



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE

RITA DE CÁSSIA BATISTA DA SILVA TURÍBIO

Análises morfoanatômicas e fisiológicas em plantas de interesse socioambiental de *Copaifera langsdorfii* (Fabaceae), expostas ao glifosato.

PALMAS, TO

2024

RITA DE CÁSSIA BATISTA DA SILVA TURÍBIO

Análises morfoanatômicas e fisiológicas em plantas de interesse socioambiental de *Copaifera langsdorfii* (Fabaceae), expostas ao glifosato

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente e aprovada em sua forma final pela orientadora e Banca Examinadora.

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

PALMAS, TO

2024

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

- B333a Batista da Silva Turibio, Rita de Cássia.
 Análise morfoanatômicas e fisiológicas em plantas de interesse socioambiental de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), expostas ao glifosato. / Rita de Cássia Batista da Silva Turibio. – Palmas, TO, 2023.
 71 f.

 Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências do Ambiente, 2023.
 Orientadora : Kellen Lagares Ferreira Silva

 1. Agrotóxicos. 2. Herbicidas. 3. Copaiba. 4. Interesse socioambiental. I.
 Título

CDD 628

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

RITA DE CÁSSIA BATISTA DA SILVA TURÍBIO

Análises morfoanatômicas e fisiológicas em plantas de interesse socioambiental de *Copaifera langsdorfii* (Fabaceae), expostas ao glifosato

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Foi avaliado para a obtenção do título de Mestra em Ciências do Ambiente e aprovada em sua forma final pela orientadora e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 10 / 11/ 2023.

Banca Examinadora :

Profa. Dra. Kellen Lagaress Ferreira Silva, Orientadora, UFT

Prof. Dr. Héber Rogério Grácio, Examinador, UFT

Profa. Dra. Letícia de Almeida Gonçalves, Examinadora, UFG

Dra. Antônia Clemilda Nunes, Suplente, UFT

Palmas – TO, 2023

Biografia da Autora: Rita de Cássia Batista da Silva Turíbio, Universidade Federal do Tocantins, UFT.

Possui graduação em Pedagogia Supervisão nas séries iniciais, pela Universidade Federal do Tocantins (2003), especialização em Gestão Pública com Ênfase em ensino Universitário, pela Universidade Federal do Tocantins (2008); graduanda em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Tocantins, UNITINS (2022) e mestra pelo Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente (PPGCIamb) da Universidade Federal do Tocantins, campus Palmas (2023). Atualmente é servidora federal, exerce a função de técnica de laboratório, atuando principalmente no laboratório de Anatomia Vegetal, tutora presencial do curso em Licenciatura Química, modalidade EaD, pela Universidade Aberta do Brasil (UaB), em parceria com a Universidade Federal do Tocantins (2023); É membro do Núcleo de Estudo, Pesquisa e Extensão em agrotóxico, NEPEA, pela Universidade Federal do Tocantins (2023).

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, a Zuquinha que me fez uma mulher mais forte.”

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, por ter traçado meu caminho de forma tão magnífica, sempre colocando pessoas em minha vida que me ajudam a compreender que os momentos difíceis são apenas fases de aprendizado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Ambiente da Fundação Universidade Federal do Tocantins, Campus Palmas, pelo espaço cedido para realização desse curso de Mestrado.

A Prof. Dra. Kellen Lagares Ferreira da Silva, por todo apoio e conhecimento oferecido, não só na orientação desse trabalho, mas por acreditar em mim em produzir ciência de alto nível, mas também pela parte da vida profissional. Minha palavra hoje é Gratidão. Aos membros da banca examinadora: prof. Dr. Héber Rogério Gracio, e Prof. Dra. Letícia de Almeida Gonçalves; Dra. Antonia Clemilda Nunes, pela boa vontade em aceitar o convite para participar da minha defesa de Mestrado. Ao colegiado e professores, do Programa PPGCiamb, especialmente, Dra. Adriana Malvásio; Dra. Elisandra Scarpin; Dra. Elineide; Dr. Héber; Dra. Carla Seibert; Dra. Marina.

Agradeço carinhosamente toda a amizade, a Dra. Antônia Clemilda Antunes, pelos momentos de incentivo, as palavras de conforto e puxões de orelhas para não misturar cebola com uva e a companhia durante todo esse período.

À Profª. Dra. Ana Beatriz Nunes, por disponibilizar seu tempo para poder compartilhar seus conhecimentos que foram essenciais no desenvolvimento dessa pesquisa.

Agradeço a Msc. Victorina Bispo, por todo carinho, confiança, incentivo e principalmente pela amizade e por se mostrar sempre um exemplo de profissionalismo e de dedicação, minha nutela do coração.

Ao Jonatas, por todo apoio que foi fundamental nessa etapa da minha vida. Agradeço imensamente pela compreensão, carinho, pelos momentos de incentivo, pela ajuda nas pesquisas, nas montagens das apresentações e principalmente por ser o mais fiel companheiro, sou eternamente grata.

Ao Prof. Dr. Eduardo Lemus Andrade, que muito estimo e tenho profunda admiração pelo seu potencial de planejamento que estiga a todos nós na UFT, e pela importante colaboração durante a realização desse experimento, via parceria e uso dos laboratórios, equipamentos, reagentes e da casa de vegetação.

A todos os estagiários do laboratório, Danilo, Fernanda, Kayo, Paulo, João Marcelo, que me mostraram ao longo dos dias que é impossível fazer ciência sozinha.

Aos técnicos, terceirizados e professores da UFT, que foram parceiros: Rachel do Laboratório de Química, Larissa do LAPEC, Domingos, Itamar, prof. Dra. Damiana; prof. Dra Elineide Eugenio, prof. Dra. Juliana Barilli; prof. Dr. Guilherme Benko; prof. Dr. Guilherme Nobrega; prof. Dr. Horllys Barretos; prof. Dra. Solange; prof. Dra. Carla Seibert e prof. Dra. Patrícia Guarda.

Eternamente grata ao meu esposo que tanto Amo, Leonivan Ribeiro Carneiro (*in memória*), mesmo lutando contra uma doença terminal, não deixou de incentivar, sendo compreensivo e companheiro entre as agendas de aulas, tempo no laboratório e hospital.

Aos meus pais, Edmundo Benjamin da Silva (*in memória*) e Antônia Batista Folha, exemplos de determinação, para os quais sou eternamente grata pelo apoio, incentivo e compreensão, não só durante a execução desta Dissertação, mas por toda a minha vida.

Especialmente à minha irmã e irmão, Márcia Regina Batista da Silva e Reginaldo Batista da Silva, que mesmo de longe, agradeço pela colaboração na execução do experimento, por se mostrarem sempre tão compreensivos, acolhedores, amorosos e amigos nos momentos de dificuldade, no ato de acolher meus filhos entre as idas e vindas de Barretos e também nos momentos de alegria.

A minha prima Claudejane Santana, que ficou e cuidou do meu tio Benivaldo (*in memória*) para que eu pudesse finalizar esse trabalho.

Aos familiares e amigos, Keila Monisia, Alice, Sara Cristina, Carmelita, Emerson, Ronaldo, Tádila, Aurídeia, Sueid, que juntos me fizeram mais forte, nessa jornada.

Aos meus filhos, que tanto Amo: Daniel Batista da Silva, Marcela Batista da Silva e Carmiran Turíbio, pela paciência de ficarem sem a minha presença em vários momentos, para assim poder finalizar essa pesquisa.

A todos os meus amigos pelo apoio e incentivo, mas principalmente ao meu amigo Álvaro, pela amizade verdadeira.

À minha prima e amiga Etihene Batista Fôlha, por toda ajuda no desenvolvimento da pesquisa, ao ficar com meus filhos e meus dois pets em vários momentos, pelos momentos de desabafo e de descontração que tornaram essa fase muito mais simples.

A todos (as) que colaboraram direta e indiretamente na realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos

RESUMO

Os problemas ambientais decorrentes da utilização intensiva de agrotóxicos são preocupantes. *Copaifera langsdorfii* (Fabaceae), é uma espécie nativa do cerrado e inserida no contexto de comunidades tradicionais que interagem, do ponto de vista ambiental, medicinal, econômico e social, com esta espécie. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar respostas visuais, fisiológicas e anatômicas de plantas de *C. langsdorfii* expostas ao glifosato. Foi realizado um experimento com 4 tratamentos, 7 repetições e 3 diferentes doses do agrotóxico Glifosato (Roundup Original DI® sendo as doses: 200, 400 e 800 g i.a. ha⁻¹, e o controle (0). As plantas foram expostas uma única vez e mantidas em casa de vegetação por 30 dias. As análises visuais foram durante todo o experimento com ênfase na fitotoxicidade. Foram realizadas análises fisiológicas, através de um analisador de gases infravermelho (IRGA) e a quantificação de ácido chiquímico. A caracterização anatômica seguiu protocolo de inclusão em parafina e análises histoquímicas para amido e compostos fenólicos. As plantas apresentaram poucos danos visuais em suas folhas, 30 dias após exposição ao agrotóxico glifosato. Dos parâmetros fisiológicos as trocas gasosas foram pouco alteradas e não houve alteração na quantificação do ácido chiquímico. Entretanto, foram observadas alterações anatômicas (microscópicas) e, nas análises histoquímicas das estruturas celulares dos folíolos analisados. Esses resultados indicam que, apesar das plantas de *C. langsdorfii* terem apresentado características de tolerância ao glifosato nos parâmetros visuais e fisiológicos, sofreram danos nas estruturas celulares.

Palavras-chaves: Agrotóxicos. Herbicida. Copaba

ABSTRACT

The environmental problems arising from the intensive use of pesticides are worrying. *Copaifera langsdorfii* (Fabaceae), is a species native to the cerrado and inserted in the context of traditional communities that interact, from an environmental, medicinal, economic and social point of view, with this species. Therefore, the objective of this work was to verify visual, physiological and anatomical responses of *C. langsdorfii* plants exposed to glyphosate. An experiment was carried out with 4 treatments, 7 replications and 3 different doses of the pesticide Glyphosate (Roundup Original DI® with doses: 200, 400 and 800 g a.i. ha⁻¹, and the control (0). The plants were exposed to a single time and kept in a greenhouse for 30 days. Visual analyzes were carried out throughout the experiment with an emphasis on phytotoxicity. Physiological analyzes were carried out using an infrared gas analyzer (IRGA) and quantification of shikimic acid. Anatomical characterization followed paraffin inclusion protocol and histochemical analyzes for starch and phenolic compounds. The plants showed little visual damage to their leaves, 30 days after exposure to the pesticide glyphosate. Of the physiological parameters, gas exchange was little altered and there was no change in the quantification of shikimic acid. However, anatomical changes (microscopic) and, in the histochemical analysis of the cellular structures of the leaflets analyzed, were observed. These results indicate that *C. langsdorfii*, despite the plants showing characteristics of tolerance to glyphosate in visual and physiological parameters, suffered damage to cellular structures.

Keywords: Agrochemicals. Herbicide. Copaiba

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Mapa adaptado conforme distribuição geográfica de dados catalogados dos acervos dos herbários virtual do INPA e REFLORA de <i>Copaifera langsdorfii</i> Desf. na Amazônia Legal.....	28
Figura 2 - Casa de vegetação onde foi conduzido o experimento. A: Vista frontal da casa de vegetação; B: Vista aérea da casa de vegetação	29
Figura 3 - Demonstrativo visual da disposição dos vasos de <i>C. langsdorfii</i> na prateleira da casa de vegetação; A: indivíduos antes da classificação e delineamento; B: Indivíduos, após o delineamento de blocos.....	30
Figura 4 - Valores médios de temperatura do ar e umidade relativa do ar, velocidade do vento. Gráfico com as médias da temperatura às 7h:50 min no período do experimento	31
Figura 5 - Casa de vegetação com mangueiras no teto e distribuição de aspersores e estação agro meteorológica ao fundo (A); Disposição das espécies <i>C. langsdorfii</i> na bancada (B); Caixa d'água utilizada para armazenamento de água (C); Bomba com controle de vazão (D).....	32
Figura 6 - Croqui da distribuição dos 28 indivíduos no Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), das mudas <i>Copaifera langsdorfii</i> ,. As cores representam a organização das mudas conforme o critério de altura distribuída nos sete blocos e dosagem utilizada	33
Figura 7 - Disposição dos vasos com espécies <i>C. langsdorfii</i> do lado externo da casa de vegetação, para aplicação de agrotóxico glifosato.	34
Figura 8 - Demonstrativo da altura visual final dos indivíduos 30 dias após aplicação agrotóxico A: registro e uso de fita métrica posicionada da base para o ápice da muda; B: Detalhe da imagem de um dos vasos com muda de <i>C. langsdorfii</i>	35
Figura 9 - Padronização com marcação nos folíolos para avaliações. (A) Fita branca amarrada na folha composta, 2º folíolo, para análises fisiológicas de trocas gasosas e quantificação do ácido chiquimico; (B): Fita branca amarrada na folha compostas	36
Figura 10 - Leitura em tempo real das avaliações com o IRGA, realizadas nos folíolos das folhas de <i>C. langsdorfii</i> . (A) registro do equipamento leitor de trocas gasosas (B): IRGA, acondicionado na bancada.	37
Figura 11 - Acondicionamento das amostras no estoque em tubos eppendorf em freezer	38
Figura 12 - Demonstrativo da coleta para análise foliar anatômica em plantas de <i>C. langsdorfii</i> . A: Padronização dos modelos de cortes e locais para análises anatômicas e histoquímica; B: Folíolos pré-selecionados com marcações para as análises de histoquímica	39
Figura 13 - Processamento das amostras para análises anatômicas. A: Imagem de equipamento de laboratório, bomba a vácuo para otimizar processo de inclusão; B: Preparo dos corantes Azul de Astra e Safranina, utilizando manta aquecedora com agitação	39
Figura 14 - Etapa de microtomia de folhas de plantas de <i>C. langsdorfii</i> incluídas em blocos de parafina. A: Microtomizados blocos de parafina; B: Blocos em parafina com contendo cortes foliares	40
Figura 15 - Registro de folhas totalmente expandidas da espécie <i>C. langsdorfii</i> . Após um período de 30 DAA das seguintes doses: 0 (controle) e 800 g i.a. ha ⁻¹ . Do agrotóxico glifosato	44
Figura 16 - Dados da altura média visual das plantas de <i>C. langsdorfii</i> aos 30 DAA. Altura dada em centímetros, sem análises de matéria seca e fresca.	45
Figura 17 – Dados das análises das trocas gasosas das <i>C. langsdorfii</i> após a exposição ao glifosato. Legenda: A: Taxa fotossintética (A); B: Taxa transpiratória (E); C: Concentração de	

carbono interno (<i>C_i</i>); D: Condutância estomática (<i>g_s</i>); E: Eficiência de uso da água (<i>EUA</i>); F: Eficiência instantânea da carboxilação (<i>EIC</i>).....	46
Figura 18 - Teor de ácido chiquímico nas folhas de <i>C. langsdorfii</i> aos 30 dias após a aplicação (DAA) glifosato	47
Figura 19 - Caracterização anatômica do mesofilo dos folíolos em folíolos expandidos de <i>C. langsdorfii</i> aos 30 DAA glifosato	48
Figura 20 - Caracterização anatômica da nervura central dos folíolos das folhas expandidas de <i>C. langsdorfii</i> aos 30 DAA glifosato. Legenda: A: Visão geral da nervura central(A) (A-I). A-C: Controle; D-E: 400g i.a. ha ⁻¹ ; F-I: 800g i.a. ha ⁻¹ . Ct: cutícula; Idioblasto contendo Compostos Fenólicos Totais CT; Fi: fibras. Barras = 50 μm e = 200 μm	49
Figura 21 - Visualização de imagens das análises histoquímicas de folíolos de plantas de <i>C. langsdorfii</i> expostas ao glifosato.....	50
Figura 22 - Fragmentos de folíolos diafanizados de <i>C. langsdorfii</i>	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tipos de corantes utilizados, o tempo de contato e as estruturas identificadas pelas respectivas reações histoquímicas.	41
Tabela 2 - Resultado da Análise do solo	43
Tabela 3 - Escala de notas para avaliação visual do nível de fitotoxicidade de plantas de <i>C. langsdorfii</i> , independente da dose aplicada, submetidas a diferentes doses de glifosato.	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Taxa fotossintética
AGROFIT	Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário
AIPC	Agência Internacional para Pesquisa do Câncer,
Am	Amido
AMPA	Aminometilfosfônico
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APA	Área de Proteção Ambiental
Aw	Significa (tropical) quente, com chuvas de verão
<i>C. langsdorffii</i>	<i>Copaífera langsdorffii</i>
Ca	Concentração de carbono externo
CF	Cloreto Férrico
Ci	Concentração de carbono interno
Cl	Cloroplastos
co	Célula ordinária,
CO	Dióxido de carbono
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEA	Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional Sustentável
Cs	Cavidade secretora
cs	Célula subsidiária
Ct	Cutícula
DAA	Dias após aplicação
DBC	Delineamento em blocos casualizados
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
DFF	Densidade de fluxo de fótons fotossintéticos
E	Taxa de transpiração
EiC	Eficiência instantânea da carboxilação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ep	Epiderme
Epb	Epiderme abaxial
Epd	Epiderme adaxial
EPI'S	Equipamento de Proteção Pessoal

EPSPs	Enzima Enolpiruvulchiquimato 3-fosfato sintase
Es	Estômato
EUA	Eficiência do uso de água
Ev	Elemento de vaso
FeCl ₃	Reagente cloreto férrico
Fi	Fibras
Flo	Floema
FT	Fenólicos Totais
Fv	Feixe vascular
Gs	Condutância estomática
ha	Hectares
HAA	Horas Após Aplicação
i.a	Ingrediente ativo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEC	Instituto de Defesa do Consumidor
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
ILPF	Integração de Lavoura, Pecuária e Florestas
INCA	Agência Internacional para Pesquisa do Câncer
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IRGA	Analisador de gases infravermelho
LAVEG	Laboratório de Anatomia Vegetal
INPA	Instituto Nacional de pesquisa da Amazônia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MATOPIBA	Iniciais dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
Mn	Manganês
Mp	Mesofilo
MPT	Defesa do Meio Ambiente do Trabalho do Ministério Público do Trabalho
NEPEA	Núcleo de Estudo, Pesquisa e Extensão em Agrotóxico
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial de Saúde

ONU	Organização das Nações Unidas
PAQLF	Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade
PIB	Produto Interno Bruto
PI	Parênquima lacunoso
pp	Parênquima de preenchimento
PP	Parede Primária
Pp	Parênquima paliçádico
Pr	Parênquima
PS	Parede Secundária
RFA	Radiação Fotossinteticamente ativa
SBCPD	Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
TLE	Taxa de Liberação de eletrólitos
SST	Saúde e Segurança no Trabalho
UFT	Fundação Universidade Federal do Tocantins
UNITINS	Universidade Estadual do Tocantins
Xi	Xilema

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 O bioma Cerrado	18
2.2 Avanços e Desafios do desenvolvimento do estado do Tocantins frente a um mundo globalizado	19
2.3 Uso da copaíba nas práticas terapêuticas populares.	20
2.4 O glifosato	21
2.5 Legislação	22
2.6 Glifosato x plantas nativas do cerrado	26
3 HIPÓTESE	26
4 JUSTIFICATIVA	26
5 OBJETIVOS	27
5.1 Objetivo geral	27
5.2 Objetivos específicos	27
6 MATERIAL E MÉTODOS	27
6.1 Descrição da espécie estudada	27
6.2 Local de estudo e condições de cultivo	28
6.3 Estrutura da casa de vegetação:	29
6.4 Clima na casa de vegetação: ambiente interno e externo	30
6.5 Preparo do solo	31
6.6 Irrigação	31
7.7 Delineamento experimental	33
6.8 Coleta do solo	34
6.9 Avaliação de sintomas visuais	35
6.10 Avaliação da altura visual	35
6.11 Análises fisiológicas	36
6.11.1 Trocas gasosas	36
6.11.2 Quantificação do ácido chiquímico	37
6.12 Análises anatômicas	38
6.12.1 Caracterização anatômicas dos sintomas	38

6.13 Análises histoquímicas	41
6.14 Diafanização	41
6.15 Análises estatísticas	41
7. RESULTADOS	43
7.1 Análise do solo	43
7.2 Análises de sintomas visuais	43
7.3 Análises fisiológicas	45
7.3.1 Trocas gasosas	46
7.4 Quantificação do ácido chiquímico	46
7.5 Análises anatômicas.....	47
7.5.1 Caracterização anatômica dos sintomas.....	47
7.6 Análise histoquímica foliar	49
7.7 Diafanização	50
8 DISCUSSÃO	51
9 CONCLUSÃO	56
10 REFERÊNCIAS	57
11. APÊNDICE.....	69
APÊNDICE A – Análise do Solo	69

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais decorrentes da utilização intensiva de agrotóxicos são preocupantes. Diante deste cenário é de suma importância o estudo sobre o assunto, a fim de analisar possíveis dimensões dos impactos causados. A utilização de agrotóxicos sem os mínimos cuidados expõe comunidades rurais e os ecossistemas aquáticos e terrestres a um conjunto de riscos ainda desconhecidos (DE ANDRÉA *et al*, 2008). O uso excessivo e descontrolado de agrotóxicos constitui um importante agente de contaminação do solo, da água, chegando à saúde pública (SILVÉRIO *et al*, 2012).

