

## ***Análise morfoanatômica em plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae) localizadas na região de fronteira entre monocultura e o território indígena Akwẽ-xerente***

Com o aumento do uso de agrotóxicos tem aumentado a preocupação dos efeitos deletérios destas substâncias ao meio ambiente e à saúde humana. Comunidades que vivem próximas a monoculturas são as que tendem a sentir mais diretamente tais efeitos. Neste contexto, é relevante o estudo de plantas nativas, localizadas em vegetação adjacente a monoculturas, como ferramenta auxiliar no biomonitoramento da presença de agrotóxicos nestas áreas. Objetivou-se identificar os efeitos dos agrotóxicos em plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae), presentes em região de fronteira entre terras indígenas e monoculturas no intuito de verificar se esta espécie seria aplicável para trabalhos de biomonitoramento da presença de agrotóxicos. Para tanto, a morfoanatomia de plantas presentes em campo foi comparada com plantas expostas a herbicida, em condições laboratoriais controladas. Verificou-se alterações morfoanatômicas nas folhas de plantas coletadas em campo, semelhantes às observadas em estudos sob condições controladas, o que pode indicar o uso de *C. macrophyllum* para o biomonitoramento da presença de agrotóxico, bem como indicar o uso de análises morfoanatômicas de plantas como ferramenta alternativa no biomonitoramento de agrotóxicos.

**Palavras-chave:** Agrotóxicos; Biomonitoramento; Comunidades tradicionais.

## ***Morphoanatomical analysis in plants of *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae) located in the border region between monoculture and the Akwẽ-xerente indigenous territory***

With the increase in the use of pesticides, concern about the deleterious effects of these substances on the environment and human health has increased. Communities that live close to monocultures tend to feel these effects most directly. In this context, the study of native plants, located in vegetation adjacent to monocultures, is relevant as an auxiliary tool in the biomonitoring of the presence of pesticides in these areas. The objective was to identify the effects of pesticides on *Cenostigma macrophyllum* Tul. plants (Fabaceae), present in the border region between indigenous lands and monocultures in order to verify whether this species would be applicable for biomonitoring of the presence of pesticides. Therefore, the morphoanatomy of plants present in the field was compared with plants exposed to herbicide, under controlled laboratory conditions. There were morphoanatomical changes in the leaves of plants collected in the field, similar to those observed in studies under controlled conditions, which may indicate the use of *C. macrophyllum* for biomonitoring of the presence of pesticides, as well as indicating the use of morphoanatomical analyzes of plants as an alternative tool in pesticide biomonitoring.

**Keywords:** Pesticides; Biomonitoring; Traditional communities.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **15/03/2022**

Approved: **29/03/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Vanessa Ribeiro de Sousa Santos**   
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
[vanessarss@mail.uft.edu.br](mailto:vanessarss@mail.uft.edu.br)

**Victorina Bispo Aires**   
Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6010551359112832>  
<https://orcid.org/0000-0001-7967-008X>  
[victorina.aires@ufv.br](mailto:victorina.aires@ufv.br)

**Ana Beatriz Nunes Ribeiro**   
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5005002150658629>  
<https://orcid.org/0000-0001-8081-1986>  
[ana.ribeiro@ueap.edu.br](mailto:ana.ribeiro@ueap.edu.br)

**Flávia Barreira Gonçalves**   
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7926374114343314>  
<https://orcid.org/0000-0001-8624-8637>  
[flaviabarreira@hotmail.com](mailto:flaviabarreira@hotmail.com)

**Héber Rogério Grácio**   
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0528537500554210>  
<https://orcid.org/0000-0001-5380-2486>  
[hrgrazio@gmail.com](mailto:hrgrazio@gmail.com)

**Kellen Lagares Ferreira Silva**   
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9200174067176129>  
<https://orcid.org/0000-0001-9339-9257>  
[lagares@uft.edu.br](mailto:lagares@uft.edu.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0026

### **Referencing this:**

SANTOS, V. R. S.; AIRES, V. B.; RIBEIRO, A. B. N.; GONÇALVES, F. B.; GRÁCIO, H. R.; SILVA, K. L. F.. Análise morfoanatômica em plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae) localizadas na região de fronteira entre monocultura e o território indígena Akwẽ-xerente. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.3, p.326-338, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0026>

## INTRODUÇÃO

A produção e exportação de grãos no Brasil é destaque no cenário internacional. Um estudo recente elaborado pela Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (SIRE) da Embrapa sobre a produção e exportação do Brasil entre os anos 2000 e 2020 revelou que o Brasil é o quarto maior produtor de grãos do mundo e o segundo maior exportador (EMBRAPA, 2021). Ainda segundo o estudo, em se tratando da produção de soja, o país passou a ser, a partir do ano 2020, o maior produtor e exportador, respondendo por 50% do comércio mundial. As características climáticas, a extensão do seu território e a grande porção de áreas cultiváveis possibilitam a produção agrícola, capaz de abastecer o país e boa parte do mundo, no que tange essas características (MARTINELLI et al., 2010). No Estado do Tocantins, maior produtor de grãos da região Norte, a produção de grãos foi de 5,5 milhões de toneladas na safra 2020/21 (CONAB, 2021). A produção em larga escala põe em risco espécies nativas da região (INOUE et al., 2011), pois nem sempre as técnicas de manejo são adequadas. Simons (2012) discute a eficácia da agricultura nos moldes atuais em contraposição da agricultura familiar, no combate a fome no mundo. Ele afirma que com a estrutura atual, não será possível alimentar os 9 milhões de pessoas previstos para 2050, por conta das alterações climáticas e ambientais provocadas por esse modelo, que inviabilizará a produção.

Os impactos da agricultura no Cerrado se dão das mais diversas maneiras, dentre elas, o uso de agrotóxicos. Estes podem ser subdivididos em diversas categorias conforme a finalidade do uso. Os mais utilizados são inseticidas, fungicidas, bactericidas, acaricidas, herbicidas, dentre outros. Por conta da eficácia e rapidez em controlar diversas espécies de planta daninha, os herbicidas são amplamente utilizados em todo o mundo (TOLEDO et al., 1996; YAMASHITA et al., 2009).

