



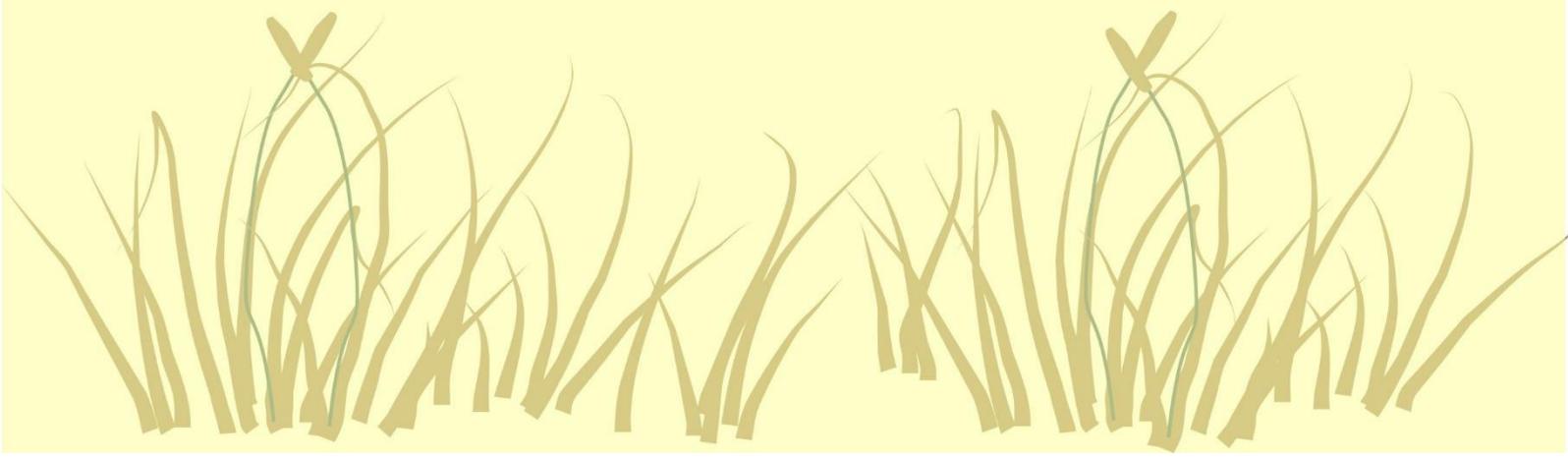
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

Influência de gradientes ambientais e formigas mutualistas na arquitetura e herbivoria de *Inga laurina* (Fabaceae)

SAULO SANTOS DOMINGOS

Orientador: Prof. Dr. Estevão Alves da Silva

Urutaí, 23 de março de 2021





Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

**Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do
Cerrado**

Coordenador

Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva

Urutaí, 23 de março de 2021

SAULO SANTOS DOMINGOS

Influência de gradientes ambientais e formigas mutualistas
na arquitetura e herbivoria de *Inga laurina* (Fabaceae)

Orientador

Prof. Dr. Estevão Alves da Silva

Dissertação apresentada ao Instituto Federal
Goiano – Campus Urutaí, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação em
Conservação de Recursos Naturais do Cerrado
para obtenção do título de Mestre.

Urutaí (GO)
2021

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

D671i Domingos, Saulo
Influência de gradientes ambientais e formigas mutualistas na arquitetura e herbivoria de *Inga laurina* (Fabaceae) / Saulo Domingos; orientador Estevão Alves da Silva. -- Urutaí, 2021.
30 p.

Dissertação (Mestrado em Conservação dos Recursos Naturais do Cerrado- CRENAC) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2021.

1. interação formiga-planta. 2. nectários extraflorais . 3. herbivoria foliar. 4. alteração ambiental. 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 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |

Nome Completo do Autor: Saulo Santos Domingos

Matrícula: 2019101330940132

Título do Trabalho: Influência de gradientes ambientais e formigas mutualistas na arquitetura e herbivoria de *Inga laurina* (Fabaceae)

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12/05/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

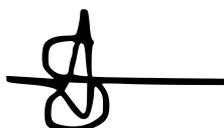
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

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;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, 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;
- 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.

Urutaí, 17/05/2021.