Os impactos na saúde pública são amplos, atingem grandes territórios e abrangem diferentes grupos populacionais. O dossiê ABRASCO é um alerta à sociedade e ao Estado brasileiro (CARNEIRO *et al*, 2015). Os agrotóxicos possuem um potencial risco à saúde e ao meio ambiente, devido a suas características toxicológicas e ecotoxicológicas e, sua legislação reguladora é considerada complexa pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA *et al*, 2002). Além disso, dentro de toda a cadeia do consumo, desde a pesquisa de novos insumos, até o uso pelos agricultores, vários órgãos governamentais, sejam eles federais, estaduais ou municipais, atuam até o momento no controle e fiscalização, sendo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis umas das principais (IBAMA, 2014).

Apesar da Agência Internacional para Pesquisa do Câncer, ligada a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelecer limites para a presença de agrotóxicos no solo, com base em estudos epidemiológicos e toxicológicos, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) afirma que os agrotóxicos causam 70 mil intoxicações agudas e crônicas por ano e que evoluem para óbito, em países em desenvolvimento (INCA, 2021). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), são registradas 20 mil mortes por ano, devido ao consumo de agrotóxicos (INCA, 2021).

Outros mais de sete milhões de casos de doenças agudas e crônicas não fatais também são registrados. Estudos buscam elucidar quais são os efeitos que estas substâncias podem provocar em espécies não alvo, uma vez que o consumo de espécies contaminadas pode gerar problemas de saúde das pessoas que fazem o uso destas plantas (INCA, 2019; DOS SANTOS *et al*, 2020).

E, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, em relação ao cenário mundial, o Brasil está entre os países que mais consomem agrotóxicos. Realidade presente também no Norte/Nordeste brasileiro, marcada pela expansão da agricultura de alta tecnologia nos estados

do MATOPIBA, onde há remanescentes do bioma Amazônia e o bioma Cerrado ocupa 91% desta região (CONAB, 2018). Assim, a presente pesquisa teve como principal objetivo analisar efeitos de exposição do agrotóxico glifosato em diferentes doses, em plantas da espécie nativa do Cerrado de *Copaifera langsdorfii* aplicando diferentes metodologias, em busca de indicadores da presença deste agrotóxico e suas implicações socioambientais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O bioma Cerrado

O bioma Cerrado compõe 87% de todo território do Tocantins. Considerado o segundo maior bioma da América do Sul, o Cerrado é abundante em biodiversidade com a maior parte da sua vegetação semelhante à savana, com árvores baixas, esparsas, troncos retorcidos, folhas grossas e raízes longas (DE BRITTO, 2021). Uma das particularidades das árvores do Cerrado é a forma torta como elas crescem. Isso ocorre devido à ocorrência de incêndios, após a passagem do fogo, as folhas e as gemas (aglomerados de células que dão origem a novos galhos) sofrem necrose e morrem. As gemas que ficam nas extremidades dos galhos são substituídas por gemas internas, que surgem em outros lugares, quebrando a linearidade do crescimento (RIBEIRO, 1989; RIBEIRO, 2008; CÂNDIDO, 2016).

O Cerrado é tido como o berço das águas do país, pois possui nascentes importantes que abastecem todo o território brasileiro, no qual formam seis das principais regiões de hidrográficas brasileiras e, isso proporciona diversos atrativos turísticos, influenciando na economia de vários municípios. Os principais rios, como São Francisco, Tocantins e Araguaia, Parnaíba, Paraná e Paraguai, estão situados na área da Amazônia. A beleza natural do Cerrado, que inclui cachoeiras, cascatas, cânions, lagos, rios e riachos, é um atrativo para os visitantes que vêm de outras regiões do Brasil e do mundo para explorar as belezas naturais (PINTO, 2019; BRASIL, 2020).

No Tocantins, a biodiversidade e áreas protegidas são monitoradas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), que destaca, as diversas espécies de animais, que são endêmicas e conseguem viver apenas no bioma Cerrado, dentre elas: o lobo guará, o tamanduá bandeira e a onça pintada (DO NORTE, 2017; DOS SANTOS NASCIMENTO *et al*, 2023).

No cerrado é de suma importância, para o aperfeiçoamento das políticas públicas desenvolvidas no estado do Tocantins, por exemplo, o Manejo Integrado do Fogo (MIF), que é uma atividade praticada há muito tempo pelas comunidades quilombolas da região do Jalapão. Somente com o tempo as técnicas foram reconhecidas cientificamente. A utilização do fogo, desde que planejado, é indispensável para estimular a floração do capim dourado (SILVA, 2023). Além das comunidades tradicionais do Estado do Tocantins, o Cerrado também garante a subsistência para as quebradeiras de coco babaçu e para as diversas associações que dependem

da flora do cerrado para desenvolverem os trabalhos, portanto, são necessários a conservação e o uso sustentável dessas riquezas nacionais.

2.2 Avanços e Desafios do desenvolvimento do estado do Tocantins frente a um mundo globalizado

O Estado do Tocantins, nos últimos 10 anos, tem apresentado um crescimento socioeconômico bastante acentuado, que pode ser verificado pelo Produto Interno Bruto (PIB) que passou de R\$ 12.116.39 em 2008, para R\$35.666.183 em 2018 (IBGE, 2018). E, para primeiro semestre de 2023, o PIB apresentou crescimento de 3,7% em relação ao mesmo período de 2022 (IBGE 2023). Na comparação entre setores, houve um desempenho positivo na Agropecuária (17,9%), na Indústria (1,7%) e nos Serviços (2,6%). O aumento foi liderado pela atividade agrícola, com destaque para as culturas de soja, milho e algodão nessa região, de acordo com o IBGE em 2023.

Porém, a população do estado Tocantins e dos estados da região do MATOPIBA, não se inclui no discurso generalizado de que o agronegócio gera riqueza, renda e estabilidade econômica para a população, seja ela povos tradicionais, pequenos e médios produtores, bem como a população em geral. Adicionalmente, o relatório da ONU de 2020 a 2021 mostra que o Brasil caiu da 86^a para a 87^a posição no *ranking* de desenvolvimento humano (IDH), que mede renda, escolaridade e saúde. Além disso, a expectativa de vida média do brasileiro diminuiu de 75,3 anos em 2019 para 72,8 em 2021, conforme relatório da SAAB em 2021.

A expansão da atividade agrícola tem resultado ainda no aumento da utilização de agrotóxicos, o que é preocupante. A situação se agrava com a recente autorização do governo federal para mais 310 tipos de agrotóxicos em julho de 2021, sendo 90 princípios ativos para a fabricação de pesticidas e 220 produtos já prontos para uso direto pelos agricultores. Esses produtos prontos são conhecidos como produtos formulados. O estado de Tocantins está em segundo lugar no *ranking* dos estados da região norte do país em relação aos agrotóxicos, de acordo com os indicadores AGROFIT divulgados pelo MAPA em 2023. Esses dados destacam a necessidade urgente de monitorar constantemente o ambiente onde essas atividades ocorrem (FLORENCIA *et al*, 2017).

Apesar disso, dos diversos tipos de agrotóxicos, o glifosato talvez seja o agrotóxico mais famoso do mundo e o mais utilizado, sendo com certeza, o mais vendido para matar ervas daninhas, permitindo aos produtores multiplicarem-se em ganhos de produtividade e rentabilidade (DOMINGUES *et al*, 2019). É sistêmico, não-seletivo, que transformou a agricultura, mas foi considerada a alternativa menos tóxica, com classificação toxicológica em

classe IV - Pouco tóxico, com grau leve (cor verde) para o controle de plantas, segunda antiga Lei N° 7.802, de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1990); entra em vigor a LEI N° 14.785, de 27 de dezembro de 2023 (BRASIL, 2023). No entanto, seu uso tem controversas, pois existem evidências crescentes para possíveis efeitos ecotoxicológicos profundos deste herbicida na biodiversidade (BOURGUET *et al*, 2016).

Mas sim, é notório e visível, os impactos dos recursos naturais do bioma Cerrado que sofre cada vez mais com os desmatamentos sem controle, em decorrência da produção agrícola e na exportação de *commodities* que acabam por causar o desequilíbrio ambiental (FELICIANO *et al*, 2019). Com isso gera a necessidade de realizar um desenvolvimento sustentável associando ao social, ambiental e econômico. Surgindo também a importância de se reestruturar paisagens que foram degradadas ambientalmente e a necessidade de aumentar a pesquisa de qualidade sócioambiental.

2.3 Uso da copaíba nas práticas terapêuticas populares.

A utilização de plantas com fins medicinais é uma prática antiga, até hoje empregada tanto na medicina popular, quanto na indústria farmacêutica. O óleo-resina extraído do tronco da árvore de copaíba apresenta diversas propriedades, como medicinais, cosméticas e industriais. Sendo uma das plantas com uso medicinal mais conhecida e utilizada no Brasil, o óleo é encontrado na forma farmacêutica de pomadas, óleos in natura, cápsulas, emulsões, entre outros (MACIEL *et al*, 2002; ZAMBONIN *et al*, 2019). O óleo-resina de copaíba é extraído de uma árvore nativa do Brasil, a *C. langsdorffii*, apresenta múltiplas aplicações de grande interesse medicinal. O óleo é utilizado para diversas indicações, como exemplo, anti-inflamatória, antimicrobiana, antitumoral, contraceptivo, atividade sobre a mucosa gástrica, função renal e hepática; antiofídica (GARCIA E YAMAGUCHI *et al*, 2012;). Estes dados mostram a importância socioambiental desta espécie.

Um fato preocupante é que muitas áreas remanescentes de vegetação nativa de cerrado estão próximas a área agricultável e podem comprometer a qualidade e a saúde ambiental destes fragmentos e das populações que usufruem destas plantas, em função da deriva de agrotóxicos (VIVO, WWF, 2018). Ressalta-se que povos tradicionais possuem uma relação direta, muitas vezes até extrativista destas espécies nativas com fins alimentares, medicinais, dentre outros usos de plantas do cerrado (DICKIE *et al*, 2016).

Em seu livro “A mata que Cura_ Plantas medicinais do cerrado e da mata” a autora Felisberta Pereira da Silva, raizeira, benzedeira, mestra suceira, artesã, trançadeira descendente de escravo pelo lado paterno e índia pelo lado materno, hoje com 64 anos de idade, em sua obra

registra o trabalho com fitoterapia popular, que visa contribuir com o resgate dos saberes tradicionais, ancestrais das raízes tocantinense e enfatizar o grande potencial do estado do Tocantins no uso de plantas medicinais diante da riqueza natural e dos conhecimentos repassados de geração em geração. A autora é natural do município histórico de Natividade, hoje com 288 anos, localizada na região sudeste do estado do Tocantins (FELISBERTA, 2021).

2.4 O glifosato

O glifosato é o herbicida de maior utilização no Brasil e no mundo. Atualmente, o produto está registrado em mais de 130 países para uso em diferentes ambientes agrícolas e não-agrícolas, e representa uma das melhores relações custo / benefício para o produtor rural, quando comparado aos outros métodos de controle, usados principalmente para combater ervas daninhas e plantio direto (AMARANTE, 2022; SANTOS, 2013).

Em sua atuação química ele é sistêmico e não segmentado. Atua inibindo o crescimento da planta por meio da inibição da produção de certos aminoácidos aromáticos essenciais para a biossíntese de proteínas (WHO, 1994). As recomendações de uso foram avaliadas e aprovadas para uso comercial pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA - Ministério do Meio Ambiente) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - Ministério da Saúde (ANVISA, 2003b).

O princípio ativo glifosato constam as seguintes informações: nome químico, N-(fosfonometil) glicina; grupo químico, glicinas substituídas; classe toxicológica IV, pouco tóxico, (FRANZ *et al*, 1997), usos agrícolas autorizados: aplicação em pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de algodão, arroz, banana, café, cana-de-açúcar, citrus, coco, feijão, fumo, mamão, milho, seringueira, soja, trigo e uva; aplicação como maturador de cana-de-açúcar. Sua aplicação tem a função de eliminar soqueira no cultivo de arroz e cana-de-açúcar; aplicação em pós-emergência das plantas infestantes em florestas de eucalipto e pinus; aplicação para o controle da rebrota do eucalipto; e aplicação como dessecante na cultura da soja (ANVISA, 2016; BARROS, 2017).

No banco de dados Agrofit (MAPA, 2016), que contém informações sobre os produtos agrotóxicos e afins registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, constam 59 produtos comerciais contendo o glifosato como princípio ativo; 11 produtos contendo sal de amônio do glifosato, para uso exclusivo e seletivo em variedades de soja geneticamente modificadas; 19 produtos contendo o sal de isopropilamina do glifosato e; 04 produtos com sal de potássio do glifosato (Malik *et al.*, 1989), com uso permitido para aplicação

em pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de café, milho, soja e trigo; aplicação em jato dirigido na cultura de café; sistema de plantio direto nas culturas de milho, soja e trigo; aplicação em pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de eucalipto e pinus; e aplicação em jato dirigido (ENGELMANN, 2016; MAPA, 2016; NODARI *et al*, 2020).

Vale ressaltar que além dos riscos da toxicidade dos materiais, uma preocupação efetiva da Saúde e Segurança do Trabalho (SST), ou originados no seu processo de produção, as tecnologias emergentes, entre elas as mudanças organizacionais significativas no ambiente de trabalho, ora em razão das peculiaridades para a sua produção, ora pela aplicação destas tecnologias nos postos de trabalho. Seus impactos na saúde, meio ambiente e no mundo do trabalho e controle dos riscos, são fatores ambientais que podem causar lesão, doença ou inaptidão, ou afetar o bem-estar dos trabalhadores e da comunidade (POL, *et al*, 2001).

Para validar ainda mais esse trabalho relato os apontamentos da pesquisadora Larissa Bombrardi que hoje é Referência Nacional e internacional de estudos ao Agrotóxico, dentre os estudos está o de 2001 que em seu livro, retrata; O Bairro Reforma Agrária e o processo de territorialização camponesa; legado de resistências e territorialidades para a Amazônia (BOMBARDI, 2001, e mais recém-publicada está o livro, Agrotóxicos e colonialismo químico, pela editora Elefante aponta dados alarmantes sobre a aplicação desses produtos nas lavouras brasileiras. Segundo a autora, entre 2010 e 2019, o Ministério da Saúde registrou a intoxicação de 56.870 pessoas por essas substâncias (BOMBARDI, 2023). No entanto, a autora estima que haja uma subnotificação na ordem de 1 para 50 – o que poderia levar o número de pessoas afetadas a quase três milhões (BOMBARDI, 2024).

2.5 Legislação

2.5.1 O que diz a lei dos agrotóxicos nº 7802/89.

De forma geral, a lei dos agrotóxicos (lei 7802/89) estabelece todas as regras para produção, comércio e uso de defensivos agrícolas no território nacional. Ela detalha todas as diretrizes a serem seguidas, sendo: Experimentação; Produção; Embalagem e rotulagem; Transporte; Armazenamento; Comercialização; Propaganda comercial; Utilização; Importação e exportação; Destino final dos resíduos e embalagens; Registro e classificação de novos produtos; Controle; Inspeção e fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Uma das principais normas estabelecidas pela lei dos agrotóxicos, quanto ao comércio e uso dessas substâncias, diz respeito à necessidade de uma receita agrônômica (BRASIL, 90).

As questões mais relevantes na área da defesa do Consumidor referem-se ao uso de agrotóxicos não autorizados pela ANVISA, ou com limites de resíduos acima dos regulamentares, detectados em amostras de alimentos expostos à venda em geral frutas, legumes, verduras e grãos (ANVISA, 2003).

A Instrução Normativa Conjunta nº 01 de 16 de junho de 2014, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e Agência Nacional de Vigilância Sanitária- Estabelece as diretrizes e exigências para o registro dos agrotóxicos, seus componentes a fins para culturas com suporte fitossanitário insuficiente, bem como o limite máximo de resíduos permitido (BRASIL, 2018).

