UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JHENYFER RENATA DINIZ SOUZA

# FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO COM RESÍDUO DE PICLORAM

Rondonópolis
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JHENYFER RENATA DINIZ SOUZA

# FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO COM RESÍDUO DE PICLORAM

Orientador(a): Professora Dr.ª Maria Aparecida Peres de Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Rondonópolis, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Rondonópolis
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte Ficha Catalográfica elaborada de forma automática com os dados fornecidos pelo(a) autor(a). Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte

D585f Diniz Souza, Jhenyfer Renata.

Fitorremediação de solo com resíduo de picloram [recurso eletrônico] / Jhenyfer Renata Diniz Souza Diniz Souza. – Dados eletrônicos (1 arquivo: 66 f., il. color., pdf). – 2023.

Orientador(a): Maria Aparecida Peres de Oliveira. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Rondonópolis, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2023.Inclui bibliografia.

1. Fitorremediadoras. 2. Herbicida. 3. Persistência. 4. Sustentabilidade. I. Oliveira, Maria Aparecida Peres de *orientador*. II. Título.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS**

**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO COM RESÍDUO DE PICLORAM

AUTORA: MESTRANDA JHENYFER RENATA DINIZ SOUZA

Dissertação defendida e aprovada em 31 de agosto de 2023.

### COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. **Doutora Maria Aparecida Peres de Oliveira (Presidente Banca / Orientadora)**
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS
2. **Doutor Márcio Koetz (Membro Interno)**
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS
3. **Doutor Jefferson Vieira José (Membro Interno)**
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
4. **Doutor Jepherson Correia Sales** (Suplente)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS

RONDONÓPOLIS, 31/08/2023.

---

Documento assinado eletronicamente por **Maria A Peres de Oliveira**, **Docente UFR**, em 21/09/2023, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

---

Documento assinado eletronicamente por **Marcio Koetz**, **Docente UFR**, em 22/09/2023, às 10:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

---

Documento assinado eletronicamente por **Jefferson Vieira José**, **Usuário Externo**, em 22/09/2023, às 11:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0218317** e o código CRC **AD157A0D**.

**Referência:** Processo nº 23853.010825/2023-00 SEI nº 0218317

*Dedico este trabalho a minha*
*família pelo apoio a minha vida acadêmica*
*por nunca soltar a minha mão.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a mim mesma pelas tantas aprovações tendo que demostrar o tão forte e tão persistente que passei desde o início até a finalização deste trabalho.

Agradeço a minha mãe Maria Helena Andrade Diniz, ao meu tio Claudinei de Andrade Diniz que sempre foram os principais motivadores apoiando e incentivando e todo investimento feito à minha jornada acadêmica, sendo a base para que eu conseguisse estudar.

Agradeço a minha família Cristina Souza, José Carlos Euzébio, Thiago Diniz, Caroline Uema, Alan Uema, Vitor Uema, Camila Paiva, José Andrade, Fernanda Andrade e aos meus tios e padrinhos Antônio Andrade e Irismar Pereira Diniz e aos meus amigos Diego, Luanna e Samantha que me auxiliaram e que sempre me deram força sempre dizendo que sou capaz que vou conseguir.

À minha orientadora Maria Aparecida Peres-Oliveira, por sua coragem e determinação, de não deixar eu desistir do Mestrado em meio as dificuldades enfrentadas, por segurar a minha mão, pela total dedicação do seu tempo mostrando o caminho e formas certas de como tudo deveria ocorrer.

Agradeço imensamente ao grupo de Pesquisa do Laboratório de Biodiversidade (Núcleo de Pesquisa em Produção e Conservação do Cerrado/NUPEC/UFR): Natalia do Val, Yasmin Dib, Anderson Serafim, que conheci durante o projeto de TCC junto ao PIBIC e seguiu me acompanhando na trajetória do Mestrado, por estarmos juntos nessa jornada, passando por grandes desafios com enorme vontade de desistir e vocês persistiram junto comigo para que conseguimos terminar.

Aos meus amigos de Mestrado, Niclene, wlly, Guilherme, Nathalia Gomes, Sérgio, por ter me auxiliado e vividos momentos e experiências durante o período de 2 anos agradeço por toda as vezes por auxiliar nas dúvidas e dificuldade do dia a dia ,sempre guardarei com carinho a cumplicidade vivida.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola professor Dr. Thiago Franco Duarte, por todo o suporte e pela dedicação ao programa e aos seus discentes.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos transmitidos e todo o suporte e dedicação ao curso e pelos exemplos de grande profissionalismo.

À Universidade Federal de Rondonópolis pelo apoio institucional e estrutura oferecida para a realização desse trabalho.

À CAPES e ao CNPq por todo apoio financeiro de incentivo a pesquisa nacional e em especial a esse programa.

Agradeço imensamente a todos que estiveram durante este tempo do mestrado de forma direta em indireta que influenciaram para minha formação acadêmica.

“Há verdadeiramente duas coisas diferentes: saber e crer que se sabe. A ciência consiste em saber; em crer que se sabe reside a ignorância.”

(Hipócrates)

**RESUMO**

Os herbicidas são agentes biológicos ou sintéticos que têm como função eliminar as plantas daninhas da produção agrícola. Um dos grandes problemas enfrentados é a característica desejável de longo efeito residual no solo, o que pode prejudicar culturas sensíveis a molécula. Este estudo teve como objetivo utilizar plantas para degradar o picloram no solo promovendo a descontaminação. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados em esquema fatorial 4x6, correspondente a quatro sistema de cultivos (solo sem cultivo, solo cultivado com *Ruzizienses*, solo cultivado com *Pennisetum purpureum(capim elefante)* e solo cultivado com *Panicum(cv.tanzania)*, e seis doses do picloram (sal trietanolamina), aplicado em pré-emergência (0, 2, 4, 8, 16 e 32 g i.a. L-1 ha-1),utilizando 300 ml de água em cada unidade experimental como forma de simular chuva no experimento , em 4 repetições totalizando 96 unidades experimentais. O tempo estabelecido para a atuação das espécies fitorremediadoras foi de 150 dias após a emergência. Após o corte, foi semeada soja (*G. max.* ) como bioindicadora do herbicida no solo. O experimento foi conduzido em estufa. As avaliações das plantas fitorremediadoras e bioindicadoras foram: fitointoxicação, índice de clorofila Falker, altura de plantas, massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca da raiz. Os dados foram submetidos a análise de variância e teste tukey. As espécies escolhidas para ser utilizadas no experimento demonstram ter resistência a doses de herbicida até o nível recomendado pelo fabricante sendo as doses 2 e 4 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$. A partir das doses de 8, 16 e 32 g i.a. $L^{-1}$ $há^{-1}$ , as cultivares não conseguiram se desenvolver de forma satisfatória. A *G. max* pode ser considerada uma bioindicadora, pois é bem sensível ao herbicida picloram. O capim elefante e o capim Tanzânia expressaram os melhores resultados durante o experimento.

**Palavras-chave**: Fitorremediadoras, herbicida, persistência, sustentabilidade.

## ABSTRACT

Herbicides are biological or synthetic agents whose function is to eliminate weeds from agricultural production. One of the biggest problems faced is the desirable characteristic of a long residual effect on the soil, which can harm crops sensitive to the molecule. This study aimed to use plants to degrade picloram in the soil, promoting decontamination. The experimental design was carried out in randomized blocks in a 4x6 factorial scheme, corresponding to four cultivation systems (uncultivated soil, soil cultivated with Ruzizienses, soil cultivated with Pennisetum purpureum(elephant grass) and soil cultivated with Panicum(cv.tanzania), and six doses of picloram (triethanolamine salt), applied pre-emergence (0, 2, 4, 8, 16 and 32 g a.i. L-1 ha-1), using 300 ml of water in each experimental unit as a way to simulate rain in the experiment, in 4 replications totaling 96 experimental units. The time established for the action of the phytoremediation species was 150 days after emergence. After cutting, soybeans (G. max.) were sown as a bioindicator of the herbicide in the soil. The experiment was conducted in a greenhouse. The evaluations of phytoremediation and bioindicator plants were: phytointoxication, Falker chlorophyll index, plant height, fresh and dry mass of the aerial part and fresh and dry mass of the root. The data were subjected to analysis of variance and test Tukey. The species chosen to be used in the experiment demonstrate resistance to doses of herbicide up to the level recommended by the manufacturer, doses being 2 and 4 g a.i. L-1 ha-1. From doses of 8, 16 and 32 g a.i. L-1 ha-1, the cultivars were unable to develop satisfactorily. G. max can be considered a bioindicator, as it is very sensitive to the herbicide picloram. Elephant grass and Tanzania grass expressed the best results during the experiment.



**Keywords:** Phytoremediators, Herbicide, persistence, sustainability.

**SUMÁRIO**

**LISTA DE FIGURAS** ..... XIV

**LISTA DE TABELAS**.....XIV

**1 INTRODUÇÃO** .....**17**

**2 REVISÃO DE LITERATURA**.....**19**

2.1 Descontaminação do solo e sustentabilidade.....19

2.2 Manejo integrado.....20

2. 3 Efeito residual do picloram .....21

2.4 Fitorremediação.....23

**3.0 MATERIAL E MÉTODOS**.....**25**

3.1 Localização do experimento.....25

3.2 Delineamento experimental.....25

3.3 Coleta e tratamento do solo .....25

3.4 Pulverização do herbicida.....27

3.5 Semeadura, germinação e avaliações das plantas fitorremediadoras .....28

3.6 Semeadura, germinação e condução das plantas bioindicadoras .....30

3. 7 Variáveis analisadas .....31

3.7.1 Altura das plantas .....31

3.7.2 SPAD (Soil Plant Analysis Development).....32

3.7.3 Fitointoxicação .....33

3.7.4 Massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca da raiz.....34

**4.0 ANÁLISES ESTATÍSTICAS**.....**34**

**5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO** .....**34**

5.1 Índice de clorofila falker das espécies fitorremediadoras .....34

5.2 Altura das plantas fitorremediadoras.....36

5.3 Análise visual de fitointoxicação das espécies fitorremediadoras.....45

5.4 Massa fresca e seca da parte aérea.....49

5.5 Massa fresca e seca das raízes.....51

5.6 Altura das plantas da espécie biorremediadora (soja).....53

5.7 Análise visual de fitointoxicação da soja.....54

5.8 Massa fresca e seca aérea e raízes da bioindicadora.....55

**6. CONCLUSÃO.....59**

**7. REFERÊNCIAS.....60**

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1**- Realização da Pulverização dos tratamentos; ..... 28
**Figura 2**-Conjunto pulverizador utilizado para aplicação do herbicida..... 28
**Figura 3**-Separação de Sementes para germinação, A-Tânzania, B-Ruzizienses e C- Capim elefante.....29
**Figura 4**-transplante das fitorremediadoras,A-Tânzania, B-Ruziziense e C-Capim, Elefante, D- Plantas estabelecidas. ..... 29
**Figura 5**- Separação da parte aérea e das raízes em sacos de papel. ..... 30
**Figura 6**-Retirada da raiz e do solo do vaso. ..... 30
**Figura 7**-Semeadura da G. max bandejas de areia lavada ..... 31
**Figura 8**-desenvolvimento das plantas de G. max. em areia lavada; ..... 31
**Figura 9-**Transplante das bioindicadoras G. max. ..... 31
**Figura10**-PlantasdeG.max estabelecidas. ..... 31
**Figura 11**-Medição de altura das fitorremediadoras (a) e da bioindicadora (b). ..... 32
**Figura 12**-Aparelho utilizado para medição clorofiLOG® Falker. ..... 32
**Figura 13**-Plantas sem herbicida e com sintomas de intoxicação em solo com herbicidas. ..... 34
**Figura 14-**Índice Clorofila Falker das espécies fitorremediadoras em função das culturas ao longo das doses (A)30 DAE;(B) 105DAE;(C)150 DAE.Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância. ..... 36
**Figura 15-** Altura das plantas ao longo das doses em cada período avaliado em cada período avaliado: (A) 15 DAE;(B)30 DAE;(C)45 DAE;(D) 60 DAE;(E)75 DAE;(F)90 DAE;(G)105 DAE;(H)120 DAE;(I)145 DAE;(J) 150 DAE. ..... 40
**Figura 16**-Altura das plantas ao longo das doses em cada período avaliado (A) 15 DAE;(B)30 DAE;(C)45 DAE;(D) 60 DAE;(E)75 DAE;(F)90 DAE;(G)105 DAE;(H)120 DAE;(I)145 DAE;(J) 150 DAE, em relação as doses do herbicida Picloram. ..... 44
**Figura 17**-Análise visual de fitointoxicação das espécies fitorremediadoras (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,) em função das doses de herbicida. ..... 48

**Figura 18**-Fitointoxicação geral das plantas em relação ao herbicida durante o experimento..... 49
**Figura 19**-(A) Massa Fresca da Parte Aérea em relação as culturas; (B) Massa seca da parte aérea em relação as culturas. ..... 50
**Figura 20**- (A) Massa fresca da parte aérea em função das doses de herbicida; (B) Massa seca da parte aérea em função das doses de herbicida das espécies fitorremediadoras..... 51
**Figura 21**- (A) Massa fresca das raízes em relação culturas; (B) Massa seca das raízes em relação das culturas. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. ..... 52
**Figura 22**- (A) Massa fresca e (B) Massa seca das raízes em relação as doses em função dos herbicidas..... 53
**Figura 23**-Altura de plantas da espécie bioindicadora (G. max) em função das culturas cultivadas (capim elefante, capim tanzânia, ruziziense e solo sem cultivo) aos (A) 15 DAE e aos (B) 30 DAE. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%..... 54
**Figura 24**-Índice relativo de clorofila Falker aos15 e 45 DAE da espécie bioindicadora (G. max) e em função das culturas em relação a função das doses de herbicida. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%. 55
Figura 25- (A) Massa fresca da parte aérea e (B) Massa seca da parte aérea da espécie bioindicadora (G. max) em função das culturas (Capim elefante, Ruziziense, Tanzânia e Solo Sem Cultivo). Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Significância 5%. ..... 56
**Figura 26**-Massa seca das raízes da espécie bioindicadora (G. max) em (A) função das culturas (B) função das doses de herbicida. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%..... 57

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1-** Caracterização química e granulométrica de Latossolo Vermelho na camada de 0-20 cm profundidade:..... 27

**Tabela 2**-Escala de fitointoxicação pelo aspecto visual para mensurar ação do herbicida estudado..... 33

# 1 INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária no Brasil desempenha um papel essencial na economia do país, devido ao seu vasto território, clima favorável e setor tecnológico em constante desenvolvimento (Embrapa, 2020). As pastagens são de extrema importância na alimentação de ruminantes como bovinos, ovinos e caprinos e para garantir uma utilização adequada dos animais e uma produção de alta qualidade, é necessário adotar manejo rigoroso das pastagens (Silva et al., 2015).

Um dos principais desafios na produção de biomassa é o controle eficaz e sustentável das plantas invasoras, as quais podem afetar negativamente culturas prejudicando seu desenvolvimento. A presença dessas plantas em áreas de pastagem pode reduzir a produtividade das forrageiras em até 50%, pois possuem uma alta taxa de reprodução, o que torna necessário adotar medidas de controle para minimizar seu impacto. É de extrema importância para garantir a qualidade e quantidade de biomassa produzida. O Manejo Integrado de Plantas Daninhas envolve diferentes estratégias de controle como práticas culturais e uso de herbicidas seletivos (Matsuoka et al., 2017; Silva et al., 2019; Roder et al., 2019).

É importante ressaltar que o uso desses produtos deve ser feito de acordo com as normas estabelecidas pelos órgãos reguladores e com a assistência técnica adequada, a fim de garantir resultados eficazes e evitar danos ao meio ambiente e à saúde (Santos et al., 2016). O uso inadequado de herbicidas pode causar intoxicações agudas ou crônicas em humanos e animais, dependendo da dose e tempo de exposição. Isso pode ocorrer tanto por exposição direta durante a aplicação quanto pela contaminação de alimentos e água (Silva, 2015).

Efeito residual dos herbicidas é o fenômeno onde os produtos químicos permanecem no solo por um período após sua aplicação. Esses resíduos podem ter consequências negativas para as culturas plantadas em sucessão, prejudicando seu desenvolvimento e reduzindo sua produtividade (Nelson et al., 2013).

A fitorremediação é uma alternativa eficiente para reduzir a contaminação do solo por poluentes utilizando plantas para absorver e degradar contaminantes, contribuindo para a recuperação do ambiente (Figueiredo, 2018). Apresenta benefícios ambientais e econômicos e tem sido bem-sucedida em diversos casos de contaminação (Lehmler et al., 2020). Essa técnica é de baixo custo e integra-se com o ambiente local (Sturaro et al., 2019).

É importante ressaltar que a eficiência da fitorremediação pode variar de acordo com o tipo de poluente, a espécie de planta utilizada, plantas tolerantes ao herbicida e evitar

espécies que sejam difíceis de serem controladas posteriormente, visando minimizar problemas futuros. É de fundamental importância realizar estudos prévios para identificar a melhor abordagem em cada caso (Procópio et al., 2004; Rezende et al., 2019).

O controle adequado das plantas daninhas e o uso consciente de herbicidas, aliados à utilização da fitorremediação como técnica de despoluição, são fundamentais para garantir a produtividade agrícola e a preservação ambiental no Brasil.

O objetivo deste estudo foi selecionar plantas que possuem histórico de capacidade fitorremediadora, a fim de reduzir a persistência de herbicidas no solo em áreas cultivadas com pastagens. Cultivar as espécies vegetais escolhidas capazes de diminuir o potencial impacto ambiental causado pelo efeito residual dos herbicidas, bem como evitar problemas de intoxicação em plantas e perdas em culturas futuras, muitos estudos têm sido conduzidos para analisar o comportamento desses produtos no solo

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1 Descontaminação do solo e sustentabilidade

A contaminação do solo pode ocorrer devido a diferentes ações humanas. A descontaminação do solo é um conjunto de medidas e técnicas cujo objetivo é reduzir ou eliminar a presença de substâncias tóxicas no solo, a fim de recuperar sua funcionalidade e evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública (Carmo et al., 2016). Essa descontaminação do solo é um desafio complexo e de longo prazo, porém fundamental para garantir a sustentabilidade ambiental. É necessário investir em pesquisa e inovação, adotar práticas de manejo que evitem sua degradação, promover a conservação do solo para assegurar a disponibilidade de nutrientes, retenção de água e a estabilidade física do terreno. Criar políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis e a recuperação de áreas contaminadas, assegurar a saúde do solo, a segurança alimentar e a preservação dos ecossistemas, promovendo o desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade do solo é um tema central para garantir a produtividade agrícola e a conservação ambiental, pois o solo é um recurso finito e não renovável, sendo crucial (Lal, 2008, Almeida, 2018).

As ações governamentais desempenham um papel essencial na promoção da sustentabilidade do solo com políticas de incentivo para que os agricultores adotem práticas de manejo sustentável do solo, como o plantio direto, cultivo consorciado, criação de programas de educação ambiental e a capacitação técnica contribuem para disseminar conhecimentos sobre a conservação do solo, garantindo sua preservação a longo prazo (Nóbrega et al., 2017).

A sustentabilidade do solo também está relacionada à utilização responsável de agrotóxicos. A aplicação indiscriminada de fertilizantes e agrotóxicos pode comprometer a qualidade do solo e levar à contaminação dos recursos hídricos. Portanto, é fundamental utilizar esses insumos de forma equilibrada, em doses adequadas e baseadas em análises de solo, de modo a manter a fertilidade do solo sem prejudicar o meio ambiente (Muller et al., 2012). Existem diversas técnicas de descontaminação do solo, que variam desde a remediação natural assistida, em que plantas com capacidade de absorção de contaminantes são utilizadas, até técnicas mais complexas, como a extração térmica e a biopilha. Cada método possui suas vantagens e limitações, sendo imprescindível avaliar as características do solo e do contaminante para selecionar a abordagem mais adequada (Leão; Tavares, 2014, Derpsch et al., 2014).

## 2.2 Manejo integrado

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas é um problema em constante evolução e que demanda uma abordagem integrada de manejo, sendo necessário diversificar as táticas de controle, como a rotação de culturas, o uso de herbicidas de diferentes modos de ação e a adoção de práticas de controle mecânico. Além disso, é essencial que os agricultores monitorem constantemente suas lavouras para identificar a presença de plantas daninhas resistentes e adotem medidas de manejo adequadas (Pereira et al., 2018).

Um fator importante a ser considerado é a educação e capacitação dos produtores sendo fundamental que os agricultores estejam atualizados sobre as novas descobertas científicas e avanços tecnológicos relacionados ao manejo de plantas daninhas resistentes. Por meio de treinamentos, workshops e programas de extensão, os produtores podem adquirir conhecimentos e habilidades necessários para implementar estratégias eficazes de controle de plantas daninhas resistentes, contribuindo para a sustentabilidade da agricultura e redução dos impactos econômicos (Souza et al., 2019).