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 22/2021 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº/63

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e três dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e um, às oito horas, reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Saulo Santos Domingos**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado "**Influência de gradientes ambientais e formigas mutualistas na arquitetura e herbivoria de *Inga laurina* (Fabaceae)**". A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Estevão Alves da Silva**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado**, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, na área de concentração em **Ciências Ambientais**, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado** da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A banca examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Estevão Alves da Silva	IF Goiano - Campus	Presidente

Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva

Urutaí

IF Goiano - Campus Membro interno
Urutaí

Prof. Dr. Diego Vinícius Anjos Silva

Universidade Federal Membro
de Uberlândia externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Diego Vinícius Anjos Silva, Diego Vinicius Anjos Silva - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259)**, em 23/03/2021 10:16:14.
- **Daniel de Paiva Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 23/03/2021 10:08:31.
- **Estevao Alves da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 23/03/2021 10:07:32.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/03/2021. 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: 251468

Código de Autenticação: cf3ea5f076



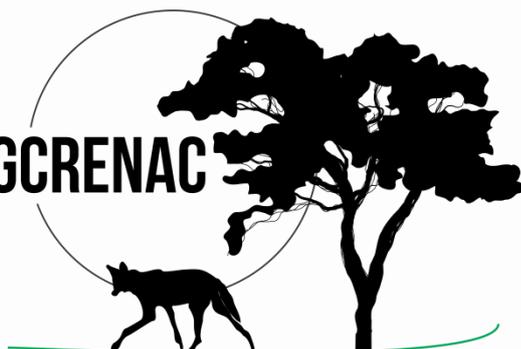
INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

PPGCRENAC



Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

FICHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	Influência de gradientes ambientais e formigas mutualistas na arquitetura e herbivoria de <i>Inga laurina</i> (Fabaceae)
Orientador:	Prof. Dr. Estevão Alves da Silva
Coorientador(a):	
Autor:	Saulo Santos Domingos

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 23 de março de 2021, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir.

Prof. Dr. Estevão Alves da Silva
Orientador, IF Goiano – Campus Urutaí
Presidente

Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva
IF Goiano – Campus Urutaí
Membro titular

Prof. Dr. Diego Vinícius Anjos Silva
Universidade Federal de Uberlândia-UFU
Membro titular

*“Vivendo, se aprende; mas o que se aprende,
mais, é só fazer outras maiores perguntas”.*
(João Guimarães Rosa- Grandes Sertões Veredas)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor e orientador Prof. Dr. Estevão Alves da Silva pela sinceridade e apoio na construção de todo o trabalho, sua precisão nas correções da redação e auxílio no mesmo. As atividades de campo memoráveis nas mediações do Campus de Urutaí-GO que foram produtivas e que me levaram às várias questões mediadoras desse estudo.

Grato pelos professores do PPG CRENAC-Urutaí que foram acessíveis e prestativos no turno e contra turno além da boa conversa e poder compartilhar grandes experiências e toda a disponibilidade e atenção dada, em especial aos professores Prof. Dr. André Luis da Silva Castro, Prof. Dr. Marcus Vinícius Vieitas Ramos e Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva.

Aos servidores e gestores do meu trabalho na Agência Municipal do Meio Ambiente (AMMA), especialmente ao Antonio Júnio, que contribuiu no acesso ao Parque Ambiental Macambira-Goiânia para a realização do experimento em campo.

Aos servidores municipais que auxiliaram no transporte e implantação das plântulas da espécie *Inga laurina* nos pontos de monitoramento do parque.

Ao diretor Wellington do Colégio Estadual José Lobo onde trabalho como docente, com o seu apoio durante o processo do Mestrado em Urutaí.

Aos demais amigos do curso do CRENAC e externo a ele pelo incentivo, convívio e durante as disciplinas desenvolvidas no curso.

Meus pais Pedro Domingos e Adalzira Santos, e meu irmão Daniel Domingos que me incentivaram na busca dos meus sonhos e na realização deles.

Em especial à minha esposa Letícia Ramos que investiu o seu tempo e paciência em todo o processo do trabalho desenvolvido.

Ao meu filho Miguel Luan Ramos Domingos que me mostrou vários motivos para acreditar nos meus propósitos e lutar por eles.

Finalmente a Deus por trilhar meus caminhos à conclusão deste trabalho e me abençoar na tomada de decisões diante às circunstâncias da vida.

