

ADRIANO MALTEZO DA ROCHA

**POTENCIAL FITORREMEIADOR DE
VARIEDADES DE MILHO CRIOULO EM
AGROECOSSISTEMAS**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA-MT

2018

2 cm	15 cm	7 cm	5 cm
	ADRIANO MALTEZO DA ROCHA	Diss. MESTRADO	PPGBioAgro 2017



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS**



ADRIANO MALTEZO DA ROCHA

**POTENCIAL FITORREMEIADOR DE
VARIEDADES DE MILHO CRIOULO EM
AGROECOSSISTEMAS**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Mitsuo Yamashita

ALTA FLORESTA-MT

2018

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação

Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

ROCHA, Adriano Maltezo da.

R672p Potencial Fitorremediador de Variedades de Milho Crioulo em Agroecossistemas / Adriano Maltezo da Rocha – Alta Floresta, 2018. 68 f.; 30 cm. (Ilustrações) Il. color. (Não).

Artigo Científico – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, *Câmpus* de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.

Orientador: Oscar Mitsuo Yamashita

1. Picloram. 2. Fitorremediação. 3. Persistência de Herbicida.

I. Adriano Maltezo da Rocha. II. Potencial Fitorremediador de Variedades de Milho Crioulo em Agroecossistemas:

CDU 633.15

POTENCIAL FITORREMEIADOR DE VARIEDADES DE MILHO CRIOULO EM AGROECOSSISTEMAS

Adriano Maltezo da Rocha

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovado em: / /

Prof. Dr. Oscar Mitsuo Yamashita
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro

Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho
UNEMAT/ PPGBioAgro

Profa. Dra. Sayonara Andrade do Couto Moreno Arantes
UFMT / Sinop-MT

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Vilmar Nogueira da Rocha e Lenita Maltezo da Rocha, minhas irmãs Tatiane, Tatiele e Maria Gabriela, minha namorada Adriana Conrado e a todos que acreditaram em meus sonhos e acabaram vivenciando o mesmo em toda sua trajetória, ainda inacabada.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que foi o precursor e combustível para tudo que fiz e conquistei até hoje.

À Universidade do Estado de Mato Grosso pelo aporte e disponibilidade da estrutura necessária para a elaboração da pesquisa.

À CAPES e FAPEMAT pela concessão da bolsa de estudos pelo edital 001/2016.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Oscar Mitsuo Yamashita pelo empenho em sempre me auxiliar e incentivar nos momentos em que as coisas pareciam não dar certo, e também, pelos momentos de alegria e descontração vividos no Laboratório de Sementes e Matologia (LaSeM).

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho pela aptidão em sempre compartilhar seus conhecimentos práticos e teóricos nas horas necessárias.

Aos mestrandos Paulo César Laurindo Silva, Bruna Zonta de Brito, Marcelo Zortea, Lucas de Paula e Jean Correia, pois sem eles dificilmente a pesquisa teria sido concluída pela complexidade e exaustão de trabalho.

Ao mestrando Fabiano Rocha, pelo auxílio na obtenção das variedades em estudo.

Aos alunos da graduação Luiz Lazarotto, Fabrício Tafarel, Sabrina, Islâine, Lucas Xisto, Luiz Gustavo, Lucas Chulé, Wesley Milani, entre outros, que participaram ativamente de todo o processo de avaliação da pesquisa.

À minha namorada Adriana Conrado que foi peça fundamental nas avaliações, pois várias vezes estávamos nos fins de semana no laboratório dando início as análises sem nem mesmo ter hora para terminar, e, pelo aporte concedido na tabulação dos dados.

Aos apoios incontáveis que recebi do Prof. Dr. Delmonte Roboredo desde a graduação até os dias de hoje, isso eu levarei para sempre.

E por fim, ao Laboratório de Tecnologia de Sementes e Matologia, que me proporcionou um ambiente de trabalho tão leve e agradável, que em um futuro próximo eu possa voltar lá e reviver novamente este que foi um dos momentos mais felizes da minha vida.

Expresso aqui o meu Muito obrigado.

EPÍGRAFE

**“Aprendendo com o próprio sofrimento,
Sabendo que o mal pensamento, é uma arma letal”**

Rodolfo Abrantes - “RODOX”

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE SIGLAS (ou de ABREVIATURAS).....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	20
2. REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1 Aspectos gerais da cultura do milho.....	24
2.1.1 Variedades de milho crioulo	25
2.2 Utilização de herbicidas.....	26
2.2.1 Picloram e 2,4-D.....	27
2.3 Contaminação dos agroecossistemas.....	29
2.4 Fitorremediação	30
2.5 Uso de plantas bioindicadoras	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Estudo em variedades de milho	37
4.2 Estudo em plantas bioindicadoras.....	43
5. CONCLUSÕES	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Escala de notas utilizadas para avaliação visual de fitointoxicação de herbicida em plântulas de pepino.....	35
TABELA 2 Quadrados médios das variáveis porcentagem de fitointoxicação, altura de plantas, massa seca da parte aérea e massa seca radicular de variedades de milho cultivado em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram, em função de épocas de colheita. Alta Floresta – MT, 2017.	37
TABELA 3 Notas de fitointoxicação de variedades de milho cultivado em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram, em função de épocas de colheita. (100=ausência de sintomas / 0 = morte da planta). Alta Floresta - MT, 2017. .	38
TABELA 4 Porcentagem de incremento de altura de variedades de milho cultivado em solo contaminado com herbicida em função de épocas de colheita. Alta Floresta - MT, 2017.....	39
TABELA 5 Porcentagem de redução de massa seca da parte aérea de variedades de milho em função do seu cultivo em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram. Alta Floresta - MT, 2017.	40
TABELA 6 Porcentagem de redução de massa seca da parte radicular de variedades de milho em função do seu cultivo em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram. Alta Floresta - MT, 2017.	41
TABELA 7 Quadrados médios de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), notas de fitointoxicação, massa seca aérea, massa seca radicular, comprimento aéreo e comprimento radicular de plântulas de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) cultivadas em solo contaminado com herbicida, coletado após cultivo de diferentes variedades de milho. Alta Floresta – MT, 2017.....	44
TABELA 8 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para notas de fitointoxicação de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta-MT, 2017.....	46
TABELA 9 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para notas de fitointoxicação de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.....	47

TABELA 10 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para notas de fitointoxicação de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.	48
TABELA 11 Desdobramento de Herbicida x Variedades da variável massa seca aérea de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivadas em solo contaminado com herbicida 2,4-D+picloram coletado após cultivo de diferentes variedades de milho. Alta Floresta - MT, 2017.	49
TABELA 12 Desdobramento de Épocas x Variedades da variável massa seca aérea de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivadas em solo contaminado com herbicida coletado após cultivo de diferentes variedades de milho em três épocas de coleta. Alta Floresta - MT, 2017.	50
TABELA 13 Desdobramento de Herbicida x Época da variável massa seca aérea de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação. Alta Floresta - MT, 2017.	51
TABELA 14 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para massa seca radicular de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.	53
TABELA 15 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para massa seca radicular de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.	54
TABELA 16 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para massa seca radicular de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.	55
TABELA 17 Desdobramento de Amostra x Época da variável comprimento aéreo de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta, 2017.	56

TABELA 18 Desdobramento de Herbicida x Época da variável comprimento aéreo de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta – MT, 2017.....	57
TABELA 19 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para comprimento radicular de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.....	58
TABELA 20 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para comprimento radicular de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta-MT, 2017.....	59
TABELA 21 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para comprimento radicular de plântulas de <i>Cucumis sativus</i> L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.....	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Emergência (A) e índice de velocidade de emergência (B e C) de plântulas de pepino cultivado em solo contaminado com 2,4-D+picloram em diferentes épocas de avaliação. Alta Floresta - MT, 2017..... 45

LISTA DE SIGLAS (ou de ABREVIATURAS)

CAPES Coordenação de Pesquisa Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FAPEMAT Fundação que Ampara a pesquisa no Estado de Mato Grosso

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

PPGBioAGRO Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos

FCA Faculdade de Ciências Agrárias

LaSeM Laboratório de Sementes e Matologia da Universidade do Estado de Mato Grosso.

LASAF Laboratório de Análise de Solos e Análise Foliar da Universidade do Estado de Mato Grosso.

ia Ingrediente ativo

ha Hectare(s)

RESUMO

ROCHA, Adriano Maltezo da. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Fevereiro de 2018. **Potencial Fitorremediador de Variedades de Milho Crioulo em Agroecossistemas**. Orientador: Oscar Mitsuo Yamashita.

As práticas de manejo das pastagens normalmente requerem a utilização de herbicidas considerados persistentes no ambiente, com destaque aos mimetizadores de auxinas como 2,4-D e picloram. Esses herbicidas podem causar danos em função dos seus resíduos no meio ambiente, além da redução da eficiência econômica da atividade, a longo prazo. A fitorremediação, se apresenta como uma das alternativas para minimizar os efeitos da persistência desses herbicidas. Trata-se do emprego de espécies tolerantes à molécula do agrotóxico, visando extrair ou indisponibilizá-lo, buscando reduzir o seu potencial tóxico no ambiente. Objetivou-se com a pesquisa, estudar o potencial fitorremediador de variedades de milho crioulo cultivadas em solo contaminado com 2,4-D + picloram, e a persistência desse herbicida no solo, utilizando-se bioensaios com planta sensível. O estudo foi desenvolvido em dois experimentos, um em estufa não climatizada e o outro em casa de vegetação semi-automatizada. O primeiro experimento buscou-se avaliar a tolerância de variedades de milho crioulo cultivados em solos contaminado com herbicida, para isso utilizou-se vasos com capacidade de 20 L, preenchidos com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd). Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3, composto por 5 variedades de milho e 3 épocas de avaliação (28, 56 e 84 dias após a emergência do milho - DAE), com quatro repetições para cada tratamento. Todos os tratamentos foram duplicados, havendo parcelas cujo solo foi contaminado com herbicida e parcelas que não receberam o herbicida. Aplicou-se o herbicida tordon (960 g i.a. ha⁻¹ de 2,4-D e 256 g i.a. ha⁻¹ de picloram) sobre os vasos e, 24 horas após, realizou-se a semeadura das variedades de milho. As avaliações foram realizadas aos 28, 56 e 84 DAE, sendo mensurado porcentagens de: fitointoxicação, altura, massa seca da parte aérea e massa seca radicular. Após as respectivas avaliações das variedades instalou-se o segundo experimento, que avaliou a persistência do herbicida em solo através de bioensaios com plantas sensíveis. Para isso, foram coletadas três subamostras de solos de cada unidade experimental representadas pelos vasos com capacidade de 20 L que haviam sido cultivados as variedades de milho e usados para preencher recipientes de 600 mL para obtenção das repetições. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2x3, composto por 5 variedades de milho, 2 doses do herbicida (com e sem) e 3 épocas de avaliação (28, 56 e 84 dias após a emergência do milho - DAE), com quatro repetições para cada tratamento. A condução e avaliação aconteceu simultaneamente com as da variedades de milho, utilizando como planta sensível o pepino (cv. caipira) e semeado 10 sementes em cada subamostra. As avaliações aconteceram diariamente mensurando o índice de velocidade de emergência e por fim 10 DAE avaliando porcentagem de emergência, notas de fitointoxicação, massa seca da parte aérea, massa seca radicular, comprimento da parte aérea e comprimento radicular. As variedades em estudo apresentaram respostas diferentes sob o cultivo em solo contaminado, sendo a variedade CR preto a que apresentou a

maior capacidade de se desenvolver na presença do herbicida. As plântulas de pepineiro demonstraram-se sensíveis a persistência do herbicida nas primeiras avaliações, porém com o passar das épocas de avaliações houve estímulo a recuperação dessas plantas, o que pode ser apresentada pela capacidade de fitorremediação de algumas variedades, com destaque ao desenvolvimento inicial quando cultivado nas amostras retiradas das variedades híbrido, que foi a variedade que melhor fitorremediou a contaminação de 2,4-D+picloram.

Palavras-chave: Picloram, 2,4-D, Fitorremediação, Persistência de herbicida.

ABSTRACT

ROCHA, Adriano Maltezo da. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Fevereiro de 2018. **Potencial Fitorremediador de Variedades de Milho Crioulo em Agroecossistemas**. Orientador: Oscar Mitsuo Yamashita.

Pasture management practices usually require the use of herbicides considered to be persistent in the environment, with emphasis on auxin mimetizers such as 2,4-D and picloram. These herbicides can cause damage due to their residues in the environment, in addition to reducing the economic efficiency of the activity in the long term. Phytoremediation is one of the alternatives to minimize the effects of persistence of these herbicides. It is the use of species tolerant to the molecule of the pesticide, aiming to extract or make it unavailable, seeking to reduce its toxic potential in the environment. The objective of this research was to study the phytoremediation potential of varieties of crioulo corn cultivated in soil contaminated with 2,4-D + picloram, and the persistence of this herbicide in the soil, using bioassays with sensitive plant. The study was developed in two experiments, one in an unheated greenhouse and the other in a semi-automated greenhouse. The first experiment was aimed at evaluating the tolerance of varieties of crioulo corn cultivated in soils contaminated with herbicide, using vessels with a capacity of 20 L, filled with dystrophic Red-Yellow Latosol (LVAd). A completely randomized design was used in a 5x3 factorial scheme, consisting of 5 maize varieties and 3 evaluation periods (28, 56 and 84 days after maize emergence), with four replications for each treatment. All treatments were duplicated, with plots whose soil was contaminated with herbicide and plots that did not receive the herbicide. The herbicide tordon (960 g i.a. ha⁻¹ of 2,4-D and 256 g i.a. ha⁻¹ of picloram) was applied to the pots and, 24 hours later, the maize varieties were sown. The evaluations were performed at 28, 56 and 84 DAE, being measured percentages of: phytotoxication, height, shoot dry mass and root dry mass. After the respective evaluations of the varieties the second experiment was installed, which evaluated the persistence of the herbicide in soil through bioassays with sensitive plants. For this, three soil subsamples were collected from each experimental unit represented by the 20 L pots that had been cultivated the maize varieties and used to fill 600 mL containers to obtain the replicates. A completely randomized design was used in a 5x2x3 factorial scheme, consisting of 5 maize varieties, 2 herbicide doses (with and without) and 3 evaluation periods (28, 56 and 84 days after maize emergence) with four replicates for each treatment. The conduction and evaluation occurred simultaneously with those of the maize varieties, using cucumber (cv. Caipira) as a sensitive plant and seeded 10 seeds in each sub - sample. The evaluations took place daily, measuring the emergency speed index and finally 10 DAE evaluating emergency percentage, phytotoxication notes, aerial shoot dry mass, root dry mass, shoot length and root length. The varieties under study presented different responses under cultivation in contaminated soil, being the black CR variety the one that presented the greatest capacity to develop in the presence of the herbicide. Cucumber seedlings were sensitive to persistence of the herbicide in the first evaluations, but with the passing of the evaluation periods there was a stimulus to the recovery of these plants, which can be

presented by the phytoremediation capacity of some varieties, with emphasis on the initial development when cultivated in the samples taken from the hybrid varieties, which was the variety that best measured the contamination of 2,4-D + picloram.

