

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS URUTAÍ  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Efeito da herbivoria simulada no crescimento foliar de jatobá (*Hymenaea  
courbaril* L.).**

JORDANA FONSECA DOS SANTOS

URUTAÍ

2023

JORDANA FONSECA DOS SANTOS

**Efeito da herbivoria simulada no crescimento foliar de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí como parte dos requisitos para conclusão do curso de graduação em Engenharia Agrícola.

**Orientador:** Prof. Dr. Estevão Alves da Silva

URUTAÍ

2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SSA237 Santos, Jordana  
e Efeito da herbivoria simulada no crescimento  
foliar de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) / Jordana  
Santos; orientador Estevão Alves da Silva. --  
Urutaí, 2023.  
20 p.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola ) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2023.

1. área foliar. 2. Cerrado. 3. herbivoria  
simulada. 4. Image J. I. Alves da Silva, Estevão,  
orient. II. Título.

# TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

## IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

## RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:      Não      Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:      /      /

O documento está sujeito a registro de patente?      Sim      Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?      Sim      Não

## DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

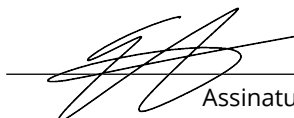
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local      /      /  
Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 30/2023 - DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos 08/03/2023, às 19:00 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Estevão Alves da Silva (orientador), Halina Jancoski (membro) e Mário Guilherme de Biagi Cava (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “**Efeito da herbivoria simulada no crescimento foliar de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)**.” da estudante JORDANA FONSECA DOS SANTOS, Matrícula nº 2016101200640272, do Curso de Engenharia Agrícola do IF Goiano – Campus Urutaí.

A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Estevão Alves da Silva

Orientador

Halina Jancoski

Membro

Mário Guilherme de Biagi Cava

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Estevao Alves da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/03/2023 21:06:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 475241

Código de Autenticação: d288e9eabe




INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Urutaí  
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, None, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000  
(64) 3465-1900

**Efeito da herbivoria simulada no crescimento foliar de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).**

JORDANA FONSECA DOS SANTOS

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

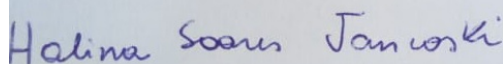
Defendido e aprovado pela Comissão Examinadora em: 08/03/2022



---

Prof. Estevão Alves da Silva

Orientador



---

Halina Jancoski

Examinador 1



---

Mário Guilherme de Biagi Cava

Examinador 2

## **AGRADECIMENTOS**

Aqui um sonho se torna realidade, mais uma batalha ganha, mais um ciclo se encerra. Um ciclo que nomeei de roda de gigante, isso porque realmente durante essa jornada houve altos e baixos incontáveis vezes, chegar até aqui não foi uma tarefa fácil, tive momentos que desistir parecia uma opção, mas com o apoio de muitos isso não aconteceu.

Por isso, agradeço primeiramente ao meu mais fiel e companheiro amigo, Deus. Não era para eu estar aqui, mas o Senhor me sustentou e me mostrou o quão grande é seu propósito em minha vida.

A minha família, que mesmo longe por muitos momentos foram alento e impulso para continuar.

Aos meus amigos, que durante esse período me mostraram o real significado de companheirismo, vocês foram minha família em Urutaí, verdadeiramente eu amo vocês.

Aos professores, mentores e colaboradores do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento.

Ao meu companheiro Emerson, que por diversas vezes foi meu refúgio e calma.

E em especial, ao meu orientador Dr. Estevão Alves da Silva, admirável profissional, que sempre me instruiu da melhor forma, acreditando no meu potencial e me apoiando nos momentos de dificuldade, tendo toda compreensão possível. Com ele pude aprender além da teoria, que somos profissionais, mas antes disso, somos humanos.



## **Efeito da herbivoria simulada no crescimento foliar de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).**

**RESUMO:** Estudos sobre herbivoria procuram avaliar as mais diferentes abordagens quanto aos seus efeitos no desenvolvimento das plantas, e sabe-se que a perda de área foliar provoca danos que se estendem ao valor reprodutivo das plantas. A resposta da planta a um estresse, como herbivoria, envolve mecanismos que se manifestam morfológicamente, como no crescimento foliar. Neste estudo nós investigamos se as folhas submetidas à herbivoria simulada apresentaram respostas como maior crescimento foliar para compensar a herbivoria. Estudos com herbivoria simulada oferecem vantagens quando comparados à estudos feitos em campo, como o controle das variáveis de fundo que podem influenciar os resultados. A planta utilizada foi *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae), o jatobá, e baseado em um estudo prévio, nós esperávamos (hipótese) que as folhas submetidas à herbivoria apresentassem maior crescimento foliar do que as folhas do grupo controle, como uma forma de compensação à perda de área foliar. O estudo foi realizado em casa vegetação utilizando-se plântulas semeadas nas mesmas condições ambientais e recebendo irrigação similar. A herbivoria simulada consistiu em um furo redondo feito em cada folíolo, utilizando-se um furador de papel para fichários. O crescimento foliar foi comparado nas plântulas controle e nas com a herbivoria simulada. Não encontramos diferenças significativas no crescimento foliar entre os dois grupos de plantas. A literatura mostra que o jatobá submetido à herbivoria não apresenta mudanças no crescimento, fisiologia e em aspectos nutricionais. Juntamente com os resultados deste trabalho presente (crescimento foliar), podemos concluir o jatobá, de forma geral, apresenta tolerância à herbivoria, e que este estresse biótico não afeta o desenvolvimento desta planta.

