



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE PORTO NACIONAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANDRESSA ALVES DOS REIS

**ANÁLISES MORFOANATÔMICAS DE RAÍZES DE PLANTAS DE *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex
Hayne EXPOSTAS A DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO**

PORTO NACIONAL/TO
2020

ANDRESSA ALVES DOS REIS

**ANÁLISES MORFOANATÔMICAS DE RAÍZES DE PLANTAS DE *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex
Hayne EXPOSTAS A DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional, Curso de Ciências Biológicas para obtenção do título de bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Autora: Andressa Alves dos Reis

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Kellen Lagares Ferreira Silva

PORTO NACIONAL/TO
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- R375a Reis, Andressa Alves dos.
Análises morfoanatômicas de raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne expostas a diferentes doses de glifosato. / Andressa Alves dos Reis. – Porto Nacional, TO, 2022.
24 f.
Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Ciências Biológicas, 2022.
Orientador: Kellen Lagares Ferreira Silva
1. Deriva de herbicidas. 2. Estresse. 3. Plantas nativas. 4. Sintomas anatômicos. I. Título

CDD 570

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO


ANDRESSA ALVES DOS REIS

**ANÁLISES MORFOANATÔMICAS DE RAÍZES DE PLANTAS DE *Hymenaea stigonocarpa* Mart.
ex Hayne EXPOSTAS A DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO**


Monografia foi apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional, Curso de Ciências Biológicas para obtenção do título de bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 25/11/2022


Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **KELLEN LAGARES FERREIRA SILVA**
Data: 07/03/2023 13:40:28-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a. Kellen Lagares Ferreira Silva, UFT

Documento assinado digitalmente
 **ESMERALDA PEREIRA DE ARAUJO**
Data: 20/02/2023 09:09:39-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

M^a. Esmeralda Pereira de Araújo, UNB

Documento assinado digitalmente
 **KARINE DIAS GOMES DOS SANTOS**
Data: 22/02/2023 16:09:16-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

M^a. Karine Dias Gomes dos Santos, IF Goiano

PORTO NACIONAL

2022

RESUMO

O desenvolvimento acelerado da agricultura nos últimos anos tem aumentado a necessidade do uso de agrotóxicos, entre eles está o glifosato, um potente herbicida eficiente no controle de plantas classificadas como daninhas. Um dos maiores problemas da pulverização de agrotóxicos, em muitas áreas de cultivo, é a deriva destas substâncias às plantas não-alvo, causando sérios problemas em vegetações nativas adjacentes às plantações de interesse agrônomo. O jatobá-do-cerrado, *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne, é uma espécie nativa do Cerrado pertencente à família Fabaceae e pode estar sendo afetada pela deriva de agrotóxicos. Diante disso, objetivou-se, com o presente estudo, avaliar respostas morfoanatômicas em raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa* expostas a diferentes doses de glifosato. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, composto pela testemunha (0) e 3 diferentes doses do herbicida glifosato (200, 400 e 800 g i.a. ha⁻¹) nas quais as plantas foram submetidas. Foram realizadas análises da morfologia externa e anatomia das raízes de jatobá-do-cerrado. Foi observada a redução do volume, tamanho e massa fresca das raízes das plantas. Houve alterações na anatomia das raízes nas duas maiores doses do herbicida aplicado, tais como necrose, distorção na parede celular das células do córtex e desorganização celular em regiões meristemáticas, diminuição de acúmulo de amido, além da presença de conteúdos semelhantes a compostos fenólicos. Desta forma, pode-se concluir que o glifosato provocou alterações nas raízes após exposição da parte aérea das plantas de *Hymenaea stigonocarpa*.

Palavras-chave: Deriva de herbicidas. Estresse. Plantas nativas. Sintomas anatômicos.

ABSTRACT

The accelerated development of agriculture in recent years has increased the need for the use of pesticides, including glyphosate, a potent herbicide efficient in controlling plants classified as weeds. One of the biggest problems with spraying pesticides in many areas of cultivation is the drift of these substances to non-target plants, causing serious problems in native vegetation adjacent to plantations of agronomic interest. Jatobá-do-cerrado, *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne, is a native Cerrado species belonging to the Fabaceae family and may be affected by pesticide drift. Therefore, the aim of this study was to evaluate morphoanatomical responses in roots of *Hymenaea stigonocarpa* plants exposed to different doses of glyphosate. The experiment was conducted in a randomized block design, consisting of the control (0) and 3 different doses of glyphosate herbicide (200, 400 and 800 g i.a. ha⁻¹) in which the plants were submitted. Analyzes of the external morphology and anatomy of the jatobá-do-cerrado roots were carried out. A reduction in the volume, size and fresh mass of the roots of the plants was observed. There were alterations in the anatomy of the roots in the two highest doses of the herbicide applied, such as necrosis, distortion in the cell wall of the cortex cells and cellular disorganization in meristematic regions, reduction of starch accumulation, in addition to the presence of contents similar to phenolic compounds. Thus, it can be concluded that glyphosate caused changes in the roots after exposure of the aerial part of *Hymenaea stigonocarpa* plants.

