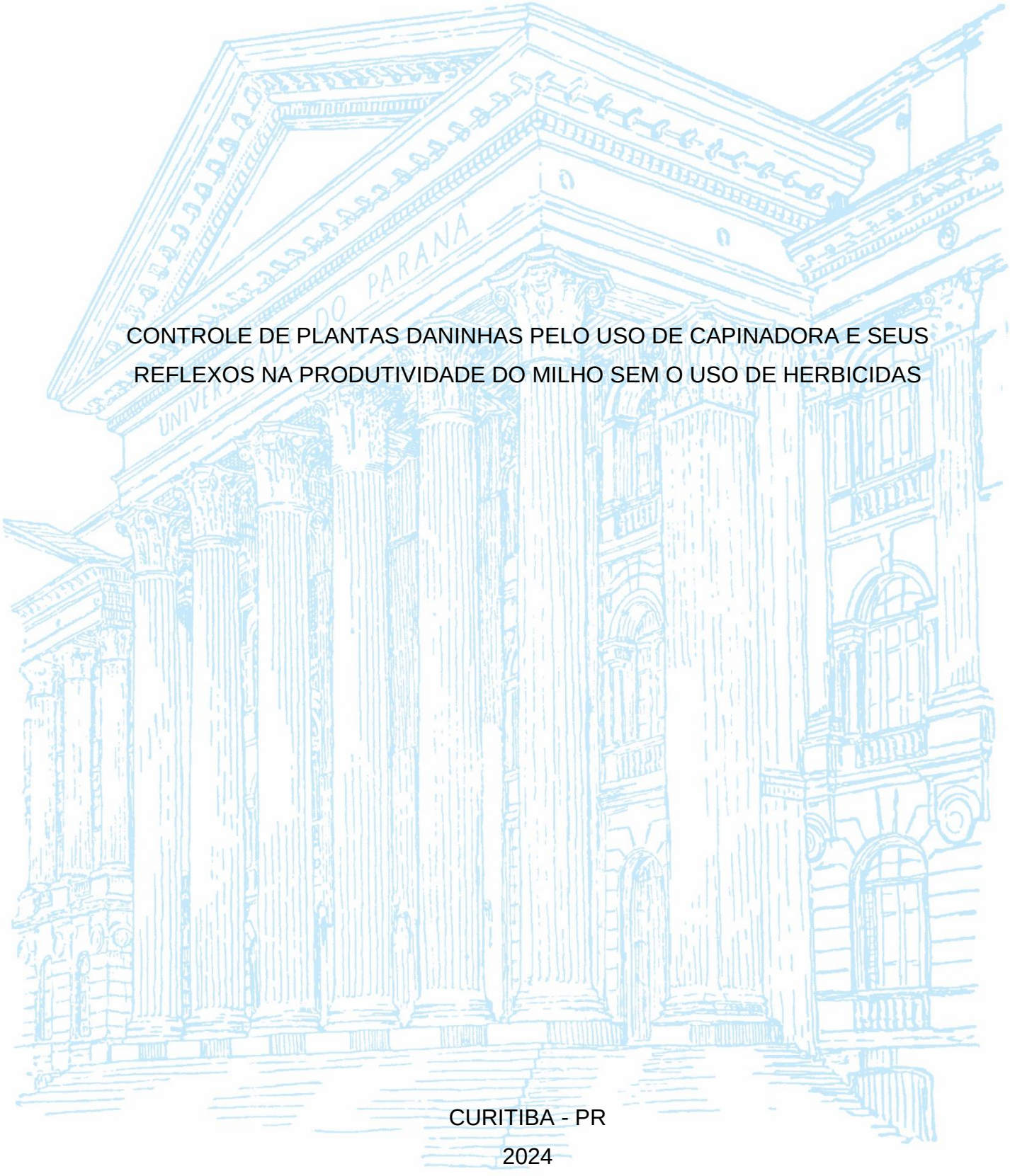
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ENIO MATHEUS GUARIENTI GRZYBOWSKI



CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS PELO USO DE CAPINADORA E SEUS REFLEXOS NA PRODUTIVIDADE DO MILHO SEM O USO DE HERBICIDAS

CURITIBA - PR

2024

ENIO MATHEUS GUARIENTI GRZYBOWSKI

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS PELO USO DE CAPINADORA E SEUS REFLEXOS NA PRODUTIVIDADE DO MILHO SEM O USO DE HERBICIDAS

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Arrobas Martins Barroso.

CURITIBA - PR

2024

RESUMO

O controle das plantas daninhas é um desafio enfrentado pelos produtores de milho, principalmente no setor de orgânicos. O não uso de pesticidas dificulta o manejo das lavouras ficando estas sujeitas às plantas indesejáveis. Manejos alternativos vêm sendo estudados e testados a fim de reduzir os prejuízos ocorridos pela competição com as plantas daninhas. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso do controle mecânico de plantas daninhas na cultura do milho pelo emprego de uma capinadora automatizada. Para isso foi realizado um experimento na fazenda experimental do Canguiri (UFPR), localizada no município de Pinhais/PR, durante a safra 2023/2024. O experimento foi conduzido em duas áreas (área 1, com menor fertilidade e presença majoritaria de braquiária e área 2, com maior fertilidade e presença majoritaria de aveia-preta). Os tratamentos foram divididos em esquema fatorial duplo 4x2, com o primeiro fator o preparo do solo, sendo eles: preparo convencional, plantio direto na planta, preparo de linha de semeadura e preparo em área total com a capinadora; e o segundo fator o uso ou não da capinadora no estádio fenológico V4 do milho. As variáveis avaliadas foram matéria seca total de plantas daninhas pré-colheita do milho e produtividade de grãos. Os dados obtidos foram avaliados pela análise de variância com auxílio do software AgroEstat, e quando significativa tiveram sua médias comparadas pelo teste Tukey a 5%. A massa seca total de plantas daninhas na pré-colheita do milho na área 2 apresentou redução com a utilização da capinadora em pós-emergência, comparado a não utilização a redução foi em média de 37%. Na área 1, o preparo em área total com capinadora juntamente ao preparo convencional do solo apresentaram menor matéria seca de plantas daninhas. Para a produtividade de grãos, em ambas as áreas a utilização da capinadora em pós-emergência resultou no aumento da produção em todos os métodos de preparo do solo. O preparo convencional do solo teve maior produção de grãos em ambas as áreas.

Palavras-chave: Capina automatizada. Controle mecânico. Row-Guard Chopstar Hybrid. *Zea mays*.

ABSTRACT

Weed control is a challenge faced by corn producers, especially in the organic areas. The absence of pesticides makes crop management more difficult, leaving the fields vulnerable to undesirable plants. Alternative management practices are being studied and tested to reduce the losses caused by competition with weeds. Therefore, the objective of this study was to evaluate the use of mechanical weed control in corn cultivation through the employment of an automated weeder. To achieve this, an experiment was conducted at the Canguiri Experimental Farm (UFPR), located in the municipality of Pinhais/PR, during the 2023/2024 growing season. The experiment was carried out in two areas: Area 1, characterized by lower fertility and predominantly *Brachiaria* species, and Area 2, with higher fertility and predominantly black oat. The treatments were divided into a 4x2 factorial scheme, with the first factor being soil preparation methods, including conventional tillage, no-till, row tillage, and total area preparation with the weeder; and the second factor being the use or non-use of the weeder at the V4 phenological stage of the corn. The evaluated variables were the total dry matter of weeds before corn harvest and grain yield. The data obtained were analyzed using analysis of variance with the AgroEstat software, and when significant, the means were compared using Tukey's test at 5%. The total dry matter of weeds before corn harvest in Area 2 was reduced by an average of 37% with the use of the weeder in post-emergence compared to non-use. In Area 1, total area preparation with the weeder, along with conventional soil preparation, resulted in lower weed dry matter. For grain yield, in both areas, the use of the weeder in post-emergence increased production across all soil preparation methods. Conventional soil preparation resulted in the highest grain yield in both areas.

