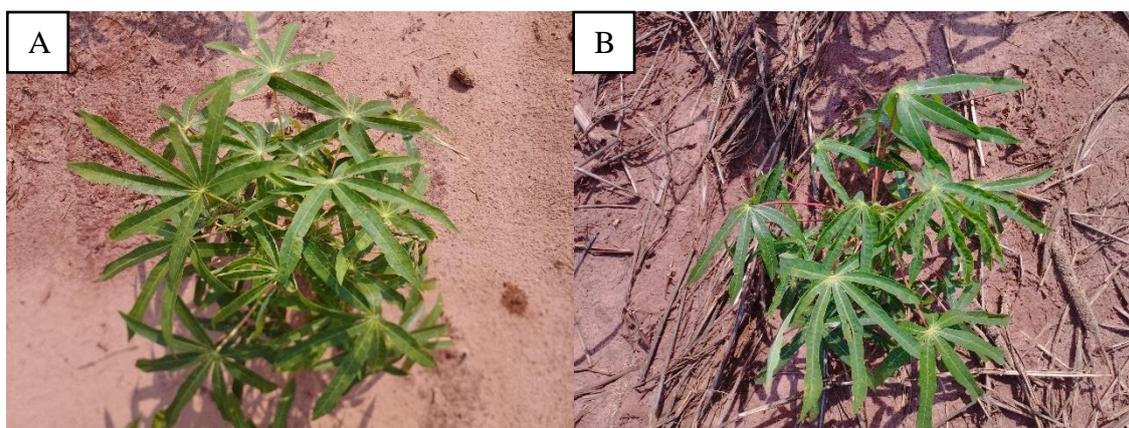


Figura 10. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 59 e 58 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [pinoxasulfona + flumioxazina]/clomazona + cletodim + óleo mineral, respectivamente.

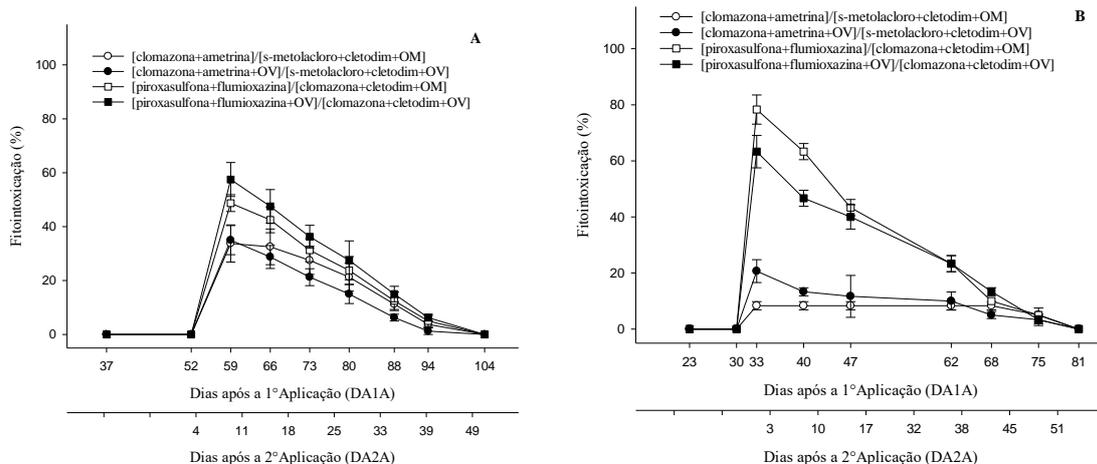


Figura 11. Porcentagem de fitointoxicação na mandioca 'BRS CS01' após a aplicação dos herbicidas no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

A relação das plantas daninhas presentes nos sistemas convencional e de plantio direto aos 115 e 90 dias após a primeira aplicação, respectivamente, estão descritos na tabela 5. A comunidade infestante presente na área de plantio convencional era composta das espécies *Bidens pilosa*, *Conyza bonariensis*, *Digitaria horizontalis*, *Digitaria insularis*, *Eleusine indica*, *Euphorbia hirta*, *Merremia aegyptia*, *Raphanus raphanistrum* e *Richardia brasiliensis*, enquanto na área de plantio direto foi composta das espécies *Amaranthus viridis*, *Fagopyrum esculentum*, *Raphanus raphanistrum* e *Richardia brasiliensis*. A alta variedade de espécies encontradas na área em sistema convencional pode ser explicada pelo revolvimento do solo, estimulando a germinação de espécies que compõem o banco de sementes. As espécies que constam em maior densidade no sistema convencional foram *Merremia aegyptia* e *Richardia brasiliensis*, enquanto no sistema plantio direto foram as espécies *Fagopyrum esculentum* e *Raphanus raphanistrum*.

Tabela 5. Relação das plantas daninhas presente na área experimental em sistema convencional e sistema de plantio direto. Naviraí, Mato Grosso do Sul, BR, 2023/2024.

Família	Espécies	Nome comum
PLANTIO CONVENCIONAL		
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto
	<i>Conyza spp</i>	Buva
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim colchão
	<i>Digitaria insularis</i>	Capim amargoso
	<i>Eleusine indica</i>	Capim pé de galinha
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	Erva de santa luzia
Polygonaceae	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Trigo mourisco
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	Melão de são caetano
Convolvulaceae	<i>Merremia aegyptia</i>	Corde de viola
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabiça
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia branca
Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i>	Fedegoso
PLANTIO DIRETO		
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i>	Caruru
Polygonaceae	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Trigo mourisco
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia branca
Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i>	Fedegoso

As Figuras 12 e 13 demonstram o efeito residual resultante da primeira aplicação sequencial composta das misturas herbicidas com e sem óleo vegetal no controle das plantas daninhas nos sistemas de plantio convencional e sistema plantio direto. No sistema convencional, a mistura [piroxasulfona + flumioxazina] apresentou efeito residual de controle acima de 90% até 59 dias após a primeira aplicação, independente da presença do óleo vegetal, enquanto a mistura [clomazona + ametrina] apresentou efeito residual de controle superior a 15 dias quando aplicado em associação ao óleo (Figura 9). No sistema de plantio direto, ambas as misturas comerciais não demonstraram acréscimo no período residual de controle, independente da adição do óleo vegetal. No entanto, a mistura [piroxasulfona + flumioxazina] teve 10 dias a mais de persistência no solo em relação a mistura [clomazona + ametrina] (Figura 10).

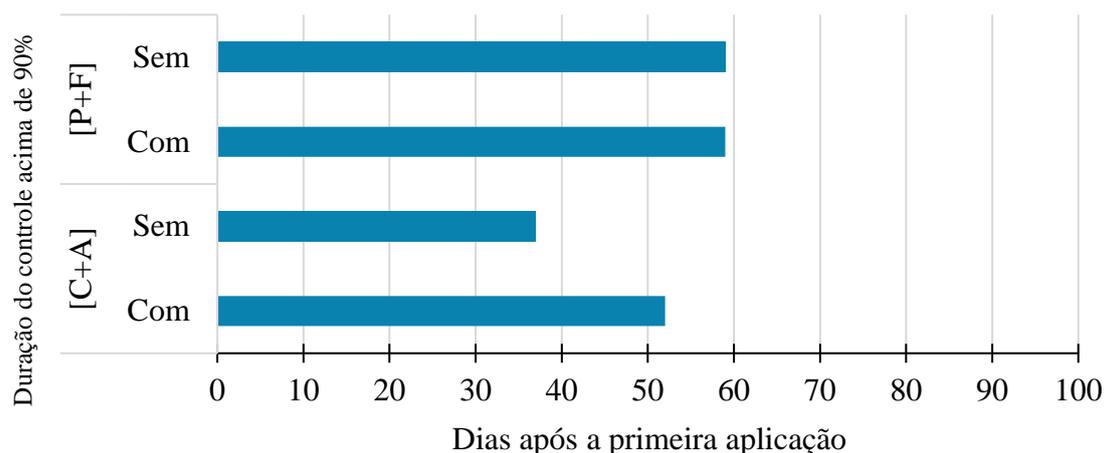


Figura 12. Duração do controle acima de 90% das plantas daninhas na cultivar ‘BRS CS01’ após a primeira aplicação sequencial composta das misturas comerciais com e sem óleo vegetal no sistema convencional; P, F, C e A = piroxasulfona, flumioxazina, clomazona e ametrina, respectivamente.