Key-words: Herbicide drift. Stress. Native plants. Anatomical symptoms.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Morfologia externa em raízes de *Hymenaea stigonocarpa* expostas a diferentes doses de glifosato na parte aérea..... 15
- Figura 2- Tamanho, volume, massa seca, massa fresca, diâmetro da região inicial e mediana de raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa* submetidas a diferentes doses de glifosato.16
- Figura 3- Histologia de raízes de *Hymenaea stigonocarpa* após exposição de suas plantas a diferentes doses de glifosato. 18
- Figura 4- Histologia de raízes de *Hymenaea stigonocarpa* em cortes transversais e longitudinais..... 19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Am	grãos de amido
DAA	dias após a aplicação
DBC	delineamento em blocos casualizados
IAA	ácido indolacético
EPSPs	5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase
FMA	Horto Florestal da Fundação Municipal de Meio Ambiente
MSR	massa seca das raízes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1	Local do experimento, clima e preparo das mudas.....	13
3.2	Delineamento experimental e aplicação do herbicida.....	13
3.3	Coleta e análises morfológicas.....	14
3.4	Análises anatômicas.....	14
3.5	Análise estatística.....	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5	CONCLUSÃO.....	21
	REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km², correspondendo a aproximadamente 22% do território brasileiro (MMA, 2018). Por possuir o maior estoque de terras apropriadas para a agricultura do país (Filho e Costa., 2016), grande parte da sua área total tem sido ocupada em virtude das atividades voltadas à agricultura, sendo que nos últimos 20 anos 66% de suas terras foram ocupadas, passando de 13,630 hectares no ano de 2000 para 40.319 hectares em 2020 (Ferraz-Almeida e Mota, 2021).

Atualmente, 40% de toda a produção do país é resultante das culturas agrícolas produzidas no bioma Cerrado, pois a expansão da agricultura nesta região tem contribuído significativamente para o desenvolvimento da economia brasileira, tornando o Brasil um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do planeta (Bolfe et al., 2020). Com isso, tem-se favorecido de maneira considerável o consumo de herbicidas, fazendo com que o Brasil seja o país que ocupa um dos primeiros lugares em uso de agrotóxicos no mundo (FAO, 2020).

Após a pulverização de um herbicida, plantas não alvo podem ser atingidas por deriva (Santos et al., 2020), que se trata do movimento de um herbicida para um local não desejado, divergente ao local onde foi aplicado (Ozkan et al., 1997). Este processo pode afetar várias plantações não-alvo que se situam em regiões de fronteira com áreas agrícolas (Silva et al., 2016), causando danos, quando entra em contato com os vegetais (Freitas-Silva et al., 2021). Como nas últimas décadas o Cerrado tem sido alvo de intensa expansão agrícola (Spera et al., 2016), sua vegetação nativa pode estar sendo afetada pelo movimento de deriva, sendo necessário que se tenha uma atenção às espécies nativas deste bioma, devido ao alto potencial de exposição a herbicidas, principalmente o glifosato.

O herbicida glifosato (N- fosfometil glicina) é o agrotóxico mais utilizado em todo o planeta (Carneiro et al., 2015), possuindo posição em destaque entre os herbicidas utilizados em práticas agrícolas (Silva et al., 2014). Foi originalmente sintetizado no ano de 1964 como potencial quelante industrial e o seu uso como herbicida se deu somente no ano de 1971 (Medeiros, 2017).

A absorção do herbicida glifosato pelo vegetal envolve duas fases. Inicialmente há uma penetração rápida através da cutícula da folha e em seguida há uma absorção lenta, via simplasto (Monquero et al., 2004), passando pelas células por meio de conexões

citoplasmáticas denominadas plasmodesmos até alcançar o tecido vascular (Oliveira Jr et al., 2011). O glifosato movimenta-se no floema seguindo a mesma rota dos produtos da fotossíntese e é translocado rapidamente das folhas para todas as partes do vegetal, tendendo a se acumular nas regiões meristemáticas, rizomas e raízes (Oliveira Jr et al., 2011). É o único herbicida que interrompe especificamente a atividade da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), importante na síntese de três aminoácidos aromáticos: triptofano, tirosina e fenilalanina. Ressalta-se que o triptofano é o precursor do hormônio fundamental na expansão de células vegetais, o ácido indolilacético (IAA), responsável por proporcionar o crescimento das raízes; e os aminoácidos tirosina e fenilalanina estão envolvidos na rota de produção de compostos fenólicos, importantes na defesa da planta (Yamada e Castro, 2007).