Keywords: Automated Weeding. Mechanical Control. Row-Guard Chopstar Hybrid. *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Preparo convencional do solo pelo uso de grade aradora e niveladora anteriormente a semeadura do milho. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita). 21
FIGURA 2 - Plantio direto nas plantas de cobertura do solo. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita). 21
FIGURA 3 - Preparo do solo utilizando a capinadora na linha de semeadura, anteriormente a semeadura do milho. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita). 22
FIGURA 4 - Preparo do solo utilizando a capinadora em área total, anteriormente a semeadura do milho. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita). 22
FIGURA 5 – Capinadora automatizada Row-Guard Chopstar Hybrid, importada da Áustria pela empresa GEBANA e adaptada para o sistema plantio direto orgânico. 23
FIGURA 6 – Componentes da capinadora: haste de aço em formato de asa de andorinha; disco de corte / limitador de profundidade; roda compactadora (esquerda). Corte do solo provido da haste (direita). .23
FIGURA 7 - Capina na entrelinha do milho em seu estádio V4 de desenvolvimento fenológico. 24
FIGURA 8 – Comportamento do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas ao longo dos dias após capina em pós-emergência do milho (área 1). ..25
FIGURA 9 - Comportamento do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas ao longo dos dias após capina em pós-emergência do milho (área 2). ..26
FIGURA 10 - Comparação do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas na pré-colheita do milho sob os diferentes preparos do solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 1) 26
FIGURA 11 - Comparação do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas na pré-colheita do milho sob os diferentes preparos de solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 2). 27
FIGURA 13 - Comparação da produtividade do milho sob os diferentes preparos do solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 1). 28

FIGURA 15 - Comparação da produtividade de milho sob os diferentes preparos de solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 2). 29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 OBJETIVOS 10
3 HIPÓTESES 11
4 REVISÃO DE LITERATURA 12
4.1 A CULTURA DO MILHO 12
4.2 INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS 14
4.3 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS 15
4.4 INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO E DE PLANTAS DANINHAS 16
4.5 USO DE CAPINADORAS PARA CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS 18
5 MATERIAL E MÉTODOS 20
6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 25
7 DISCUSSÃO 30
8 CONCLUSÃO 32
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS 33
REFERÊNCIAS 34

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho (*Zea mays* L.) é uma das atividades agrícolas mais importantes no Brasil e no mundo. O cereal é fonte fundamental de alimentação para animais, especialmente suínos e aves, seja na forma de ração, silagem de planta inteira ou grãos úmidos. Além disso, o milho é utilizado diretamente na alimentação humana, como substituto da farinha de trigo. Ele também serve como matéria-prima para diversos produtos industriais, incluindo cola, óleo, álcool e bebidas, entre outros (Vargas, Peixoto, Roman, 2006). A área cultivada de milho chega a 203 milhões de hectares no mundo, com uma produção mundial de 1,1 bilhões de toneladas (FAOSTAT, 2022). No Brasil são produzidas 122 milhões de toneladas em uma área de 21 milhões de hectares (USDA, 2024). A produtividade dessa cultura é frequentemente ameaçada pela presença de plantas daninhas, que competem por recursos essenciais como luz, água e nutrientes, prejudicando o desenvolvimento das plantas de milho (Silva et al., 2018). Além de afetar negativamente o rendimento dos grãos das culturas, as plantas daninhas podem acarretar uma série de problemas adicionais, como deterioração na qualidade dos grãos, maturação desuniforme, perdas significativas na colheita, dificuldades operacionais, atuação como hospedeiras de pragas e doenças, além da liberação de substâncias que podem ser prejudiciais ao desenvolvimento das plantas (Vargas, Peixoto, Roman, 2006).

O controle de plantas daninhas é um dos maiores desafios enfrentados pelos produtores de milho. Tradicionalmente, o uso de herbicidas tem sido a principal estratégia de manejo devido à sua eficácia e praticidade. Contudo, o uso indiscriminado desses produtos tem levado a seleção de espécies de plantas daninhas resistentes, reduzindo a eficácia dos herbicidas e aumentando os custos de produção (Heap, 2021). A resistência das plantas daninhas aos herbicidas resulta em um aumento significativo nos custos de produção, com registros de elevações que podem atingir até 290% nos custos de manejo (EMBRAPA, 2017). Além disso, questões ambientais e regulatórias têm restringido o uso de certos herbicidas, forçando os agricultores a buscar métodos alternativos de controle (Carvalho et al., 2019).

Nesse contexto, existem outras formas de controle, dentre os principais métodos podemos destacar o controle mecânico, realizado utilizando máquinas capinadoras. Essa prática consiste na remoção física das plantas daninhas, reduzindo a competição com a cultura do milho. Além disso, o controle mecânico pode decorrer do preparo do solo em pré-semeadura o que pode influenciar significativamente a incidência de plantas daninhas (Dias et al., 2020). Antes de adotar o controle mecânico é essencial que o agricultor avalie se essa abordagem é eficaz para as espécies mais problemáticas em sua lavoura. Para isso, é importante conhecer características específicas da planta daninha, como a profundidade do sistema radicular, o hábito de crescimento, o tipo de reprodução e a capacidade de enraizamento. Esses fatores ajudam a determinar o equipamento mais adequado e a forma correta de operação. Por exemplo, plantas como tiririca, capim massambará e grama-seda, que se reproduzem por estruturas vegetativas como rizomas, tubérculos, bulbos e estolões, podem ter sua propagação aumentada se o equipamento fragmentar essas estruturas durante o manejo (Silva et al., 2017).

O controle mecânico voltou a receber importância após o agravamento de resistências a herbicidas, aumento da área de cultivos orgânicos e objetivos de redução de uso de pesticidas por parte da União Europeia, recebendo mais atenção e investimentos (Costa et al., 2018). No Brasil o uso do controle mecânico com utilização de grades, arados, enxadas é antigo, porém deixam o solo exposto a danos causados pelas altas precipitações de chuvas que atingem o país (Fey et al., 2020). Portanto a agricultura moderna sugere o sistema de plantio direto onde se pratica manejos conservacionista, de mínimo revolvimento do solo e da manutenção da cobertura vegetal. Aliado a essas práticas de preparo do solo, a capina mecânica automatizada é uma alternativa para a redução da competição de plantas daninhas em cultivos de larga escala, principalmente de orgânicos, tornando-se crucial o desenvolvimento de máquinas adaptadas que possam operar nessas situações e que possam trazer resultados positivos (Cordill, 2011).

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo analisar a interação do preparo do solo em pré-semeadura, com ou sem operação de capina em pós-emergência, no controle de plantas daninhas e na produtividade da cultura do milho. Para isso foi avaliado o acúmulo de matéria seca de plantas daninhas e estimado a produtividade de grãos da cultura sob diferentes preparos de solo e capina em pós-emergência do milho.

3 HIPÓTESES

A combinação de práticas de controle mecânico pode proporcionar um manejo mais eficiente das plantas daninhas, resultando em maior produtividade do milho. A utilização da capinadora em pré-semeadura para preparo do solo será mais efetiva no controle de plantas daninhas frente ao preparo convencional ou direto do milho. A capinadora utilizada na pós-emergência do milho possibilitará maiores produtividades do milho independente do preparo anterior do solo.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A CULTURA DO MILHO

O milho é uma gramínea da família Poaceae, tribo *Maydeae*, gênero *Zea* e espécie *Zea Mays L.*. Apesar de ser uma das plantas mais estudadas no mundo, a origem e o processo de domesticação do milho ainda não estão completamente esclarecidos (Pinho, Santo e Pinho, 2017). Segundo evidências atuais, é provável que o milho tenha se originado no continente americano, mais especificamente a partir do vale do Rio Balsas, no sul do México (Piperno, Flannery, 2001). O milho tem sido cultivado desde os primórdios da agricultura, com registros indicando que sua domesticação começou há mais de 10.000 anos (Paterniani, Campos, 2005), a partir da planta selvagem teosinto *Zea Mays* subespécie *parviglumis* (Wright et al., 2005). O homem selecionou características do milho que atendiam suas necessidades, essas características foram se acumulando, resultando na planta de milho que conhecemos hoje (Môro, Fritsche-Neto, 2017).