O ano de 2023 finalizou com a vigência da nova Lei nº 14.785/2023, publicada em 27 de dezembro de 2023, que regula a utilização de agrotóxicos, dentre outras disposições que substitui a antiga Lei nº 7.802/1989. Essa mudança trouxe um perfil mais técnico e descritivo ao diploma legal, que abrange aspectos relacionados aos resíduos, suas embalagens, o registro, classificação, controle, inspeção e a fiscalização de agrotóxicos e outros produtos de controle ambiental e correlatos. Em suas disposições preliminares:

Art. 1º A pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem, a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, de produtos de controle ambiental, de seus produtos técnicos e afins são regidos por esta Lei.

§ 1º Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de proteção de ambientes urbanos e industriais são regidos pela [Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976](#).

§ 2º Os produtos com função adjuvante não são regulados por esta Lei e serão regidos por regulamento específico.

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, consideram-se:

I - Aditivo: substância ou produto adicionado a agrotóxicos, a produtos de controle ambiental e afins, para melhorar sua ação, função, durabilidade, estabilidade e detecção ou para facilitar o processo de produção;

II - Adjuvante: produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar a sua aplicação;

III - afins: substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, fitoreguladores, ativadores de planta, protetores e outros com finalidades específicas;

IV - Agente biológico de controle: organismo vivo, de ocorrência natural ou obtido por manipulação genética, introduzido no ambiente para o controle de uma população ou de atividades biológicas de outro organismo vivo considerado nocivo;

V - alvo biológico: organismo que demanda controle pelo uso de agrotóxico ou de produto de controle ambiental;

VI - análise dos riscos: processo constituído pelas seguintes fases:

a) avaliação dos riscos: caracterização científica e sistemática da natureza e da magnitude dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente resultantes da exposição a determinadas substâncias ou produtos, cujo processo inclui a identificação do perigo, a avaliação da dose-resposta (caracterização do perigo), a avaliação da exposição à substância e a caracterização do risco;

b) comunicação dos riscos: transmissão de informações relativas a perigos e a riscos, bem como a fatores relacionados com riscos e com a percepção do risco, especialmente as pertinentes ao manuseamento e à aplicação de agrotóxico e de produtos de controle ambiental, bem como ao estabelecimento de requisitos mínimos de saúde e segurança no local de trabalho para precaver os riscos decorrentes da exposição dos trabalhadores a esses produtos, e as medidas preventivas, gerais e específicas, para a redução desses riscos (BRASIL, 2023).

Na nova lei, estabelece que fica proibido o registro de agrotóxicos que, nas condições recomendadas de uso, apresentem risco inaceitável para os seres humanos ou para o meio ambiente, por permanecerem inseguros, mesmo com a implementação das medidas de gestão de risco. Já no artigo 2º da lei, verificam-se classificações importantes, que podem servir de guia à interpretação do próprio texto legislativo, mas também tendem a estabelecer parâmetros à interpretação de regulamentos diversos, relacionados ao setor agrícola.

A Lei, revoga as Leis nºs 7.802, de 11 de julho de 1989, e 9.974, de 6 de junho de 2000, e partes de anexos das Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 9.782, de 26 de janeiro de 1999. E na Seção IV, a Lei, da Autorização de Extensão de Uso de Agrotóxicos em Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI). Em seu, Art. 16.

Instituições representativas de agricultores ou de profissionais legalmente habilitados e conselhos de categorias profissionais legalmente habilitadas, entidades de pesquisa ou de extensão ou os titulares de registro poderão pedir ao órgão federal registrante a autorização da extensão de uso de agrotóxicos ou afins já registrados para controle de alvos biológicos em culturas com suporte

fitossanitário insuficiente (CSFI) e deverão instruir o processo com os estudos para a análise do órgão registrante, caso necessário.

A Lei nº 14.785/2023 em sua disposição final, no CAPÍTULO XIII, registra a implantação oficial do sistema unificado de informação, petição e avaliação eletrônica (SISPA). O Sispa será desenvolvido e implementado no prazo de 360 (trezentos e sessenta) dias, contado da publicação desta Lei (BRASIL,2023).

Art. 58. É instituído o Sistema Unificado de Informação, Petição e Avaliação Eletrônica (Sispa), coordenado pelo órgão federal responsável pelo setor da agricultura, com o objetivo de:

I - adotar sistema único de avaliação dos requerimentos de registro e de alterações de registro de agrotóxicos, para os fins previstos no **caput** do art. 1º desta Lei;

II - disponibilizar informações sobre o andamento dos processos relacionados com agrotóxicos;

III - facilitar a apresentação, o cadastro e a avaliação dos dados e informações apresentados pelas empresas registrantes;

IV - facilitar o acolhimento de dados e informações relativos à comercialização de agrotóxicos e afins;

V - garantir a segurança da informação sigilosa e de segredos industriais sob pena de responsabilidade;

VI - implementar, manter e disponibilizar dados e informações sobre as quantidades totais de produtos, por categoria, importados, produzidos, exportados e comercializados no País, bem como os produtos não comercializados;

VII - manter cadastro e disponibilizar informações sobre as empresas e as áreas autorizadas para pesquisa e para experimentação de agrotóxicos e afins;

VIII - permitir a interação eletrônica com as empresas registrantes de agrotóxicos e afins;

IX - proceder à submissão eletrônica obrigatória de todos os requerimentos de processos de registro e de alterações de registro de agrotóxicos e afins.

Diante dessa nova jornada da Lei, se faz necessário acompanhar a regulamentação da lei por meio de decretos e regulamentos administrativos, os quais detalharão os parâmetros de efetividade no dia a dia do campo. Ademais, a responsabilização no âmbito criminal ainda possui alto grau de abstração e subjetividade, o que exige atenção dos operadores, a fim de garantir a legalidade e adequação no exercício das suas atividades com o exigido pela

legislação. A Lei nº 14.785/2023 do Agrotóxico propõe mudanças significativas, incluindo a modernização da legislação sobre agrotóxicos, a simplificação do registro de novos produtos, a atualização das regras para uso e armazenamento, e a criação de medidas de controle mais eficientes. No entanto, é importante notar que as opiniões sobre esses avanços são divergentes entre os setores envolvidos.

2.6 Glifosato x plantas nativas do cerrado

Estudos que utilizam aspectos morfológicos, anatômicos, fisiológicos e químicos como detecção de fenólicos totais, quantificação do ácido chiquímico de plantas nativas expostas a agrotóxicos, são importantes para elucidar características que podem contribuir como bioindicadoras de resistência, tolerância ou sensibilidade aos herbicidas (LORENTZ *et al*, 2015; SILVA *et al*, 2016). Dois exemplos recente de trabalhos foram realizados por (DE FREITAS-SILVA *et al*, 2020; VICENTINI *et al*, 2023). Foram utilizadas metodologias fisiológicas, anatômicas, e químicas, dentre elas está a quantificação do ácido chiquímico como indicador da presença de exposição ao glifosato. Além disso, esses trabalhos, indicam que pode ou não promover a inibição da atividade dos tecidos vegetais, que aponta indicadores de metabolismo sensível para a toxicidade do glifosato em sub doses.

Outros trabalhos mostram os efeitos do glifosato em plantas nativas do cerrado tais como estas duas espécies de Fabaceae: *Hymenaea Courbaril* L. (MORAES *et al*, 2020) e *Bowdichia virgilioides* (DE ARAÚJO *et al*, 2021). Outro exemplo foi o estudo utilizando a espécie *Genipa americana* (SILVA *et al*, 2022), cujas plantas foram expostas a diferentes concentrações de doses do glifosato, e apontou resultados de toxicidade em todos os parâmetros fisiológicos e anatômicos causados por este herbicida,

3 HIPÓTESE

A aplicação do agrotóxico glifosato em espécie nativa do cerrado, pode estar afetando a anatomia e fisiologia das plantas de importância socioambiental.

4 JUSTIFICATIVA

Estudos que possam servir de subsídio no diagnóstico da presença de agrotóxicos, em plantas nativas do cerrado, de importância social e ambiental, são necessários. Pois, muitas destas plantas nativas são utilizadas por comunidades tradicionais na alimentação ou ainda, como uso medicinal. Assim, uma vez que estas plantas estejam contaminadas elas podem afetar

inclusive a saúde humana. O diagnóstico da presença destes agrotóxicos pode servir de alerta para evitar o consumo destas plantas e minimizar possíveis contaminações à saúde humana.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo geral

Avaliar respostas morfoanatômicas e fisiológicas em plantas de interesse socioambiental de *Copaifera langsdorffii*, expostas ao glifosato, como potencial ferramenta de diagnóstico da presença deste agrotóxico.

5.2 Objetivos específicos

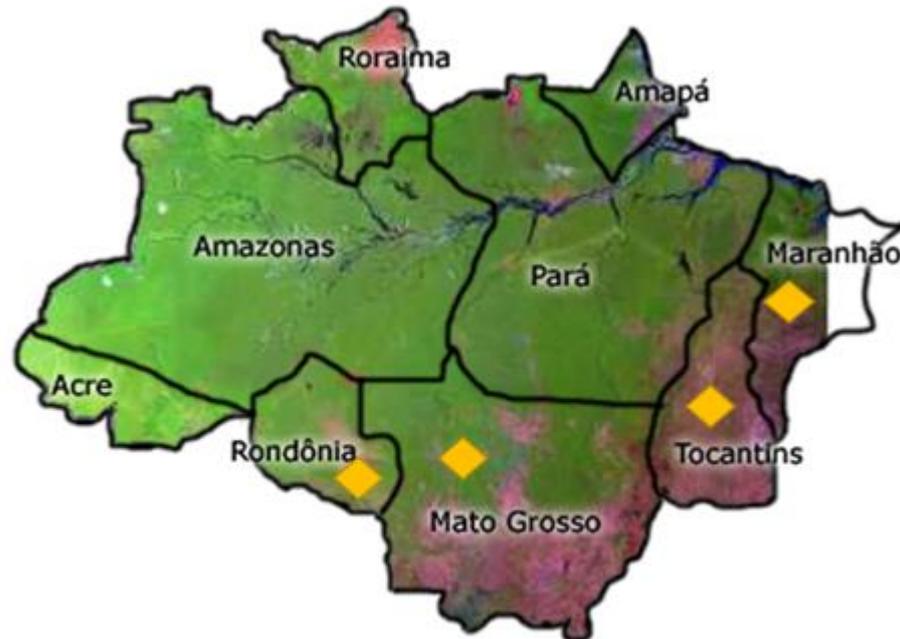
1. Avaliar respostas visuais, anatômicas e fisiológicas, em plantas de *Copaifera langsdorffii*, expostas ao agrotóxico glifosato;
2. Identificar características que possam subsidiar estudos de bioindicação da presença deste agrotóxico, em plantas do cerrado de uso alimentício e medicinal;
3. Inferir sobre a presença de glifosato nas folhas das plantas analisadas.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Descrição da espécie estudada

A espécie *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae), conhecida pelo nome popular de copaíba, pau-d'óleo, guaranazinho, possui a seguinte classificação botânica: árvore com até 35 metros de altura, folhas alternas, compostas com folíolos elípticos a obovais, flor: inflorescência (panícula) apical, axilar com várias flores (100 a 2000) de cor creme, creme-esverdeada ou quase rósea, floração de dezembro a março, fruto oval, castanho-avermelhado, geralmente com uma única semente preta e alaranjada (arilo), frutificação entre agosto a setembro, predominante em Ambiente de Mata de Galeria, Mata Ciliar, Mata Mesofítica, Cerradão, sua ocorrência natural quanto a sua distribuição geográfica (Figura 1), abrange doze estados brasileiros, sendo eles: AL, BA, CE, DF, GO, MA, MG, MS, MT, PI, PR, SP, TO (Ribeiro e Walter, 1998) e de acordo com levantamento bibliográfico e acervo do Herbário do INPA (DE SOUZA *et al*, 2009); (CARVALHO, 2014); e manual do usuário do herbário virtual REFLORA (LEITMAN, 2019).

Figura 1 – Mapa adaptado conforme distribuição geográfica de dados catalogados dos acervos dos herbários virtual do INPA e REFLORA de *Copaifera langsdorfii* Desf. na Amazônia Legal.



***Copaifera langsdorfii* Desf.**

Fonte: De Souza (2009) adaptada.

A escolha da espécie estudada (Figura 1), partiu dos princípios: ampla abundância, além de ser adaptável a diferentes fisionomias do Cerrado, de ocorrência natural; distribuição e representação ecológica; sua importância econômica e medicinal, pois apresentam óleo resinas extraídos da casca do caule, que são usadas como anti-inflamatório e na indústria farmacêutica, além da importância cultural, através do uso de sementes para a confecção de adornos, colares e artesanatos por parte dos povos tradicionais indígenas, quilombolas e comunidades em geral (RIBEIRO *et al*, 1998; CARVALHO *et al*, 2020; ZAMBONIN *et al*, 2019; SANTIAGO *et al*, 2021; PASCOAL *et al*, 2021; MOREIRA *et al*, 2023).

6.2 Local de estudo e condições de cultivo

O experimento foi realizado em casa de vegetação climatizada (Figura 2) com coordenadas geográficas 10°10'35.8" S e 48°21'29.3" W. As análises dos dados foram realizadas nos laboratórios de anatomia vegetal, fisiologia vegetal, genética aplicada,

laboratório de solo, todos os espaços pertencentes a Universidade Federal do Tocantins - UFT, *campus* Palmas.

Segundo a classificação de Köppe, o clima da região é do tipo Aw continental tropical úmido, uma vez que apresenta temperatura média 28 °C, do mês mais frio acima de 22°C e ainda duas estações bem definidas, verão úmido e inverno seco (KÖPPEN, 1928). A precipitação média anual é de 1800 mm, sendo os meses de novembro e abril, os mais chuvosos, e a nítida estação seca no inverno, de maio a outubro e considerados secos os meses de julho e agosto (NASCIMENTO *et al*, 2020).

6.3 Estrutura da casa de vegetação:

Antes de iniciar o experimento foi feita a neutralização para não propagação de patógenos na casa de vegetação com calda bordalesa (em sua composição: 10 litros de água; 100g de cal virgem; 100g de sulfato de cobre), seguindo metodologia (ANDRADE *et al*, 2001) e extrato natural de folhas da planta *Azadirachta* sp. (Neem ou nim) de ação inseticida (contendo 100g de folhas frescas; 01 litros de água, 250 ml de detergente neutro, embalagens âmbar para o armazenamento do extrato (SANTOS *et al*, 2016). As aplicações foram realizadas em toda estrutura das prateleiras, piso, em um raio de um metro de diâmetro a toda a área externa da casa de vegetação. O preparo do extrato e pulverização, ambas as ações ocorreram no mesmo dia.

Figura 2 - Casa de vegetação onde foi conduzido o experimento. A: Vista frontal da casa de vegetação; B: Vista aérea da casa de vegetação



Fonte: Acervo pessoal.

Na figura 02 podemos observar a estrutura onde foram conduzidos os experimentos.

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2021 a abril de 2022, e para processamento das amostras, foram utilizadas plantas de até 8 meses de vida (Figura 03). Os 32 indivíduos, foram obtidos a partir de doação do viveiro municipal, denominado de Horto Florestal, localizado na AVSO 40, Avenida LO-09, município de Palmas, estado do Tocantins TO. Inicialmente todas as mudas foram transferidas para vasos de polietileno vasados com 8Kg com objetivo de minimizar estresse nas raízes e na muda.

Figura 3 - Demonstrativo visual da disposição dos vasos de *C. langsdorfii* na prateleira da casa de vegetação; A: indivíduos antes da classificação e delineamento; B: Indivíduos, após o delineamento de blocos.



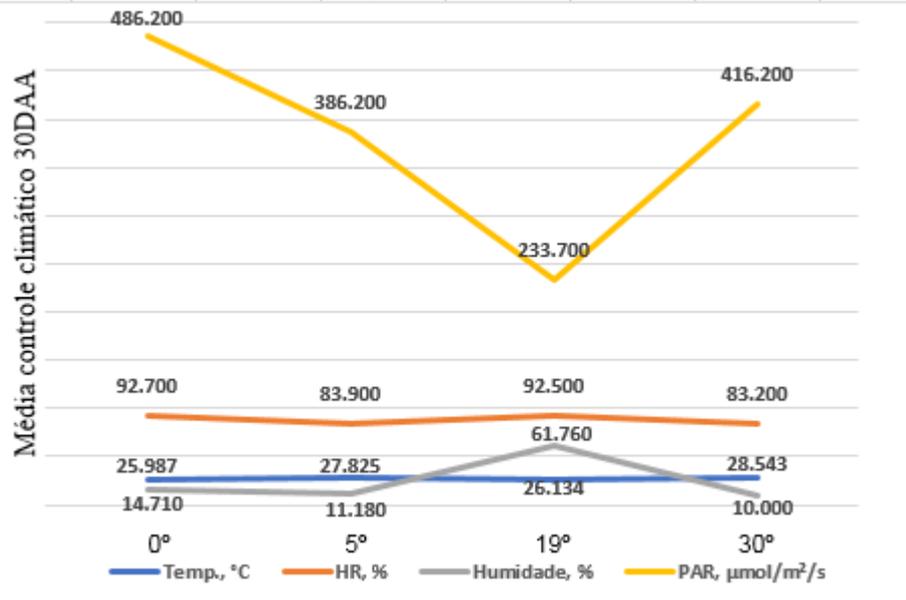
Fonte: Acervo pessoal.

6.4 Clima na casa de vegetação: ambiente interno e externo

O monitoramento dentro e fora da casa de vegetação, quanto os fatores climáticos de umidade, temperatura, umidade e velocidade do vento foi realizado através de uma estação meteorológica automática instalada dentro da casa de vegetação (sentinela), que utiliza o software HOBE. Essa estação fez registro de leituras de cinco e cinco minutos, todos os dias nas 24 horas, durante a condução do experimento na área interna. Os dados também foram comparados com os dados disponibilizados pela estação meteorológica da Universidade Federal do Tocantins, que é vinculada ao laboratório de Meteorologia EMA/LABMET e pela plataforma INMET no que tange o monitoramento da parte externa, onde os dados foram similares aos dados da estação interna sentinela.

O monitoramento e leitura dos dados climatológicos ocorreram no mês de março e abril de 2022. Porém foi dado ênfase aos valores da média, referente ao dia da simulação da deriva, na qual ocorreu na área externa da casa de vegetação. Os valores correspondem ao horário das 7h:50 min do período matutino, que registrou: temperatura °C 25,9, umidade % 81,3, velocidade do vento 386.2 (PAR, $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) e HR, % 83,9.

Figura 4 - Valores médios de temperatura do ar e umidade relativa do ar, velocidade do vento. Gráfico com as médias da temperatura às 7h:50 min no período do experimento



Fonte: Acervo pessoal.

6.5 Preparo do solo

Todas as mudas foram transferidas para vasos plásticos de 8kg. O solo utilizado no plantio final de todas as plantas foi formado pela mistura de terra vermelha (latossolo), e substrato, formado por esterco bovino maturado, 1:1 proporções curtidas por um período de 90 dias.