O manejo integrado vem aliado a boas práticas na agricultura tendo como referência um tripé: a sustentabilidade, produtividade e rentabilidade, podendo ter uma visão holística no sistema de produção agrícola, procurando ter uma harmonia nos aspectos socioambientais (Ibrahim, 2021).

Devido a consolidação do plantio direto e a grande dificuldade de conseguir mão de obra no campo, a eficiência dos produtos químicos se tornou grande aliada juntamente ao manejo integrado de plantas daninhas, sendo que os herbicidas ainda são a principal forma de combate (Inoue & Oliveira Jr. 2011).

A escolha adequada do herbicida e a correta aplicação em pós-emergência são fundamentais para garantir um controle eficiente das plantas invasoras e evitar prejuízos às culturas (Gomes JR e Christoffoleti, 2008).

A crescente preocupação no setor agrícola está relacionada à resistência cada vez maior ao uso incorreto de herbicidas na lavoura. O emprego inadequado desses produtos pode levar à seleção de plantas daninhas resistentes, resultando em perdas significativas na produtividade das culturas. Além disso, a aplicação indiscriminada de herbicidas, em doses superiores às recomendadas, pode levar à seleção de biótipos resistentes, dificultando o controle dessas plantas daninhas e aumentando a dependência de produtos químicos mais potentes (Oliveira et al., 2018).

O uso excessivo e inadequado de herbicidas pode resultar na seleção de biótipos resistentes em plantas daninhas, impactando negativamente a eficácia das práticas de manejo e aumentando os custos de produção. Assim, é de extrema importância que os agricultores sigam as recomendações de manejo integrado de plantas daninhas, visando evitar o surgimento de resistência e assegurar a sustentabilidade da produção agrícola (Tanaka et al ., 2019 ).

Análises sobre os efeitos dos herbicidas no solo e suas causas têm abordado a contaminação do solo por herbicidas amplamente utilizados na agricultura, como o Glifosato e o Picloram, entre outros. Os resultados indicam que a presença desses herbicidas no solo está relacionada ao uso excessivo desses produtos e à falta de práticas adequadas de manejo (Smith et al., 2019).

## 2. 3 Efeito residual do picloram

O Picloram é um herbicida recomendado para controle de plantas adaptadas junto a diversas culturas. A classificação toxicológica informado pelo fabricante é de categoria 4, considerado um produto de baixa toxicidade sob recomendações de sua periculosidade nível III mostrando ser um produto perigoso ao meio ambiente. A utilização deste produto deve se seguir as normas de proteção individual, juntamente com as instruções de armazenamento emitidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT seguindo a NBR 9843.

A classificação tem como mecanismos o seu grupo químico composto por Ácidos Fenoxí-carboxílicos, Ácidos Piridin-Carboxílicos e Ácidos quino-carboxílico que são compostos que possuem o grupamento carboxila (carbonila + hidroxila) na extremidade da cadeia. O princípio ativo consiste em Picloran, Tryclopyr e Fluroxipir que foram descobertos por acaso devido os cientistas estarem buscando soluções que reduziam a conversão da amônia para nitrato no solo (Silve, 2019).

A determinação da classificação toxicológica de um herbicida é de suma importância para a identificação dos potenciais riscos que este apresenta tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente. Essa classificação é, no geral, realizada através de estudos e testes que avaliam a toxicidade aguda, subaguda e crônica do produto (Smith, 2018).

A relevância da classificação toxicológica na tomada de decisões relacionadas ao uso de herbicidas reside na garantia da segurança dos trabalhadores agrícolas e na prevenção de danos ao meio ambiente. Além disso, tal classificação pode influenciar as restrições regulatórias impostas bem como a utilização adequada do herbicida em questão (Smith, 2018).

Diante da crescente preocupação acerca da toxicidade dos herbicidas no meio ambiente, é notável que os efeitos negativos resultantes do uso desses compostos químicos podem afetar uma ampla gama de ecossistemas. Apesar de serem desenvolvidos com o intuito de eliminar plantas daninhas, os herbicidas podem, de forma indesejada, afetar outras espécies vegetais, animais e inclusive seres humanos (Silva et al., 2018).

Outrossim, é importante mencionar que a contaminação do solo e da água por herbicidas também pode ter implicações diretas na saúde humana. Diversos estudos têm demonstrado que o uso impróprio e abusivo desses produtos pode resultar em contaminação de culturas agrícolas, o que por sua vez pode levar à ingestão de alimentos contaminados. Tal situação pode acarretar problemas de saúde, tais como intoxicação aguda ou crônica, bem como o desenvolvimento de doenças sérias, como câncer (Santos et al., 2017). A ação do produto ocorre de forma rápida absorção foliar, pertencente ao grupo O mimetizadores de auxinas(auxinassintéticas), pertencentes, segundo classificação internacional do HRAC, possui a base de ingrediente ativo o Picloram que é pertencente as auxinas sintéticas (mimetizadores de auxina), do grupo do Ácido piridinocarboxílico (HRAC, 2018).

Os efeitos de intoxicação observados nas plantas são principalmente causados pela ação do etileno, como a curvatura das folhas, ramos e pecíolos. Isso é seguido pela inibição do crescimento, amarelamento dos tecidos em crescimento e a morte gradual das plantas (Carvalho, 2013b). O picloram é um exemplo de um composto que imita a ação do hormônio auxina e é amplamente utilizado em produtos de controle de plantas daninhas em pastagens no Brasil (Franceschi, 2015).

A eficiência de aplicação do herbicida picloram em estágio inicial de desenvolvimento da planta daninha se obtém maior eficiência a aplicação reduzindo os malefícios as culturas , que podem ser causados a não prevenção inicial, e realizando a aplicação de forma tardia será menos eficiente devido a daninha terá criado maior resistência e já está em desenvolvimento avançado dificultando a exterminação, quanto maiores quantidades da planta daninha a maior a possibilidade de se ter prejuízo de forma significativa na produção segundo o fabricante (Nortox, 2018).

A utilização do produto é realizada em apenas uma aplicação durante o período de safra no modo de pós emergência, a quantidade é determinada por meio do tipo de cultura utilizando pulverização como forma de aplicação (Blanco, F. M. G., 2003).

Essa característica nem sempre é benéfica pois os herbicidas que têm ação residual no solo por um período maior do que o ciclo de vida de uma cultura, podem interferir no

crescimento de plantas dicotiledôneas sensíveis como a soja, feijão, algodão, entre outras, quando cultivadas em sequência (Santos et al., 2010; Timossi et al. 2013).

Além disso, o herbicida picloram pode ocasionar problemas ambientais ao se infiltrarem em camadas mais profundas do solo, carregando o risco de contaminação de águas subterrâneas e superficiais (Assis et al., 2011).

A necessidade de utilizar os herbicidas de maneira correta e consciente surge devido às críticas e avaliações ambientais direcionadas ao setor agrícola. Com o objetivo de diminuir o potencial impacto ambiental causado pelo efeito residual dos herbicidas, bem como evitar problemas de intoxicação em plantas e perdas em culturas futuras, muitos estudos têm sido conduzidos para analisar o comportamento desses produtos no solo (Timossi.,2020).

## 2.4 Fitorremediação

A fitorremediação é uma estratégia antiga que utiliza várias espécies de plantas para remediar locais contaminados, com o objetivo de degradar, extrair, conter ou imobilizar contaminantes presentes no solo e na água (Rock et al., 2000, Sheppard & Thibalt, 1992; Khan et al., 2017; Navarro-León et al., 2019).

O sucesso dessa técnica depende da interação entre processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem entre as plantas e o ambiente ao redor (Pilon-Smit., 2005; Oliveira et al., 2009). A técnica então é baseada na seletividade natural ou desenvolvida que algumas espécies apresentam em relação a certos compostos ou mecanismos de ação. Essa seletividade ocorre comumente em espécies agrícolas e plantas daninhas, que são tolerantes a certos herbicidas (Epa, 2001; Salt et al., 1998).

Um exemplo de substância que causa contaminação devido a sua meia vida é o Picloram. Essa substância pode se lixiviar para as camadas mais profundas do solo e atingir corpos de água (Santos et al., 2007). Ela se transloca para o floema, passando pelo apoplasto e se concentrando principalmente nos pontos de crescimento. Além disso, possui afinidade pela matéria orgânica, o que aumenta as chances de adsorção (Silva, 2019).

Estudos têm mostrado que a fitorremediação pode ser uma alternativa eficiente e sustentável para a remediação de áreas contaminadas, especialmente quando comparada a métodos convencionais, como a remoção do solo contaminado e a disposição em aterros (Rock et al., 2000; Pandey et al., 2019).

Essa técnica apresenta várias vantagens, como baixo custo, baixo impacto ambiental, promoção da biodiversidade e recuperação do solo degradado (Martins et al., 2013; Pandey et

al., 2019). No entanto, é importante ressaltar que a fitorremediação não é uma solução universal para todos os tipos de contaminação, pois sua eficácia depende do tipo de contaminante, da planta utilizada e das condições ambientais (Martins et al., 2013; Oliveira et al., 2017).

Portanto, é fundamental realizar estudos detalhados para selecionar a espécie adequada e otimizar as condições de crescimento para maximizar a eficiência da fitorremediação (Khan et al., 2017; Navarro-León et al., 2019).

Para otimizar o processo de fitorremediação, é aconselhável que as plantas com potencial para essa finalidade apresentem características como crescimento acelerado, produção rápida de biomassa, capacidade competitiva elevada, tolerância à poluição, eficiência na absorção de nutrientes, habilidade de translocação rápida e capacidade de acumular uma grande quantidade de substâncias de reserva alta competitividade, tolerância à poluição, alta capacidade de absorção de nutrientes, alta taxa de translocação e grande acúmulo de substâncias de reserva. espécies de gramíneas seriam as mais desejáveis (Silva et al., 2019).

A engenharia genética pode ser utilizada para introduzir ou aumentar genes de interesse nas plantas, conferindo-lhes características desejáveis, como maior capacidade de acumular ou degradar contaminantes, tolerância a altas concentrações de metais pesados ou maior resistência a herbicidas (Chen et al., 2016; Raghavan et al., 2019).

Estudos têm mostrado que a expressão de genes de transportadores de metal, fitato, ácidos orgânicos ou enzimas envolvidas na detoxificação de contaminantes pode melhorar a capacidade das plantas de remover contaminantes do solo e da água (Alodan et al., 2017; Wu et al., 2018). No entanto, a utilização de plantas transgênicas na fitorremediação ainda é objeto de debate devido a preocupações relacionadas à segurança ambiental e à possibilidade de transferência de genes para plantas selvagens (Accioly & Siqueira, 2000; Pandey et al., 2019b). Portanto, são necessárias mais pesquisas e regulamentações para avaliar e mitigar os riscos associados ao uso de plantas transgênicas na fitorremediação (Chen et al., 2016; Raghavan et al., 2019).

Uma forma eficaz adicional de determinar espécies adequadas para a fitorremediação é escolher plantas que demonstrem certa tolerância a herbicidas ou sejam capazes de colonizar regiões contaminadas (Silva et al., 2019). Existem plantas que são sensíveis à contaminação e podem ser usadas como indicadoras de contaminação. Dependendo da toxicidade, é possível determinar o tipo de elemento presente no solo. Existem ainda algumas espécies apresentam

tolerância a altas concentrações desses elementos, o que lhes permite sobreviver em ambientes contaminados (Rodrigues et al., 2016).

## 3.0 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Rondonópolis, na casa de vegetação do programa de pós-graduação em engenharia agrícola, com as coordenadas geográficas 16º27’48” latitude Sul, 54º34’45” longitude Oeste e altitude de 284m, com temperatura média anual de 26,1 ºC, índice médio pluviométrico anual de 1.436 mm e clima Aw, segundo a classificação de Köppen (clima tropical) com estação chuvosa no verão e estação seca no inverno.

### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados em esquema fatorial 4x6, correspondente a quatro sistema de cultivos (solo sem cultivo, solo cultivado com *Ruzizienses*, solo cultivado com *Pennisetum purpureum(capim elefante)* e solo cultivado com *Panicum(cv.tanzania)*, e seis doses do picloram (sal trietanolamina), aplicado em pré-emergência (0, 2, 4, 8, 16 e 32 g i.a. L-1 ha-1),utilizando 300 ml de água em cada unidade experimental como forma de simular chuva no experimento , em 4 repetições totalizando 96 unidades experimentais, onde cada unidade experimental foi composta por vasos de 5 L sem furos.

### 3.3 Coleta e tratamento do solo

O solo utilizado foi retirado em uma área de fragmento de Cerrado, que fica localizada no interior da Universidade Federal de Rondonópolis na profundidade de 0-20 cm, peneirado em peneira com malha de 4 mm acondicionados em sacos plásticos, e secado à sombra durante um período até a secagem total. Foi retirado uma amostra composta classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Santos et al., 2013), sendo que essa amostra foi submetida a análise químico-granulométrica, conforme apresentado na tabela 1, para realizar o processo de adubação e calagem do solo.

**Tabela 1-** Caracterização química e granulométrica de Latossolo Vermelho na camada de 0-20 cm profundidade:

| pH | P | K | Ca | Mg | Al | H+Al | SB | CTC | V | M.O. | Areia | Silte | Argila |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CaCl_2$ | mg $dm^{-3}$ ..... | | | | | C mol $dm^3$ ..... | | | | %..... | | Kg[4]..... | |
| 4,0 | 1,7 | 32 | 0,1 | 0,1 | 0,9 | 6,6 | 0,3 | 6,9 | 4,1 | 19,8 | 445 | 100 | 455 |

O processo de calagem foi realizado a fim de atingir 60% da saturação por bases (Sousa et al., 2001). O solo foi distribuído em sacos plásticos onde foram fechados e incubados por um período de 30 dias com umidade a 80% da capacidade de vaso, de acordo com metodologia descrita por Bomfim-Silva et al. (2011).

Após o período de incubação os sacos com o solo foram realocados em vasos com capacidade de 5 $dm^3$. Após a incubação foram realizadas a adubação fosfatada (P2O5) e adubação potássica (K2O) nas doses de 150 mg $dm^{-3}$ e 100 mg $dm^{-3}$ em todos os tratamentos de acordo com a recomendação para as culturas.

A adubação nitrogenada foi realizada após o período de transplante das plantas, quando atingiram altura média de 10 cm, a fonte utilizada para a aplicação do nitrogênio foi a ureia, utilizando a recomendação de 185 mg $dm^{-3}$, diluídas em 40 mL de água por vaso.

### 3.4 Pulverização do herbicida

O herbicida Picloram utilizado no experimento é registrado no Ministério da Agricultura e Planejamento - MAPA sob nº 02997 a composição da calda comercial é de 1% a 2% do produto (equivalente a 2 e 4 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$) com seletividade para controle de plantas daninhas dicotiledôneas de porte arbóreo, arbustivo e subarbustivos em áreas de pastagens na forma de concentrado solúvel.

A pulverização ocorreu seguindo as normas de segurança para aplicação de defensivos agrícolas (Norma regulamentadora NR 38.1 – Prevenção de Acidentes com Defensivos Agrícolas. Foi realizada no período matutino ao ar livre, obedecendo à ordem de aplicação da menor dose para maior dose. (Figuras 1). O conjunto pulverizador utilizado (Figura 2) foi pressurizado a $CO_2$, com barra de pulverização munida com seis pontas de jato plano tipo leque Magno 11002 AD, espaçadas de 0,5m e posicionadas a 0,5m de altura em relação a superfície dos alvos. A velocidade de deslocamento foi de 4km $h^{-1}$ com consumo de calda correspondente a 200 L $ha^{-1}$.

O equipamento foi operado com pressão constante de 2 bar. Após 24h da pulverização foi acrescentado uma lâmina de água de 300 mL em cada unidade experimental para movimentação do herbicida no perfil do solo.

**1)**

**Figura 1**- Realização da Pulverização dos tratamentos;

**2)**

**Figura 2**-Conjunto pulverizador utilizado para aplicação do herbicida.

O solo foi umedecido 8 horas antes da pulverização, para simulação de pluviosidade, até atingir 60% da capacidade de vaso. Após 24h da pulverização foi acrescentado uma lâmina de água de 300 mL em vaso de unidade experimental para movimentação do herbicida no perfil do solo. A umidade do solo foi mantida a 80% da capacidade de vaso durante todo o período experimental. Para atingir esse valor, a quantidade de água foi determinada de acordo com o método gravimétrico (Bomfim-Silva, 2011).

### 3.5 Semeadura, germinação e avaliações das plantas fitorremediadoras

As plantas utilizadas como fitorremediadoras foram pré-selecionadas (Figura 3), semeadas em areia lavada e posteriormente transplantadas para os vasos para não haver contaminação antes do estágio de plântulas. Foram semeadas 10 dias antes em bandejas o

transplante foi realizado 24 horas após a pulverização, e para não haver quebra as raízes foi adicionado água nas bandejas para facilitar a retirada das plantas (Figura 4).

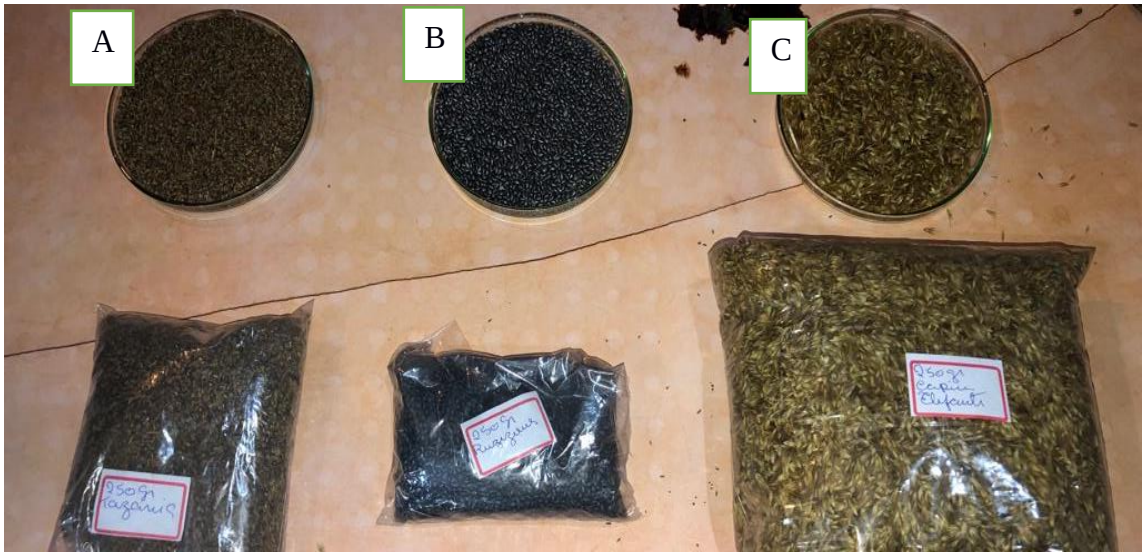



**Figura 3**-Separação de Sementes para germinação, A-Tânzania, B-Ruzizienses e C- Capim elefante.

**Figura 4**-transplante das fitorremediadoras,A-Tânzania, B-Ruziziense e C-Capim, Elefante, D- Plantas estabelecidas.

O tempo da fase de acompanhamento das espécies fitorremediadoras foi de 150 dias após a emergência das plantas. O corte da parte aérea foi realizado na base do caule rente ao solo com o auxílio de instrumentos de corte e reservado em sacos de papel (Figura 5) em seu respectivo vaso anotado. Para retirada das raízes (Figura 6) o solo foi peneirado e colocado novamente em novos sacos plásticos em seus respectivos vasos.

5)


**Figura 5**- Separação da parte aérea e das raízes em sacos de papel.

6)

**Figura 6**-Retirada da raiz e do solo do vaso.

### 3.6 Semeadura, germinação e condução das plantas bioindicadoras

Após a retirada das plantas fitorremediadoras dos vasos ocorreu o transplante da espécie bioindicadora a G. *max. (G. max. -BRS284)* no mesmo solo com a presença do picloram. A semeadura da *G. max* ocorreu 8 dias antes do transplante. As sementes foram semeadas em areia lavada (Figura 7) para que ocorresse o desenvolvimento das plantas (Figura 8), visando ao seu subsequente transplante para os vasos (Figura 9).

Os vasos foram padronizados com 4 kg de solo entre todos os tratamentos. Após a emergência das plântulas de *G. max* nas bandejas ocorreu o transplante para os vasos, totalizando dez plantas por vaso (Figura 10). O período de condução da fase bioindicadora foi de 45 dias após a emergência das plantas.

