

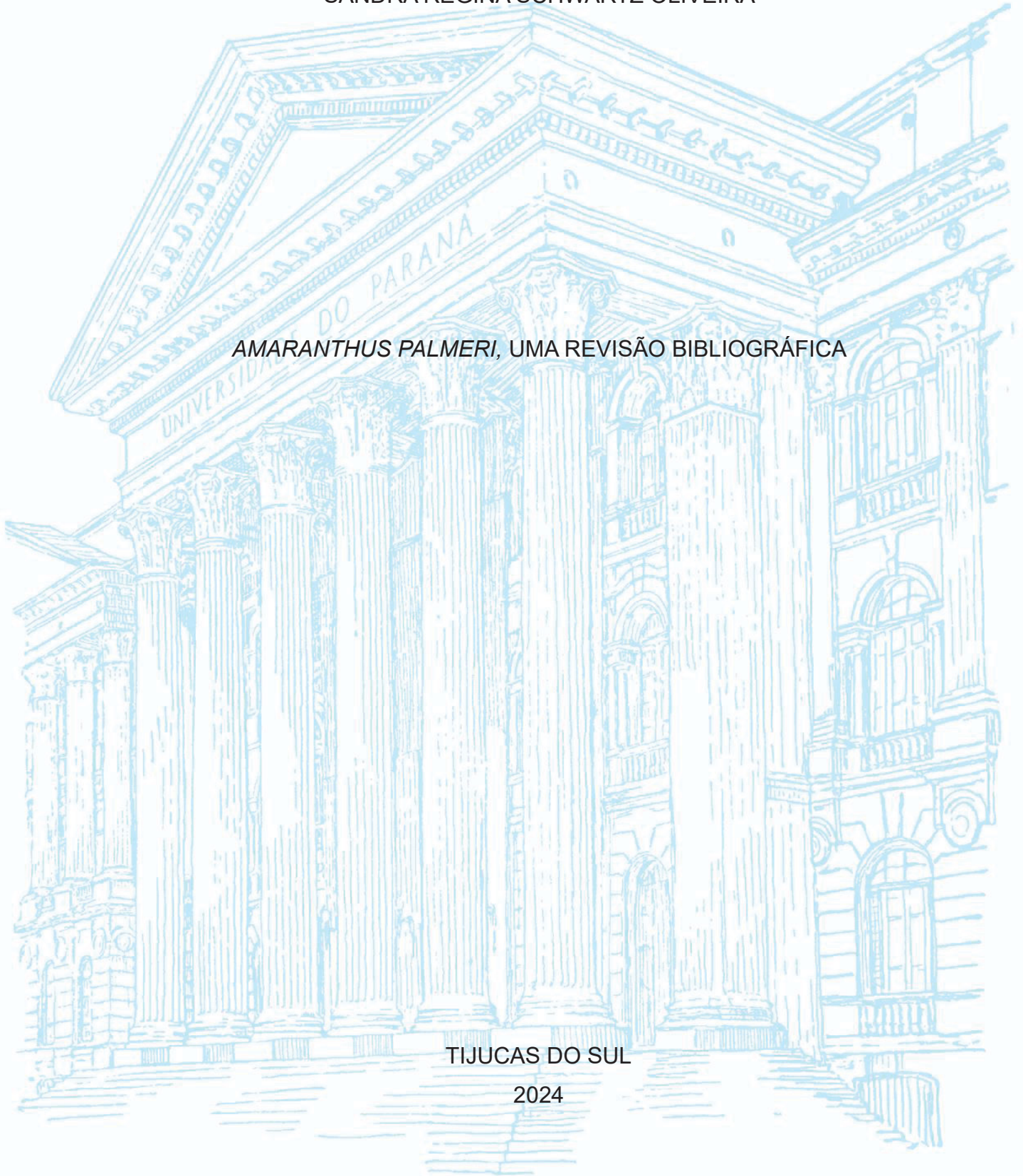
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SANDRA REGINA SCHWARTZ OLIVEIRA

AMARANTHUS PALMERI, UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TIJUCAS DO SUL

2024



SANDRA REGINA SCHWARTZ OLIVEIRA

*AMARANTHUS PALMERI*, UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

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

Orientador: Prof. Ms. Renato Rezende Young Blood.

TIJUCAS DO SUL

2024

A conclusão deste trabalho resume-se em dedicação, a que recebi do meu esposo e meu filho para comigo, a que reconheço no profissionalismo do professor orientador por eu escolhido, do professor orientador e demais professores do curso, a dedicação que procuro realizar no desempenho da minha profissão, a aplicada para a elaboração deste projeto, e de todos que contribuíram comigo de alguma forma ao longo dessa caminhada.

Dedico este trabalho de uma forma muito especial as pessoas envolvidas com a ciência agrária, a todos os estudantes, produtores, enfim, a todos que esta pesquisa possa ajudar de alguma forma.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser tão bom e amável, tendo assim não me desamparado e permitido que eu tivesse força e coragem para não desistir, obrigada meu Pai, criador do universo e de todas as coisas, pela benção e dom da minha vida, por não ter me deixado só diante das situações por eu vividas no último período e ainda assim ter o privilégio de completar essa importante etapa acadêmica.

Agradeço todo o amor e apoio recebido do meu filho Kauan Rodrigues dos Santos e esposo Volmir Castro, duas pessoas incríveis que não desistiram de estar comigo, que me estenderam a mão por mais vezes que eu possa recordar que precisei.

Agradeço as pessoas que de alguma forma ou de outra contribuíram para a elaboração deste trabalho, cada uma teve sua importante função neste projeto.

Expresso gratidão ao orientador Prof. Ms. Renato Rezende Young Blood, por ter aceitado me acompanhar, sendo como base necessária e essencial para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho, sendo o seu empenho essencial motivação à medida que as dificuldades iam surgindo ao longo do percurso. Assim como ao coordenador do curso Prof. Dr. Me. Henrique da Silva Silveira Duarte por ter acompanhado e prestado todo o suporte que precisei. De forma por igual elevo meus sentimentos de profunda admiração pelo profissionalismo, e mais que isso, com sentimento de satisfação de ter os conhecido como ser humanos dignos de filhos do mesmo Deus.