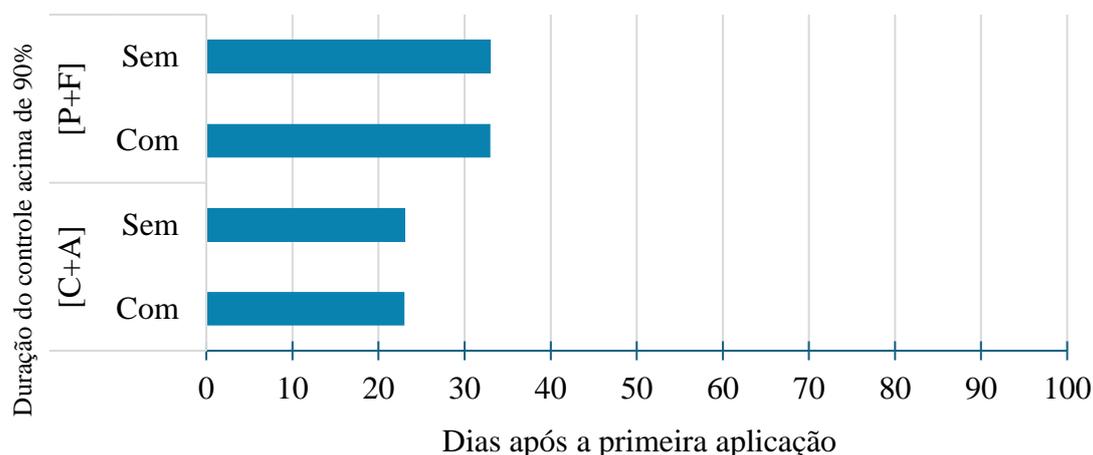


Figura 13. Duração do controle acima de 90% das plantas daninhas na cultivar ‘BRS CS01’ após a primeira aplicação sequencial composta das misturas comerciais com e sem óleo vegetal no sistema de plantio direto; P, F, C e A = piroxasulfona, flumioxazina, clomazona e ametrina, respectivamente.

A figura 14 demonstra os dados referente a eficiência de controle ao longo de todas as avaliações realizadas em ambos os experimentos. Verificou-se que em ambos os sistemas de cultivo, as estratégias contendo [piroxasulfona + flumioxazina + óleo vegetal (200+200)]/clomazona + cletodim + óleo vegetal (1250+250) e [piroxasulfona + flumioxazina (200+200)]/clomazona + cletodim + óleo mineral (1250+250) controlaram com sucesso as plantas daninhas até o final do período de avaliações, mantendo a eficiência de controle acima de 90%. Do mesmo modo, notou-se na área de sistema convencional o mesmo comportamento nos tratamentos contendo os herbicidas

[clomazona + ametrina + óleo vegetal (800+1200)]/S-metolacloro + cletodim + óleo vegetal (1920+250) e [clomazona + ametrina (800+1200)]/S-metolacloro + cletodim + óleo mineral (1920+250). Entretanto, estes herbicidas quando utilizados em sistema de plantio direto, apresentaram controle de 80% até 23 dias após a primeira aplicação, os quais nas avaliações posteriores, apresentaram tendência de queda a níveis de controle abaixo de 60% aos 81 dias após a primeira aplicação (Figura 14).

A diferença na eficiência de controle entre os sistemas de cultivo não era esperada, porém este fato pode estar relacionado a alta capacidade de dispersão das espécies presentes nas áreas experimentais e perda de eficiência da [clomazona + ametrina] pelo surgimento de biótipos resistentes de plantas daninhas aos ingredientes ativos desta mistura, além dos coeficientes físico-químicos poderem influenciar na adsorção dos ingredientes ativos a fração orgânica presente na palhada do sistema de plantio direto.

Além disto, o clomazona possui registro para aplicação em pré emergência das plantas daninhas e da cultura. No entanto, a utilização na modalidade pós emergente pode ampliar o espectro de controle de algumas espécies dicotiledôneas (Raimondi et al., 2010; Raimondi et al., 2011), tendo em vista que o cletodim, herbicida registrado para aplicação em pós emergência total, apenas apresenta eficiência para controle de espécies monocotiledôneas.

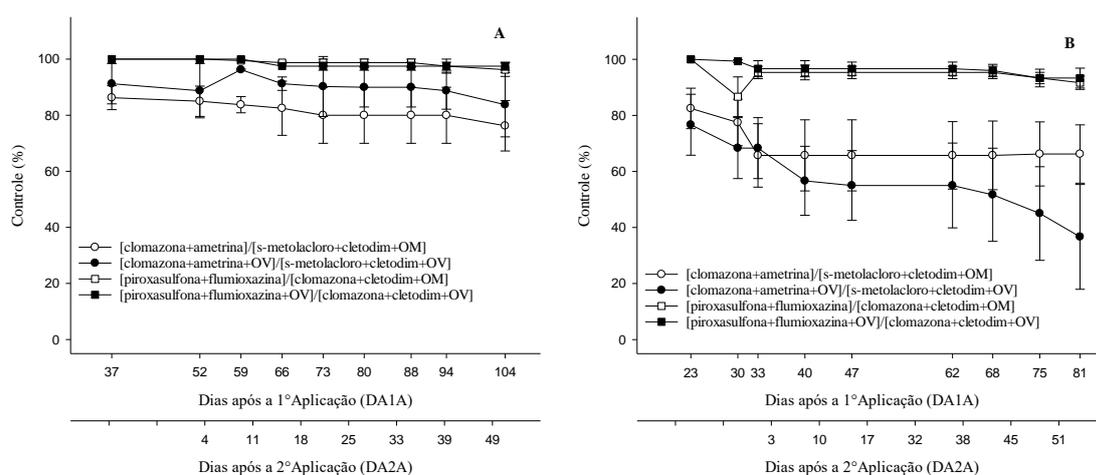


Figura 14. Eficiência de controle das plantas daninhas após a aplicação dos herbicidas na cultivar ‘BRS CS01’ no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B); OM = Óleo mineral; OV = Óleo Vegetal.

A tabela 6 apresenta a densidade das plantas daninhas nos tratamentos e índice de similaridade entre os sistemas de cultivo aos 115 e 90 dias após a primeira aplicação sequencial, na cultivar 'BRS CS01' no sistema convencional e sistema de plantio direto, respectivamente. A elevada densidade de *Fagopyrum esculentum* na área experimental cultivada em sistema de plantio direto pode ser explicada devido a palhada remanescente neste sistema de cultivo ser formada pelas espécies *Fagopyrum esculentum* e *Pennisetum glaucum* (3430 kg ha⁻¹ de palhada remanescente coletada 5 dias após o plantio). No entanto, foram observados excelentes níveis de controle (>90%) da espécie *Merremia aegyptia* até 35 dias após a aplicação de flumioxazina (500 g ha⁻¹) na presença e ausência de palhada (Ferreira et al., 2020). Do mesmo modo, a flumioxazina (30 g ha⁻¹), saflufenacil (56 g ha⁻¹) e a mistura de glifosato + saflufenacil (720+28 g ha⁻¹) controlaram de maneira eficiente (>85%) a população de *Richardia brasiliensis* até 28 dias após a aplicação dos herbicidas (Vitorino et al., 2012).

A diversidade de espécies entre as parcelas experimentais nos sistemas de cultivo pode ser explicada pela variabilidade natural na distribuição e dispersão de sementes das plantas daninhas na área experimental, além do surgimento de fluxos intermitentes das espécies do banco de sementes, à medida que ocorre a diminuição do efeito residual dos tratamentos.

Tabela 6. Densidade das plantas daninhas nos tratamentos e índice de similaridade entre os sistemas de cultivo aos 115 e 90 dias após a primeira aplicação sequencial, na cultivar ‘BRS CS01’ no sistema convencional e sistema de plantio direto, respectivamente.

Tratamentos	Espécies	Plantio convencional	Plantio direto
		Densidade (plantas m ⁻²)	
Testemunha sem capina	<i>Amaranthus viridis</i>	-	4,00
	<i>Bidens pilosa</i>	28,00	-
	<i>Conyza bonariensis</i>	4,00	-
	<i>Digitaria horizontalis</i>	8,00	-
	<i>Digitaria insularis</i>	40,00	-
	<i>Eleusine indica</i>	4,00	-
	<i>Euphorbia hirta</i>	12,00	-
	<i>Fagopyrum esculentum</i>	-	60,00
	<i>Merremia aegyptia</i>	8,00	-
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	8,00	32,00
	<i>Richardia brasiliensis</i>	4,00	8,00
[clomazona + ametrina]/[S-metolaclo-ro + cletodim + óleo mineral]	<i>Euphorbia hirta</i>	8,00	-
	<i>Fagopyrum esculentum</i>	-	72,00
	<i>Momordica charantia</i>	40,00	-
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	32,00	72,00
	<i>Richardia brasiliensis</i>	12,00	-
[clomazona + ametrina + óleo vegetal]/[S-metolaclo-ro + cletodim + óleo vegetal]	<i>Senna occidentalis</i>	4,00	-
	<i>Bidens pilosa</i>	12,00	-
	<i>Conyza bonariensis</i>	4,00	-
	<i>Fagopyrum esculentum</i>	-	88,00
	<i>Merremia aegyptia</i>	8,00	-
	<i>Momordica charantia</i>	12,00	-
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	4,00	36,00
[piroxasulfona + flumioxazina]/[clomazona + cletodim + óleo mineral]	<i>Richardia brasiliensis</i>	16,00	4,00
	<i>Euphorbia hirta</i>	8,00	-
	<i>Fagopyrum esculentum</i>	-	16,00
	<i>Merremia aegyptia</i>	12,00	-
[piroxasulfona + flumioxazina + óleo vegetal]/[clomazona + cletodim + óleo vegetal]	<i>Richardia brasiliensis</i>	4,00	-
	<i>Fagopyrum esculentum</i>	-	4,00
	<i>Merremia aegyptia</i>	8,00	-
Índice de similaridade entre os sistemas de cultivos (%)		26,00	

Por outro lado, houve redução de massa seca da comunidade infestante nas parcelas de todos os tratamentos no sistema convencional, sobretudo nos tratamentos que continham a adição de óleo vegetal em associação as misturas herbicidas na primeira aplicação sequencial (Tabela 7). Estes resultados estão de acordo com a eficiência de controle dos herbicidas descrito na Figura 14, sendo notado controle acima de 80% das plantas daninhas durante todo o período avaliado.