**Palavras-chave:** área foliar; Cerrado, herbivoria simulada, Image J

## **Effect of simulated herbivory on the leaf growth of jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).**

**ABSTRACT:** Studies on herbivory seek to evaluate the most different approaches regarding their effects on plant development, and it is known that the loss of leaf area causes damage that extends to the reproductive value of plants. The plant response to a stress, such as herbivory, involves mechanisms that manifest morphologically, for instance in the leaf growth. In this study we investigated whether leaves subjected to simulated herbivory showed responses such as increased leaf growth to compensate for herbivory. Studies with simulated herbivory offer advantages when compared to studies carried out in the field, such as the control of background variables that can influence the results. The plant used was *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae), the jatobá, and, based on previous literature, we expected (hypothesis) that the leaves submitted to herbivory would present greater leaf growth than the leaves of the control group, as a form of compensation for the loss of leaf area. The study was carried out in a greenhouse using seedlings sown under the same environmental conditions and receiving similar irrigation. The simulated herbivory consisted of a round hole made in each leaflet, using a paper punch for binders. Leaf growth was compared in control and simulated herbivory seedlings. We did not find significant differences in leaf growth between the two groups of plants. We can conclude that the jatobá presents tolerance to herbivory, and that this biotic stress does not affect leaf growth.

**Keywords:** leaf area; Cerrado, simulated herbivory, Image J

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	
<b>ABSTRACT .....</b>	
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

A resposta da planta a um estresse, como a herbivoria, envolve mecanismos que se manifestam morfológicamente (PESCHIUTTA et al., 2016). A herbivoria é um dos tipos de estresse que pode induzir respostas na planta e alterar sua performance e estrutura (ALVES-SILVA & DEL-CLARO, 2016). Ainda, a herbivoria é um acontecimento comum em plantas, e na região neotropical os insetos são os principais herbívoros, sendo responsáveis por provocar grande perda de área foliar em diversas espécies (VARANDA; PAIS, 2006).

Diversos insetos como larvas de borboletas, mariposas e besouros consomem folhas (GULLAN & CRANSTON, 2010). Estes insetos apresentam como característica o seu aparelho bucal mastigador, com as mandíbulas especializadas em cortar, recortar, triturar, roer e perfurar o tecido vegetal que utilizam para sua alimentação (IMENES & IDE, 2002). Herbívoros podem também alterar o crescimento das plantas consumindo folhas e raízes (HENDRIX, 1988). Este processo acaba por deixar lesões que se caracterizam por recortes ou perfurações nas folhas.

Normalmente, plantas sujeitas a herbivoria apresentam deficiências em crescimento e reprodução, além de mudanças em características físico-químicas (SANTOS et al., 2016). Isso acontece devido à perda de área foliar fotossintética; dessa forma, a planta deixa de metabolizar glicose, afetando o fornecimento de energia (DELANEY, 2008). Além disso, algumas espécies do Cerrado, em razão das condições ambientais estressantes, podem apresentar poucas defesas químicas, tendo uma baixa qualidade nutricional; porém em alguns casos podem apresentar tolerância a certo nível de dano que funciona como estratégias de defesa contra os herbívoros (LOIOLA et al., 2012; SILVA & BATALHA, 2011).

Por exemplo, estudos sugerem que a *Actinocephalus polyanthus* (Bong) Sano (Eriocaulaceae), uma espécie típica do cerrado, quando submetida a herbivoria em sua fase vegetativa, pode compensar os danos de maneira parcial (LEON, 2013). No entanto a tolerância ao dano diminuiu com o desenvolvimento da planta, significando assim que os indivíduos de *A. polyanthus* são mais tolerantes aos danos na fase vegetativa, e isto vai diminuindo até que na fase de floração a tolerância é mínima ou nula. Essas respostas das plantas à perda foliar são importantes para a compreender as estratégias ecológicas. As plantas podem apresentar diferentes estratégias quando são submetidas à herbivoria, relacionadas aos seus efeitos sobre traços morfológicos, assim como diminuição no tamanho da folha após infestações por herbívoros (VENÂNCIO et al., 2016).

Em contrapartida, as plantas evoluíram diversos mecanismos antiherbivoria, dos quais se destacam a presença de espinhos, látex e voláteis (LUCAS et al., 2000). No cerrado são comumente encontradas plantas que apresentam essas características, como a *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) que expressa propriedades como a pilosidade das folhas e nectários extraflorais (NEFs), que podem reduzir a herbivoria (CALIXTO et al. 2015). Todos esses fatores contribuem para que a planta seja menos visada por herbívoros. Porém, uma vez que as plantas são atacadas e perdem área foliar, elas devem lidar com isso, e tentar minimizar essa perda para que não afete de forma significativa a obtenção de energia (MOURA; ALVES-SILVA; DEL-CLARO, 2017). Estudos sobre herbivoria procuram avaliar as mais diferentes abordagens quanto aos seus efeitos no desenvolvimento das plantas, e sabe-se que a perda de área foliar provoca danos que se estendem ao valor reprodutivo das plantas (DELANEY; MACEDO, 2000). Portanto, podemos assumir que as plantas evoluíram alguma forma de compensar a perda de área foliar, por exemplo, aumentando o crescimento das folhas (MOLES; WESTOBY, 2000).