Ao longo dos anos, as gerações de povos primitivos aprimoraram a domesticação do milho, assegurando um fenótipo mais produtivo e confiável (Benz, 2006). Atualmente, os cultivares de milho classificam-se em híbridos e variedades. Dentro dos híbridos, existem os tipos simples, triplos e duplos. Os cultivares transgênicos são desenvolvidos a partir dos híbridos, especialmente dos tipos simples e triplos. Já os cultivares do tipo variedade são obtidos pela polinização livre ou cruzamento ao acaso por um grupo de indivíduos selecionados (Neto e Môro, 2017). Existem cultivares de milho que são adaptadas ao cultivo comercial em uma ampla gama de condições, desde a latitude 58° N até 40° S, do nível do mar até altitudes de 3.800 metros, e em diferentes climas e épocas de cultivo. Essa adaptabilidade, combinada com a versatilidade do milho, contribui para sua importância como uma das principais culturas agrícolas no mundo (Galvão, Borém, Pimentel, 2017).

O milho é uma planta alógama, fotossintéticamente eficiente (C4), o que lhe confere grande adaptabilidade a diversos ambientes. Seu ciclo de vida, que varia de 110 a 160 dias no Brasil, depende do genótipo, podendo ser classificado como superprecoce, precoce ou tardio. O desenvolvimento da cultura abrange as etapas de germinação e emergência, crescimento vegetativo, florescimento, frutificação e

maturidade. Para determinar com precisão o estádio de desenvolvimento da planta, é necessário o uso de escalas fenológicas. Nesse contexto, Ritchie et al. (1993) propuseram uma escala fenológica dividida em estádios vegetativos (V), numericamente subdivididos em V1, V2, etc., até Vn, que representa o número de folhas totalmente expandidas. O estádio V4 (aparecimento do pendão) é crucial, pois nesse período a produção de grãos pode ser significativamente afetada. Além disso, existem estádios reprodutivos (R), subdivididos em seis etapas, que vão do florescimento à maturidade fisiológica (Fancelli, 2017).

O milho é uma cultura de grande relevância mundial, ocupando posição de destaque entre as espécies agrícolas mais cultivadas. É o cereal mais produzido no mundo (FAO, 2022). Sua importância se deve ao fato de ser um alimento altamente energético e de custo relativamente baixo, além de ter múltiplas aplicações em diversos produtos (Môro e Fritsche Neto, 2017). A produção mundial de milho é de 1.224 milhões de toneladas. Seu cultivo se estende por todos os continentes, sendo os maiores produtores: EUA (389,7 milhões de toneladas), China (288 milhões de toneladas) e Brasil (122 milhões de toneladas) (USDA, 2024). Em 2022 a produção nacional de milho foi de 109 milhões de toneladas, sendo o maior produtor o Estado do Mato Grosso (38.331.222 t), seguido pelos estados do Paraná (15.561.027 t) e Mato Grosso do Sul (12.870.873 t) (IBGE, 2022). Na safra 21/22 a produção Paranaense foi de 16,2 milhões de toneladas em uma área total de 3,1 milhões de hectares (DERAL, 2023), movimentando cerca de 20 milhões de reais (IBGE, 2022).

Além da importância econômica da cultura do milho, a espécie desempenha um papel significativo em termos sociais, especialmente em regiões do Brasil, nos países andinos e no México. Para a agricultura familiar, o milho é essencial para a subsistência devido ao seu alto valor energético e ao seu uso direto na alimentação humana. Além do consumo direto, o milho também é utilizado na alimentação de animais, como suínos e aves, que são posteriormente abatidos para produção de carne ou ovos. Dessa forma, o milho é um alimento básico em pequenas propriedades agrícolas e na agricultura familiar. Embora, em alguns casos, não seja cultivado com o objetivo de lucro, ele é crucial para a sobrevivência desses agricultores. Estima-se que cerca de um quinto de toda a produção de milho no Brasil seja consumida dentro das propriedades agrícolas (Môro e Neto, 2017).

A produção nacional de milho ocupa uma área de 21 milhões de hectares, com uma produtividade média de 5,2 toneladas por hectare. Em comparação, os Estados Unidos, maior produtor mundial, cultivam 32 milhões de hectares e alcançam uma produtividade de 10,8 toneladas por hectare, o dobro da produtividade brasileira (FAOSTAT, 2023). Esse diferencial na produtividade é amplamente atribuído ao manejo inadequado de plantas daninhas, um dos principais fatores que limitam o potencial produtivo da cultura no Brasil (Silva et al., 2017).

4.2 INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

As plantas daninhas são espécies vegetais que se desenvolvem em locais onde não são desejadas, competindo diretamente com as culturas agrícolas por recursos essenciais. Elas podem impactar significativamente a produtividade das culturas ao reduzir o crescimento e o rendimento das plantas cultivadas, além de aumentar os custos de produção devido à necessidade de controle constante (Pitelli, 2015). Entre os componentes do custo de produção do cultivo do milho, o controle de plantas daninhas se destaca por ser um gasto inevitável ao produtor. A presença de plantas daninhas no campo de cultivo pode causar uma série de problemas que afetam diretamente a produtividade e a qualidade do milho. Elas competem por recursos essenciais como luz, água e nutrientes, e em alguns casos podem causar efeitos alelopáticos, fatores que comprometem o desenvolvimento da cultura e resulta na redução da produtividade, além de servirem de hospedeiras de pragas e doenças (Silva et al., 1998).

Além de causar perdas significativas na produtividade, as plantas daninhas podem diminuir a qualidade dos grãos de milho, provocar maturação desuniforme e dificultar a colheita, resultando em perdas adicionais e complicações operacionais. Essas plantas também liberam substâncias que podem ser prejudiciais ao desenvolvimento das culturas. Nos ecossistemas agrícolas, as plantas daninhas geralmente possuem uma vantagem competitiva sobre as culturas, pois, enquanto o melhoramento genético das plantas cultivadas foca no aumento da produtividade econômica, isso frequentemente leva a uma redução na sua capacidade competitiva contra as plantas daninhas (Pittelli, 1985).

A interferência das plantas daninhas pode causar perdas de produção que variam de 10% (Marcon et al., 2000) até 85% (Silva e Pires, 1990), dependendo de diversos fatores. Esses fatores incluem características da cultura, como a cultivar escolhida, o espaçamento entre as plantas e a densidade da cultura, assim como características da comunidade infestante, como as espécies presentes, sua distribuição e densidade. Além disso, as condições do solo e do clima, bem como o período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura, também desempenham um papel crucial no grau de interferência (Silva et al., 2017).

4.3 MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

O controle de plantas daninhas consiste na adoção de práticas que reduzem a infestação dessas espécies, utilizando métodos preventivos, químicos, culturais e mecânicos (Silva et al., 2017). A integração desses métodos resulta no Manejo Integrado de Plantas Daninhas, cujo objetivo é adotar estratégias que minimizem a competição das plantas daninhas, assegurando que sua presença não cause prejuízos econômicos às culturas agrícolas. Para maior clareza, as estratégias de manejo são organizadas em diferentes categorias: medidas preventivas e de erradicação, práticas culturais, métodos mecânicos e físicos, métodos biológicos e métodos químicos (Albrecht et al., 2021).

Dentro de um manejo fitossanitário eficiente, as práticas de prevenção e erradicação são as mais próximas do ideal, especialmente quando se busca economia. A prevenção envolve a adoção de estratégias que impeçam ou reduzam a entrada e a propagação de plantas daninhas em uma área específica (Silva et al., 2007). O controle cultural, que pode ser abordado de várias maneiras devido à diversidade de técnicas disponíveis, busca principalmente criar condições favoráveis para que a cultura principal tenha vantagem competitiva sobre as plantas daninhas (Albrecht et al., 2021). Esse método de controle inclui a implementação de práticas tradicionais, como a rotação de culturas, ajustes no espaçamento e densidade de plantio, e o uso de cobertura verde (Silva et al., 2007).

O controle mecânico de plantas daninhas envolve o uso de instrumentos e implementos que removem ou suprimem essas plantas de maneira mais eficiente que os métodos manuais tradicionais. Esse controle pode ser realizado com ferramentas simples, como foices e enxadas, ou com equipamentos mais

avançados, como roçadeiras, grades e arados, que são tracionados por animais ou tratores. Além de controlar as plantas daninhas, esses implementos também podem realizar o revolvimento do solo, variando entre baixo e alto impacto. Já o controle físico de plantas daninhas utiliza práticas como inundação, controle térmico, solarização, cobertura morta, eletrocussão e fogo para suprimir o crescimento das plantas indesejadas. Essas técnicas atuam por meio de influências físicas, como temperatura, luz, eletricidade e queima (Albrecht et al., 2021).