SUMÁRIO

<i>LISTA DE FIGURAS</i>	3
<i>LISTA DE TABELAS</i>	4
<i>RESUMO</i>	5
<i>ABSTRACT</i>	6
<i>1-INTRODUÇÃO</i>	1
<i>2-MATERIAIS E MÉTODOS</i>	2
<i>2.1-Área de estudo</i>	2
<i>2.3-Delineamento experimental</i>	4
<i>2.2-Planta de estudo</i>	4
<i>2.4-Dados das plantas</i>	5
<i>2.5-Estudo das formigas</i>	5
<i>2.6-Dados físicos</i>	5
<i>2.7-Análises estatísticas</i>	6
<i>3-RESULTADOS</i>	6
<i>4-DISCUSSÃO</i>	12
<i>5-CONCLUSÃO</i>	14
<i>6-REFERÊNCIAS</i>	14

LISTA DE FIGURAS

Figure 1. Visão aérea do contorno do Parque Ambiental Macambira (PAM) (linha cor amarela) e os marcadores indicando as bordas oeste e leste (Fonte: Google Maps, acessado no dia 21 de abril de 2021). Visão local da borda oeste (a), interior (b) e borda leste (c). Esquema de plantio em pares das mudas de <i>Inga laurina</i> em ordem numérica entre as bordas (percurso de 200 m) com plantas sem formigas (cinza) e plantas com formigas (preto)	303
Figura 2. Plântula de <i>Inga laurina</i> (a), inserção do NEF em cada par de folíolo(b), a produção do néctar (c) e sendo visitado por uma formiga <i>Camponotus</i> sp (d).....	05
Figura 3. Variação (média e desvio padrão) da (a) temperatura, (b) umidade e (c) luminosidade nos diferentes pontos de amostragem. Nos locais classificados como “bordas”, notamos um visível contraste com os locais classificados como interior.	07
Figura 4. Comparação (média e 1 desvio padrão) entre (a) temperatura, (b) umidade e (c) luminosidade nos locais classificados como borda e interior. Em todas as comparações, as diferenças estatísticas foram significativas ($P < 0.0001$, teste de Kruskal-Wallis seguindo do teste de Dunn).	08
Figura 5. Variação da altura (a) e número de folhas (b) e nectários extraflorais (c).	10
Figura 6. Variação (média e desvio padrão) da taxa de herbivoria em <i>Inga laurina</i> de acordo com o local (bordas e interior), tempo e presença/ausência de formigas.....	12

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1. Resultados do glmm mostrando as variáveis que influenciaram a altura, o número de folhas e o número de nectários extraflorais em <i>Inga laurina</i>. Valores de P em negrito indicam diferenças estatísticas significativas ($P < 0.05$).</u>	08
<u>Tabela 2. Resultados estatísticos dos testes relacionando se a taxa de herbivoria em <i>Inga laurina</i> foi influenciada pelo local (borda e interior), tempo, presença/ausência de formigas e pelo número de folhas disponíveis nas plantas.</u>	11

Influência de gradientes ambientais e formigas mutualistas na arquitetura e herbivoria de *Inga laurina* (Fabaceae)

RESUMO

As interações mutualísticas entre formigas e plantas podem beneficiar ambas as espécies quando plantas fornecem às formigas néctar através dos nectários extraflorais (NEFs) e quando estas afugentam herbívoros. Porém, essas associações podem receber interferência das condições físicas do ambiente como temperatura, umidade e luminosidade, assim como as modificações na estrutura da paisagem. Nesse estudo nós investigamos como diferentes áreas (bordas e interior) de um fragmento e a presença das formigas influenciavam a arquitetura (altura e número de folhas), o número de NEFs e a herbivoria foliar de *Inga laurina* (Sw.) Willd. (Fabaceae). As plantas ($n = 88$) foram distribuídas em quatro transectos ao longo de 200 metros em um fragmento florestal urbano, e acompanhadas entre novembro (2019) a maio (2020). As plantas foram separadas em grupos com e sem formigas, e nestas últimas aplicamos uma resina na sua base para impedir o acesso das formigas. Dados físicos de temperatura, umidade e luminosidade foram coletados ao longo do gradiente ambiental, o que nos permitiu classificar o fragmento em três ambientes distintos: interior, borda oeste e borda leste. *Inga laurina* apresentou maior altura na borda leste e interior, crescendo de forma favorável em ambos os ambientes e sendo resiliente às variações ambientais. Plantas no interior apresentaram maior número de folhas e NEFs, enquanto a produção de folhas não foi influenciada pelas formigas; o número de NEFs foi maior em plantas sem formigas. A herbivoria foi maior nas bordas onde apresentou influência das formigas, ao contrário do interior onde as plantas não apresentaram diferença significativa entre a herbivoria e os grupos de plantas (com e sem formigas). Enquanto na borda oeste as formigas influenciaram a redução de herbivoria, na borda leste elas não contribuíram para isso. As interações mutualísticas ocorreram apenas na borda com menor variação climática e heterogeneidade ambiental, onde a borda apresentou maior cobertura vegetal. Nosso estudo pode auxiliar o monitoramento ambiental em áreas alteradas, entender os efeitos da variação ambiental e herbivoria nas interações formiga-planta para manter a qualidade ambiental e a conservação das espécies envolvidas.