No sistema plantio direto, houve o mesmo comportamento de redução da biomassa de plantas daninhas em todos os tratamentos em relação a testemunha sem capina (Tabela 8). Entretanto, ressalta-se que as aplicações sequenciais [clomazona + ametrina + óleo vegetal (800+1200)]/S-metolacoloro + cletodim + óleo vegetal (1920+250) e [clomazona + ametrina (800+1200)]/S-metolacoloro + cletodim + óleo mineral (1920+250) apresentaram médias de controle abaixo de 80% a partir dos 33DA1^oA (Tabela 8). Resultados similares foram observados por Franciscon et al., (2016) ao verificar redução de biomassa das plantas daninhas após a aplicação do clomazona (1260 g ha⁻¹) em mistura aos herbicidas sulfentrazone (600 g ha⁻¹), diclosulan (35 g ha⁻¹) e S-metolacoloro (1440 g ha⁻¹).

Tabela 7. Massa seca (MS) de plantas daninhas aos 115 dias após a primeira aplicação sequencial na cultivar ‘BRS CS01’ no sistema convencional.

Tratamento	MS (Kg ha ⁻¹)
Testemunha sem capina	2731,23 a
[clomazona + ametrina]/[S-metolacoloro + cletodim + OM]	160,36 b
[clomazona + ametrina + OV]/[S-metolacoloro + cletodim + OV]	26,95 b
[piroxasulfona + flumioxazina]/[clomazona + cletodim + OM]	117,61 b
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	0,00 b
F (Tratamentos)	51,34 *
F (Blocos)	1,70 ^{ns}
Coefficiente de variação (%)	54,66

* Significativo ao teste F a 1% de probabilidade (p<0,01); ns = não significativo ao teste F a 1% de probabilidade (p<0,01); médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

Tabela 8. Massa seca (MS) de plantas daninhas aos 90 dias após a primeira aplicação sequencial na cultivar ‘BRS CS01’ no sistema de plantio direto.

Tratamento	MS (Kg ha ⁻¹)
Testemunha sem capina	2177,21 a
[clomazona + ametrina]/[S-metolaclo-ro + cletodim + OM]	394,90 b
[clomazona + ametrina + OV]/[S-metolaclo-ro + cletodim + OV]	400,87 b
[piroxasulfona + flumioxazina]/[clomazona + cletodim + OM]	195,70 b
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	97,69 b
F (Tratamentos)	6,90 *
F (Blocos)	1,86 ^{ns}
Coefficiente de variação (%)	77,83

ns = não significativo ao teste F a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

As estratégias de manejo não reduziram de maneira significativa a produtividade de raízes da ‘BRS CS01’, evidenciando a seletividade dos herbicidas nas diferentes modalidades de aplicação, independente do sistema de cultivo utilizado (Tabela 9). A seletividade das misturas [clomazona + ametrina (800 + 1200 g ha⁻¹)] e [piroxasulfona+flumioxazina (200 + 200 g ha⁻¹)] já era esperada, em se tratando de herbicidas já registrados em bula para aplicação na cultura da mandioca, bem como a existência de diversos trabalhos já realizados com estes herbicidas, a exemplo da mistura [clomazona + ametrina (900 + 1350 g ha⁻¹)] que se mostrou seletiva para as cultivares ‘Fécua Branca’ e ‘Fibra’ cultivadas no sistema convencional (Biffe et al., 2010b). Do mesmo modo, os herbicidas flumioxazina (42 g ha⁻¹), S-metolaclo-ro (2000 g ha⁻¹) e a mistura [clomazona + ametrina (1000 + 1500 g ha⁻¹)] foram seletivos a mandioca ‘Espeto’ cultivada no sistema de plantio direto (Oliveira et al., 2001a).

Estes estudos apontam elevada tolerância varietal as diferentes estratégias de uso de herbicidas, independente do sistema de cultivo. A exemplo das misturas [piroxasulfona + flumioxazina] registrada para aplicação em pré emergência da cultura e da planta daninha e [clomazona + ametrina] com registro para aplicação em pós emergência das plantas infestantes e pré emergência da mandioca (MAPA, 2024). Embora os herbicidas clomazona e S-metolaclo-ro tenham se mostrado seletivos para a cultivar ‘BRS CS01’, não possuem registro para aplicações na pós emergência da mandioca, o que evidencia nesta cultura o aspecto de rusticidade e capacidade de recuperação ao longo do tempo.

Assim como observado nos dados de produtividade, as estratégias de manejo não influenciaram negativamente o acúmulo de fécula da ‘BRS CS01’, independente do

sistema de cultivo (Tabela 10). Resultados semelhantes foram verificados em diferentes cultivares de mandioca, em que não se observou redução do acúmulo de fécula após a aplicação de diferentes herbicidas em várias cultivares (Abreu et al., 2010; Costa et al., 2014; Franciscon et al., 2016).

Tabela 9. Produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$) da ‘BRS CS01’ cultivada em solo arenoso nos sistemas convencional e plantio direto.

Tratamento	Convencional	Plantio direto	Média
Testemunha sem capina	11,07	15,40	13,23
Testemunha capinada	14,59	18,41	16,50
[clomazona + ametrina] /[S-metolacloro + cletodim + OM]	14,43	19,07	16,75
[clomazona + ametrina + OV] /[S-metolacloro + cletodim + OV]	13,87	19,76	16,81
[piroxasulfona + flumioxazina] /[clomazona + cletodim + OM]	16,32	16,07	16,19
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	17,49	15,54	16,51
Média	14,62	17,37	
Tratamento		10,98 ^{ns}	
Cultivo		101,76 ^{ns}	
Tratamento vs. Cultivo		20,91 ^{ns}	
Bloco / Cultivo		28,73	
Resíduo		26,08	
C.V. (%)		31,75	

ns = não significativo de acordo ao teste F a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

Tabela 10. Acúmulo de fécula (%) da ‘BRS CS01’ cultivada em solo arenoso nos sistemas convencional e plantio direto

Tratamento	Convencional	Plantio direto	Média
Testemunha sem capina	22,75	22,88	22,81
Testemunha capinada	23,00	23,00	23,00
[clomazona + ametrina] /[S-metolaclo-ro + cletodim + OM]	22,25	23,63	22,94
[clomazona + ametrina + OV] /[S-metolaclo-ro + cletodim + OV]	22,63	22,13	22,38
[piroxasulfona + flumioxazina] /[clomazona + cletodim + OM]	22,75	22,63	22,69
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	23,25	22,69	22,97
Média	22,94	22,66	
Tratamento		0,44 ^{ns}	
Cultivo		0,94 ^{ns}	
Tratamento vs. Cultivo		0,20 ^{ns}	
Bloco / Cultivo		1,74	
Resíduo		0,83	
C.V. (%)		4,00	

ns = não significativo de acordo ao teste F a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

De modo geral, observou-se que todos os tratamentos compostos das aplicações sequenciais puderam suprimir a interferência das plantas daninhas na cultivar ‘BRS CS01’ por tempo superior ao período crítico de prevenção a interferência (até 90 dias após o plantio) nos experimentos em sistema convencional e plantio direto. Deste modo, o controle das plantas daninhas durante o período crítico pode ter sido um fator de influência nos resultados de produtividade e acúmulo de fécula (Johanns e Contiero, 2006; Albuquerque et al. 2008).

4.2 Experimentos em solo argiloso

A Figura 15 indica os valores de fitointoxicação da mandioca ‘BRS CS01’ após as aplicações sequenciais nos sistemas de plantio convencional e de plantio direto, respectivamente. A primeira aplicação sequencial composta das misturas [piroxasulfona + flumioxazina (200 + 200 g ha⁻¹)] e [clomazona+ametrina (800 + 1200 g ha⁻¹)] não

causaram sintomas de fitointoxicação nas plantas de mandioca, independente da presença do óleo vegetal associado a mistura herbicida e do sistema de cultivo utilizado.