Como espécie nativa do Cerrado destaca-se *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, uma leguminosa arbórea pertencente à família Fabaceae e subfamília Caesalpinioideae, conhecida popularmente por jatobá-do-cerrado, jutaí e jatobeira, é encontrada nas formações abertas do cerrado e campo cerrado com ampla dispersão e pode alcançar até 20 metros de altura (Carvalho, 2007). Produz madeira de alta qualidade, dura e resistente, sendo muito apreciada na construção civil e naval. Por ser uma espécie bastante atrativa pela fauna, o jatobá-do-cerrado se torna uma espécie de árvore recomendada para fins de recuperação e restauração de áreas ambientais degradadas (Lorenzi, 1992). Seus frutos são bastantes utilizados por comunidades rurais (Batista et al., 2011) que utilizam sua polpa farinácea em preparações que utilizam farinhas, como por exemplo bolos, pães e biscoitos (Silva, 2013). Sua composição química apresenta um alto potencial de carboidratos, minerais (Batista et al., 2011) e importante ação antioxidante (Filho et al., 2019). Apesar de sua importância, a espécie *Hymenaea stigonocarpa* está sendo ameaçada de extinção, devido à exploração de sua madeira e ao desmatamento do seu ecossistema (Ribeiro et al., 2017).

Diante do exposto e por ser uma espécie nativa do Cerrado, são necessários estudos visando compreender se o jatobá-do-cerrado está sendo afetado com a pulverização de herbicidas a partir de deriva simulada, avaliando parâmetros morfológicos e anatômicos de plantas que são nativas deste bioma, mostrando como estas respondem mediante um agente estressor, no caso o glifosato. Deste modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar respostas morfoanatômicas em raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa* expostas a diferentes doses de glifosato.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar respostas morfoanatômicas em raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa* expostas a diferentes doses de glifosato.

2.2 Objetivos específicos

Verificar respostas na morfologia das raízes de jatobá do cerrado, após exposição das plantas ao herbicida glifosato.

Analisar respostas nos tecidos das raízes de plantas expostas ao herbicida glifosato.

Investigar possíveis marcadores da presença desse herbicida em raízes de plantas contaminadas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento, clima e preparo das mudas

O estudo foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Palmas, localizado na região central do estado. Segundo a classificação Köppen, o clima da região é do tipo Aw, sendo um clima tropical com estação seca e a temperatura média anual de 26°C (Ferraz e Oliveira, 2020).

As mudas de *Hymenaea stigonocarpa* foram doadas pelo Horto Florestal da Fundação Municipal de Meio Ambiente (FMA) da cidade de Palmas, com cerca de 8 meses de idade e cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 8 litros, cada um contendo uma planta. Os vasos foram preenchidos com substrato Pardins® constituído de calcário, sulfato de amônio, bagaço de cana e terra preta. As plantas foram submetidas a um período de aclimação por 30 dias, sendo aplicado no solo, a cada 7 dias, uma solução nutritiva de Hoagland a meia força iônica de pH 5,5 (Hoagland e Arnon, 1950). No intervalo entre cada aplicação da solução nutritiva de Hoagland, as plantas foram irrigadas com água por um sistema de nebulizadores durante 5 minutos a cada 1 hora, por um período de 6 horas (9h-16h). O controle de possíveis plantas daninhas foi feito com capina manual.

3.2 Delineamento experimental e aplicação do herbicida

O experimento foi instalado utilizando-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com 4 tratamentos, correspondendo a 3 doses diferentes de glifosato (Roundup Original DI®): 200, 400 e 800 g i.a.ha⁻¹, na concentração de 370g/L⁻¹ do produto comercial, e a testemunha (0) sem aplicação, sendo 7 repetições para cada tratamento.

Após o período de aclimação, as mudas foram padronizadas em blocos quanto à sua altura e foi realizada a aplicação do herbicida no período matutino entre 8:30 e 9:30 horas. A pulverização ocorreu fora da casa de vegetação uma única vez. O solo foi recoberto com papel alumínio para que não houvesse absorção do glifosato por outra via. Quando seco, o alumínio foi retirado e as mudas foram transportadas novamente para a casa de vegetação e acondicionadas de forma aleatória. Para a aplicação do herbicida utilizou-se um pulverizador costal equipado com barra contendo uma ponta de pulverização do bico tipo leque com volume de calda de 200L ha⁻¹.

3.3 Coleta e análises morfológicas

Aos 65 dias após a aplicação (DAA) as plantas foram coletadas para a separação das raízes. Uma parte do solo foi retirada manualmente e o restante foi retirado usando uma bandeja com água. As imagens das raízes foram registradas com câmera digital. Após esta etapa, determinou-se o volume das raízes utilizando uma proveta de 2000 ml contendo água, no qual foi observado o deslocamento em cm^3 . O peso fresco foi obtido com auxílio de uma balança digital Clinck. A determinação do tamanho em centímetros foi realizada com uma fita métrica, e a determinação do diâmetro com paquímetro analógico nas regiões inicial e mediana das raízes. Posteriormente, as raízes foram acondicionadas em sacos de papel etiquetados e levados para estufa, mantidos em temperatura de 60°C por 72 horas para secarem, atingirem peso constante e em seguida determinar a massa seca das raízes (MSR) (Costa et al., 2012).