Plantas suscetíveis à herbivoria podem apresentar diferenças no crescimento (DE SIBIO, 2008). Quando isto acontece, é uma evidência que a planta está sob estresse, pois os mecanismos fisiológicos responsáveis pelo desenvolvimento estão sob tensão. No caso de plantas com folíolos, espera-se da mesma forma, que o estresse por herbivoria possa levar a desconformidades no crescimento, e que isto seja percebido pelo crescimento diferente de cada folíolo; no entanto, essa abordagem nunca foi testada (DELANEY & MACEDO, 2000)

Nesse estudo buscamos descobrir como uma espécie nativa neotropical (*Hymenaea courbaril* L. - Fabaceae) se comporta frente à herbivoria simulada, feita em condições controladas. Em um experimento concomitante, notamos que o jatobá apresentou alta tolerância quanto à herbivoria, pois o crescimento da plântula em si e a produção de novas folhas não foi afetado pela perda de área foliar. Além disso, a compensação foi notada também pelo aumento da biomassa e da concentração de nitrogênio nos indivíduos de *H. courbaril* que foram submetidos à herbivoria (JANCOSKI, 2019). Uma particularidade que ainda resta a ser examinada é o crescimento foliar em si, que pode ser menor em plantas com herbivoria, já que isso se caracteriza como um estresse (STRAUSS & AGRAWAL, 1999). As plantas podem também aumentar a área foliar, como uma medida de compensar a perda de área (GADD et al. 2001), ou ainda os resultados podem ser similares entre plantas com e sem herbivoria (CEBRIÁN et al. 1998).

Neste estudo nós investigamos se a herbivoria (perda de área foliar) poderia afetar o crescimento foliar de plântulas de jatobá. Nossa hipótese é que, assim como outras

características das plantas (biomassa, nutrientes, crescimento) que apresentaram compensação à herbivoria (JANCOSKI, 2019), os folíolos sujeitos à herbivoria também teriam a mesma resposta, ou seja, cresceriam mais do que os folíolos das plantas controle, ou mesmo, não teríamos diferenças de crescimento entre folíolos com e sem herbivoria. Caso nossa resposta seja corroborada, isto indicaria uma resposta sistêmica da planta quanto ao dano foliar.

Trabalhos com herbivoria simulada oferecem vantagens quando comparados à estudos feitos em campo. No primeiro caso, as condições do estudo são controladas, com o mínimo de interferência externa, e o tempo dos experimentos, observações, coleta de dados e logística são facilitados (SCHOOLER et al., 2006). Portanto esse método é preferível em alguns casos, especialmente quando se deseja examinar a resposta de plantas a algum tipo de dano/estresse.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da Espécie**

A planta de estudo, *H. courbaril*, conhecida popularmente como jatobá, é uma espécie arbórea nativa do Brasil e que possui grande capacidade de adaptação edafoclimática; em razão disso abrange uma vasta distribuição geográfica, estando presente em quase todas as regiões do país (PINTO et al., 2022). Além disso, de acordo com Shanley et al. (2005), essa espécie pode estar em regiões da América do Sul, América Central, do México até o Paraguai estando distribuída de forma dispersa nas matas de terra firme e de certas várzeas altas, frequentemente em solos argilosos e pobres.

O jatobá tem um sistema radicular grande e superficial, que naturalmente faz associações com a bactéria *Rhizobium* que fixa nitrogênio no solo, auxiliando na nutrição das plantas, e por essa razão tem sido usado como alternativa na restauração de florestas nativas e/ou áreas que demandam proteção por meio de cobertura florestal (SCHWARTZ, 2018). É considerada uma árvore de grande porte, que segundo Costa et al. (2011), pode chegar a 45 metros de altura, com diâmetro de 1 metro; sua madeira é pesada com cerne avermelhado ou marrom claro. Seu fruto é uma vagem de até 15 cm, possuindo uma polpa de cheiro muito característico com aspecto farináceo (CAVALCANTE, 2010).

O crescimento dessa árvore é considerado de lento a moderado, atingindo um incremento volumétrico de até 10 m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>-1</sup> (COSTA et al., 2011). Em detrimento da crescente extração, pode ser considerada uma espécie rara; o produto mais utilizado derivado do jatobá é a madeira que por apresentar grande resistência a flexão e compressão, é usada na

construção civil e fabricação de móveis (COSTA et al., 2011). Outras partes constituintes do jatobá como casca, seiva, polpa, resina também possuem diferentes aplicabilidades, como no uso medicinal, culinário e na fabricação de artesanato (SHANLEY et al., 2005).

As folhas de *H. courbaril* são pecioladas, bifoliadas e com disposição alternada; formato oblongo-lanceolado e falciforme; a base é desigual; o ápice é atenuado a acuminado; a margem é inteira; a nervura central é proeminente e as secundárias são planas na face abaxial (COSTA et al., 2011).

Segundo Schwartz (2018), as folhas dessa árvore contêm terpenos, taninos e glicosídeos, o que permite seu uso como fungicida e repelente contra algumas pragas agrícolas, como formigas cortadeiras e lagartas. Além disso, materiais como a casca, seiva, polpa e resina possuem diferentes aplicabilidades no uso medicinal, culinário e de artesanato (SHANLEY et al., 2005).

## 2.2 Localização do experimento e análises realizadas

O estudo de campo, compreendendo desde a coleta de sementes até a obtenção final dos dados, foi realizado na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT (14°41'09" S e 52°20'09" W) na cidade de Nova Xavantina, Brasil, de outubro de 2015 a dezembro de 2016. As sementes de *H. courbaril* foram coletadas em outubro de 2015, a partir de 220 frutos de diferentes plantas espaçadas pelo menos 1 km, em uma reserva próxima ao campus da universidade (Parque do Bacaba).

As sementes foram escarificadas para quebrar a dormência, deixadas em água à temperatura ambiente por 24 horas e posteriormente semeadas em casa de vegetação em sacos de polietileno (500 ml de volume) (**Figura 1a**), utilizando substrato similar e sistema de irrigação diário feito por micro aspersor, que ficava ligado por 20 minutos todos os dias. A casa de vegetação possuía sombrite a 50%. Ao todo, 54 mudas germinaram. Quando as plântulas atingiram 40 cm, elas foram separadas em dois grupos iguais; o “tratamento” (plântulas sujeitas à herbivoria simulada,  $n = 27$ ), e o “controle” ( $n = 27$ ).