Os herbicidas possuem variadas formulações. Conforme a cultura a que serão destinados, podem durante a fotossíntese, inibir o fluxo de elétrons no fotossistema II durante a fotossíntese, bem como podem atuar na inibição de aminoácidos aromáticos, de aminoácidos de cadeia ramificada, da síntese de lipídeos, podendo também atuar na degradação da membrana celular e na regulação do crescimento de plantas (VIDAL, 1997). Devem ser usados com cautela a fim de maximizar suas vantagens e minimizar os riscos toxicológicos e ambientais (BLANCO et al., 2005).

A devastação de grandes áreas para a agricultura e a utilização indiscriminada de agrotóxicos, interferem diretamente nos ecossistemas e podem provocar danos irreparáveis. A biodiversidade da flora e fauna brasileiras tem sofrido grandes alterações, o que compromete os inúmeros serviços ambientais ofertados pelos ecossistemas, que sustentam os sistemas agrícolas tão importantes para a economia brasileira (MARTINELLI et al., 2009; PIRES et al., 2018). Os agrotóxicos, são grandes responsáveis pela poluição agrícola e apresentam diferentes níveis de toxidez ao homem (PEIXOTO, 2010). Segundo Martinelli et al. (2010) e Oliveira et al. (2018), a poluição agrícola e a mudança do uso da terra, estão interferindo na saúde dos seres humanos e dos ecossistemas em todo o Brasil.

Dentre as populações humanas mais afetadas pelos efeitos nocivos dos agrotóxicos, estão aquelas que vivem nas proximidades de grandes monoculturas. Neste trabalho, destacaremos os riscos do uso de

agrotóxicos em monoculturas adjacentes a Terras Indígenas, dando ênfase ao Território Indígena Akwẽ-Xerente, localizado no Estado do Tocantins.

Em um levantamento de estudos sobre os danos provocados pelo uso de agrotóxicos aos povos indígenas, Ribeiro et al. (2019) apontam o uso de agrotóxicos no Brasil como uma forma de extermínio de populações indígenas. Ainda segundo os autores, o uso de agrotóxicos configura uma “violência velada e um atentado contra a dignidade da pessoa humana e da própria natureza em prol do desenvolvimento econômico promovido pelo agronegócio”.

Neste contexto, faz-se necessária a avaliação dos impactos causados pelos agrotóxicos que chegam por deriva às Terras Indígenas, adjacentes às plantações. Uma das formas de avaliar os efeitos dos herbicidas no ambiente é através do biomonitoramento. Segundo Matthews et al. (1982), biomonitoramento é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antrópicas. O estudo da morfoanatomia de plantas expostas a poluentes tem contribuído com informações sobre a qualidade do ambiente (TEMMERMAN et al., 2004). Para tanto, é necessário estabelecer um padrão de respostas morfoanatômicas e fisiológicas de variadas espécies, que servem de parâmetros para estudos comparativos entre análises laboratoriais e de campo. Os efeitos dos herbicidas, assim como de outros poluentes, podem ser aparentes ou não. As plantas podem oferecer respostas a nível celular, que indicam a ação do herbicida, como também danos visíveis como clorose, necrose e senescência em diferentes órgãos. As folhas são órgãos bastante sensíveis onde as respostas costumam ocorrer, sendo, portanto, de fácil averiguação.

Diversos estudos têm demonstrado a importância da avaliação morfoanatômica de plantas expostas a poluentes, tais como poluição industrial (MARTINS et al., 2008), sensibilidade ao ozônio (BULBOVAS et al., 2008; GRAVANO et al., 2004; PEDROSO et al., 2015), exposição ao arsênio (SILVA, 2008), exposição a chuva ácida e deposição de pó de minério de ferro (NEVES et al., 2009), efeitos do fluoreto em plantas de *Hypericum perforatum* (FORNASIERO, 2003), gramíneas bioindicadoras da presença de flúor em regiões tropicais (OLIVA et al., 2005) e efeitos deletérios dos agrotóxicos (SILVA et al., 2014; SILVA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2021).

Objetivou-se no presente estudo verificar se plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae), presentes em região de fronteira entre terras indígenas e monoculturas, apresentam sintomas de efeitos de exposição a agrotóxicos, no intuito de verificar se esta espécie seria aplicável para trabalhos de biomonitoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

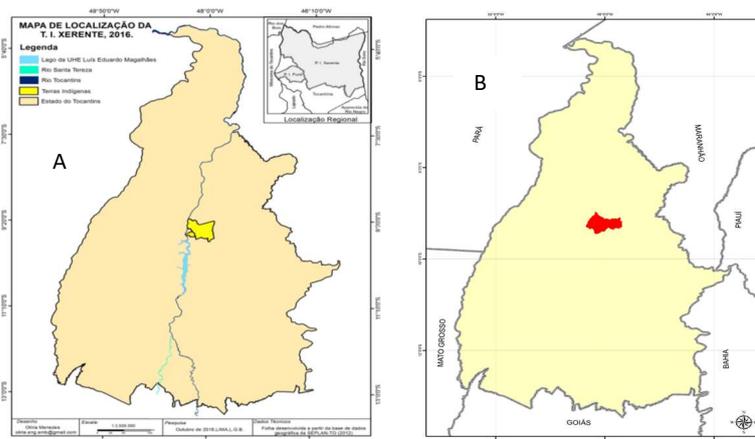
### Área de Estudo

As coletas foram realizadas em um trecho da fronteira entre o Território Indígena Akwẽ-Xerente e o município de Pedro Afonso, Tocantins, Brasil. Parte da área estudada estava cultivada com soja e outra parte com cana-de-açúcar.

O Território Indígena Akwẽ-Xerente está localizado a leste do Rio Tocantins, e é subdividido em duas

Terras Indígenas, a Terra indígena Xerente denominada “Área Grande”, com superfície total de 167.542.1058 ha, que foi identificada oficialmente pela Funai como área ocupada pelos Akwê-Xerente em 1972; e, a Terra Funil, com superfície de 15.703.7974 ha, identificada como oficialmente ocupada em 1982, à margem direita do rio Tocantins (LIMA, 2016). O Território indígena dos Akwê-Xerente faz divisa com as cidades de Pedro Afonso, Rio Sono, Tocantínia e Aparecida do Rio Negro (Figura 1).