Key-words: Phytoremediation. *Zea mays*. Persistence of herbicides. Picloram.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as práticas agrícolas em constante crescimento nos agroecossistemas, destaca-se a pecuária, seja ela, extensiva ou intensiva, que é considerada a de maior relevância no bioma Amazônia. A expansão da atividade pecuária tem ocorrido particularmente a partir dos anos de 1970, impulsionada pela intensa ocupação e colonização agrícola na região amazônica (SANTOS et al., 2017).

Assim, em um agroecossistema extensivo tanto agrícola como de criações, a busca incessante pelo retorno econômico faz com que a preocupação para manutenção e conservação de fatores abióticos (como o solo e água) e bióticos (como diversidade vegetal e animal) seja sensivelmente prejudicada, afetando diretamente a sustentabilidade ambiental e, a longo prazo, até a sustentabilidade da atividade econômica (DENARDIN et al., 2012). Para o desenvolvimento dessas atividades nos agroecossistemas, tem-se verificado, ao longo da história, que as práticas de produção têm inserido técnicas e produtos visando o aumento na capacidade produtiva, tais como máquinas, implementos, adubos e agrotóxicos (ALENCAR et al., 2013).

De todos os agrotóxicos utilizados nas práticas agrícola e pecuária, os herbicidas são os mais consumidos, chegando a 52,2% do total de todos os produtos deste grupo utilizados no Brasil (FERREIRA & VEGRO, 2015). Reflexo disso está na prática de manejo das pastagens, que geralmente requerem a utilização de herbicidas considerados persistentes no ambiente, com destaque aos mimetizadores de auxinas, como 2,4-D, picloram, fluroxipyr, aminopyralidi, triclopyr e outras formulações, que envolvem a mistura desses e outros ingredientes ativos, especialmente os recomendados para o controle de espécies latifoliadas (D' ANTONINO et al., 2009).

O picloram (ácido 4-amino 3,5,6 tricloro-2-piridinacarboxílico) é um importante herbicida, com potencial de controle de espécies dicotiledôneas arbustivas em agroecossistemas. Consiste em um herbicida do grupo químico dos mimetizadores de auxinas, muito eficiente para manejo de plantas daninhas herbáceas e arbustivas (muito comuns em áreas de atividade pecuária). Já o 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético), é um dos principais herbicidas utilizados em pastagens, atua no controle de espécies

dicotiledôneas, também fazendo parte do grupo químico dos mimetizadores de auxinas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). Com essas credenciais, o 2,4-D passa a ser uma excelente alternativa no controle de diversas espécies invasoras no sistema de criação bovina (DEUBER & CORTE-REAL, 1986). Ambos os herbicidas podem ser absorvidos através do sistema radicular como pela parte aérea das plantas, apresentando ação seletiva às espécies monocotiledôneas (ROMAN et al., 2007).

Entretanto, a molécula desses herbicidas podem se tornar persistente no ambiente, especialmente ao se manter ativo no solo, após aplicação e, por esse motivo, informações relacionadas a sua persistência nos sistemas agrícolas necessitam ser levadas em consideração (RAGAB, 1974). Sua meia vida no ambiente é variável, existindo relatos de sua persistência ocorrer de 20 a 300 dias ou até mesmo três anos após sua aplicação para o picloram (SILVA et al., 2007b). Enquanto para o 2,4-D sua meia vida pode ir de 10 dias até algumas semanas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

A utilização intensiva desses produtos pode provocar efeitos indesejáveis independentemente de quais atividades estejam envolvidas, mudando sensivelmente as características de determinado agroecossistema, chegando a provocar danos irreparáveis em áreas que eram produtivas tornando-as improdutivas pela persistência de suas moléculas no ambiente (SPADOTTO, 2006). A persistência residual desses produtos tende a afetar diretamente o desenvolvimento de outras espécies que poderiam ser cultivadas no mesmo local, impossibilitando o uso de culturas em sucessão à aquelas previamente cultivadas (MANCUSO et al., 2011) e também pela possibilidade de contaminação dos aquíferos subterrâneos (BOVEY & RICHARDSON, 1991; FRANCO et al., 2014).

Ao longo do tempo, pesquisas têm sido realizadas visando contornar ou pelo menos amenizar os problemas causados pelo residual herbicida presente em áreas cuja intensa aplicação provocou a inutilização ou a redução da capacidade produtiva desses ambientes. Uma dessas contribuições científicas é através do cultivo de plantas que têm potencial de extrair ou indisponibilizar determinadas moléculas herbicidas, reduzindo seu potencial tóxico. Essas

práticas têm recebido o nome de fitorremediação (PROCÓPIO et al., 2007; D'ANTONINO et al., 2009).

Além disso, o termo pode ser utilizado considerando a liberação de substâncias pela cultura empregada, a fim de estimular a degradação desses resíduos pelos microrganismos do solo. Nesse contexto, a fitorremediação é conhecida por fitoestimulação (ASSIS et al., 2010), ou fitodegradação, que faz com que as espécies absorvam determinadas substâncias, transformando-as em compostos químicos menos tóxicos no ambiente (PIRES et al., 2003).

Diversas espécies foram objetos de estudos, avaliando seus potenciais em programas de fitorremediação. Grande parte dos estudos consistiam no emprego de leguminosas tais como crotalária (*Crotalaria jucea* L.), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* L.), mucuna anã (*Mucuna deeringiana* L.), mucuna preta (*Mucuna aterrima* L.), atuando na fitorremediação de herbicidas como sulfentrazone, tebuthiuron e trifloxysulfuron sodium (SANTOS et al., 2004; PIRES et al., 2005; MADALÃO et al., 2012). Todavia, algumas gramíneas também têm potencial fitorremediador, podendo ser inseridas em estudos nesta área (CARMO et al., 2008; ASSIS et al., 2010; FRANCO et al., 2014).

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se como uma das principais culturas agrícolas de todo o mundo, sendo intensamente cultivado em solos com diferentes características. Alguns estudos já identificaram sinalização positiva dessa espécie em programas de fitorremediação (PIRES et al., 2003; D'ANTONINO, 2009), demonstrando seu potencial descontaminante, principalmente por ser uma espécie seletiva aos herbicidas mimetizadores de auxinas.

Por ser uma espécie há muito tempo explorada economicamente, o milho tem sido oferecido aos produtores rurais em diferentes modalidades de cultivares. Híbridos simples, duplos e triplos têm sido melhorados geneticamente, tornando-os altamente produtivos; entretanto, suas características de rusticidade têm sido excluídas para inserção de caracteres fitotécnicos para a adequação às práticas da agricultura tecnificada atual (EMBRAPA, 2011). Assim, as espécies de milho sofreram, ao longo do tempo,

seleção genética que as tornaram menos rústicas e mais dependentes as ações antrópicas e ambientais (MACHADO, 2014).

Assim, variedades de milho que não sofreram intenso efeito da seleção genética, podem ser uma fonte de material promissor para fitorremediação, pois constituem-se plantas que tenham prováveis características naturais no processo de descontaminação, tornando-se potenciais plantas a serem utilizadas, especialmente por agricultores familiares, que sofrem com esse problema em suas propriedades.

Além de plantas fitorremediadoras, o uso de plantas bioindicadoras avaliando a persistências desses herbicidas, consiste em uma das análises mais promissoras e difundidas atualmente. A principal cultura utilizada em bioensaios é o pepino (*Cucumis sativus* L.) (THILL, 2003), mas já se sabe da sensibilidade de outras culturas como tomate (*Solanum lycopersicum*), alface (*Lactuca sativa* L.), pimentão (*Capsicum annuum*), videira (*Vitis vinifera*) e fumo (*Nicotiana tabacum*) à moléculas de picloram, fluroxipyr e triclopyr (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2007; SILVA et al., 2007a; BATISTÃO, 2014), tornando-se outras alternativas para os estudos envolvendo bioensaios.

A sintomatologia causada nessas plantas em contato com os herbicidas auxínicos se manifesta de diversas maneiras, verificando-se desde a intensa divisão celular dos tecidos até a formação de tumores nos meristemas (SILVA & SANTOS, 2007). Além disso, visualmente, as plantas afetadas por doses reduzidas de herbicidas auxínicos podem manifestar paralização no crescimento, morte de regiões de crescimento primário, amarelecimento, necroses, crescimento irregular e queda nas folhas (NASCIMENTO & YAMASHITA, 2009).

Diante disso, objetivou-se estudar o potencial fitorremediador de variedades de milho crioulo cultivadas em solo contaminado com 2,4-D + picloram e a persistência desse herbicida no solo, utilizando bioensaios com planta sensível, avaliando-se o seu efeito ao longo do tempo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do milho

O milho é uma espécie de gramínea monocotiledônea pertencente à classe Liliopsida, família Poaceae, subfamília Panicoideae, e gênero *Zea* constituindo assim cientificamente a espécie *Zea mays* L. Trata-se de uma planta herbácea, monóica, possuindo os dois sexos na mesma planta e inflorescências diferentes; é considerada uma planta anual, com ciclo que varia entre três e cinco meses (SILOTO, 2002).

O milho (*Zea mays* L.) é consumido desde cinco mil anos atrás, sendo distribuído, propagado e consumido nos mais diversos locais do mundo. Sua origem provavelmente ocorreu a mais de dez mil anos, no México, sendo apontada como uma das plantas cultivadas mais antigas e um dos vegetais mais importantes para a humanidade (GUIMARÃES, 2007).

Estudos arqueológicos datam de que o primeiro vestígio dessa espécie ocorreu por volta de 7.500 anos a.C. na América Central, e mais tarde na América do Sul, e na costa do Peru há 4.500 anos a.C. No continente europeu, há relatos históricos de que a espécie foi introduzida em meados do século XV, quando houve a segunda expedição de Cristóvão Colombo à América (CAMARGO & SAN MARTIN, 1986). Nessa época, predominaram o cultivo de milho nos jardins dos nobres apenas por curiosidade. Mas, logo foi sendo consumido e cresceu rapidamente seu cultivo, tornando-se um importante alimento desde a Europa, costa ocidental, continente africano e território português, a partir do Séc. XVI. (GOLOUBINOFF et al., 1993).

Com o passar dos séculos, o potencial do cultivo do milho foi sendo reconhecido mundialmente e ganhando importância, chegando a ser rapidamente comparado a algumas culturas essenciais para a sobrevivência do homem, como o trigo. Seu cultivo tornou-se tão importante que fez do milho uma das culturas mais estudadas, pelo destaque do seu potencial econômico que envolve desde a alimentação humana até a animal (CIMILHO, 2012).

2.1.1 Variedades de milho crioulo

O milho é uma das espécies domesticadas cujo investimento em tecnologia é um dos maiores entre todas as demais culturas, em que as sementes melhoradas geneticamente, produzidas para fins de elevada produtividade, representam grande parte desse valor. Entretanto, esse processo massivo de seleção e melhoramento, tem provocado erosão genética de muitas características de rusticidade, que são mantidas atualmente, apenas em espécies crioulas (material de grande variabilidade genética) (CARVALHO et al., 2009).

O milho está presente em grande parte das pequenas propriedades rurais e, em diversas destas, as variedades cultivadas têm sido mantidas e cultivadas ao longo das gerações. Usualmente a variedade de milho é selecionada e mantida por estes agricultores para determinadas finalidades específicas da sua propriedade (alimentação humana e animal, produção de silagem, farinhas) sendo, ao longo do tempo, adaptado ao manejo e características da sua região de cultivo.

As variedades de milho crioulo desempenham importante papel para os agricultores com reduzida tecnificação na propriedade. Seu uso na agricultura familiar torna-se muito comum principalmente pela possibilidade de reuso das sementes produzidas nas safras subsequentes. Em condições que envolvem baixas tecnologias de cultivo, as variedades híbridas podem apresentar produção próxima ou muitas vezes inferior às variedades crioulas. Entretanto, o uso de espécies crioulas possui outras vantagens ligadas à sustentabilidade da produção, maior tolerância a doenças, pragas e desequilíbrios climáticos, diminuindo significativamente o custo de produção (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2010).

A prática de cultivo de milho crioulo com baixa tecnologia, ocorre frequentemente em propriedades familiares, especialmente as de subsistência. Nessas condições, o cultivo do milho crioulo resulta em um rendimento produtivo satisfatório, permitindo ainda que o produtor faça o uso das sementes selecionadas de uma safra para outra, através da prática de seleção massal das plantas mais vigorosas (MENEGUETTI et al., 2002).

Além disso, as variedades crioulas têm papel fundamental na conservação da variabilidade genética, sendo materiais fundamentais para os processos de melhoramento genético realizado pelas grandes empresas, que visam diretamente a redução da variabilidade genética para obtenção de maior homogeneidade e produção dessas espécies (PELWING et al., 2008).