Para simular a herbivoria, foram feitos dois furos esféricos em cada folha do grupo tratamento, utilizando-se um cortador de papel. Cada furo tinha aproximadamente 6 mm de diâmetro, e área de 28 mm<sup>2</sup> (**Figura 1b**). As folhas do grupo controle não sofreram manipulação. As folhas foram fotografadas antes do experimento, a fim de acompanharmos o crescimento foliar. Após sete semanas nós fotografamos novamente as folhas de ambos os grupos para se avaliar o crescimento foliar (VENÂNCIO; SILVA; SANTOS, 2016). Para as

fotografias, as folhas eram colocadas em uma placa de acrílico transparente, e com o fundo sendo papel milimetrado. Desta forma, conseguiríamos estabelecer uma escala padronizada de tamanho para medirmos as folhas. Especificamente, coletamos os dados de área foliar (cm<sup>2</sup>) de cada folíolo em cada plântula individual.



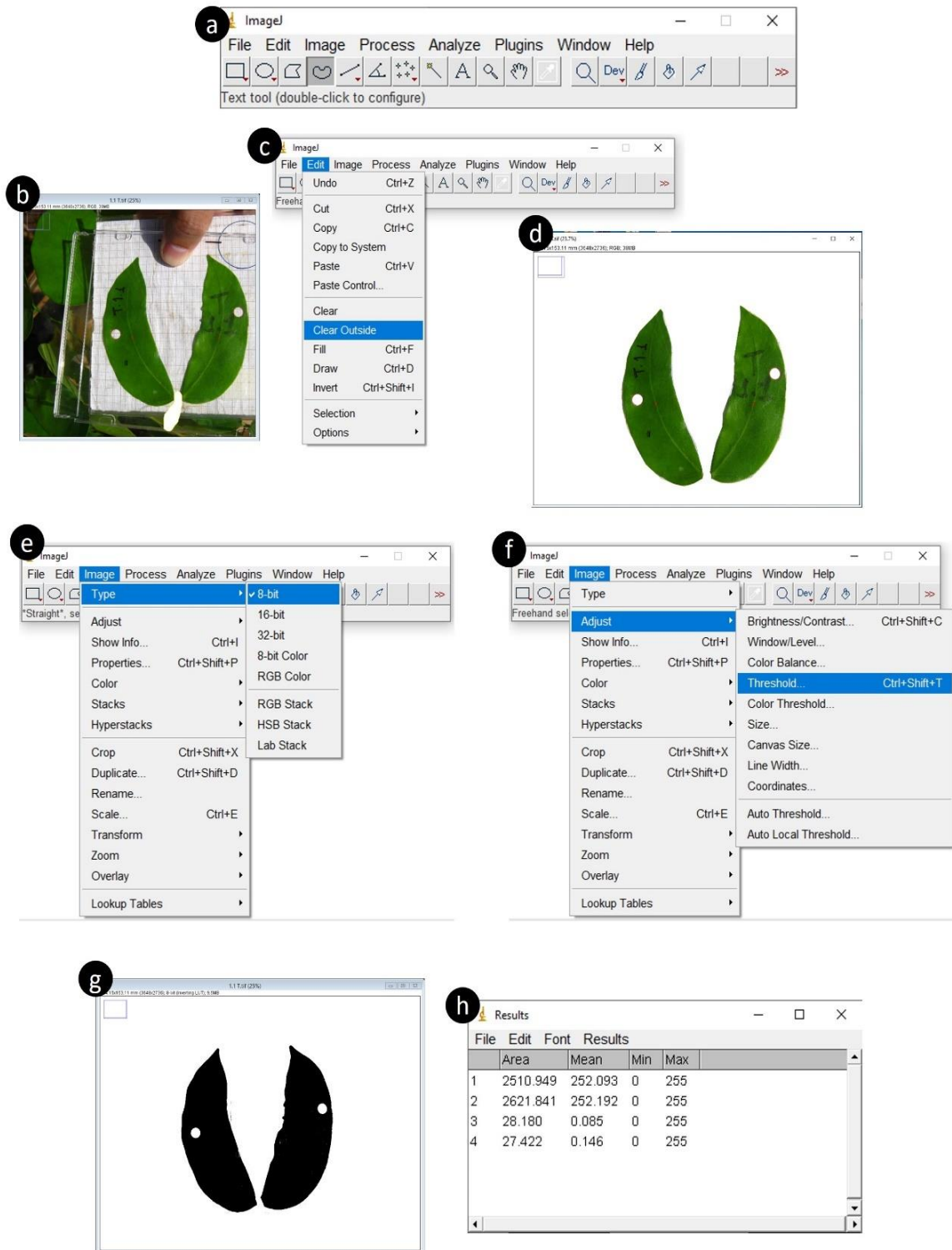
**Figura 1.** (a) Disposição das plântulas de jatobá na casa de vegetação; (b) representação da herbivoria simulada em cada folíolo. Os folíolos medem em média 85 mm de comprimento e 40 mm de largura

A medição das folhas foi realizada por meio do programa Image J®, e o processo executado foi feito individualmente para cada folíolo de cada tratamento. Os passos seguidos estão descritos resumidamente na **Figura 2**. A primeira etapa consiste em estabelecer a escala, e para tal usamos o papel milimetrado usado como fundo nas fotografias das folhas. Posteriormente, foi necessária a exclusão do pecíolo da folha disposta na imagem, pois precisávamos isolar cada folíolo. Com o comando “*freehand*” acionado, basta demarcar com o auxílio do “*cursor*” a área que necessita ser excluída se atentando para não selecionar a área foliar, e logo após pressionar a tecla “*delete*” no teclado do computador, assim como mostrado na **Figura 2 a-b**. Para isolar somente os folíolos e excluir o fundo da imagem, usamos a função *freehand* para a delimitação de toda área pertencente a folha e logo após a utilização de outro comando, o *clear outside* (**Figura 2 c-d**). Os passos finais consistiram em transformar a imagem em tons de cinza, e fazer com que o programa reconhecesse a imagem como algo mensurável (**Figura 2 e-g**), para que assim pudéssemos extrair as medidas de interesse (**Figura 2 h**). A edição das fotos foi realizada de forma criteriosa e por essa razão se tornou um trabalho que demandou muito tempo, porém tal ação foi necessária ao passo que a análise foliar precisou ser clara para fazer as medidas morfométricas.