Utilizou-se também adubação líquida, rico em N, P, K, Mg, Ca, Fe, seguindo a metodologia (HOAGLAND E ARNON, 1950). A solução nutritiva foi aplicada aos finais de semanas no horário das 9h da manhã e volume padrão de 250 ml para cada indivíduo.

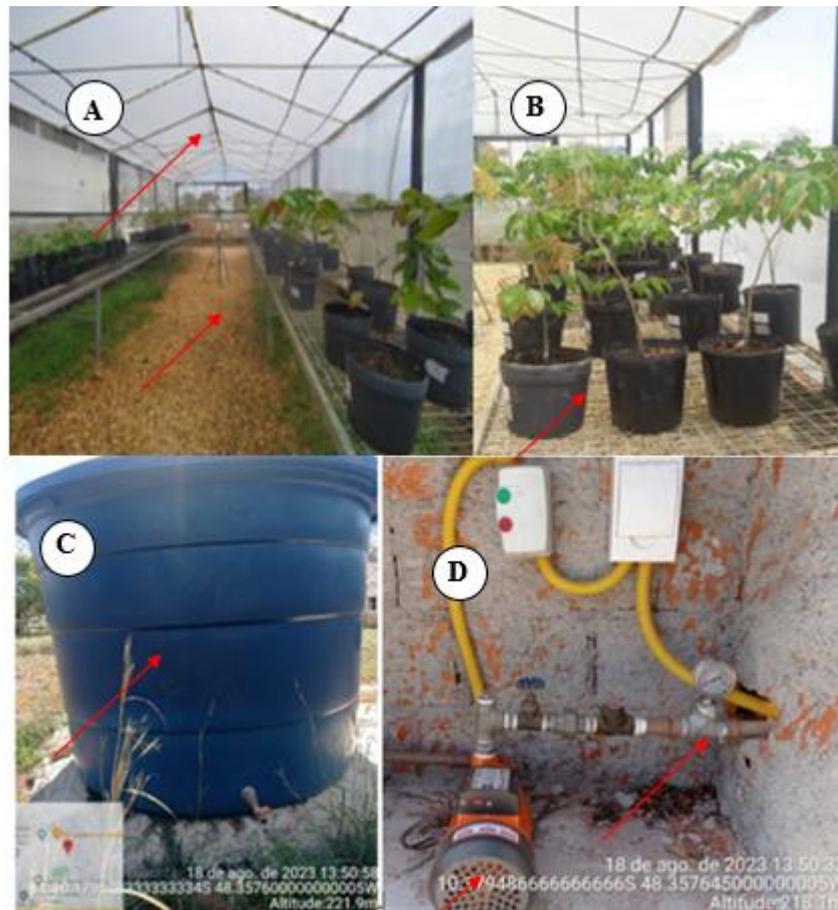
A análise do solo foi realizada pelo laboratório de solos Agroambiental da Universidade Estadual do Tocantins, campus Palmas/ UNITINS. Certificado pelos Programas de análise de Qualidade de Fertilidade da Embrapa, Selo IAC 2022, utilizou as duas metodologias, Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade (PAQLF) e EMBRAPA.

6.6 Irrigação

O sistema de irrigação ocorreu via micro aspersão, localizado no teto de toda a casa de vegetação (Figura 5), seguindo o deslocar das prateleiras, em canos de polietileno e mangueiras com diâmetro nominal de 16 mm, contendo espaçados de 0,5 m e acoplada um sistema de bombeamento, utilizando bomba de pressão com uso do nanômetro. Os aspersores utilizados foram do tipo click tíf, que são autocompensantes na faixa de pressão de 1,0 a 4,0 bar com

vazão média de $4,0 \text{ L h}^{-1}$. Foi utilizado um controle para programação automática de tempo para cada aspersão. A água utilizada para a irrigação foi retirada do poço artesiano da UFT do campus Palmas e armazenada em uma caixa d'água instalada ao lado da unidade de bombeamento.

Figura 5 - Casa de vegetação com mangueiras no teto e distribuição de aspersores e estação agro meteorológica ao fundo (A); Disposição das espécies *C. langsdorfii* na bancada (B); Caixa d'água utilizada para armazenamento de água (C); Bomba com controle de vazão (D).



Fonte: Acervo pessoal.

Para a manutenção de umidade na casa de vegetação, estabeleceu aspersão inicial de segunda a sexta feira, irrigação de hora em hora e com duração de cinco minutos. Iniciando às 9h da manhã e finalizando às 17h. Aos finais de semanas, ficou reservado para aplicação de solução nutritiva e controle da aclimação até os quinze dias. Logo após os 15 dias de aclimação oficial, e de acordo com o observado no monitoramento diário, ocorrido em março de 2022, o protocolo foi adaptado com a redução do fluxo laminar mecanizado para o manual, incluindo também a redução de tempo. Ficou somente no período matutino a dispersão de 200

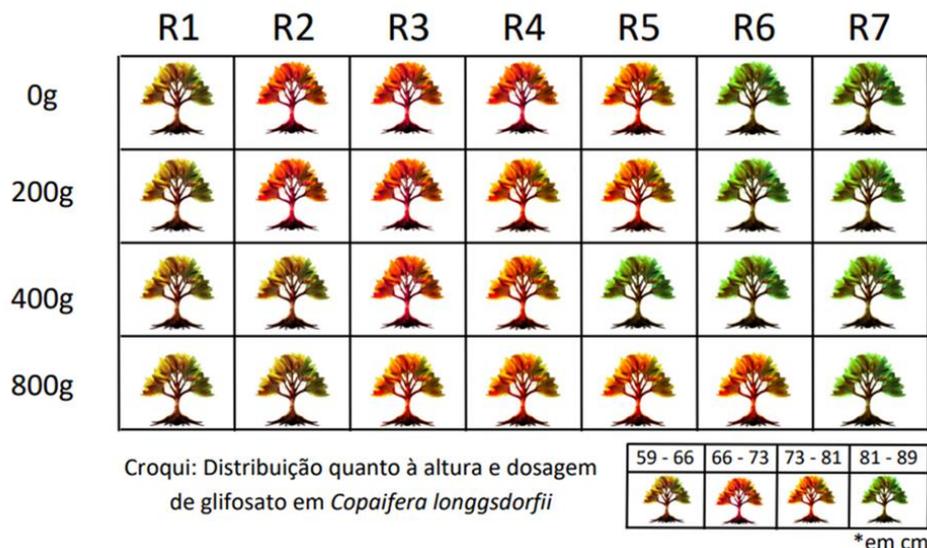
ml de água. O ajuste ocorreu em virtude do grande período chuvoso, e que se manteve até o dia 09 de março de 2022, data da coleta das espécies (Figura 5).

7.7 Delineamento experimental

Para delinear o experimento, dos 32 indivíduos cultivados, 28 foram selecionados. O critério foi: número de folhas expandidas (10 folhas compostas), ausência visual de ataques de pragas no limbo foliar, medidas de altura das plantas (entre 59 e 89 cm). Foi estabelecido ainda a marcação do folíolo que foi monitorado e utilizado para as análises subsequentes.

O experimento foi conduzido com delineamento em blocos casualizados (DBC) (Figura 6), sendo constituído em 4 tratamentos, com 7 repetições cada, incluindo 3 diferentes doses do agrotóxico Glifosato (Roundup Original DI®, contendo 370 g/L equivalente ácido): Sendo as doses: 200, 400 e 800 g i.a. ha⁻¹, e o controle (0). As doses foram escolhidas de acordo com as utilizadas em plantio convencional de áreas agrícolas, utilizando a cultura da soja como exemplo.

Figura 6 - Croqui da distribuição dos 28 indivíduos no Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), das mudas *Copaifera langsdorfii*. As cores representam a organização das mudas conforme o critério de altura distribuída nos sete blocos e dosagens utilizadas



Fonte: Acervo pessoal.

A aplicação do agrotóxico foi realizada utilizando um borrifador costal munido de barra com uma ponta de pulverização, com bico do tipo leque e pressão de serviço de kgf.cm⁻², proporcionando um volume de calda de 200 L ha⁻¹ (Figura 7). Onde estabeleceu 200 ml de vazão em um período de 7 segundos, mantendo a barra a 0,4 m acima do topo das plantas.

Os indivíduos foram submetidos a uma única exposição do agrotóxico glifosato em ambiente aberto, fora da casa de vegetação para exposição ao agrotóxico. Para a aplicação do agrotóxico a distribuição dos vasos ocorreu em três momentos, uma para cada dosagem utilizada. Os sete indivíduos ($n=7$) foram dispostos em fileiras numa distância média de 01 metro. Todas as mudas foram submetidas a aplicação na parte aérea, em um tempo estimado de sete segundos, utilizando passos sincronizados. Durante a aplicação do agrotóxico o solo foi coberto com papel alumínio para evitar contaminação. Os indivíduos controle receberam apenas água destilada.

Figura 7 - Disposição dos vasos com espécies *C. langsdorfii* do lado externo da casa de vegetação, para aplicação de agrotóxico glifosato.



Fonte: Acervo pessoal.

A aplicação do glifosato ocorreu no dia treze de março de 2023, entre as 7h30min e 9h da manhã, nas concentrações de 0 controle, 200, 400, 800 g. i. a. ha^{-1} . Aproximadamente 01h30min após a aplicação, as mudas foram fotografadas e transportadas para a casa de vegetação, onde permaneceram por 30 dias com observações diárias.

6.8 Coleta do solo

Para análise do solo utilizado nos experimentos foram coletadas três amostras compostas sendo: a primeira amostra intitulada Bloco I, foi coletada logo após a transferência dos indivíduos aos vasos de 8 kg (dia zero), a segunda amostra composta do solo (Bloco II), ocorreu aos 15 dias após o plantio das plantas nos vasos (período de aclimação com incremento de solução (HOAGLAND, 1950) e a terceira amostra (Bloco III) ocorreu, 30 dias após a aplicação do agrotóxico (DAA).

6.9 Avaliação de sintomas visuais

A avaliação fitotoxicológica da espécie estudada, após a exposição ao herbicida glifosato, ocorreu através de observações diárias de todo corpo vegetal, principalmente em suas folhas, 1º ao 4º nó e apical a partir do meristema no intuito de determinar quanto tempo, após a aplicação dos tratamentos, seria possível visualizar o aparecimento dos sintomas. Os registros dos efeitos visuais nas plantas estudadas foram aos 7, 15 e 30 dias após aplicação (DAA) do agrotóxico. Utilizou-se câmera fotográfica, através de imagem de alta resolução em pixels e medições de suas alturas. As imagens obtidas foram utilizadas para as análises de toxicidade (GAZZIERO *et al*, 2015).

6.10 Avaliação da altura visual

Todas as plantas foram avaliadas utilizando uma fita métrica, no sentido da raiz ao ápice, dando o desconto a altura do vaso após 30 DAA (Figura 8).

Figura 8 - Demonstrativo da altura visual final dos indivíduos 30 dias após aplicação agrotóxico A: registro e uso de fita métrica posicionada da base para o ápice da muda; B: Detalhe da imagem de um dos vasos com muda de *C. langsdorfii*



Fonte: Acervo pessoal

6.11 Análises fisiológicas

6.11.1 Trocas gasosas

A avaliação das trocas gasosas foi realizada através de um analisador de gases infravermelho (IRGA) LI-6400XT (Licor, Nebraska, USA), foram realizadas quatro medições: pré-aplicação do herbicida tempo zero, segunda 15 dias DAA (dias após aplicação do agrotóxico) e aos 30 dias DAA (dias após aplicação do agrotóxico), que foi o dia da coleta. Estas avaliações foram realizadas nos folíolos de folhas do 2° e 4° nós de cada indivíduo, contados a partir do meristema apical, mantendo o folíolo durante toda avaliação (Figura 9).

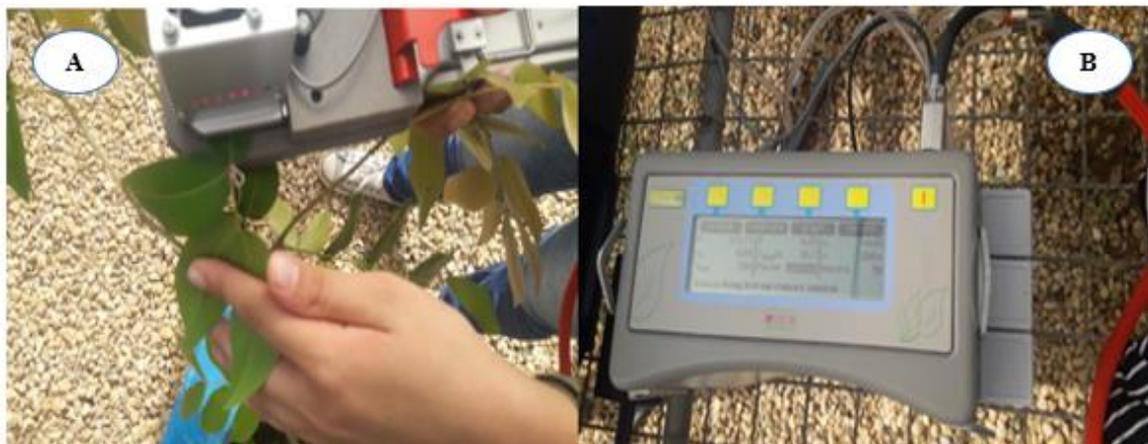
Figura 9 - Padronização com marcação nos folíolos para avaliações. (A) Fita branca amarrada na folha composta, 2° folíolo, para análises fisiológicas de trocas gasosas e quantificação do ácido chiquimico; (B): Fita branca amarrada na folha compostas



Fonte: Acervo pessoal.

Nas análises das trocas gasosas das plantas foram avaliadas a taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (G_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e relação entre a concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a). As mensurações foram feitas sob concentração de CO_2 , temperatura e vapor de H_2O do ambiente do local de estudo, sendo o ar de referência homogeneizado em uma vareta vertical, uma espécie de antena para alcançar a câmara foliar, com radiação fotossinteticamente ativa (RFA) de $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e temperatura da câmara a 30°C (Figura 10). Após a calibração do aparelho, foram realizados 10 registros sequenciais por folha, cuja média foi considerada uma medida.

Figura 10 - Leitura em tempo real das avaliações com o IRGA, realizadas nos folíolos das folhas de *C. langsdorfii*. (A) registro do equipamento leitor de trocas gasosas (B): IRGA, acondicionado na bancada.



Fonte: Acervo pessoal.

6.11.2 Quantificação do ácido chiquímico

Para a quantificação da concentração do ácido chiquímico nas folhas, foi seguido um protocolo de Sing e Shaner, (SING E SHANER, 1998). Os suprimentos, necessários para a maceração e extração foram: luvas de vinílico; pinça grande de material em aço o cirúrgico, tipo garras; caixa de papel com tampas para acondicionar tubos *ependorf*, lenços de papel para manuseio durante a análises; pincel para identificação; álcool 70% para esterilização em geral; suporte de isopor adaptado para fixar cadinho; cadinho e pistilo de porcelana pequenos e cinco litros de nitrogênio líquido.

As vinte e oito amostras foram coletadas no 2º e 4º nó, contando a partir do meristema apical, armazenados em tubos falcon, transportados e um contêiner contendo de nitrogênio líquido e acondicionados em freezer -80 °C de marca INDREL SCIENTIFIC, com intuito de garantir a não degradação das amostras (Figura 11). Foram extraídos 01 ml de massa fresca, de material foliar, macerados em cadinho e pistilo de porcelana e imerso continuamente em nitrogênio líquido, para a obtenção de um pó cristalizado e fino. Posteriormente foram pesados e transferidos para tubos resistentes a baixas temperaturas (- 80 °C). O volume utilizado em cada amostra, corresponde a 8 discos, de 6 mm de diâmetro. Todas as amostras maceradas, foram mais uma vez acondicionadas em freezer -80 °C, visto se tratar de um processo bastante demorado, não sendo possível sua execução em único dia.

Figura 11 - Acondicionamento das amostras no estoque em tubos *ependorf* em freezer



Fonte: Acervo pessoal.

Com o auxílio de pipetas volumétricas e ponteiras, o volume de 500 μ l da solução tampão de HCL (ácido clorídrico), foi transportado para tubos de *ependorfs* que foram homogeneizadas em equipamento de laboratório, vórtex e centrifugada. Todas as amostras foram centrifugadas a uma velocidade de 15.000g, em temperatura de 4°C, durante 25 minutos. Retirados 30 μ L do sobrenadante. As amostras do sobrenadante foram reservadas em freezer - 20 °C, (Figura 11). No passo seguinte foi adicionado 500 μ L de solução de ácido periódico a 1%, que permaneceu em banho-maria a 37 °C, por 45 minutos.

Ao extrato, foi adicionado 500 μ L de hidróxido de sódio 1N e 300 μ L de glicina (0,1M) no qual se realizou a leitura em espectrofotômetro UV-VIS, modelo Evolution 60S (Thermo Fisher Scientific, Madison, USA), utilizando o comprimento de onda de 380 nm e o coeficiente de extinção molar de $4,76 \times 10^4$, seguindo (SINGH E SHANER, 1998; SINGH, 2020). Os dados das leituras foram salvos em software do espectrofotômetro para posterior tabulação dos resultados.

6.12 Análises anatômicas

6.12.1 Caracterização anatômicas dos sintomas

Para as análises anatômicas foram utilizados folíolos centrais do limbo, conforme (Figura 12) independentes de sintomas, sintomas visuais e fragmentos assintomáticos ou sintomáticos, incluindo também a padronização da espécie. Utilizando uma lâmina de barbear, os cortes

transversais foram pré delimitados, na região mediana entre a nervura e a margem de folhas totalmente expandidas dos segundo e quarto nós (da base para o ápice).

Figura 12 - Demonstrativo da coleta para análise foliar anatômica em plantas de *C. langsdorfii*. A: Padronização dos modelos de cortes e locais para análises anatômicas e histoquímica; B: Folíolos pré-selecionados com marcações para as análises de histoquímica



Fonte: Acervo pessoal.

As amostras para análises da anatomia e posterior visualização em microscopia de luz, foram fixadas em uma solução Glutaraldeído 1%, em tampão fosfato 0,2M, pH 7,2 (KARNOVSKY, 1965) modificado (KRAUS E ARDUIN, 1997) durante 24 horas (Figura 13).

Figura 13 - Processamento das amostras para análises anatômicas. A: Imagem de equipamento de laboratório, bomba a vácuo para otimizar processo de inclusão; B: Preparo dos corantes Azul de Astra e Safranina, utilizando manta aquecedora com agitação



Fonte: Acervo pessoal.

As amostras foram emblocadas (parafina e cera de abelha 1:1), seguindo orientação do plano de corte (transversal). Após o resfriamento total, os blocos foram colocados em ambiente de refrigeração para posterior à confecção dos 12 blocos, das vinte oito espécies do experimento.