O controle biológico, no contexto do manejo fitossanitário, utiliza parasitas, predadores ou patógenos para reduzir e estabilizar a população de plantas invasoras ao longo do tempo. Em vez de buscar a eliminação imediata, o objetivo é manter a densidade dessas plantas abaixo do nível que causaria danos econômicos (Tessmann, 2011). Por fim, o controle químico de plantas daninhas é realizado através de herbicidas, substâncias que podem ser naturais, biológicas ou sintéticas. Esses produtos, também conhecidos como agrotóxicos ou defensivos agrícolas, atuam inibindo processos metabólicos e fisiológicos das plantas, afetando desde a germinação e crescimento das plântulas até o desenvolvimento de plantas adultas (Albrecht et al., 2021).

Além dos diversos métodos de controle, um fator fundamental no manejo de plantas daninhas é o Período Crítico de Prevenção da Interferência (PCPI). Este período é definido como o intervalo após o plantio ou a emergência das plantas, durante o qual o controle das plantas daninhas deve ser intensificado para evitar perdas significativas na produção, tanto quantitativa quanto qualitativa. Para a cultura do milho, o PCPI normalmente varia entre 20 e 60 dias após a emergência, correspondente ao período entre a terceira e a décima quarta folha da planta. Estudos indicam que os prejuízos são mais severos quando a competição com plantas daninhas ocorre entre 20 e 45 dias após a emergência. É importante notar que o PCPI pode variar conforme a comunidade infestante, o tipo de cultura e as condições de solo e clima de cada região (Silva el al., 2017).

4.4 INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO E DE PLANTAS DANINHAS

O preparo do solo é um dos principais pontos para o sucesso do bom estabelecimento inicial da cultura. A correta preparação pode proporcionar um

ambiente adequado para o crescimento das raízes, melhorar a retenção de água, facilitar a aeração e a penetração das raízes, além de minimizar a presença de plantas daninhas. O preparo do solo refere-se à manipulação das suas características físicas, químicas ou biológicas com o propósito principal de melhorar as condições para a germinação, emergência e desenvolvimento das plântulas (Cruz el al., 2017).

Preparos convencionais, como arados e grades, promovem a ruptura dos agregados do solo, aumentando a porosidade e facilitando a penetração das raízes na camada superficial. No entanto, esses métodos também aceleram a decomposição da matéria orgânica e deixam o solo mais suscetível à erosão hídrica, especialmente após chuvas intensas, comprometendo a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial (Alvarenga et al., 1987). Por outro lado, práticas como a semeadura direta, que mantém a palhada na superfície, protegem o solo contra a erosão e mantêm as propriedades físicas favoráveis ao desenvolvimento do milho em camadas mais profundas. Além disso, o preparo do solo desempenha um papel essencial no controle de plantas daninhas, que competem diretamente com o milho por recursos vitais (Castro, 1989). Os diferentes implementos de preparo, como arados de aiveca e discos, grades pesadas e enxadas rotativas, promovem o controle mecânico das ervas daninhas por meio do corte, arranque e enterrio das sementes e partes vegetativas, reduzindo sua viabilidade. Contudo, a escolha do sistema de preparo deve considerar o impacto a longo prazo, pois o revolvimento contínuo pode alterar a composição e a densidade das plantas daninhas, exigindo ajustes no manejo para manter a produtividade do milho e a sustentabilidade do sistema agrícola (Mantovani, 1987).

O solo funciona como um depósito de sementes, muitas das quais permanecem dormentes por longos períodos. A quebra de dormência e a germinação dessas sementes estão associadas ao suprimento de fatores vitais, como o oxigênio, que é proporcionado principalmente pelo revolvimento do solo. A semeadura direta altera fatores importantes como temperatura e umidade do solo, além de modificar as condições físico-químicas. O resíduo vegetal que permanece na superfície, funcionando como uma barreira física, reduz a incidência de luz. Essa prática pode alterar o banco de sementes e a dinâmica das plantas invasoras, diferindo significativamente dos sistemas convencionais, como arado seguido de gradagem, ou reduzidos, como escarificador seguido de gradagem (Gazziero, 1990).

Na cultura do milho, os resultados obtidos com diferentes manejos do solo podem variar significativamente. Alguns estudos, como os de Hernani (1997) e Ismail et al. (1994), relataram maiores rendimentos de milho em sistemas de semeadura direta em comparação com outros métodos de manejo do solo. Por outro lado, pesquisas como as de Oliveira et al. (1989) e Balbino et al. (1994) observaram rendimentos menores nesse sistema. Essas variações destacam a importância de considerar as condições específicas de cada local e o contexto agrícola ao escolher o sistema de manejo do solo para a cultura do milho.

4.5 USO DE CAPINADORAS PARA CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

O controle de plantas daninhas de forma mecânica é o método mais antigo utilizado pelo homem (Silva et al., 2017). Esse processo consiste na remoção manual ou mecânica das plantas indesejadas que competem com as culturas por nutrientes, água e luz solar. Nas últimas décadas, o controle mecânico de plantas daninhas voltou a receber atenção e investimento, motivado pelos objetivos da União Europeia (UE) de reduzir o uso de pesticidas, pelo agravamento da resistência a herbicidas e pelo aumento na adoção da produção orgânica. Nos cultivos orgânicos o controle mecânico continua sendo o método predominante para o controle de plantas daninhas. No entanto, no Brasil, há uma escassez de informações na literatura sobre a aplicação de tecnologias automatizadas para esse tipo de manejo (Costa et al., 2018).

As capinadoras, também conhecidas como enxadas rotativas ou cultivadores, são projetadas para tornar o controle mecânico de plantas daninhas mais eficiente e econômico. Esses equipamentos variam desde modelos manuais, ideais para pequenas áreas ou operações delicadas, até versões motorizadas, que são mais adequadas para o manejo de grandes extensões de terra. Um dos principais desafios no controle mecânico é realizar a capina entre as linhas de cultivo sem danificar as plantas, operando o mais próximo possível da cultura. A agricultura de precisão surge como uma solução promissora, permitindo guiar as hastes com extrema precisão próxima às linhas de cultivo (Parasca et al., 2024). Gerhards et al. (2021) demonstraram que uma haste guiada por câmera pode operar em cereais com um deslocamento lateral mínimo de 19 mm da linha de cultivo, atingindo velocidades de até 8 km/h e mantendo 80% de eficácia no controle de plantas

daninhas sem causar danos à cultura. Com o avanço de tecnologias como GPS e GNSS, a agricultura de precisão está ganhando importância crescente, contribuindo para a redução de custos de mão de obra e aumentando a eficiência das operações agrícolas.

Uma capinadora mecânica automatizada pode ser ajustada de acordo com o espaçamento das culturas utilizando um sistema hidráulico. Com isso, o corte se alinha à entrelinha com base no reconhecimento das linhas de cultivo, minimizando o risco de danos (Tillet et al., 2008). Para garantir que a máquina opere entre as linhas sem prejudicar as plantas, sistemas de câmeras de reconhecimento são essenciais, assegurando alta precisão e velocidade no controle das plantas daninhas (Melander et al., 2015; Fennimore, 2010; 2016; Fey, 2020).