3.4 Análises anatômicas

Para avaliações anatômicas das raízes, foram feitos cortes em regiões meristemáticas e de crescimento primário, com o auxílio de lâmina de aço. As amostras obtidas foram armazenadas em frascos de vidro com solução FAA₅₀ e mantidas em vácuo por 24 horas para fixação e quando retiradas, foram estocadas em álcool 70%. As amostras foram submetidas a protocolos padrões, passando pelo processo de desidratação, inclusão em parafina e emblocamento (Kraus e Arduin, 1997). Com o auxílio do micrótomo Leica RM 2245 foram feitos cortes transversais e longitudinais das raízes com tamanho de $10,0 \mu\text{m}$. Para cada raiz foram feitas 5 lâminas, cada uma com 6 cortes. As lâminas foram montadas com adesivo de Haupt e formalina neutra, coradas com azul de Alcian e safranina e montadas entre lâmina e lamínula em bálsamo do Canadá (Arduin e Kraus, 1995). Para as análises utilizou-se um microscópio de luz Leica DM500 e o registro fotográfico foi feito com câmera Leica ICC50 HD acoplada ao microscópio.

3.5 Análise estatística

Os dados quantitativos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com teste de média com significância ao nível de 5% e ajustados aos modelos de regressão. As análises estatísticas foram feitas utilizando o software R (versão 4.2.1) e os gráficos pelo Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo foi observado que alguns parâmetros morfológicos de raízes de *Hymenaea stigonocarpa* foram afetados após a exposição da parte aérea das plantas ao herbicida glifosato. As análises da morfologia externa das raízes mostraram que houve diferenças visuais (Figura 1) no desenvolvimento das mesmas entre os diferentes tratamentos, contudo foi significativa apenas nos dados de tamanho, volume e massa fresca. Para os parâmetros massa seca e diâmetro da região inicial e mediana não houve diferença estatística (Figura 2).

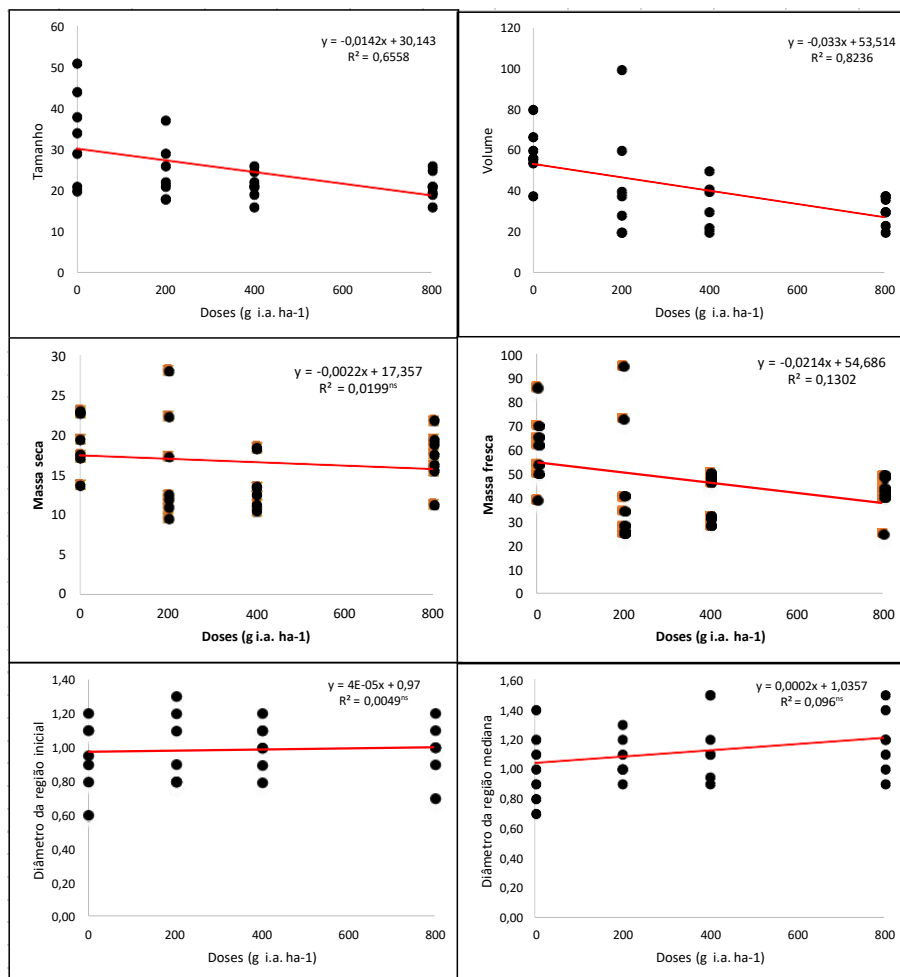
As raízes que não receberam nenhuma dose de glifosato se apresentaram maiores e bastante ramificadas, enquanto as raízes das plantas que receberam as diferentes doses do herbicida se apresentaram menores e menos ramificadas. Foi possível observar ainda áreas necróticas nos ápices nas raízes das plantas que receberam a maior dose de glifosato, prejudicando o seu desenvolvimento. Segundo Botelho et al. (2000), ao trabalharem com aspectos morfológicos de mudas de jatobá-do-cerrado, observaram que as plantas apresentam suas raízes primárias longas e cilíndricas, além de serem espessas e muito ramificadas; e as raízes secundárias são cilíndricas, finas e longas.