2.2 Utilização de herbicidas

Atualmente, diversas atividades agrícolas são desenvolvidas através do uso de técnicas, equipamentos, adubos e também pela intervenção química (herbicidas, inseticidas e fungicidas), sendo que, para o manejo das plantas daninhas, o uso de herbicidas tem se tornado frequente e intensivo. O consumo de herbicidas para o controle de plantas daninhas no Brasil tem crescido a cada ano, movimentando bilhões de dólares no mercado. Do total de agrotóxicos comercializados, 52,2% são os herbicidas, 25,5% inseticidas, 13,1% fungicidas, 1,2% acaricidas e 8,0% outros produtos (FERREIRA; VEGRO, 2015).

A atividade de qualquer herbicida, quando aplicado nas plantas, ocorre a partir da retenção ou absorção, o seu transporte para o interior da planta e dentro dela, bem como a interação entre esses processos. Além disso, considera-se, para efeito final deste nas plantas, a velocidade na absorção e translocação, sensibilidade desta ao herbicida, metabolismo ou seus metabólitos. Em virtude disso, o simples fato de um herbicida agir nas folhas ou ser aplicado no solo não é suficiente para que ele exerça sua ação. Existe a necessidade de aspectos como penetração na planta, sua translocação para que ele atinja sua organela onde irá atuar (FERREIRA et al., 2005).

Existem diversos grupos de herbicidas utilizados nos diferentes tipos de cultivos, a escolha do(s) produto(s) correto(s) vai depender de alguns aspectos, especialmente a sua capacidade de seletividade (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Um mesmo herbicida pode influenciar diferentes metabolismos das plantas. Entretanto, a primeira lesão biofísica ou bioquímica que este causa na planta é denominado mecanismo de ação. A partir desta primeira lesão é que as diferentes moléculas herbicidas são classificadas (FERREIRA et al., 2005).

Considerando os métodos de controle de plantas daninhas o controle químico tem se destacado pela eficiência, rapidez e baixo custo. Porém, a eficácia dos herbicidas pode variar conforme a molécula, além da aplicação ser dependente das condições ambientais, da época de aplicação e da espécie a ser controlada (JAKELAITIS, 2005).

Vale ressaltar que, apesar dos herbicidas estarem sendo intensamente utilizados na agricultura moderna, os problemas causados por estes têm sido relatados de maneira frequente, podendo acarretar reduções na produtividade e até a inviabilização da atividade econômica, pelo mau uso. Dentre esses problemas, estão a deriva desses agrotóxicos para culturas não-alvo, causando perdas consideráveis. Além disso, o resíduo desses herbicidas no solo que, em alguns casos podem permanecer ativos por longos períodos, podem limitar ou injuriar o desenvolvimento de outras plantas cultivadas em rotação na mesma área, o “carryover” (MANCUSO et al., 2011).

2.2.1 Picloram e 2,4-D

O picloram (ácido 4-amino 3, 5, 6 tricloro-2-piridinacarboxílico) é um herbicida que faz parte do grupo dos mimetizadores de auxinas, caracterizado pela sua seletividade e potencial de controle de espécies dicotiledôneas arbustivas em agroecossistemas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Trata-se de um herbicida indicado para controle de plantas daninhas em pós-emergência, no entanto sua molécula pode persistir no ambiente, trazendo prejuízos ambientais e econômicos. Este herbicida apresenta um dos maiores períodos de atividade residual em solos quando comparado com outros herbicidas, atuando de maneira negativa a longo prazo no cultivo de várias espécies agrícolas sucessoras (SANTOS et al., 2006). Sobre a sua meia vida no ambiente, ocorre muita divergência entre os pesquisadores, existindo relatos de sua persistência ocorrer de 20 a 300 dias ou até mesmo três anos após aplicação dependendo das condições ambientais (DEUBER & CORTE-REAL, 1986; SILVA et al., 2007b).

A persistência de um herbicida como o picloram no ambiente agrícola pode acarretar problemas, pois o uso da área para cultivos sucessoriais pode ser prejudicado pela absorção de resíduos do produto por plantas sensíveis.

Em extensas áreas, o prejuízo pode ser proporcional a área cultivada e à concentração do produto diluído no solo naquela safra. Em áreas de atividade de subsistência ou pequenas propriedades rurais, é frequente o cultivo de espécies hortícolas que, em geral, são extremamente sensíveis aos herbicidas mimetizadores de auxina (BOVEY & RICHARDSON, 1991). Além disso, outro ponto importante relacionado aos herbicidas e sua persistência, está no “carryover”, pois quanto mais tempo o herbicida permanece no solo, maior o risco de contaminação de lençóis freáticos (MANCUSO et al., 2011).

O herbicida 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) também pertence ao grupo químico dos mimetizadores de auxinas, e é indicado para aplicação em pós-emergência de plantas latifoliadas, especialmente as de pequeno porte (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). A sua persistência no ambiente é considerada curta. Assim, em doses normais sua persistência não excede três a quatro semanas em ambientes de clima quente e solos com grande quantidade de argila (SILVA et al., 2007b).

Os efeitos desses herbicidas em dicotiledôneas são severos, sua ação provoca mudanças metabólicas e bioquímicas levando-as a morte, dentre os principais, a inibição da produção do RNA-polimerase. E, por consequência disso, a síntese de ácidos nucleicos e biossíntese de proteínas que levam a síntese de auxinas e giberelinas, que atuam no afrouxamento da parede celular, induzida pela intensa proliferação celular em tecidos, causando epinastia de folhas, caules e sua ação notadamente nas raízes de plantas bioindicadoras (SILVA et al., 2007a; OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

Os herbicidas cuja molécula presente é o picloram matam espécies dicotiledôneas, sejam elas anuais, como também espécies perenes arbustivas (BATISTÃO, 2014). Sua ação é desencadeada pela interrupção dos vasos do floema impedindo a translocação de seiva, ocorre uma intensa multiplicação celular, as células tendem-se a se alongarem pela diminuição do seu potencial osmótico que é resultado da alta concentração de proteínas. Ocorre também, o incremento na concentração da enzima celulase fazendo com que ocorra a perda da rigidez da parede celular e até mesmo o rompimento desta, principalmente nas raízes e em pouco tempo ocasionando a destruição do órgão (D'ANTONINO et al., 2012).

A sua persistência no ambiente pode ser regulada de acordo com a dinâmica do solo, como as condições físico-químicas, biológicas e ambientais, e também as propriedades do próprio herbicida, bem como a interação desses processos (MANCUSO et al., 2011; BATISTÃO, 2014).

2.3 Contaminação dos agroecossistemas

Os “agroecossistemas” são ambientes que sofrem diretamente ou indiretamente a ação antrópica, modificando todo o equilíbrio do seu sistema. Entretanto são extremamente sensíveis a alterações e perturbações, que podem inviabilizar a sua utilização. Em muitos agroecossistemas têm se verificado grandes perturbações provocadas pelo homem, tais como visto nos sistemas de cultivo, com o uso de agroquímicos e mecanização que modificam intensamente seus padrões iniciais (LACERDA, 2003).

A atividade agrícola intensificada tem causado grandes preocupações pelo seu potencial de contaminação. Sabe-se que a partir do momento em que o homem não possui efeito sobre aquele ambiente, ele encontra-se equilibrado e passa então a ser conhecido como um ecossistema. Entretanto, quando a atividade agrícola exercida pelo homem se estabelece naquele ambiente, eliminando-se o equilíbrio que ali possuía, o mesmo se transforma em um agroecossistema. Assim, em grande parte dos sistemas de produção agrícola, a ação do homem em virtude da aplicação de herbicida, passa a ser um dos meios mais comumente encontrado de contaminação dos agroecossistemas (GRUTZMACHER et al., 2008).

Esses sistemas intensivos de produção agrícola nos agroecossistemas, têm causado sérios danos ambientais caracterizados, por um lado, pelo rápido esgotamento de recursos naturais e, por outro, pela poluição e/ou contaminação devido à excessiva liberação de componentes residuais no meio ambiente (KOZIOSKI & CIOCCA, 2000).

Um agroecossistema contaminado com resíduos de herbicidas gera efeito direto nas atividades produtivas exercidas nesse ambiente, sendo que em condições de cultivos sucessivos, afeta o desenvolvimento de outras espécies vegetais, contaminação de mananciais e o desequilíbrio daquele ambiente. Dessa forma alternativas para amenizar a contaminação dos

agroecossistemas necessitam ser tomadas, visando a sustentabilidade das atividades agrícolas neste ambiente (FERREIRA et al., 2012).

2.4 Fitorremediação

A fitorremediação caracteriza-se pela descontaminação de áreas em estado inicial ou avançado de contaminação por agentes fitossanitários, metais pesados, sais, herbicidas ou outros produtos com potencial contaminante. O agente descontaminador pode ser uma planta que desencadeia uma complexa atividade junto ao agente a ser remediado. O uso da fitorremediação tem sido estudado e difundido principalmente nos Estados Unidos e na Europa a partir da década de 1970 (PIRES et al., 2003).

Autores como Cunningham et al. (1996) relatam que a fitorremediação é uma técnica usada em solos com os mais variados tipos de contaminantes, seja eles orgânicos ou inorgânicos. Algumas plantas tem sido relatadas, após estudos, como espécies capazes de descontaminar ambientes com elevadas taxas de agroquímicos, extraíndo esses resíduos que persistem no solo (FERNANDEZ et al. 1999; VOSE et al., 2000).

Tratando-se de resíduos de herbicidas, essa fitorremediação é baseada na seletividade, natural ou desenvolvida, que algumas espécies vegetais desencadeiam quando mantidas em ambientes com algum tipo de contaminante. Essa ação é comum em espécies agrícolas e plantas espontâneas tolerantes a certos herbicidas. A seletividade se dá a partir da degradação completa ou parcial de compostos orgânicos que deveriam ser translocados pelos vasos condutores do vegetal e posteriormente serem volatilizados, ou até mesmo serem transformados em compostos menos fitotóxicos combinados ou ligados a tecidos das plantas (SCRAMIN et al., 2001).

Assim, sabe-se que existe algum grau de transformação promovida pela fitorremediação antes dos compostos serem isolados em vacúolos ou ligarem-se a estruturas celulares insolúveis como a lignina. Em consequência disso, têm-se investido no aprofundamento de estudos e pesquisas nessa área (SALT et al., 1998).

Na fitorremediação, alguns princípios devem ser considerados. Quando a planta degrada ou transforma o resíduo em menos tóxicos, essa ação tende a ser esse o princípio da fitodegradação; mas, quando a planta libera algum composto responsável por estimular a atividade dos microrganismos, para a quebra do resíduo, essa atividade passa a ser conhecida como fitoestimulação (SALT et al., 1998; PIRES et al., 2001).

2.5 Uso de plantas bioindicadoras

Para efeito de verificação da persistência de determinado herbicida, têm se utilizado, de maneira frequente, plantas bioindicadoras de solos contaminados, tais como alface, tomate e pepino.

Algumas características dessas espécies permitem que sejam utilizadas para essa finalidade, com resultados confiáveis, tais como: alta taxa de crescimento, permitindo rápida visualização dos sintomas causados, alta sensibilidade à molécula do contaminante e ampla distribuição geográfica para que as espécies possam ser usadas em diversos locais de estudo e homogeneidade genética (NUNES & VIDAL, 2009).

Os sintomas causados por contaminantes, especialmente herbicidas, nessas plantas sensíveis são diversos, desde a intensa divisão celular em diferentes tecidos da planta até a formação de tumores nos meristemas. Esses sintomas são verificados de maneira mais intensa em espécies dicotiledôneas (SILVA & SANTOS, 2007).

As plantas usadas nos bioensaios necessitam atender alguns critérios para a consistência nos resultados da pesquisa: fácil cultivo, rápido desenvolvimento e grande sensibilidade aos herbicidas em estudo (NYFFELER et al. 1982; SOUZA et al., 1999). E, das espécies com esse potencial destacam-se o pepino, tomate, feijão, alface e beterraba, sendo que a mais utilizada em bioensaios é o pepino (*Cucumis sativus* L.) (SANTOS et al., 2006).

Dessa maneira, a sensibilidade do pepino aos herbicidas aos mimetizadores de auxinas é muito alta, fazendo com que a averiguação do resíduo seja fácil nas plântulas avaliadas, por isso a sua escolha por alguns pesquisadores como Nascimento e Yamashita, (2009); Santos et al., (2013) e D'Antonino, (2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida a partir da realização de dois experimentos: um em estufa não climatizada e o outro em casa de vegetação semi-automatizada, ambas localizadas na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), *Campus* de Alta Floresta – MT, entre os meses de junho e outubro de 2017.

No primeiro experimento, foi avaliado o potencial fitorremediador de variedades de milho cultivado em solo contaminado por herbicida. O solo utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foi coletado de área de mata isenta de aplicação de herbicida, sendo retirado da camada de 0,00-0,20m. Este solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Foi realizada análise para a determinação e quantificação dos principais nutrientes e de suas características granulométricas, realizada no Laboratório de Análises de Solos e Análise Foliar (LASAF) da UNEMAT (QUADRO 1).

Baseado nestes dados, foi realizado o cálculo para correção de acidez e adubação, a fim de satisfazer as necessidades nutricionais da cultura do milho, aplicando 20g de calcário dolomítico, 40 mg N calculados com base na análise de solo, e o fornecimento de 200 mg P dm⁻³ e 150 mg K dm⁻³, segundo recomendações propostas por Malavolta et al. (1981) para experimentos em vasos. Por fim, o solo corrigido e adubado foi utilizado para preencher as unidades experimentais, representadas por vasos com capacidade de 20 L.

QUADRO 1 – Caracterização física e química do latossosolo Vermelho-Amarelo utilizado nos experimentos antes da correção, Alta Floresta - MT, 2016.

Análise granulométrica (%)										
Argila		Silte		Areia		Classificação Textural				
36,1		5,70		57,9		Argilo-arenoso				
Análise química										
pH	P	K ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	CTC (T)	V	m	MO
(H ₂ O)	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³					%			
5,70	1,5	94	0,10	1,02	0,38	2,23	3,90	42,40	5,20	2,00

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3, com 5 variedades de milho, 3 épocas de avaliação (28, 56 e 84 dias após a emergência do milho - DAE) com 4 repetições para cada tratamento. Todos os tratamentos foram duplicados, havendo parcelas cujo solo foi contaminado com herbicida e parcelas que não receberam o herbicida.