Por fim e não menos importante, agradeço a todos os profissionais do Setor de Ciências Agrárias, do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Fitossanidade, da Universidade Federal do Paraná, por todo o comprometimento e contribuição durante a minha formação e realização deste trabalho.

Jesus respondeu: “Mulher. Grande é a sua fé! Seja conforme deseja.” E, naquele mesmo instante, a sua filha foi curada. (MATEUS, 15:28).

## RESUMO

*Amaranthus palmeri*, conhecido popularmente como caruru gigante, é uma planta daninha que pode representar grandes danos econômicos num cenário agrícola mundial. O aparecimento das primeiras plantas no Brasil em 2015, trouxe grande preocupação e necessidade de dedicar-se a obter seu controle de forma rápida. Isso deve-se ao fato de que a planta introduzida no Brasil, já apresenta uma série de desafios para o seu manejo como, alta capacidade reprodutiva e de adaptação, desenvolvimento acelerado, arquitetura de planta que proporciona alta competitividade, assustadora eficiência em obter resistência aos principais herbicidas do mercado, neste último tópico inclusive plantas inseridas no Brasil já com resistência confirmada, ou seja, com exigência de controle elevado, o que a difere de outras plantas da mesma espécie já conhecida. A presente pesquisa bibliográfica busca trazer dados relacionadas a informações gerais e a identificação da planta, a detecção de resistência a herbicidas já identificados no Brasil e no mundo. O potencial da planta em causar prejuízos é relacionado principalmente a sua capacidade de resistência a vários mecanismos de ação, simples e múltiplos, tornando-o limitado à disponibilidade de herbicidas seletivos para controle em pós emergência. O fato que garante a planta a possibilidade genética de resistência, é produção elevada de sementes e por possuir fecundação cruzada, o que permite a troca e a manutenção de sua diversidade genética. Os estudos exemplificam a resistência a inibidores de ALS e da EPSPs, sendo os casos mais comuns nos estados americanos repetindo-se no Brasil, o que reduz drasticamente as estratégias de controle já no início da descoberta da planta em solo brasileiro, pelo fato de que isso engloba os principais agentes ativos, glyphosate, cloransulam-methyl, imazethapyr e clorimuron-ethyl. os relatos incluem a resistência a FSII, PPO, HPPD, ALS+EPSPs, FSII+HPPD, PPO+EPSPs, ALS-PSII-HPPD, ALS+FSII+EPSPs e EPSPs+ALS+PPO. A correta prevenção e identificação da planta é o principal instrumento para garantir a sanidade e produtividades das culturas, objetivando o momento correto para a tomada de decisões, pois considerando as características biológicas e resistências já confirmadas aos herbicidas com diferentes mecanismos de ação, é uma planta que assusta o cenário agrícola.

Palavras-chave: 1. *Amaranthus palmeri*, 2. Resistência,

## ABSTRACT

*Amaranthus palmeri*, popularly known as giant pigweed, is a weed that can cause great economic damage in a global agricultural scenario. The appearance of the first plants in Brazil in 2015 brought great concern and the need to dedicate ourselves to quickly controlling them. This is due to the fact that the plant introduced in Brazil already presents a series of challenges for its management, such as high reproductive and adaptation capacity, accelerated development, plant architecture that provides high competitiveness, frightening efficiency in obtaining resistance to main herbicides on the market, in this last topic including plants inserted in Brazil with confirmed resistance, that is, with high control requirements, which differs from other plants of the same already known species. This bibliographical research seeks to bring data related to general information and the identification of the plant, the detection of resistance to herbicides already identified in Brazil and around the world. The plant's potential to cause damage is mainly related to its ability to resist various mechanisms of action, simple and multiple, marking it limited to the availability of selective herbicides for post-emergence control. The fact that guarantees the plant the genetic possibility of resistance is high seed production and cross-fertilization, which allows the exchange and maintenance of its genetic diversity. The studies exemplify resistance to ALS and EPSPs inhibitors, with the most common cases in American states being repeated in Brazil, which drastically reduces control strategies already at the beginning of the plant's discovery on Brazilian soil, due to the fact that this encompasses the main active agents, glyphosate, cloransulam-methyl, and imazethapyr-ethyl. reports include resistance to FSII, PPO, HPPD, ALS+EPSPs, FSII+HPPD, PPO+EPSPs, ALS+PSII+HPPD, ALS+FSII+EPSPs and EPSPs+ALS+PPO. The correct prevention and identification of the plant is the main instrument to guarantee the health and productivity of crops, aiming at the correct moment for decision-making, as considering the biological characteristics and resistance already confirmed to herbicides with different mechanisms of action, it is a plant which scares the agricultural scenario.

Keywords: 1. *Amaranthus palmeri* 2. Resistance.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PLANTA <i>AMARANTHUS PALMERI</i> . .....	17
FIGURA 2 - SEMENTES DE <i>AMARANTHUS PALMERI</i> . .....	17
FIGURA 3 - OBSERVANDO ESTRUTURA ESPINESCENTE NA PONTA DA FOLHA E NA AXILA DA PLANTA, EXTREMIDADE TRANSFORMADA EM ESPINHO. ....	18
FIGURA 4 - PECÍOLO DO <i>AMARANTHUS PALMERI</i> , QUE PODE SER IGUAL OU MAIOR QUE O LIMBO FOLIAR. ....	18
FIGURA 5 - INFLORESCÊNCIA MASCULINA E FEMININA DE <i>AMARANTHUS PALMERI</i> . .....	19
FIGURA 6 - PLANTA FEMININA (A) E INFLORESCÊNCIA MASCULINA (B) DE <i>AMARANTHUS PALMERI</i> . .....	19
FIGURA 7- FOLHAS DA PLANTA DE <i>AMARANTHUS PALMERI</i> COM A CARACTERÍSTICA DE MARCA D'ÁGUA EM FORMATO "V".....	20
FIGURA 8 - PRODUÇÃO BIOMASSA DE <i>AMARANTHUS PALMERI</i> . ....	20



## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - REGISTRO DE RESISTÊNCIA A DIFERENTES MECANISMOS DE AÇÃO REALIZADO NOS ESTADOS UNIDOS PARA A. PALMERI.....	23
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ADAPAR	- Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
ALS	- Acetolactato sintase
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPSPs	- 5-enolpiruvil chiquimato - 3 - fosfato sintase
Et al	- E outros
HPPD	- 4 - Hidroxifenil – piruvato dioxigenase
IN	- Instrução Normativa
MAPA	- Ministério da Agricultura e Pecuária
N°	- Número
PROTOX	- Protoporfirinogênio oxidase
2,4 D	- Ácido diclorofenoxiacético

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS .....	14
1.1.1	Objetivo geral .....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
1.2	METODOLOGIA.....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1	<i>AMARANTUHU PALMERI</i> NO BRASIL .....	15
2.2	CARACTERIZAÇÃO DE <i>AMARANTHUS PALMERI</i> .....	16
2.3	HISTÓRICO DA RESISTÊNCIA DA ESPÉCIE A HERBICIDAS .....	21
2.4	MECANISMOS DE AÇÃO – INIBIDORES IDENTIFICADOS COM RESISTÊNCIA DE <i>AMARANTHUS PALMERI</i> .....	24
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>26</b>
3.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	26
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A *Amaranthus palmeri* é uma das espécies de plantas daninhas que mais causam prejuízos para os produtores rurais. É uma espécie de caruru que se confunde muito com outras que existem no Brasil, é comumente chamada de caruru gigante. É uma planta exótica extremamente agressiva, que pode ser encontrada em diversos locais, principalmente em áreas de produção de grãos, podendo gerar perdas de 80% a 90% na produção das culturas da soja, milho e algodão (Gazziero; Adegas, 2016, p.1).

*A. palmeri* pode ser considerada uma das espécies de plantas daninhas mais difíceis de serem controladas, devido as suas características biológicas e a sua atual situação de resistência a vários herbicidas de diferentes mecanismos de ação. Essa planta daninha é uma eudicotiledônia, originaria da região no centro-sul dos Estados Unidos ao norte do México, se adaptou bem as condições climáticas áridas (Chahal ET AL., 2015).

Essa espécie de planta daninha pode apresentar alta variabilidade genética e fenotípica, é necessário observar algumas características que podem diferenciar a espécie de *A. palmeri* de outras espécies presentes no país, essas características podem ser observadas nos pecíolos das folhas, que podem ser iguais ou maiores que os da lamina foliar, são plantas dioicas, que apresentam flores masculinas e femininas em plantas separadas, sendo que a planta com flor feminina pode produzir sementes independente de ocorrer polinização ou não, (Gazziero, Adegas, 2016).

Vários relatos indicam que uma planta de *A. palmeri* de porte grande pode produzir mais de 200.000 de sementes (LORENZI, 2008; KISSMAN; GROTH, 1999). Em 2015 a espécie foi encontrada pela primeira vez no Brasil, no estado do Mato Grosso (Andrade Junior et al. 2015), e mais recentemente também foi detectada no Mato Grosso do Sul, em uma região próxima à divisa do Paraná.

O controle ineficiente pode inviabilizar a colheita, aumentando o uso de herbicidas e os custos de produção, com elevado potencial de causar grandes prejuízos para a agricultura.

Outro grande problema relacionado a *A. palmeri* é que por ser uma planta dioica (plantas masculinas e femininas), favorece a ocorrência de cruzamento outras espécies do gênero *amaranthus*, transferindo desta forma com maior facilidade genes

de resistência a herbicidas (diversidade genética), contribuindo para a disseminação de populações resistentes de outras espécies de caruru conhecida (WARD et al.,2013)

Por outro lado, a disseminação e rápida adaptação de *A. palmeri* pode ter também impactos ambientais negativos, como a redução da biodiversidade local. Outro problema é relacionado ao revolvimento do solo, uma tentativa de redução de emergência de novos indivíduos utilizando da gradagem, em um primeiro momento há redução, porém, é uma prática que não elimina o problema, uma vez que sendo incorporada em profundidade, proporciona maior viabilidade a semente por longos períodos (JHA, 2008), ainda tem como consequência o possível aumento do processo de erosão do solo acarretando prejuízos na qualidade físico-químico-biológico no solo. Portanto, é importante avaliar as consequências econômicas e ambientais dessa espécie invasora no estado do Paraná, a fim de orientar ações de controle e prevenção de sua disseminação. (GASSIERO e SILVA, 2017).

Como o caruru gigante é uma planta daninha que não está amplamente disseminada no Brasil, é essencial que os produtores estejam sempre atentos a fim de detectar a presença da praga nas áreas de produção, comunicando rapidamente os órgãos de Defesa Agropecuária afim de viabilizar medidas de contenção e impedir que a praga se alastre.