Figura 1: Morfologia externa em raízes de *Hymenaea stigonocarpa* expostas a diferentes doses de glifosato na parte aérea. Ordem crescente dos tratamentos da esquerda para a direita (0, 200, 400 e 800 g i.a.ha⁻¹).



Fonte: Autora, 2022

Figura 2: Tamanho, volume, massa seca, massa fresca, diâmetro da região inicial e mediana de raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa* submetidas a diferentes doses de glifosato.



Fonte: Autora, 2022

Os dados quantitativos de tamanho das raízes mostrou menores valores entre os tratamentos em relação à testemunha, sendo que na dose 200 g i.a.ha⁻¹ apresentou tamanho 27,8% menor que a testemunha, as doses 400 e 800 g i.a.ha⁻¹ 36,9% e 37,8% de redução, respectivamente. A redução do tamanho das raízes observada visualmente e estatisticamente pode ser explicada pela inibição da enzima EPSPs que interfere na produção do triptofano, consequentemente inibindo a síntese do IAA, que é responsável pelo desenvolvimento e crescimento deste órgão (Yamada e Castro, 2007). Outra possibilidade é a presença de áreas necróticas nas regiões de coifa, possivelmente impossibilitando a absorção de água e nutrientes do solo. Esse tipo de resposta também foi observado por França et al. (2010) ao estudarem os efeitos do glifosato em plantas de cafeeiro. Esses autores verificaram que o comprimento das

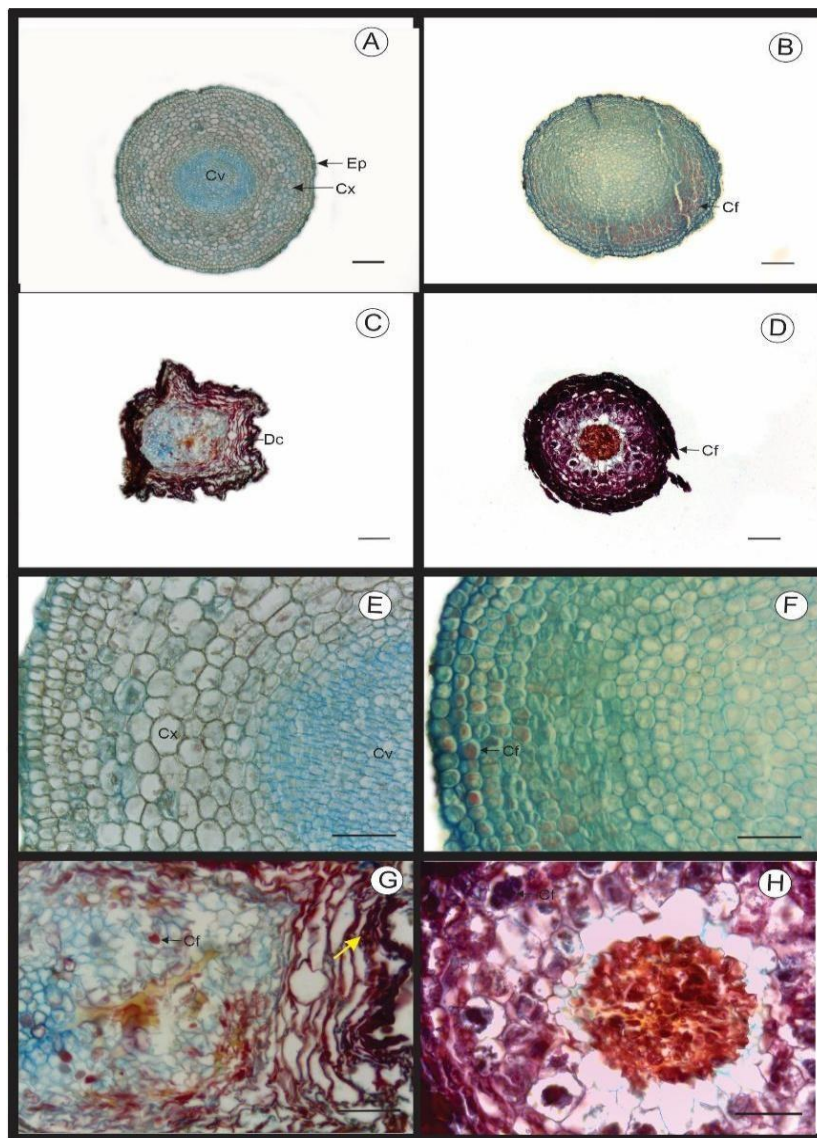
raízes foi comprometido de acordo com o aumento das doses, tendo seu crescimento prejudicado por pontos necróticos no ápice radicular, principalmente das raízes axiais, que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo. Conforme descrito por Gomes et al. (2014), as plantas que são expostas ao herbicida glifosato podem ter o seu crescimento e desenvolvimento prejudicados. Feng et al. (2003) observaram que tecidos meristemáticos de raízes de *Abutilon theophrasti* são bastante sensíveis ao glifosato, pois apresentaram morte tecidual, mesmo em baixas concentrações e a maior parte do herbicida translocado foi distribuído para essas regiões radiculares, isso possivelmente se explica pelo fato de que são tecidos com alta expressão da enzima EPSPs.