Com o objetivo de facilitar a análise dos dados e realização das comparações, as médias das avaliações das testemunhas (ausência de herbicida em cada tratamento), foram convertidas para 100%. Em seguida as médias dos tratamentos com herbicida foram transformadas em porcentagem e comparadas com os valores percentuais verificados nas médias das repetições obtidas na testemunha.

Após o preenchimento das unidades experimentais, estas foram submetidas à irrigação até a saturação. Em seguida, durante 48 horas, os vasos foram mantidos sem irrigação, permitindo o escoamento do excesso da água. Posteriormente, sobre as respectivas unidades experimentais, realizou-se a aplicação do herbicida 2,4-D + Picloram (Tordon®) na concentração de 960 g e 256 g i.a. ha⁻¹ respectivamente, correspondendo a 2,0 L ha⁻¹ do produto comercial, seguindo-se a dose recomendada pelo fabricante para o controle de grande parte as plantas daninhas da região.

O herbicida foi aplicado com o auxílio de um pulverizador costal de pressão constante, mantido por CO₂ pressurizado, provido de barra com quatro pontas de pulverização de jato plano leque APG 110.02. O equipamento foi mantido a pressão constante de 2,0 kgf cm⁻², sendo empregado água como diluente e calibrando-se para aplicação de 200 L ha⁻¹ de volume de calda. Posteriormente, 48 horas após a aplicação do herbicida, em suas respectivas concentrações, realizou-se a semeadura das variedades de milho.

O fornecimento de água para as unidades experimentais se deu através de um sistema de irrigação semi-automatizado instalado em casa de vegetação a qual foi feita duas vezes ao dia. O sistema de irrigação foi constituído de dois ramais de irrigação com 5 aspersores colocados com espaçamentos de 1,5 metros, e fornecendo aproximadamente 840 mm em todo o período

experimental, atendendo à necessidade hídrica da cultura conforme especificado pela EMBRAPA (2017).

Foram utilizadas sementes de milho crioulo que receberam as seguintes denominações: CR Amarelo, CR Roxo, CR Branco e CR Preto. Esses materiais foram fornecidos por agricultores familiares tradicionais da região, e acrescentado, para fins de comparação, uma variedade de milho híbrido (PAC 105 Advanta), adquirida no comércio local. Foram semeadas 10 sementes de milho por vaso e, após sete dias realizado desbaste, mantendo-se apenas três plantas por unidades experimentais.

O controle de plantas daninhas nos vasos foi feito manualmente. A aplicação de inseticida foi realizada a primeira aos 5 DAE, aplicando 200 mL ha⁻¹ de Thiametoxan + Lambda-cialotrim (200L ha⁻¹) e a segunda aos 35 DAE aplicando 200 mL ha⁻¹ de Deltametrina (200L ha⁻¹). Com relação à fungicidas, não houve a necessidade da aplicação na cultura do milho.

As avaliações foram realizadas aos 28, 56 e 84 DAE, determinando as notas de fitointoxicação (NFIT) e realizadas avaliações destrutivas, sendo avaliadas: altura (ALT) e, matéria seca aérea (MSPA) e radicular (MSR) das plantas. Estas duas últimas, ao final do experimento, as plantas foram colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até obtenção de seu peso constante e posteriormente pesadas para obtenção de sua respectiva massa seca.

Para notas de fitointoxicação (NFIT), foram aplicadas notas na escala que variaram de 0 a 10, adaptadas de SBCPD (1995), onde foi atribuída nota 0 para ausência de fitointoxicação e 10 para morte total da planta (TABELA 1).

A variável altura das plantas (ALT) para cultura do milho, foi mensurado com auxílio de trena métrica graduada, sendo medida a distância do colo da planta até a curvatura da última folha desenvolvida.

TABELA 1 Escala de notas utilizadas para avaliação visual de fitointoxicação de herbicida em plântulas de pepino.

Conceito	Notas	Observação
Leve	0-1	Sintomas fracos ou poucos evidentes. Nota zero: não se observam quaisquer alterações nas plantas
Aceitável	2-3	Sintomas pronunciados, no entanto totalmente tolerados pela planta.
Preocupante	4-5	Sintomas maiores que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação, e sem expectativas de redução no rendimento econômico.
Alta	5-7	Danos irreversíveis, com previsão de redução no rendimento econômico.
Muito Alta	7-10	Danos irreversíveis muito severos, com previsão de redução drástica no rendimento econômico. Nota 10 para morte da planta.

Adaptada de SBCPD (1995)

O segundo experimento, aconteceu simultaneamente a cada avaliação destrutiva do milho (28, 56 e 84 DAE), onde foram retiradas três subamostras do solo de cada unidade experimental representada pelos vasos de 20L e levadas para casa de vegetação semi-automatizada. Nestas datas foram montados experimentos visando avaliar a persistência do herbicida no solo. Para tanto, foram coletadas subamostras do solo usado como substrato para o cultivo das variedades de milho e com este substrato, foram preenchidos três recipientes de polietileno expandido (600 mL), constituindo-se subamostras de cada repetição, para posterior implantação de ensaios com plantas de pepino (cv. caipira), escolhida como espécie bioindicadora (SANTOS et al., 2006).

Foi feito o emprego do delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 x 3, sendo 5 variedades de milho, 2 condições de herbicidas (com e sem), 3 épocas de avaliação (28, 56 e 84 DAE) e um tratamento testemunha sem o cultivo do milho, composto de quatro repetições para cada tratamento.

Foram semeadas 10 sementes por subamostra. Durante o cultivo do pepino, foram realizadas avaliações diárias visando determinar a porcentagem de emergência, considerando recomendações de BRASIL (2009) onde, ao final

de 10 DAS da cultura do pepino, foram obtidos valores das seguintes variáveis: porcentagem de emergência (%E), índice de velocidade de emergência (IVE), notas de fitointoxicação (NFIT). E ainda, nesta última avaliação, considerada como o final do período experimental, realizadas as análises destrutivas das plântulas de pepineiro, avaliando o comprimento aéreo (COMPA) e radicular (COMPR), e por fim, massa seca aérea (MSA) e radicular (MSR), que seguiram a mesma metodologia de avaliação das variáveis que apresentavam similaridade com a do milho. No entanto, ao contrário do milho, ao se avaliar as plantas bioindicadoras, não foram calculados e comparados os seus percentuais.

A determinação do IVE, que foi aplicada apenas para a espécie do pepino, empregou-se a metodologia de Maguire (1962), avaliando da semente até o sétimo dia as plantas emergidas, e realizando o cálculo de acordo com a seguinte equação:

$$IVE = E1/N1 + E2/N2 + E3/N3 + \dots + En/Nn$$

Onde: E1, E2, E3, ..., En = número de plântulas emergidas no dia da observação.

N1, N2, N3, ... Nn = número de dias após a sementeira.

Os resultados foram submetidos a análises de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, usando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo em variedades de milho

As variedades de milho apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis estudadas, sendo que, para altura de planta a diferença ocorreu pela ação do fator época de maneira isolada, enquanto para fitointoxicação, massa seca da parte aérea e massa seca radicular ocorreu interação significativa entre os fatores (variedades x épocas) pelo teste de Tukey ($p < 0,5$) (TABELA 2).

TABELA 2 Quadrados médios das variáveis porcentagem de fitointoxicação, altura de plantas, massa seca da parte aérea e massa seca radicular de variedades de milho cultivado em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram, em função de épocas de colheita. Alta Floresta – MT, 2017.

Fontes de Variação	QUADRADOS MÉDIOS			
	% NFIT	% ALT	% MSPA	% MSR
Variedades	50.812*	117.171 ^{ns}	2275.301*	2550.629*
Épocas	756.971*	5313.070*	16773.457*	24910.236*
Var x Ep	16.886*	123.121 ^{ns}	2317.549*	2091.968515*
Erro	1.118	105.057	130.073	129.816
Média Geral	93.161	123.968	63.973	52.060
C.V. (%)	1.14	8.27	17.83	21.89

Significativo a 5% (*) de significância pelo teste F; ^{ns} não significativo.

Para fitointoxicação, independente da variedade estudada, o tratamento testemunha sem herbicida proporcionou os melhores resultados e, na avaliação aos 28 DAE houve fitointoxicação de todas as variedades, mas com o passar das épocas de avaliação, houve visível capacidade de recuperação ao longo do tempo (TABELA 3).

A variedade que apresentou a maior sensibilidade foi o CR Amarelo, porém na última avaliação (84 DAE), todas as variedades apresentaram os menores valores de intoxicação, sendo que CR roxo e o Híbrido assemelharam-se a testemunha. Esse fato pode ser explicado pela diminuição da concentração do herbicida no solo ao longo do tempo, reduzindo-se gradativamente a capacidade de prejudicar o desenvolvimento dessas variedades. Esta recuperação das plantas, apesar das primeiras épocas não terem sido tão elevadas, demonstra que, mesmo o herbicida sendo seletivo

para gramíneas, as plantas sofreram a ação desse agente danoso presente no solo.

TABELA 3 Notas de fitointoxicação de variedades de milho cultivado em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram, em função de épocas de colheita. (100=ausência de sintomas / 0 = morte da planta). Alta Floresta - MT, 2017.

ÉPOCA	VARIEDADES				
	CR Preto	CR Roxo	Hibrido	CR Amarelo	CR Branco
Sem	100 A a	100 A a	100 A a	100 A a	100 A a
28	85,6 C bc	85,2 D c	89,4 D a	78,9 D d	87,6 D ab
56	94,7 B a	92,1 C b	94,9 C a	88,1 C c	90,8 B b
84	95,3 B ab	94,5 B b	97,3 B a	94,9 B b	94,1 C b
DMS linha					2,10
DMS coluna					1,98

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Vale ressaltar que a aplicação de herbicidas hormonais recomendados para gramíneas, como 2,4-D ou picloram, isolados ou em mistura, são indicados para estas espécies em determinados estádios de desenvolvimento. O não atendimento a estes critérios pode ocasionar alterações na resposta de desenvolvimento das plantas e até reduzir a produtividade, mesmo não havendo sinais visíveis de danos. Yamashita et al. (2008) verificaram redução no número de perfilhos de arroz pela aplicação de 2,4-D antes do pleno perfilhamento. Na maioria das culturas gramíneas como a do milho e do milheto, a aplicação destes herbicidas antes da formação da quinta folha expandida, ou seja, nos estádios mais precoces de desenvolvimento, onde as plantas mais jovens apresentam cutícula mais delgada, tende-se a favorecer a absorção dos herbicidas (HESS & FALK, 1990) e, conseqüentemente, efeitos potencialmente nocivos no seu desenvolvimento, como redução no acúmulo de massa vegetal ou prejuízos no florescimento (FARINELLI et al., 2005; PACHECO et al., 2007).

Penckowski et al. (2003) e Pacheco et al. (2007) também relataram efeitos leves de fitointoxicação em culturas pertencentes à família das gramíneas após a aplicação de 2,4-D tanto em pré como em pós-semeadura.

Para altura das plantas de milho, observando a testemunha, nota-se que com o passar das épocas houve uma ação de estímulo no crescimento das variedades. Esse maior percentual deve-se ao fato do herbicida atuar como

hormônio vegetal (TABELA 4). Dessa maneira, com o passar das épocas a concentração do herbicida foi sofrendo o decréscimo constante que em concentrações mínimas atuou estimulando o crescimento em altura das plantas.

TABELA 4 Porcentagem de incremento de altura de variedades de milho cultivado em solo contaminado com herbicida em função de épocas de colheita. Alta Floresta - MT, 2017.

ÉPOCA (DAE = dias após a emergência)	Porcentagem de redução de altura
Sem uso de herbicida	100,0 B
28 DAE	128,7 A
56 DAE	130,8 A
84 DAE	136,3 A
DMS linha	8,57

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse estímulo para esta variável, pode estar relacionado pelo herbicida ser uma auxina sintética atuando como hormônio vegetal, sendo assim, quando absorvidos em altas concentrações agem severamente no metabolismo vegetal, levando a morte da planta. No entanto, em outros extremos esses hormônios podem induzir quando absorvidas pelo vegetal em baixas concentração estímulo no crescimento principalmente de parte aérea.

Porém, o ganho em altura dessas plantas, mesmo que 84 DAE tenha apresentado um incremento na elongação de 36,3% não configura vantagem para o vegetal, sem que seja feito um estudo mais aprofundado. Pois muitos desses herbicidas hormonais se caracterizam por esgotar as reservas das plantas, desequilibrando os componentes bioquímicos, alterando concentrações hormonais, o pH do sulco celular e obstruindo o sistema vascular de transporte de nutrientes (ROMAN et al., 2007).

Para a porcentagem de redução da massa seca da parte aérea, a resposta diferencial dos materiais no incremento dessa variável foram nitidamente observados (TABELA 5). Todas as variedades apresentaram nas duas primeiras épocas de avaliação, na presença do herbicida, menor acúmulo de massa seca da parte aérea, quando comparado com o tratamento testemunha. Porém, na última avaliação, enquanto todas apresentavam sinais

da ação do herbicida, a CR preto apresentou acentuada recuperação para esta variável, superando até mesmo a testemunha.

De alguma maneira, a variedade CR preto aos 84 DAE, pode não ter encontrado possíveis impedimentos ocasionados pela molécula do herbicida no solo, ou a redução na concentração dessa molécula atuou no estímulo para o ganho de massa seca da parte aérea dessa variedade.

TABELA 5 Porcentagem de redução de massa seca da parte aérea de variedades de milho em função do seu cultivo em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram. Alta Floresta - MT, 2017.