Palavras-chave: Alteração climática, borda do fragmento, herbivoria foliar, interação formiga-planta, nectários extraflorais, plantas mirmecófilas

Influence of environment and mutualistic ants on the architecture and herbivory of *Inga laurina* (Fabaceae)

ABSTRACT

The interactions between ants and plants are based on the exchange of favors. Plants offer a sugared solution in the form of extrafloral nectaries (EFNs) and ants act as plant guards by warding off herbivores. These mutualistic interactions are influenced by physical conditions such temperature, humidity and luminosity, and can also be under the effect of the environment. In this study we investigated how different sites (edge and interior of a fragment) and the presence of ants influence the architecture (growth and the number of leaves), the number of EFNs and leaf herbivory in *Inga laurina* (Sw.) Willd. (Fabaceae). The plants ($n = 88$) were planted along 200 meters within an urban forest fragment; the plants were also assigned to two groups, one with and one without ants. Ants were excluded with the aid of a resin which was applied to the plant foot. The fieldwork was carried from December 2019 to May 2020. Data of temperature, humidity and luminosity made it possible to clearly distinguish between edges (high temperature and luminosity, low humidity) and the interior of the fragment. Plant height was affected by both ants and site; plants without ants were taller in one edge. The number of leaves neither was influenced by ants nor sites. The number of EFNs was higher in plants without ants in the interior of the fragment. Ants had conditional effects on leaf herbivory, because in one edge plants with ants had low levels of leaf damage in comparison to plants without ants; however, in other edge the results were the opposite an in the interior no difference was found between plant groups. We conclude that the development of *I. laurina* is not sensitive to environmental gradients, because its architecture was weakly influenced by sites. Furthermore, despite being myrmecophilous, *I. laurina* benefited from ant presence in only a limited site within the fragment, and evidence of how ant-plant interactions can be conditional.

Keywords: Ant-plant interaction, edge, climate alteration, extrafloral nectaries, leaf herbivory

1-INTRODUÇÃO

Plantas mirmecófilas são aquelas que possuem algum tipo de associação mutualística com formigas (JANZEN, 1966, MARTINS, 2017), a exemplo das plantas com nectários extraflorais (NEFs) (TURLINGS; WÄCKERS, 2009) que são glândulas que produzem carboidratos, vitaminas, aminoácidos, proteínas e outros compostos orgânicos (BAKER et al., 1978, DÁTTILO et al., 2014). Os NEFs estão presentes em aproximadamente 108 famílias de plantas vasculares, sendo muito comuns na região neotropical (BURSLEM et al., 2006) e, principalmente, em espécies de Fabaceae (WEBER; KEELER, 2013). Essas estruturas estão localizadas, sobretudo, nas folhas e atraem formigas agressivas que afugentam herbívoros (BEATTIE; HUGHES, 2002, OLIVEIRA; DEL-CLARO, 2005), mas também podem atrair espécies de formigas não agressivas que coexistem com herbívoros (e.g. larvas de borboletas) (BÄCHTOLD; ALVES-SILVA; DEL-CLARO, 2017).