Para o volume, também foi comprovado o efeito negativo do glifosato sobre as raízes das plantas de jatobá-do-cerrado em função das doses aplicadas, apresentando redução do volume das raízes de 40,9% e 47,7% nas duas maiores doses (400 e 800 g i.a.ha⁻¹), respectivamente, em comparação com o controle. Esta diminuição do volume das raízes corrobora com os resultados obtidos de redução de tamanho destes órgãos, mostrando que o desenvolvimento radicular foi prejudicado.

Os valores de massa fresca das raízes mostraram maior redução na dose de 400 g i.a.ha⁻¹ quando se compara com a testemunha, com redução de 33,3%. No trabalho de Borges et al. (2021) com espécies nativas do Cerrado e Caatinga, foi observado que apenas as raízes das plantas de *Hymenaea courbaril* foram afetadas com a exposição das plantas a doses de glifosato, apresentando redução de 50% na matéria seca destes órgãos.

Nas figuras 3 e 4 estão apresentados os resultados das análises histológicas de raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa* expostas a diferentes doses de glifosato. Foram observadas alterações anatômicas a partir da dose de 400 g i.a.ha⁻¹, tais como colapso celular com necrose (Figuras 3C, 3D e 3G), distorções na parede da célula (Figura 4E), desorganização de células da região da coifa e formação de tecido de cicatrização (Figura 4F). Conforme Yamada e Castro (2007), sintomas como necrose em regiões meristemáticas são comuns de serem observados após exposição da planta ao herbicida glifosato.

Figura 3: Histologia de raízes de *Hymenaea stigonocarpa* após exposição de suas plantas a diferentes doses de glifosato. A e E: controle; B e F: 200 g i.a.ha⁻¹; C e G: 400 g i.a.ha⁻¹; D e H: 800 g i.a.ha⁻¹. Seta amarela em G evidencia necrose. Cv: cilindro vascular; Ep: epiderme; Cx: córtex; Cf: conteúdo semelhante a composto fenólico; Dc: distorção na parede celular; Barra: A-D: 100µm; E-H:50µm.