**7)**

**Figura 7**-Semeadura da G. max bandejas de areia lavada

**8)**

**Figura 8**-desenvolvimento das plantas de G. max. em areia lavada;

**9)**

**Figura 9**-Transplante das bioindicadoras G. max.

**10)**

**Figura10**-PlantasdeG.max estabelecidas.

## 3. 7 Variáveis analisadas

### 3.7.1 Altura das plantas

A altura das plantas foi avaliada aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105,120,135 e aos 150 dias após a emergência das espécies fitorremediadoras (Figura 11) e aos 15 e 30 e 45 dias após a emergência com o auxílio de uma trena. O valor de altura das plantas foi medido da superfície do solo até a extremidade do perfilho mais alto, no nó da folha bandeira e na G. max, a medida foi da

superfície do solo até o trifólio mais alto. Foram medidas 8 plantas das fitorremediadoras e 10 plantas bioindicadoras por unidade experimental.

**a)** **b)**

**Figura 11**-Medição de altura das fitorremediadoras (a) e da bioindicadora (b).

### 3.7.2 SPAD (Soil Plant Analysis Development)

O índice de clorofila foi efetuado com auxílio do clorofilômetro clorofiLOG® Falker (Figura 12)**.** A leitura foi realizada no terço-médio da lâmina foliar, na primeira folha abaixo da lígula visível nas espécies fitorremediadoras e no terceiro trifólio, do ápice para a base da planta em consideração ao folíolo central na espécie bioindicadora.

**a)** **b)**

**Figura 12**-Aparelho utilizado para medição clorofiLOG® Falker.

As leituras ocorreram aos 30, 105, 150 dias após a emergência das espécies fitorremediadoras (a) e aos 15, 30 e 45 dias após a emergência da espécie bioindicadora (b).

### 3.7.3 Fitointoxicação

As plantas foram avaliadas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105,120,135 e aos 150 dias após a emergência das espécies fitorremediadoras e aos 15 e 30 e 45 dias bioindicadoras.

A fitointoxicação foi realizada conforme a escala adaptada de notas de 0 a 100% de intoxicação (EWRC, 1964), e pelo modelo proposto pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995) em que 0% corresponde à ausência de intoxicação e 100% à morte da planta (TABELA 2)**.**

**Tabela 2-**Escala de fitointoxicação pelo aspecto visual para mensurar ação do herbicida estudado.

| **Índice de Avaliação (%)** | **Sintomas de Intoxicação** |
|---|---|
| 0 | Sem dano |
| 0 – 15 | Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas. |
| 16 – 30 | Pequenas alterações vísiveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento). |
| 31 – 45 | Grandes alterações vísiveis em muitas plantas (clorose, encarquilhamento e necrose). |
| 46 – 60 | Necrose de algumas folhas, acompanhadas de deformações em folhas e brotos. |
| 61 – 75 | Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas. |
| 76 – 90 | Mais de 80% das folhas destruídas. |
| 91 – 99 | Danos extremamentes graves, pequenas áreas verdes. |
| 100 | Morte completa da cultura. |

Fonte: adaptado de SBCPD, 1995

Nessa escala, a nota foi atribuída de acordo com os sintomas de intoxicação por planta em relação à testemunha sem herbicida (Figura 13).

**Figura 13**-Plantas sem herbicida e com sintomas de intoxicação em solo com herbicidas.

### 3.7.4 Massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca da raiz

Após realizado o corte das plantas foram separadas a parte aérea das raízes. O material vegetal foi colocado em sacos de papel e pesados em balança analítica para determinação da massa fresca da parte aérea (g) e massa fresca da raiz (g).

Posteriormente, o material que foi retirado foi colocado em estufa de circulação forçada de ar (70 ± 2 ºC) por 72 h (Figura 16) e pesados novamente, determinando-se a massa seca da parte aérea (g) e massa seca da raiz (g).

## 4.0 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos a análise de variância até 5%, e quando significativos foram submetidos ao teste de regressão para as doses de herbicida e teste Tukey para os tipos de cultura até 5% de probabilidade para comparação de médias. Os testes foram realizados com o auxílio do software livre R Statistical 4.4.3® (WICKHAM, 2009; R CORE TEAM, 2018).

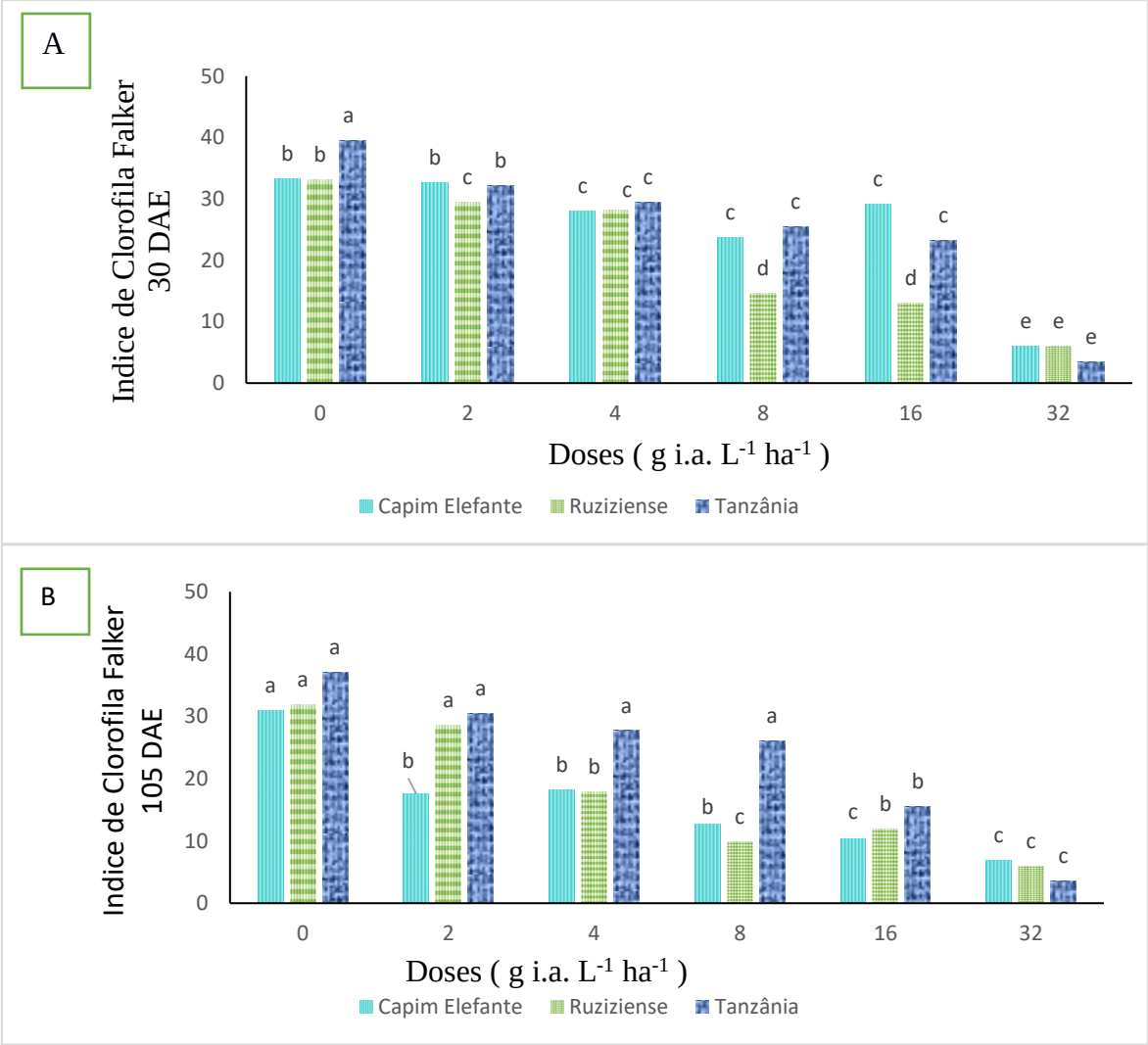
## 5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Índice de clorofila falker das espécies fitorremediadoras

O Índice Clorofila Falker das espécies fitorremediadoras apresentou, em sua análise de variância, interação entre os fatores de culturas e as doses de herbicida pelo Tukey a 5% durante as análises (30, 105,150 dias após a emergência (DAE)). Contudo, pode-se constatar diferença

estatística entre as culturas quando comparadas separadamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores do índice Clorofila Falker foram encontrados pelo capim Ruziziense na maioria das doses, seguido do capim elefante, O capim Tanzânia apresentou os menos nas avaliações (Figura 14).



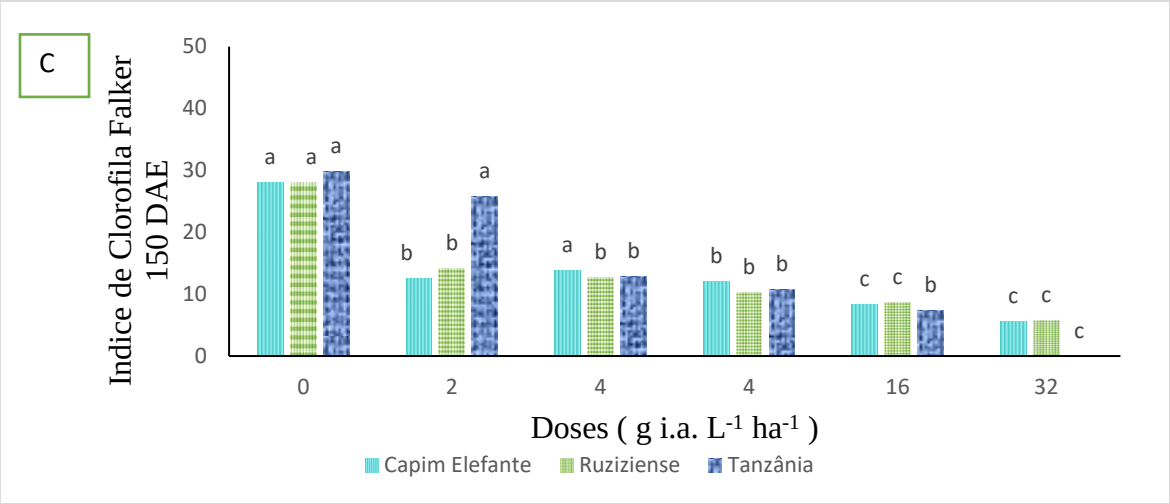



**Figura 14-**Índice Clorofila Falker das espécies fitorremediadoras em função das culturas ao longo das doses (A)30 DAE;(B) 105DAE;(C)150 DAE.Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Com relação ao 30 DAE, verifica-se que o capim Tanzânia possui maior valor dessa variável sem aplicação de herbicida. A dose 2 causou redução no 30 DAE em capim Ruziziensis e capim Tanzânia, no entanto não houve mudança no Capim elefante, com a dose 4 não houve diferença estatísticas na variável de 30 DAE entre as forrageiras.

Verifica-se que as doses 8 e 16 não diferem entre si, e causaram redução no 30 DAE apenas na Ruziziensis, A dose 32 demonstrou redução em todas as forrageiras, não havendo diferença estatística entre elas, analisando os dados aos 150 DAE, nota-se que as doses 16 e 32 resultaram em menor valor dessa variável, não havendo diferença estatísticas entre essas doses. Foi constatado que a dose de 32 4 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ obteve os menores valores no teor de clorofila.

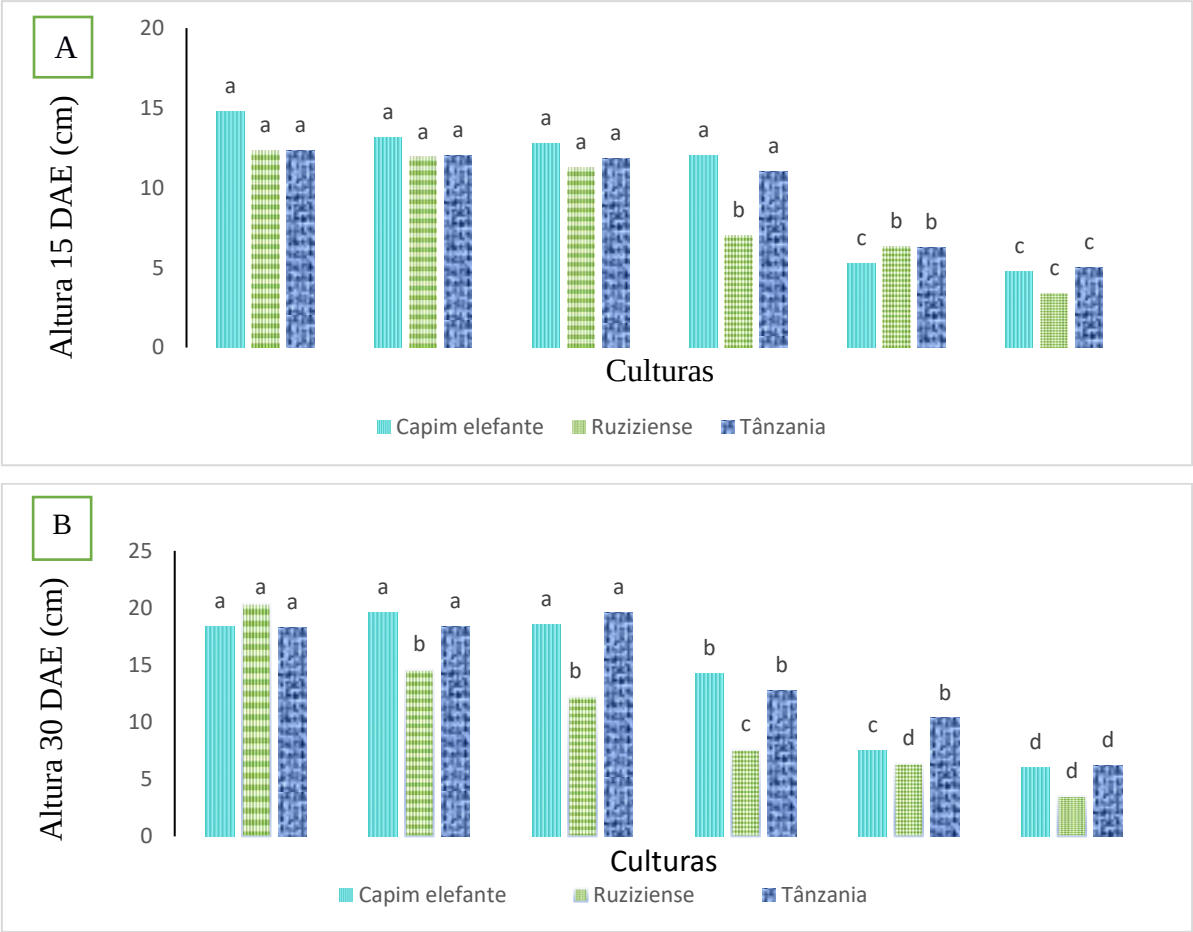
Segundo a autora López-Climent, et al. (2004), os herbicidas auxínicos atuam estimulando o fechamento dos estômatos nas plantas daninhas, limitando assim sua capacidade de realizar fotossíntese e obter nutrientes. Isso acaba levando à morte gradual dessas plantas, permitindo um melhor controle das infestações nos cultivos.

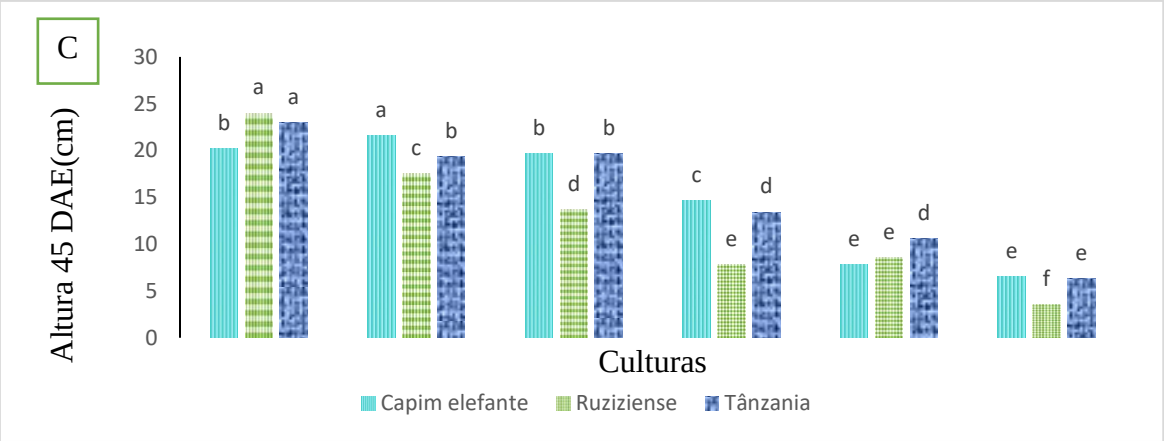
## 5.2 Altura das plantas fitorremediadoras

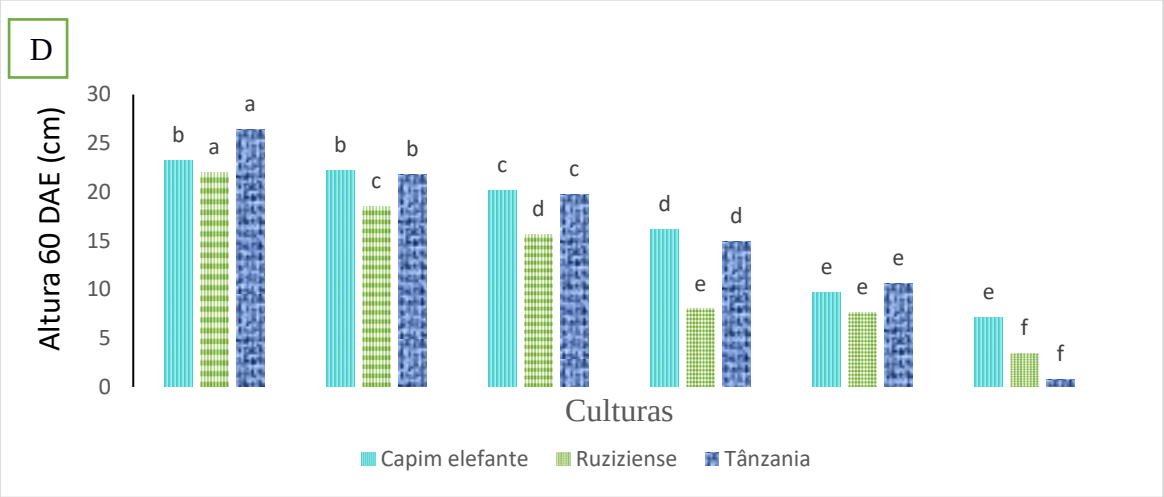
A váriavel de altura das plantas das espécies fitorremediadoras apresentou em sua analise de variancia interação significativa entre os fatores de culturas e doses de herbicida a 5% de probabilidade nos tratamentos,durante todos os períodos avaliativos do experiemento.