O controle mecanizado de plantas daninhas foi amplamente adotado no Brasil muito antes do advento do Sistema de Plantio Direto (SPD), utilizando implementos acoplados a tratores e operados manualmente. No entanto, as condições específicas do país, como chuvas intensas em determinadas épocas do ano e a redução das áreas cultivadas, tornavam os solos mais vulneráveis à erosão, comprometendo a sustentabilidade desse método (Fey et al., 2020). Com a introdução do Sistema de Plantio Direto (SPD), que tem como um dos princípios fundamentais a preservação da palhada na superfície do solo, tornou-se crucial desenvolver maquinários que possam operar nessas condições. Esses equipamentos precisam cortar a palhada com o mínimo de revolvimento ao solo, permitindo um controle mecânico eficiente das plantas daninhas e evitando danos às culturas, especialmente em sistemas de produção orgânica (Cordill, 2011). Entretanto, as capinadoras mecânicas automatizadas, projetadas para sistemas convencionais onde o solo não possui cobertura de palhada, como em muitos países europeus, precisam ser adaptadas para operar com o mínimo revolvimento do solo, preservando a integridade do SPD (Canavessi, 2023).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Experimental do Canguiri, área pertencente à Universidade Federal do Paraná, localizada em Pinhais/PR (49°08’37” W, 25°23’24” S), altitude de 948 metros, clima Cbf com precipitação pluviométrica média de 1.400 mm ao ano. Foram utilizadas duas repetições do experimento em áreas distintas. A área 1, de maior fertilidade, solo franco argiloso e declividade suave ondulado, estava com cobertura de aveia preta e incidência de plantas daninhas como losna-brava (*Artemisia sp.*), nabiça (Raphanus sp.) e picão-preto (Bidens sp.) anteriormente a semeadura do milho; enquanto a área 2, de menor fertilidade, solo franco argiloso e declividade plana, encontrava-se em pousio com predominância de capim braquiária (*Brachiaria sp*.), losna-brava (*Artemisia sp*.) e trevo-azedo (*Oxalis sp*.).

Para o experimento foi utilizado o híbrido de milho BM3069 PRO3 Biomatrix, cultivar precoce, recomendada para a produção de silagem, com bom empalhamento, arquitetura semiereta, tipo de grão amarelo dentado, com tecnologia de proteção contra lagartas contendo a proteína Cry1Da. Foi semeado no dia 24/10/2023 em espaçamento entrelinhas de 0,50 m na população de 60 mil plantas por hectare, adubado no sulco de plantio com 300 kg ha^{-1} de NPK do formulado 10-30-20 e 400 kg ha^{-1} de ureia aplicado à lanço em cobertura 30 dias após a semeadura.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial duplo, 4x2, com quatro preparos de solo pré-semeadura: preparo convencional (C), plantio direto na planta (PD), preparo na linha de semeadura com capinadora (CL) e preparo em área total com capinadora (CAT); com a presença ou ausência de operação pós-semeadura com capinadora no estágio V4 do milho. Cada operação pré-semeadura foi executada em faixas de 12 x 20 metros com operações pós-semeadura em parcelas subdivididas em metade da área (6 x 20 metros). Dentro destas áreas foram blocadas 4 repetições por tratamento. Este preparo foi repetido em ambas as áreas.

O preparo convencional (Figura 1) ocorreu pelo uso de grade aradora, uma vez, e grade niveladora, duas. O plantio direto na planta (Figura 2) pela semeadura direta na cobertura do solo, sem nenhum tipo de preparo ou dessecação, exceto na área 2 onde foi realizada roçada em todos os tratamentos antes da semeadura do milho. No preparo na linha de semeadura (Figura 3) utilizou-se a capinadora apenas

no sulco onde foram depositadas as sementes de milho. No preparo em área total (Figura 4) a capinadora foi utilizada tanto na linha de semeadura quanto nas entrelinhas do milho. A capinadora atingiu profundidade média de 8 cm no solo, com diâmetro de corte aproximado de 20 cm. No preparo em área total a capinadora foi passada por quatro vezes em área total para maximização dos cortes.

FIGURA 1 - Preparo convencional do solo pelo uso de grade aradora e niveladora anteriormente a semeadura do milho. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita).

Fonte: O autor, 2023.

FIGURA 2 - Plantio direto nas plantas de cobertura do solo. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita).

Fonte: O autor, 2023.

FIGURA 3 - Preparo do solo utilizando a capinadora na linha de semeadura, anteriormente a semeadura do milho. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita).

Fonte: O autor, 2023.

FIGURA 4 - Preparo do solo utilizando a capinadora em área total, anteriormente a semeadura do milho. Área 1 (esquerda), Área 2 (direita).

Fonte: O autor, 2023.

A capinadora (Figura 5) foi importada da Áustria em 2014 pela empresa GEBANA (Gerechter Bananenhandel), parceira neste projeto, que após uma visita técnica no país europeu onde era utilizada no sistema de preparo convencional do solo, foi trazida ao Brasil e adaptada para o sistema plantio direto orgânico. A fabricante austríaca Einboeck comercializa o equipamento pelo nome Row-Guard Chopstar Hybrid. A capinadora tem a capacidade de controlar plantas daninhas pelo corte de estruturas vegetais abaixo da superfície do solo. O equipamento dispõe de oito hastes em formato de asa de andorinha que penetram no solo e realizam o corte do sistema radicular das plantas presentes nas entrelinhas do cultivo; possui à frente um disco com dupla finalidade, cortar a palhada e limitar a profundidade da operação; e atrás rodas compactadoras para fechamento do corte feito no solo (Figura 6). O implemento conta também com sistema de câmeras sensoriais que

alinham automaticamente as hastes nas entrelinhas para garantir que não atinja as linhas de cultivo (Fey et al., 2020).

FIGURA 5 – Capinadora automatizada Row-Guard Chopstar Hybrid, importada da Áustria pela empresa GEBANA e adaptada para o sistema plantio direto orgânico.

Fonte: O autor, 2023.

FIGURA 6 – Componentes da capinadora: haste de aço em formato de asa de andorinha; disco de corte / limitador de profundidade; roda compactadora (esquerda). Corte do solo provido da haste (direita).

Fonte: O autor, 2023.

Como previamente descrito, no estádio de V4 no milho, cada um destes preparos do solo sofreu ou não um novo preparo utilizando-se a capinadora (Figura

7). Aos 15, 30, 60, e 120 dias após as operações de capina em pós-emergência as plantas daninhas foram avaliadas quanto à incidência, por meio da pesagem de matéria seca. A coleta foi feita à campo utilizando quadrado de 0,5 m². O peso de matéria seca de plantas daninhas por hectare foi estimado utilizando regra de três. O milho foi avaliado quanto à produtividade média de grãos. Com 137 dias após a semeadura foram colhidas 5 espigas aleatórias dentro de cada repetição, totalizando 20 espigas por tratamento. Foram secadas ao sol e posteriormente debulhadas à mão e então pesadas em balança analítica. A umidade foi obtida em medidor eletrônico GEHAKA AGRI G600 e corrigida para 13%. Foi obtido o peso médio de espiga em cada tratamento e estimada a produtividade de grãos em quilos por hectare ($kg.ha^{-1}$) adotando população de 60 mil plantas por hectare, sendo cada planta com uma espiga.

Os dados foram analisados pelo software estatístico AgroEstat versão 1.1.0.712, com o emprego de análise de variância, que quando significativa tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

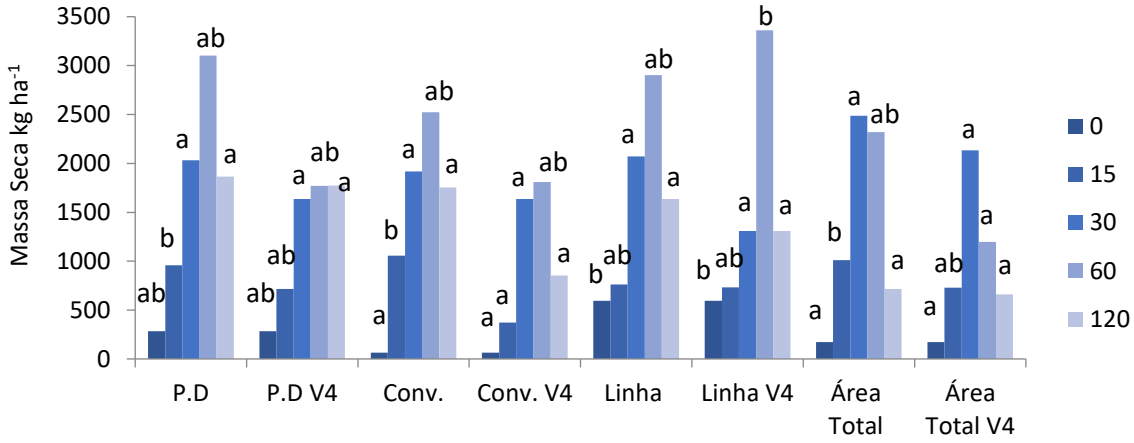
FIGURA 7 - Capina na entrelinha do milho em seu estádio V4 de desenvolvimento fenológico.

Fonte: O autor, 2023.