O município de Pedro Afonso está localizado na Zona Norte do Estado, na confluência dos rios Tocantins e Rio Sono, limitando com os municípios de Tocantínia, Tupirama, Lizarda e Itacajá (BRASIL, 2017), com superfície total de 2.010,902 km<sup>2</sup> (SEPLAN, 2017). O solo é composto por cambissolos, neossolos, latossolos, plintossolos, argissolos, nitossolos, luvisossolos, planossolos e gleissolos (SEPLAN, 2017).



**Figura 1:** A- Localização da Terra Indígena Akwê-Xerente (Lima, 2016). B – Em destaque vermelho está a localização do município de Pedro Afonso - sistema de referência: SAD-69 | projeção policônica. Meridiano referência: 54° W. Gr. | Paralelo de referência: 0°. Fonte: Diretoria de Pesquisa e Informações estatísticas. **Fonte:** SEPLAN-TO, 2017.

O período chuvoso em Pedro Afonso dura entre 180 e 190 dias, abrangendo os meses de novembro a abril, quando são observadas a ocorrência de até 7 veranicos por ano, em média. Entre os meses de janeiro e março podem ocorrer até 16 dias de precipitação superior a 1 mm (BATISTA et al., 2020).

### Material avaliado: Material vegetal de campo

Em um transecto de 4.800 metros, foram marcados e georreferenciados 05 (cinco) exemplares da espécie *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae), conhecida popularmente como cega facão ou caneleiro. Segundo Gaem, a espécie apresenta folhas pecioladas, alternas espiraladas, sem nectários extraflorais, pinadas ou bipinadas; pinas 1–11 pares por folha, adicionadas de uma pina terminal ou está ausente ou reduzida a uma pequena extensão da raque, opostas ou alternas ao longo da raque; foliólulos 1–31 por pina, quando mais de um, então geralmente alternos ao longo da ráquila, elípticos, ovais, oblongos ou rômnicos<sup>1</sup>.

Foram realizadas duas coletas, uma no final do período seco, em 30/09/2019, e outra no início do

1

[http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do?invalidatePageControlCounter=&idsFilhosAlgas=&idsFilhosFungos=&lingua=&grupo=&familia=null&genero=&especie=&autor=&nomeVernaculo=&nomeCompleto=Cenostigma+pluviosum&formaVida=null&substrato=null&ocorreBrasil=QUALQUER&ocorrencia=OCORRE&endemismo=TODO&origem=TODO&regiao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODO&mostrarAte=SUBESP\\_VAR&opcaoBusca=TODO\\_OS\\_NOMES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do?invalidatePageControlCounter=&idsFilhosAlgas=&idsFilhosFungos=&lingua=&grupo=&familia=null&genero=&especie=&autor=&nomeVernaculo=&nomeCompleto=Cenostigma+pluviosum&formaVida=null&substrato=null&ocorreBrasil=QUALQUER&ocorrencia=OCORRE&endemismo=TODO&origem=TODO&regiao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODO&mostrarAte=SUBESP_VAR&opcaoBusca=TODO_OS_NOMES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica)

período chuvoso, em 29/11/2019. Foi coletada uma folha da região mediana do arbusto de cada exemplar. As folhas foram acomodadas em sacos plásticos e transportadas, em uma caixa de isopor, até o laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal do Tocantins. De cada folha coletada foi selecionado um folíolo da região mediana, onde foram realizados os cortes na borda e nervura da região mediana do folíolo para análise morfoanatômica, a fim de comparar as plantas presentes no campo, com plantas expostas a herbicida em condições laboratoriais controladas.

### **Material vegetal cultivado em casa de vegetação**

Plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. foram submetidas à situação controlada de simulação de deriva do herbicida glifosato por Santos et al. (2020). As características observadas em resposta da presença do herbicida na referida espécie foram utilizadas como parâmetro de comparação neste trabalho.

### **Análise morfoanatômica**

As folhas foram analisadas quanto ao aspecto geral da morfologia e coloração. Para análises anatômicas em microscopia de luz, amostras de folhas foram fixadas em solução formaldeído, ácido acético, etanol 50%, 1:1:18 (v/v) - FAA 50% (JOHANSEN, 1940) durante 24 horas sob vácuo. Após esse período foi realizada a desidratação em série etílica crescente até o álcool 70%, no qual foi possível armazenar e conservar o material. Ao fim desta etapa, as amostras foram desidratadas em um intervalo de tempo de 1 hora para cada troca, em série etílica e butílica (80, 90 e 100%, etílico butílico (3:1), etílico butílico (1:1), etílico butílico (1:3) e butílico puro) permanecendo “over night” em álcool butílico + parafina (1:1), e posteriormente submetidas a duas trocas de parafina por 1 hora cada. Após infiltração, as amostras foram emblocadas (parafina + cera de abelha 8%), seguindo orientação do plano de corte (transversal). Após o resfriamento, foram confeccionados dois blocos para cada indivíduo, sendo um com um corte da borda do folíolo e outro com um corte da nervura principal, ambos localizada na região mediana do folíolo.

Na sequência foram feitos cortes transversais em micrótomo rotativo semi-motorizado (RM2245-Leica), a 12 µm de espessura e aderidos à lâmina com adesivo de Haupt (HAUPT, 1930). Para cada amostra foram confeccionadas cinco lâminas, com aproximadamente 06 cortes. Posteriormente, os cortes foram desparafinizados em série xilólica, hidratados em série etílica e corados em safranina 1% e azul de toluidina por 20 min (GERLACH, 1984). Em seguida, as lâminas foram lavadas em água destilada e desidratadas em série etílica (30%, 50%, 70%, 85%, 95% e 100%), e posteriormente submetidas à série xilólica e montadas com bálsamo do Canadá, entre lâmina e lamínula. Em cada lâmina foram selecionados aleatoriamente três cortes. As imagens foram capturadas pelo microscópio óptico Leica DM 500, com câmera Leica ICC50 HD acoplada.