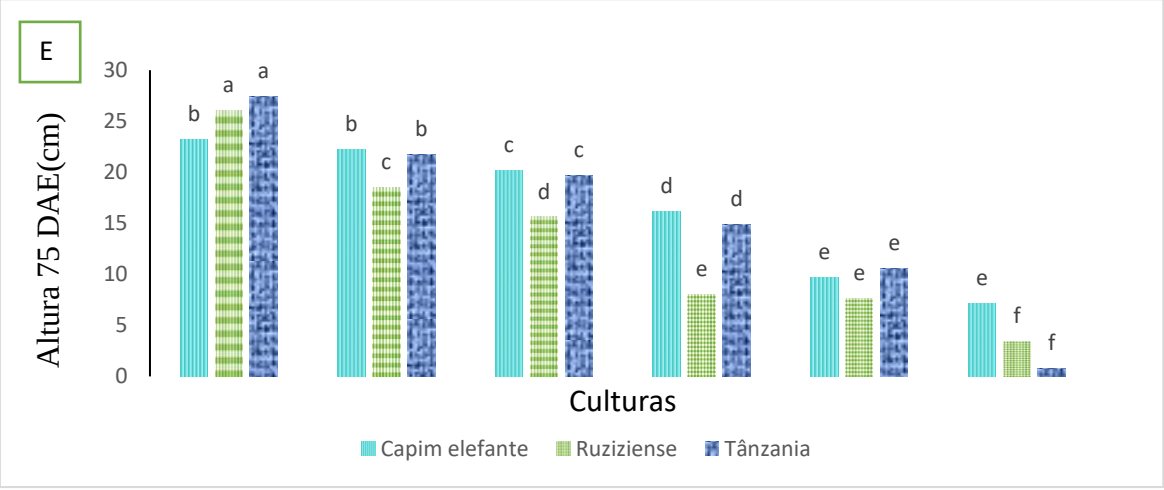
Ao analisar as culturas as médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

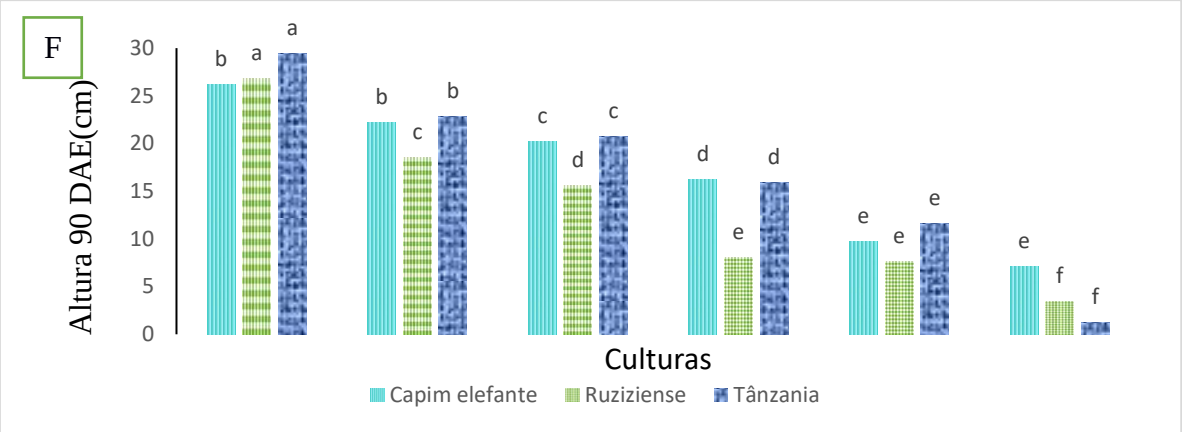
Considerando então que o capim Tanzânia apresentou as maiores médias de altura durante nas doses comerciais, constata-se que este sentiu menos a ação do herbicida. O capim elefante foi o segundo que mais cresceu, alternando em algumas doses ou períodos de avaliação com o Ruziziense (Figura 15).

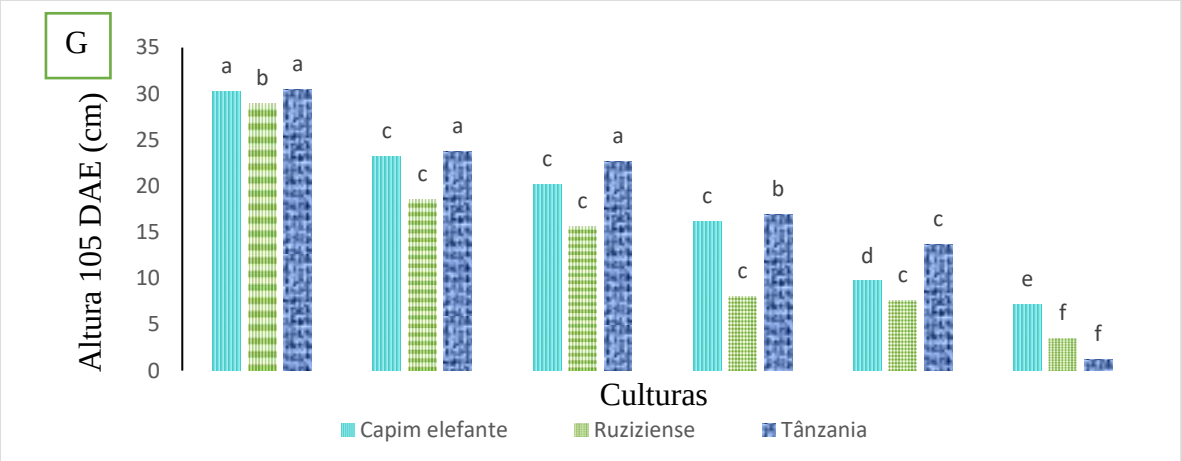


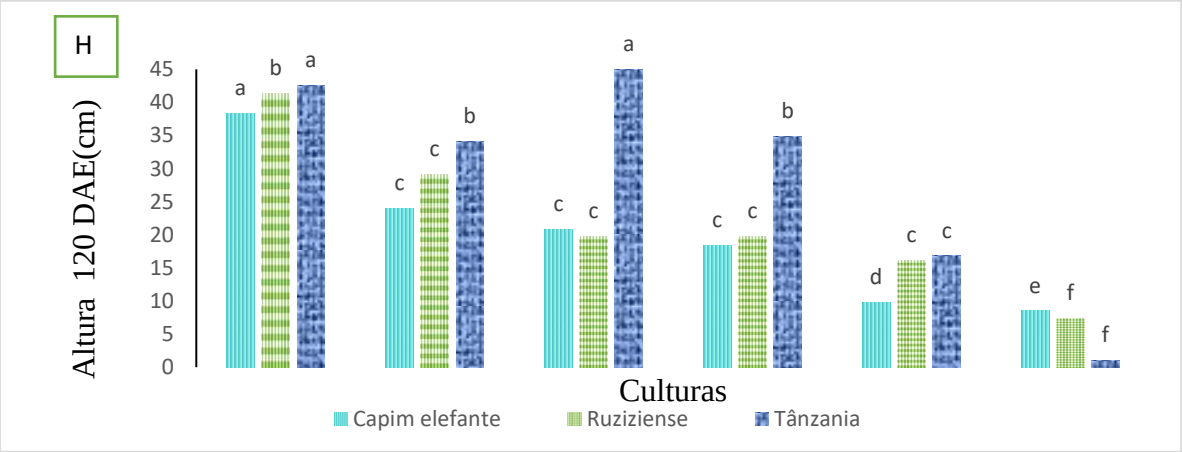

C
Altura 45 DAE(cm)
30
25
20
15
10
5
0
b a a
a c b
b d b
c e d
e e d
e f e
Culturas
Capim elefante
Ruziziense
Tânzania

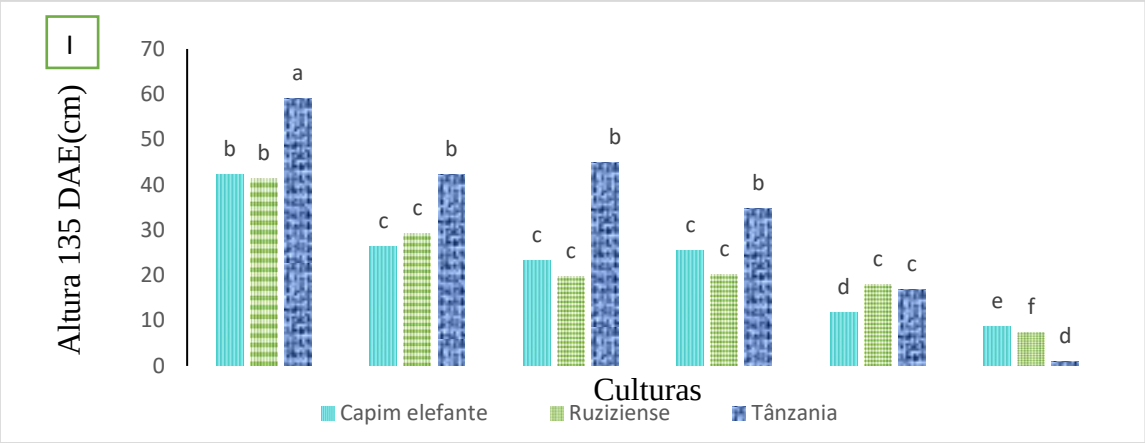

D
Altura 60 DAE (cm)
30
25
20
15
10
5
0
b a a
b c b
c d c
d e d
e e e
e f f
Culturas
Capim elefante
Ruziziense
Tânzania


E
Altura 75 DAE(cm)
30
25
20
15
10
5
0
b a a
b c b
c d c
d e d
e e e
e f f
Culturas
Capim elefante
Ruziziense
Tânzania


F
Altura 90 DAE(cm)
30
25
20
15
10
5
0
b a a
b c b
c d c
d e d
e e e
e f f
Culturas
Capim elefante
Ruziziense
Tânzania


G
Altura 105 DAE (cm)
35
30
25
20
15
10
5
0
a b a
c c a
c c a
c c b
d c c
e f f
Culturas
Capim elefante
Ruziziense
Tânzania


H
Altura 120 DAE(cm)
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
a b a
c c b
c c a
c c b
d c c
e f f
Culturas
Capim elefante
Ruziziense
Tânzania



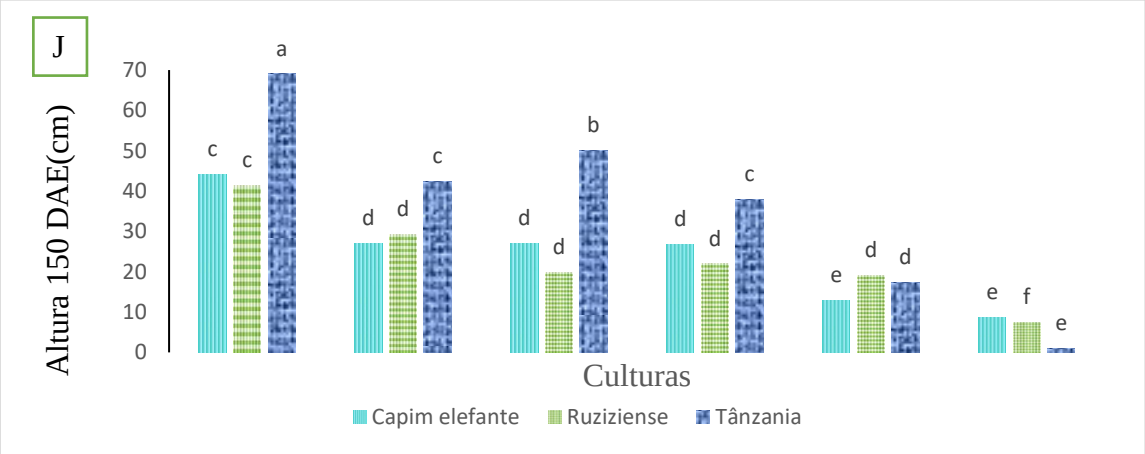
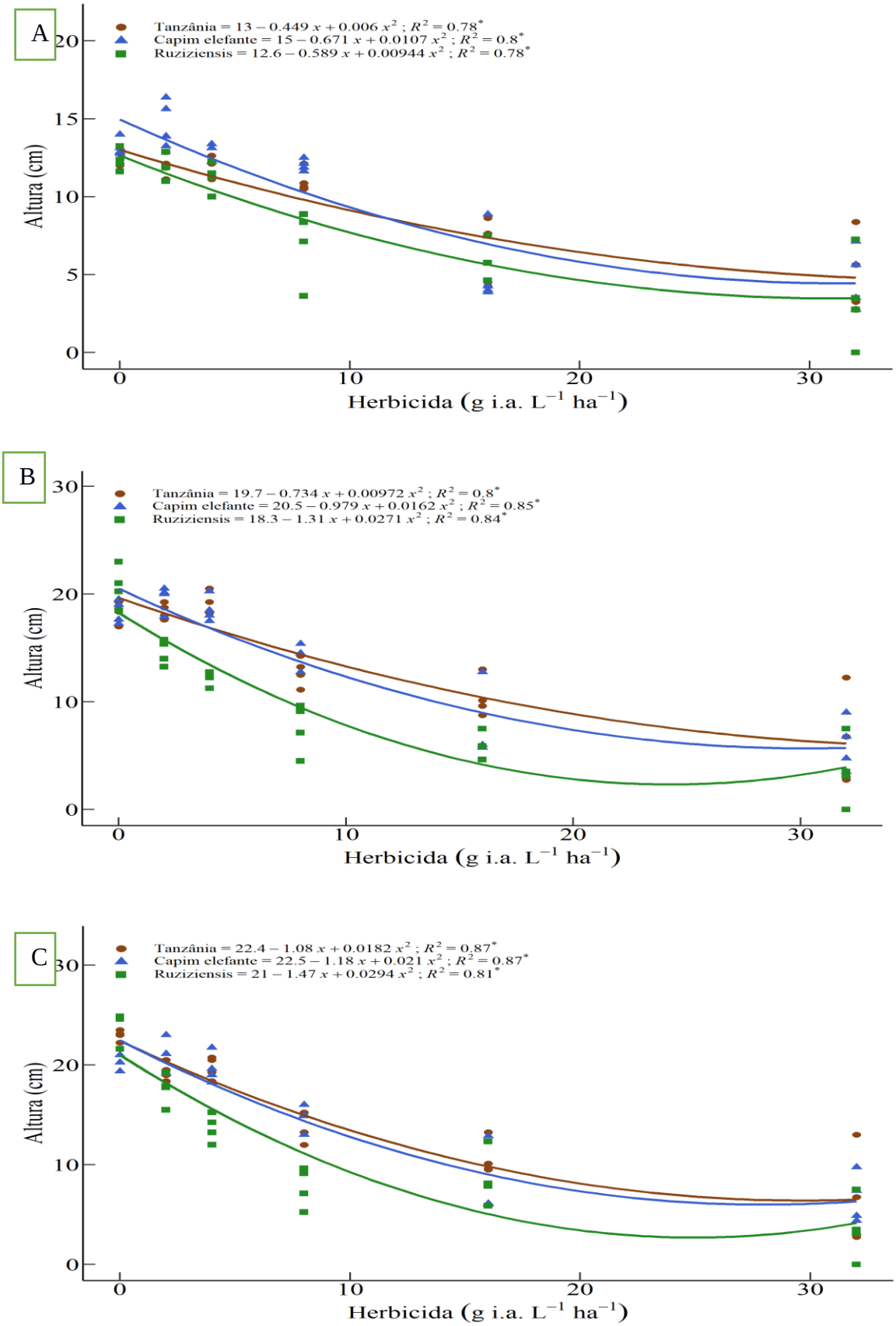



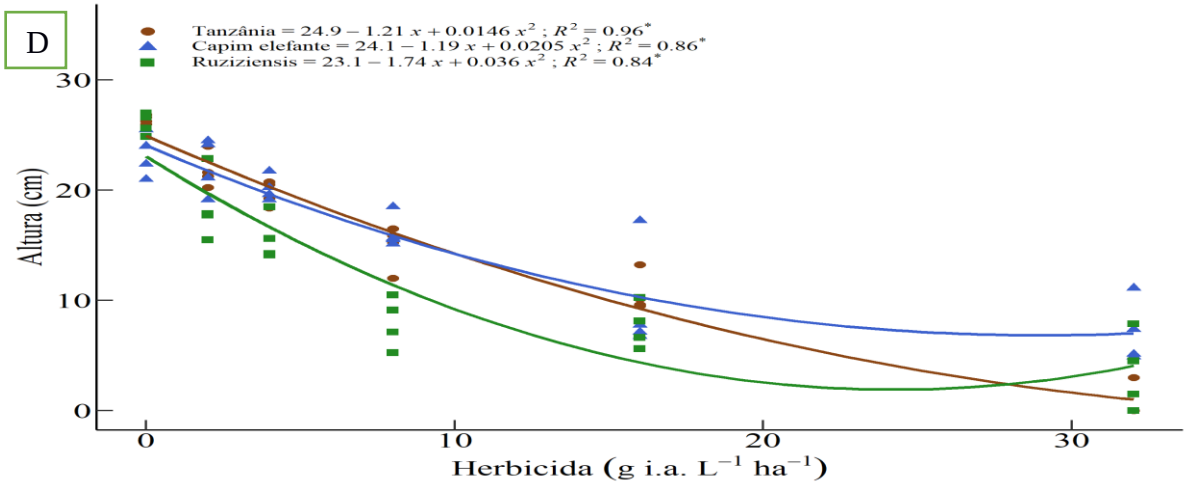

**Figura 15-** Altura das plantas ao longo das doses em cada período avaliado em cada período avaliado: (A) 15 DAE;(B)30 DAE;(C)45 DAE;(D) 60 DAE;(E)75 DAE;(F)90 DAE;(G)105 DAE;(H)120 DAE;(I)145 DAE;(J) 150 DAE.

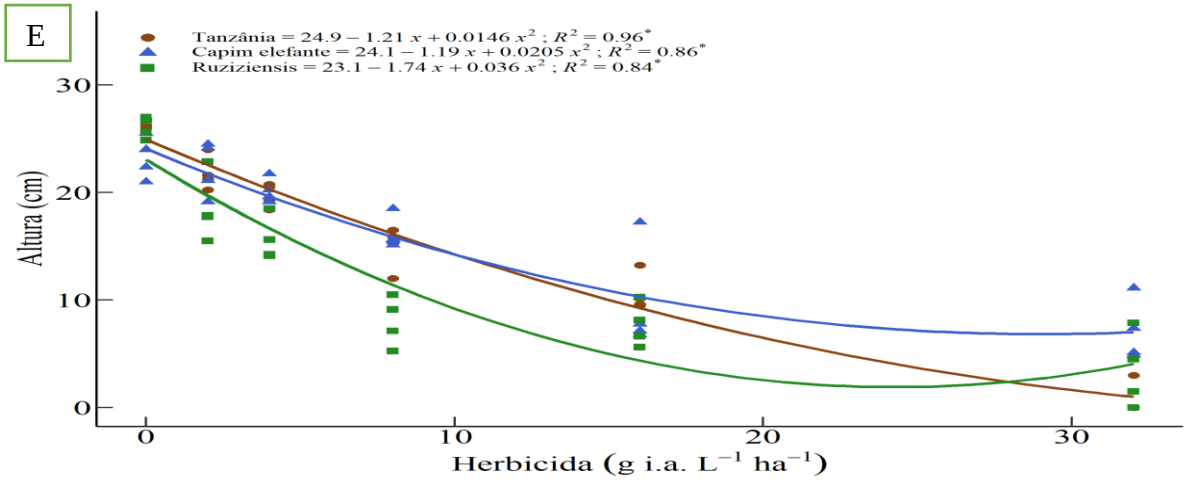
Segundo SILVA (2018), a capacidade das plantas de se adaptarem e sobreviverem mesmo na presença de contaminantes é essencial para que elas possam ser consideradas como boas fitorremediadoras, sem reduzir seu crescimento normal.

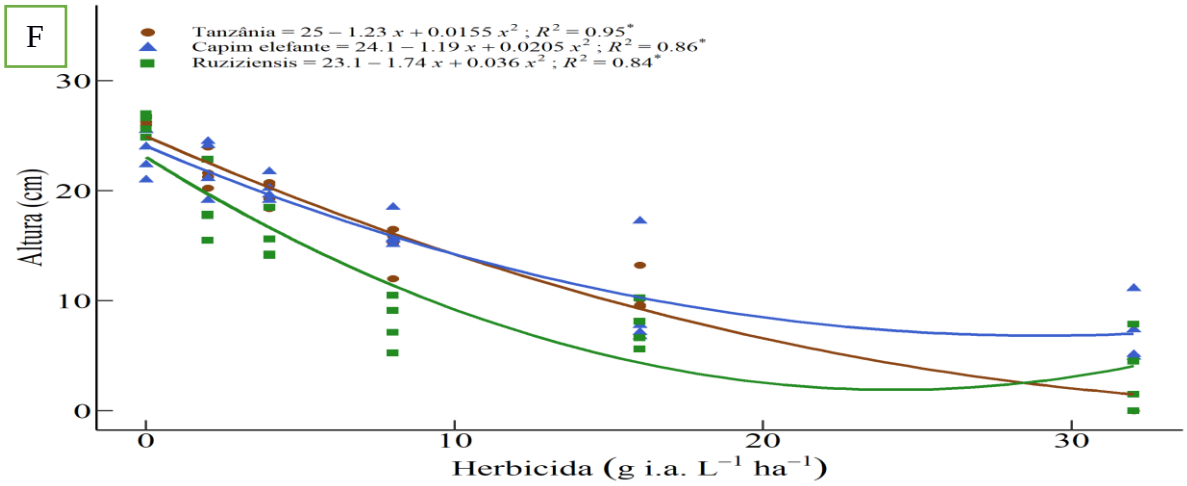
Em decorrência dos efeitos provocados pelos herbicidas, constata-se um crescimento desordenado nas espécies afetadas, ocasionando uma rápida epinastia foliar, torção do caule, aumento no tamanho das gemas terminais e, consequentemente, demonstram os sintomas nas plantas em um curto período, que varia de alguns dias a semanas (Silva et al., 2007).