6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Na área 1 o preparo do solo em área total utilizando capinadora e o preparo convencional do solo apresentaram redução da matéria seca de plantas daninhas comparados aos demais preparos. O uso da capinadora no estádio fenológico V4 do milho não foi significativo na redução da matéria seca de plantas daninhas frente ao não uso. Na área 2, ao contrário da área 1, o preparo do solo não afetou na redução de matéria seca de plantas daninhas, entretanto o uso da capinadora na pós-emergência do milho teve resultados significativos na redução da mesma, comparado ao não uso a redução foi em média de 37%.

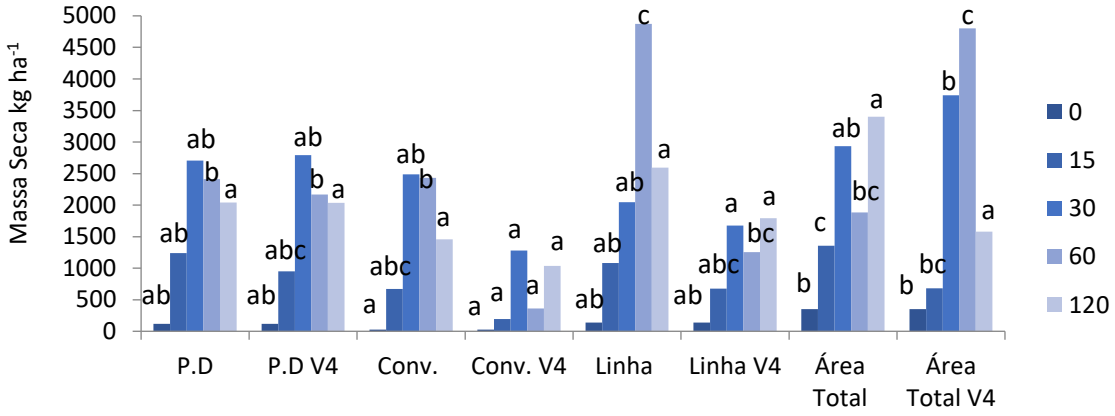
FIGURA 8 – Comportamento do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas ao longo dos dias após capina em pós-emergência do milho (área 1).



Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si, Tukey 5%.

Fonte: O autor, 2024.

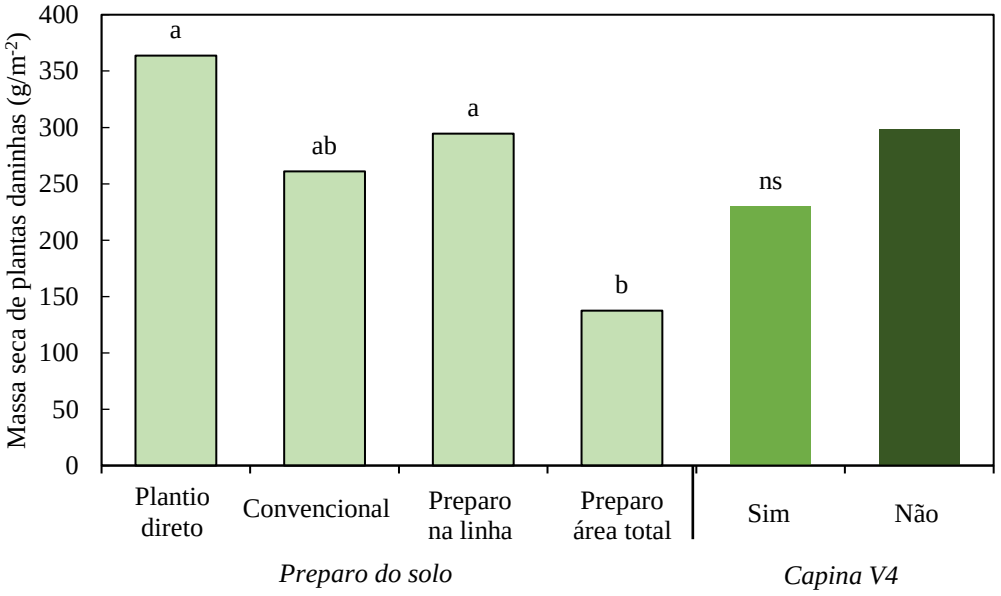
FIGURA 9 - Comportamento do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas ao longo dos dias após capina em pós-emergência do milho (área 2).



Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si, Tukey 5%.

Fonte: O autor, 2024.

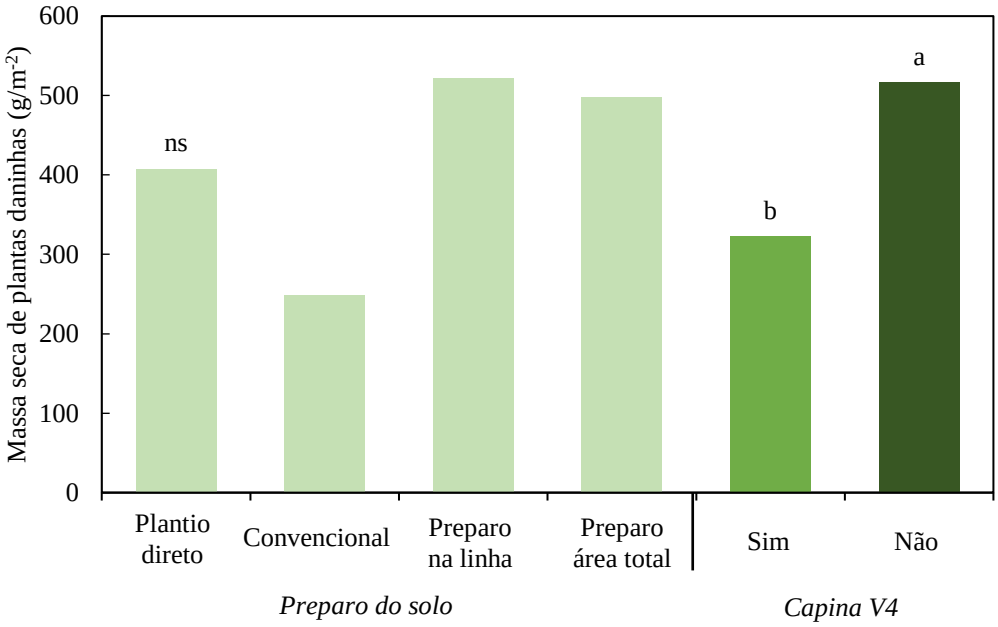
FIGURA 10 - Comparação do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas na pré-colheita do milho sob os diferentes preparos do solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 1)



Valores com letras iguais não diferem entre si, Tukey 5%.

Fonte: O autor, 2024.

FIGURA 11 - Comparação do acúmulo de matéria seca de plantas daninhas na pré-colheita do milho sob os diferentes preparos de solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 2).

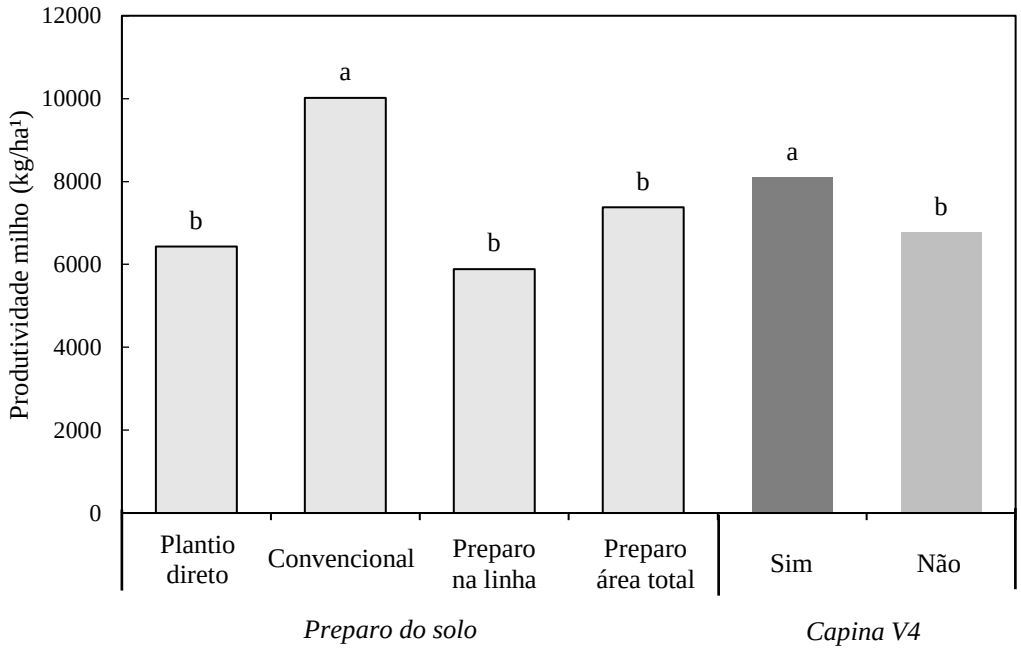


Valores com letras iguais não diferem entre si, Tukey 5%.