Essas interações inseto-planta podem ser influenciadas por fatores como o estado fenológico da planta (KORNDÖRFER; DEL-CLARO, 2006), sazonalidade dos nectários extraflorais (CALIXTO; LANGE; DEL-CLARO, 2015), dominância hierárquica das formigas (KAMINSKI et al., 2009) e características da vegetação (gramíneas, arbusto e arbóreas) do entorno (DÁTTILO et al., 2013). Os fatores ambientais também interferem nestas interações como a variação de temperatura e umidade (COLLINGE, 2001; RICO-GRAY et al., 2012), precipitação (MARTINS, 2017), luminosidade (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 2008), assim como a modificação da paisagem ao longo do tempo (THOMPSON; TURNER, 2014).

O distúrbio de origem antrópica, como a formação de fragmentos florestais (LAURANCE, 2008) pode alterar a diversidade das espécies (BROWN; HUTCHINGS, 1997) bem como as suas interações (XIMENES PINHO; DÁTTILO; LEAL, 2017). O desmatamento em áreas florestadas, por exemplo, altera a paisagem resultando em habitats mais heterogêneos formando sítios favoráveis para apenas algumas espécies de formigas (BILCE et al., 2011).

A influência do ecossistema adjacente ao fragmento no ambiente e nas espécies é conhecida como efeito de borda (MURCIA, 1995) e pode ocorrer em uma faixa de transição entre a matriz florestal e a borda. Alguns estudos indicam que esses efeitos podem ser visualizados em uma extensão que pode variar de 30 (MOREIRA et al., 2012), 60 (BATAGHIN; PIRES; BARROS, 2012), 200 (FERREIRA, 2017) a 500 metros no fragmento (LAURANCE, 1991).

O efeito de borda gera como consequência a variação nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do ambiente (WIENS et al., 1993). O aumento de luminosidade, temperatura e redução da umidade que ocorrem nas bordas (RODRIGUES, 1998, FERRAZ, 2011) pode interferir na manutenção da interação formiga-planta (CRIST, 2009). Apesar do efeito de borda ser estudado em muitas florestas densas, há poucos trabalhos no Cerrado (LIMA-RIBEIRO, 2008) inclusive envolvendo interações entre formigas arborícolas e plantas (GOMES; IANNUZZI; LEAL, 2010).

Alterações no ambiente modulam a distribuição e ocupação das formigas (SANTOS et al., 2006) assim como a composição dessas espécies (COSTA-MILANEZ et al., 2015; ALVES-SILVA et al., 2020). A formação das bordas modifica a estrutura e distribuição das espécies vegetais (LEITE, 2001) com a perda de área florestada e a criação de microclimas (CARMO; VASCONCELOS; ARAÚJO, 2011). Como consequência, as formigas generalistas predominam no ambiente com menor riqueza de árvores (GOMES; IANNUZZI; LEAL, 2010).

No ambiente de borda, muitos autores relatam a diminuição da biodiversidade e impactos na interação entre insetos e outros organismos (DIDHAM et al., 1996, HARRISON;

BRUNA, 2016, SINCLAIR; MDUMA; BRASHARES, 2003). Algumas espécies de formigas podem ser dominantes nas bordas reduzindo a presença de outras espécies de acordo com a mudança na estrutura da vegetação (PEREIRA et al., 2007). A variação climática influencia o padrão de distribuição e abundância de populações vegetais assim como o crescimento dessas espécies (LIMA-RIBEIRO, 2008). Maiores índices de temperatura e luminosidade favorecem a taxa fotossintética e crescimento de plantas, enquanto a maior umidade contribui para o crescimento de espécies secundárias (LAURANCE; CURRAN, 2008).

O interior dos fragmentos pode apresentar outro cenário, com maior ocupação de espécies arbóreas que possuem NEFs (CÂMARA et al., 2017) e formigas especialistas que são consideradas indicadores de habitats mais conservados (OLIVEIRA; GRILLO; TABARELLI, 2004). As espécies arbóreas tolerantes à sombra sofrem menos com os efeitos da competição entre plantas pioneiras no interior (LAURANCE et al., 1997). Os herbívoros podem ocupar menos as plantas nesse ambiente onde há menor luminosidade e menor exposição dos habitats em comparação às bordas, assim elas recebem menos danos por herbivoria (EVANS; TURLEY; TEWKSBURY, 2013).