Os dados referentes a cada folíolo foram: área foliar inicial e final para cada grupo de plantas (controle e tratamento com herbivoria simulada); e área de herbivoria (os furos em cada



folíolo). Todos os furos nas folhas tinham a mesma área inicial (28 mm<sup>2</sup>), porém medimos a área final destes furos para verificarmos se houve expansão desta área, e relacionar com a área de cada folíolo.



**Figura 2.** (a) Acionamento do comando *freehand* (mão livre): (b) exclusão do pecíolo e marcação dos limites dos folíolos; (c) comando para exclusão da parte relativa ao papel milimetrado e delimitação da folha para medições; (d) folíolos isolados para medições; (e - f)

comandos para o programa Image J reconhecer os folíolos como algo mensurável; (g – e) edição final obtenção das medidas de interesse.

### 2.3 Análise dos Dados

Os dados foram verificados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias, para que pudéssemos usar testes paramétricos. A relação entre a área foliar e os grupos de plantas foi analisada com um teste de Anova para medidas repetidas. A medida repetida foi a variável ‘planta’, pois as mesmas plantas foram medidas no início e no fim do estudo. A interação entre o grupo de plantas e o tempo de estudo também foi analisada, a fim de verificarmos se houve (ou não) um padrão no crescimento de área foliar de acordo com o tempo e com o grupo de plantas concomitantemente.

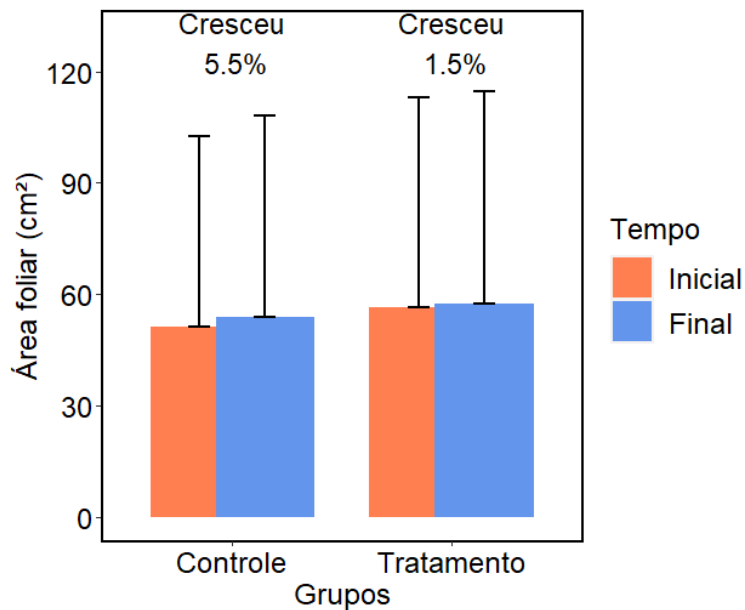
A área de herbivoria no início do estudo foi de 28 mm<sup>2</sup> (ver Métodos), e esta área foi crescendo com o crescimento dos folíolos. Fizemos regressões lineares comparando o crescimento em área foliar com o crescimento dos orifícios relativos à herbivoria, para investigar uma possível relação negativa entre ambas as variáveis. As análises estatísticas e os gráficos foram feitos no programa R, versão 4.1.0.

## 3. RESULTADOS

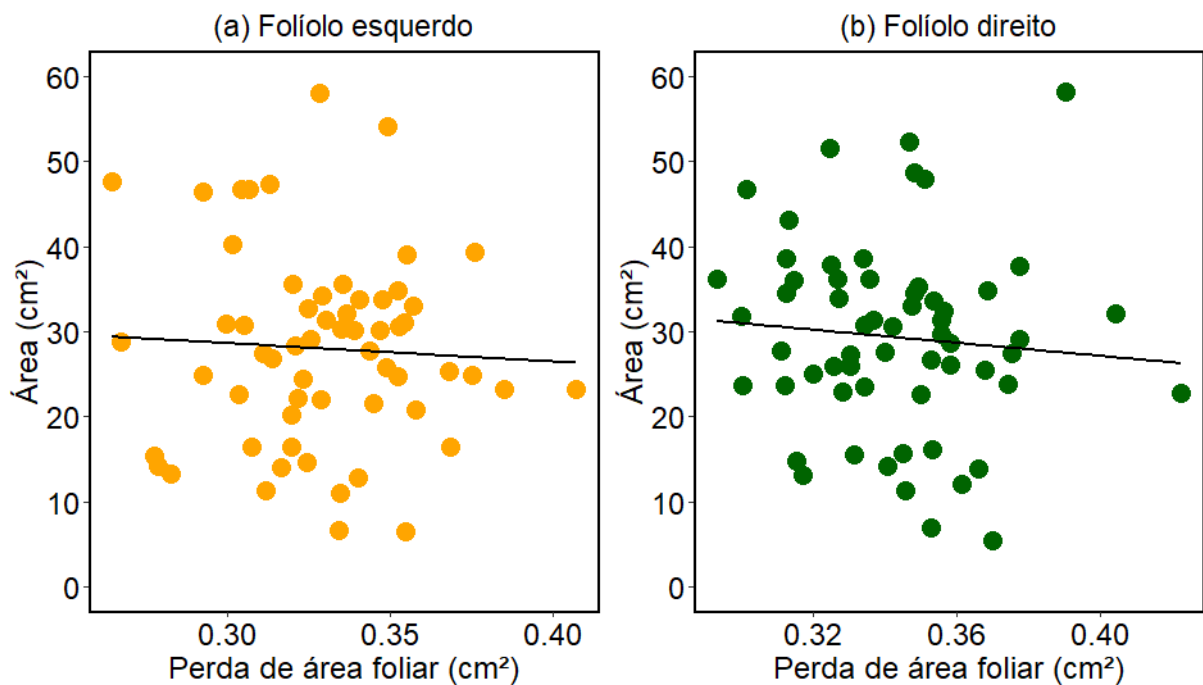
Plantas do grupo controle e do tratamento não apresentaram diferenças significativas em relação à área foliar (**Tabela 1, Figura 3**). As folhas do grupo controle cresceram mais do que as do grupo tratamento, porém essa diferença não foi significativa. A interação grupo \* tempo também não foi significativa, indicando que os folíolos de ambos os grupos cresceram de forma similar. A relação entre a perda de área foliar e a área de cada lado do folíolo foi negativa, porém não foi significativa para nenhum dos lados ( $R^2 < 0.03$ ;  $P > 0.05$  em ambos os casos) (**Figura 4**).