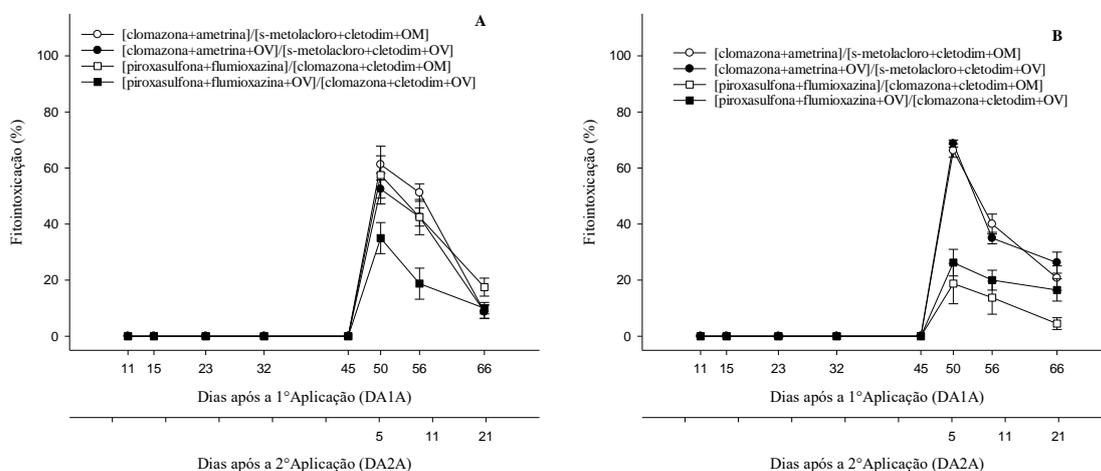


Figura 15. Porcentagem de fitointoxicação na mandioca ‘BRS CS01’ após a aplicação dos herbicidas no sistema convencional (A) e plantio direto (B); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

Do mesmo modo, Costa et al., (2020) não verificaram sintomas de fitointoxicação na cultivar ‘Baianinha’ após a aplicação da mistura [clomazona + S-metolaclo (1250 + 1920 g ha⁻¹). Já após a segunda aplicação sequencial, constatou-se que os tratamentos contendo o herbicida S-metolaclo (1920 g ha⁻¹) ocasionaram injúrias acima de 50% aos 5 dias após a segunda aplicação sequencial, independente do sistema de cultivo avaliado, enquanto os tratamentos compostos da clomazona (1250 g ha⁻¹) apresentou sintomas de até 58 e 26% nas plantas cultivadas no sistema convencional e de plantio direto, respectivamente. Os sintomas observados consistiam em amarelecimento generalizado das folhas que constam nas Figuras 16 e 17.

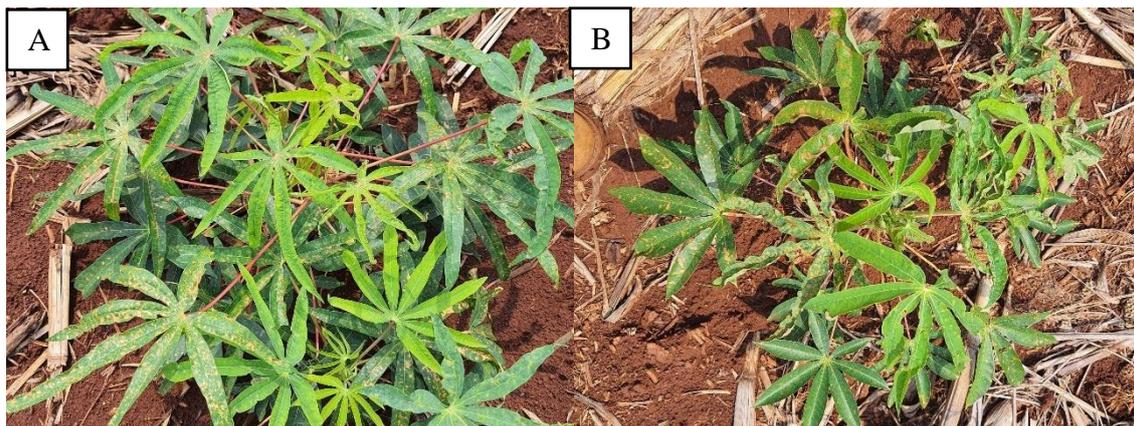


Figura 16. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 5 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [clomazona + ametrina]/S-metolacloro + cletodim + óleo mineral.

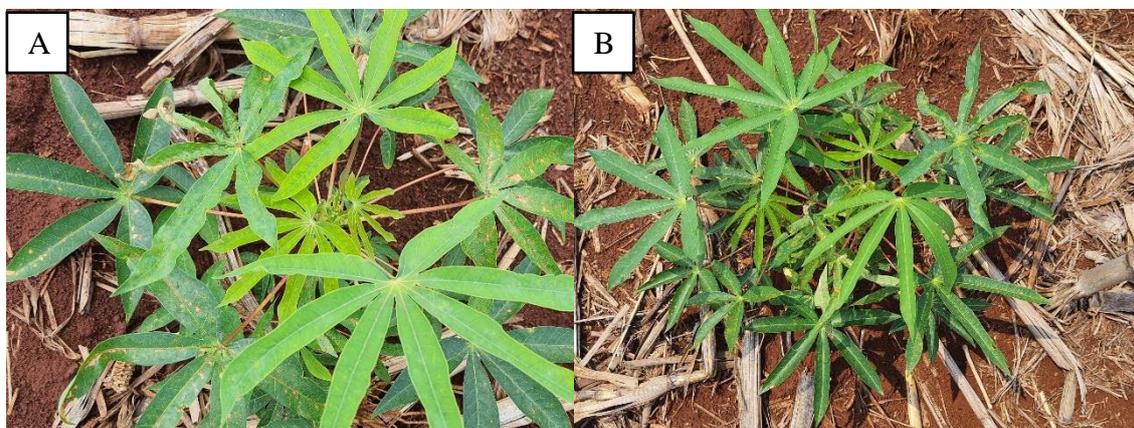


Figura 17. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 5 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [piroxasulfona + flumioxazina]/clomazona + cletodim + óleo mineral.

Contudo, aos 21 dias após a segunda aplicação sequencial as plantas já se encontravam em processo de recuperação das injúrias, apresentando em todos os tratamentos médias de fitointoxicação abaixo de 25%, independente do sistema de cultivo (Figura 18 e 19).



Figura 18. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 21 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [clomazona + ametrina]/S-metolacoloro + cletodim + óleo mineral.

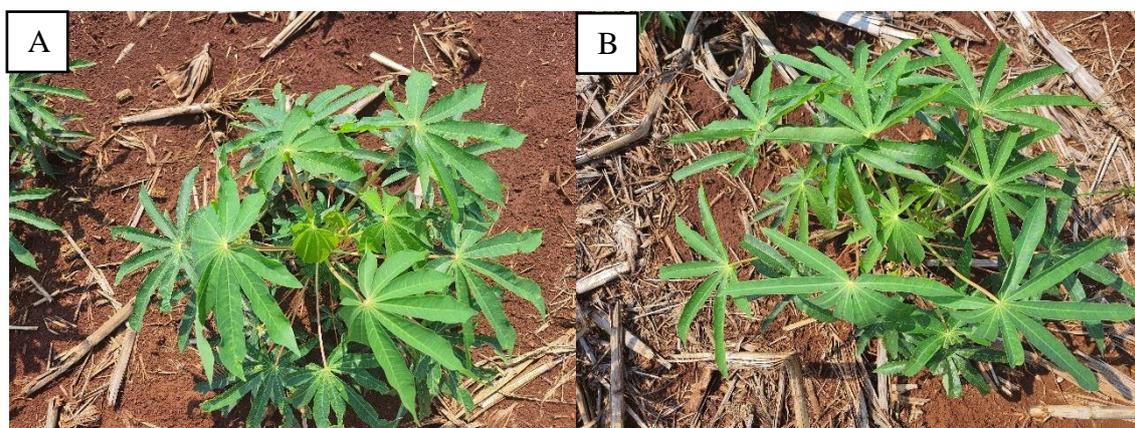


Figura 19. Aspecto das plantas de mandioca cultivadas em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B) 21 dias após a segunda aplicação das estratégias composta pelos herbicidas [piroxasulfona + flumioxazina]/clomazona + cletodim + óleo mineral.

Resultados semelhantes foram observados por Costa et al., 2020a ao verificarem médias de fitointoxicação superior a 40% aos 7 dias após a segunda aplicação sequencial composta da mistura [mesotriona + S-metolacoloro] na mandioca ‘Baianinha’ cultivada em solo argiloso no sistema convencional. Já em sistema plantio direto, notou-se injúrias de até 33% nas mandiocas ‘Espeto’ e IAC-14’ aos 26 dias após a aplicação da mistura

[clomazona + ametrina (2500 g ha⁻¹)], os quais as plantas vieram a se recuperar, até não apresentar mais sintomas aos 51 dias após a aplicação (Oliveira et al. (2001b).