No estado do Paraná, a Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (Adapar) é um instrumento fundamental para a produção e produtividade agrícola conforme previsto na Lei Estadual nº 11.200/95. De acordo com a legislação, cabe à Adapar, propor e coordenar as ações de prevenção, controle e erradicação de pragas dos vegetais de interesse econômico, ou de importância à saúde da população, no estado do Paraná. Segundo a Lei Estadual nº 17.026/11, cabe também a Adapar, assegurar a regularidade e a qualidade dos insumos usados na agricultura paranaense.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

- Fazer revisão bibliográfica sobre características da planta e resistência a herbicidas já identificada de *Amaranthus palmeri* no Brasil e no mundo.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar quais são os ingredientes ativos os quais já são confirmados a resistência de *Amaranthus palmeri*;
- Levantamento de informações sobre os mecanismos de ação relacionado com a resistência de *Amaranthus palmeri*;
- Estudar estratégias adotadas de controle de plantas da espécie objetivando a busca da realização de antecipando manejo da daninha;
- Buscar identificar relatos por experiências vivenciadas sobre as alternativas de controle da espécie;

## 1.2 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido através de consultas e revisão bibliográfica em material publicado e/ou pesquisa digital disponível na internet ou plataformas de pesquisas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AMARANTUHUS PALMERI NO BRASIL

*Amaranthus palmeri* popularmente conhecida como caruru gigante, possui relatos de sua identificação espalhada pelo mundo todo, incluindo o Brasil. Sendo que o primeiro local a ser identificados foi em meados do ano de 2015, no Estado de Mato Grosso, em três propriedades rurais localizadas entre os municípios de Ipiranga e Tapurah. A descoberta aconteceu em função de monitoramento de plantas daninhas presentes em áreas de cultivo de algodão resistente a ação dos herbicidas glifosato e inibidores de acetolactato-sintase realizado pelo Instituto Mato Grossense de algodão e Universidades parceiras (ANDRADE JUNIOR et al.2015), este comportamento das plantas demonstrou que havia diferenças na espécie das demais plantas já conhecidas em outros estados.

Logo após esta descoberta a planta daninha foi identificada como sendo *Amaranthus palmeri*, e desde as primeiras descobertas da espécie tem sido trabalhada com bastante empenho na identificação e controle, devido as preocupações em torno da sua origem exótica, extremamente agressiva ao mundo agrícola, principalmente pelos riscos de promover drásticas redução de produção de grãos relacionado a capacidade invasiva, competitiva e de adaptabilidade, inclusive transferindo genes de resistência a herbicidas. Ainda que o que agrava a situação de risco diz respeito a identificação correta, pois se assemelham em vários aspectos a outras espécies que vegetam no Brasil, o que torna comum ser confundida, por exemplo com a *A. spinosus* (caruru de espinhos) (GAZZIERO, 2016).

Logo após o primeiro relato de ocorrência em 2015 de *A. palmeri* no Brasil, a espécie foi considerada em erradicação no estado de Mato Grosso pela instrução normativa nº47. Desde então a espécie passou a ser estudada para a sua identificação quando realizados estudos sobre as possibilidades de controle (Andrade Junior et al.,2015; Gazziero; Silva 2017). Ao mesmo tempo foi criada a Comissão Técnica Estadual para a Erradicação da praga *A. palmeri* (CTEEPAP) com a participação do Ministério da Agricultura, Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso, Embrapa, Universidade Federal de Mato Grosso, Universidade de Várzea Grande, Instituto Mato-grossense do Algodão, Aprosoja e Empaer, com o objetivo

consultivo e com finalidade de assessorar o Indea – MT nas ações de erradicação da planta daninha (IKEDA et al., 2019).

De acordo com a IN – INSTRUÇÃO NORMATIVA 86, *A. palmeri* foi oficialmente considerada praga controlada no Estado de Mato Grosso, resultado de um trabalho contínuo de monitoramento, controle químico e até de capinas manuais das plantas “escapes”. Pois *A. palmeri* retém 98% das sementes até a maturidade da soja, o que faz com que as sementes sejam colhidas juntamente com os grãos e sejam distribuídas na área durante a operação de colheita, o que representa alto risco para a disseminação da espécie Schwartz-Lazaro et al., 2017 (apud IKEDA et. al 2019). Através da literatura obtém-se a informação de que 70% das plantas cortadas entre 3 e 15 cm do solo conseguem sobreviver, ou seja, é inviável corte e incorporação de partes de planta ao solo.

O segundo Estado brasileiro a detectar a espécie do caruru gigante, foi Mato Grosso do Sul no final de 2022, com vários anos de observação e estudos, já se conhece a dificuldade de seu controle, a sua capacidade de crescimento acelerado e de selecionar resistência, e por ser uma planta quarentenária, possui grande risco sanitário para o Brasil (GAZZIERO, 2023).

A chegada da planta daninha ao estado aconteceu por meio de trânsito de máquinas agrícolas. Embora se conheça que máquinas agrícolas não são a única forma de disseminação da planta, mas pode ser também disseminada por quedas naturais, canais de irrigação, composto para adubação e esterco animal, ainda por pássaros e mamíferos (GAZZIERO, 2023).

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DE AMARANTHUS PALMERI

Conforme apresentado por PLACIDO (2019), e IKEDA et. al (2019), as características citadas abaixo permitem a correta identificação da espécie:

A planta daninha de *A. palmeri* (FIGURA 1) é uma planta prolífera, produzindo sementes (FIGURA 2) em grande quantidade. Estruturas lisas, pequenas e arredondadas, tonalidades entre marrom avermelhadas ao preto, características que proporcionam a possibilidade de dispersão também pelo vento, ou outras ações naturais.



FIGURA 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PLANTA *AMARANTHUS PALMERI*.



FONTE: Acervo EMBRAPA (2023).

FIGURA 2 - SEMENTES DE *AMARANTHUS PALMERI*.



FONTE: Acervo AEGRO foto de PLÁCIDO (2022).

As folhas do caruru podem variar entre os formatos ovado a rômboico-ovada. Não possuem pilosidade na superfície da planta. Na FIGURA 3 é possível visualizar a ponta das folhas pequena reentrância (invaginação) onde se localiza um pequeno espinho, embora essa característica pode estar presente em outras espécies. Na axila

das folhas e na inserção dos ramos nos caules encontram-se estruturas espinescentes.

FIGURA 3 - OBSERVANDO ESTRUTURA ESPINESCENTE NA PONTA DA FOLHA E NA AXILA DA PLANTA, EXTREMIDADE TRANSFORMADA EM ESPINHO.



FONTE: Acervo EMBRAPA foto de GAZZIEIRO E TUESCA (2016).