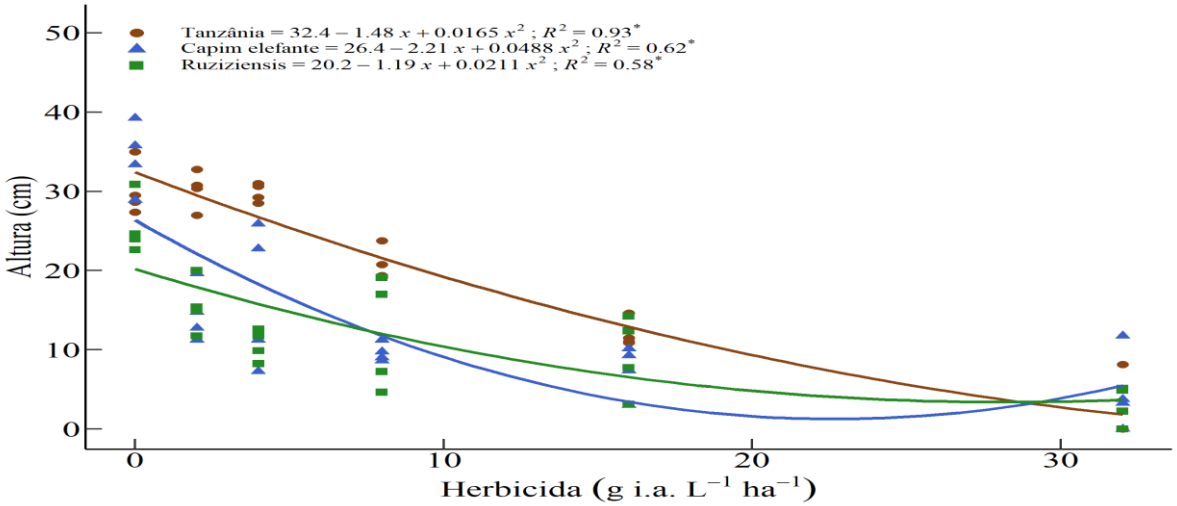
Ao analisar a variável altura em relação as doses de herbicida utilizadas (Figura 16), houve uma diferença de crescimento em relação aos tratamentos de acordo com o período avaliado ajustando os valores de altura ao modelo quadrático de regressão.

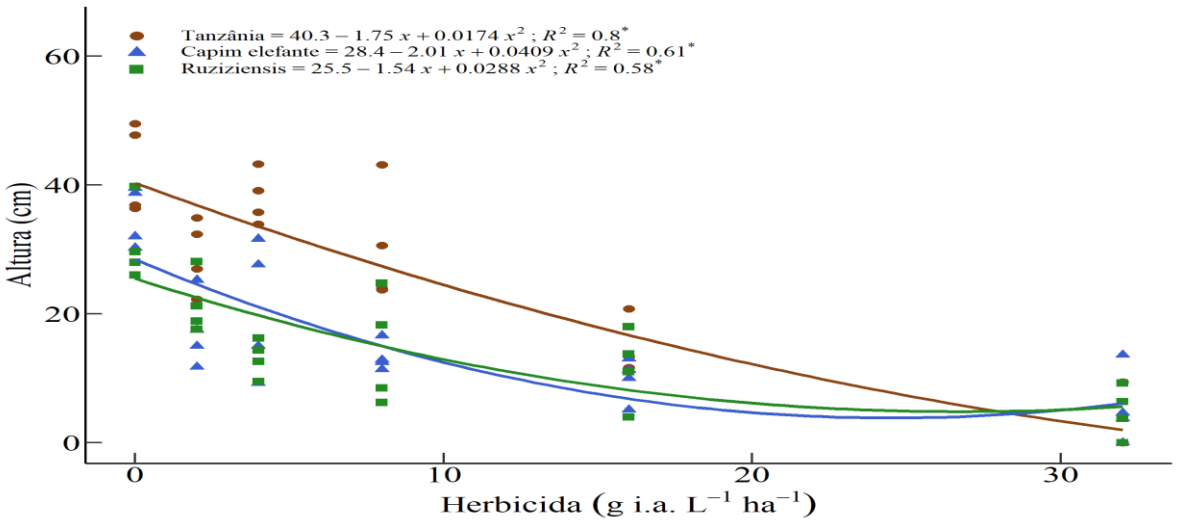

A
Tanzânia = 13 − 0.449 x + 0.006 x² ; R² = 0.78*
Capim elefante = 15 − 0.671 x + 0.0107 x² ; R² = 0.8*
Ruziziensis = 12.6 − 0.589 x + 0.00944 x² ; R² = 0.78*
Altura (cm)
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)
B
Tanzânia = 19.7 − 0.734 x + 0.00972 x² ; R² = 0.8*
Capim elefante = 20.5 − 0.979 x + 0.0162 x² ; R² = 0.85*
Ruziziensis = 18.3 − 1.31 x + 0.0271 x² ; R² = 0.84*
Altura (cm)
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)
C
Tanzânia = 22.4 − 1.08 x + 0.0182 x² ; R² = 0.87*
Capim elefante = 22.5 − 1.18 x + 0.021 x² ; R² = 0.87*
Ruziziensis = 21 − 1.47 x + 0.0294 x² ; R² = 0.81*
Altura (cm)
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)

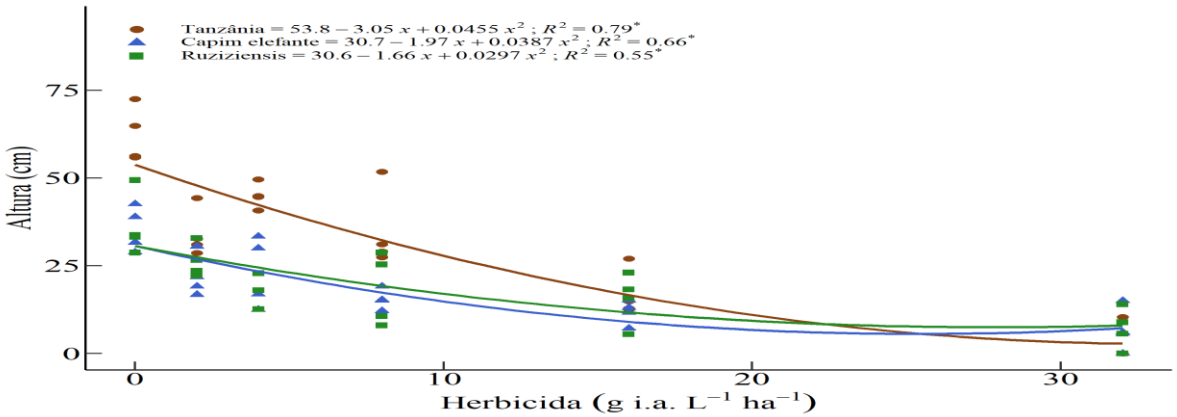

D
Tanzânia = 24.9 − 1.21 x + 0.0146 x² ; R² = 0.96*
Capim elefante = 24.1 − 1.19 x + 0.0205 x² ; R² = 0.86*
Ruziziensis = 23.1 − 1.74 x + 0.036 x² ; R² = 0.84*
Altura (cm)
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


E
Tanzânia = 24.9 − 1.21 x + 0.0146 x² ; R² = 0.96*
Capim elefante = 24.1 − 1.19 x + 0.0205 x² ; R² = 0.86*
Ruziziensis = 23.1 − 1.74 x + 0.036 x² ; R² = 0.84*
Altura (cm)
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


F
Tanzânia = 25 − 1.23 x + 0.0155 x² ; R² = 0.95*
Capim elefante = 24.1 − 1.19 x + 0.0205 x² ; R² = 0.86*
Ruziziensis = 23.1 − 1.74 x + 0.036 x² ; R² = 0.84*
Altura (cm)
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


Tanzânia = 32.4 − 1.48 x + 0.0165 x² ; R² = 0.93*
Capim elefante = 26.4 − 2.21 x + 0.0488 x² ; R² = 0.62*
Ruziziensis = 20.2 − 1.19 x + 0.0211 x² ; R² = 0.58*
Altura (cm)
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


Tanzânia = 40.3 − 1.75 x + 0.0174 x² ; R² = 0.8*
Capim elefante = 28.4 − 2.01 x + 0.0409 x² ; R² = 0.61*
Ruziziensis = 25.5 − 1.54 x + 0.0288 x² ; R² = 0.58*
Altura (cm)
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


Tanzânia = 53.8 − 3.05 x + 0.0455 x² ; R² = 0.79*
Capim elefante = 30.7 − 1.97 x + 0.0387 x² ; R² = 0.66*
Ruziziensis = 30.6 − 1.66 x + 0.0297 x² ; R² = 0.55*
Altura (cm)
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)

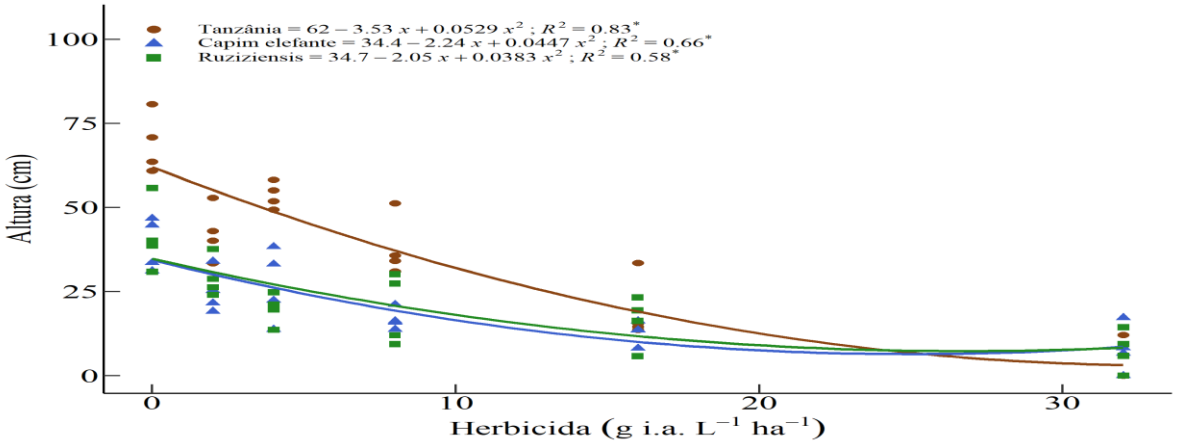



**Figura 16**-Altura das plantas ao longo das doses em cada período avaliado (A) 15 DAE;(B)30 DAE;(C)45 DAE;(D) 60 DAE;(E)75 DAE;(F)90 DAE;(G)105 DAE;(H)120 DAE;(I)145 DAE;(J) 150 DAE, em relação as doses do herbicida Picloram.

Nos 15 DAE, não houve diferença entre as doses 0; 2; 4 e 8. No entanto a dose 8 na Ruziziense diferiu das demais doses (0; 2; e 4), a dose 32 apresentou menor valor de altura 1em todas as forrageiras. Porém no capim elefante, não houve diferença entre as doses 16 e 32, com relação aos 150 DAE, na dose 0 verifica-se maior valor de altura no Capim Tanzânia.

Assim como nos 15 DAE, a dose 32 ocasionou menor valor aos 150 DAE em todas as forrageiras. Porém no capim elefante, não houve diferença entre as doses 16 e 32.

O capim elefante demonstrou as maiores medias durante os períodos avaliativos, a Ruziziense apresentou um crescimento significativo em relação ao Capim elefante e a Ruziziense o Capim Tanzânia apresentou as menores alturas durante todo o período de avaliação do experimento.

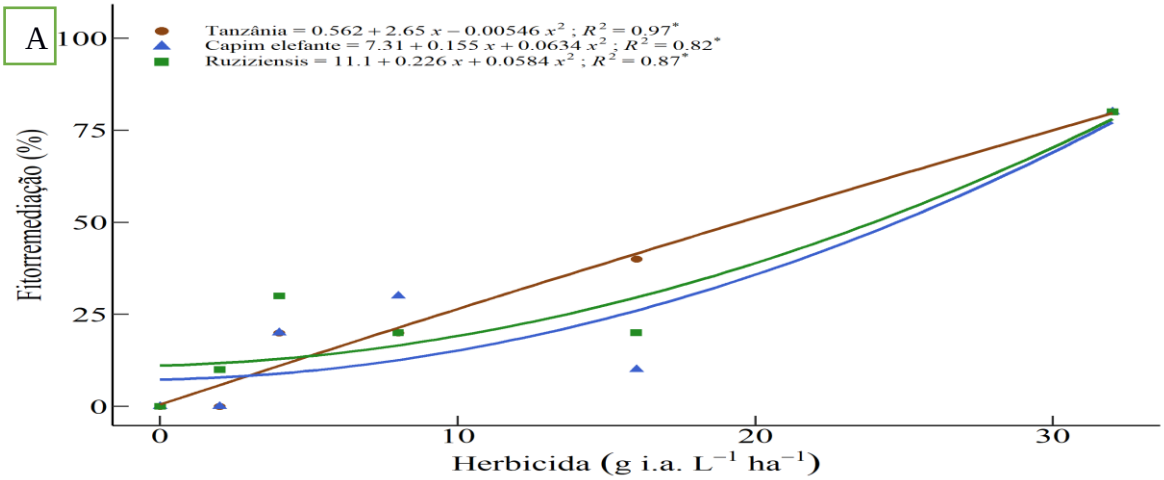
Pode-se entender que os efeitos dos herbicidas nas espécies fitorremediadoras demonstra os sintomas logo no início quando ocorre o crescimento das plantas, a diferença do crescimento da dose 0 a dose 32 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$, demonstrando que conforme o tempo as espécies fitorremediadoras tiveram uma redução de crescimento significativos nas maiores doses.

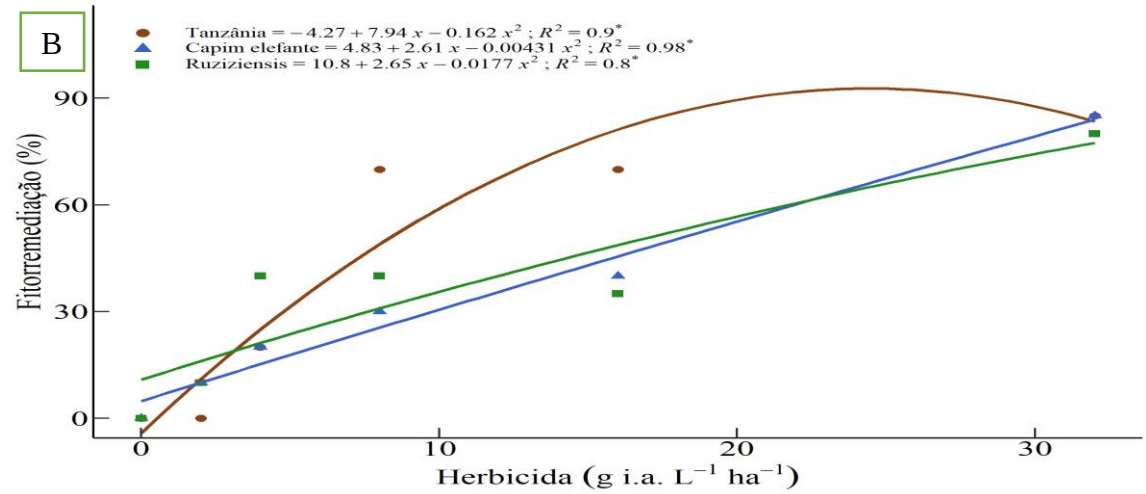
Erciyes, A.T. (2014), a diminuição significativa na altura das plantas, na área foliar e na biomassa das plantas expostas a altas doses de herbicida. Isso indica que há um limite em que a aplicação de herbicidas se torna prejudicial, inibindo o crescimento das plantas em vez de favorecer o controle de plantas daninhas.

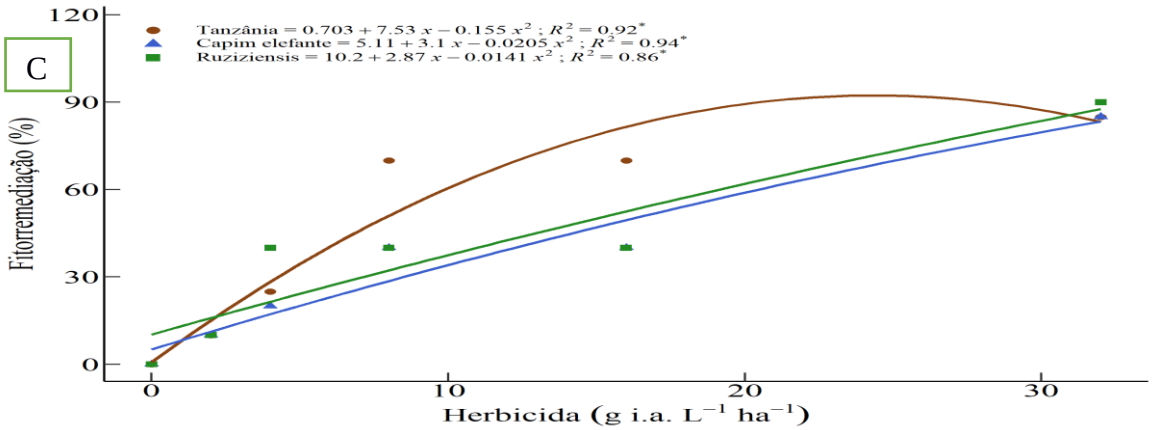
### 5.3 Análise visual de fitointoxicação das espécies fitorremediadoras

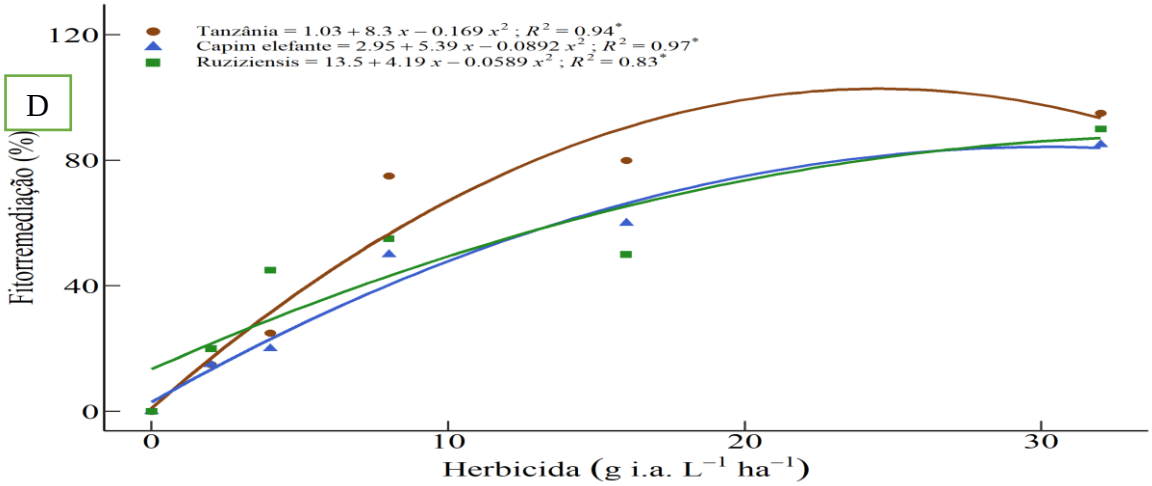
A análise visual de fitointoxicação das espécies fitorremediadoras foi observado diferença estatística para a interação entre os fatores de culturas e doses de herbicida, ao analisar o fator de doses de herbicida, depois de ajustados os resultados ao modelo quadrático de regressão, pode-se verificar que a dose 32 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$, dentre as doses aplicadas, apresentou os maiores índices de fitointoxicação em as doses.

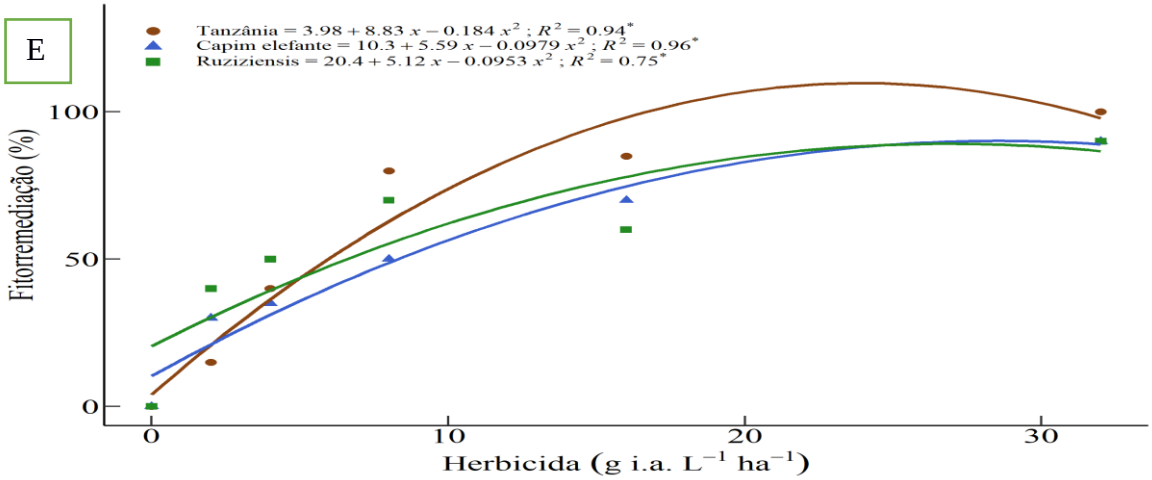
A partir do DAT 2 foi possível perceber o aumento do nível de intoxicação nas plantas, pelo meio de observação, Em DAT1, as doses 0 e 2 não diferiram na Ruziziensis, já na dose 32, os valores de DAT1 das cultivares não diferiram entre si (Figura 17).