ÉPOCA	VARIEDADES				
	CR Preto	CR Roxo	Híbrido	CR Amarelo	CR Branco
Sem	100 B a	100 A a	100 A a	100 A a	100 A a
28	35,0 C b	24,1 C b	60,3 B a	28,0 C b	30,5 C b
56	40,5 C a	47,9 B a	52,1 B a	51,3 B a	39,8 BC a
84	152 A a	56,1 B bc	69,0 B b	35,0 BC c	57,6 B bc
DMS linha					22,69
DMS coluna					21,31

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O pouco desenvolvimento da massa seca da parte aérea das demais variedades pode estar relacionado à redução na capacidade de translocação de fotoassimilados pelo floema. Os herbicidas desse grupo induzem intensa divisão celular especialmente nas regiões do cambio vascular, com a formação de tumores no meristema intercalar (SILVA et al., 2007a) e provocando epinastia de folhas e caule, além de interrupção no fluxo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011) e a posterior destruição do floema (BIBIANO et al., 2012). Isso impede o movimento dos produtos da fotossíntese das folhas para a região subsuperficial, onde se encontram as raízes, conseqüentemente, causa a redução nas taxas de absorção de água e nutrientes. Essa seqüência de eventos causa desbalanço hídrico e nutricional, comprometendo o desenvolvimento normal das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2014).

A potencial de tolerância da variedade CR preto, verificado no acúmulo de massa seca da parte aérea foi superior às demais variedades, causando um acúmulo exagerado da massa seca, que possivelmente ocorreu devido à redução na concentração do herbicida no substrato. A ação dos mimetizadores de auxinas, quando mantidos e absorvidos em pequenas concentrações, como foi o caso da resposta causada no CR Preto, podem estimular um maior

crescimento, como também a inserção de ramos e outras estruturas vegetativas por se tratar de um hormônio vegetal. Enquanto em altas concentrações, ocasionam desordens fisiológicas podendo levar a planta à morte (MOUSDALE & COGGINS, 1991).

Assim, é possível afirmar que as variedades de milho apresentaram algum mecanismo de remediação do herbicida, variando de material para material. Entretanto, vale ressaltar que, mesmo que estas tenham se recuperado dos sintomas aparentes de injúria ou o acúmulo de massa seca tenha aumentado, alguns materiais podem ter a sua produtividade afetada e, dependendo da dose presente no solo e das condições climáticas durante o desenvolvimento das plantas, poderá haver redução na capacidade produtiva final (SIEGELIN, 1993; DAMIÃO FILHO et al., 1996; CAVALIERI et al., 2008).

Para massa seca radicular, O herbicida aos 28 DAE, induziu a uma redução no desenvolvimento do sistema radicular de todas as variedades, com exceção ao híbrido (TABELA 6). Entretanto, na última avaliação as variedades recuperaram o desenvolvimento e foram gradativamente aumentando a massa seca radicular. Mas essa capacidade de recuperação não foi suficiente para alcançar valores verificados na testemunha. A variedade CR Preto, diferente das demais, foi a única que apresentou, aos 84 DAE, estímulo no desenvolvimento desta variável, que atingiu percentuais superiores aos valores da testemunha, assemelhando-se aos resultados observados na massa seca da parte aérea.

TABELA 6 Porcentagem de redução de massa seca da parte radicular de variedades de milho em função do seu cultivo em solo contaminado com herbicida 2,4-D + picloram. Alta Floresta - MT, 2017.

ÉPOCA	VARIEDADES				
	CR Preto	CR Roxo	Híbrido	CR Amarelo	CR Branco
Sem	100 A a	100 A a	100 A a	100 A a	100 A a
28	22,7 C ab	15,0 B b	40,4 B a	27,9 C ab	16,4 B b
56	23,1 C ab	21,5 B b	45,3 B a	21,9 C b	21,0 B b
84	131 B a	22,3 B c	49,2 B b	59,4 B b	23,6 B c
DMS linha					22,67
DMS coluna					21,30

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução na massa seca de raiz das variedades crioulas, pode ter sido causada por distúrbios diferenciais entre elas na atividade fotossintética com a

presença de picloram. As variedades, principalmente as crioulas, pela variabilidade genética existentes, podem ter respondido de forma diferenciada à absorção dos herbicidas presente no solo e, após essa absorção, as reações em cadeia, dentro da planta expressaram de formas diferentes. Segundo Pemadasa e Jeyaseelan (1976), os herbicidas auxínicos podem induzir o fechamento estomatal, provocando distúrbios na atividade fotossintética e na respiração, reduzindo as taxas de crescimento da planta, e conseqüentemente o acúmulo de matéria seca tanto aérea como radicular.

Observa-se que novamente a variedade CR Preto apresentou superioridade na última época de avaliação. Possivelmente esse resultado pode ser conseqüência de sua capacidade de tolerância da molécula do herbicida até nível não prejudiciais para a planta, semelhantes ao observado no desenvolvimento da parte aérea (Tabela 5). A ação dos mimetizadores de auxina, quando em contato com o vegetal, podem provocar efeitos prejudiciais no sistema radicular, pois a interrupção dos vasos condutores faz com que o processo de absorção seja paralisado, e como conseqüência disso, as raízes perdem sua capacidade de absorção de água e sais minerais, induzindo a formação de um sistema radicular pouco desenvolvido (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

A ação severa nas raízes pode ter ocorrido em virtude da sensibilidade do sistema radicular a esses herbicidas mimetizadores de auxinas, que fazem com que as raízes perdem sua habilidade de se nutrir através de água e nutrientes, o que provoca esgotamento das reservas de energia da planta, levando a morte (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). Para Ferreira et al. (2005), os sintomas acentuados no sistema radicular, são decorrentes do aumento na produção da enzima carboxilase, especialmente da carboximetilcelulase (CMC) que atua no afrouxamento e destruição das paredes celulares dos vegetais, devido a esses efeitos pode ocorrer principalmente a destruição do sistema radicular das plantas.

4.2 Estudo em plantas bioindicadoras

Em todas as variáveis analisadas houve significância, sendo que, para emergência de plântulas houve o efeito apenas estimulado pelo fator herbicida e para o IVE dos fatores herbicida e épocas de maneira isolada. Para a variável massa seca da parte aérea, houve interação de dois fatores sempre em conjunto, enquanto para o comprimento da parte aérea a interação foi observada para variedades x épocas e herbicida x épocas. Para as demais variáveis como notas de fitointoxicação, massa seca radicular e comprimento radicular, verificou-se interação entre os três fatores estudados (variedades x herbicida x épocas) pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), como visto na Tabela 7.

A emergência e o IVE das plântulas de pepino na presença do herbicida, houve redução significativa em ambas as variáveis. O IVE, ao longo das épocas de avaliação, sofreu redução, sendo que na última avaliação, os valores dessa variável apresentou uma diminuição (Figura 1).

Ambas as variáveis, com ou sem a aplicação do herbicida, demonstram que os resíduos do herbicida podem ter provocado alguma alteração negativa na capacidade das sementes em se hidratar, germinar e emergir. Informações similares também foram relatadas por Nascimento e Yamashita (2009) que, avaliando os efeitos de doses crescentes de 2,4-D + picloram verificaram decréscimos na emergência da mesma espécie. Assim, como consequência da ação do herbicida na emergência das plântulas, o IVE também foi influenciado de maneira significativa. Em relação às épocas, os valores de IVE foram superiores na coleta realizada nas duas primeiras avaliações. A presença de resíduos desses herbicidas hormonais pode ter ocasionado, no início do desenvolvimento, uma reação de estímulo hormonal, afetando positivamente a velocidade de emergência. Essa reação pode ter ocorrido de maneira semelhante às auxinas naturais presentes no solo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2011).

TABELA 7 Quadrados médios de emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), notas de fitointoxicação, massa seca aérea, massa seca radicular, comprimento aéreo e comprimento radicular de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivadas em solo contaminado com herbicida, coletado após cultivo de diferentes variedades de milho. Alta Floresta – MT, 2017.

Fontes de Variação	QUADRADOS MÉDIOS						
	Emergência	IVE	Notas de Fitointoxicação	Massa Seca Aérea	Massa Seca Radicular	Comprimento Aéreo	Comprimento Radicular
Variedades	6,97321 ^{ns}	0,03772 ^{ns}	3,93473 ^{**}	0,00367 ^{**}	0,00028 [*]	1,45815 [*]	28,23131 ^{**}
Herbicida	74,16080 ^{**}	0,69555 ^{**}	166,06617 ^{**}	0,00248 ^{**}	0,02488 [*]	1,51536 ^{ns}	584,48703 ^{**}
Época	0,48244 ^{ns}	1,04522 ^{**}	39,42680 ^{**}	0,03031 ^{**}	0,01301 [*]	30,99494 ^{**}	500,16324 ^{**}
Var x Her	7,62135 ^{ns}	0,07541 ^{ns}	3,93473 ^{**}	0,00095 ^{**}	0,00006 ^{ns}	0,39857 ^{ns}	4,61364 ^{**}
Var x Ep	3,12286 ^{ns}	0,03270 ^{ns}	0,38388 ^{**}	0,00110 ^{**}	0,00034 ^{**}	1,17640 [*]	17,60257 [*]
Her x Ep	3,25999 ^{ns}	0,10600 ^{ns}	39,42680 ^{**}	0,00606 ^{**}	0,00536 ^{**}	4,82168 ^{**}	98,00759 ^{**}
Var x Her x Ep	4,37207 ^{ns}	0,02282 ^{ns}	0,38388 ^{**}	0,00028 ^{ns}	0,00027 ^{**}	0,84470 ^{ns}	13,33062 ^{**}
Erro	5,76121	0,04685	0,01253	0,00021	0,00008	0,60962	1,88208
Média Geral	99,00472	4,70086	1,07388	0,15929	0,08326	6,05358	22,06229
C.V. (%)	2,42	4,60	10,43	9,16	10,58	12,90	6,22

Significativo a 5% (*) e 1% (**) de significância pelo teste F; ^{ns} não significativo.

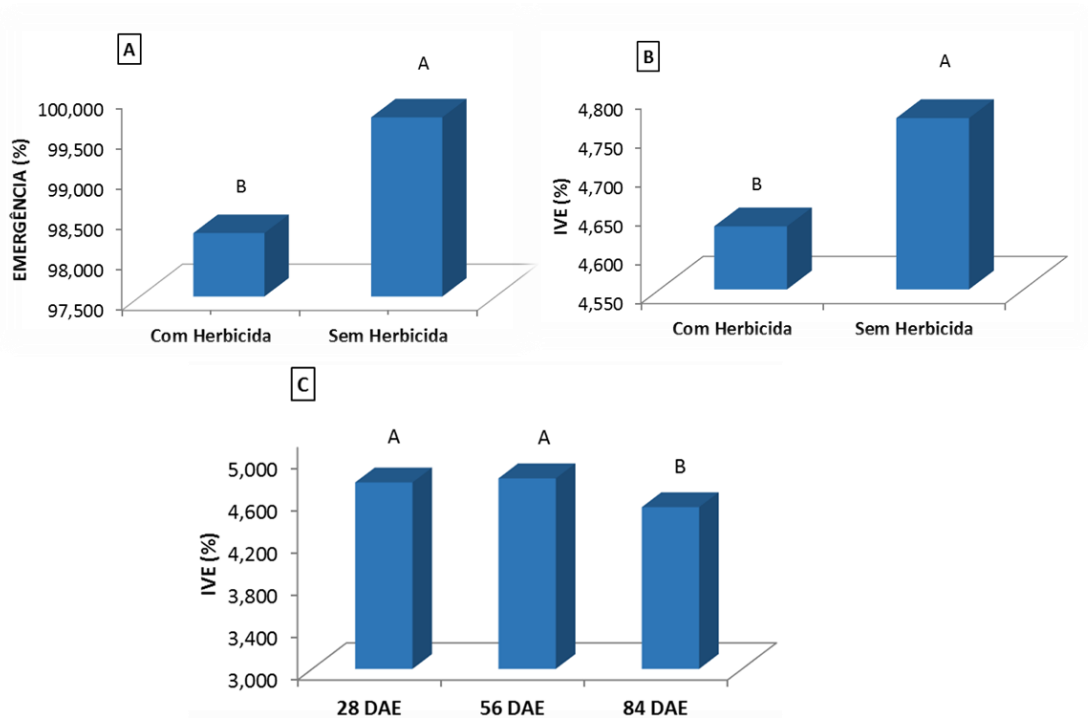


FIGURA 1 Emergência (A) e índice de velocidade de emergência (B e C) de plântulas de pepino cultivado em solo contaminado com 2,4-D+picloram em diferentes épocas de avaliação. Alta Floresta - MT, 2017.

Segundo Tu et al. (2001), o picloram em baixas concentrações, pode estimular a síntese de proteínas, DNA e RNA, provocando intensa divisões celulares, proporcionando crescimento das plantas, especialmente no início da sua formação. Os efeitos no desenvolvimento inicial das plantas sensíveis podem ser notados em doses muito baixas como tomate, alface, pepino, algodão, uva e fumo (MANCUSO et al., 2011; NASCIMENTO & YAMASHITA, 2009).

Quanto as notas dadas para a fitointoxicação observadas nas plântulas de pepino, verificou-se o efeito tóxico do herbicida 2,4-D+picloram nos substratos, após cultivo de variedades de milho (TABELA 8). Em solo isento de herbicida, não foi verificada visualmente qualquer alteração nas plantas de pepino. Entretanto, ao se cultivar a planta bioindicadora em solo contaminado e posteriormente ao cultivo das variedades de milho, foram verificadas anomalias típicas de plantas que sofreram intoxicação com mimetizadores de auxina. O desenvolvimento foi anormal, em relação às plantas sem tratamento, apresentando amarelecimento das folhas pouco acentuado. Especialmente na primeira avaliação foi nítido e o retorcimento do ápice caulinar que é

caracterizado por epinastia, causando deformações na região meristemática de algumas plantas.