Pecíolos são de tamanhos iguais ou maior que ao comprimento do limbo foliar, mais detectável em folhas mais velhas (FIGURA 4).

FIGURA 4 - PECÍOLO DO *AMARANTHUS PALMERI*, QUE PODE SER IGUAL OU MAIOR QUE O LIMBO FOLIAR.



FONTE: Acervo EMBRAPA foto de GAZZIEIRO (2016).

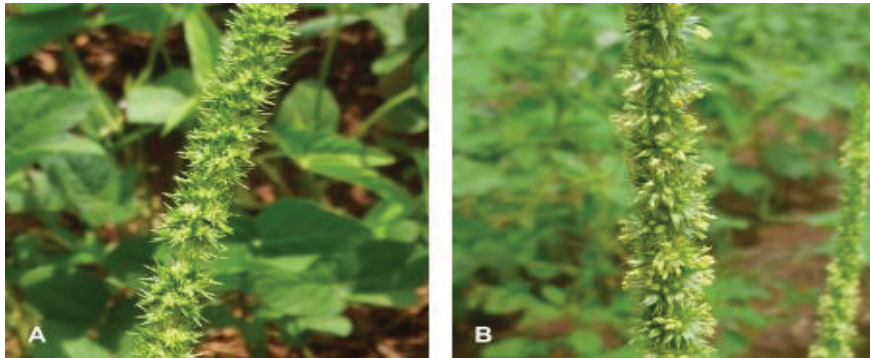
As flores são femininas e masculinas em plantas separadas (FIGURA 5 e 6), o que diferencia das espécies semelhantes nativas do Brasil. As flores fêmeas possuem os chamados de brácteas rudimentares, responsáveis por envolverem a inflorescência. Nesta espécie é importante citar que as flores femininas podem produzir sementes mesmo com ausência de polinização.

FIGURA 5 - INFLORESCÊNCIA MASCULINA E FEMININA DE *AMARANTHUS PALMERI*



FONTE: Acervo EMBRAPA foto de GAZZIEIRO (2016).

FIGURA 6 - PLANTA FEMININA (A) E INFLORESCÊNCIA MASCULINA (B) DE *AMARANTHUS PALMERI*.



FONTE: acervo EMBRAPA foto de METZ E IKEDA (2019).

É possível encontrar no limbo foliar marcas d'água em formato da letra "V" (FIGURA 7), e um pequeno pelo ao término do próprio limbo.

FIGURA 7- FOLHAS DA PLANTA DE *AMARANTHUS PALMERI* COM A CARACTERÍSTICA DE MARCA D'ÁGUA EM FORMATO "V".



FONTE: Acervo EMBRAPA foto de GAZZIEIRO (2016).

O caruru, possui elevada taxa fotossintética, eficiente uso de água crescimento acelerado e alta produção de biomassa (FIGURA 8) em curto espaço de tempo, incluindo relatos de que exerce efeitos alelopáticos sobre demais espécies.

FIGURA 8 - PRODUÇÃO BIOMASSA DE *AMARANTHUS PALMERI*.



FONTE: Acervo EMBRAPA foto de GAZZIEIRO (2016).

Conforme se verifica na literatura embora possuam algumas características que ajudam a diferenciar a planta do *A. palmeri* com outras espécies, é importante analisar e considerar para a correta identificação o conjunto delas.

### 2.3 HISTÓRICO DA RESISTÊNCIA DA ESPÉCIE A HERBICIDAS

A espécie possui histórico de resistência a herbicidas relatados em outros 3 países, o que explica a espécie ter sido identificada com populações de resistência múltipla ação de inibidores, ou seja, ao ser inseridas no país podem já ter vindo com as resistências devido a seleção ter ocorrido no país de origem (IKEDA et al., 2019).

*A. palmeri* é nativa dos Estados Unidos, sendo considerada uma das espécies mais problemáticas no país de origem, principalmente devido ao potencial competitivo com as culturas (soja e algodão), dificuldade de controle, resistência ao glyphosate e outros diferentes mecanismos de ação (WARD et al., 2013 apud BORGATO 2018). A resistência inviabiliza a utilização da molécula, pois isso significa que o biótipo tem a capacidade de sobreviver, tendo a necessidade de aplicar outras práticas de manejo, incluindo aplicação de herbicidas alternativos. O que atualmente há poucas descobertas de moléculas herbicidas novas. Conforme cita Borgato (2018), culturas geneticamente modificadas com novas tolerâncias a novos herbicidas poderão ser utilizadas como alternativa no manejo de daninhas com difícil controle e populações com resistências.

A resistência nas plantas a herbicidas ocorre a partir de uso repetitivo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, por períodos maiores que três anos. No caso das espécies do gênero *Amaranthus* é considerada alta a incidência de resistência aos herbicidas inibidores de ALS (RUBIN, 1999 apud Francischini, 2011), e atualmente há relatos de resistência a diversos mecanismos de ação no continente americano, EPSPS, FSII, PPO, HPPD e da tubulina, incluindo ainda as múltiplas ALS+EPSPS, FSII+HPPD, PPO+EPSPS, ALS+FSII+EPSPS, ALS+PSII+HPPD (HEAP, 2017) atribuindo grande importância à espécie nos Estados Unidos pois após a seleção dos indivíduos resistentes, estes se reproduzem e aumentam em números na próxima geração, até que elas se tornem predominante da população infestante presente na área (BORGATO, 2018). Na Argentina, há relatos de resistência também a ALS e EPSPS (BERGER et al., 2016) e Israel é outro país que registrou a resistência de *A. palmeri* a inibidores da ALS (Heap, 2019).

O primeiro relato de resistência nos Estados Unidos, foi em Carolina do Sul, 1989, populações resistentes a trifluralina (HEAP, 2017).