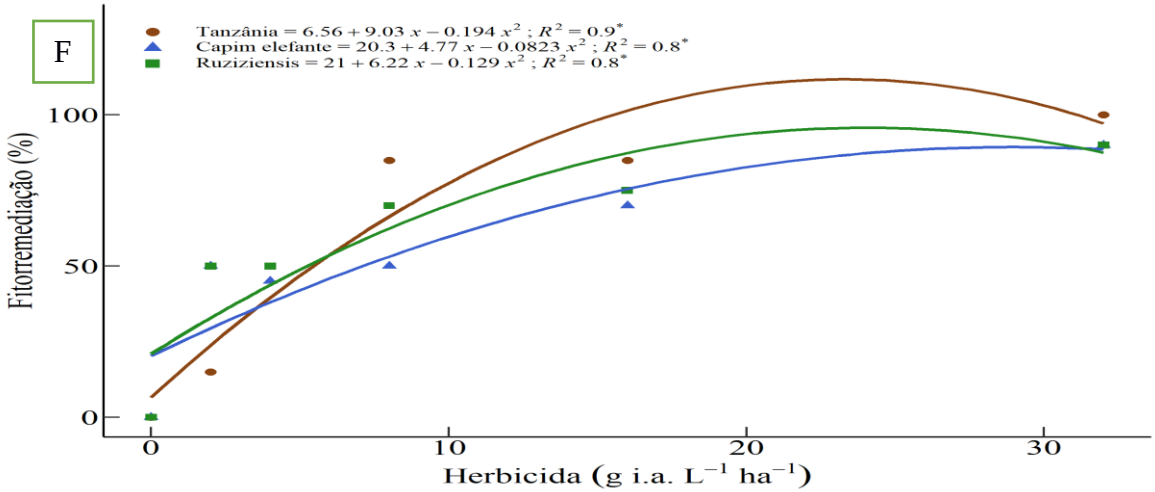


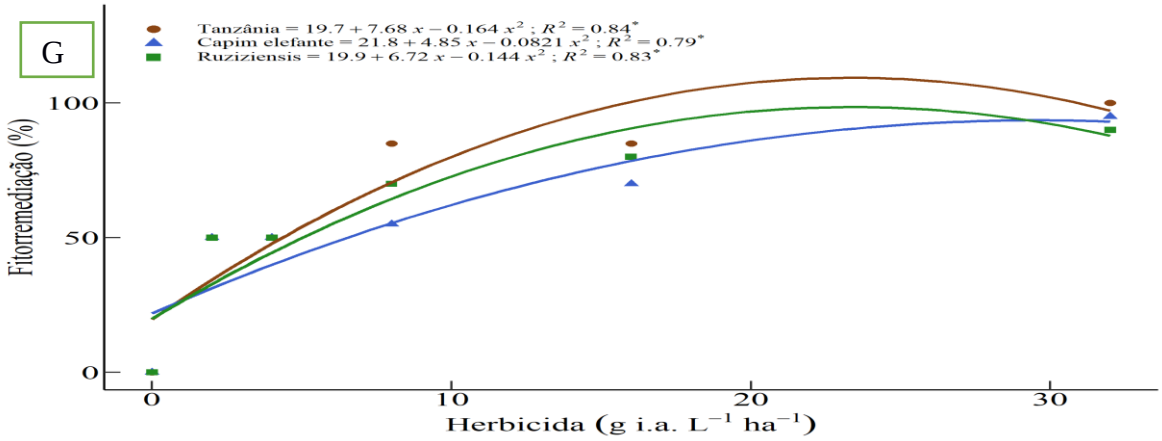



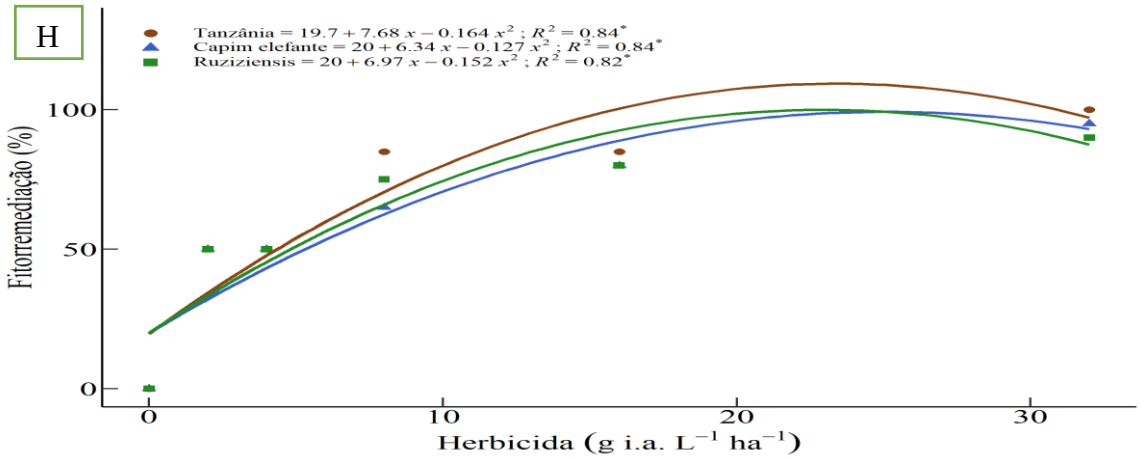

C
Tanzânia = 0.703 + 7.53 x − 0.155 x² ; R² = 0.92*
Capim elefante = 5.11 + 3.1 x − 0.0205 x² ; R² = 0.94*
Ruziziensis = 10.2 + 2.87 x − 0.0141 x² ; R² = 0.86*
Fitorremediação (%)
120
90
60
30
0
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


D
Tanzânia = 1.03 + 8.3 x − 0.169 x² ; R² = 0.94*
Capim elefante = 2.95 + 5.39 x − 0.0892 x² ; R² = 0.97*
Ruziziensis = 13.5 + 4.19 x − 0.0589 x² ; R² = 0.83*
Fitorremediação (%)
120
80
40
0
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


E
Tanzânia = 3.98 + 8.83 x − 0.184 x² ; R² = 0.94*
Capim elefante = 10.3 + 5.59 x − 0.0979 x² ; R² = 0.96*
Ruziziensis = 20.4 + 5.12 x − 0.0953 x² ; R² = 0.75*
Fitorremediação (%)
100
50
0
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


F
Tanzânia = 6.56 + 9.03 x − 0.194 x² ; R² = 0.9*
Capim elefante = 20.3 + 4.77 x − 0.0823 x² ; R² = 0.8*
Ruziziensis = 21 + 6.22 x − 0.129 x² ; R² = 0.8*
Fitorremediação (%)
100
50
0
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


G
Tanzânia = 19.7 + 7.68 x − 0.164 x² ; R² = 0.84*
Capim elefante = 21.8 + 4.85 x − 0.0821 x² ; R² = 0.79*
Ruziziensis = 19.9 + 6.72 x − 0.144 x² ; R² = 0.83*
Fitorremediação (%)
100
50
0
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)


H
Tanzânia = 19.7 + 7.68 x − 0.164 x² ; R² = 0.84*
Capim elefante = 20 + 6.34 x − 0.127 x² ; R² = 0.84*
Ruziziensis = 20 + 6.97 x − 0.152 x² ; R² = 0.82*
Fitorremediação (%)
100
50
0
0
10
20
30
Herbicida (g i.a. L⁻¹ ha⁻¹)

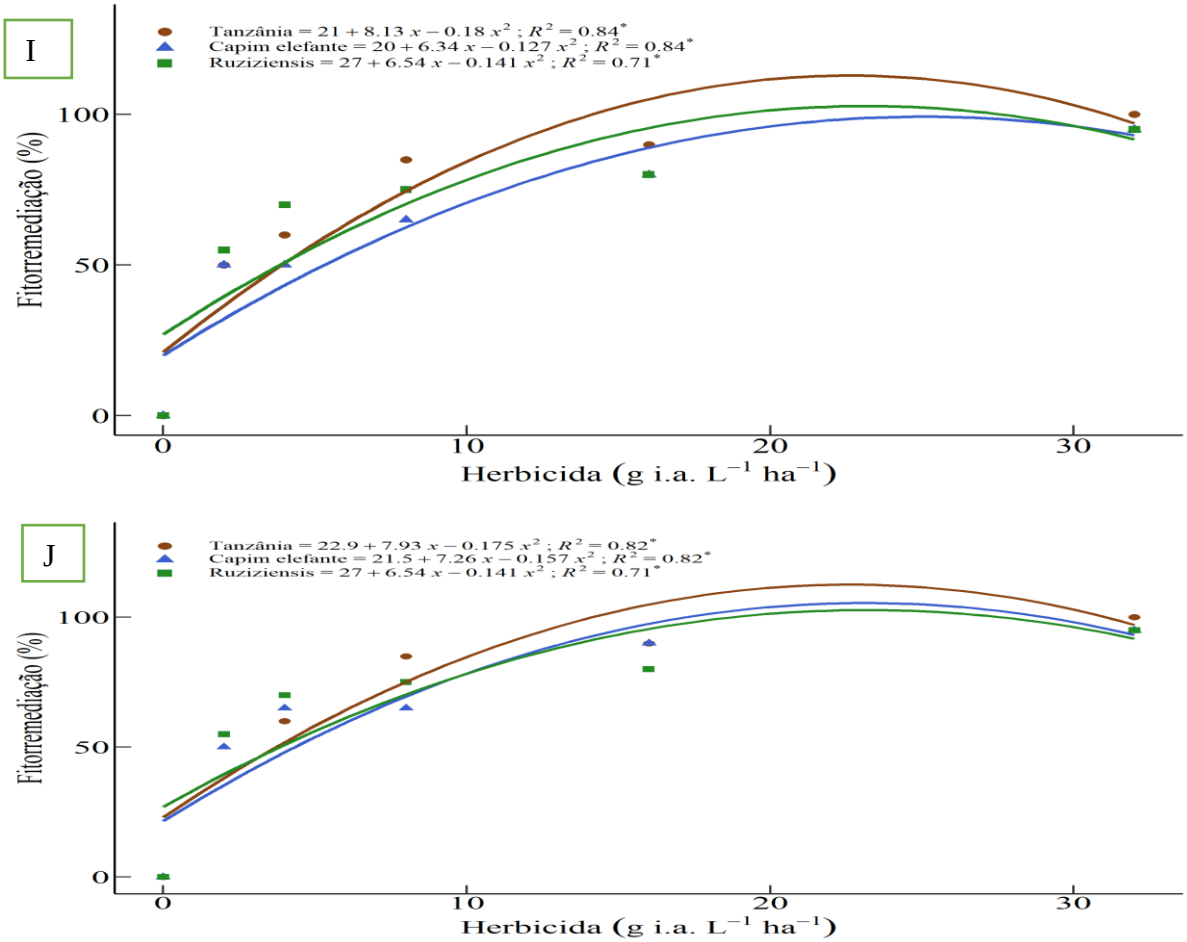



**Figura 17**-Análise visual de fitointoxicação das espécies fitorremediadoras (A, B,C,D,E,F,G,H,I,J,) em função das doses de herbicida.

A análise de fitointoxicação geral demonstra o aumento significativo conforme o aumento de doses de herbicidas, o capim Tanzânia foi o mais afetado durante a análise de fitorremediação em seguida do capim Ruziziense e por último o capim elefante. Em relação da dose 0 a dose 32 de herbicida houve uma grande diferença na aparência das plantas durante todo o experimento (Figura 18).

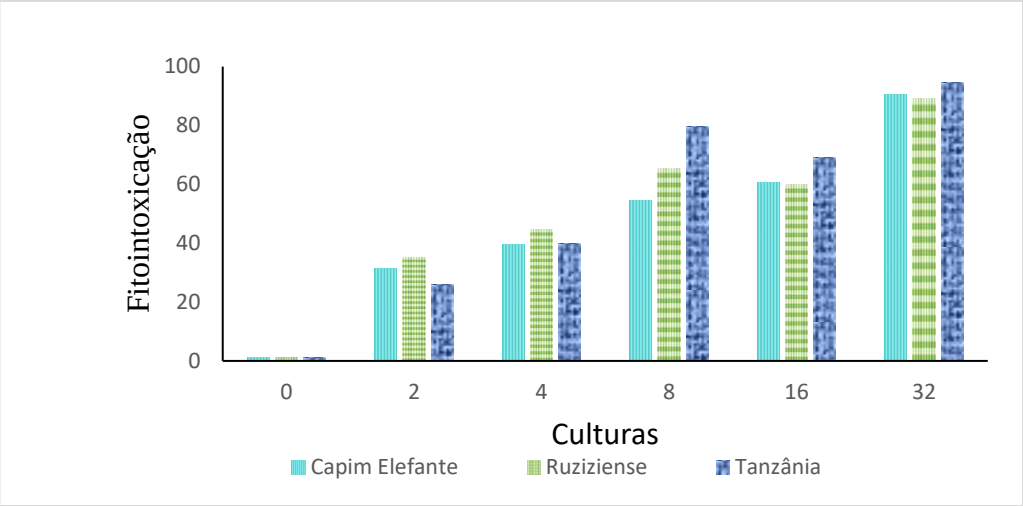



**Figura 18**-Fitointoxicação geral das plantas em relação ao herbicida durante o experimento.

A absorção do herbicida picloram pelos solos tem se mostrado persistente e com baixo coeficiente de sorção. Segundo um estudo realizado por Basso et al. (2009), o picloram apresenta uma alta capacidade de permanecer no solo por um longo período, tornando-o uma substância de difícil remoção e com potencial de contaminação. Além disso, o baixo coeficiente de sorção indica que o picloram tem uma menor afinidade pelo solo, facilitando a sua movimentação e chegada a outros compartimentos ambientais. Esses resultados reforçam a importância de medidas de controle e monitoramento dessa substância para evitar possíveis danos ao meio ambiente e à saúde humana.

## 5.4 Massa fresca e seca da parte aérea

A massa na parte aérea das espécies fitorremediadoras não apresentou, na análise de variância, diferença estatística para a interação entre os fatores de culturas e doses de herbicida pelo Tukey a 5% de probabilidade, nas análises foi observado diferença estatísticas entre culturas pelo teste Tukey à 5% do nível de significância ao analisar os efeitos isolados.

O capim Tanzânia apresenta o maior valor de massa, na forma fresca e posteriormente após a secagem em estufa, seguindo da Ruziziense e por fim o capim elefante, demonstrando os menos valores em incrementos da matéria fresca e seca ao final da primeira parte do experimento (Figura 19).

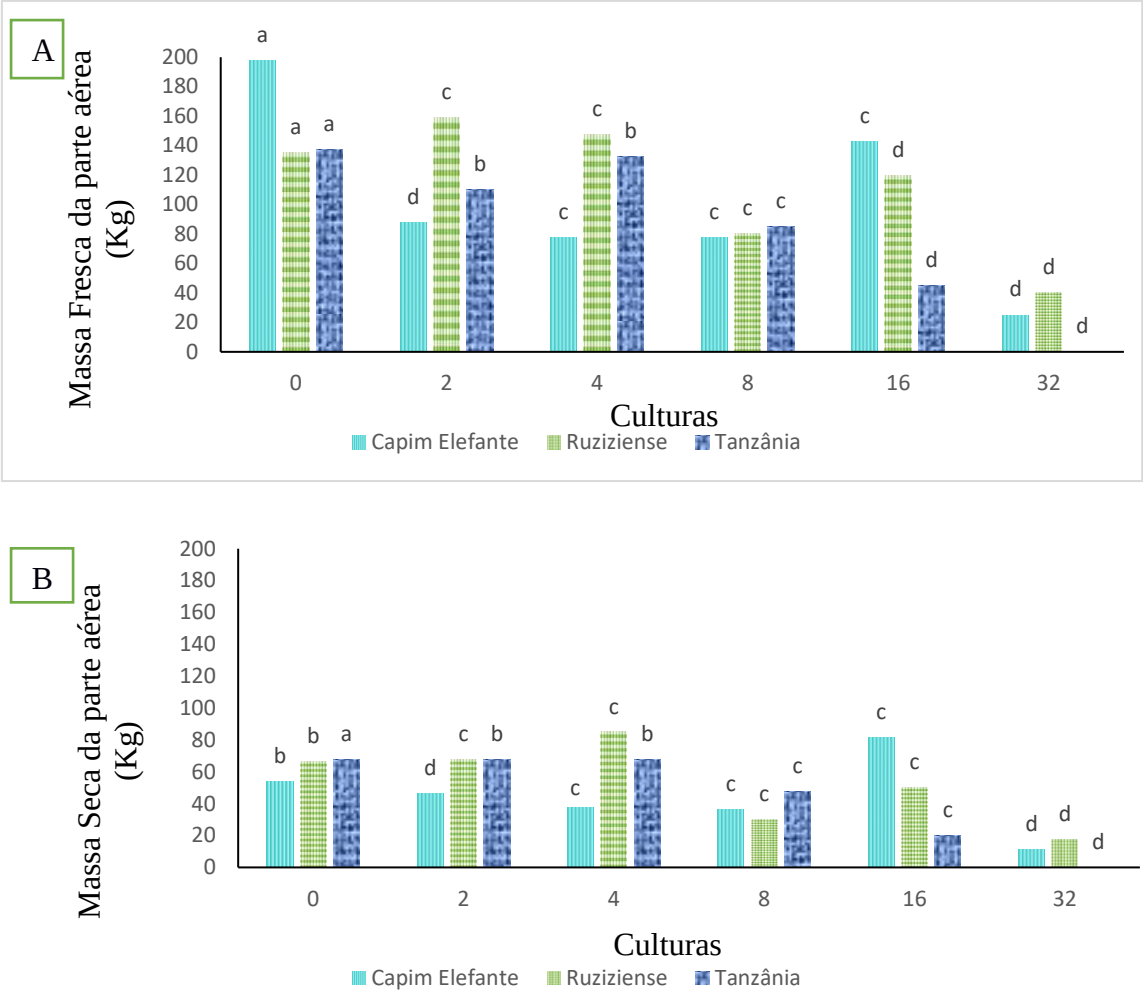
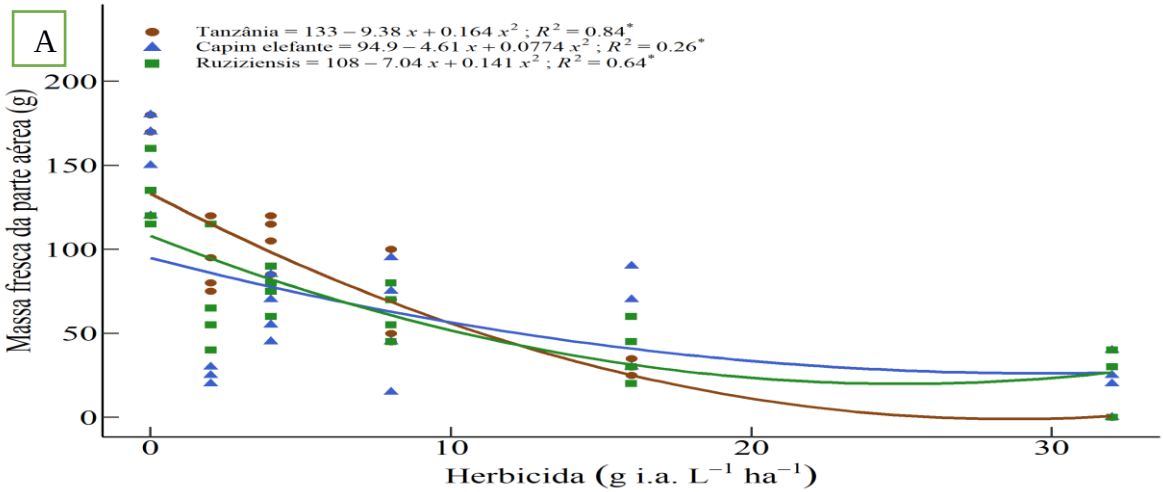



**Figura 19**-(A) Massa Fresca da Parte Aérea em relação as culturas; (B) Massa seca da parte aérea em relação as culturas.