Utilizando o equipamento micrótomo rotativos semi motorizado, modelo RM2245 (Leica, Wetzlar, GER), todos os blocos foram cortados em 12 μm de espessura e aderidos à lâmina com adesivo de Haupt (HAUPT, 1930) e formalina a 6% (Figura 14). Foram confeccionadas quatro lâminas, com aproximadamente 6 cortes para cada bloco.

Figura 14 - Etapa de microtomia de folhas de plantas de *C. langsdorfii* incluídas em blocos de parafina. A: Microtomiados blocos de parafina; B: Blocos em parafina com contendo cortes foliares



Fonte: Acervo pessoal

Posteriormente, os cortes foram desparafinados em série xilólica-etanólica nas concentrações 3:1, 1:1 e 1:3, hidratados em série etílica do álcool 100% ao 30% – metodologia adaptada de Gerlach (GERLACH, 1984). Em seguida, as lâminas foram lavadas em água destilada e desidratadas em série etílica do álcool 30% ao 100%, posteriormente submetidas a outra série contendo álcool e xilol 3:1, 1:1 e 1:3 adaptando o tempo e substituindo o balsâmo do Canadá, coradas com azul de astra, ("astra blue" marca Merck não indicado) por 25 minutos de imersão e corante safranina ("safranin O" marca Aldrich, c.I. 50240 por 12 minutos de imersão (WOESSNER (1970), LINDAUER (1971), BUKATSCH (1972), KROPP (1972) e GERLACH (1984), ROESER (1972), entre outros. Todas as lâminas foram montadas com verniz translucido (PAIVA *et al.*, 2006), entre lâmina e lamínula. As imagens foram capturadas pelo microscópio de luz, modelo Leica DM500 com câmera Leica ICC50 HD acoplada (Leica, Wetzlar, GER).

6.13 Análises histoquímicas

Foram feitos cortes transversais a fresco dos folíolos do 3º e 4º nós de cada indivíduo, com o auxílio do micrótomo de mesa. Os cortes foram submetidos em uma solução de lugol; sudam III e cloreto férrico, por alguns minutos (Tabela 1). Também foram fotografados cortes sem reagentes intitulados de branco. Após esse período, as amostras foram lavadas com água destilada, observadas e fotografadas sob um microscópio óptico de luz, modelo Leica DM500, com câmera Leica ICC50 HD acoplada (Leica, Wetzlar, GER).

Tabela 1 - Descrição dos tipos de corantes utilizados, o tempo de contato e as estruturas identificadas pelas respectivas reações histoquímicas.

CORANTE/AUTOR	TEMPO DE DURAÇÃO	CARACTERÍSTICA DA COLORAÇÃO
Cloreto Férrico/ JOHANSEN, 1940	24 horas	Cor marrom escuro. Presença de Fenólicos totais.
Lugol/ JENSEN, 1962	5 min	Cor azul-escuro ou arroxeadas. Presença de amido.
Sudam III/ JOHANSEN, 1940	6 min	Cor vermelha. Presença lipídeos.

Fonte: Adaptado pela autora

6.14 Diafanização

Para a análise da superfície foliar, as amostras dos folíolos foram submetidas a diafanização (ARNOTT, 1959; JOHANSEN, 1940). Fragmentos do limbo dos folíolos foram coletados com dimensões em centímetro e foram mergulhadas em hipoclorito a 25% por 24 horas até clarear e ficar com coloração translúcida. Na sequência foram imersos em Safranina e etanol 1:3 por 10 dias, sendo posteriormente enxaguadas em água destilada.

Após a imersão as amostras foram lavadas suavemente com água destilada para remover o excesso de corante e em seguida desidratadas com álcool e xilol em três concentração (1:3; 1:1; 3:1). Por fim as amostras foram montadas em lâmina e lamínula. Em seguida, fotografadas em microscópio de luz, modelo Leica DM500 com câmera Leica ICC50 HD acoplada (Leica, Wetzlar, GER).

6.15 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e quando necessário, os modelos de regressão serão ajustados. As análises estatísticas foram realizadas no software R e comparadas no software remove.

7. RESULTADOS

7.1 Análise do solo

Os resultados apresentados nas análises do solo deste experimento, onde foram cultivadas as plantas de *C. langsdorfii*, estão no Apêndice A. As análises indicam uma maior concentração nos índices de macro e micronutrientes do Bloco I (dia do plantio), em relação ao Bloco II (15 dias após o plantio e antes da exposição ao glifosato na parte aérea da planta), além de aumento no pH e diminuição no teor de Al. Alguns parâmetros tiveram redução do Bloco II para o Bloco III (30 dias após aplicação do glifosato), tais como os teores de P, S, K, Cu. Nem todos os nutrientes tiveram essa resposta como é o caso do Fe e Zn, que se mantiveram quase sem alteração em todas as três análises realizadas conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado da Análise do solo

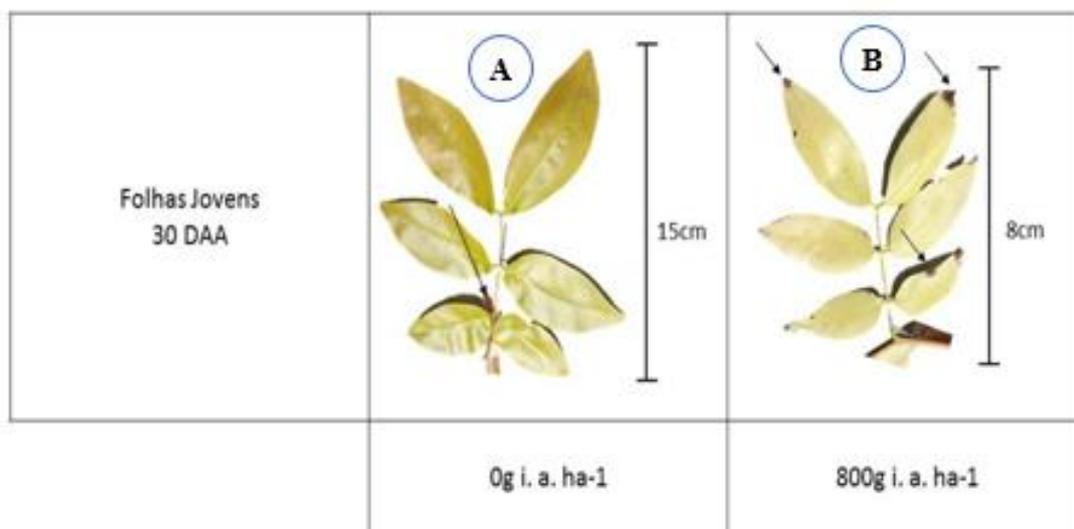
Bloco	Macronutrientes (mg dm ⁻³)			Micronutrientes (mg dm ⁻³)			Cmol _c .dm ³
	P	S	K	Cu	Fe	Zn	Al ³
Bloco I (Plantio)	23.92	3.17	120.00	0.95	36.90	2.45	0.35
Bloco II (15DAA)	26.32	17.24	300.000	1.16	34.32	2.55	0.06
Bloco III (30DAA)	20.13	2.14	180.000	0.56	35.64	2.56	0.04

Fonte: Acervo pessoal

7.2 Análises de sintomas visuais

A partir da análise da morfologia visual das folhas foi possível observar os primeiros sintomas aos 7 dias após a aplicação do agrotóxico (DAA). Os principais sintomas foram: amarelamento, principalmente nas bordas foliares, e necrose leve nas folhas expandidas. Em folhas jovens, os sintomas foram mais expressivos, principalmente, no meristema apical com má formação foliar, pois as folhas recém-formadas apresentavam aspecto retorcido (Figura 15).

Figura 15 - Registro de folhas totalmente expandidas da espécie *C. langsdorfii*. Após um período de 30 DAA das seguintes doses: 0 (controle) e 800 g i.a. ha⁻¹. do agrotóxico glifosato



Fonte: Acervo pessoal

Na Tabela 3, estão as notas que foram atribuídas de 0 a 10 para a análise de fitotoxicidade, de acordo com caracterização observam os resumos das análises de variância dos dados da fitotoxicidade (F), utilizando-se a escala da EWRC (1 a 10), (CAMARGO, 1972; FRANS, R. E, 1972; GAZZIERO, 1995). Foi observando alteração no crescimento do apical, alterações na coloração foliar, amarelamento, evidência de possíveis clorose, enrugamento da área foliar, dos sintomas visuais observados. Esta análise revelou que a maior nota atribuída foi 6 para sintomas muito leves, notou-se pouca significância refletida pela altura de plantas aos 7, 14, 21 e 30 dias após a aplicação do produto.

Tabela 3 - Escala de notas para avaliação visual do nível de fitotoxicidade de plantas de *C. langsdorfii*, independente da dose aplicada, submetidas a diferentes doses de glifosato

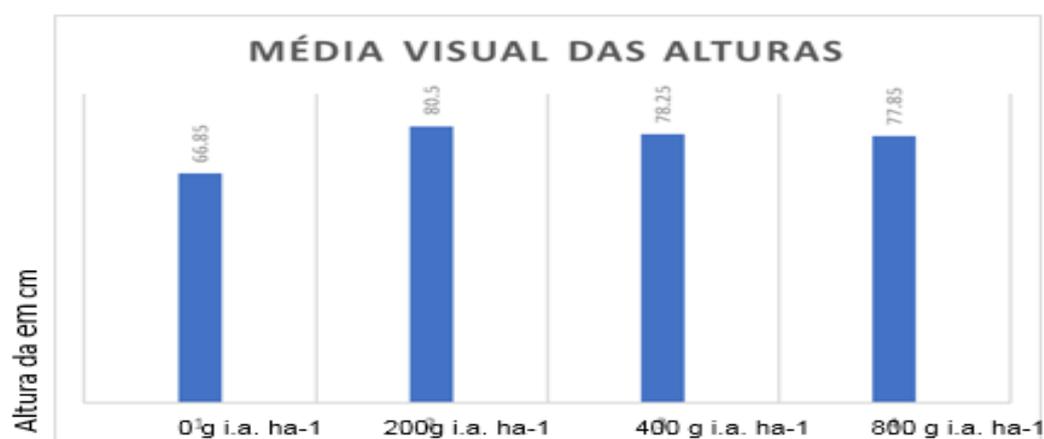
CONCEITO	NOTA	OBSERVAÇÃO	RESULTADO
Muito leve	0-10	Sintomas fracos ou pouco evidentes (sem injúria). Nota zero quando não se observam quaisquer alterações na planta.	6
Leve	0-10	Sintomas nítidos, de baixa intensidade. Efeitos insuficientes para promover redução da produtividade.	03
Moderada	0-10	Sintomas nítidos, mais intensos que da classe anterior, injúria moderadas, promovendo pequenas alterações visuais.	03

Aceitável	0-10	Sintomas evidentes, mas tolerante pela planta. Provocando efeitos de pequenas reduções de produtividade.	04
Preocupante	0-10	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação. Efeitos intensos o suficiente para promover drástica redução de produtividade (injúria severa).	0
Alta	0-10	Danos irreversíveis, com redução drástica no desenvolvimento da planta.	02
Muito Alta	0-10	Danos irreversíveis, muito severos, destruição completa da planta. Nota cem para morte.	00

Fonte: Autora, adaptado de Gazziero,1995.

A altura média visual dos indivíduos analisados foi homogênea aos 30 DAA, com média de 66 cm a 77 de altura final (Figura 16). O crescimento e desenvolvimento como um todo, não foram afetados.

Figura 16 - Dados da altura média visual das plantas de *C. langsdorfii* aos 30 DAA. Altura dada em centímetros, sem análises de matéria seca e fresca.



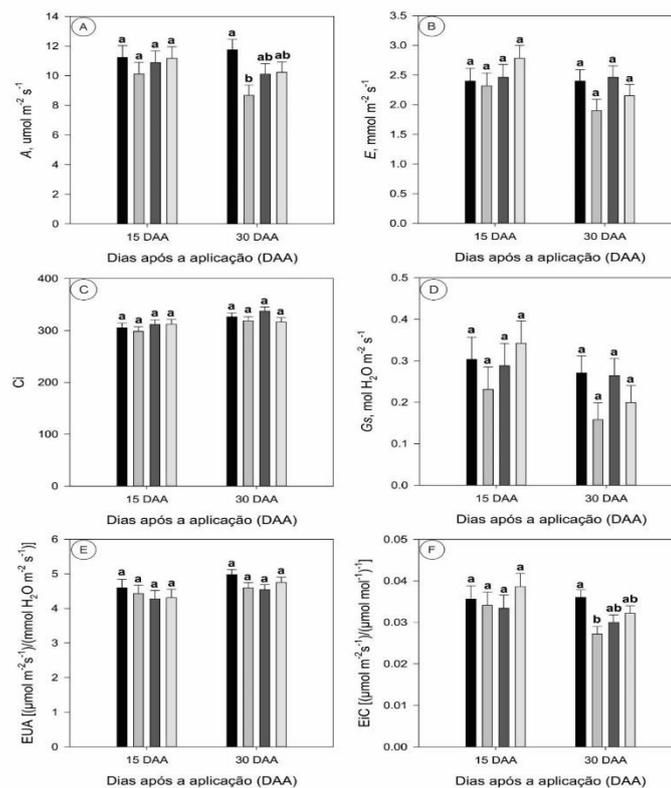
Fonte: Acervo pessoal

7.3 Análises fisiológicas

7.3.1 Trocas gasosas

As diferentes doses de glifosato não foram capazes de alterar a taxa de assimilação líquida da fotossíntese (A) nos indivíduos estudados de copaíba aos 15 DAA. Porém, aos 30 DAA a menor dose ($200 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) proporcionou uma diminuição em A e na eficiência instantânea da carboxilação $-EiC$. Ainda aos 30 DAA, nas demais doses, apesar da diminuição nestes parâmetros houve também uma semelhança em relação ao controle, apresentando tendência de recuperação (Figura 17). Os parâmetros: Condutância estomática $-g_{ds}$; carbono interno $-C_i$; taxa transpiratória $-E$; relação entre a concentração interna e externa de CO_2 $-C_i/C_a$, e eficiência do uso da água $-EUA$, não foram afetados, nem aos 15 DAA, nem aos 30 DAA.

Figura 17 – Dados das análises das trocas gasosas das *C. langsdorfii* após a exposição ao glifosato. Legenda: A: Taxa fotossintética (A); B: Taxa transpiratória (E); C: Concentração de carbono interno (C_i); D: Condutância estomática (g_s); E: Eficiência de uso da água (EUA); F: Eficiência instantânea da carboxilação (EiC).

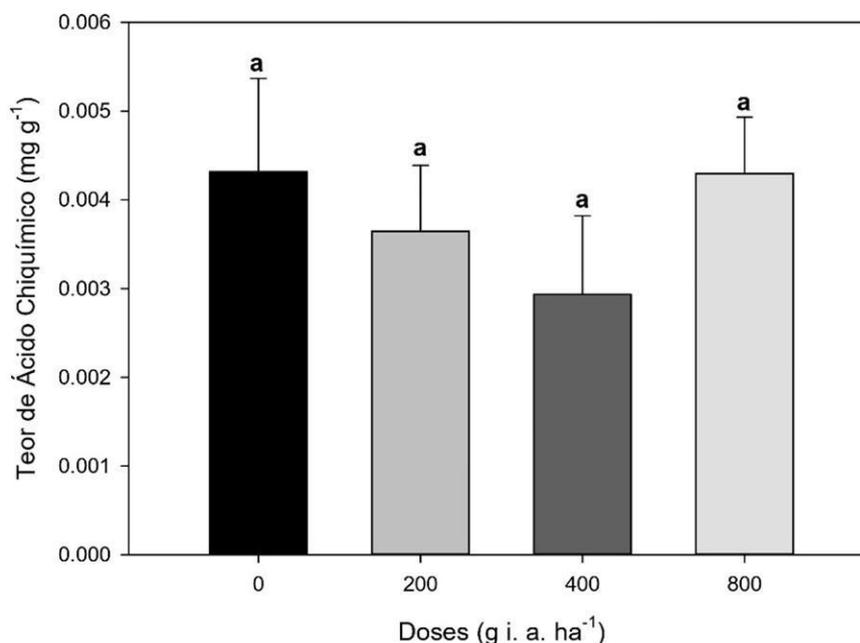


Fonte: Acervo pessoal

7.4 Quantificação do ácido chiquímico

A análises de quantificação do ácido chiquímico não apresentaram diferenças, nas diferentes doses analisadas em relação ao controle (Figura 18).

Figura 18 - Teor de ácido chiquímico nas folhas de *C. langsdorfii* aos 30 dias após a aplicação (DAA) glifosato



Legenda: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. barras = erro padrão. (Fonte: Acervo pessoal).

7.5 Análises anatômicas

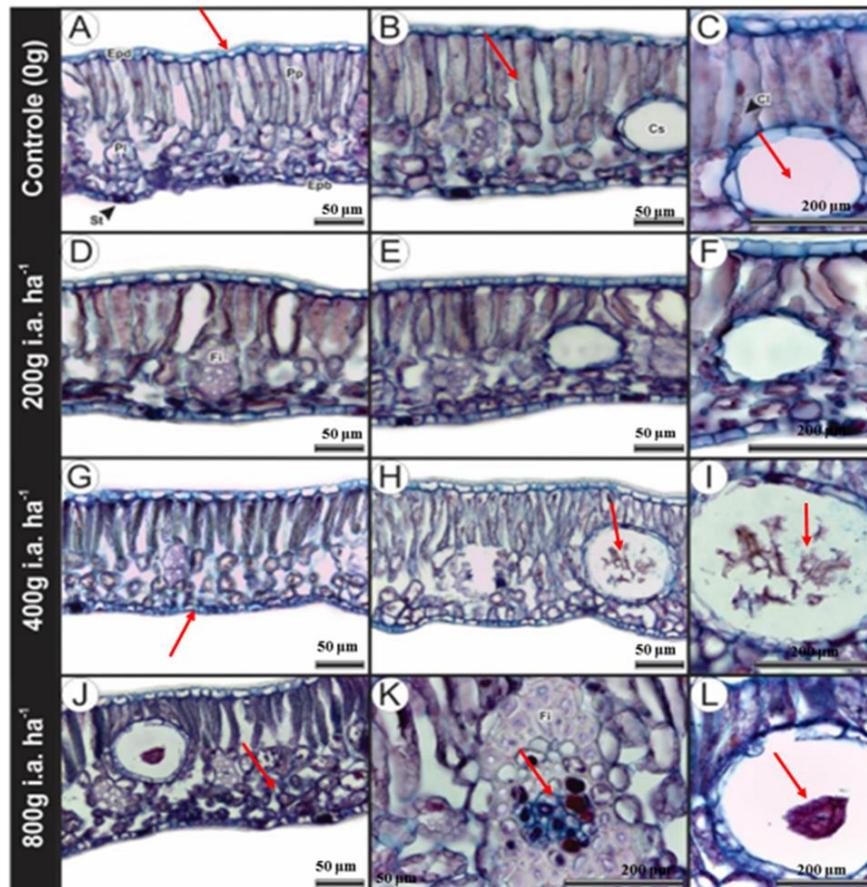
7.5.1 Caracterização anatômica dos sintomas

Anatomicamente, os folíolos apresentam uma epiderme unisseriada, cutícula espessa e estômatos presentes na face abaxial, sendo a folha classificada como hipoestomática (Figura 20A). O mesofilo é dorsiventral (Figura 19A), com uma a duas camadas de parênquima paliçádico e três a quatro camadas de parênquima lacunoso e ainda com presença de bolsa secretora com epitélio bem delimitado ao redor do lúmen (Figura 19B e C).