Os herbívoros oportunistas são beneficiados pela formação de novos microclimas na região de borda (HOLLDOBER; WILSON, 1990; BILCE et al., 2011) e seus ataques podem alterar a arquitetura da planta afetando seu crescimento (SCHOONHOVE et al. 2005; PIRES, 2015). O aumento da herbivoria nas bordas (CARDOSO; SILVA; TABARELLI, 2004) pode ser devido a maior frequência de plantas rasteiras (e.g. gramíneas e arbustos) no entorno das plantas (MICHALSKI; NISHI; PERES, 2007) que fornecem recursos nutricionais (nitrogênio) para insetos generalistas (CADENASSO; PICKETT, 2000). Nesta situação de estresse ambiental, as plantas sofrem alterações bioquímicas produzindo mais nutrientes nas folhas, se tornando mais palatáveis e menos resistentes aos herbívoros (WHITE, 1969; SCHOWALTER et al., 1999; JOERN; MOLE, 2005).

Neste estudo, avaliamos as mudanças microclimáticas em um fragmento de Cerrado, a fim de classificar as áreas de borda/interior do fragmento florestal. Em seguida realizamos um experimento para indicar como as diferentes áreas (bordas e interior) do fragmento e a presença das formigas mutualistas influenciavam a arquitetura (crescimento e número de folhas), o número de NEFs e a herbivoria foliar de *Inga laurina* (Sw.) Willd. (Fabaceae).

De acordo com as nossas hipóteses, (i) haverá diferença nos dados físicos entre as bordas e o interior do fragmento; (ii) plantas sem formigas apresentarão maiores taxas de herbivoria independentemente do ambiente; e (iii) plantas nas bordas iriam apresentar maior arquitetura. Por fim, (iv) testamos o efeito da interação grupo de plantas \times local, e esperávamos demonstrar que no interior do fragmento, plantas com formigas iriam apresentar maior desenvolvimento e menor herbivoria em comparação com o grupo sem formigas.

2-MATERIAIS E MÉTODOS

2.1-Área de estudo

O trabalho foi realizado entre os meses de novembro (2019) e maio (2020) no Parque Ambiental Macambira (PAM) (16°44'26.20" S, 49°19'11.10" W) (**Figura 1**), um fragmento florestal localizado em uma Área de Preservação Permanente (APP) na cidade de Goiânia (Goiás, Brasil). O parque possui 25,3 ha e apresenta altitude entre 809 m a 827 m. O solo é classificado como latossolo vermelho amarelo com textura argilosa e areno-argilosa (SEPLANH et al., 2017). O ambiente amostrado compreende uma área de transição do Cerrado onde ocorrem predominantemente fitofisionomias de cerradão e mata de galeria, constituindo uma mata ripária que protege as nascentes do córrego Macambira.

O clima local é considerado Aw pela classificação de Köppen, que se caracteriza por ser clima tropical com estação seca no inverno (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014). Dois períodos são perceptíveis: seco, entre maio a setembro (outono-inverno) e chuvoso entre outubro a abril (primavera-verão, e que concentra 88% da precipitação anual); a precipitação total média anual varia entre 1,347 a 1,575 mm (CASAROLI et al., 2018). Os índices de evaporação podem chegar ao mínimo de 60 a 80 mm no mês de dezembro (maior excedente hídrico) e máxima de 340 a 360 mm em setembro (maior déficit hídrico) (CASAROLI et al., 2018).