**Tabela 1.** Resultados da comparação da área foliar entre os grupos controle e tratamento.

Variáveis	Graus de lib.	Som dos quadr.	Quadr. Médios	Valor de F	Valor de P
Grupos (cont. e trat.)	1	1063	1063.4	2.231	0.137
Tempo (inicial e final)	1	206	206.3	0.433	0.511
Grupo * Tempo	1	61	60.8	0.128	0.721
Resíduos	212	101069	476.7		



**Figura 3.** Comparação entre o crescimento em área dos folíolos do grupo controle e tratamento (submetidas à herbívora simulada) de acordo com o tempo de estudo. Os folíolos do grupo controle cresceram ligeiramente mais do que as plantas do grupo tratamento, mas esta diferença não foi significativa.



**Figura 4.** Relação entre a área de cada folíolo e a perda de área foliar. A relação foi negativa, porém não significativa em ambos os casos.

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a herbivoria não afetou de forma significativa o crescimento dos folíolos de jatobá; e o crescimento do orifício da herbivoria não influenciou o crescimento dos folíolos. No presente estudo, se trabalhou com herbivoria simulada. Hjältén (2004) recomenda experimentos de herbivoria simulada para desenvolver pesquisas referentes ao crescimento, sobrevivência e reprodução das plantas. A herbivoria simulada apresenta grandes vantagens na pesquisa, tais como controlar o tipo, tempo e intensidade de dano nas plantas experimentais (VENÂNCIO et al., 2016; BLACKMON et al., 2016). Além disso, é mais simples e requer menos tempo do que trabalhar com indivíduos de herbivoria natural (BALDWIN, 1990; HJÄLTÉN, 2004). Outra vantagem evidente é que todo o processo pode ser analisado e observado em ambiente controlado, que além de evitar ataques de insetos garante que a influência de fatores externos, como fatores climáticos, pode ser desconsiderada.

De acordo com Jancoski (2019), plântulas de jatobá submetidas à herbivoria apresentaram respostas que indicam tolerância e compensação à herbivoria, como maior crescimento e biomassa. A compensação ocorre sempre que as plantas atacadas por herbívoros apresentam aumento em algumas características, e isso ocorre para manter o crescimento e a reprodução (THOMSON et al., 2003). No nosso estudo, os folíolos de jatobá não apresentaram crescimento significativamente diferente, quando comparamos as plantas controle e tratamento. Isso indica que a resposta do jatobá à herbivoria é sistêmica, e ocorre em várias instâncias do crescimento das plantas.

A remoção de tecido foliar pelos herbívoros pode diminuir o crescimento, a capacidade reprodutiva e a habilidade competitiva dos vegetais (COLEY & BARONE, 1996). De acordo com Nabity et al. (2009), a herbivoria altera a condutância hidráulica reduzindo a condutância estomática e a fotossíntese nas folhas, podendo os danos serem percebidos mesmo em locais distantes da lesão. No jatobá, no entanto, a herbivoria acelera a condutância estomática, indicando que os folíolos tendem a maximizar a absorção de água e transpiração; de fato este maior aporte hídrico em plantas com herbivoria pode ser a razão deste grupo de plantas apresentar maior performance (biomassa, crescimento, nitrogênio) quando comparado ao grupo controle (JANCOSKI, 2019).

De acordo com a literatura, uma série de eventos denotando acelerado metabolismo ocorre em resposta à herbivoria, tais como o aumento do número de estruturas reprodutivas (FREEMAN et al., 2003), taxas fotossintéticas, absorção de nutrientes (por exemplo, nitrogênio e carboidratos), crescimento vegetal (biomassa), incrementos nas trocas gasosas, melhora nas

relações hidráulicas e transpiração (PATAKI et al. 1998). Normalmente as respostas possivelmente são devido a maior retenção de fotoassimilados nas folhas. Desta forma, as evidências mostradas aqui, juntamente com estudos prévios com o jatobá (JANCOSKI, 2019) evidenciam que apesar dos folíolos não crescerem de forma diferente devido à herbivoria, isso aparentemente não influencia negativamente o desenvolvimento da planta; na verdade ocorre o contrário, pois as plântulas com herbivoria tem maior performance.