Foi possível verificar alterações na anatomia dos folíolos das plantas expostas a partir da menor dose utilizada de glifosato (Figura 19D, E e F). Foram observados aumento de espaços intercelulares e alterações no formato das células do parênquima clorofiliano no mesofilo (Figura 19D). Alterações no formato do epitélio secretor da bolsa secretora foi evidente nas plantas expostas à dosagem de 200g i.a. ha⁻¹ (Figura 19E e F). Estas alterações foram potencializadas na dosagem de 400g i.a. ha⁻¹ (Figura 19G, H e I), onde também foi possível verificar uma mudança no aspecto do secretado no interior da bolsa secretora, como acúmulo de resíduos de aspecto granuloso (Figura 19H e I). Na maior dose de glifosato (800 g i.a. ha⁻¹)

foi possível visualizar a presença de células com conteúdo avermelhado no floema (Figura 20K), e no material secretado no interior da bolsa secretora (Figura 19J e L).

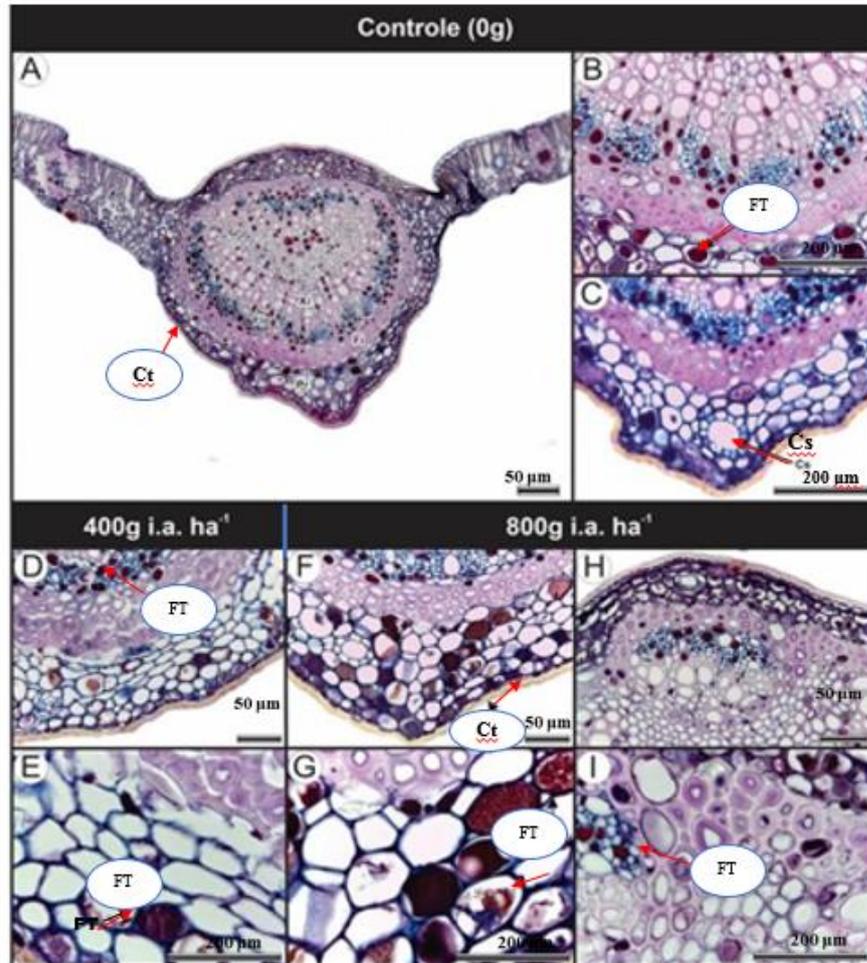
Figura 19 - Caracterização anatômica do mesofilo dos folíolos em folíolos expandidos de *C. langsdorfii* aos 30 DAA glifosato



Legenda: (A-L). A-C: Controle; D-F: 200g i.a. ha⁻¹; G-I: 400g i.a. ha⁻¹; J-L: 800g i.a. ha⁻¹. Cl: cloroplastos; Cs: cavidade secretora; Epa: epiderme adaxial; Epb: epiderme abaxial; Fi: fibras; Pp: parênquima paliçádico; Pl: parênquima lacunoso; St: estômato. Barras = 50 e 200 µm. (Fonte: Acervo pessoal).

A nervura de maior porte do folíolo apresenta disposição do feixe vascular com significativa quantidade de fibras libriiformes no floema (Figura 20 A e B). Foram observados idioblastos taníferos no floema e nas células de parênquima (Figura 20Ae20C). Na concentração de 400 e 800g i.a. ha⁻¹ o folíolo apresentou problemas na nervura principal, pois os idioblastos contendo composto fenólico no floema apresentaram alteração significativa na coloração e aspecto destes conteúdos, como se fosse um material granulado (Figura 20 D-I), quando comparado ao controle (Figura 20A-C). É possível observar problemas na formação da parede celular das fibras libriiformes ao redor do feixe vascular de primeira ordem (Figura 20I).

Figura 20 - Caracterização anatômica da nervura central dos folíolos das folhas expandidas de *C. langsdorfii* aos 30 DAA glifosato. Legenda: A: Visão geral da nervura central(A) (A-I). A-C: Controle; D-E: 400g i.a. ha⁻¹; F-I: 800g i.a. ha⁻¹. Ct: cutícula; Idioblasto contendo Compostos Fenólicos Totais CT; Fi: fibras. Barras = 50 µm e = 200 µm

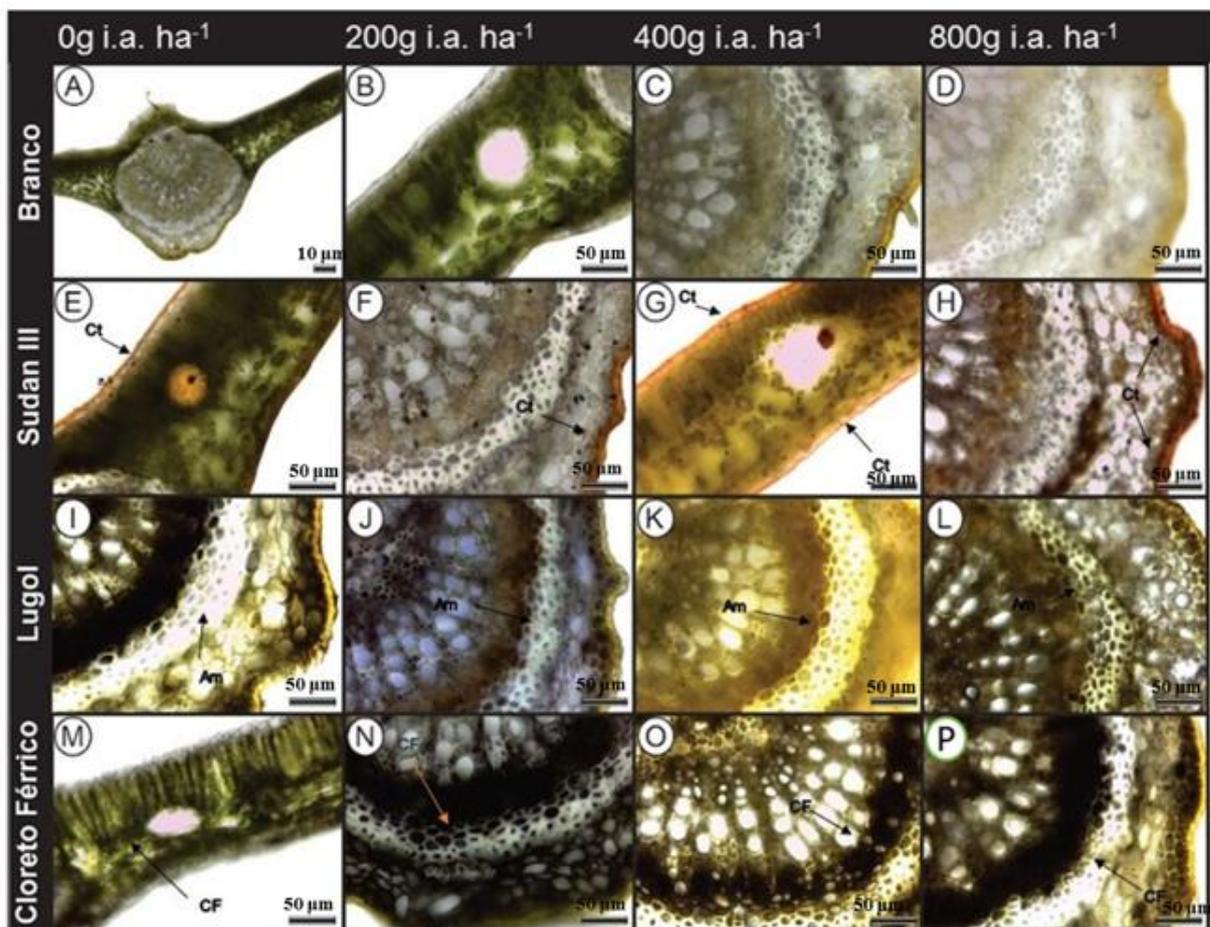


Fonte: Acervo pessoal.

7.6 Análise histoquímica foliar

A análise histoquímica foliar revelou que a aplicação de glifosato em plantas de *C. langsdorfii*, gerou alterações na composição química dos compostos analisados nos folíolos dos indivíduos estudados. Houve alteração na coloração da reação referente a presença de amido nas células do floema e ainda acúmulo de amido nas fibras libriformes do floema (Figura 21 J, K e L), não observadas nas células do controle (Figura 21 I). Houve alteração na coloração da reação dos compostos fenólicos (Figura 21 N, O e P), quando comparados ao controle (Figura 21 M).

Figura 21 - Visualização de imagens das análises histoquímicas de folíolos de plantas de *C. langsdorfii* expostas ao glifosato

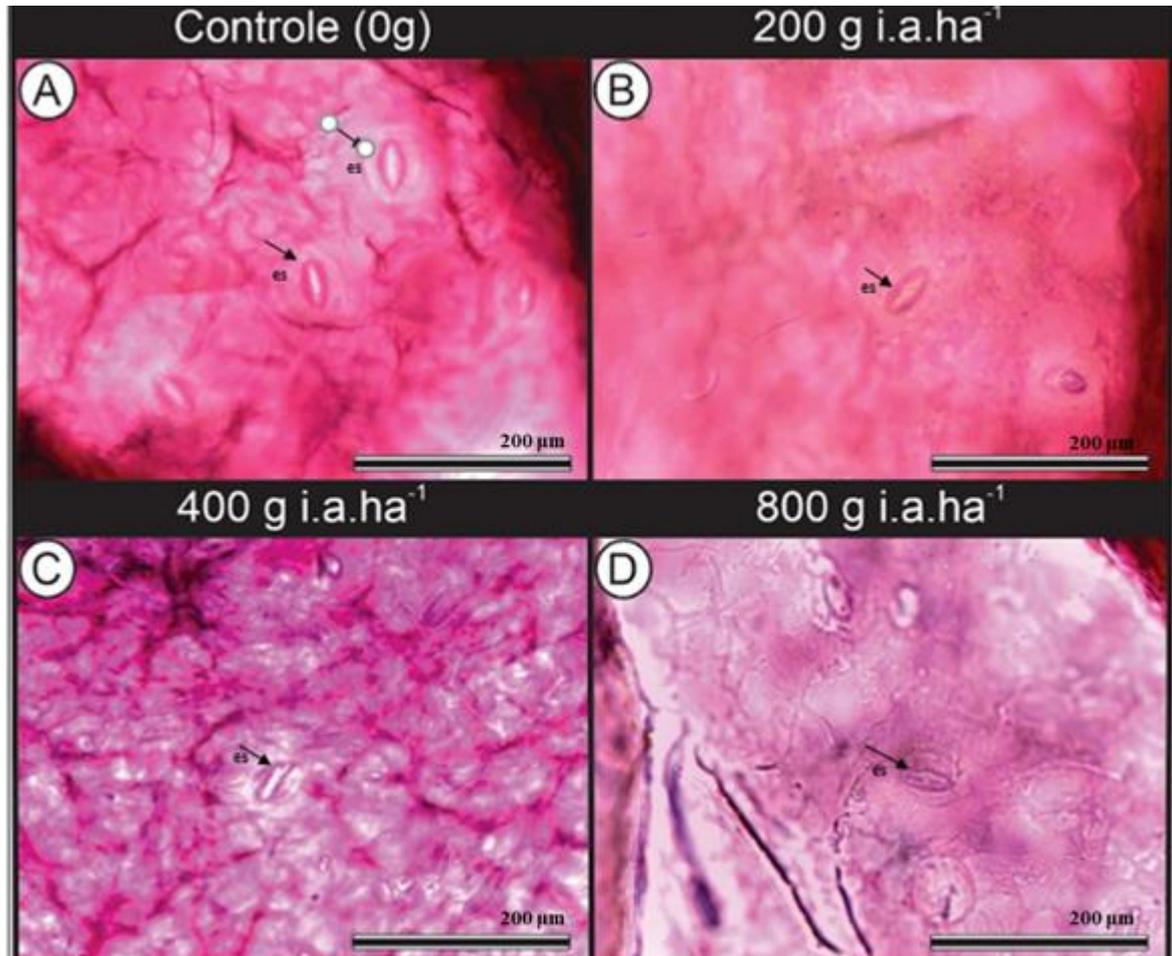


Legenda: (A; E; I e M), 200 g i.a. ha⁻¹ B; F; J e N), 400g i.a. ha⁻¹ (C; G; K e O) e 800 g i.a. ha⁻¹ (D; H; L; P). Sem reagente ou corante (A; B; C e D), reagente Sudan III (E; F; G e H), reagente Lugol (I; J; K e L), reagente Cloreto Férrico (M; N; O e P). Barras = 10, 50 e 200 μm (Fonte: Acervo pessoal)

7.7 Diafanização

Em fragmentos diafanizados dos folíolos estudados foi possível observar que os estômatos são do tipo paracítico (Figura 22A). Foram identificados danos na organização do arranjo das células da epiderme incluindo as células guarda e subsidiárias dos estômatos (Figura 22 B, C e D), quando comparadas ao controle (Figura 22 A).

Figura 22 - Fragmentos de folíolos diafanizados de *C. langsdorfii*



Legenda: A (0g i.a. ha⁻¹); B (200g i.a. ha⁻¹); C (400 g i.a. ha⁻¹); D (800 g i.a. ha⁻¹), es =estômato. Barra= 200 µm.
(Fonte: Acervo pessoal).

8 DISCUSSÃO

O estudo anatômico e fisiológico de *Copaifera langsdorfii* (Fabaceae), exposta ao agrotóxico glifosato é de extrema importância, especialmente por esta espécie ser nativa do Cerrado e inserida no contexto das comunidades tradicionais que interagem, sob o viés ambiental, econômico e social com esta espécie. Esta espécie é amplamente utilizada para o tratamento de infecção, edema, analgésicas, anti-inflamatórias, bactericidas e cicatrização (ZAMBONIN *et al*, 2019; LIMA *et al*, 2021). Desta maneira essa pesquisa tem um importante

papel, pois busca identificar possíveis sintomas de intoxicação das plantas da espécie *C. langsdorfii*, após serem expostas ao agrotóxico glifosato.

Diferentes espécies nativas do cerrado têm sido utilizadas como objeto de estudo, através de observações em alterações anatômicas, em visão microscópicas e análises fisiológicas, ocasionadas pela contaminação do agrotóxico glifosato (MORAES *et al.*, 2020; DE ARAUJO *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2020). Estes estudos são importantes por disponibilizar informações relevantes, sobre a respostas de plantas nativas de cerrado, após serem expostas a herbicidas ou agrotóxicos, principalmente porque muitas destas espécies são utilizadas por comunidades tradicionais. É sabido que o avanço do agronegócio, principalmente em áreas de cerrado, tem aumentado a exposição desse bioma a diversos agrotóxicos (DUTRA *et al.*, 2015; DUTRA *et al.*, 2017), conforme alerta o Instituto Nacional de pesquisa da Amazônia-INPA, hoje, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, que vem realizando estudos científicos do meio físico e das condições de vida da região amazônica, para promover o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico e regional. Assim, é importante a realização de estudos dessa natureza, bem como fazer com que essas informações cheguem aos usuários dessas plantas.

Para a realização desse estudo, que foi de natureza experimental, iniciou-se com uma análise do solo que foi utilizado durante o experimento. Foi possível observar que na análise realizada aos 15 dias após o plantio, antes delas serem submetidas ao glifosato, indica um maior teor nos índices de macro e micronutrientes, além de aumento no pH e diminuição no teor de Al. Isso já era esperado pois o solo foi adubado com Hoagland o que interferiu para alteração nestes parâmetros. Fenômeno este já percebido por (HENSLEY, 1978; HOAGLAD, 1979).

O boletim da EMBRAPA de pesquisa e desenvolvimento, número 355, reforça em seu trabalho de monitoramento, realizados com trinta e uma espécies do cerrado, pertencentes a 18 famílias, e 10 ordens, o mecanismo de tolerância ao alumínio Al, presente no solo. O estudo reforça a resistência das espécies nativas a essa substância, e afirma que não é necessário o acréscimo de metodologia da análise ou monitoramento do solo em plantas nativas do cerrado em experimentos. Como por exemplo inserir calagem com calcário ou acrescentar uma recomendação de adubação. Os resultados apontam ainda que não tem como identificar plantas excludentes ou acumuladoras por suas características morfológicas de hábito, sendo assim o fator nutricional não é considerado como um possível indicador de stress em espécies do cerrado (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Mesmo que o solo tenha sido coberto durante a aplicação do glifosato a presença do glifosato na parte aérea da planta, pode ter interferido na relação solo planta, quanto a nutrição

mineral (macro e micronutrientes), mas além desse fato, ZOBIOLE *et al.* (2010a) relatam que o glifosato pode afetar o desenvolvimento da planta não nativa, devido à redução da disponibilidade de nutrientes.