## **RESULTADOS**

De um modo geral, as plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae), presentes na área estudada apresentavam alterações morfológicas nas folhas, principalmente nas folhas jovens que possuíam

aspecto retorcido (Figura 2). Foram observadas cloroses no limbo foliar e necroses marginais nas folhas de plantas de *C. macrophyllum* presentes no campo (Figura 2).

As plantas de *C. macrophyllum* localizadas na área de cerrado, fronteira a um plantio de soja, apresentavam como principal característica, indicativos de possíveis danos por exposição a agrotóxicos, curvaturas nas porções apicais da planta, indicando sintomas de epinastia (Figura 2). Essas características não foram observadas nos indivíduos, localizados nas proximidades de plantação de cana-de-açúcar.

Quanto aos aspectos da anatomia foliar, os tecidos avaliados, tanto na região da borda do folíolo, quanto na região da nervura principal, apresentaram sintomas de fitotoxicidade. Não foram observadas diferenças anatômicas nos mesmos indivíduos, em datas de coletas diferentes.

Na região da borda do folíolo, observou-se uma interferência no padrão da divisão das células constituintes do tecido epiderme. Em algumas regiões nas folhas analisadas, a epiderme apresentou um padrão atípico de divisão celular com divisões no plano periclinal das células, tornando-a uma epiderme bisseriada. Estas divisões atípicas não foram observadas ao longo de todo o tecido, alternando áreas com epiderme unisseriada e outras com epiderme bisseriada (Figura 3). Observou-se ainda que células na face abaxial da epiderme apresentam um espessamento na parede periclinal e anticlinal, que se corou de vermelho (asterisco na Figura 3).

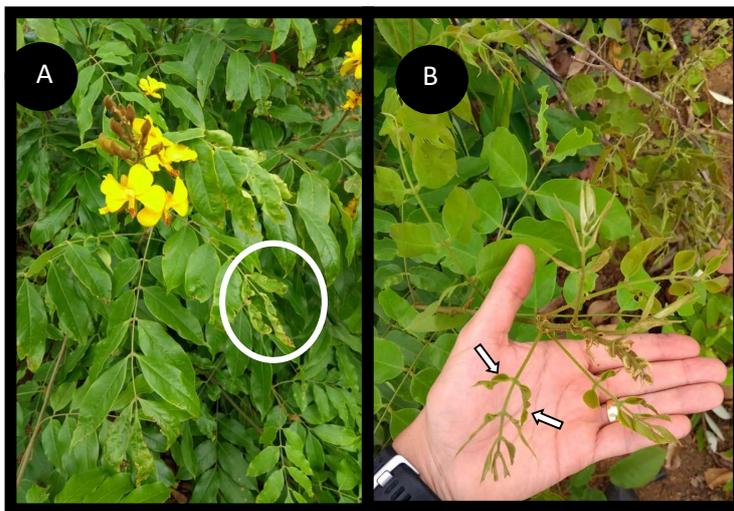
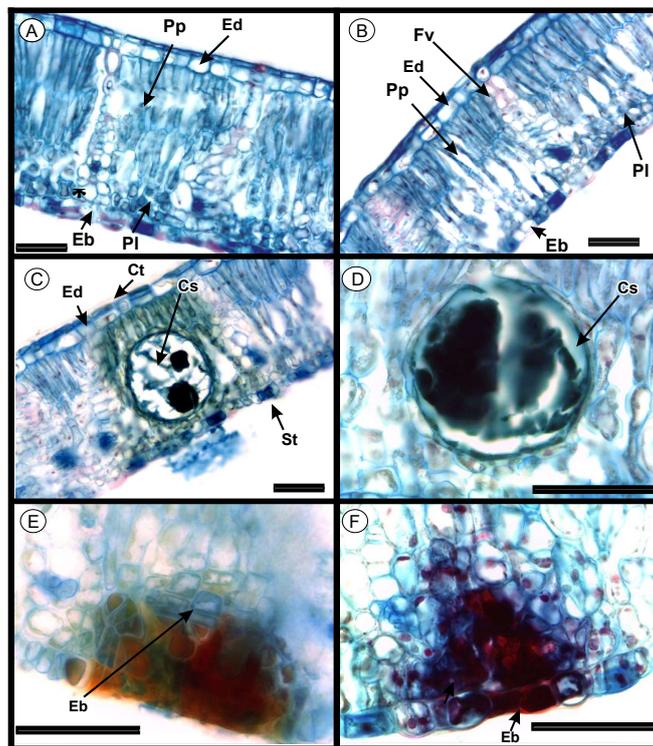


Figura 2: Aspectos morfológicos de plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae), presentes em região de fronteira entre as Terras Indígenas Xerente e monoculturas no município de Pedro Afonso/TO. A- Folhas com cloroses e necroses marginais. B- Folhas jovens com aspecto retorcido.

Na região do mesofilo observou-se bastante espaço intercelular, inclusive no parênquima paliçádico, além de deformidades na parede celular e má formação das fibras em torno do feixe vascular (Figura 3). Quanto ao conteúdo presente no canal secretor, foi possível perceber alteração tanto na coloração quanto na textura, que não estava homogêneo, bem como um acúmulo de compostos fenólicos nas células do epitélio do canal secretor (Figura 3).

Na análise da região próxima à nervura principal, foi possível observar, na epiderme, um atípico padrão de diferenciação das células, e o acúmulo de substâncias, possivelmente compostos fenólicos, que culminam no aparecimento de estruturas semelhantes a uma lenticela (Figura 3). Na Figura 3-F observa-se

uma região de borda contendo uma área de necrose. Nesta região observa-se células de epiderme e de parênquima com aspectos retorcidos e com acúmulos de compostos fenólicos.