Sintomas como tumores e engrossamento do caule e raízes, formação de gemas múltiplas e hipertrofia das raízes laterais e crescimento desorganizado, epinastia das folhas e retorcimento do caule são comumente relatados em plantas dicotiledôneas que sofreram a ação do 2,4-D e do picloram (DEUBER, 2003; ROMAN et al., 2007; OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Dessa maneira, Carmo et al. (2008) verificaram redução de altura e amarelecimento das folhas de soja e tomate, cultivados em solo que outrora havia sido cultivado *Panicum maximum* (cultivar Tanzânia) para estudos de fitorremediação de solo contaminado com picloram.

TABELA 8 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para notas de fitointoxicação de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Variedades	Épocas	Herbicida	
		Com	Sem
CR Amarelo	28	3,21000a	0,00000b
CR Branco		4,27500a	0,00000b
Híbrido		3,03750a	0,00000b
CR Preto		4,37250a	0,00000b
CR Roxo		3,76500a	0,00000b
Testemunha		5,71500a	0,00000b
CR Amarelo	56	1,12000a	0,00000b
CR Branco		1,28000a	0,00000b
Híbrido		1,27500a	0,00000b
CR Preto		2,28250a	0,00000b
CR Roxo		1,56000a	0,00000b
Testemunha		4,01750a	0,00000b
CR Amarelo	84	0,24500a	0,00000b
CR Branco		0,15000a	0,00000a
Híbrido		0,02500a	0,00000a
CR Preto		0,58500a	0,00000b
CR Roxo		0,55250a	0,00000b
Testemunha		1,19250a	0,00000b
DMS linha			0,15693

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pela Tabela 9 pode-se observar que, independentemente da época de avaliação, o solo sem cultivo de variedades de milho sempre apresentou notas maiores de fitointoxicação das plântulas do pepineiro. Esse resultado indica,

por alguma razão, que o cultivo do milho permitiu o desenvolvimento do pepino e este sofreu menor efeito tóxico do 2,4-D+picloram. Possivelmente, esta gramínea, como outras (panicum e milho) tenham esta capacidade de fitorremediação. Dentre as variedades, as que mais se destacaram foram o Híbrido e o CR Amarelo, cujas notas de fitointoxicação foram as menores em todas as avaliações.

Apesar de ser necessário um aprofundamento nas pesquisas, esses resultados são indicativo de que houve alguma remoção, imobilização ou a associação destes, que tornou este herbicida menos danoso às plantas. De acordo com Accioly & Siqueira (2000) e Pires et al. (2003), estas características de fitorremediação podem ser observadas quando houver o emprego de plantas fitorremediadoras, uma microbiota associada e de elementos 'amenizantes' como corretivos de solo, fertilizantes e matéria orgânica no solo, além de determinadas práticas agrônômicas como o sistema de semeadura direta.

TABELA 9 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para notas de fitointoxicação de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Épocas	Herbicida	Variedades					Test.
		CR Amarelo	CR Branco	Híbrido	CR Preto	CR Roxo	
28	Com	3,21000d	4,27500b	3,03750d	4,37250 b	3,76500 c	5,71500 a
	Sem	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a
56	Com	1,12000d	1,28000d	1,27500d	2,28250b	1,56000c	4,01750a
	Sem	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a
84	Com	0,24500c	0,15000c	0,02500c	0,58500b	0,55250b	1,19250c
	Sem	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a	0,00000a
DMS linha							0,22978

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância; Test: tratamento testemunha.

Ao longo das avaliações, foi sendo observada a redução nos valores de notas de fitointoxicação, demonstrando a capacidade das plantas de pepino em se recuperar do resíduo do herbicida no solo (Tabela 10). Além disso, é notório a variação nas notas de fitointoxicação, mesmo na primeira avaliação, mas estas nunca foram superiores a 4,3, indicando reduzida presença do herbicida no solo.

TABELA 10 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para notas de fitointoxicação de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Herbicida	Variedades	Épocas		
		28	56	84
Com	CR Amarelo	3,21000a	1,12000b	0,24500c
	CR Branco	4,27500a	1,28000b	0,15000c
	Hibrido	3,03750a	1,27500b	0,02500c
	CR Preto	4,37250a	2,28250b	0,58500c
	CR Roxo	3,76500a	1,56000b	0,55250c
	Testemunha	5,71500a	4,01750b	1,19250c
DMS linha				0,18820

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Certamente um solo contaminado e logo em seguida cultivado com a planta bioindicadora não poderia gerar valores tão baixos, demonstrando que o cultivo de variedades de milho influenciou na redução da concentração do herbicida no solo, indicando uma possível fitoextração.

D'Antonino et al. (2009) afirmam que um fator que pode contribuir para a reduzida persistência de picloram em Argissolo franco-argilo-arenoso é elevada precipitação pluviométrica, pois não provocou sintomas de intoxicação em *Cucumis sativus* após 150 dias da aplicação do herbicida. Ainda, de acordo com Assis et al. (2010), lâminas de reposição de água evaporada elevada, acima de 90% podem auxiliar na remediação do solo, reduzindo significativamente a fitointoxicação de picloram em soja. Sendo assim, na presente pesquisa a irrigação foi aplicada fornecendo de maneira ideal as necessidades das variedades, provavelmente não sendo o fator limitante para os resultados não tão severos.

A massa seca da parte aérea das plântulas de pepino, analisando-se a origem dos substratos, verificou-se que os menores valores foram obtidos nas variedades crioulas, mas que as variedades CR Preto e CR Amarelo não se diferenciaram do híbrido. Entretanto, o solo sem cultivo de milho foi o que permitiu o maior acúmulo de massa seca da parte aérea, diferindo dos demais (Tabela 11). Esse resultado de maior acúmulo de massa seca parte aérea nas plantas originadas de substrato sem o cultivo do milho foi verificado parcialmente em solo sem contaminação, em que o substrato sem cultivo de

milho apresentou valor numérico superior aos demais, não diferindo, entretanto, da variedade CR Roxo e do híbrido comercial.

O pepino cultivado em solo que havia sido cultivado o híbrido e a testemunha isenta do cultivo do milho apresentaram maior acúmulo de massa seca (TABELA 11), que pode ter ocorrido em virtude da ação do herbicida que induziu as de maneira mais intensa as plantas ao entrarem em epinastia e principalmente o engrossamento do caule mais severo que as demais. Possivelmente as variedades crioulas tenham para essa variável, realizado uma fitoextração mais eficiente do que o substrato do híbrido e a testemunha, o que acaba se confirmando quando comparado o cultivo em solo isento do herbicida, onde todas as amostras dos materiais crioulos apresentaram similaridade estatística, que pode ser resultado de uma maior absorção pelo sistema radicular das plantas. Alguns autores afirmam que a umidade e a temperatura também têm relação positiva com a capacidade de uma planta em fitorremediar um herbicida. Maiores volumes de água disponíveis no solo tandem a favorecer a atividade microbiana de bactérias encontradas naturalmente no solo aumentando, conseqüentemente, a rizodegradação de herbicidas auxínicos (BELO et al., 2007; ASSIS et al., 2010).

TABELA 11 Desdobramento de Herbicida x Variedades da variável massa seca aérea de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivadas em solo contaminado com herbicida 2,4-D+picloram coletado após cultivo de diferentes variedades de milho. Alta Floresta - MT, 2017.

Variedades	Massa seca aérea (g)	
	Doses	
	Com	Sem
Híbrido	0,16908Ba	0,15575BAb
CR Preto	0,15650CBa	0,14716Ba
CR Amarelo	0,15775CBa	0,14900Ba
CR Roxo	0,15216Ca	0,16175BAa
CR Branco	0,14858Ca	0,14850Ba
Testemunha	0,19658Aa	0,16866Ab
DMS linha		0,01181
DMS coluna		0,01729

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Analisando-se a interação entre origem do substrato épocas de coleta, verificou-se que, em solos coletados na avaliação realizada aos 28 DAE, houve grande variação entre as variedades estudadas, sendo os maiores valores de massa seca de pepino verificados em solo proveniente de cultivo com híbrido, CR amarelo e solo sem cultivo de milho (Tabela 12).

Nas demais avaliações, cujas coletas foram realizadas aos 54 e 84 DAE, o substrato que não recebeu milho foi o que promoveu maior incremento na produção de massa seca de pepino.

TABELA 12 Desdobramento de Épocas x Variedades da variável massa seca aérea de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivadas em solo contaminado com herbicida coletado após cultivo de diferentes variedades de milho em três épocas de coleta. Alta Floresta - MT, 2017.

Variedades	Massa seca aérea (g)		
	Épocas		
	28 DAE	56 DAE	84 DAE
Híbrido	0,20737Aa	0,14200Bb	0,13787Bb
CR Preto	0,17712BCa	0,14887Bb	0,12950Bc
CR Amarelo	0,19212ABa	0,13912Bb	0,12887Bc
CR Roxo	0,18612BCa	0,14637Bb	0,13837Bb
CR Branco	0,17075Ca	0,14850Bb	0,12637Bc
Testemunha	0,19300ABa	0,17500Ab	0,17987Aab
DMS linha			0,01735
DMS coluna			0,02118

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao se comparar as épocas de coleta (TABELA 12), em todas as avaliações, a primeira época (28 DAE) foi a que apresentou maiores valores de massa seca da parte aérea para todas as amostras, apresentando notável diferença no desenvolvimento do pepineiro entre as amostras avaliadas. Porém nas duas últimas avaliações (56 e 84 DAE), a única diferença observada foi para a testemunha que não havia sido cultivado o milho, enquanto as demais amostras não apresentaram diferença significativa.

Avaliando as épocas de coleta na presença e ausência do herbicida, a primeira época (TABELA 13). A presença do herbicida proporcionou maiores acúmulos de massa seca da parte aérea das plântulas de pepineiro, possivelmente por ter induzido distúrbios fisiológicos como

engrossamento do caule, epinastia e o aparecimento de alguns tumores. Porém, com o aumento do tempo de cultivo de milho neste solo, houve redução no efeito fitotóxico.

D'Antonino et al. (2009) relataram redução no acúmulo de matéria seca de plantas de milho cultivados em Argissolo com resíduos de 2,4-D+picloram. D'Antonino et al. (2012) verificaram que este mesmo herbicida provocou redução no teor de matéria seca de plantas de café, cultivado em área contaminada.

Apesar da redução verificada, alguns pesquisadores inferem que o aumento no tempo de cultivo de uma planta fitorremediadora pode reduzir o efeito do herbicida ao longo do tempo. Carmo et al. (2008) observaram redução no acúmulo de matéria seca de soja e tomate cultivados em Latossolo Vermelho eutroférico contaminado com picloram. Mas estes verificaram que, cultivando-se *Panicum maximum* cv. Tanzânia neste solo, houve redução no efeito fitotóxico, proporcionando maior desenvolvimento da soja e do tomate a partir dos 90 dias, quando o nível de contaminação não excedeu 80 g ha⁻¹ de picloram.

TABELA 13 Desdobramento de Herbicida x Época da variável massa seca aérea de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação. Alta Floresta - MT, 2017.

Herbicida	Massa seca aérea (g)		
	Épocas		
	28 DAE	56 DAE	84 DAE
Com	0,20333Aa	0,15375Ab	0,13325Bc
Sem	0,17216Ba	0,14620Ab	0,14704Ab
DMS linha	0,01001		
DMS coluna	0,00835		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O picloram é uma molécula bastante persistente no solo, podendo até persistir por mais de uma safra (SANTOS et al., 2006; OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Apesar da lenta degradação microbiana do picloram, Spiridov et al. (1987) afirmam que esta seja a principal forma de dissipação deste herbicida

no solo, pois durante a sua degradação os seus metabólitos primários são decompostos mais rapidamente no ambiente.

Já em solo não contaminado, os maiores valores de massa seca foram obtidos na primeira avaliação. Nas duas últimas, não se verificou diferença entre estas. Possivelmente a reduzida massa seca produzida esteja relacionada a menor quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas bioindicadoras nestes tratamentos, afinal, a coleta realizada a 28 DAE não permitiu que o milho ali cultivado pudesse extrair grandes quantidades desses até a realização dessa coleta, fato que pode ser explicado pela testemunha.

Para massa seca radicular, nas condições de presença e ausência de herbicida, verificou-se que, a ausência do herbicida no solo promoveu a formação de maior massa radicular, exceto no solo sem cultivo anterior de milho na última avaliação (Tabela 14).

Estes resultados demonstram que, nos tratamentos que havia herbicida, apesar do cultivo do milho, a fitoextração deste ainda não foi suficiente para a redução mais significativa de seus resíduos ao ponto de não causarem danos a planta bioindicadora. Entretanto, a variedade Híbrido e o CR Branco demonstraram, nesta variável, que após 84 dias, podem retomar o desenvolvimento e acúmulo de massa radicular, igualando-se estatisticamente ao cultivo da bioindicadora em solo não contaminado. Esses resultados podem ser um indicativo de possibilidade de fitorremediação destas variedades.

TABELA 14 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para massa seca radicular de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Variedades	Épocas	Herbicida	
		Com	Sem
CR Amarelo	28	0,04750b	0,08600a
CR Branco		0,03750b	0,08325a
Híbrido		0,03675b	0,09250a
CR Preto		0,03725b	0,08950a
CR Roxo		0,05475b	0,09075a
Testemunha		0,03600b	0,08775a
CR Amarelo	56	0,07625b	0,10100a
CR Branco		0,07500a	0,07850a
Híbrido		0,07750b	0,09100a
CR Preto		0,07775b	0,09775a
CR Roxo		0,07700b	0,09900a
Testemunha		0,08075b	0,11725a
CR Amarelo	84	0,07975b	0,10150a
CR Branco		0,09625a	0,10875a
Híbrido		0,10000a	0,10500a
CR Preto		0,08825b	0,10600a
CR Roxo		0,08175b	0,10400a
Testemunha		0,11225a	0,10600a
DMS linha			0,01274

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao se comparar as variedades, na primeira época de coleta de solo (28 DAE), a variedade CR Roxo apresentou maiores valores, mas não diferiu das demais, exceto do solo que não foi cultivado com milho (Tabela 15). Aos 56 DAE, o solo contaminado promoveu a produção de raízes de pepino que não diferiram entre si, independente da variedade. A variação de resposta entre as variedades foi também verificada aos 84 DAE, na presença do herbicida no solo.