No estado de Arkansas, condado de Mississippi houve o primeiro relato a falha no controle de *A. palmeri* com glifosato (NORSWORTHY, 2008), recentemente também em Arkansas há relatos e estudos que determinam a resistência múltipla a EPSPS+ALS+PPO, com possibilidade às dinitroanilinas (SCWARTZ-LAZARO et al. 2017), ainda no Arkansas, foi confirmado a resistência aos herbicidas 2,4D e Dicamba (PETERSON et al., 2019).

No Brasil ocorreram estudos que confirmaram que o biótipo encontrado no Brasil possui resistências aos herbicidas inibidores de ALS, EPSPS e ao glyphosate (CARVALHO et al., 2015; GONÇALVES NETTO et al., 2016). E resistência cruzada aos herbicidas chlorimuron, imazethapyr e cloransulan.

A resistência do *A. palmeri* identificado no biótipo introduzido no Brasil já é difundida consideravelmente nos Estados Unidos, por exemplo aos herbicidas inibidores de ALS. Este grupo de herbicidas é considerado um dos mais importantes e o maior, devido a algumas características de amplo espectro de controle de plantas, elevada capacidade de eficácia, toxicidade baixa ao meio ambiente, ao homem e aos animais, excelentes resultados com pequenas doses, alto agregado valor de seletividade às culturas (ampla versatilidade) e período residual desejável (FRANCISCHINI, 2011).

Conforme a literatura apresenta os estudos realizados pela EMPRAPA Agrossilvipastoril, alguns exemplos de casos de resistência simples já identificados aos herbicidas: Inibidores da EPSPs como o glifosato, Inibidor de fotossistema II, como a atrazina, auxinas sintéticas, como o 2,4D, inibidor da HPPD, como o mesotrione. E alguns casos de resistência cruzada: Inibidor da EPSPs (glifosato) + inibidor da ALS (chlorimuron); inibidor da EPSPs (glifosato) + inibidor da ALS (chlorimuron) + inibidor de fotossistema II (atrazina); inibidor da ALS (chlorimuron) + inibidor de Protox (fomesafen); inibidor da EPSPs (glifosato) + inibidor de Protox (fomesafen);

Conforme Heap (2019), no quadro 1 segue os registros de resistência a diferentes mecanismos de ação realizados nos Estados Unidos para *A. palmeri*.

QUADRO 1 - REGISTRO DE RESISTÊNCIA A DIFERENTES MECANISMOS DE AÇÃO REALIZADO NOS ESTADOS UNIDOS PARA A. PALMERI.

	Mecanismo de ação	Ingredientes ativos
1 sítio de ação	Inibidores da ALS	1) Imazethapyr; 2) Chlorimuron-ethyl, diclosulam, imazaquin, imazethapyr e pyriithiobac-sodium; 3) Imazaquin e pyriithiobac-sodium; 4) Chlorimuron-ethyl; 5) Imazapic, imazaquin e imazethapyr; 6) Imazapic e imazethapyr; 7) Imazapic e pyriithiobac-sodium; 8) Imazethapyr e primisulfuron-methyl.
	Inibidores da EPSPs	Glyphosate
	Inibidores de microtúbulos	Trifluralin
	Inibidores do FII (fotossistema II)	Atrazine
	Inibidores de carotenoides	Mesotrione, tembotrione e topramezone
	Inibidores de ácidos graxos de cadeia longa	S-metolachlor
	Auxinas sintéticas	2,4-D
2 sítios de ação	Inibidores da EPSPs e ALS	1) Glyphosate e pyriithiobac-sodium; 2) Chlorimuron-ethyl, glyphosate e pyriithiobacsodium; 3) Glyphosate, pyriithiobac-sodium, thifensulfuronmethyl e trifloxysulfuron-sodium; 4) Glyphosate, imazethapyr e primisulfuronmethyl; 5) Glyphosate e imazapic; 6) Chlorimuron-ethyl e glyphosate.
	Inibidores da EPSPs e FII	Atrazine e glyphosate
	Inibidores da EPSPs e PROTOX	1) Fomesafen e glyphosate; 2) Fomesafen, glyphosate e lactofen
	Inibidores da ALS e PROTOX	Fomesafen, pyriithiobac-sodium e trifloxysulfuronsodium.
	Inibidores da ALS e carotenoides	Imazethapyr, tembotrione e thifensulfuron-methyl
3 sítios de ação	Inibidores do FII e carotenoides	Atrazine, mesotrione, tembotrione e topramezone
	Inibidores da ALS, FII e carotenoides	Atrazine, mesotrione, pyrasulfotole, tembotrione, thifensulfuron-methyl e topramezone;
3 sítios de ação	Inibidores da ALS, FII e EPSPs	Atrazine, glyphosate, imazapic e pyriithiobac-sodium.
	Inibidores da ALS, FII e carotenoides	Atrazine, mesotrione, pyrasulfotole, tembotrione, thifensulfuron-methyl e topramezone;
5 sítios de ação	Inibidores da ALS, FII, carotenoides, EPSPs e auxinas sintéticas	2,4-D, atrazine, chlorsulfuron, glyphosate e mesotrione
	Inibidores da ALS, PROTOX, EPSPs, microtúbulos e ácidos graxos de cadeia longa	Acifluorfen-sodium, carfentrazone-ethyl, flumetsulam, fluthiacet-methyl, fomesafen, glyphosate, imazethapyr, lactofen, pendimethalin, pyraflufen-ethyl, pyriithiobacsodium, s-metolachlor e trifloxysulfuronsodium
	Inibidores do FII e carotenoides	Atrazine, mesotrione, tembotrione e topramezone

FONTE: Heap (2019).

## 2.4 MECANISMOS DE AÇÃO – INIBIDORES IDENTIFICADOS COM RESISTÊNCIA DE *AMARANTHUS PALMERI*

ALS (acetolactato sintase), ou AHAS (acetohidroxiácido sintase), é primeira enzima na síntese dos aminoácidos leucina (Leu), isoleucina (Ile) e valina (Val), ambas essenciais para o desenvolvimento dos organismos vivos (metabolismo e crescimento), e são sintetizados por fungos, bactérias e plantas. Em relação aos vegetais, este é o alvo mais comum dos herbicidas, diante do contato ocorrem ligação e inibição na formação dos aminoácidos, o que tem por consequência o sistema de formação afetado, e com isso causa a morte da planta (MUHITICH et al., TAN et al. 2006).