**Figura 3:** Estrutura da lâmina foliar de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae), em secção transversal (microscopia de luz) presentes em região de fronteira entre as Terras Indígenas Xerente e monoculturas no município de Pedro Afonso/TO. A, B, C, D, F – Borda foliar. E – Região da nervura principal. A- Epiderme bisseriada, espessamento da parede celular na face abaxial da epiderme (\*). B- Espaço entre as células do mesofilo. C-D – Canal secretor. E – Acúmulo de compostos fenólicos e formação de estrutura semelhante a lenticela. F – Necrose. Pp – Parênquima paliádico. PI – Parênquima lacunoso. Ed – Epiderme adaxial. Eb – Epiderme abaxial. Fv – Feixe vascular. Ct – Cutícula. Cs – Canal secretor. St – Estômato. Barra = 50 µm.

## DISCUSSÃO

Pignati e Bombardi têm publicado diversos estudos que evidenciam a exposição humana constante a doses de agrotóxicos (BOMBARDI, 2016, 2017), bem como demonstram casos de intoxicação sofrida por populações expostas (PIGNATI, 2014, 2007). Ainda neste sentido, Lima et al. (2019), em estudo que objetivou verificar resíduos de agrotóxicos na água e discutir a dinâmica de inserção da agropecuária na região da Terra Indígena Marãiwatsédé, Mato Grosso, concluíram que “a presença de lavouras em atividade nos limites da TI são fontes constantes de emissão de agrotóxicos, possibilitando novas poluições de “fora para dentro” da TI”, e sugeriram “monitoramento ambiental permanente no interior e entorno da TI Marãiwatsédé, para queimadas, desmatamento e exposição aos agrotóxicos”. Desta maneira estudos que possam auxiliar e potencializar o monitoramento da presença de agrotóxicos no ambiente são necessários, principalmente nestas áreas de fronteira agrícola.

A análise morfológica e anatômica, em folhas de plantas de *C. macrophyllum* coletadas na área de estudo, demonstraram respostas indicativas da exposição das plantas estudadas à agrotóxicos. Em comparações histológicas com estudos realizados na mesma espécie, em casa de vegetação por Santos et al.

(2020), verificou-se que as alterações observadas nas plantas coletadas em campo foram semelhantes às respostas analisadas em plantas da mesma espécie, após exposição ao herbicida glifosato, sob condições controladas. Porém, foram observadas alterações histológicas adicionais, que não foram vistas no material vegetal do laboratório. Estas alterações podem ter sido provocadas por conta da exposição a outros agrotóxicos, provocando efeitos sinérgicos de vários agrotóxicos ou por conta da exposição contínua aos agrotóxicos, incluindo o glifosato. Estes resultados reforçam a necessidade de alternativas de monitoramento de áreas de grande uso de agrotóxicos, tendo em vista que algumas aldeias que compõem as Terras Indígenas Xerente estão localizadas a menos de 400 m metros da área de estudo. O fato das plantas presentes nesta região apresentarem respostas de exposição a agrotóxico é um possível indicativo que essa população indígena, também esteja recebendo constantemente doses destas substâncias aplicadas nas monoculturas adjacentes à suas terras, incluindo o glifosato, que já foi classificado pela Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC), órgão da Organização Mundial de Saúde (OMS), como provavelmente carcinogênicos, com suficiente evidência de carcinogenicidade em animais e limitada evidência de carcinogenicidade em humanos (GUYTON et al., 2015).

Os sintomas de epinastia, como enrugamento nas regiões meristemáticas, que foram observados nas folhas das plantas do presente estudo, também foi observado por Santos et al. (2020) ao avaliar, em condições controladas, os efeitos do herbicida glifosato em *Cenostigma macrophyllum* Tul., nas plantas que receberam uma dose de 800 g ha<sup>-1</sup>.a. O enrolamento das folhas jovens também foi identificado por Silva et al. (2016) em plantas de *Caryocar brasiliense* Cambess., submetidas a “altas doses” do herbicida glifosato, em deriva simulada. Yamada et al. (2007) citam como sintomas comuns observados após a aplicação do glifosato, clorose foliar seguida de necrose, podendo ocorrer enrugamento e malformações, especialmente nas áreas de rebrotamento. Ressaltamos que a dose 800 g ha<sup>-1</sup>.a. do Roudup Transorb R, utilizada por Santos et al. (2020), não é tida como subdose, e está dentro do espectro de doses comerciais utilizadas nas lavouras que varia entre 480 g ha<sup>-1</sup>.a e 2160 g ha<sup>-1</sup>.a, o que pode indicar que, o que chega por deriva não são subdoses e sim doses indicadas para o extermínio de plantas tidas como daninhas.

Dentre os tecidos que sofreram alterações, destaca-se a epiderme. Conforme Cutter (1986), a epiderme pode apresentar modificações estruturais como resposta aos fatores ambientais, o que faz com que análise deste tecido seja relevante em estudos de biomonitoramento.

A divisão atípica encontrada em algumas células da epiderme pode ter ocorrido pelo fato deste tecido estar em contato direto com o ambiente e ser a primeira via de exposição destas substâncias. Assim, pode ter ocorrido uma desdiferenciação celular que provocou uma alteração no desenvolvimento deste tecido. Este fenômeno foi observado na epiderme de plantas de *C. macrophyllum* que estavam próximas a plantação de soja e apresentaram folhas jovens retorcidas, efeito provocado pelo herbicida glifosato (SANTOS et al., 2020). É possível que o herbicida tenha alterado o padrão de divisão celular, indicando uma resposta da planta à exposição de componentes tóxicos. Faz-se necessário realizar um estudo da ontogenia destas plantas para confirmar esta proposição. Silva et al. (2018), analisou a anatomia da folha de *C. macrophyllum*

em duas áreas ecologicamente distintas, transição cerrado/caatinga e mata semidecídua. A epiderme, de todos os espécimes analisados, era unisseriada em ambas as faces. Tendo em vista que uma área de transição cerrado/caatinga passa por períodos mais longos de estiagem do que uma área de cerrado *stricto sensu*, pode-se dizer que a possibilidade de problemas na divisão da epiderme, por conta de déficit hídrico, seja mínima. Assim, a presença de epiderme bisseriada nas folhas das plantas analisadas pode ser resposta de defesa destas plantas constantemente expostas à agrotóxicos.