Folhas sujeitas à herbivoria podem apresentar crescimento diferente quanto aos lados direito e esquerdo, ou seja, a sua simetria bilateral fica comprometida (ALVES-SILVA & DEL CLARO, 2016). Diversos estudos mostram que a simetria bilateral das folhas é afetada por diversos fatores estressantes, dentre eles a herbivoria, e que isso pode comprometer a planta em si, levando até a decréscimos no valor reprodutivo (MOLLER & LOPE, 1998; MOURA et al., 2017; VENÂNCIO et al., 2016). No presente estudo, nós comparamos os lados dos folíolos (relação de área entre os lados dos folíolos - RAF) e notamos que o grupo controle apresentava menor simetria bilateral, ou seja, os lados dos folíolos cresciam em ritmos diferentes. Já os folíolos das plantas tratamento, cresciam de forma menos desigual. Isso indica que as plantas com herbivoria não estavam sob estresse, pois caso isso acontecesse, a RAF final seria maior no grupo tratamento. Este resultado, aliado ao crescimento foliar, é evidência de que, de fato, a herbivoria simulada teve pouco efeito nas plântulas e jatobá.

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho buscamos analisar a hipótese de que a herbivoria simulada afetasse de maneira expressiva o crescimento foliar. No entanto, segundo descrito no trabalho acima foi possível observar que não houve diferenças significativas entre o grupo controle e tratamento da espécie estudada. Este trabalho, juntamente com os resultados obtidos por Jancosky (2019) evidenciam que o jatobá possui ampla resposta de tolerância à herbivoria.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.H.; SCALIANTE, R.M.; MACEDO, L.B.; MOLINA, J.C. Resistência ao impacto na flexão de madeiras nativas e de reflorestamento. **Madeira arquitetura e engenharia**, [S. l.], p. 29-36, 2011.

ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Herbivory causes increases in leaf spinescence and fluctuating asymmetry as a mechanism of delayed induced resistance in a tropical savanna tree.

**Plant Ecology and Evolution**, v. 149, n. 1, p. 73–80, 2016.

AOYAMA, E.M. & LABINAS, A.M. **CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS PLANTAS CONTRA A HERBIVORIA POR INSETOS**. 15. ed. rev. [S. l.: s. n.], 2012. 365 p. v. 8. Disponível em: [https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/caracteristicas%20estrutura is.pdf](https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/caracteristicas%20estrutura%20is.pdf). Acesso em: 28 ago. 2022.

BARÔNICO, G.J. Pilosidade foliar reduz herbivoria em folhas jovens e maduras de *Qualea multiflora* Mart. em cerrado stricto sensu. **Neotropical Biology & Conservation**, v.7, n.2, p.122-128. 7p. 2012.

BALDWIN, I. T. Herbivory simulations in ecological research. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 5, p. 91–93, 1990.

BLACKMON, T.K.; MUIR, J.P.; WITTIE, R.D.; KATTES, D.H.; LAMBERT, B.D. Effects of simulated and insect herbivory on nitrogen and protein precipitable phenolic concentrations of two legumes. **J Plant Interact**, v.11, p. 61–66, 2016.

CALIXTO, E.S.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Foliar, anti-herbivore defense in *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae): Changing strategy according to leaf development. *Flora, Morphology, Distribution, Functional, Ecology of Plants*, v.212, p.19-23, 2015.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis na Amazônia**. Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, 280 pp. 2010.

CEBRIAN, J.; DUARTE, C.M.; AGAWIN, N.S.R.; MERINO, M. Leaf growth response to simulated herbivory: a comparison among seagrass species. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 220, n.1, p.67-81, 1998.

CHOOER, S.; BARON, Z.; JULIEN, M. Effect of simulated and actual herbivory on alligator weed, *Alternanthera philoxeroides*, growth and reproduction. **Biological Control**, v. 36, n. 1, p. 74–79, 2006.

COLEY, P.D. Rates of herbivory on different tropical trees. Pp. 123-132. In: LEIGH, E.G. JR., A.S. RAND, & D.M. WINDSOR (eds.). *The Ecology of a Tropical Forest: Seasonal Rhythms and Longterm Changes*. Smithsonian Inst. Washington, D.C. 468 pp. 1982

COLEY, P. D. & J. A. BARONE. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **An. Rev. Ecol. System**.v. 27, p.305-35. 1996.

COSTA, W.S.; SOUZA, A.L.; SOUZA, P.B. Espécies Nativas da Mata Atlântica: Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica. **Jatobá | Hymenaea courbaril L**, [s. l.], ed. 2, p. 1-18, março 2011. Disponível em: [http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11139/Jatoba\\_Ecologia%20C%20manejo%20C%20silvicultura%20e%20tecnologia%20de%20especies%20nativas%20da%20Mata%20atlantica%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11139/Jatoba_Ecologia%20C%20manejo%20C%20silvicultura%20e%20tecnologia%20de%20especies%20nativas%20da%20Mata%20atlantica%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 27 ago. 2022.

DELANEY, K. J. Injured and uninjured leaf photosynthetic responses after mechanical injury

on *Nerium oleander* leaves, and *Danaus plexippus* herbivory on *Asclepias curassavica* leaves. **Plant Ecology**, v. 199, n. 2, p. 187–200, 2008.

DELANEY, K. J.; MACEDO, T. B. The impact of herbivory on plants: Yield, fitness, and population dynamics. *In*: PETERSON, R. K. . D.; HIGLEY, L. G. (Ed.). *Biotic Stress and Yield Loss*. New York: CRC Press, p. 135–153, 2000.

DE SIBIO, P.R. **Aspectos ecológicos de um minador foliar em *Erythroxylum tortuosum* Mart.(Erythroxylaceae): qualidade da planta, anatomia das minas e variação hierárquica de traços vegetais**. Ciências Biológicas – Botânica – UNESP. Tese de Mestrado. 2008.79p.

FREEMAN, R. S., BRODY, A. K., NEEFUS, C. D. Flowering phenology and compensation for herbivory in *Ipomopsis aggregata*. **Oecologia**, v.136, p.394–401, 2003.