EPSPS, age na redução dos níveis dos aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano), e no aumento na concentração de chiquimato, que é o precursor na rota metabólica destes aminoácidos. A desregulamentação da rota do aminoácido chiquimato, resulta na perda de carbonos para outras reações importantes da célula dos vegetais. O glifosato reduz a síntese de fitoalexinas, aumento de concentração em níveis tóxicos de nitrato, etileno, ácido cinâmico e outros compostos que aceleram a morte da planta (MARCHI, SANTOS, GUIMARÃES, 2008).

Inibidores de fotossistema II (FSII), triazinas, uréias e uracilas, realizam o encaixe da quinona para interferir/obstruir no processo de fotossíntese, após as plantas começarem o processo de emergir para começar a realizar a fotossíntese, com a obstrução no processo de transferência fotossintética de elétrons é afetado, as moléculas de clorofila ficam com carga energética acentuada, porém não como energia química, eles formam radicais livres, e as membranas morrem pela peroxidação de lipídeos. Plantas se desenvolvem com lentidão, inicialmente apresentam clorose, seguida por necrose que é a morte dos tecidos planta (MARCHI, SANTOS, GUIMARÃES, 2008).

Inibidores de polimerização de tubulina, impedem a mitose, inibindo a divisão celular, processo onde o material genético das células é replicado antes da divisão celular, o que resulta na planta pontos de crescimento afetados, por exemplo inibe a formação de fibras de fuso na divisão e alongação celular dos tecidos meristemáticos das raízes. Essas fibras têm composição de microtúbulos que são feitos de tubulina. A ação desses inibidores resulta em células radiculares defeituosas, incapazes de



crescerem ou de absorverem nutrientes. A plântula não se desenvolve e muitas vezes morre antes mesmo da emergência planta (MARCHI, SANTOS, GUIMARÃES, 2008).

A enzima 4-hidroxifenil-piruvato dioxigenase (4-HPPD), atua em rota de biossíntese de plastoquinona requerida na biossíntese de carotenóides. Os carotenóides são pigmentos que desempenham importante papel na fotossíntese pois aumentam o espectro de luz do qual a energia é capturada, e protegem as moléculas de clorofila, reduzindo a energia livre, tendo função de agentes redutores de energia capturada em excesso durante o processo de fotossíntese. Os sintomas da intoxicação por inibidores da HPPD aparecem relativamente rápido, envolvendo rápido branqueamento das folhas, com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais planta (MARCHI, SANTOS, GUIMARÃES, 2008).

A protox é uma enzima presente no cloroplasto que catalisa a reação de conversão do protoporfirigonênio IX em protoporfirina IX, precursor da clorofila e de grupamento para transferência de elétrons. A inibição da protox, além de bloquear a produção de clorofila e dos grupamentos heme, é responsável pela peroxidadação de lipídeos nas membranas celulares, onde lipídeos e proteínas são atacados e oxidados, resultando na perda da clorofila, destruição da membrana e perda da função, levando a morte planta (MARCHI, SANTOS, GUIMARÃES, 2008).

Os imitadores do efeito das auxinas nas plantas, ou herbicidas reguladores (2,4D, Dicamba), em alta concentração causa descontrole e alteram o crescimento das células vegetais. Também aumentam a produção do RNA polimerase, a qual estimula a produção de RNA, DNA e muitas proteínas, estes aumentos anormais levam a síntese das auxinas e giberelinas, que promovem divisão e alongamento celular acelerado e desordenado nas partes novas das plantas, causa epinastia no caule e pecíolo, espessamento no caule deixando-o quebradiço, folhagem adquire coloração verde escuro e seguida de encarquilhamento, ocorre clorose nas regiões meristemáticas, murchamento seguido de necrose planta (MARCHI, SANTOS, GUIMARÃES, 2008).

Por não existir até o momento herbicidas registrados no Brasil para o controle do caruru *Amaranthus palmeri*, é realizado orientações e divulgações que é imprescindível que ao se identificar a presença da espécie daninha em lavouras, seja comunicado imediatamente o MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária, e se tratando do estado do Paraná, seja comunicado a ADAPAR – Agência de Defesa

Agropecuária do Paraná que possui um trabalho a campo na identificação correta do *A. palmeri*.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao estudar as características do *Amaranthus palmeri*, se verifica que a sua capacidade de reprodução e formação de área foliar em comparação com as culturas de interesse, capacidade de adaptação, e resistência já instalada na genética das plantas, em conjunto essas características elevam o título de alta agressividade para a daninha. Sendo uma grande preocupação para os produtores nos estados onde já houve comprovação de registro de presença, e assombra os estados vizinhos sobre a possibilidade de a qualquer momento relatar os primeiros registros.

A capacidade de evoluir para resistência a herbicidas impedindo o controle adequado da espécie são assimilados a danos econômicos elevados aos produtores.

A complexidade no seu controle, torna fundamental a correta identificação já nos primeiros estádios de surgimento, para que sejam tomadas ações de contenção dos indivíduos para evitar a propagação gerando sucessores com a capacidade de infestar as áreas.

Outras estratégias em áreas menores que se permita adoção de outros manejos preventivos vinculados a tratamentos químicos, havendo a possibilidade de utilização de palhadas, arranque manual para posterior eliminação das amostras, revolvimento do solo em fases de germinação, podem ser satisfatórios.

#### **3.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Este trabalho possui várias vertentes para futuras pesquisa e estudo.

Possui expansão do tema e principalmente o fato de *Amaranthus palmeri* ser novo na condição de agricultura no Brasil, isso pelo que com as experiências vindas de outros países e até mesmo com as experiências já vividas aqui, pode afirmar que é uma planta daninha que veio para ficar.