Além da epiderme bisseriada, verificou-se um processo de lignificação da parede celular da epiderme, pois suas células apresentaram aspecto e coloração de parede secundária, que não é previsto nas células deste tecido. Para confirmar a composição da substância, faz-se necessário um teste histoquímico. A epiderme bisseriada e ainda com reforço de parede secundária, formam uma barreira de proteção ainda maior, caracterizando-se como um mecanismo de defesa. Efeito contrário foi observado em casa de vegetação, tanto nos estudos realizados com esta espécie, quanto nos estudos realizados por Oliveira et al. (2021) e Silva et al. (2014), quando tanto a face adaxial quanto a abaxial da epiderme, apresentaram redução na espessura, desde a menor dose simulada. Tais efeitos antagônicos podem ser justificados pelo tempo de exposição ao herbicida, tendo em vista que em casa de vegetação, nos estudos citados, houve uma única exposição, diferente das condições de campo, em que a planta é constantemente exposta a agrotóxicos e outros fatores ambientais.

Além de alterações nas células epidérmicas, observou-se uma desorganização do mesofilo, onde também foi possível perceber a presença de espaço intercelular, inclusive no parênquima paliçádico. Estes efeitos estão relacionados ao acúmulo de CO<sub>2</sub>, o que pode indicar problemas nas trocas gasosas. Fernandes et al. (2015) e Peeva et al. (2009) sugerem que a elevação da concentração interna de CO<sub>2</sub> pode ser justificada pela baixa condutância difusiva de CO<sub>2</sub> do mesofilo e consequente baixa assimilação do CO<sub>2</sub> no Ciclo de Calvin durante a fotossíntese. Além disso, danos no aparato fotossintético também levam à menor absorção de CO<sub>2</sub> para realização da fotossíntese e, consequente acúmulo deste no mesofilo. Esta é uma característica de herbicidas que atuam nos fotossistemas, como o paraquate. É importante salientar que o paraquate teve seu uso proibido no Brasil conforme Resolução da Diretoria Colegiada Nº 177, de 21/09/2017. Nos termos da resolução, o uso do paraquate não poderia mais ser feito a partir de setembro de 2020, no entanto, o uso foi prolongado para o manejo dos cultivos na safra de 2020/2021, conforme RDC nº 436, de 05/11/2020 e é provável que tenha sido aplicado nas monoculturas adjacente à Terra Indígena Xerente.

Foi possível perceber problemas na formação da parede celular das células da epiderme e dos parênquimas paliçádico e lacunoso. A formação da parede celular está diretamente relacionada à rota do ácido chiquímico, visto que a parede celular secundária presente nas fibras é rica em lignina. O glifosato atua diretamente na interrupção da rota do ácido chiquímico, e tem como principal via de ação a inibição específica da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPS), que participa da produção de três aminoácidos essenciais (triptofano, fenilalanina e tirosina) (JAWORSKI, 1972; ZABLOTOWICZ et al., 2004). A ligação do glifosato à enzima EPSPS e sua consequente inibição, forma o complexo glifosato-pEPSPS-S3P

(KRUSE et al., 2000), que provoca redução na eficiência fotossintética e menor produção de aminoácidos aromáticos, (OLIVEIRA et al., 2001) alterando a produção de lignina, essencial na formação da parede celular secundária. Ele é o único herbicida a atuar na via do chiquimato, impedindo a produção de aminoácidos essenciais (fenilalanina, tirosina e triptofano). Nas plantas observadas no presente estudo, a parede celular das células da epiderme e dos parênquimas paliádico e lacunoso, além de apresentar aspecto retorcido e problemas na formação, está pouco corada de vermelho, o que indica problemas na deposição de lignina.

O conteúdo presente no canal secretor de *C. macrophyllum* foi descrito por Silva et al. (2018), em análise histoquímica, como de coloração “mostarda”, que não reagiu para compostos lipídicos, fenólicos, pécticos e proteicos, no entanto, Sousa et al. (2007) e Alves et al. (2012) demonstraram a presença de compostos fenólicos em *C. macrophyllum*, através de estudos bioquímicos. Tais compostos estão relacionados à proteção das plantas de patógenos. A alteração no conteúdo presente no canal secretor, tanto na coloração quanto no aspecto, corrobora com o que foi observado por Santos et al. (2020) em casa de vegetação. Os autores observaram mudança de coloração e textura do composto presente nos canais de *C. macrophyllum*, desde a menor dose estudada (25 g i.a ha<sup>-1</sup>), indicando interferência na produção de compostos fenólicos, associada ao herbicida glifosato. Ressalta-se que no estudo realizado em casa de vegetação, 25 g i.a ha<sup>-1</sup> é tida como subdose, e provocou efeitos deletérios em *C. macrophyllum*. Neste sentido, é possível afirmar que em situação de campo o glifosato afetou plantas não alvo através de deriva, fazendo-se necessária a quantificação para determinar a dose exata.

O acúmulo de substâncias, possivelmente compostos fenólicos, na região próxima à nervura principal, atrelado a uma divisão desordenada das células, que culminaram no aparecimento de estruturas semelhantes a uma lenticela, também é um indicativo da interferência na produção de compostos fenólicos, associada ao glifosato. Silva (2016) apontou como efeitos do glifosato em plantas de *Caryocar brasiliense*, dentre outras alterações anatômicas foliares, tecidos necróticos e acúmulo decompostos fenólicos, corroborando com as alterações observadas neste trabalho.

Diante do observado em campo, ao comparar os efeitos morfológicos e histológicos ocorridos em plantas de *C. macrophyllum*, as alterações que convergem com as observadas em casa de vegetação, podem constituir evidências de que ao menos o herbicida glifosato tem chegado em espécies nativas, como *C. macrophyllum*, localizados na borda da vegetação.

No presente estudo, demonstra-se que a análise morfoanatômica de espécies localizadas em áreas adjacentes a monoculturas, pode ser uma alternativa de biomonitoramento de agrotóxicos, sendo necessário o investimento em estudos de mais espécies nativas em condições controladas, a fim de identificar marcadores específicos de resposta aos agrotóxicos, bem como possíveis características comuns às espécies. Sugere-se ainda diversificar os agrotóxicos estudados, no entanto, continuar os experimentos com o herbicida glifosato, visto sua ampla utilização. Ressalta-se a importância de outras técnicas, como histoquímica e quantificação de agrotóxicos.