A Tabela 11 apresenta a composição florística e relação das plantas daninhas nos sistemas convencional e de plantio direto aos 90 dias após a primeira aplicação. As espécies que englobavam a comunidade infestante na área em sistema convencional era composta de *Alocasia macrorrhizos*, *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis*, *Cyperus rotundus*, *Leonurus sibiricus*, *Phyllanthus tenellus*, *Richardia brasiliensis*, *Sonchus oleraceus* e *Sorghum halepense*. Enquanto as espécies que estavam na área em sistema plantio direto eram *Commelina benghalensis*, *Cyperus rotundus*, *Phyllanthus tenellus*, *Richardia brasiliensis*, *Sorghum halepense* e *Zea mays*. A variabilidade de espécies na área de plantio convencional pode ser associada ao revolvimento do solo realizado antes do plantio, que pode causar estímulos a germinação das espécies pertencentes ao banco de sementes.

Tabela 11. Relação das plantas daninhas presente na área experimental em sistema convencional e sistema de plantio direto. Marechal Cândido Rondon, Paraná, BR, 2023/2024.

Família	Espécies	Nome comum
PLANTIO CONVENCIONAL		
Areaceae	<i>Alocasia macrorrhizos</i>	Orelha de elefante
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto
	<i>Sonchus oleraceus</i>	Serralha
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca
Lamiaceae	<i>Leonurus sibiricus</i>	Rubim
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i>	Quebra pedra
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia branca
PLANTIO DIRETO		
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i>	Quebra pedra
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia branca
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Milho
	<i>Sorghum halepense</i>	Capim maçambará

As Figuras 20 e 21 demonstram o efeito residual no solo decorrente da primeira aplicação sequencial no controle das plantas daninhas nos sistemas de plantio convencional e de plantio direto, respectivamente. No sistema convencional (Figura 12), a mistura [piroxasulfona + flumioxazina] não demonstrou incremento de efeito residual no solo em função da presença do óleo vegetal, apresentando efeito residual de controle acima de 90% durante todo o período avaliado. Por outro lado, a presença do óleo vegetal em associação a mistura [clomazona + ametrina] proporcionou efeito residual de 13 dias a mais em comparação a aplicação sem óleo vegetal. Já na área em sistema de plantio direto (Figura 13), todos os tratamentos apresentaram efeito residual e eficiência de controle acima de 90%, independente da presença do óleo vegetal as misturas herbicidas, perdurando até a realização da segunda aplicação sequencial.

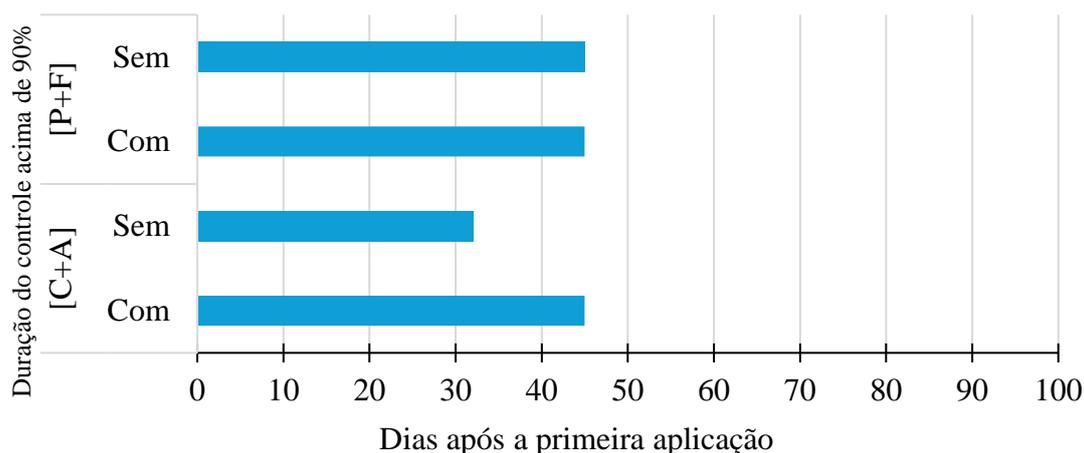


Figura 20. Duração do controle acima de 90% das plantas daninhas na cultivar ‘BRS CS01’ após a 1ª aplicação sequencial composta das misturas comerciais com e sem óleo vegetal no sistema convencional; P, F, C e A = piroxasulfona, flumioxazina, clomazona e ametrina, respectivamente.

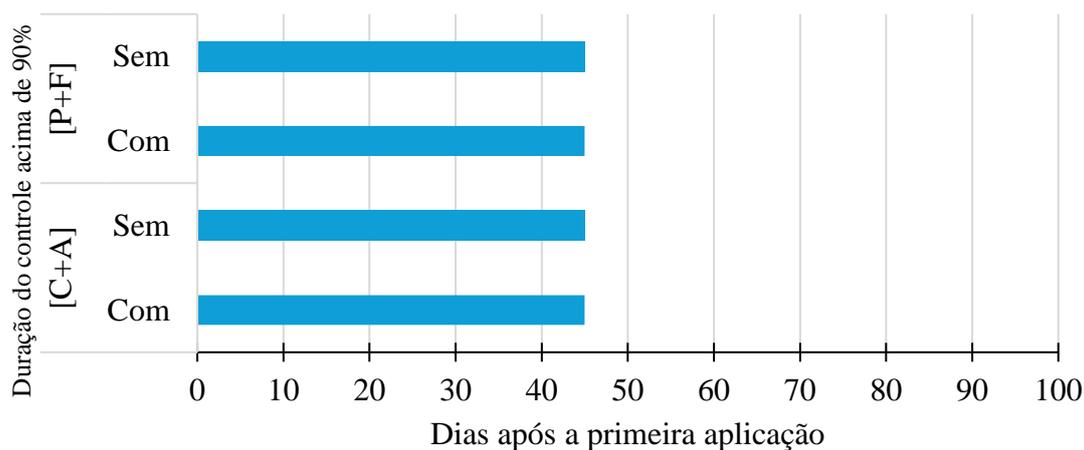


Figura 21. Duração do controle acima de 90% das plantas daninhas na cultivar ‘BRS CS01’ após a 1ª aplicação sequencial composta das misturas comerciais com e sem óleo vegetal no sistema de plantio direto; P, F, C e A = piroxasulfona, flumioxazina, clomazona e ametrina, respectivamente.

A Figura 22 demonstra a eficiência de controle das plantas daninhas após as aplicações sequenciais nos sistemas convencional e plantio direto. Verificou-se que em ambos os sistemas de cultivo, todos os tratamentos compostos das aplicações sequenciais mantiveram médias de controle da comunidade infestante acima de 88% até 66 dias após a primeira aplicação. As estratégias de manejo compostas das misturas herbicidas e aplicações sequenciais pode ter possibilitado ampliar o espectro de controle e aumentar o

período residual dos herbicidas no solo, além de rotacionar os mecanismos de ação, e que por conta destas características, manter a mandioca livre de interferência das plantas daninhas durante o PCPI (até 90 dias após o plantio da cultura).

São escassas as informações a respeito do efeito residual de misturas herbicidas em diferentes sistemas de cultivo na mandioca. No entanto, em sistema convencional a aplicação de clomazona (1080 g ha^{-1}) em associação a flumioxazina (80 g ha^{-1}) nas cultivares ‘Caravela’ e ‘Pretinha’ apresentou alta eficiência ($>96\%$) no controle das plantas daninhas até 91 dias após a aplicação (Santiago et al., 2018), enquanto na cultivar ‘Baianinha’, a clomazona (1250 g ha^{-1}) apresentou controle abaixo de 50% nos 98 dias após a aplicação (Costa et al. 2020a). Do mesmo modo, em sistema plantio direto, a aplicação da mistura de clomazona (1260 g ha^{-1}) e sulfentrazone (600 g ha^{-1}) na cultivar ‘Baianinha’ demonstrou aproximadamente controle 15% superior em relação a aplicação isolada da clomazona (1260 g ha^{-1}) aos 70 dias após a aplicação (Franciscon et al., 2016).