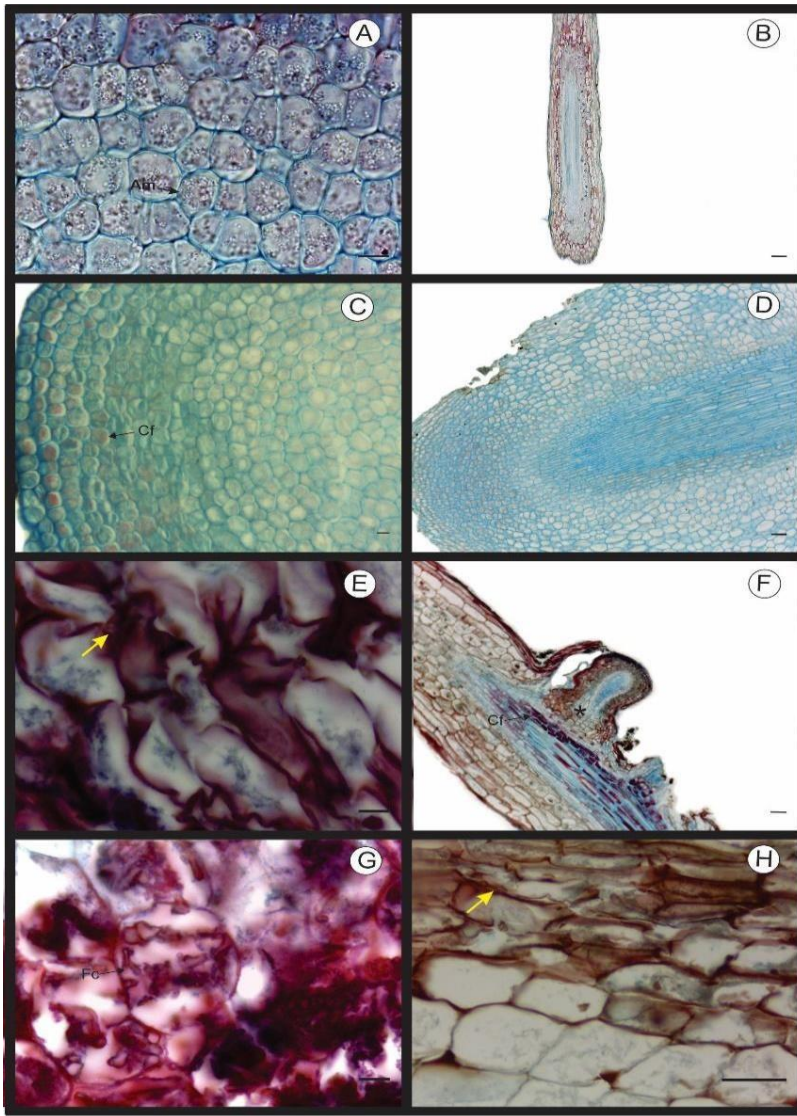


Fonte: Autora, 2022

À medida que aumentaram as doses de glifosato, foi percebido que a presença de grãos de amido foi diminuindo (Figuras 4A, 4C, 4E e 4G), podendo ser indicativo de que esses conteúdos estejam sendo usados pelo vegetal como forma de defesa contra condições de estresse causadas pela exposição a esse herbicida. A redução gradativa destas substâncias pode ser outra explicação para o comprometimento da fotossíntese no vegetal, interferindo na produção de amido, causando a diminuição do estoque desses conteúdos de acordo com o

aumento das doses. Resultados semelhantes a este foram encontrados por Maria et al. (2006) em plantas de *Lupinus albus* L. ao serem submetidas a concentrações crescentes de glifosato em que houve uma redução do teor de amido dos nódulos nos maiores tratamentos (5 e 10

Figura 4: Histologia de raízes de *Hymenaea stigonocarpa* em cortes transversais (A, C, E e G) e longitudinais (B, D, F e H). A-B: controle; C-D: 200 g i.a.ha-1; E-F: 400 g i.a.ha-1; G-H: 800 g i.a.ha-1. Am: grãos de amido; Cf: conteúdo semelhante a composto fenólico; Fc: conteúdo citoplasmático com fragmentos *= tecido de cicatrização; setas amarelas indicam necrose; Barra: A, C, E e G: 10µm; B, D, F e H: 50µm.



mM). Fonte: Autora, 2022

A presença de estruturas com coloração vermelho escuro, indicativas de acúmulo de compostos fenólicos presentes no córtex também foi observada (Figuras 3B e 3F). Contudo,

testes histoquímicos devem ser realizados para confirmação da presença desses conteúdos e assim, sugerir que esta seja uma estratégia de resposta da própria espécie em condições de estresse, pois ao invés da planta utilizar o açúcar proveniente da fotossíntese como estoque em forma de amido, ele está sendo deslocado para a rota de compostos fenólicos como tentativa de defesa frente a um agente estressor.

5 CONCLUSÃO

Com os resultados e parâmetros apresentados no presente trabalho, verifica-se que a aplicação de doses de glifosato em mudas de jatobá-do-cerrado promove alterações na morfologia e anatomia de suas raízes, principalmente nas duas maiores doses. Assim, os danos anatômicos e visuais observados podem ser usados como biomarcadores da presença de glifosato nas raízes de plantas de *Hymenaea stigonocarpa*. Desta forma, estudos como este são importantes, pois permitem compreender como estas plantas nativas do Cerrado se comportam após serem expostas a doses de glifosato, mostrando como são afetadas a nível de campo através da deriva, tendo suas funções metabólicas e desenvolvimento afetados. No entanto, faz-se necessário a realização de mais estudos que avaliem os efeitos fitotóxicos causados em plantas nativas do Cerrado após a exposição de doses desse herbicida e assim contribuir para o entendimento de que com o grande uso de herbicidas em culturas de interesse econômico, vegetações remanescentes são prejudicadas.