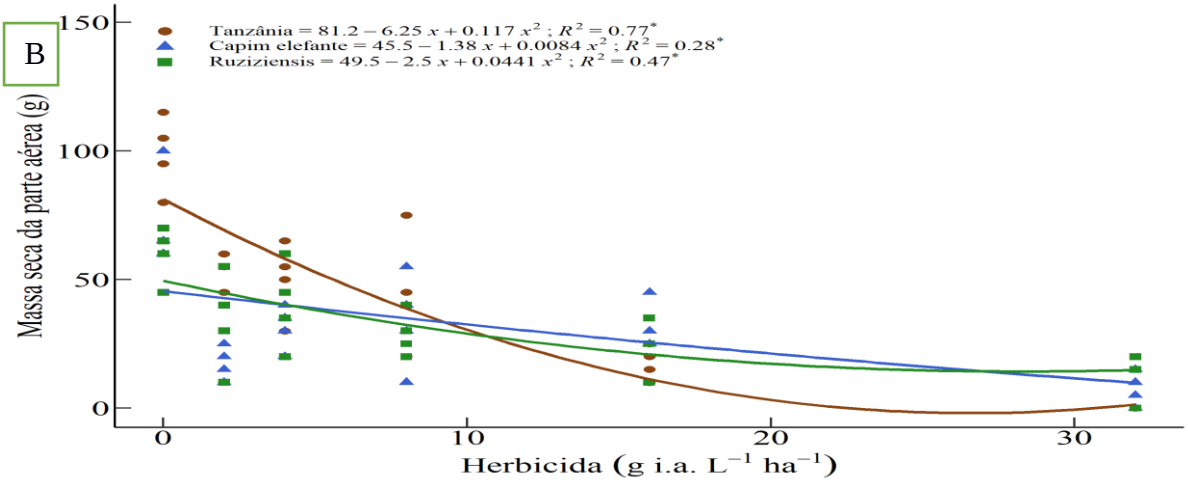



**Figura 20-** (A) Massa fresca da parte aérea em função das doses de herbicida; (B) Massa seca da parte aérea em função das doses de herbicida das espécies fitorremediadoras.

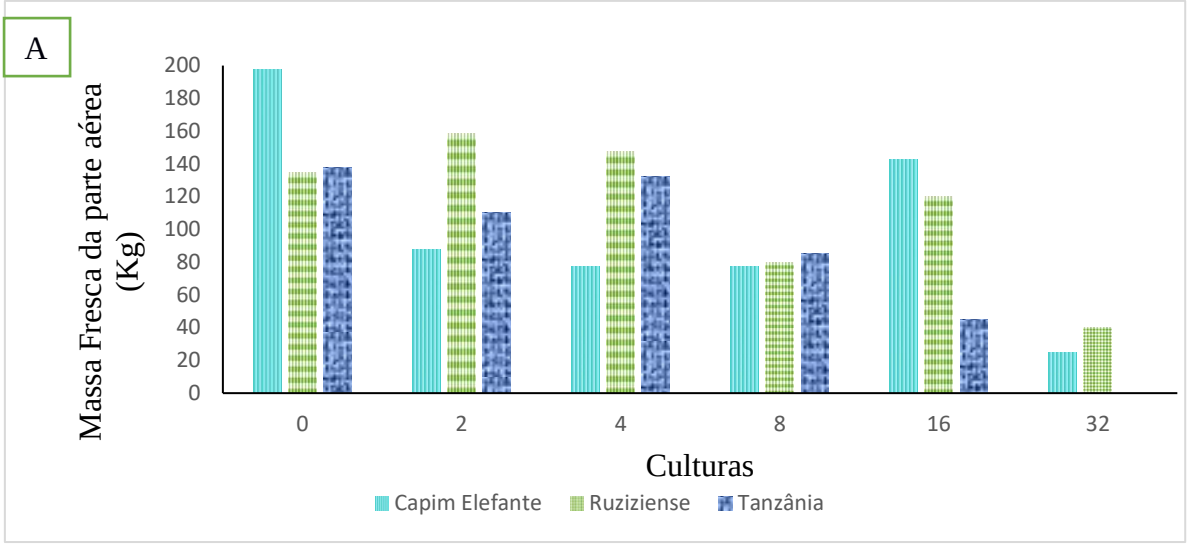
Os valores obtidos de incremento de massa em função das doses de herbicida foram ajustados ao modelo quadrático para as variáveis de massa fresca e seca da parte aérea, onde foi observado que o menor valor de acúmulo de massa ocorreu quando foi aplicada a dose 16 e 32 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ em todo o período de experimento.

Segundo Leita., et al (2017), a pesquisa e seleção de espécies com potencial para fitorremediar deve considerar as características agronômicas desejáveis, como elevada capacidade de remoção de contaminantes do solo ou água, resistência a estresses ambientais, facilidade de manejo e cultivo, entre outras.

## 5.5 Massa fresca e seca das raízes

A massa na parte de raízes das espécies fitorremediadoras apresentou, na análise de variância, diferença estatística para a interação entre os fatores de culturas e doses de herbicida pelo Tukey a 5% de probabilidade, nas análises foi observado diferença estatísticas entre culturas pelo teste Tukey à 5% do nível de significância ao analisar os efeitos isolados

Em análise de interação o fator de culturas e de doses de herbicida demonstrou que o capim Tanzânia apresentou os menores incrementos de massa nas raízes em todas as doses quando comparada com as demais culturas. Já o capim elefante demonstrou redução de massa seca em relação ao peso da massa fresca (Figura 21).



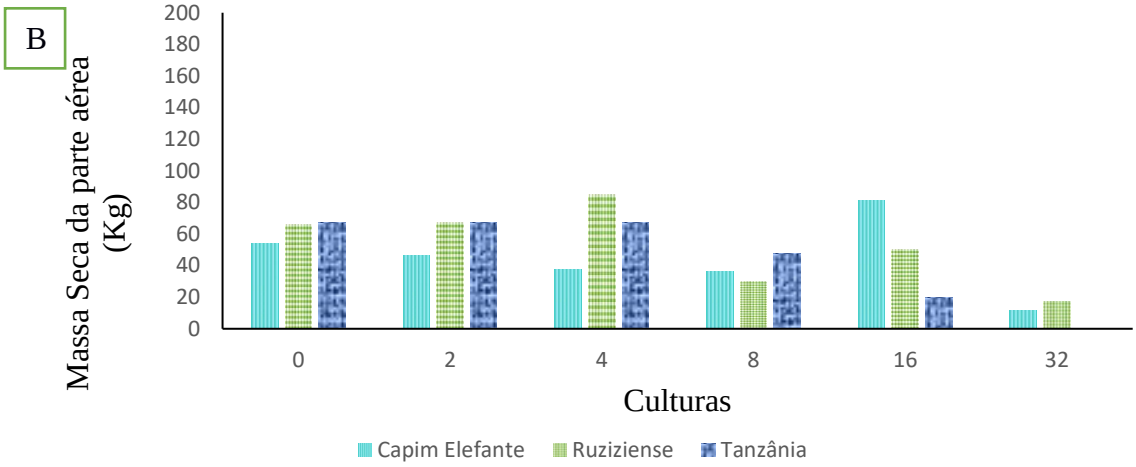




**Figura 21**- (A) Massa fresca das raízes em relação culturas; (B) Massa seca das raízes em relação das culturas. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Em relação as doses de herbicidas, o modelo quadrático foi ajustado. O capim Tanzânia apresentou os menores valores em todas as doses de herbicida relação as outras culturas. Em comparação com a massa fresca, e o capim elefante demonstrou menor valor na massa seca (Figura 22).

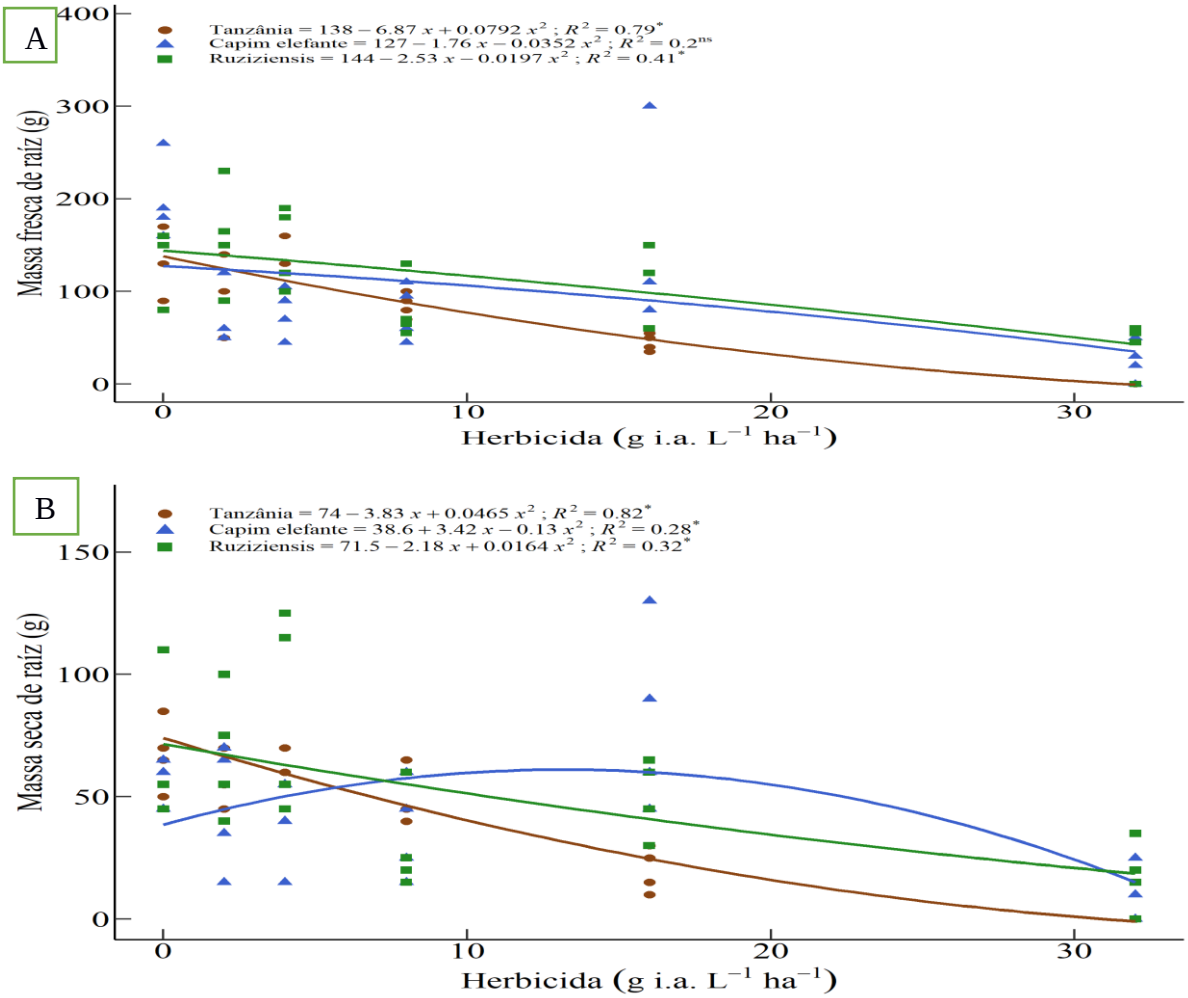



**Figura 22-** (A) Massa fresca e (B) Massa seca das raízes em relação as doses em função dos herbicidas.

Segundo Monteiro., et al (2017) envolve espécies de interesse agronômico na tentativa de buscar espécies com potencial de fitorremediar. Isso se deve ao fato de que as plantas com interesse agronômico são aquelas que possuem características desejáveis para o cultivo, como alta produtividade, resistência a doenças e pragas, e boa adaptação ao ambiente.

## 5.6 Altura das plantas da espécie biorremediadora (soja)

A variável altura de plantas da espécie biorremediadora apresentou, em sua análise de variância, diferença estatística para a interação entre os fatores das culturas cultivadas e doses de herbicida pelo Tukey a 5% de probabilidade, nas duas análises (15 DAE e 45 DAE).

Pode se observar que o fator sem cultivo utilizado como testemunha obteve maiores alturas na dose 0 em relação as outras culturas nos 15 DAE e 45 DAE. Devido ao solo obter nutrientes disponíveis para seu crescimento em relação as outras doses que já foram utilizadas com as plantas fitorremediadoras. O solo tratado com o capim elefante proporcionou um melhor desenvolvimento

de crescimento nas doses 2 e 4 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ ,as doses 8,16 e 32 ,não obteve crescimento já que as plantas vieram a morte logo nos primeiros 15 DAE (Figura 23).

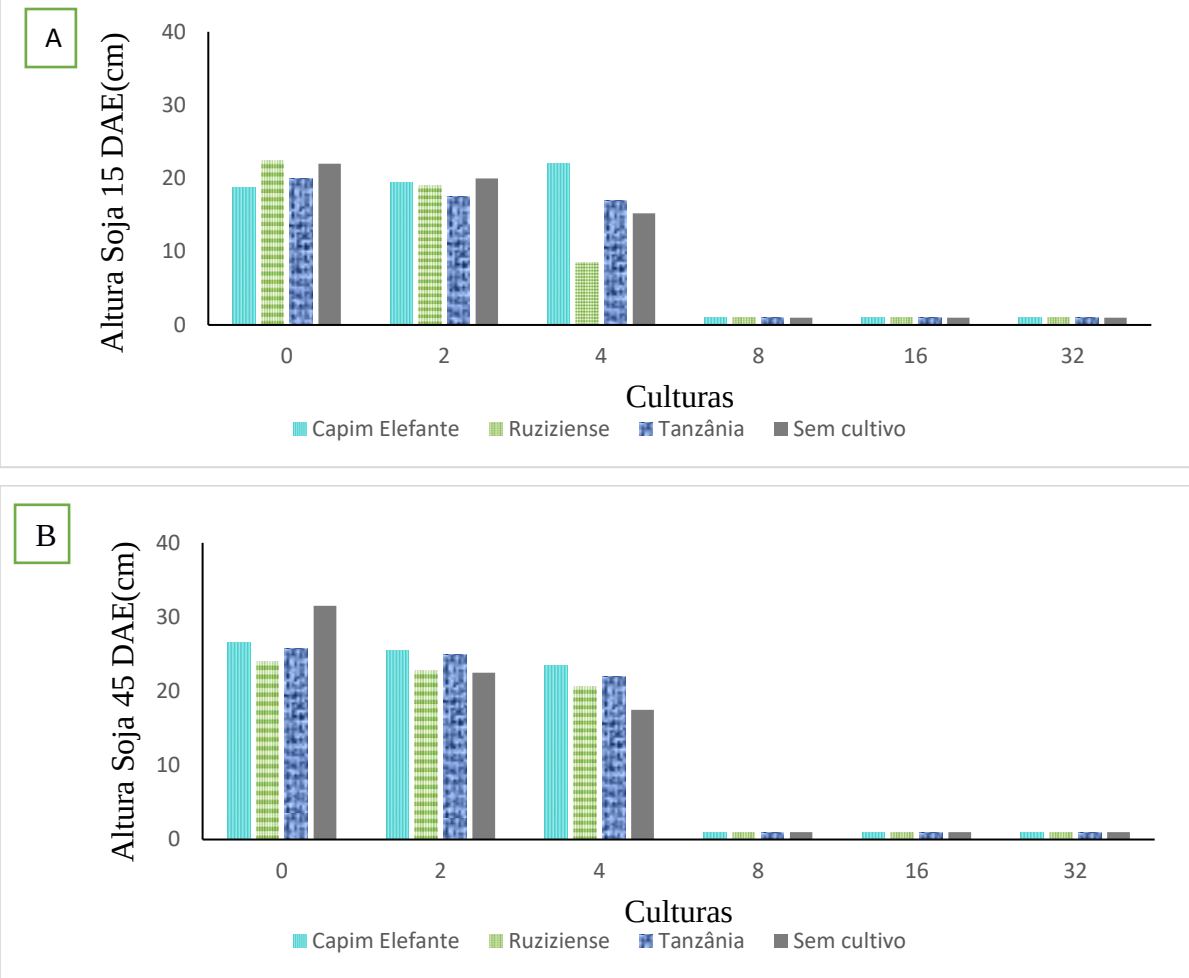



**Figura 23**-Altura de plantas da espécie bioindicadora (G. max) em função das culturas cultivadas (capim elefante, capim tanzânia, ruziziense e solo sem cultivo) aos (A) 15 DAE e aos (B) 30 DAE. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

A altura das plantas bioindicadoras resistentes ao herbicida picloram pode ser influenciada por diferentes fatores. Segundo Smith et al. (2020), a resistência ao picloram, resultando em uma maior altura em comparação com as plantas sensíveis a esse herbicida. Essa característica pode ser uma importante indicação da presença da resistência, permitindo a identificação dessas plantas em um campo ou área onde o picloram tenha sido aplicado.

### 5.7 Análise visual de fitointoxicação da soja

Não foi apresentado diferença estatística para a interação entre os fatores de culturas e doses de herbicida pelo Tukey a 5% de probabilidade das espécies bioindicadoras quando se analisou o Índice relativo de Clorofila (SPAD) aos 15 DAE e aos 45 DAE.

Foi possível verificar que as cultivares conseguiram se desenvolver nas doses menores quanto maior a dose houve morte, chegando à morte total logo após o transplante quando comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância 0,05 (Figura 24).

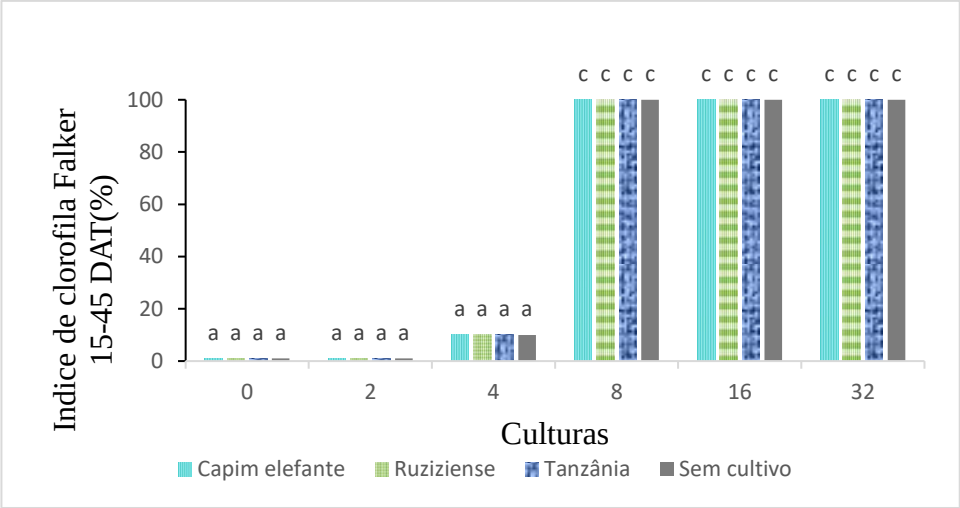



**Figura 24**-Índice relativo de clorofila Falker aos15 e 45 DAE da espécie bioindicadora (G. max) e em função das culturas em relação a função das doses de herbicida. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

As plantas de G. max. cultivadas sequencialmente nos solos cultivados demonstraram valores nas doses 0, 2, 4 g i. a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ , em relação ao solo sem cultivo demonstrou os mesmos níveis , pois os sintomas de intoxicação apareceram acima da dose 8 a dose 32 ,a exposição ao herbicida sem nenhum tratamento afetou o desenvolvimento de caule, e principalmente das folhas como nas outras plantas que obtiveram tratamento anterior.

O cultivo das espécies fitorremediadoras demonstrou uma relativa remediação a ação do picloram no que se refere ao teor de clorofila das plantas. Nas doses de 2, 4 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ os tratamentos cultivados obtiveram resultados de crescimento normal em relação as testemunhas sem cultivo, nas doses de 8,16 e 32 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ ocorreu a morte das plantas em poucos dias de todas as plantas. Todos os tratamentos 8,16 e 32 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ tiveram seus valores próximos a zero por consequência da morte de plantas de soja.

Autores observaram redução da taxa fotossintética e da condutância estomática ao analisar o efeito de herbicidas auxínicos como picloram (Khan et al., 2002).

## 5.8 Massa fresca e seca aérea e raízes da bioindicadora

Não foi observado diferença estatística para a interação entre os fatores de culturas e doses de herbicida pelo Tukey a 5% de probabilidade, em sua análise de variância, no acúmulo de massa da parte aérea e das raízes da espécie bioindicadora *G. max.* (Figura 25).