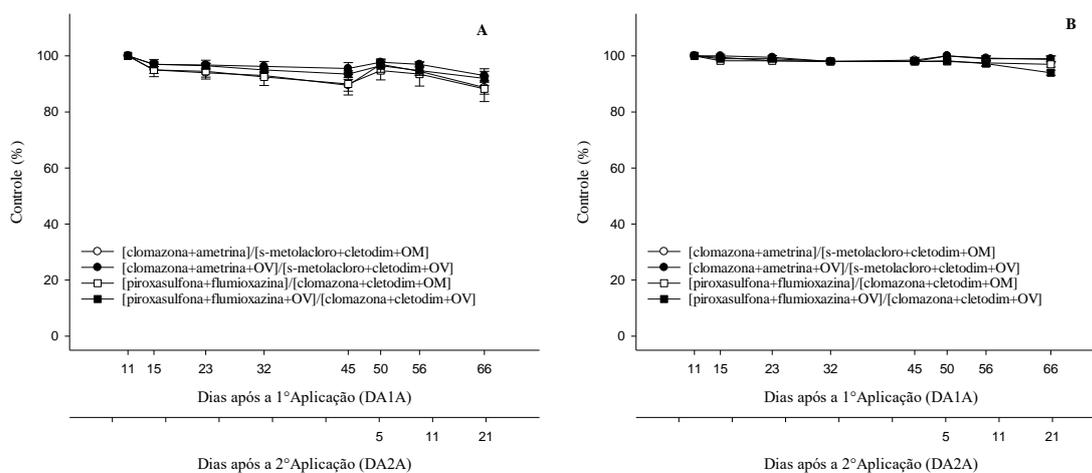


Figura 22. Eficiência de controle das plantas daninhas após a aplicação dos herbicidas na cultivar ‘BRS CS01’ em solo argiloso no sistema convencional (A) e sistema plantio direto (B); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

A Tabela 12 demonstra a densidade das plantas daninhas nos tratamentos e o índice de similaridade entre os sistemas de cultivo. A espécie *Cyperus rotundus* consta em maior densidade em praticamente todos os tratamentos em ambos os sistemas de cultivo, evidenciando a dificuldade de controle desta espécie durante longos períodos. Contudo, níveis de controle acima de 90% da espécie *Cyperus rotundus* foram verificados

após a aplicação de doses acima de $0,5 \text{ l ha}^{-1}$ da mistura pronta [piroxasulfona + flumioxazina] até 42 dias após a aplicação (Araujo et al. 2023).

Vale ressaltar que as espécies *Commelina benghalensis*, *Richardia brasiliensis* e *Phyllanthus tenellus* se mostraram suscetíveis aos herbicidas que integravam as estratégias de manejo em ambos os sistemas de cultivo, constando registradas em bula apenas a espécie *Bidens pilosa* para a mistura pronta [piroxasulfona + flumioxazina] e as espécies *Commelina benghalensis* e *Richardia brasiliensis* para a mistura pronta [clomazona + ametrina], enquanto as espécies *Alocasia macrorrhizos*, *Leonurus sibiricus*, *Phyllanthus tenellus* e *Sonchus oleraceus* não possuem registro para utilização por parte destas misturas, mesmo se apresentando seletivas.

A diversidade de espécies entre as parcelas e a similaridade de 53% entre os sistemas de cultivo pode ser explicada pela capacidade natural de distribuição e dispersão de sementes na área, assim como a ocorrência de fluxos intermitentes das espécies que compunham o banco de sementes, após a diminuição do efeito residual das aplicações sequenciais até 66 dias após a primeira aplicação.

Entre as espécies que estavam presentes no levantamento fitossociológico em ambas as áreas experimentais, algumas plantas não constavam nas testemunhas e estavam presentes nas parcelas que foram aplicadas. Este fato se deve as espécies provenientes do banco de sementes se encontrarem em dormência e necessitarem de condições ideais para germinação (Costa et al., 2013a).

Tabela 12. Densidade das plantas daninhas nos tratamentos e índice de similaridade entre os sistemas de cultivo convencional e sistema plantio direto da mandioca ‘BRS CS01’ aos 100 dias após a aplicação.

Tratamentos	Espécies	Plantio convencional	Plantio direto
		Densidade (plantas m ⁻²)	
Testemunha sem capina	<i>Alocasia macrorrhizos</i>	8,00	-
	<i>Bidens pilosa</i>	4,00	-
	<i>Commelina benghalensis</i>	76,00	28,00
	<i>Cyperus rotundus</i>	-	24,00
	<i>Leonurus sibiricus</i>	40,00	-
	<i>Phyllanthus tenellus</i>	8,00	4,00
	<i>Richardia brasiliensis</i>	8,00	12,00
	<i>Sonchus oleraceus</i>	8,00	-
	<i>Sorghum halepense</i>	-	16,00
[clomazona + ametrina]/[S-metolaclo-ro + cletodim + óleo mineral]	<i>Commelina benghalensis</i>	-	4,00
	<i>Cyperus rotundus</i>	36,00	24,00
	<i>Zea mays</i>	-	12,00
[clomazona + ametrina + óleo vegetal]/[S-metolaclo-ro + cletodim + óleo vegetal]	<i>Bidens pilosa</i>	4,00	4,00
	<i>Cyperus rotundus</i>	36,00	44,00
	<i>Sorghum halepense</i>	-	12,00
	<i>Zea mays</i>	-	8,00
[piroxasulfona + flumioxazina]/[clomazona + cletodim + óleo mineral]	<i>Cyperus rotundus</i>	60,00	24,00
	<i>Sorghum halepense</i>	-	4,00
	<i>Zea mays</i>	-	8,00
[piroxasulfona + flumioxazina + óleo vegetal]/[clomazona + cletodim + óleo vegetal]	<i>Cyperus rotundus</i>	52,00	24,00
	<i>Sorghum halepense</i>	-	4,00
	<i>Zea mays</i>	-	8,00
Índice de similaridade entre os sistemas de cultivos (%)		53,00	

Todavia, houve redução de biomassa das plantas daninhas nas parcelas pertencente aos tratamentos em comparação com a testemunha sem capina na área em sistema convencional (Tabela 13), o que corrobora com os resultados de eficiência de controle das plantas daninhas (Figura 17). Resultados semelhantes foram observados na cultivar ‘Cascuda’ em sistema convencional, em que a clomazona (900 g ha⁻¹) em mistura aos herbicidas flumioxazina (50 g ha⁻¹), sulfentrazone (500 g ha⁻¹) e S-metolaclo-ro (1440 g ha⁻¹) promoveram redução da densidade das plantas daninhas em comparação a testemunha sem capina (Scariot et al., 2013).

Já no sistema de plantio direto (Tabela 14), não houve redução significativa da massa seca de plantas daninhas referente as parcelas dos tratamentos em relação a

testemunha sem capina, o que vai ao oposto aos dados de eficiência de controle neste sistema de cultivo (Figura 18). Estes resultados vão ao oposto dos verificados na mandioca ‘Baianinha’ cultivada em sistema de plantio direto, em que a mistura [clomazona + sulfentrazone (1260+600 g ha⁻¹)] reduziu a biomassa de plantas daninhas em relação a testemunha sem capina (Costa et al., 2020a). Este fato pode estar relacionado a alta variação dos dados de biomassa das plantas daninhas entre as parcelas, além de apresentar um coeficiente de variação de (%) 277,42 no experimento em sistema plantio direto.

Tabela 13. Massa seca (MS) de plantas daninhas aos 100 dias após a aplicação dos herbicidas na cultivar ‘BRS CS01’ no sistema convencional.

Tratamento	MS (Kg ha ⁻¹)
Testemunha sem capina	1884,80 a
[clomazona + ametrina]/[S-metolacloro + cletodim + OM]	53,50 b
[clomazona + ametrina + OV]/[S-metolacloro + cletodim + OV]	68,10 b
[piroxasulfona + flumioxazina]/[clomazona + cletodim + OM]	124,70 b
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	80,40 b
F (Tratamentos)	18,77 *
F (Blocos)	0,58 ^{ns}
Coeficiente de variação (%)	84,19

* Significativo ao teste F a 1% de probabilidade (p<0,01); ns = não significativo ao teste F a 1% de probabilidade (p<0,01); médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

Tabela 14. Massa seca (MS) de plantas daninhas aos 100 dias após a aplicação dos herbicidas na cultivar ‘BRS CS01’ no sistema de plantio direto.

Tratamento	MS (Kg ha ⁻¹)
Testemunha sem capina	1201,90
[clomazona + ametrina]/[S-metolacloro + cletodim + OM]	29,60
[clomazona + ametrina + OV]/[S-metolacloro + cletodim + OV]	19,85
[piroxasulfona + flumioxazina]/[clomazona + cletodim + OM]	12,40
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	12,50
F (Tratamentos)	1,48 ^{ns}
F (Blocos)	1,16 ^{ns}
Coeficiente de variação (%)	277,42

ns = não significativo ao teste F a 1% de probabilidade (p<0,01); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

Os tratamentos compostos pelas estratégias de herbicidas e aplicações sequenciais não reduziram de maneira significativa a produtividade de raízes e acúmulo de fécula da ‘BRS CS01’, o que evidencia a seletividade dos herbicidas aplicados a esta cultivar, independente do sistema de cultivo utilizado (Tabela 15 e 16). Além da seletividade,

ressalta-se que estas variáveis foram superiores nas plantas cultivadas em sistema de plantio direto em relação ao sistema convencional.

Resultados semelhantes em sistema convencional foram observados por Costa et al., (2021), ao verificar a seletividade das aplicações sequenciais [sulfentrazone + S-metolacoloro (500+1920 g ha⁻¹)] e [clomazona + cletodim (1125+120 g ha⁻¹)] para a cultivar ‘Fécula Branca’. Assim como em sistema de plantio direto, os herbicidas flumioxazina (42 g ha⁻¹), S-metolacoloro (2000 g ha⁻¹) e a mistura [clomazona + ametrina (1000 + 1500 g ha⁻¹)] se mostraram seletivos a mandioca ‘Espeto’ (Oliveira et al. 2001a). Estas informações indicam alta tolerância varietal as diferentes estratégias de manejo compostas por aplicações sequenciais e misturas herbicidas de diferentes mecanismos de ação aplicados em diferentes sistemas de cultivo.