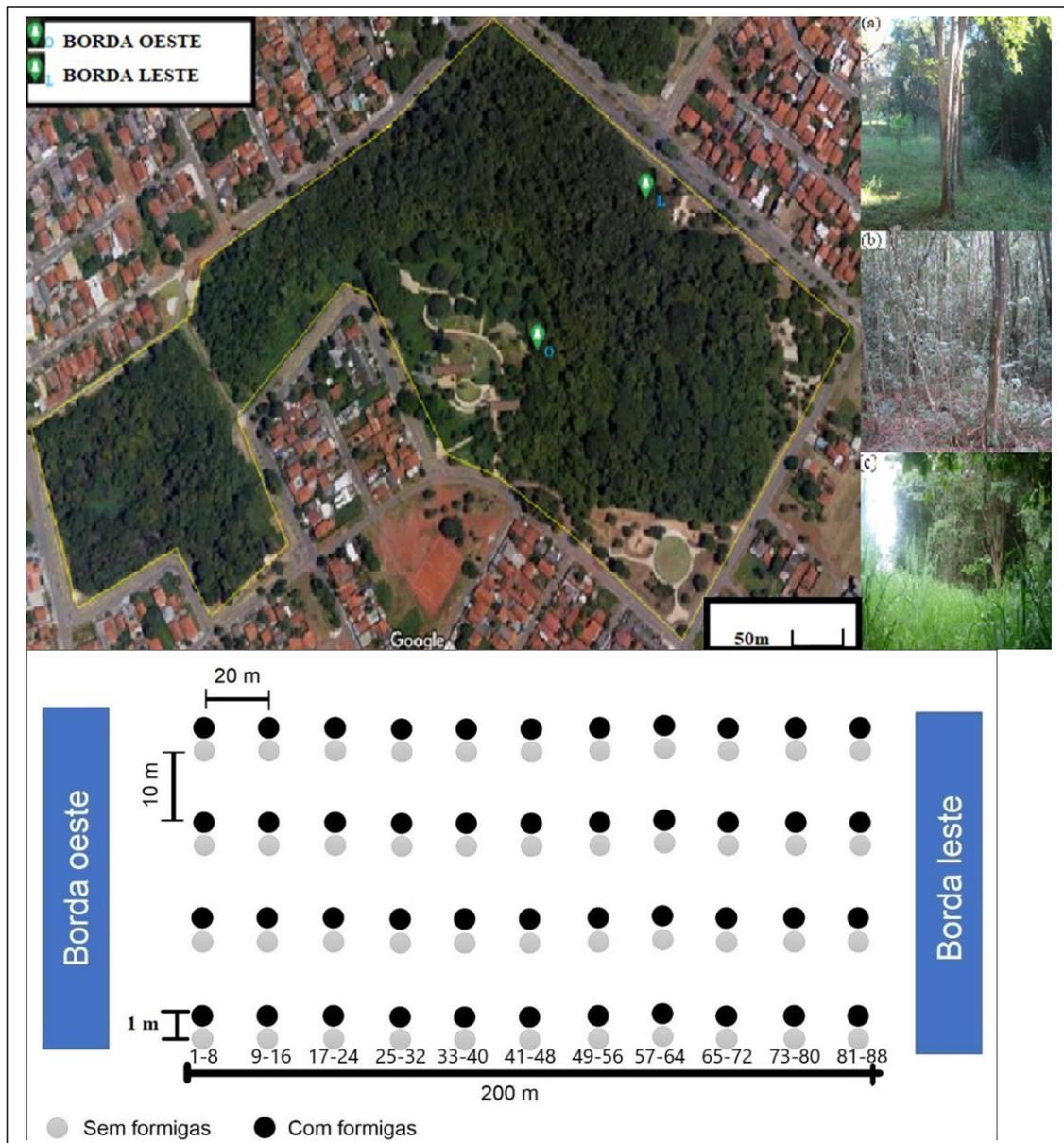


Figura 1. Visão aérea do contorno do Parque Ambiental Macambira (PAM) (linha cor amarela) e os marcadores indicando as bordas oeste e leste (Fonte: Google Maps, acessado no dia 21 de abril de 2021). Visão local da borda oeste (a), interior (b) e borda leste (c). Esquema de plantio em pares das mudas de *Inga laurina* em ordem numérica entre as bordas (percurso de 200 m) com plantas sem formigas (cinza) e plantas com formigas (preto).

O parque foi primeiramente classificado em regiões de borda leste, oeste e interior, usando a própria forma do parque e a disposição de nossos transectos. A borda oeste (**Figura 1-a**) está situada na região oeste e tem interface com o interior do parque, a borda leste na região leste (**Figura 1-c**) tem contato com o ambiente externo do parque e entre as bordas encontra-se a região do interior (**Figura 1-b**). A real delimitação das distâncias (para fins estatísticos) das bordas e interior ocorreu com a coleta de dados climáticos (ver Resultados).