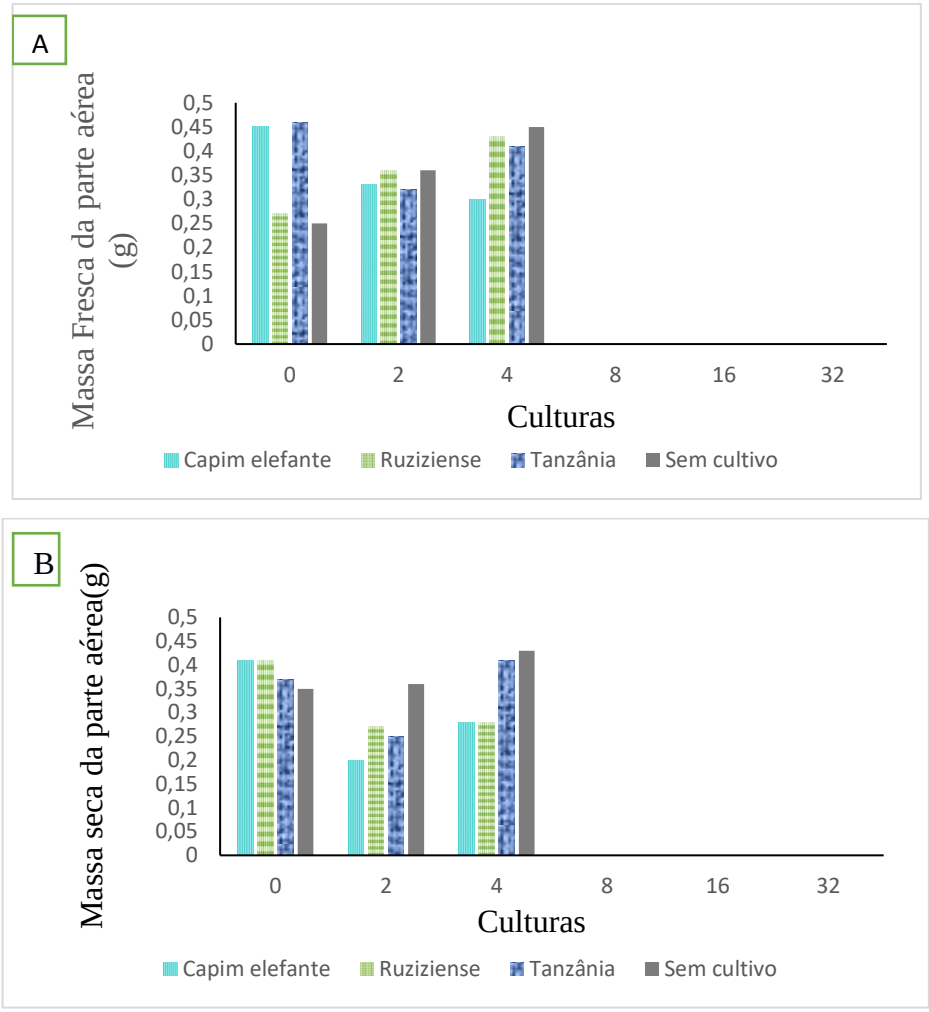



Figura 25- (A) Massa fresca da parte aérea e (B) Massa seca da parte aérea da espécie bioindicadora (G. max) em função das culturas (Capim elefante, Ruziziense, Tanzânia e Solo Sem Cultivo). Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Significância 5%.

As doses de 8, 16 e 32 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ demonstram os menores valores chegando a 0 (zero), principalmente pelo fato de sobrar pouca matéria vegetal ainda não decomposta. As demais doses obtiveram resultados menores em relação aos da testemunha (sem cultivo) e as doses que não houve aplicação.

Timossi et al. (2020) teve como observação que a redução dos valores de massa fresca e massa seca de G. max. (*G. max)* conforme ocorreu o aumento das doses do herbicida picloram ao avaliarem os efeitos residuais de herbicidas auxínicos em soja.

Analisando o fator de culturas para a variável de massa seca das raízes observou-se que os maiores valores de massa foram encontrados quando na cultivar capim elefante seguido do capim Ruziziense quando comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (Figura 26).

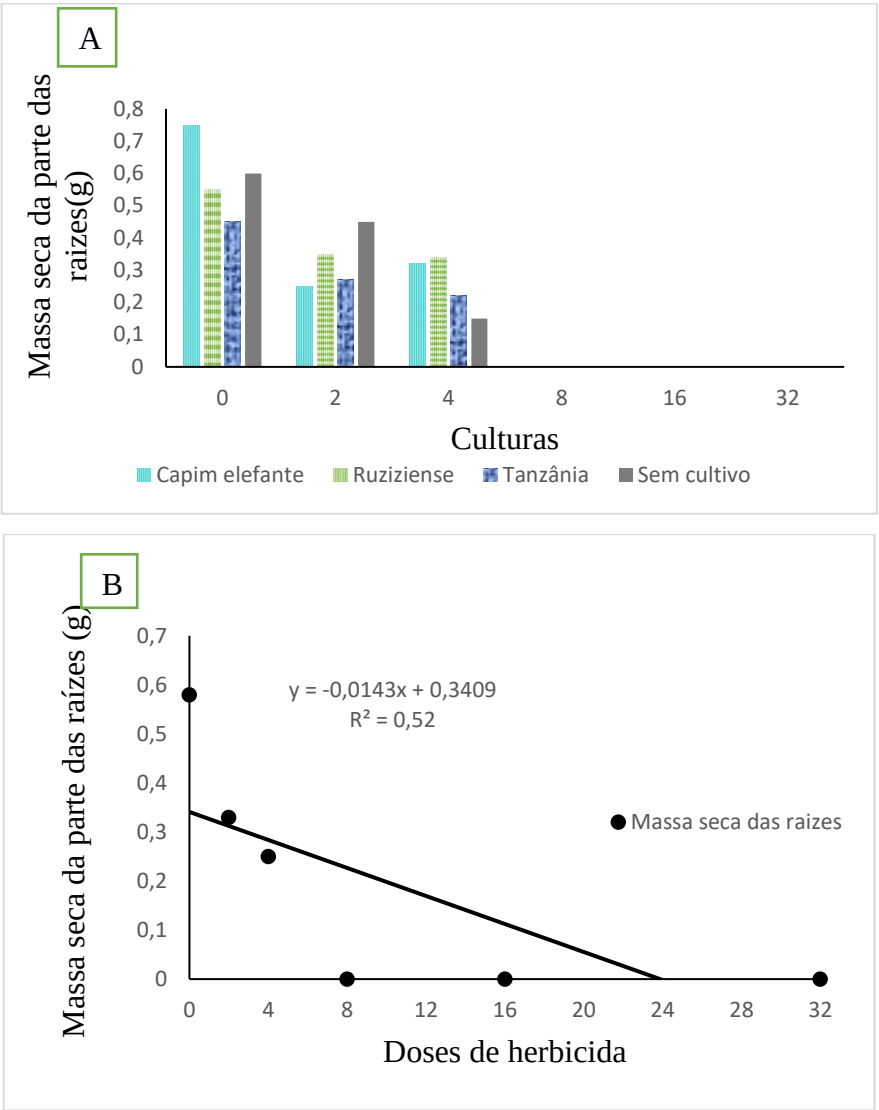



**Figura 26**-Massa seca das raízes da espécie bioindicadora (G. max) em (A) função das culturas (B) função das doses de herbicida. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância 5%.

Nos solos aplicados com as doses de 2 e 4 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$, foi visto um peso (g) menor incremento de massa de raízes, mas que ainda foi superior aos encontrados pelas doses de 8, 16 e 32 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$ onde foi quase a 0 de material para análise interferindo nos resultados devido obter valores próximos a zero.

Segundo Silva et al. (2019), a presença de resíduos de picloram no solo pode acarretar uma diminuição significativa na massa das plantas cultivadas. Em experimentos com

diferentes culturas, como feijão, G. max. observou-se uma redução de até 30% na produção de biomassa quando comparado com plantas cultivadas em solos não contaminados. Essa diminuição na massa das plantas pode ser atribuída aos efeitos fitotóxicos do picloram, que interfere no processo de crescimento e desenvolvimento das culturas. O herbicida afeta a atividade de enzimas-chave envolvidas na síntese de proteínas, carboidratos e lipídios, resultando em um comprometimento do metabolismo das plantas.

## 6. CONCLUSÃO

As espécies escolhidas para ser utilizadas no experimento demonstram ter resistência a doses de herbicida até o nível recomendado pelo fabricante sendo as doses 2 e 4 g i.a. $L^{-1}$ $ha^{-1}$. A partir das doses de 8, 16 e 32 g i.a. $L^{-1}$ $há^{-1}$ , as cultivares não conseguiram se desenvolver de forma satisfatória.

A soja (*G. max*), demonstra ser uma bioindicadora bem sensível ao herbicida picloram demonstrando rapidamente sinais de fitointoxicação na presença da molécula.

O capim elefante e o capim Tanzânia demonstraram os melhores resultados durante o experimento, conseguindo ser mais resistentes e tendo melhores médias nas variáveis avaliadas.

## 7. REFERÊNCIAS

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, 2000. v. 1. p. 299-352.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução de Diretoria Colegiada** no 119, de 19 de maio de 2003. Diário Oficial da União 2003; 22 maio.

AGROTÓXICOS E MEIO AMBIENTE. RECUPERADO EM 20 DE OUTUBRO DE 2021, DE:**https://www.embrapa.br/temaagropecuario/noticias//asset_publisher/UJ2T6b7tBdMO/content/agrotoxicos-e-meio-ambienteMAPA**. (2013).

RELATÓRIO ANUAL DO PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DE RESÍDUOS E CONTAMINANTES EM PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL - PNCRC. Recuperado em 20 de outubro de 2021, de: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/residuos-de-agrotoxicos-1/pncrca-1/pncrc/pncrc-relatorios-mutuos-pais/report-2013-mutual-report-en.pdfMinistério da Saúde. (2014).

ALMEIDA, L. U., SEREJO, M. L. M., & DELGADO, M. R. A. (2010). **Fitorremediação do solo contaminado por chumbo com o uso de plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14(2), 229-236.

ALODAN, M.A.; JOJIMA, T.; HATTORI, M.; et al. **Engineering plants for the phytoremediation of RDX in the vicinity of military facilities. Journal of Hazardous Materials**, v.330, p.56-62, 2017.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA/AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos**; Brasília: ANA, v.5. 68 p. 2013. ANVISA –

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - **guia para elaboração de rótulo e bula de agrotóxicos, afins e preservativos de madeira** - 2018. Disponível em: <encurtador.com.br/apNVX>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.

ANVISA. (2003). **programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (para).** Recuperado em 20 de outubro de 2021, de: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/dados-e-numeros/programa-deanalise-de-residuos-de-agrotoxicos-em-alimentos-paraBrasil. (2018). Lei nº 7.802/1989. Recuperado em 20 de outubro de 2021, de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htmEmbrapa. (2021).

ANVISA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA).** Disponívelem:<https://www.gov.br/anvisa/pt br/assuntos/agrotoxicos/agrotoxicos/programa-de-análise/>. Acesso em: 10 set.2021.

AVELAR, M. et al. **Impactos da manipulação inadequada de herbicidas no meio ambiente e na saúde humana.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 15, n. 2, p. 203-212, 2020.

BASSO, C.J., OLIVEIRA, M.C., ALMEIDA, A.L., REGINATO, G.H., MARTINS, C.I. (2009). **Avaliação da adsorção do herbicida picloram em solos de diferentes classes no estado do Paraná. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13(3), 303-309.

BONFIM-SILVA, Edna Maria; Silva, Tonny José Araújo. Coleta de Solo - **Análise de Fertilidade**. Universidade Federal do Mato Grosso. Programa em Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEAgri/UFMT) e do Grupo de Práticas em Água e Solo (GPAS). Rondonópolis – MT. 2011.

BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. Química e Sociedade: **Química Nova na Escola**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p.10-15, 2012.

BRASIL, **Ministério do Meio Ambiente. Agrotóxicos, 2018. Disponível em:** http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos. Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Portaria n° 2914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em: BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Disponívelem: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm. Acesso em: 11 de janeiro de 2019.

CARVALHO, L.B. et al. **Contaminação de águas superficiais e subterrâneas por herbicidas utilizados no cultivo de arroz irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22,n.9,622-627,2018.

CARVALHO,L.F.**Controle de plantas daninhas em pastagens:produtos registrados e recomendaçõesdeuso.EmbrapaPecuáriaSudeste**,sãoCarlos,Sp,CircularTécnica,n.108,2019.

CAVENAGHI, A. L et al.**Evolução da resistência de Borreria alata ao glyphosate na região oeste do Paraná.** Planta Daninha, v.33, n4,p737-746,2015.

CHEN, X.; HU, X.; SUN, Y.; et al**. Comparative Analysis of the Toxic Effects of Cadmium and Lead on Soybean Seedlings.** Environmental Science and Pollution Research, v.23, n.15, p.15467-15475, 2016.

EMBRAPA.**Dados de agrotóxicos no Brasil. Disponível em**: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/44045854/dados-de-agrotoxicos-no-brasil>. Acesso em: 10 set. 2021.Environmental Protection Agency (EPA). (2019). Pesticides: Topical & Chemical Factsheets. Recuperado de https://www.epa.gov/pesticides.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL**. Report of the 3rd and 4rd meetings of EWRC Committee of methods in weed research. Weed Research**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.

Erciyes, A.T. (2014). **The Effects of Excessive Herbicide Dose on Plant Growth. International Journal of Agriculture and Biology,** 16(5), 1009-1013.

FREITAS, E. **Agropecuária do Centro-Oeste, 2019**. **Brasil Escola**. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/brasil/agropecuaria-centrooeste.htm>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2019.

IBAMA – **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Portaria Normativa IBAMA nº 84, de 15 de outubro de 1996. Disponível

em:https://servicos.ibama. gov.br/ctf/ma nual/html/Portaria_84.pdf. Acessado em: 08 de fevereiro de 2019.

IBAMA – **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins,** conforme art. 41 do Decreto n° 4.074/2002. Vendas de Ingredientes Ativos por UF, 2018. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotox icos#sobreosrelatorios. Acesso em: 04 de dezembro de 2018.

IBAMA. **Agrotóxicos no Brasil. Disponível em**: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/agrotoxicos/agrotoxicos-no-brasil>. Acesso em: 10 set. 2021.

KHAN, S.; BIBI, I.; SULTAN, T.; et al. Bioremediation Approaches for Chromium Removal by Bacillus sp. from Wastewater: A Review. Journal of Environmental Management, v.190, p.25-41, 2017.

LEITA, BEATRIZ B.; CINTRA, ANA L. S.; LIMA, NAYARA M. S.; MOLINA, SILVIA M. G.; MONTEIRO, TALITAB. (2017). **Fitorremediação de solo contaminado por elementos-traço usando diferentes espéciesvegetais.** Revista Brasileira de Engenharia AgrícolaeAmbiental 21, N. 5, Páginas: 361-36.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Recomendações para prevenção e manejo da resistência a herbicidas. In**: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.) Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Londrina: Associação Brasileira de Ação a resistência de Plantas aos herbicidas (HRAC-BR), 2003. p. 45-79.

MARTINS, L.L.; CALAIS, F.L.; SANTOS, L.A.C.; et al. **A técnica da fitorremediação como uma alternativa para remediação de áreas contaminadas**. FEJ, v.5, n.1, p.1-10, 2013.

MATSUOKA, M. et al. **Impacto da interferência de plantas daninhas na cultura da G. max. em lavouras de agricultura de precisão. Ciência Rural,** v. 47, n. 1, p. 1-9, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). Disponível em:**

<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/insumosagricolas/agrotoxicos/para>. Acesso em: 10 set. 2021.

Molin, W. T. (2018). **Herbicidas: Classificação, mecanismo de ação e características físico-químicas.**EmbrapaSoja.Recuperadode https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183750/1/herbicidas-classificacao-mecanismo-acao-caracteristicas-fisico-quimicas.pd.

MARÍA ELVIRA LÓPEZ-CLIMENT et al. (2004) - **publicaram um estudo intitulado "Effect of 2,4-D herbicide on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and xanthophylls cycle in Citrus" na revista Environmental and Experimental Botany.**

OLIVEIRA, G.; FONTES, M.P.F.; PIRES, F.R.; et al. **Phytoremediation of zinc by Eucalyptus clones assessed by induced genetic responses and chemical elements dynamics.** Plant Physiology and Biochemistry, v.80, p.58-67, 2014.

PANDEY, J.; NATH, V.; PANDEY, M.; et al. **Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil**. Applied Ecology and Environmental Sciences, v.7, n.3, p.74-82, 2019b.

PANDEY, V.C.; BAJPAI, O. **Phytoremediation: from theory towards practice. In**: PANDEY, V.C.; BAUDDH, K. (Eds.) **Phytomanagement of polluted sites: market opportunities in sustainable phytoremediation.** Amsterdã: Elsevier Inc, 2019c. p.1-49.

PANDEY, V.C.; RAI, A.; KORSTAD, J**. Aromatic Crops in Phytoremediation.** In: PANDEY, V.C.; BAUDDH, K. (Eds.) **Phytomanagement of polluted sites: market opportunities in sustainable phytoremediation.** Amsterdã: Elsevier Inc, 2019a. p. 255-275.

PANDEY, V.C.; SOUZA-ALONSO, P. **Market Opportunities: in Sustainable Phytoremediation.** In: PANDEY, V.C.; BAUDDH, K. (Eds.) **Phytomanagement of polluted sites: market opportunities in sustainable phytoremediation.** Amsterdã: Elsevier Inc, 2019b. p. 51-82.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Características fisiológicas das culturas de G. max. e feijão e de três espécies de plantas daninhas. Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 211-216, 2004.

ROCK, S.; BAKHSHI, A.K.; SHARM, A.; et al. **Phytoextraction: a sustainable tool to remediate heavy metal contaminated soils. Journal of Environmental Management**, v.59, n.3, p.135-145, 2000.

RODER, F. J. et al. **Manejo de plantas daninhas em pastagens: um desafio constante. Pesquisa** Agropecuária Brasileira, v. 54, n. 9, p. 1-12, 2019.

RODER, K., GIBLIN, A., &BEATTIE, T. (2019). **weed dynamics in mixed sward pasture and the effect on dry matter production.New Zealand Journal of Agricultural Reserarch**,62(2),162-173.

RODRIGUES, L.L.; FERMINO, M.H.; LOUREIRO, M.B.; et al. **Evaluating trees and shrubs for phytoremediation of diesel-contaminated tropical soil. Chemosphere**, v.156, p.363-371, 2016.

SANTOS, E.S.; FREITAS, S.S.; PINTO, W.F. **Picloram sorption at soil-water interfaces**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.2, p.199-206, 2007.

SANTOS, J. R. **Manipulação de herbicidas: recomendações de uso e segurança.** 2019. Disponível em: <https://www.agr.ib/pt/comunicacao/noticias/1561-manipulacao-de-herbicidas-recomendacoes-de-uso-e-seguranca>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SANTOS, L. B. et al. **Competição de plantas daninhas em sistemas agroflorestais com espécies frutíferas.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 38, n. 3, p. 1-8, 2016.

SHEPPARD, M.I.; THIBAULT, D.H. **The mobility of heavy metals in a soil amended with sewage sludge compost.** Environment Pollution, v.78, n.1-2, p.141-146, 1992.

SILVA, M. F. F. (2010). **Avaliação de toxicidade de herbicidas hormonais em solo cultivado com Cana-de-Açúcar.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SILVA, J. S. (2018). **Fitorremediação: uma alternativa sustentável para a recuperação de áreas contaminadas.** Revista Brasileira de Meio Ambiente, 32(2), 43-52.

SILVA, M.A. de et al**. Ambientes Controlados: Modelos de matemática aplicados na avaliaçãodeagrotóxicosnosolo.**
**2019.Disponívelem**:<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10093>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SOUZA, L. B. et al. **Alelopatia e efeito da presença de plantas daninhas sobre o cultivo de hortaliças.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 13, n. 2, p. 1-8, 2018.

SILVA, J. A. et al. **Efeitos fitotóxicos do picloram em diferentes culturas no Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Herbicidas, v. 18, n. 2, p. 171-180, 2019.

SMITH, J., ET AL. (2020). **Resistance mechanisms of picloram-resistant Centaurea stoebe s.l. populations in Montana**. USA. Weed Research, 60(1), 49-59.

UFMS. **Presença de agrotóxicos no leite materno de mulheres residentes na cidade de Cuiabá.**Disponívelem:<https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/5276/3/ATRASADOS%2004%20aprova%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

UFMT. **Relatório final de estudo sobre a presença de agrotóxicos na água em Mato Grosso.**Disponívelem:<https://www.mpmt.mp.br/web/arquivos/meioambiente/inpea/relatorio-final-imasul.pdf/at_download/file>. Acesso em: 10 set. 2021.

WU, J.; LI, X.; ZHANG, Z.; et al. **Phytoextraction of Cadmium and Zinc from a Co-contaminated Soil Using Hyperaccumulators and Non-hyperaccumulators.** International Journal of Phytoremediation, v.20, n.6, p.517-525, 2018.