Tabela 15. Produtividade de raízes (t ha⁻¹) da ‘BRS CS01’ cultivada em solo argiloso nos sistemas convencional e plantio direto.

Tratamento	Convencional	Plantio direto	Média
Testemunha sem capina	20,35	23,24	21,79
Testemunha capinada	23,67	26,63	25,15
[clomazona + ametrina] /[S-metolacoloro + cletodim + OM]	22,12	24,30	23,21
[clomazona + ametrina + OV] /[S-metolacoloro + cletodim + OV]	20,66	22,12	21,39
[piroxasulfona + flumioxazina] /[clomazona + cletodim + OM]	19,74	24,55	22,14
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	21,86	27,23	24,54
Média	21,40	24,67	
Tratamento		10,64 ^{ns}	
Cultivo		360,25*	
Tratamento vs. Cultivo		25,41 ^{ns}	
Bloco / Cultivo		119,60	
Resíduo		41,43	
C.V. (%)		28,93	

*Significativo a 5% de acordo com o teste F (p<0,05); ns = não significativo de acordo com teste F a 5% de probabilidade (p<0,05); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

Tabela 16. Acúmulo de fécula (%) da ‘BRS CS01’ cultivada em solo argiloso nos sistemas convencional e de plantio direto.

Tratamento	Convencional	Plantio direto	Média
Testemunha sem capina	21,50	23,00	22,25
Testemunha capinada	22,13	23,12	22,62
[clomazona + ametrina] /[S-metolaclo-ro + cletodim + OM]	22,50	22,75	22,62
[clomazona + ametrina + OV] /[S-metolaclo-ro + cletodim + OV]	22,50	22,75	22,62
[piroxasulfona + flumioxazina] /[clomazona + cletodim + OM]	21,38	24,00	22,69
[piroxasulfona + flumioxazina + OV]/[clomazona + cletodim + OV]	22,25	22,50	22,37
Média	22,04	23,02	
Tratamento		0,25 ^{ns}	
Cultivo		13,54*	
Tratamento vs. Cultivo		1,92 ^{ns}	
Bloco / Cultivo		2,01	
Resíduo		1,25	
C.V. (%)		4,99	

*Significativo a 5% de acordo com o teste F ($p < 0,05$); ns = não significativo de acordo ao teste F a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); OM = Óleo mineral; OV = Óleo vegetal.

Em tese, embora a segunda aplicação tenha ocasionado injúrias nas plantas de mandioca, as mesmas apresentaram capacidade de recuperação da fitointoxicação, podendo justificar a seletividade dos herbicidas que integravam as estratégias de manejo a cultivar ‘BRS CS01’. Além disso, os tratamentos tiveram êxito em controlar a comunidade de plantas daninhas durante todo o período avaliado. Sendo seletivos e apresentando eficiência de controle, pode-se indicar o registro dos ingredientes ativos para uso na cultura da mandioca nas modalidades em que foram aplicados.

5 CONCLUSÃO

Os tratamentos que continham a mistura [piroxasulfona+flumioxazina] na primeira aplicação sequencial seguido do clomazona na segunda aplicação sequencial demonstraram eficiência de controle das plantas daninhas, independente da textura do solo e sistema de cultivo. Por outro lado, os tratamentos que continham a mistura [clomazona+ametrina] na primeira aplicação sequencial seguido do S-metolaclopro na segunda aplicação sequencial tiveram resultados semelhantes as outras estratégias, exceto em solo arenoso no sistema de plantio direto, em que se observou controle inadequado das plantas daninhas durante todo o período avaliado.

Embora alguns tratamentos tenham causado fitointoxicação após a segunda aplicação sequencial, os herbicidas que integravam as estratégias de manejo se mostraram seletivos para a mandioca 'BRSCS01' nos experimentos em solo arenoso e argiloso, independente do sistema de cultivo utilizado.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, M. L.; BICUDO, S. J.; CURCELLI, F.; AGUIAR, E. B.; BRACHTVOGEL, E. L. Efeito de diferentes herbicidas aplicados na cultura da mandioca na quantidade e qualidade de raízes comerciais. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, p. 66-76, 2010.

ALBUQUERQUE, J. D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. D.; CARNEIRO, J. E. S.; CECON, P. R.; ALVES, J. M. A. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta daninha**, v. 26, p. 279-289, 2008.

ALISTER C.; KOGAN M. ERI: Environmental risk index. A simple proposal to select agrochemicals for agricultural use. **Crop protection**, v. 25, n. 3, p. 202-211, 2006.

ARANTES, J. G. Z.; CONSTANTIN, J.; JUNIOR, R. S. O.; BRAZ, G. B. P.; BARBOSA, C. A. S.; BRUGNERA, P.; GEMELLI, A. Selectivity of chemical weed control systems in conventional cotton. **Planta Daninha**, v. 32, p. 827-841, 2014.

ARAÚJO, A. P.; CORRÊA, P. H. A.; SILVA, D. C. P.; VIANA, E. S.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E. Eficácia de controle do herbicida falcon (piroxasulfona+ flumioxazina) em aplicações em pré-emergente das espécies *Cyperus rotundus* e *Cyperus esculentus*. **Revista foco**, v. 16, n. 11, p. e2891-e2891, 2023.

BIFFE, D. F.; CONSTANTIN, J.; JUNIOR, R. S. O.; FRANCHINI, L. H. M.; RIOS, F. A.; BLAINSKI, E.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; CAVALIERI, S. D. Período de interferência de plantas daninhas em mandioca (*Manihot esculenta*) no noroeste do Paraná. **Planta Daninha**, v.28, n. 3, p. 471-478, 2010a.

BIFFE, D. F.; CONSTANTIN, J.; JUNIOR, R. S. O.; RIOS, F. A.; FRANCHINI, L. H. M.; GEMELLI, A. Avaliação de herbicidas para dois cultivares de mandioca. **Planta Daninha**. v. 28, n. 4, p. 816-807, 2010b.

CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D.; CORREA, M. R. NEGRISOLI, E. ROSSI, C. V. OLIVEIRA, C. P. Efeitos de períodos de permanência de clomazona+ hexazinona no solo e na palha de cana-de-açúcar antes da ocorrência de chuvas na eficácia de controle de plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 28, n. 1, p. 197-205, 2010.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; Filho, P. S. V.; GONÇALVES, A. C. A.; COSTA, A. C. S. D. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, 137-147, 2006.

CARVALHO, J. E. B.; ARAUJO, A. D. A.; AZEVEDO, C. L. L. Período de controle de plantas infestantes na cultura da mandioca no Estado da Bahia. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Comunicado Técnico. v. 109, p. 4, 2004.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ, R. F. O.; DAMIN, V.; CARVALHO, S. D.; NICOLAI, M. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **Piracicaba: CP**. v. 72, n. 2, p. 72, 2009.

COSTA, N. V.; RITTER, L. PERES, E. J. L.; SILVA, P. V.; VASCONCELOS, E. S. Weed interference periods in the 'Fécúla Branca' cassava. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 533-542, 2013a.

COSTA, N. V.; PAVAN, G. C.; DOURADO, R. F.; COSTA, A. C. P. R.; VASCONCELOS, E.S. Seletividade de herbicidas aplicados com óleo mineral na cultura da mandioca 'Cascuda'. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 251-259, 2013b.

COSTA, N.V.; ARRÚA, M. M.; SONTAG, D. A.; ANDRADE, D. C.; Seletividade de herbicidas residuais e da mistura com glyphosate aplicados após a poda da mandioca Fécúla Branca. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 23-30, 2014.

COSTA, N. V. D.; GIBBERT, A. M.; FERREIRA, S. D.; CANAVESSI, H.; SALVALAGGIO, A. C. Strategies of chemical management for weed control in cassava. **Revista Ceres**, v. 67, n. 3, p. 240-246, 2020a.

COSTA, N. V.; SALVALAGGIO, A. C.; FERREIRA, S. D.; BARBOSA, J. A.; GIBBERT, A. M. Sequential application of herbicides alone and in mixture with and without foliar fertilizer after pruning of cassava plants. **Planta daninha**, v. 38, p. e020191376, 2020b.

COSTA, N. V. D.; FERREIRA, S. D.; KUHN, V. G.; GIBBERT, A. M.; CANAVESSI, H. Chemical management of weeds in cassava crop, cultivar 'Santa Helena'. **Revista Ceres**, v. 68, n. 6, p. 569-578, 2021.

COSTA, N. V. D.; TAKAHASHI, M.; COSTA, A. C. P. R. D.; FERREIRA, S. D.; BRUSTOLIN, D. B.; VASCONCELOS, E. S. D. Selectivity and efficacy of PROTOX inhibitors in cassava varieties cultivated in clayey and sandy soils. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 45, p. e57135, 2023.