Fonte: O autor, 2024.

Em relação à produtividade do milho, o emprego da capinadora em pós-emergência resultou no aumento da produção de grãos em ambas as áreas. Quanto ao preparo do solo, o método convencional proporcionou melhores resultados comparado aos demais métodos.

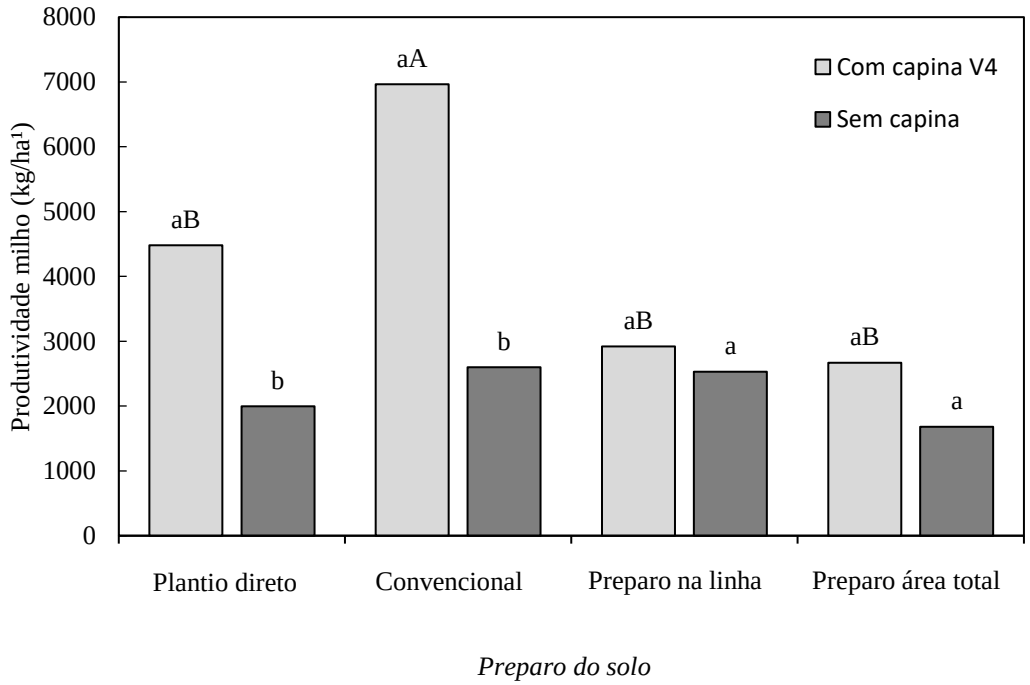
FIGURA 12 - Comparação da produtividade do milho sob os diferentes preparos do solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 1).



Valores com letras iguais não diferem entre si, Tukey 5%.

Fonte: O autor, 2024.

FIGURA 13 - Comparação da produtividade de milho sob os diferentes preparos de solo com presença ou ausência de capina em pós-emergência (área 2).



Valores com letras minúsculas referem-se ao preparo do solo, enquanto as maiúsculas referem-se à capina em pós-emergência. Valores com letras iguais não diferem entre si, Tukey 5%.

Fonte: O autor, 2024.

7 DISCUSSÃO

No presente trabalho o uso da capinadora em preparo do solo na área 1, onde estava com cobertura de aveia-preta, obteve resultados significativos na redução de matéria seca de plantas daninhas quando comparado a área 2, que estava em pousio com predominância de *Brachiaria sp*. Já na operação em pós-emergência o uso da capinadora foi eficiente na área 2 e se mostrou menos eficiente na área 1, não diferindo do tratamento sem capina. Este fato pode estar relacionado à supressão das plantas daninhas por parte da cobertura de aveia-preta (Carvalho et al., 2012; Perin et al., 2015). Em trabalho realizado utilizando a mesma capinadora, Canavessi (2023) obteve resultados de interação entre o tipo de cobertura do solo e a capina pós-emergente na cultura da soja, sendo o cultivo de centeio como planta de cobertura o mais eficiente no manejo de plantas daninhas quando comparado ao consorcio entre aveia preta + nabo forrageiro e ao pousio.

Em termos de produtividade do milho o preparo convencional do solo apresentou melhores resultados, principalmente quando combinado à capina em pós-emergência. O revolvimento do solo provindo da gradagem aliado a capina em estádio V4 de desenvolvimento fenológico do milho reduziram a competição inicial de plantas daninhas, no momento considerado de maior importância na definição do potencial produtivo da cultura (Magalhães et al., 1994). Fernandes et al. (2004) em estudo sobre os efeitos do manejo do solo na produtividade de grãos de milho, obteve resultados diferentes em anos consecutivos, onde no primeiro ano o preparo convencional produziu 3 vezes mais que o sistema plantio direto, e no ano seguinte o sistema plantio direto produziu 10% a mais que o método convencional. Dados que reforçam os benefícios do sistema plantio direto em longo prazo.

O emprego da capinadora no preparo do solo, tanto na linha de semeadura quanto em área total, não se mostrou interessante financeiramente visto que a produtividade de ambos não diferiu do plantio direto, sistema onde se economiza em operação. Vale destacar que em todos os preparos de solo a utilização da capinadora em pós-emergência resultou no aumento da produtividade de grãos, tanto na área 1 como na área 2. Em um estudo feito por Mohring et al. (2018) na cultura do milho, soja e beterraba, o controle mecânico automatizado apresentou uma eficácia de 78% comparada com 65% da capina manual no controle de plantas daninhas na entrelinha de cultivo. Comparado ao tratamento sem capina o

rendimento de biomassa do milho aumentou em 43% e o rendimento de grãos de soja em 58%. Porém comparado aos tratamentos com herbicidas, os tratamentos mecânicos ainda ficaram em até 48% abaixo da eficácia de controle e rendimento produtivo. Segundo Sándor et al. (2024), em estudo realizado na cultura da beterraba sacarina na região da Transilvânia, o controle mecânico por capinadora associado ao controle químico aumentou em até 15% o rendimento da beterraba, quando comparado ao controle químico isolado. O estudo destaca a importância da integração de métodos mecânicos no controle de plantas daninhas para redução do uso de produtos químicos.

8 CONCLUSÃO

O preparo convencional do solo obteve melhores resultados de produtividade de grãos de milho. O uso da capinadora no preparo do solo não diferiu do plantio direto na planta. Em todos os preparos do solo, a capina realizada em pós-emergência do milho, aumentou a produtividade de grãos.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi de grande importância para verificar a influência do preparo do solo e a eficácia no controle de plantas daninhas e produtividade por meio de operações de capina em pré-semeadura e pós-emergência da cultura do milho. A capinadora automatizada se mostrou como uma alternativa viável ao uso de herbicidas, especialmente em cultivos orgânicos de larga escala e em sistemas onde a resistência a herbicidas é um problema crescente. Porém ainda há dificuldades enfrentadas principalmente em sistemas de plantio direto, necessitando mais estudos e adaptações dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

ADEGAS, F.S. et al. Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil. Circular Técnica 132 (Embrapa Soja), 11p. 2017.

ALBRECHT, A. J. P. et al. Aspectos Gerais das Plantas Daninhas. In: BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. p. 11-16.

ALVARENGA, R. C., CRUZ, J. C.; PACHECO, E. B. Preparo do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p.40-45, 1987.

BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, E. F.; RALISCH, R. Desenvolvimento do milho (Zea mays L.) submetido a três sistemas de manejo em um Latossolo Roxo eutrófico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., Goiânia, 1994. **Resumos**. Goiânia: ABMS, 1994. p. 221.