Essa inconsistência de resultados entre desenvolvimento das plântulas de pepino, deve-se ao fato da variabilidade genética das variedades de milho, que pode levar a resultados pouco claros em algumas variáveis, como é o caso da massa seca radicular. A ação hormonal dos herbicidas auxínicos também pode influenciar de maneira diferente, de acordo com a planta estudada. A literatura relata diferentes efeitos nas plantas, mas é fato que estes produtos agem como auxina sintética, provocando crescimento desordenado e descontrolado em plantas sensíveis (TU et al., 2001; RODRIGUES &

ALMEIDA, 2005; KELLEY & RIECHERS, 2007; OLIVEIRA JÚNIOR, 2011). Dessa forma, provoca distúrbios no metabolismo dos ácidos nucléicos, aumentando a atividade enzimática e destruindo o floema. Como consequência, podem provocar alongamento celular, turgescência e rompimento das células, variando de acordo com a sensibilidade de cada planta (ROMAN et al., 2007). As raízes têm seu crescimento alterado, perdendo sua habilidade de absorver água e nutrientes, causando rápido esgotamento das reservas de energia da planta e finalmente sua morte (BIBIANO et al., 2012; BATISTÃO, 2014).

TABELA 15 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para massa seca radicular de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Época	Herbicida	Variedades					Test.
		CR Amarelo	CR Branco	Hibrido	CR Preto	CR Roxo	
28	Com	0,04750ab	0,03750ab	0,03675ab	0,03725ab	0,05475a	0,03600b
	Sem	0,08600a	0,08325a	0,09250a	0,08950a	0,09075a	0,08775a
56	Com	0,07625a	0,07500a	0,07750a	0,07775a	0,07700a	0,08075a
	Sem	0,10150bc	0,07850a	0,09100ab	0,09775b	0,09900bc	0,11725c
84	Com	0,07975c	0,09625abc	0,10000ab	0,08825bc	0,08175bc	0,11225a
	Sem	0,10100a	0,10875a	0,10500a	0,10600a	0,10400a	0,10600a
DMS linha							0,01866

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância; Test: tratamento testemunha.

Ao longo das avaliações, verificou-se uma maior massa seca radicular nas variedades cujo substrato estava contaminado com 2,4-D+picloram (Tabela 16). Assim, é possível inferir que ocorreu a redução no residual deste produto ao longo do tempo. Outra possibilidade é a ação fitorremediadora das variedades de milho. Esta fitorremediação se baseia na seletividade, natural ou desenvolvida, destas plantas ao herbicida (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000; ALKORTA & GARBISU, 2001; PIRES et al., 2003)

TABELA 16 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para massa seca radicular de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Herbicida	Variedades	Épocas		
		28	56	84
Com	CR Amarelo	0,04750b	0,07625a	0,07975a
	CR Branco	0,03750c	0,07500b	0,09625a
	Hibrido	0,03675c	0,07750b	0,10000a
	CR Preto	0,03725b	0,07775a	0,08825a
	CR Roxo	0,05475b	0,07700a	0,08175a
	Testemunha	0,03600c	0,08075b	0,11225a
Sem	CR Amarelo	0,08600b	0,10150a	0,10100ab
	CR Branco	0,08325b	0,07850b	0,10875a
	Hibrido	0,09250a	0,09100a	0,10500a
	CR Preto	0,08950b	0,09775ab	0,10600a
	CR Roxo	0,09075a	0,09900a	0,10400a
	Testemunha	0,08775b	0,11725a	0,10600a
DMS linha				0,01528

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O comprimento da parte aérea das plântulas de pepineiro apresentou diferença entre as variedades de milho apenas na primeira avaliação (Tabela 17). Apesar de numericamente superior, o solo sem o cultivo do milho (testemunha) não diferiu do CR Amarelo, CR Roxo e CR Branco, variando os comprimentos aéreo de 6,506 a 7,601 cm.

Os resíduos de 2,4-D+picloram afetaram negativamente o comprimento das plantas de pepino, cujos valores foram reduzidos ao longo das avaliações. Esses dados diferem dos verificados por Constantin et al. (2007), que relatam alongamento exagerado de plantas de algodoeiro quando o solo estava contaminado com mimetizadores de auxinas.

Estes herbicidas podem causar crescimento desordenado em plantas sensíveis provocando alongamento celular na maioria das plantas sensíveis, e em baixas concentrações, estes herbicidas apresentam propriedades hormonais semelhantes às auxinas encontradas naturalmente no solo, que promovem o alongamento celular (MARCHI et al., 2008). Entretanto, alguns trabalhos têm relatado manutenção ou redução nesta variável ao longo do tempo de exposição a ambiente contaminado com esses compostos. Batistão (2014) relata que tomateiro não sofreu alteração no seu comprimento aéreo com 50% da dose recomendada.

TABELA 17 Desdobramento de Amostra x Época da variável comprimento aéreo de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta, 2017.

Variedades	Comprimento aéreo (cm)		
	Épocas		
	28 DAE	54 DAE	84 DAE
Híbrido	6,16412Ca	6,06937Ab	5,54875Ab
CR Preto	6,44125CBa	5,92212Aa	4,94262Ab
CR Amarelo	6,50612ABCa	5,68025Aab	5,44300Ab
CR Roxo	7,31762BAa	5,71662Ab	5,23512Ab
CR Branco	7,48337BAa	5,99175Ab	5,20150Ab
Testemunha	7,60137Aa	6,08462Ab	5,61487Ab
DMS linha	0,92800		
DMS coluna	1,13303		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados semelhantes aos observados no presente estudo também foram relatados em outros trabalhos. Carmo et al. (2008) observaram redução na altura de plantas de soja e tomate após cultivo de *Panicum maximum* (cultivar Tanzânia) na fitorremediação de solo contaminado com picloram. Nascimento & Yamashita (2009) avaliaram o desenvolvimento inicial de tomate e pepino em solo contaminado com 2,4-D+picloram, e relataram redução superior a 70% na altura das plantas destas espécies. D'Antonino et al. (2012) relatam redução de até 88% na altura de plantas jovens de café em solo contaminado com picloram.

Houve redução no comprimento das plântulas tanto em condições de presença como de ausência de herbicida, ao longo das avaliações (Tabela 18). Nas duas primeiras avaliações, para o comprimento de plântulas, a ausência ou a presença de herbicida contaminando o solo, não influenciaram esta variável. Apenas aos 84 DAE houve redução da altura das plantas quando da presença de 2,4-D+picloram. Pacheco et al. (2007) verificaram redução na altura de plantas de milho em condições similares aos do presente estudo, assemelhando-se a estes resultados. O cultivo de diferentes materiais genéticos, tendem a produzir respostas diferenciais, como já relatadas em outras variáveis anteriores, demonstrando que as possíveis variações

genéticas podem induzir a diferentes comportamentos em relação a interação com o ambiente (SIGNORI & DEUBER, 1980; TREZZI & VIDAL, 2004).

TABELA 18 Desdobramento de Herbicida x Época da variável comprimento aéreo de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta – MT, 2017.

Herbicida	Comprimento aéreo (cm)		
	Épocas		
	28 DAE	56 DAE	84 DAE
Com	6,79641Aa	6,13100Ab	4,92191Bc
Sem	7,04154Aa	5,68691Ab	5,74004Ab
DMS linha	0,53578		
DMS coluna	0,44676		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para o comprimento radicular das plântulas de pepino ocorreu interação tripla dos fatores (Tabelas 19, 20 e 21). A ausência de herbicida no solo permitiu que as plantas de pepineiro pudessem desenvolver seu sistema radicular, obtendo maior comprimento em todas as variedades testadas na primeira época (Tabela 19).

Entretanto, nas duas avaliações posteriores, verificou-se que algumas variedades (Híbrido e CR Preto aos 56 DAE e Híbrido, CR Preto, CR Roxo e CR Branco aos 84 DAE) conseguiram desenvolver seu sistema radicular na presença de 2,4-D+picloram, que se assemelhou á condições de ausência de resíduos do herbicida. Indicando que, nas duas últimas épocas para essa variável, fez com o que ocorresse uma possível capacidade de fitorremediação dessas variedades, contribuindo assim, pra o melhor desenvolvimento para o comprimento radicular do pepineiro.

TABELA 19 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para comprimento radicular de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Variedades	Épocas	Herbicida	
		Com	Sem
CR Amarelo	28	17,70625b	21,40900a
CR Branco		15,43875b	23,63875a
Híbrido		13,67350b	21,90925a
CR Preto		13,84225b	21,77275a
CR Roxo		15,68625b	19,53925a
Testemunha		11,93225b	23,69500a
CR Amarelo	56	22,17800b	27,19900a
CR Branco		21,35550b	24,27500a
Híbrido		22,69150a	23,31675a
CR Preto		22,08075a	23,60275a
CR Roxo		21,71950b	25,14450a
Testemunha		22,86100b	26,70000a
CR Amarelo	84	23,44025b	25,53400a
CR Branco		21,86025a	22,21825a
Híbrido		28,33000a	23,86275b
CR Preto		22,38725a	24,15200a
CR Roxo		20,48600a	25,93325a
Testemunha		22,82975b	29,84125a
DMS linha			1,92285.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

É possível verificar que houve grande variação do residual do herbicida fitorremediado pelas variedades em todas as épocas de avaliação (Tabela 20). Em geral, devido as características genéticas próprias de cada material, na primeira época de avaliação, algumas amostras proporcionaram alongamento radicular superior às demais, destacando-se a variedade CR Amarelo, CR Branco e CR Roxo na presença de herbicida. Mas aos 56 DAE, essa diferença entre as variedades não mais se manifestou. Já aos 84 DAE, apenas solo cultivado com híbrido e sem cultivo promoveram crescimento significativamente maior das raízes de pepineiro.

Entretanto, é notório o comprimento maior das raízes da planta indicadora em duas condições: solo cultivado com híbrido e solo sem cultivo de milho. A partir da segunda avaliação, essa superioridade é notada. E, na última avaliação, essa diferença se tornou mais intensa. Assim, na presença dos resíduos de herbicidas, o substrato cultivado com híbrido demonstrou ser capaz de reduzir a ação tóxica deste herbicida na planta bioindicadora, que

deve-se possivelmente ao fato do crescimento vegetativo mais intenso do híbrido, com isso há uma maior fitoextração de água e sais minerais, bem como a molécula do herbicida. As demais variedades não conseguiram, para esta variável, nesta interação, conseguir prover o pepineiro de resultados semelhantes.

TABELA 20 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para comprimento radicular de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta-MT, 2017.

Épocas	Herbicida	Variedades					Test.
		CR Amarelo	CR Branco	Hibrido	CR Preto	CR Roxo	
28	Com	17,70625a	15,43875ab	13,67350bc	13,84225bc	15,68925ab	11,93225c
	Sem	21,40900ab	23,63875b	21,90925ab	21,77275ab	19,53925a	23,69500b
56	Com	22,17800a	21,35550a	22,69150a	22,08075a	21,71950a	22,86100a
	Sem	27,19900c	24,27500ab	23,31675a	23,60275a	25,14450abc	26,70000bc
84	Com	23,44025b	22,21825bc	28,33000a	22,38725bc	20,48600c	22,82975bc
	Sem	25,53400b	21,86025a	23,86275ab	24,15200ab	25,93350b	29,84125c
DMS linha							2,81545

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância; Test: tratamento testemunha.

Ao longo do tempo as variedades demonstraram apresentar potencial fitoextrator, reduzindo a ação tóxica do herbicida (Tabela 21). Como comentado anteriormente, além dessa capacidade, a ação de fatores abióticos como temperatura, luminosidade e umidade, além de fatores bióticos como a presença de microorganismos degradadores das moléculas, favoreceram essa capacidade das plantas de milho em absorver e indisponibilizar o herbicida.

Dessa maneira, no solo coletado posteriormente, a quantidade de resíduos era reduzida, permitindo que as plantas de pepineiro sofressem efeito tóxico no início do seu desenvolvimento, dada a condição de fragilidade das plântulas após a germinação. Mas esta condição foi superada posteriormente, sendo identificada esta capacidade das plantas e estender seu sistema radicular até padrões semelhantes a testemunha.

TABELA 21 Desdobramento de Amostra x Herbicida x Época para comprimento radicular de plântulas de *Cucumis sativus* L. cultivado sob diferentes agentes fitorremediadores, dose de herbicida e épocas de avaliação, Alta Floresta - MT, 2017.

Herbicida	Variedades	Épocas		
		28	56	84
Com	CR Amarelo	17,70625b	22,17800a	23,44025a
	CR Branco	15,43875b	21,35550a	21,86025a
	Hibrido	13,67350c	22,69150b	28,33000a
	CR Preto	13,84225b	22,08075a	22,38725a
	CR Roxo	15,68625b	21,71950a	20,48600a
	Testemunha	11,93225b	22,86100a	22,82975a
Sem	CR Amarelo	21,40900b	27,19900a	25,53400a
	CR Branco	23,63875b	24,27500a	22,21825ab
	Hibrido	21,90925a	23,31675a	23,86275a
	CR Preto	21,77275b	23,60275ab	24,15200a
	CR Roxo	19,53925b	25,14450a	25,93325a
	Testemunha	23,69500c	26,70000b	29,84125a
DMS linha				2,30597

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Notadamente, as variedades de milho em estudo se desenvolveram bem nos solos contaminados por picloram, apresentando os principais requisitos para o seu uso em programas de fitorremediação, com sistema radicular rústico e denso, seletividade, crescimento rápido, boa produção de massa verde e entre outros como citado por Pires et al. (2003). Vale ressaltar que as variedades se comportaram de maneira diferencial, dependendo da variável analisada.

5. CONCLUSÕES

- A variedade de milho crioulo CR preto quando comparado com as demais, apresentou a melhor capacidade de se desenvolver em solo contaminado pelo 2,4-D+picloram;
- As plântulas de pepineiro cultivadas nas amostras contaminadas das variedades híbrido foram as que menos sofreram a ação do herbicida, sendo a que mais apresentou capacidade de fitorremediar o herbicida no solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 299-352, 2000.