A translocação do glifosato em plantas e sua interação com o cálcio no solo varia com o tipo de solo e, principalmente, devido à formação de resíduos ligados e a biodegradação (água, substâncias minerais, como a argila, orgânicas e gases dissolvidos) que podem ter implicações para a saúde das culturas e do ecossistema. O glifosato é um herbicida amplamente utilizado que atua inibindo a enzima EPSPS, muito provavelmente devido às pontes de hidrogênio formadas entre o grupo fosfato do glifosato e o polímero das substâncias húmicas, que são essenciais para a síntese de aminoácidos em plantas. Quando aplicado, o glifosato é absorvido pelas folhas e depois transloucado para outras partes da planta, afetando fisiologia e desenvolvimento, interferindo na síntese de aminoácidos das plantas. O fato ocorre, pois, pode atingir o metabolismo secundário, alterando as características das funções celulares, e provavelmente o aumento ou diminuição de nível de compostos tóxicos (DE REZENDE *et al.*, 2016).

As plantas analisadas da espécie *Copaífera langsdorfii*, apresentaram sintomas visuais nas folhas, uma semana após a exposição ao agrotóxico glifosato. Os principais sintomas foram: amarelamento, principalmente nas bordas foliares e necrose leve nas folhas expandidas. Em folhas jovens, os sintomas foram mais expressivos, principalmente, no meristema apical com má formação foliar, pois as folhas recém-formadas apresentavam aspecto retorcido. Esses mesmos sintomas também foram observados em outras espécies nativas de cerrado tais como: *Bowdichia virgilioides* (Fabaceae), sucupira preta (DE ARAÚJO *et al.*, 2021); *Cenostigma macrophyllum* Tul. faveira, canela de velho (SANTOS *et al.*, 2020); *Genipa americana* (SILVA *et al.*, 2022).

Porém, no presente estudo, de acordo com a análise fitotóxica visual, não foram observados sintomas visuais graves de intoxicação pelo herbicida, uma vez que os conceitos: preocupantes e muito graves receberam nota zero (0) e o conceito: sintomas leves, receberam a maior nota nesta análise. A altura média dos indivíduos analisados foi homogênea aos 30 DAA com média de 66 cm a 77 de altura final. O crescimento e desenvolvimento como um todo, também não foi afetado. Pereira *et al.*, 2015, verificaram em três espécies nativas da mata atlântica (araçá-amarelo, pau-viola e cedrinho), que subdoses de glifosato não afetaram negativamente o crescimento das plantas analisadas. Contraditoriamente, a presença desse agrotóxico aparentemente favoreceu o crescimento das plantas, assim como em seringueira que com a aplicação de 6% da dose comercial recomendada (3,0 L ha⁻¹ do produto comercial

glifosato), plantas apresentaram injúrias consideradas leves, com total recuperação aos 30 DAA (FARIAS *et al*, 2012). Apesar dos resultados destes autores evidenciarem que o glifosato, em doses reduzidas induziu um maior desenvolvimento das plantas e das espécies estudadas, não compactuamos em utilizar esse herbicida como um regulador de crescimento.

Nas análises fisiológicas, o monitorando das taxas fotossintéticas, quanto as diferentes doses de glifosato, não foram capazes de alterar a taxa de assimilação líquida da fotossíntese (A) nos indivíduos estudados de copaíba aos 15 DAA. Porém, aos 30 DAA a menor dose (200 g i.a. ha⁻¹) proporcionou uma diminuição em A e na eficiência instantânea da carboxilação – E_iC . Ainda aos 30 DAA, nas demais doses, apesar da diminuição nestes parâmetros houve também uma semelhança em relação ao controle, apresentando tendência de recuperação.

Os parâmetros: Condutância estomática - g_s ; carbono interno - C_i ; taxa transpiratória - E ; relação entre a concentração interna e externa de CO_2 – C_i/C_a , e eficiência do uso da água- EUA , não foram afetados, nem aos 15 DAA, nem aos 30 DAA. Como não houve redução significativa da condutância estomática, as demais taxas, também se mantiveram. Por isso não houve a diminuição dos valores de concentração interna de CO_2 , da taxa fotossintética, taxa transpiratória e eficiência instantânea de carboxilação, que são variáveis diretamente ligadas a abertura e fechamento dos estômatos, indicando a não atuação do glifosato nos estômatos.

A quantificação do ácido chiquímico não apresentou diferenças quanto ao teor dessa substância, nas diferentes doses analisadas em relação ao controle. O esperado era um acúmulo de ácido chiquímico após a exposição das plantas ao glifosato, pois este herbicida inibe a enzima EPSPS, essencial para a síntese dos aminoácidos aromáticos, na via do chiquimato, que exercem um papel importante na defesa vegetal como precursores de metabólitos secundários (VICENTINI *et al*, 2023; LIMA *et al.*, 2018; BERTONCELLI *et al*, 2018). Resultados semelhantes foram observados em plantas de *H. stigonocarpa* (FARIA *et al*, 2020) ao serem expostas ao glifosato, que também não acumularam ácido chiquímico após exposição ao glifosato. O acúmulo do ácido chiquímico, nos tecidos foliares expostos ao glifosato, é um indicador relevante da ação deste herbicida (FREITAS-SILVA *et al*, 2020; SINGH E SHANER, 1998). Algumas plantas tolerantes ao glifosato podem não apresentar diferenças no teor de ácido chiquímico, indicando a presença de mecanismos de tolerância que podem ou não atuar diretamente sobre o sítio-alvo do herbicida (NANDULA *et al*, 2008).

Apesar das análises visuais terem indicado que a maioria dos sintomas foram leves, as análises anatômicas das folhas dos indivíduos de *C. langsdorfii* expostos ao glifosato forneceram informações importantes. Foram observados, nas análises anatômicas, aumento nos espaços intercelulares e alterações no formato das células no mesofilo. Alterações no formato

do epitélio secretor de cavidades secretoras foi evidente a partir da dosagem de 200g i.a. ha⁻¹. Estas alterações foram potencializadas na dosagem de 400g i.a. ha⁻¹, onde também foi possível verificar uma mudança na textura do material secretado no interior da cavidade secretora. Na maior dose (800 g i.a. ha⁻¹) foi possível visualizar a presença de manchas avermelhadas nas células do floema e no material secretado no interior da cavidade secretora.

Também foram observadas mudanças na nervura principal, com a mudança de coloração dos compostos fenólicos dentro das células e do aspecto, como se fosse um aspecto granuloso, e as células do epitélio da cavidade secretora também estavam com aspecto retorcido. Foram observadas ainda células colapsadas e muitos espaços intercelulares no mesofilo, com alteração no formato dos cloroplastos. Todas estas características também foram observadas em outras plantas nativas expostas ao glifosato (DE ARAÚJO *et al*, 2021; SANTOS *et al*, 2020; SILVA *et al*, 2020; AZEVEDO *et al*, 2023).

A cutícula destas plantas é bem espessa e isso pode ser uma barreira que minimizou os efeitos de toxicidade deste herbicida nestas plantas, assim como descrito em *H. stigonocarpa* (AIRES *et al*, 2023) e em *Hymenaea courbaril* L (FARIA, *et al*, 2021) Esta camada mais espessa pode dificultar a penetração do herbicida na planta através da epiderme das folhas, apresentando sensibilidade não significativa aos efeitos do glifosato.

A partir das análises da diafanização foi possível caracterizar bem as células da epiderme. A face adaxial da epiderme que reveste os folíolos de *C. langsdorfi*, é sem pelos, desprovida de estômatos e constituída por células de diferentes tamanhos. Os estômatos são do tipo paracíticos e suas células guarda apresentam pequeno estreitamento na região mediana e estão de acordo com a descrição realizada pelos autores (DE MORRETES *et al*, 1996; CARVALHO *et al*, 2020).

Esta espécie *C. langsdorfii* é caracterizada pela presença de amido nas estruturas celulares (Júnior *et al*, 2011). Nas plantas analisadas foi possível observar a presença desse composto nas análises histoquímicas foliar. A ausência ou redução desses compostos pode ser um indicador de problemas relacionados a fotossíntese dessas plantas.

É possível visualizar, através das análises histoquímicas, alteração nos compostos fenólicos, após as plantas serem submetidas às doses dos agrotóxicos glifosato (TUFFI SANTOS *et al*, 2005). Os testes neste trabalho também mostram essas alterações. Essas alterações podem afetar as propriedades medicinais e nutricionais das plantas, proporcionando riscos aos benefícios à saúde associados à sua ingestão. A literatura afirma que uma vez dentro da planta, o glifosato é convertido em seu metabólito ativo, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), que é tóxico para as plantas, conforme descreve (FERREIRA *et al*, 2021). O AMPA,

interfere na síntese de aminoácidos, essenciais para o crescimento da planta, causando desequilíbrios metabólicos e danos nas células (CARNIETTO *et al*, 2018). Além disso, a presença do glifosato e seus metabólitos na planta nativa, tem a capacidade de afetar a sua interação com o meio ambiente e outros organismos, incluindo microrganismos do solo, polinizadores e herbívoros, o que pode ter efeitos na ecologia da planta e do ecossistema em geral (BERTOLI *et al*, 2019).

Assim, as análises anatômicas de vegetais da espécie *C. langsdorfii*, forneceram um papel importante na identificação de contaminação preventivo aos sintomas visuais, permitindo a detecção precoce de problemas de intoxicação por herbicida em plantas nativas do cerrado. É importante considerar que o efeito observado foi pela ação direta do herbicida aplicado durante o experimento. Mas, estes herbicidas podem estar contaminando plantas nativas, através do efeito de deriva que podem contaminar e ameaçar a biodiversidade vegetal, bem como alterações no solo, no bioma como um todo (SILVA *et al*, 2016) e nas interações do homem com o mesmo. Desta forma, seria importante proteger essas espécies deste efeito deriva da aplicação de agrotóxicos em plantas não alvo.

O monitoramento ambiental é extremamente necessário, incluindo o compartilhamento dos dados obtidos em locais de grande acesso as comunidades, como canais de rádio universitários, utilizando projetos que envolvam alunos de jornalismo, biólogos por meio de uma linguagem menos técnica e formal; uso de cartilhas em formato de gibis, mídias de podcast, como também as casas de leis para que seja possível fomentar políticas públicas efetivas de caráter preventivo e corretivo. Sendo assim, apontar boas práticas de manejo que são importantes na relação entre homem e natureza.

9 CONCLUSÃO

A espécie *C. langsdorfii* tem alto valor econômico e social para comunidades tradicionais. As amostras analisadas apresentaram poucos danos visuais em suas folhas, 30 dias após exposição ao agrotóxico glifosato. Os parâmetros fisiológicos também foram pouco alterados. No entanto, foram observadas alterações anatômicas (microscópicas) e evidências de alteração nas análises histoquímicas. Esses resultados indicam que *C. langsdorfii* apesar das espécies analisadas terem apresentado características de tolerância ao glifosato, microscopicamente ela apresentou sintomas de toxicidade, após exposição ao glifosato.

10 REFERÊNCIAS

- ACHAR. B.N.; Bhandari, J.M. & Urs, H.G.V.G. 1993. A rapid safraninial phthalocyanine double staining technique for plants. **Biolech. & Hislochelll.** 68: 127-131
- AGUIAR, Leanny Karine. **Importância e uso das plantas medicinais na comunidade de Morro Agudo, Araranguá (SC).** 2013.
- AIRES, V B. **Tolerância ao herbicida glifosato em *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne: implicações bioquímicas e micromorfológicas.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 2023. 63p.
- AMARANTE JUNIOR, Ozelito Possidônio; SANTOS, Teresa Cristina Rodrigues dos – Revisão: Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Z9DJG6fy8ZQR79ch8cdxwVP/?lang=pt>. Acesso em: 06 de out.2022.
- ANDRADE, L. N. T.; NUNES, M. U. C. **Produtos alternativos para controle de doenças e pragas em agricultura orgânica.** 2001.
- ANDRÉA, MM de. Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos. 2008. **Artigo em Hypertexto,** 2019. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de análise de resíduos de agrotóxicos alimentos: relatório anual 04/06/2001-30/06/2002. Brasília, 2002. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrototoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3813json-file-1> . Acesso em 09 de novembro de 2019.
- ANVISA. 2003b. Esclarecimentos sobre a Consulta Pública n. 84/03; Gerência Geral de Toxicologia, ANVISA, Ministério da Saúde, 4.12.2003.
- ARNOTT, H. J. Leaf clearings. **Turttox News.** v. 37, n. 8, p. 337-347. 1959.
- Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Projeto de Lei nº 147/2018. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.mpsp.mp.br/page/portal/Cartilhas/RoteiroAtua%C3%A7%C3%A3o-Agrot%C3%B3xico.pdf>. Acesso em 21 de agosto de 2023.

AZEVEDO, L P N; ROCH, T. B.; GONÇALVES, F. B.; RIBEIRO, A. B. N.; AIRES, V. B.; ERASMO, E. A. L.; Silva, K. L. F. Physiological and anatomical responses of *Eugenia dysenterica* to glyphosate. **Rodriguesia**, 74, 1-21. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202374036>.

BARROS, Juliana Almeida et al. USO DO HERBICIDA GLIFOSATO NAS LAVOURAS MARANHENSES: uma análise fundamentada na teoria da sociedade de risco. 2017.

BERTOLI, J. F.; CARRIJO, T. F. A IMPORTÂNCIA DAS ABELHAS E OS SISTEMAS AGROECOLÓGICOS 2. **Ficha Catalográfica**, 2019, p. 22.

BERTONCELLI, D. J., ALVES, G. A. C., FURLAN, F. F., FREIRIA, G. H., BAZZO, J. H. B.; FARIA, R. T. D. (2018). Efeito do Glifosato no cultivo in vitro de *Cattleya nobilior* Rchb. F. **Revista Ceres**, 65, 165-173.

BOMBARD. **Agrotóxicos e colonialismo químico**, pela editora Elefante, 2023.

BOMBARDI, Larissa Mies. **O bairro reforma agrária e o processo de territorialização camponesa**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. . Acesso em: 13 abr. 2024.

BOURGUET, D., GUILLEMAUD, T., 2016. **The hidden and external costs of pesticide use**. In: Lichtfouse, E. (Ed.), Sustainable Agriculture Reviews 19. Springer International Publishing, Switzerland, p. 35–120.

BRASIL, 2023. Lei n. 14.785 de 27 de dezembro de 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/L14785.htm. Acesso em 30 de dezembro de 2023.

BRASIL. Lei n. 7802. 11 jul.1989: Lei dos agrotóxicos. Brasília: IBAMA, 1990.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Bioma Cerrado. Brasília, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: Jan, 2022.

CAMARGO, P. N. **Controle químico de plantas daninhas**. 4.ed. Piracicaba: ESALQ, 1972. 421p.

CÂNDIDO, Jacqueline, et al. Florística do estrato arbustivo-arbóreo de uma área de Cerrado sensu stricto, Gurupi, Tocantins. **Enciclopédia Biosfera**, 2016, 13.24.

CARNEIRO, F. F., PIGNATI, W. A., RIGOTTO, R. M., AUGUSTO, L. D. S., PINHEIRO, A. D. O., FARIA, N. M. X., BEDOR, C. N. G. (2015). Segurança alimentar e nutricional e saúde. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. São Paulo: Expressão Popular**, 46-89.

CARNIETTO, J.; KUNZ, S. N. Breve Revisão: Sobre A Detecção De Glifosato, AMPA E CHIQUIMATO POR HPLC-UV OU FC. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 9 (3), 2018. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-757007>.

CARVALHO, C. R. V.; SOARES, E. K. S.; OLIVEIRA, A. B. Morfoanatomia foliar de *Copaifera sabulicola* JAS Costa & LP Queiroz: uma planta com potencial medicinal. **Hoehnea**, v. 46, 2020.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. **Espécies arbóreas brasileiras**. 2014.

CHRISTIAN HENRIQUE, Daniel et al. Pobreza Extrema e a Covid-19 no Mundo: Um Estudo com Abordagens de Inteligência Artificial. **Revista FSA**, v. 20, n. 11, 2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v. 5 Safra 2017/18 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-132, janeiro 2018.

DA SILVA, B. M.; DA SILVA, P. R. D.; REZENDE, M. O. O. Desenvolvimento de metodologia verde por HPLC/UV para determinação de glifosato em amostras ambientais de solo. **Eclética Química**, v. 40, p. 106-116, 2015.

DE ARAÚJO, E P; SILVA, K L F, 2021 Respostas morfoanatômicas de *Bowdichia virgilioides* (Fabaceae) à deriva de glifosato em agroecossistema do cerrado brasileiro. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12 - n.7 DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0011.

DE BRITTO, Saimon Lima. As unidades de conservação ambiental do norte do estado do Tocantins e sua importância para a biodiversidade da região. **UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre**, 2021, 3.1: 19-19.

DE MORRETES, B. L. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado II. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica**, p. 207-244, 1966. pp. 207, 209-244 Published by: Department of Botany at Universidade de São Paulo Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/43592730> .

DE OLIVEIRA, A. P., DUSI, D. D. A., WALTER, B. M. T., GOMES, A. C. M. M., de NORONHA, S. E., BRAGA, M. B., BARROS, L. M. G. (2019). **EMBRAPA**. Boletim da de pesquisa e desenvolvimento, número 355, 2019. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211415/1/Boletim-EspeciesCerrado-3554.pdf>.

DE REZENDE, F. M., ROSADO, D., MOREIRA, F. A., DE CARVALHO, W. R. S. (2016). Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. **Laboratório de Ensino de Botânica**, v. 93, 2016.

DE SOUZA BARBOSA, K.; SCUDELLER, V. V. **Distribuição das espécies do gênero *Copaifera L.* na Amazônia Legal e aspectos morfológicos de *C. multijuga Hayne* da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé**, Manaus-Am1, 2009.

DEFREITAS-SILVA, L.; ARAÚJO, T. O.; NUNES-NESE, A.; RIBEIRO, C.; COSTA, A. C.; SILVA, L. C. Evaluation of morphological and metabolic responses to glyphosate exposure in two neotropical plant species. **Ecological indicators**. v. 113, p. 1-11, 2020.

DICKIE, A.; MAGNO, I.; GIAMPIETRO, J.; DOLGINOW, A. Desafios e Oportunidades para Preservação, Produção Agrícola e Inclusão Social no Bioma Cerrado. **CEA Consulting**. 2016. Disponível em: <http://chaves.rcpol.org.br/> . Acesso em: 24/3/2023.

DO NORTE, Rio Grande. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos hídricos-SEMARH, 2017. **Monitoramento Volumétrico**. Disponível em: < <http://sistemas.searh.mn.gov.br/MonitoramentoVolumetrico/Monitoramento/FichaTecnica>, 2017.