GADD, M.E.; YOUNG, T.P.; PALMER, T.M. Effects of Simulated Shoot and leaf herbivory on vegetative growth and plant defense in *Acacia drepanolobium*. **Oikos**, v.92, n.3, p.515-521, 2001.

HENDRIX S.D. Herbivory and its impact on plant reproduction. *In*: *Plant reproductive ecology: Patterns and strategies* (ed. LOVETT, J.; LOVETT, L.). Oxford University Press: Oxford, p. 246-263. 1988.

HJÄLTEN, J. Simulating herbivory: problems and possibilities. **Insects and Ecosystem Function**, v.173, p. 243–255, 2004.

IMENES, S.L. IDE, Sergio. Principais grupos de insetos pragas em plantas de interesse econômico. **Biológico**, v.64, n.2, p.235-238, 2002.

JANCOSKI, H.S. **CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE ÁRVORES EM RESPOSTA À SAZONALIDADE CLIMÁTICA E HERBIVORIA NA TRANSIÇÃO CERRADO-AMAZÔNIA**. Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - Campus de Nova Xavantina. Tese de Mestrado, 2019, 99p.

LEON, R.T. **Efeitos da herbivoria na sobrevivência e reprodução de *Actinocephalus polyanthus*, uma espécie monocárpica de dunas**. Universidade Federal de Santa Catarina – Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 2013, 101p.

LUCAS, P. W.; TURNER. I.M.; DOMINY, N.J.; YAMASHITA, N. Mechanical defences to herbivory. **Ann. Bot-London**, v. 86, n. 5, p. 913–920, 2000.

MOLES, A. T.; WESTOBY, M. Do small leaves expand faster than large leaves, and do shorter expansion times reduce herbivore damage? **Oikos**, v. 90, n. 3, p. 517–524, 2000.

MOLLER, A.P; LOPE, F.D.E. Affects Herbivory developmental of stone oak, instability *Quercus rotundifolia*. **Neotropical Biology & Conservation**, v.82, p.246–252, 1998.

MOURA, R. F.; ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Patterns of growth , development and herbivory of *Palicourea rigida* are affected more by sun / shade conditions than by Cerrado phytophysiology. **Acta Botanica Brasílica**, v. 31, n. June, p. 286–294, 2017.

NABITY, P. D., ZAVALA, J. A., DE LUCIA, E. H. Indirect suppression of photosynthesis on individual leaves by arthropod herbivory. **Annals of Botany**, v.103, n. 4, p. 655-663, 2009.

PATAKI, D. Responses of sap flux and stomatal conductance of *Pinus taeda* L. trees to stepwise reductions in leaf area. **J. Exp. Bot.** v.49, p. 871–878, 1998.

PESCHIUTTA, M. L.; BUCCI, S.J.; SCHOLZ, F.G.; GOLDSTEIN, G. Compensatory responses in plant-herbivore interactions: Impacts of insects on leaf water relations. **Acta Oecologica**, v. 73, p. 71–79, 2016.

PINTO, R.B.; TOZZI, A.M.G.A.; MANSANO, V.F. *Hymenaea* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22972>>. Acesso em: 15 ago. 2022

RAMALHO CARVALHO, P.E. Jatobá-do-Cerrado *Hymenaea stigonocarpa*. **Circular Técnica**, 133, [s. l.], p. 1-8, 2007.

ROMEU, B; BATILANI- FLHO, M.; FAVERI, S.B.; HERNÁNDEZ, M.I.M. Influência das características da vegetação na ocorrência de herbivoria por galhadores e mastigadores sobre salsaparrilha (*Smilax campestris*) em ambiente de restinga. **Ecologia de campo: abordagens no mar, na terra e em águas continentais**, p.230, 2014.

SANTOS, J.C.; DE ARAUJO, N.A.V.; VENÂNCIO, H.; ANDRADE, J.F.; ALVES-SILVA, E.; ALMEIDA, W.R.; CARMO-OLIVEIRA, R. ow detrimental are seed galls to their hosts? Plant performance, germination, developmental instability, and tolerance to herbivory in *Inga laurina* , a leguminous tree. **Plant Biology**, v. 18, p. 962–972, 2016.

SCHWARTZ, G. Jatobá - *Hymenaea courbaril*: SPECIES ORIGIN, ECOLOGY, BOTANY, AND SOCIOECONOMIC IMPORTANCE. In: EXOTIC fruits. [S. l.: s. n.], 2018. p. 257-261. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128031384000332>. Acesso em: 26 ago. 2022.

SHANLEY, P.; MEDINA, G.; CORDEIRO, S.; IMBIRIBA, M. Jatobá *Hymenaea courbaril* L. In **FRUTÍFERAS e Plantas Úteis na Vida Amazônica**. [S. l.]: Israel Gutemberg, Jânio Veríssimo, Widya Prajanthi, 2005. cap. 8, p. 105-113. Disponível em: <<https://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/frutiferas.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2022.

STRAUSS, S.Y., AGRAWAL, A.A. The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. **Trends Ecol. Evol.** v.14, p.179–185, 1999.

THOMSON, V. P., CUNNINGHAM, S. A., BALL, M. C., NICOTRA, A. B. Compensation for herbivory by *Cucumis sativus* through increased photosynthetic capacity and efficiency. **Oecologia**, v.134, p.167–175, 2003.

VARANDA, E. M.; PAIS, M. P. Insect folivory in *Didymopanax vinosum* (Apiaceae) in a vegetation mosaic of Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2B, p. 671–680, 2006.

VENÂNCIO, H.; SILVA, E. A.; SANTOS, J. C. Is a leaf life span enough to display changes on developmental instability and nitrogen after simulated herbivory? **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 222, p. 121–127, abr. 2016.