CURCELLI, F.; ABREU, M. L.; BICUDO, S. J.; AGUIAR, E. B.; PINOTTI, E. B.; CRUZ, S. J. S.; FIGUEIREDO, P. G.; Produção de cepa de duas variedades de mandioca em diferentes tratamentos de herbicidas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. v. 6, p. 162-172, 2010.

FERRELL, J. A.; VENCIL, W. K.; XIA, K.; GREY, T. L.; Sorption and desorption of flumioxazina to soil, clay minerals and onexchange resin. **Pest management Science**. v. 61, n. 1, p. 40-46, 2005.

FERHATOGLU, Y.; BARRETT, M. Studies of clomazone mode of action. **Pest. Biochem, Physiology**, v. 85, n. 3, p. 7-14, 2006.

FERREIRA, J. H. S.; DUARTE, D. G.; ALMEIDA, F. J.; PAES, J.S.; OKINO-DELGADO, C.H. Eficácia do amicarbazon e flumioxazim no controle de merremia aegyptia, mucuna aterrima e ricinus communis no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3, p. 701-1, 2020.

FILHO, A. G.; PESSOA, A. C. D. S.; STROHHAECKER, L.; HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, v. 30, p. 953-957, 2000.

FONTES, J. R. A.; OLIVEIRA, I. J.; MORAIS, R. R. Seletividade e eficácia de herbicidas para o controle de plantas daninhas na mandioca. **Agrotropica**, v. 33, n. 1, p. 69-78, 2021.

FRANCISCON, H.; COSTA, N. V.; COSTA, A. C. P. R.; FERREIRA, S. D.; MORATELLI, G.; SALVALAGGI, A. C.; ARRÚA, M. A. M.; Eficacia y selectividad de mezclas de herbicidas en el cultivo de mandioca. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 115, n. 2, p. 209-219, 2016.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA, R. S.; REGITANO, J. B.; TORMENA, C. A.; TORNISIELO, V. L.; CONSTANTIN, J.; Critérios para avaliação do potencial de lixiviação dos herbicidas comercializados no estado do Paraná. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 313-323, 2003.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L.; MIRANDA, G. V.; MACHADO, A. F. L. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, v. 21, n. 1, p. 71-79, 2003.

JAREMTCHUK, C. C.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S. J.; ALONSO, D. G.; ARANTES, J. G. Z.; BIFFE, D. F.; CAVALIERI, S. D.; Efeito residual de flumioxazina sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 191-196, 2009.

LATIF, S.; MÜLLER, J. Potencial de folhas de mandioca na nutrição humana: uma revisão. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 44, n. 2, p. 147-158, 2015.

MACIEL, C. D. D. G.; POLETINE, J. P.; AMSTALDEN, S. L.; GAZZIERO, D. L. P.; RAIMONDI, M. A.; LIMA, G. R. G.; JUSTINIANO, W. Misturas em tanque com glyphosate para o controle de trapoeraba, erva-de-touro e capim-carrapicho em soja RR®. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 35-42, 2011.

MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (Carryover). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

MARCUZZO, L. L.; SANTOS, L. Sobrevivência de *Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis* do alho em plantas-daninhas. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 5, p. 1-5, 2021.

MONQUERO, P. A.; SILVA, A. C.; BINHA, D. P.; AMARAL, L. R.; SILVA, P. V.; INACIO, E. M. Mobilidade e persistência de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 411-417, 2008.

NAKATANI, M.; YAMAJI, Y.; HONDA, H.; UCHIDA, Y. Development of the novel pre-emergence herbicide pyroxasulfone. **Journal of Pesticide Science**, v. 41, n. 3, p. 112-107, 2016.

NOLDIN, J. A.; HERMES, L. C.; FAY, E. F.; EBERHARDT, D. S.; ROSSI, M. A. Persistência do herbicida clomazone no solo e na água quando aplicado na cultura do arroz irrigado, sistema pré-germinado. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 401-408, 2001.

OGBONNA, A. C.; ANDRADE, L. R. B.; MUELLER, L. A.; OLIVEIRA, E. J.; BAUCHET, G. J. Comprehensive genotyping of Brazilian Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm bank: insights into diversification and domestication. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 134, n. 5, p. 1343-1362, 2021.

OGUNDELE, O. M.; MUAZU, S. T.; OYEDEJI, A. B.; KAYITESI, E.; NJOBEH, P. B.; OYEYINKA, S. A. Chemical, functional, pasting and sensory properties of custard from refrigerated cassava root. **British Food Journal**, v. 123, n. 2, p. 509-519, 2020.

OLIVEIRA, R. S. J.; HERNANDES, A. I.; INOUE, M. H. Manejo químico de plantas daninhas em área de plantio direto de mandioca. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 2, n. 3, p. 99-106, 2001a.

OLIVEIRA, R. S. J.; CONSTANTIN, J.; HERNANDES, A. I. F. M.; INOUE, M. H.; MARCHIORI JR., O.; RAMIRES, A. C. Tolerância de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*) a herbicidas. **Planta Daninha**, v. 19, n. 1, p. 119-125, 2001b.

OZOEGWU, C. G.; EZE, C.; ONWOSI, C. O.; MGBEMENE, C. A.; OZOR, P. A. Biomass and bioenergy potential of cassava waste in Nigeria: Estimations based partly on rural-level garri processing case studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 625-638, 2017.

PITELLI, R. A. O termo planta daninha. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 622-623, 2015.

QUEIROZ, A. F.; LUÍS, A.; FERNANDES, T.; FERDINANDO, M.; LIMA, S. Efficacy of adjuvants photoprotectors for herbicides in sugarcane. **American Academic Scientific Research Journal of Engineering, Technology, and Sciences**, v. 88, n. 1, p. 91-279, 2022.

RAIMONDI, M. A.; OLIVEIRA, J. R.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; ARANTES, J. G. Z. D.; FRANCHINI, L. H.; OSIPE, J. B. Atividade residual de herbicidas aplicados ao solo em relação ao controle de quatro espécies de *Amaranthus*. **Planta Daninha**, v. 28, p. 1073-1085, 2010.

RAIMONDI, M. A.; FRANCHINI, L. H. M.; CONSTANTIN, J.; JÚNIOR, R. S. O.; BIFFE, D.; RIOS, F.; GHENO, E. Clomazone e prometryne utilizados em pré-emergência para o controle de beldroega. **8º Congresso Brasileiro de Algodão, Anais**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, p. 713-720, 2011.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. **Londrina: IAPAR**, p. 592, 2005.

SANTOS, V. S.; RANGEL, M. A. S.; Nova cultivar de mandioca para os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. **EMBRAPA**, 2016.

SCARIOT, C. A.; COSTA, N. V. D.; BOSQUESE, E. P.; ANDRADE, D. C. D.; SONTAG, D. A. Seletividade e eficiência de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 307-300, 2013.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 223-228, 2001.

SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; CARVALHO, F. P.; FERREIRA, E. A.; FRANÇA, A. C.; FERNANDES, J. S. C.; CUNHA, V. C. Seletividade de herbicidas pós-emergentes na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, v. 30, p. 835-841, 2012a.

SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FRANÇA, A. C.; SEDIYAMA, T. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, v. 30, p. 901-910, 2012b.

SILVA, I. P. D. F.; JUNIOR, J. F. D. S.; PUTTI, F. F.; LATORRE, D. D. O.; SCHIMIDT, A. P.; LUDWIG, R. Herbicidas inibidores do fotossistema II—Parte I. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2013.

SILVA, D. V.; SILVEIRA, H. M. D.; FERREIRA, E. A.; CARVALHO, F. P. D.; NETO, M. D. C. D.; SILVA, A. A. D.; SEDIYAMA, T. Aspectos fisiológicos da mandioca após a aplicação dos herbicidas fluazifop-p-butil e fomesafen. **Revista Ceres**, v. 61, p. 178-183, 2014a.

SILVA, R. T.; RAZABONI, B. F. S.; ABATE, G. Study for the determination of triazines herbicides by cloud point extraction (CPE). **Scientia Chromatographica**, v. 6, n. 3, p. 175-185, 2014b.

TANETANI, Y.; KAKU, K.; KAWAI, K.; FUJIOKA, T.; SHIMIZU, T. Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 95, n. 1, p. 47-55, 2009.

TANETANI, Y.; IKEDA, M.; KAKU, K.; SHIMIZU, T.; MATSUMOTO, H. Role of metabolism in the selectivity of a herbicide, piroxasulfona, between wheat and rigid ryegrass seedlings. **Journal of Pesticide Science**, v. 38, n. 3, p. 152-156, 2013.

VIEIRA, N. S. J.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; REZENDE, P. N.; MORAES, N. C.; ARAÚJO, V. T.; TAVRES, C. J.; Associação de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2015.

VITORINO, H. S.; MARTINS, D.; COSTA, S. Í. A.; MARQUES, R. P.; SOUZA, G. S. F.; CAMPOS, C. F.; Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas latifoliadas em mamona. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 1, p. 129-133, 2012.