DOS SANTOS NASCIMENTO, Pedro Henrique; NAVARRO, Fernanda Keley Silva Pereira; DUTRA, Rodrigo Marciel Soares. A percepção do bioma cerrado por estudantes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Brasil. **Brazilian Journal of Development**, 2023, 9.1: 2407-2423

DOS SANTOS, C. M. N., BORGES, T. D. O. M., DOS SANTOS, S. J. M., DA CUNHA MARQUES, A. G. A., DE ARAÚJO MARQUES, D., DE JESUS PINTO, W. (2020). Acre e Rondônia: comparativo de casos de intoxicações por agrotóxicos, produção agrícola e perfil sociodemográfico. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 1, p. 26483, 2020.

DUTRA, R. M. S.; DA SOUZA, M. M. O. Impactos negativos do uso de agrotóxicos à saúde humana. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 24, p. 127, 2017.

ENGELMANN, W.; SILVA, D. W. A destinação final dos nanomateriais: o princípio da precaução como fundamento para a normatização das nanotecnologias e seus resíduos finais. *Direito Ambiental e Socioambientalismo II*. In GORDILHO, H. J. S.; CAMPELLO, L. G. B.; SOUZA, M. C. S. A. Anais do XXV Encontro Nacional do CONPEDI. BRASÍLIA/ DF. p. 421-440, 2016. Disponível em: <<https://conpedi.org.br/>>. Acesso em 22 setembro de 2022.

FARIA, G. S.; CARLOS, L.; JAKELAITIS, A.; VASCONCELOS-FILHO, S. C.; LOURENÇO, L. L.; COSTA, A. M.; GONÇALVES, I. A. 2021. Tolerance of *Hymenaea courbaril* L. to glyphosate **Ecotoxicology**, 31, 168–177 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02499-y>.

FARIAS, A. NETO, R. M. R., YAMASHITA, O. M., FARIAS, C. B. M. (2012) Efeitos De Subdoses De Glyphosate Em Plantas Jovens De Seringueira (*Hevea brasiliensis* Aubl.). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 11, n. 1, p. 119-125, 2012.

FELICIANO, Carlos Alberto; ROCHA, Carlos Eduardo Ribeiro. TOCANTINS NO CONTEXTO DO MATOPIBA: TERRITORIALIZAÇÃO DO AGRONEGÓCIO E INTENSIFICAÇÃO DOS CONFLITOS TERRITORIAIS/Tocantins in the context of the MATOPIBA program: Territorialization of agribusiness and intensification of territorial conflicts/Tocantins en el contexto del MATOPIBA: Territorialización del agronegocio e intensificación de los conflictos territoriales. **Revista Nera**, 2019, 47: 230-247.

FELISBERTA PEREIRA DA SILVA, **A mata que Cura: Plantas medicinais do cerrado e da mata**, Associação de Arte Ninho Cultural, 2021, 80p.

FERREIRA, F. A., CARVALHO, L. B., GOMES, M. A. F., & PEREIRA, D. G. (2021). Glyphosate and AMPA residues in soil, water, and plant samples in areas under soybean

cultivation and native vegetation in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, 28(10), 11704-11716.

FLORENCIA, F. M.; CAROLINA, T.; ENZO, B.; LEONARDO, G. Effects of the herbicide glyphosate on non-target plant native species from Chaco Forest (Argentina). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.144, p. 360-368, 2017.

FRANS, R. E. Measuring plant responses. In: Wilkinson RE, editor. Research methods in weed science. **Australian: Southern Weed Science Society**, 28-41 p., 1972.

Franz, J.E.; Mao, M.K.; Sikorski, J.A. 1997. Glyphosate: a unique global herbicide. ACS Monograph 189, **American Chemical Society**, Washington, DC. pp 163-175.

GARCIA, R. F.; YAMAGUCHI, M. H. Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais: revisão bibliográfica. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 5, n. 1, p. 137-146, 2012.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, p. 83-92, 2015.

GAZZIERO, DLP; VOLL, E.; KARAM, D. **Influência dos produtos imazethapys e imazaquim sobre a cultura do milho de safrinha**, 1995.

GENTY, B., BRIANTAIS J. M., BAKER N. R. 1989, A relação entre o rendimento quântico do transporte fotossintético de elétrons e a extinção da fluorescência da clorofila Bioquímica. **Biofísica. Acta**, 990 (1989), pp. 87-92.

GERLACH, D., 1984. Botanische Mikrotechnik: Eine Einführung. Stuttgart Georg Thieme Verlag 311p.1984. Glyphosate Tolerance Mechanism in Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) from Mississippi.

HAUPT, A.W. A Gelatin Fixative for Paraffin Sections. **Stain Technology**, v. 5, n. 3, p. 97-98, 1930.

HENSLEY, D. L.; BEUERMAN, D. S. N.; CARPENTER, P. L. The inactivation of glyphosate by various soils and metal salts. **Weed Research**, v. 18, n. 5, p. 287-291, 1978.

HESS, Sonia Corina; NODARI, Rubens Onofre. Glifosato, o maior dos venenos.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil.** California Agricultural of Experimental Station Bull, v.347, p.1-32, 1950.

HOAGLAND, ROBERT E.; DUKE, STEPHEN O.; ELMORE, C. DENNIS. Effects of Glyphosate on Metabolism of Phenolic Compounds: III. Phenylalanine Ammonia-Lyase Activity, Free Amino Acids, Soluble Protein and Hydroxyphenolic Compounds in Axes of Dark-Grown Soybeans. **Physiologia Plantarum**, v. 46, n. 4, p. 357-366, 1979.

IBAMA- **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**, Brasília. 2014. Relatórios de Comercialização de Agrotóxicos - Boletim Anual de Produção, Importação, Exportação e Vendas de Agrotóxicos no Brasil 2014. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 18 de junho de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **PIB cresce 0,9% no segundo trimestre e fecha semestre com alta de 3,7%**, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>. Acesso em 01 de set. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. METABD. Banco de metadados. Disponível em: Acesso em: 10 dezembro. 2022. Identification of Glyphosate-Resistant Plants. **Weed Technology**. v. 12, n. 3, p. 527-530,

INCA, INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. Exposição no trabalho e no ambiente. **Agrotóxico**. Rio de Janeiro: INCA, 2019.

INCA, INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios** / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. – Rio de Janeiro: INCA, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2019). **Normais Climatológicas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> . Acesso em 20 de fevereiro de 2023.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **List of classifications**, volumes 1-123. Lyon, France: IARC, c2018.

JENSEN, W. A.; **Botanical histochemistry: principles and practice**. San Francisco:WH Freeman, 408p. 1962.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw Hill Book, 1940. 523 p.
Disponível em:
<[https://www.scirp.org/\(S\(1z5mqp453edsnp55rrgict55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2004839](https://www.scirp.org/(S(1z5mqp453edsnp55rrgict55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2004839)>

KARNOVSKY, M.J., 1965. A formaldehyde glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Cell Biol.** 27, 137–139.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KRAUS, J.E., ARDUIN, M., 1997. Manual básico de método em morfologia vegetal/ Jane Elisabeth Kraus & Marcos Arduin. **Seropédica**, Rio de Janeiro, 198p.

LEITMAN, Paula M.; FILARDI, Fabiana LR; FORZZA, *et al.* Manual do Usuário-Herbário Virtual Reflora. 2019.

LIMA, Carla Aparecida Silva et al. Atualizações Sobre As Propriedades Medicinais Do Óleo De Copaíba (*Copaifera* spp.): uma Revisão Bibliográfica. **Uniciencias**, v. 25, n. 2, p. 100-106, 2021.

Lindauer, R. 1971. Die Pflanzen-Epidermis: Isolierung, Färbung, Einschluss. **Mikrokosmos** 60: 170-178.

LORENTZ, K. A.; MINOGUE, P. J. Exotic Eucalyptus plantations in the southeastern US: risk assessment, management and policy approaches. **Biological Invasions**, v. 17, n. 6, p. 1581-1593, 2015.

MACIEL, M. A. M.; PINTO, A. C; VEIGA JUNIOR, V. F. Plantas medicinais: A necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 429-438, 2002.

Malik, J.; Barry, G.; Kishore, G. 1989. The herbicide glyphosate. **Biofactors** 2(1): 17-25.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Indicadores da agricultura**, 2023. Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrofit/index.htm> .

MORAES, A. K. C. **Uso potencial de análises fisiológicas e morfoanatômicas de *Hymenaea Courbaril* L. (Fabaceae) como subsídio ao biomonitoramento ambiental em áreas expostas ao glifosato**. 56f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, Palmas, 2020.

MOREIRA, Gardjany da Costa *et al.* **Plantas Medicinais Do Cerrado Utilizadas Pela Comunidade Quilombola Mimbó**. Amarante, Piauí. 2023.

NANDULA, Vijay K. *et al.* Mecanismo de tolerância ao glifosato em azevém italiano (*Lolium multiflorum*) do Mississippi. **Ciência das Ervas Daninhas**, v. 3, pág. 344-349, 2008.

NASCIMENTO, C. E. S. **Levantamento sobre a agricultura familiar e o uso de agrotóxicos no Estado do Ceará**. 2018.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: Dinâmica Atmosférica E Características, Variabilidades E Tipologias Climáticas. Élisée, **Revista Geo**. UEG – Goiás, v.9, n.2, e922021, jul./dez. 2020.

NODARI, Rubens Onofre; HESS, Sonia Corina. Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso. **Extensio: Revista Eletrônica de Extensão**, v. 17, n. 35, p. 2-18, 2020.

OLIVEIRA, Hellyson Fidel Araújo de; COSTA, Cristiane Francisca da; SASSI, Roberto. Relatos de acidentes por animais peçonhentos e medicina popular em agricultores de Cuité, região do Curimataú, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 16, p. 633-643, 2013.

OLIVEIRA, R. S., DE SOUSA, S. M., ABREU, J. G., FERNANDES, G. W., & FERREIRA, R. L. (2020). Glyphosate drift impacts on non-target plants and soil microbial activity in a Brazilian savanna. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, 55(7), 649-656.

PAIVA, J. G. A. D., CARVALHO, F. S. M., MAGALHÃES, M. P., RIBEIRO, G. D. (2006). Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável, Universidade de Brasília, Departamento de Botânica, Laboratório de Anatomia Vegetal,

Campus Universitário Darcy Ribeiro, C. Postal 04457, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil, **Acta Bot. Brasil.** Jun 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000200002> .

PASCOAL, D. R. C. **Impregnação/Deposição De Bioativos Da Copaíba (*Copaifera Sp.*) Em Curativos Biopoliméricos Usando CO2 Supercrítico E Imersão Em Diclorometano.** 2021.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; FONSECA, E. D.; MARTINS, D. Subdoses de glyphosate no desenvolvimento de espécies arbóreas nativas. **Bioscience Journal**, v.31, n.2, p.326-332, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/bj-v31n2a2015-21924> .

PINTO, Rosiclea Freires. **Hábitos de consumo consciente: identificando a percepção dos servidores da secretaria do meio ambiente e recursos hídricos do estado do Tocantins.** 2019.

POL, Jeferson Jeldoci; HUPFFER, Haide Maria; FIGUEIREDO, João Alcione Sganderla. Os riscos do agrotóxico glifosato: controvérsia científica ou negação do dano à saúde humana. **Revista Opinião Jurídica (Fortaleza)**, v. 19, n. 32, p. 267-295, 2021.

RIBEIRO JF, Walter BMT. 2008. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado.** In: Sano SM, Almeida SA, Ribeiro JF, eds. Cerrado: ecologia e flora. Planaltina-DF: EmbrapaCPAC, 151-212.

RIBEIRO, J. F., WALTER, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. p. 89-166. In: SANO, S. M., ALMEIDA, S. P. de. (ed.) Cerrado: e flora. Embrapa-CPAC: Planaltina. 1998. 556p. **floresta e cerradão.** Museu virtual 8/21, Disponível em < <http://cerrado.museuvirtual.unb.br/index.php/florestas/cerradao/>, acesso 29 de julho de 2021.

RIBEIRO, Renata Albuquerque. Guerra na Ucrânia e pobreza energética no sul geopolítico: caso do Brasil. **CEP**, v. 71, p. 50, 2022.

SAAB, F., DIAS, F. O., LOPES, A. V., RAMALHO, P. I. S. (2021). Políticas Públicas e Desenvolvimento Humano: Fatores que Impactam o IDH em Municípios Brasileiros. **RACE: Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, v. 20, n. 2, p. 209-230, 2021.

SANTIAGO, M. B.; DOS SANTOS, R. A.; MARTINS, Carlos HG. **Guia das copaíbas: pra quê serve?**, 2021.

SANTOS, F. A. M.; LELES, P. S. S.; RESENDE, A. S.; NASCIMENTO, D. F.; SANTOS, G. R. Estratégias de controle de braquiárias *Urochloa spp.* na formação de povoamento para restauração florestal. **Ciência Florestal**, v.30, n.1, p.29-42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509825559> .

SANTOS, L. D. (2016). Efeito dos extratos orgânicos de *Annona muricata* L. e *Annona squamosa* L. (Annonaceae) sobre o pulgão *Aphis gossypii* (Glover, 1887) (Hemiptera: Aphididae) e seletividade ao predador *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae). 2016.

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, F. B., VITAL, R. G., BATISTA, P. F., COSTA, A. C., JAKELAITIS, A. (2016). Deriva da aplicação de herbicidas sobre plantas cultivadas e nativas: uma revisão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 79-88, mar. 2016. ISSN 2236-1065. Disponível em: < <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/436>. Acesso em: 16 fev. 2023. doi:<https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.436>>. Acesso em: 24/3/2023.

SILVA, F. C., Souza, L. M., Ferreira, E. A., & Souza, T. C. (2020). Effects of glyphosate drift on the morphology and anatomy of the bark of a native tree in the Brazilian Cerrado. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 42.

SILVA, K.L.F., RIBEIRO, A.B.N., MORAES, A.K.C., CARDOSO *et al.*, 2022. **Análises Fisiológicas de *Genipa americana* L. (Rubiaceae)**, Quando Exposta A Diferentes Concentrações de Glifosato. 26, 338-443. Disponível em: <: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2022v26n3p338-343>.

SILVA, L. F. **Alterações morfofisiológicas e metabólicas causadas pelo glifosato em duas espécies neotropicais e na espécie modelo *Arabidopsis thaliana***. 2016.

SILVA, Victor Alves da. **Análise da gestão do fogo a partir da implementação do Manejo Integrado do Fogo (MIF) na estação ecológica Serra Geral do Tocantins, BA/TO**. 2023.

SILVÉRIO, F.O.; SILVA, J.G.S.; AGUIAR, M.C.S.; CACIQUE, A.P.; PINHO, G.P. Análise de agrotóxicos em água usando extração líquido-líquido com partição embaixa temperatura por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, v. 35, n. 10, p. 2052-2056, 2012.

SINGH, B. K.; SHANER, D. L. **Rapid Determination of Glyphosate Injury to Plants**, 1998.

SINGH, S., KUMAR, V., DATTA, S., WANI, A. B., DHANJAL, D. S., ROMERO, R., SINGH, J. Glyphosate uptake, translocation, resistance emergence in crops, analytical monitoring, toxicity and degradation: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 18, p. 663–702, 2020.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.

VERGARA, Roberta Mara de Oliveira. **Uso da terra, aptidão hídrica e expansão da atividade agrícola no sudoeste do Tocantins: identificação de cenários e fragilidades**. 2021.

VICENTINI, T. A. **Respostas Morfoanatômicas E Fisiológicas De Duas Espécies Arbóreas Sob Deriva Simulada Do Herbicida Glifosato**, Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/> . Acesso em 22 de agosto de 2023.

VIVO, WWF Relatório Planeta. uma ambição maior. **Gland, Suíça: WWF**, 2018.

WHO. 1994. Glyphosate: environmental health criteria 159. World Health Organization. Geneva, Switzerland.

WOESSNER, E. 1970. Astrablall-Safranin - noch einfacher. Botanische Mikropräparate mit geringstem Aufwand. **Mikrokosmos** 59: 31-32.

ZAMBONIN, F.; LIMA, K L B; MACIEL, J C; DIAS, G B. 2019 Copaíba (*Copaifera* sp.): uma revisão bibliográfica sobre suas propriedades terapêuticas. **Revista Saúde & Diversidade**, 3(1), 58–64. Doi: <https://doi.org/10.18227/hd.v3>.

ZOBIOLE, Luiz Henrique Saes et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 425-434, 2010.

11. APÊNDICE

APÊNDICE A – Análise do Solo

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO TOCANTINS		Pró Reitoria de Pesquisa e Pós graduação Diretoria de Pesquisa Agropecuária										TOCANTINS GOVERNO DO ESTADO						
LABORATÓRIO AGROAMBIENTAL																		
Cliente:	Profa. Dra. Marcia Cristina					Município:						Nº Reg.:	S18901895					
Nome da propriedade:						Cultura atual:						Data entrada:	00/01/1900					
Remetente/Convênio	Rita de Cassia					Projeto:						Data emissão:	17/08/2022					
Macro												Acidez Ativa						
Identificação	P Mehlich	P Resina	P Reman.	S	Na	K	K	Ca ²	Mg ²	Al ³	H + Al	SB	C.T.C. pH 7,0	C.T.C efet.	pH			
	mg.dm ³					cmolc.dm ³							Água	CaCl ₂	KCl	SMP		
S1890 (Bloco I)	23.92			3.17	8.00	120.00	0.31	1.80	0.89	0.35	8.75	3.03	11.78	3.382		4.83		
S1891 (Bloco II)	26.32			17.24	14.00	300.00	0.77	4.54	1.88	0.06	2.18	7.25	9.42	7.305		5.23		
S1892 (Bloco III)	20.13			2.13	26.00	180.00	0.46	4.32	1.82	0.04	5.28	6.71	11.99	6.752		5.30		
Ident.	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Cl	Co	Si	CE	Pb	Hg	Cd	Cr	M.O.S	C	N	
	ppm (mg dm ⁻³)					mS m ⁻¹						ppm				g kg ⁻¹	%	
S1890 (Bloco I)	0.95	36.90	30.39	2.45	0.17										73.0	42.3		
S1891 (Bloco II)	1.16	34.32	14.02	2.55	0.17										52.6	30.5		
S1892 (Bloco III)	0.56	35.64	16.48	2.56	0.17										55.5	32.2		
Identificação	Saturação					Relações					Granulometria			Laboratório Aprovado 				
	V	m	Ca ²	Mg ²	K	Na	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	Areia	Silte	Argila					
S1890 (Bloco I)	25.74	10.35	15.31	7.53	2.61	0.30	2.03	5.87	2.89	8.76	465.6	130.4	404.0					
S1891 (Bloco II)	76.88	0.82	38.55	15.94	6.51	0.52	2.42	5.92	2.45	8.36	485.6	117.6	396.8					
S1892 (Bloco III)	55.99	0.59	36.64	15.49	3.91	0.96	2.37	9.37	3.96	13.34	445.6	128.8	425.6					