ALKORTA, I.; GARBISU, C. Phytoremediation of organic contaminants in soils. **Bioresearch Technology**, Lucknow, v. 79, p. 273-276, 2001.

ALENCAR, G.V.; MENDONÇA, E.S.; OLIVEIRA, T.S.; JUCKSCH, I.; CECCON, P.R. Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. **Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v, 51, n. 2, p. 217-236, 2013.

ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; CARMO, M. L.; PIRES, F. R.; FILHO, A. C. BRAZ, G. B. P. Fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por plantas de capim pé de galinha gigante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1131–1135, 2010.

BATISTÃO, A.C. **Persistência de doses crescentes de herbicidas auxínicos em solos da região amazônica**. 2014. 105f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos). Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta floresta, 2014.

BELO, A.F.; SANTOS, E.A.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; CECON, P.R.; SILVA, L.L. Efeito da umidade do solo sobre a capacidade de *Canavalia ensiformis* e *Stizolobium aterrimum* em remediar solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, n.2, p.239-249, 2007.

BIBIANO, C. S.; BRAGA, R. R.; OLIVEIRA, M. C.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B. Efeitos de subdoses de picloram em pré e pós-emergência do feijão. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DADINHAS: Biotecnologia. **Resumos...** Campo Grande, MS, p. 114-118, 2012.

BOVEY, R. W.; RICHARDSON, C. W. Dissipation of clopyralid and picloram in soil and seep flow in the backlands Texas. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 20, n. 3, p. 528-531, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009, 399 p.

CAMARGO, C. E. D.; SAN MARTIN, P. **Manual Brasil Agrícola**. São Paulo: Ícone Editora Ltda. 1986. 527p.

CARMO, M.L.; PROCÓPIO, S.O.; PIRES, F.R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A.L.L.; SILVA, G.P.; CARMO, E.L.; BRAZ, G.B.P.; SILVA, W.F.P.; BRAZ, A.J.B.P.; PACHECO, L.P. Seleção de plantas para fitorremediação de solos contaminados com picloram. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 301-313, 2008

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; SOUZA, A.; SILVA, D. A.; BARRETO, T. P.; GARBUGLIO, D. D.; FERREIRA, J.M. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 229-233, 2010.

CARVALHO, J.M.F.C.; SILVA, M.M.A.; MEDEIROS, M.J.L. **Perda das conservação dos recursos genéticos vegetais**. Campina Grande: Embrapa, 2009. 20p.

CAVALIERI, S.D.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.1, p. 203-214, 2008.

CIMILHO. **Levantamento de dados**. 2016. Disponível em: <<http://cimilho.cnps.embrapa.br/>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; FAGLIARI, J.R.; PAGLIARI, P.H.; ARANTES, J.G.Z.; CAVALIERI, S.D.; FRAMESQUI, V.P.; ALONSO, D.G. Efeito de sub-dosagens de 2,4-D na produtividade do algodão e susceptibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 24-29, 2007.

CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 56, p. 55-114, 1996.

DAMIÃO FILHO, C. F.; MÔRO, F. V.; TAVEIRA, L. R. Respostas de híbridos de milho ao nicosulfuron. 1 – Aspectos biológicos e da produção. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 3-13, 1996.

D'ANTONINO, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; CECON, P.R.; QUIRINO, A.L.S.; FREITAS, L.H.L. Efeitos de culturas na persistência de herbicidas auxínicos no solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 371-378, 2009.

D'ANTONINO, L.; FRANÇA, A.C.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, G.R. Crescimento de plantas de café em solos com resíduos de picloram. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 193-200, 2012.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. D.; WIETHOLTER, S. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. 2012, 39p. (Embrapa trigo. Documentos, 141).

DEUBER, R. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, p. 304-347, 2003.

DEUBERT, K. H.; CORTE-REAL, I. Soil residues of picloram and triclopyr after selective foliar application on utility rights-of-way. **Journal of Arboriculture**, South Yorkshire, v. 12, n. 11, p. 269-272, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Produção de Milho na Agricultura Familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 42p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular, 59).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cultivo do Milho**. 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69853/1/Irrigacao-1.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; LEMOS, L.B. Eficiência do herbicida 2,4-D no controle de *Raphanus raphanistrum* L., em pós-emergência na cultura de milheto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.4, n.1, p.104-111, 2005.

FERNANDEZ, R. T.; WHITWELL, T.; RILEY, M.B.; BERNARD, C.R. Evaluating semiaquatic herbaceous perennials for use in herbicide phytoremediation. **Journal American Society for Horticultural Science**, New York, v. 124, p. 539-544, 1999.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Mecanismos de ação de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5. 2005, Salvador. **Resumos...** Salvador: V Congresso Brasileiro de algodão. 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, C.R.R.P.T.; VEGRO, C.L.R. Defensivos Agrícolas: em 2014, faturamento do segmento foi o destaque. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 10, n. 5, p. 1-6, 2015.

FERREIRA, J. M L.; VIANNA, K. H. M.; COSTA, A. M.; SOUSA, D. V.; FONTES, A. A. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n.271, p.12-25, 2012

FRANCO, M. H. R.; FRANÇA, A. C.; ALBUQUERQUE, M. T.; SCHIAVON, N. C.; VARGAS, G. N. Fitorremediação de solos contaminados com picloram por *Urochloa brizantha*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 460-467, 2014.

GOLOUBINOFF, P.; PÄÄBO, S.; WILSON, A. C. Evolution of maize inferred from sequence diversity of an Adh2 gene segment from archaeological specimens. **Sciences Proceedings of the National Academy**, Washington, v. 90, p. 1997-2001, 1993.

GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; AGOSTINETTO, D.; LOECK, A. E.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S. C.; ZANNELLA, R. Monitoramento de

agrotóxicos em dois mananciais hídricos no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 06, p. 632-637, 2008.

GUIMARÃES, P. S. **Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhagens parentais**. 2007, 111 p. Dissertação (Mestrado em agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2007.

HESS, F. D.; FALK, R. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, Madison, v. 38, p. 280-288, 1990.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R. Controle de plantas daninhas na cultura do milho-pipoca com herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 509-516, 2005.

KELLEY, K. B.; RIECHERS, D. E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Amherst, v. 89, p. 1-11, 2007.

KOZIOSKI, G. V.; CIOCCA, M. L. S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.4, p.737-745. 2000.

LACERDA, A. L. S. **Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistemas de semeadura direta e convencional e curvas dose – resposta ao glyphosate**. 2003. 141 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

MACHADO, A. T. Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 35-50. 2014.

MADALÃO, J.C.; PIRES, F.R.; CHAGAS, K. FILHO, A.C.; PROCÓPIO, S.O. Uso de leguminosas na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 390-396, 2012.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-77, 1962.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: Adubos e Adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 594p.

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

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas**: mecanismo de ação e uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. (Embrapa Cerrados, Documentos, 227).

MENEGUETTI, G. A.; GIRARDI, J. L.; REGINATTO, J. C. Milho crioulo: tecnologia viável e sustentável. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.1, p. 12-17, 2002.

MOUSDALE, D. M.; COGGINS, J. R. Amino acid synthesis. In: KIRKWOOD, R. C. **Target sites for herbicide action**. New York: Premium, 1991.

NASCIMENTO, E. R.; YAMASHITA, O. M. Desenvolvimento inicial de olerícolas cultivadas em solos contaminados com resíduos de 2,4-D + picloram. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 47-54, 2009.

NUNES, A. L.; VIDAL, R. A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. Pesticidas: **Revista Ecotoxicológica e Meio Ambiente**, Curitiba, v.19, p.19-28, 2009.

NYFFELER, A.; GERBER H. R.; HURLE K.; PESTEMER, W.; SCHMIDT, R.R. Collaborative studies of dose response curve obtained with different bioassay method for soil-applied herbicides. **Weed Research**, Weinheim, v.22, p. 213-222, 1982.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348p.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; CALLEGARI, O.; PAGLIARI, P. H.; CAVALIERI, S. D.; FRAMESQUI, V. P.; CARREIRA, S. A. M.; ROSO, A. C. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade de uva Itália e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 35-40, 2007.

PACHECO, L.P.; PETTER, F.A.; CÂMARA, A.C.F.; LIMA, D.B.C.; PROCÓPIO, S.O.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVA, I.S. *Pennisetum americanum* Tolerance to 2,4-D. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 173-179, 2007.

PELWING, A.B.; FRANK, L.B.; BARROS, I.I.B. Sementes crioulas: o estado da arte no Rio Grande do Sul. **Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 46, n. 02, p. 391-420, 2008.

PEMADASA, M. A.; JEYASEELAN, K. Some effects of three herbicidal auxins on stomatal movements. **New Phytologist**, Bristol, v. 77, n. 3, p. 569-573, 1976.

PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LOPEZ-OVEJERO, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-

emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura de trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n.2, p. 435-442, 2003.

PIRES, F. R.; SOUZA, C.M.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, A. A. Uso da fitorremediação na descontaminação do solo. In: ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICOS, 23. 2001, Viçosa: **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 104p.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; CECOM, P.R.; PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, L.R. Fitorremediação de solos contaminados com tebutiuron utilizando-se espécies cultivadas para adubação verde. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 711-717, 2005.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, L.R. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n.2, p.335-341, 2003.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J.B.; PIRES, F.R.; SILVA, A. A.; SANTOS, E.A.; CARGNELUTTI FILHO, A. Development of bean plants in soil contaminated with trifloxysulfuron-sodium after *Stizolobium aterrimum* and *Cannavalia ensiformis* cultivation. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.25, n.1, p.87-96, 2007.

RAGAB, M.T.H. Residues of picloram in soil and their effects on crops. **Canadian Journal of Soil Science**, Lethbridge, v. 55, n. sn, p. 55-59, 1974.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR. 2005. 592p.

ROMAN, E. R.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. **Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação**. Passo Fundo: Berthier, 2007.

SALT, D. E.; SMITH, R. D.; RASKIN, I. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 49, p. 643-668, 1998.

SANTOS, J.B.; PROCÓPIO, S.O; SILVA, A.A.; PIRES, F.R.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; SANTOS, E.A.; FERREIRA, L.R. Fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron sodium. **Planta Daninha**, Viçosa, v.22, n.2, p.323-330, 2004.

SANTOS, M.V.; FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, F.A.; VIANA, R.G.; TUFFI SANTOS, L.D.; FONSECA, D.M. Eficácia e persistência no solo de herbicidas utilizados em pastagem. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 391-398, 2006.

SANTOS, D.P.; BRAGA, R.R.; GUIMARÃES, F.A.R.; PASSOS, A.B.R.J.; SILVA, D.V.; NERY, M.C. Determinação de espécies bioindicadoras de resíduos de herbicidas auxínicos. **Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 354-362, 2013.

SANTOS, M. A. S.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; ANDRADE, S. J. T.; SILVA, A. G. M. Caracterização do nível tecnológico

da pecuária bovina na Amazônia Brasileira. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 60, n. 1, p. 103-111, 2017.

SCRAMIN, S.; SKORUPA, L. A.; MELO, I. S. Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas – levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. In: MELO, I. S.; SILVA, C. M. M. S.; SCRAMIN, S.; SPESSOTO, A. M. **Biodegradação**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p. 369-371. 2001.

SIEGELIN, S. D. **Timing of nicosulfuron and primisulfuron applications on corn (*Zea mays* L.) ear malformation**. West Lafayette: Purdue University, 1993. 61f. Thesis (Master of Science) Purdue University, West Lafayette, 1993.

SIGNORI, L. H.; DEUBER, R. Seletividade de herbicidas para híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). **Planta Daninha**, v. 3, p. 48-54, 1980.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho**. 2002. 93 p. Dissertação (Mestrado em entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SILVA, A. A., SANTOS, J. **Herbicidas: classificação e mecanismo de ação**. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: Ed. UFV, p. 83-148, 2007.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007a. p.83-148.

SILVA, A. A.; VIVIAN, R.; OLIVEIRA Jr., R. S. Herbicidas: comportamento no solo. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007b. p. 189-248.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 45p.

SOUZA, A. P.; PRATES, H. T.; FERREIRA, F. A.; REIS, E.; JORDÃO, C. P. Lixiviação do glyphosate e do imazapyr em solos com diferentes texturas e composição química. II Método analítico. **Planta daninha**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 245-262, 1999.

SPADOTTO, C.A. **Avaliação de Riscos Ambientais de Agrotóxicos em Condições Brasileiras**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 20p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 58).

SPIRIDONOV, Y. Y.; SHESTAKOV, V. G.; BONADAREV, V. S.; TRUNOVASKAYA, N. S.; VAROVIN, A. V. Contributions of the principal biological and physicochemical processes to the detoxification of picloram in soil. **Soil Science**, New Brunswick, v. 19, n. 3, p. 41-45, 1987.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. ARTMED Editora, 2014. 954p.

THILL, D. Growth regulator herbicides. In: WELLER, S. C.; THILL, D.; BRIDGES, D. C.; VAN SCOYOC, G. E.; GRAVEEL, J. G.; TURCO JÚNIOR. R. F.; GOLDSBROUGH, P.; RUHL, G. E.; HOLT, H. A.; REICHER, Z. J.; WHITFORD, F. (Eds.). **Herbicide action course**. West Lafayette: Purdue University, p. 267-275. 2003.

TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J. M. Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas. **The Nature Conservancy**, New York, v. 4, n. 1, p. 533-540, 2001.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II – efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, p. 1-10, 2004.

VOSE, J. M.; SWANK, W.T.; HARVEY, G.J.; CLINTON, B.D.; SOBEK, C. Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. **International Journal of Phytoremediation**, Carbondale, v. 2, p. 53-73, 2000.

YAMASHITA, O.M.; ZONTA, F.; MACHADO, R.A.F. influência de doses e de épocas de aplicação de 2,4-D nos componentes da produtividade de arroz. **Revista de Ciências Agro-ambientais**, Alta Floresta, v.6, n.1, p.39- 45, 2008.