## CONCLUSÃO

Plantas de *Cenostigma macrophyllum* Tul. (Fabaceae), podem ser utilizadas no biomonitoramento de áreas com exposição a agrotóxicos, principalmente herbicidas do tipo glifosato, pois os efeitos na morfoanatomia de folhas encontrados em plantas submetidas em deriva simulada de glifosato são semelhantes e potencializados em plantas presentes e expostas a agrotóxicos no campo. Destaca-se a análise morfoanatômica como alternativa para monitoramento das áreas indígenas e seu entorno.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; VILLAREAL, C. F.; SOARES, M. B. P.; QUEIROZ, L. P.. Flavonoids and other bioactive phenolics isolated from *Cenostigma macrophyllum* (Leguminosae). **Quim. Nova**, v.6, n.35, p.1137-1140, 2012.
- BATISTA, M. H.; NARDIN, D.; SIMÕES, D. S.; CRUZ, P. P. N.; CARVALHO, J. C.. **Elaboração das Cartas Climáticas do Estado do Tocantins**. Palmas: SEFAZ/GZT, 2020.
- BLANCO, F. M. G.; VELINI, E. D.. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com soja e seu efeito em culturas sucedâneas. **Planta Daninha**, v.23, p.693-700, 2005.
- BOMBARDI, L. M.. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH - USP, 2017.
- BOMBARDI, L. M.. **Pequeno Ensaio Cartográfico Sobre o Uso de Agrotóxicos no Brasil**. São Paulo: Laboratório de Geografia Agrária – USP; Blurb, 2016.
- BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada nº 177, de 21 de setembro de 2017**. Dispõe sobre a avaliação toxicológica do ingrediente ativo Paraquate. Brasília: ANVISA, 2017.
- BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada nº 436, de 05 de novembro de 2020**. Altera a Resolução de Diretoria Colegiada - RDC no 177, de 21 de setembro de 2017... Brasília: ANVISA, 2017.
- BRASIL. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2021/22**. Brasília: CONAB, 2021.
- BRASIL. **Brasil/Tocantins/Pedro Afonso**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- BULBOVAS, P.; MARIA, S.; SANT, R.; MORAES, R. M.; LIMA, E. D. S.; PINA, J. M.; ESPOSITO, M. P.; FERREIRA, M. L.; SPIELMANN, A. A.; SOLLITO, C. M.; RINNERT, C. H.; PERALTA, D. F.; CARDOSO, S.; CARMINITTI, L.; CANÊZ, S.; MARCELO, M.; REIS, S.; BENATTI, M. N.. Avaliação da sensibilidade de plantas jovens de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. - Malvaceae) ao ozônio. **Hoehnea**, v.35, n.3, p.359-366. 2008.
- CUTTER, E. R.. **Anatomia vegetal: órgãos experimentais e interpretação**. São Paulo: Rocha, 1986.
- EMBRAPA. **O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. Brasília: SIRE, 2021.
- FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B... Physiological responses of eucalyptus clones grown in a greenhouse under water deficit. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.1, p.29-34, 2015.
- FORNASIERO, R. B.. Fluorides effects on Hypericum perforatum plants: first field observations. **Plant Sci.**, v.165, p.507-513, 2003.
- GERLACH, D.. **Botanische Mikrotechnik: Eine Einführung**. 3 ed. Stuttgart: Thieme, 1984.
- GRAVANO, E.; BUSSOTTI, F.; STRASSER, R. J.; SCHAUB, M.; NOVAK, K.; SKELLY, J.; TANI, C.. Ozone symptoms in leaves of woody plants in open-top chambers: ultrastructural and physiological characteristics. **Physiol. Plant.**, v.121, p.620-633, 2004.
- GUYTON, K. Z.; LOOMIS, D.; GROSSE, Y.; EL GHISSASSI, F.; BENBRAHIM, L. T.; GUHA, N.; SCOCCIANTI, C.; MATTOCK, H.; STRAIF, K.. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. **The Lancet Oncol.** v.16, n.5, p.490-491, 2015.
- HAUPT, A. W.. A gelatin fixative for paraffin sections. **Stain Technology**, Los Angeles, v.5, n.3, p.97-98, 1930. DOI: <http://doi.org/10.3109/10520293009115555>
- INOUE, M. H.; OLIVEIRA, R. S.. Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas. In: OLIVEIRA, R. S. J.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H.. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: OMNIPAX, 2011. p.193-213.
- JAWORSKI, E.. Mode of action of N-phosphonomethylglycine. Inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **J. Agricultural and Food Chemistry**, St Louis, v.20, n.6, p.1195-1198, 1972. DOI: <http://doi.org/10.1021/jf60184a057>
- JOHANSEN, D. A.. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book; 1940.
- LIMA, F. A. N. S.; PIGNATI, W. A.; PIGNATTI, M. G.. A extensão do 'agro' e do tóxico: saúde e ambiente na terra indígena Marãiwatsédé, Mato Grosso. **Cad. Saúde Colet.**, v.28, n.1, p.1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462X202000280442>
- LIMA, G. B. L.. **Os Akwẽ-Xerente no Tocantins: território indígena e as questões socioambientais**. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São

Paulo, 2017.

MARTINELLI, L. A.; NAYLOR, R.; VITOUSEK, P. M.; MOUTINHO, P. Agriculture in Brazil: Impacts, Costs, and Opportunities for a Sustainable Future. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v.2, n.5-6, p.431-38, 2010.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S.. Balance between Food Production, Biodiversity and Ecosystem Services in Brazil: A Challenge and an Opportunity. **Biota Neotropica**, v.9, n.4, p.21-25, 2009.

MARTINS, M. S. D. A.; ISABEL, M.; LEMOS, A.. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoelétrica, Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**, v.35, p.425-433, 2008.

MATTHEWS, R. A.; BUIKEMA, A. L.; CAIRNS, J.; RODGERS, J. H.. Biological monitoring: Part IIA: receiving system functional methods, relationships and indices. **Water Res**, v.16, p.129-139, 1982.