Diante da imensidão de possibilidades para trabalhar com o manejo da daninha, principalmente no que diz ao controle químico, há diversos campos inexplorados pela academia brasileira. Podendo servir de base para estudos sobre a correta identificação, testes químicos, novos estudos de composição e modos de ação

dos herbicidas, modificação no código genético de indivíduos suscetíveis, comparações de propagação de áreas com palhadas e testemunhas para verificar a propagação de forma controlada.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE JUNIOR, E. R.; CAVENAGHI, A. L.; GUIMARÃES, S. C.; CARVALHO, S. J. P. de. **Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso**. Primavera do Leste: Instituto Mato-Grossense do Algodão, 2015. 8 p. (IMAmt. Circular Técnica, 19).

BORGATO, A.B.; **Identificação de *Amaranthus palmeri*, caracterização da resistência múltipla aos herbicidas inibidores da ALS e da EPSPS e controle químico baseado no uso das novas tecnologias transgênicas**. Dissertação (mestrado) – USP/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba SP, 2018. 95 p.

CARVALHO, S. J. P.; GONÇALVES NETTO, A.; NICOLLAI, M.; CAVENAGHI, A. L.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Detection of glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in agricultural areas of Mato Grosso, Brazil**. Planta Daninha, v. 33, n. 3, p. 579-586, 2015.

CHAHAL, P. S.; AULAKH, J. S.; JUGULAM, M.; JHALA, A. J. **Herbicide resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats.) in the United States: mechanisms of resistance, impact and management**. In: PRICE, A. (Ed.) *Herbicides, agronomic crops and weed biology*. Rijeka: Intech, 2015. p. 1-29.

FRANCISCHINI, A. C.; **Identificação de resistência aos herbicidas utilizados no algodoeiro em biótipos de *Amaranthus retroflexus* e *Amaranthus viridis* oriundos das regiões produtoras da Bahia, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul**. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/1255/1/000204760.pdf>. MARINGÁ - PARANÁ – BRASIL. 2011 141 pg. Consultada em 10 de janeiro de 2024.

GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS S. F. ***Amaranthus palmeri* no Brasil** (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 88). Londrina, PR: Embrapa-ISSN 2176-2899, 2016. P. 1. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137108/1/comunicado-tecnico-88OL.pdf>. Acesso em 29 mai. 2023.

GAZZIERO, D.L.P.; SILVA, A.F.; **Caracterização e manejo de *Amaranthus palmeri*** (Embrapa Soja. Documentos 384). Londrina, PR: ISSN 2176-2937, 2017.39p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159778/1/Doc-384-OL.pdf>. Acesso em 18 de janeiro de 2024.

HEAP, I.; **The international survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: [weeds.csiro.au/Home.aspx](http://weeds.csiro.au/Home.aspx). Acesso em 14 de janeiro de 2024.

IKEDA, F.S.; CAVALIERI, F.S.; MORAIS, F.L.J.; METZ, L.H.; FONSECA, B.T. **Estratégias de controle de *Amaranthus palmeri* resistente a herbicidas inibidores de ERPSs e ALS**. Disponível em: [2019-cpamt-fernanda-ikeda-](https://cpamt.fernanda-ikeda.com.br/)

[estrategia-controle-amaranthus-palmeri-resistente-herbicida-inibidor.pdf](#). Sinop. MT 2019. 31p. Acesso em 20 de dezembro de 2023.

JHA, P. **Biology and ecology of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*)**. 296 f. 2008. Dissertation (Doctor in Philosophy, Plant and Environmental Sciences) - Graduate School of Clemson University, Clemson.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Bernardo do Campo: BASF, 1999. 825 p

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

MARCHI, G.; SANTOS, E.C.M.; GUIMARAES, T.G. **Herbicidas: mecanismos de ação**. Documento 277 ISSN 1575-5111 Embrapa cerrados. Planaltina, DF. 2008 36p.

MUHITCH, M.J.; SHANER, D.L.; STIDHAM, M.A. **Imidazolinones and acetohydroxyacid synthase from higher plants**. Plant Physiology, v. 83, p. 451-456, 1987.

NORSWORTHY, J.K.; GRIFFITH, G.M.; SOCTT, R.C.; SMITH, K.L.; OLIVER, L.R. **Conformation and controlo f glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Arkansas**. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/confirmation-and-control-of-glyphosateresistant-palmer-amaranth-amaranthus-palmeri-in-arkansas/9958278A424200DDCE237CD4727794C3>. Weed Technology, Volume 22 Edição 1, 2008, pg 113. Acesso em 08 de janeiro de 2024.

Paraná (Estado). **Lei Estadual nº 11.200/95 de 13 de novembro de 1995**. Dispõe sobre definição e normas para a Defesa Sanitária Vegetal no Estado do Paraná. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=4208&indice=1&totalRegistros=1&dt=2.9.2019.16.59.30.720>. Acesso em 30 mar. 2023

PETERSON, D.E; SHYAN, C.; JUGULA, M. R. **Palmer amaranth resistance to 2,4-D dicamba confimed in kansas. Kansas State University** (2019) Disponível em: [https://webapp.agron.ksu.edu/agr\\_social/eu\\_article.throck?article\\_id=2110](https://webapp.agron.ksu.edu/agr_social/eu_article.throck?article_id=2110). Acesso em 14 de janeiro de 2024.

PLACIDO, H.F. **Manejo de plantas daninhas**. aegro Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/caruru-amaranthus-palmeri>. Consultado em 20 de dezembro de 2023.

SCHWARTZ-LAZARO, L.M.; NORSWORTHY, J.K.; SCOTT, R.C.; BARBER, L.T. **Resistance od two Arkansas amaranthus populations to multiple herbicide sites of action**. Crop Protection, v.96 p. 158-163, 2017.

WARD, S. M.; WEBSTER, T.M.; STECKEL, L.E. **Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*): a review**. Weed Tech, v. 27, p. 12-27, 2013.