REFERÊNCIAS

- Arduin, M.; Kraus, J. E. Anatomia e ontogenia de galhas foliares de *Piptadenia gonoacantha* (Fabales, Mimosaceae). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, p. 109-130, 1995.
- Batista, A. G.; Esteves, E. A.; Dessimoni-Pinto, N. A. V.; Oliveira, L. G.; Pires, S. T.; Santana, R. C. Chemical composition of jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) flour and its effect on growth of rats. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 2, p. 173-180, 2011.
- Bolfe, E. L.; Sano, E. E.; Campos, S. K. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. v. 1, 2020.
- Borges, M. P. S.; Silva, D. V.; Souza, M. F.; Silva, T. S.; Teófilo, T. M. S.; Silva, C. C. et al. Glyphosate effects on tree species natives from Cerrado and Caatinga Brazilian biome: Assessing sensitivity to two ways of contamination. **Science of the Total Environment**, v. 769, p. 144113, 2021.
- Botelho, S. A.; Ferreira, R. A.; Malavasi, M. M.; Davide, A. C. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) – Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 144-151, 2000.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013**. TerraClass, 2015. P. 14.
- Carneiro, F. F.; Rigotto, R. M.; Augusto, L. G. S.; Friedrich, K.; Búrigo, A. C. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. EPSJV/ **Expressão Popular**, 2015, p. 1-628.
- Carvalho, P. E. R. Jatobá-do-Cerrado- *Hymenaea stigonocarpa*. **Embrapa Florestas-Circular Técnica**, n. 1, p. 1-8, 2007.
- Costa, A. C. P. R.; Costa, N. V.; Pereira, M. R. R.; Martins, D. Efeito da deriva simulada de glyphosate em diferentes partes da planta de *Eucalyptus grandis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1663-1672, 2012.
- FAO. Food and Agriculture Organization. **Uso de pesticidas**. 1990 a 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>>. Acesso em: 07 dez. 2022.
- Feng, P. C. C.; Chiu, T.; Sammons, R. D. Glyphosate efficacy is contributed by its tissue concentration and sensitivity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 77, n. 3, p. 83-91, 2003.
- Ferraz, A. M. M.; Oliveira, M. C. A. Definição do ano climático de referência (try) para a cidade de Palmas-Tocantins. **Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. 2, p. 70-79, 2020.
- Ferraz-Almeida, R.; Mota, R. P. Routes of Soil Uses and Conversions with the Main Crops in Brazilian Cerrado: A Scenario from 2000 to 2020. **Land**, v. 10, n. 11, p. 1-16, 2021.
- Filho, A. C.; Costa, K. A expansão da soja no cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. **Agroicone**, 2016, p. 1-30.
- Filho, A. C. P. M.; Silva, M. A.; Pereira, A. V.; Filho, J. G. O.; Castro, C. F. S. Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenóides das farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne). **Multi-Science**

Journal, v. 2, n. 1, p. 93-100, 2019.

França, A. C.; Freitas, M. A. M.; Fialho, C. M. T.; Silva, A. A.; Reis, M. R.; Galon, L.; Filho, R. V. Crescimento de cultivares de café arábica submetidos a doses do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n.3, p. 599-607, 2010.

Freitas-Silva, L.; Castro, N. D.; Silva, L. C. Morphoanatomical and biochemical changes in *Zeyheria tuberculosa* exposed to glyphosate drift. **Botany**, v. 99, n. 2, p. 91-98, 2021.

Gomes, M. P.; Smedbol, E.; Chalifour, A.; Hénault-Ethier, L.; Labrecque, M.; Lepage, L. et al. Alteration of plant physiology by glyphosate and its by-product aminomethylphosphonic acid: na overview. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 17, p. 4691-4703, 2014.

Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular. California agricultural experiment station**, v. 347, n.2, 1950.

Kraus, J. E.; Arduin, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. 1997.

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum LTDA, 1992, v. 1, p. 156.

María, N.; Becerril, J. M.; García-Plazaola, J. I.; Hernández, A.; Felipe, M. R.; Fernández-Pascual, M. New insights on glyphosate mode of action in nodular metabolism: role of

shikimate accumulation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 7, p. 2621-2628, 2006.

Medeiros, G. H. **Respostas fisiológicas e morfológicas de mudas de landi (*Calophyllum brasiliense cambess*) a diferentes doses de glyphosate**. 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. 2018. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

Monquero, P. A.; Christoffoleti, P. J.; Osuna, M. D.; Prado, R. A. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 445-451, 2004.

Oliveira JR, R. S.; Constantin, J.; Inoue, M. H. Biologia e manejo de plantas daninhas. **Omnipax**, 2011, p. 1-363.

Ozkan, H. E.; Miralles A.; Sinfort, C.; Zhu, H.; Fox, R. D. Shields to reduce spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 67, n. 4, p. 311-322, 1997.

Ribeiro, E. A.; Freitas, G. A.; Freitas, M. A. B. P.; Santos, A. C. M.; Bessa, N. G. F.; Silva, R. R. Métodos sustentáveis para superação de dormência em sementes de Jatobá do Cerrado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 11, n. 6, p. 119-124, 2017.

Santos, V. R. S.; Filho, A. J. C.; Santana, M. M.; Costa, A. C.; Silva, K. L. F. Análises fisiológicas e morfoanatômicas de *Cenostigma macrophyllum* Tul.(fabaceae) submetida a diferentes concentrações de glifosato. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n. 5, p. 159-173, 2020.

Silva, C. P. **Efeito da adição de farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na resposta glicêmica de pães.** 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Silva, F. B.; Costa, A. C.; Alves, R. R. P.; Megguer, C. A. Chlorophyll fluorescence as an indicator of cellular damage by glyphosate herbicide in *Raphanus sativus* L. plants. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2014, 2014.

Silva, F. B.; Vital, R. G.; Batista, P. F.; Costa, A. C.; Jakelaitis, A. Drift from herbicides application on cultivated and native plants: a review. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n. 1, p. 79-88, 2016.

Yamada, T.; Castro, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações Agronômicas**, v. 119, p. 1-32, 2007.