NEVES, N. R.; OLIVA, M. A.; CRUZ, D. C.; COSTA, A. C.; RIBAS, R. F.; PEREIRA, E. G.. Photosynthesis and oxidative stress in the restinga plant species *Eugenia uniflora* L. exposed to simulated acid rain and iron ore dust deposition: Potential use in environmental risk assessment. **Sci. Total Environ.**, v.407, p.3740-3745, 2009.

OLIVA, M. A.; FIGUEIREDO, G. D. E.; NEES, S.; STAPP, N.. Gramíneas bioindicadoras da presença de flúor em regiões tropicais. **Pesqui. Agropecuária Bras.**, v.1, p.389-397, 2005.

OLIVEIRA, R. S. J.; CONSTANTIN, J.. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001.

OLIVEIRA, A. P. A.. Physiological and morphoanatomic responses of *Bowdichia virgilioides* Kunth. (Fabaceae) to glyphosate. **Revista Árvore**, v.45, p.1-13, 2021.

OLIVEIRA, L. K.; PIGNATI, W.; PIGNATTI, M. G.; BESERRA, L.; LEÃO, L. H. C.. Processo sócio-sanitário-ambiental da poluição por agrotóxicos na bacia dos rios Juruena, Tapajós e Amazonas em Mato Grosso, Brasil. **Saúde Soc.**, São Paulo, v.27, n.2, p.573-587, 2018.

PEDROSO, A. N. V.; ALVES, E. S.. Temporal dynamics of the cellular events in tobacco leaves exposed in São Paulo, Brazil, indicate oxidative stress by ozone. **Environmental Science Pollution Research**, São Paulo, v.22, n.9, p.6535-6545, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11356-014-4025-y>

PEEVA, V.; CORNIC, G.. Leaf photosynthesis of *Haberlea rhodopensis* before and during drought. **Environmental Experimental Botany**, Orsay Cedex, v.65, n.2-3, p.310-318, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.09.009>

PEIXOTO, S. C.. **Validação e aplicação de método empregando QuEChERS modificado e GC-ECD para determinação de resíduos de pesticidas em grão e casca de arroz**. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F.. Acidente rural ampliado: o caso das 'chuvas' de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde. **Ciência & Saúde Coletiva**,

v.12, n.1, p.105-114, 2007.

PIGNATI, W.; OLIVEIRA, N. P.; SILVA, A. M. C.. Vigilância aos agrotóxicos: quantificação do uso e previsão de impactos na saúde-trabalho-ambiente para os municípios brasileiros. **Cien Saude Colet.**, v.19, n.12, p.69-78, 2014.

PIRES, A. P. F.; SRIVASTAVA, D. S.; FARJALLA, V. F.. Is Biodiversity Able to Buffer Ecosystems from Climate Change? What We Know and What We Don't. **BioScience**, v.68, n.4, p.273-280, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biy013>

RIBEIRO, H. M.; SÁ, C. E. N.. Meios de extermínio na sociedade de risco: a pulverização de agrotóxicos em terras indígenas brasileiras. **Revista Jurídica Luso Brasileira**, n.3, p.727-751, 2019.

SANTOS, V. R. S.; CRISPIM, A. J. F.; 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, D. F. M.; PIRES, M. F. O.; SANTOS, F. S. F.. Caracterização anatômica comparada da folha de *Cenostigma macrophyllum* tul. (Fabaceae, Caesalpinioideae) em áreas ecologicamente distintas. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v.16, n.62, 2018.

SILVA, F. B.; COSTA, A. C.; RODRIGO, R.; ALVES, P.. Chlorophyll fluorescence as an indicator of cellular damage by glyphosate herbicide in *Raphanus sativus* L. **American Journal of Plants Sciences**, Rio Verde, v.5, n.16, p.2509-2519, 2014. DOI: <http://doi.org/10.4236/ajps.2014.516265>

SILVA, K. L. F.. **Avaliações de biomarcadores anatômicos e fisiológicos em plantas expostas ao arsênio**. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SILVA, L. Q.; JAKELAITIS, A.; VASCONCELOS, S. C. F.; COSTA, A. C.; ARAÚJO, A. C. F.. Morpho-anatomical changes of pequi leaves (*Caryocar brasiliense* Cambess.) exposed to simulated drift of glyphosate. **Revista Árvore**, Viçosa, v.40, n.4, p.669-677, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400010>

SIMONS, P.. How should agriculture produce enough food for the world?. **Koers: Bulletin for Christian Scholarship** v.77, n.2, p.1-8, 2012.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA, G. M. J.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Quim. Nova**, v.30, n.2, p.351-355, 2007.

TEMMERMAN, L.; BELL, N. B.; GARREC, J. P.; KLUMPP, A.; KRAUSE, G. H. M.; TONNEIJCK, A. E. G.. Biomonitoring of air pollutants with plants - Considerations for the future. In: KLUMPP, A., ANSEL, W.; Klumpp, G.. **Urban Air Pollution, bioindication and Environmental Awareness**, Göttingen: Cuvillier Verlag Göttingen, 2004. p.337-373.

TOLEDO, R. E. B.; ALVES, P. L. D. C. A.; VALLE, C.; ALVARENGA, S. F.. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de implantação de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden1. **Revista Árvore**, v.20, n.3, p.319, 1996.

TOCANTINS. **Perfil socioeconômico dos municípios**. Palmas: SEPLAN-TO, 2017.

VIDAL, R. A.. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: RA Vidal, 1997.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C.. Efeitos do glyphosate nas plantas: Implicações fisiológicas e agrônômicas.

**International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, n.119, p.1-32, 2007.

YAMASHITA, O. M.; BETONI, J. R.; GUIMARÃES, S. C.; ESPINOSA, M. M.. Influence of glyphosate and 2, 4-D in initial development of forest. **Ipef.Br**, Piracicaba, v.37, n.84, p.359-366, 2009.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N.. Impact of Glyphosate on the Bradyrhizobium japonicum Symbiosis with Glyphosate-Resistant Transgenic Soybean: A Minireview. **Journal of Environment Souybean**, Madson, v.33, n.3, p.825-831, 2004. DOI: <http://doi.org/10.2134/jeq2004.0825>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157813199406366721/>