BENZ, B. Maize in the Americas. In: STALLER (Ed.). **Histories of maize**. New York: Academic Press, 2006. p. 9-21.

CANAVESSI, Hiago. **Eficiência da capina mecânica automatizada no controle de plantas daninhas na soja em semeadura direta no sistema orgânico.** 2023. 52 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2023. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/6504/5/Hiago_Canavessi_2023.pdf. Acesso em: 14 ago. 2024.

CARVALHO, A. M., COELHO, M. C., DANTAS, R. A., FONSECA, O. P., GUIMARÃES JÚNIOR, R. & FIGUEIREDO, C. C. *Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna*. **Crop and Pasture Science**, v. 63 n. 12, p. 1075-1081. Dez. 2012.

CARVALHO, S. J. P., OLIVEIRA, W. S., & LÓPEZ-OVEJERO, R. F. (2019). Manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas no Brasil. Planta Daninha, 37, e019216208.

CASTRO, O. M. de. **Preparo do solo para cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Boletim Técnico, 3).

COSTA, N. V. et al. Métodos de controle de plantas daninhas em sistemas orgânicos: breve revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 25-44, dez. 2018.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C. Preparo do solo e plantio. In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 77-103.

DERAL. Departamento de Economia Rural. **Produção Anual**. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/ProducaoAnual Acesso em: 13 ago. 2024.

DIAS, R. C. S., SILVA, A. A., FERREIRA, L. R., & SILVA, M. C. (2020). Controle mecânico de plantas daninhas no milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 19(3), 469-478.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization (FAO).** Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL Acesso em: 12 ago. 2024.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, Fenologia e Implicações Básicas de Manejo. In: GALVÂO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 50-73.

FENNIMORE, S. A. et al. Technology for automation of weed control in specialty crops. **Weed Technology**, v. 30, n. 4, p. 823-837, dec. 2016.

FERNANDES, F. C. S.; ALVES, M. C.; SILVA, M. M. Efeitos de diferentes manejos do solo na produtividade de grãos de milho (*ZEA MAYS* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, p. 5, 2004. Disponível em: http://www.faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/XRekyfb8EqO144p_2013-4-29-12-39-35.pdf Acesso em: 15 ago. 2024.

FEY, Emerson; COSTA, Neumárcio Vilanova da; SEIDEL, Edleusa Pereira; ALBAN, Aljian Antônio; CHALLIOL, Marcio Alberto. Relato de experiência de controle de plantas espontâneas em cultivos agroecológicos de soja, milho e feijão em sistema plantio direto. Cadernos de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe, v. 15, n. 2, 2020. Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia. ISSN 2236-7934.

FRITSCHE-NETO, R.; MÔRO, G. V. Cultivares. In: GALVÂO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 140-154.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: ed. UFV, 2017.

GAZZIERO, D. L. P. Controle de plantas daninhas: aspectos ecológicos e tecnológicos. In: PRIMERAS FORNADAS BINACIONALES DE CERO LABRANZA, 1990, Chequén. Anais... Concepción: Sociedad de Conservación de Suelos de Chile, 1990. p. 132-150. Editado por Carlos Crovetto.

GERHARDS, R.; CHRISTENSEN, S. Real-Time Weed Detection, Decision Making and Patch Spraying in Maize, Sugarbeet, Winter Wheat and Winter Barley. **Weed Res**. 2003, 43, 385-392.

HERNANI, L. C. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. Milho: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA, CPAO, 1997. p. 39-67. (Circular Técnica, 5).

Heap, I. (2021). The International Herbicide-Resistant Weed Database. Disponível em: http://www.weedscience.org.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Nacional de Milho**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados Acesso em: 13 ago. 2024.

ISMAIL, I.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. Soil Science Society of America Journal, v. 58, n. 1, p. 193-198, 1994.

MAGALHÃES, P. C.; RESENDE, M.; OLIVEIRA, A. C. de; DURÃES, F. O. M.; SANS, L. M. A. Caracterização morfológica de milho de diferentes ciclos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20, 1994, Goiânia. Centro Oeste-cinturão do milho e do sorgo no Brasil: resumos. Goiânia, ABMS, 1994. p. 190.

MANTOVANI, E. C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 52-55, 1987.

MARCON, V. M.; ALVES, P. L. C. A.; MATTOS, E. D.; SOUZA, J. C. Determinação do período anterior da interferência das plantas daninhas na cultura do milho "safrinha" sob sistemas de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos ...** Londrina: SBCPDaninhas, 2000. p. 30.

MELANDER, B.; LATTANZI, B.; PANNACI, E. (2105) Intelligent versus nonintelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. **Journal Elsevier**. v. 72, p. 1–8 jun. 2015.

MOHRING, J. et al. *An approach to implement spatially variable intra-row weed control in sugar beet, maize and soybean*. **Precision Agriculture**, v. 19, n. 4, p. 601 – 621, 2018. DOI: 10.1007/s11119-017-9551-4.

MÔRO, G. V.; FRITSCHE-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: GALVÂO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 10-24.

OLIVEIRA, E.F. de; BAIRRÃO, J.F.M.; CARRARO, I.M., Efeito dos sistemas de preparo do solo sobre algumas características físicas e rendimentos de grãos de soja e milho. In: ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Resultados da pesquisa na safra de verão 1987/88**. Cascavel: OCEPAR, 1989. p.233-237.

PARASCA, S. C.; SPAETH, M.; RUSU, T.; BOGDAN, I. Mechanical Weed Control: Sensor-Based Inter-Row Hoeing in Sugar Beet (Beta vulgaris L.) in the Transylvanian Depression. **Agronomy** 2024, 14, 176. HTTPS://doi.org/10.3390/agronomy14010176

PATERNIANI, E. E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento de milho. In: BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. p. 491-552.

PATERNIANI, E. Importância do milho na agroindústria. In: OSSUNA, J. A.; MÔRO, J. R. (Ed.). **Produção e melhoramento do milho**. Jaboticabal, SP: Funep, 1995. p. 1-11.

PINHO, R. G. V.; SANTO, A. O.; PINHO, I. V. V. Botânica. In: GALVÂO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 26-46.

PIPERNO, D. R.; FLANNERY, K. V. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. **Proceddings of the National Academy of Sciences**, v. 98, p. 2101-2103. 2001.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, Belo Horizonte, v. 120, n. 11, p. 16-27, 1985.

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

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 20 p. (Special Reports).

SÁNDOR, T.; BERES, I.; JÁNOS, M. S.; & ZOLTÁN, A. (2024). Mechanical Weed Control: Sensor-Based Inter-Row Weeding in Sugar Beet (Beta vulgaris L.) in the Transylvanian Depression. **Agronomy**, 14(1), 176. Disponível em: https://doi.org/10.3390/agronomy14010176 Acesso em: 16 ago. 2024.

SILVA, A. A.; D'ANTONINO, L.; SILVA, A. F.; VARGAS, L. Manejo de Plantas Daninhas. In: GALVÂO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. p. 247-276.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Biologia e controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A., SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Universidade Federal de Viçosa, 2007a. 367 p.

SILVA, A. A., FERREIRA, L. R., & FERREIRA, F. A. (2018). Biologia das plantas daninhas. In: Plantas Daninhas no Brasil: Ecologia e Manejo (6ª ed.). Viçosa, MG: Editora UFV.

SILVA, J. B.; PIRES, N. M. Controle de plantas daninhas para a cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 164, p. 17-20, 1990.

TESSMANN, D. J. Controle biológico: aplicações na área de ciências das plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Omnipax, 2011, p. 79-94.

TILLET, N. D.; HAGUE, T.; GRUNDY A. C.; DEDOUSIS, A. P. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. **Biosyst Eng**, v. 99, n. 2, p. 171-178. fev. 2008.

USDA. United States of Agriculture. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads Acesso em: 12 de ago. 2024.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 20 p. html. (Embrapa Trigo Documentos Online, 61). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.htm

WRIGHT, S.; VROH, I.; SHOROEDER, S.; YAMASAKI, M.; DOEBLEY, J.; MACMULLEN, M.; GAUT, B. The effects of artificial selection on the maize genome. **Science**, v. 308, p. 1310-1314, 2005.