2.3-Delineamento experimental

Plântulas de *I. laurina* (88 espécimes) entre 15 e 20 cm de altura foram adquiridas no viveiro da Agência Municipal do Meio Ambiente localizado em Goiânia para serem plantadas no Parque Ambiental Macambira. No primeiro dia do plantio, as plântulas foram distribuídas em quatro transectos distantes 10 m entre si, em um perímetro de 200 m de uma borda a outra do parque. Em cada transecto, 11 pares de indivíduos foram plantados com distanciamento horizontal de 20 m entre cada par (**Figura 1**). Em cada par, uma planta foi classificada como grupo “controle – com formigas” por não receber nenhum tipo de intervenção e a outra como grupo de planta “tratamento – sem formigas”, ficando distantes a 1 m entre si. Nesse último grupo, as plantas receberam em suas bases a aplicação de uma resina atóxica que impede o acesso das formigas à planta (OLIVEIRA; DEL-CLARO, 2005).

2.2-Planta de estudo

Inga laurina (**Figura 2-a**) é uma espécie perenifólia pelo brotamento contínuo, heliófita e higrófito, crescendo em ambientes com claridade e grande umidade. *I. laurina* apresenta folhas compostas contendo de um a três pares de folíolos opostos e NEFs localizados nos ramos foliares na inserção de cada folíolo (**Figura 2-b**) (POSSETTE; RODRIGUES, 2010).

A espécie é considerada secundária inicial ou de clímax (GRIMES; PENNINGTON; WISE, 1998) sendo utilizada na restauração florestal, arborização urbana e sistemas agroflorestais (LORENZI, 1998). Esta leguminosa é comum na região neotropical, ocorrendo desde o México até o Uruguai; no Brasil pode ser encontrada naturalmente no cerrado (NUNES et al., 2007). O gênero *Inga* apresenta aproximadamente 400 espécies, e todas possuem NEFs (LEON, 1985). Estudos de campo relatam a associação mutualística mediada pelos NEFs (**Figura 2-c**) de espécies do gênero *Inga* com formigas (**Figura 2-d**) como a estratégia de defesa biótica mais comumente utilizada pela planta (KOPTUR, 2009).

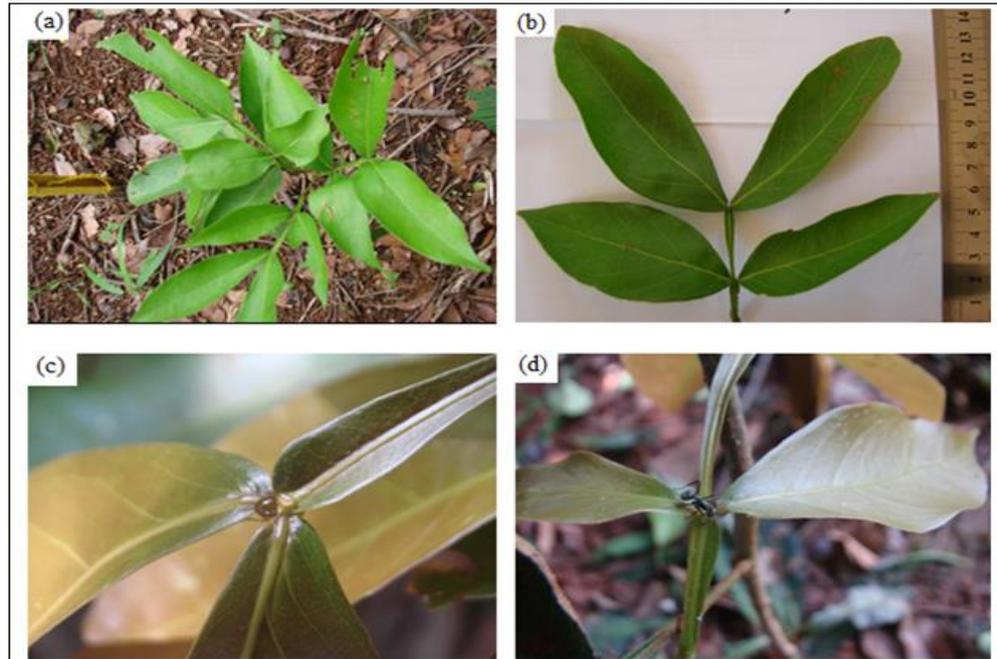


Figura 2. Plântula de *Inga laurina* (a), inserção do NEF em cada par de folíolo (b), a produção do néctar (c) e um indivíduo de *I. laurina* sendo visitado por uma formiga *Camponotus* sp. (d).

2.4-Dados das plantas

As plantas foram aclimatadas neste ambiente por um período de 21 dias. O número de NEFs, folhas totais e folhas com perda de área foliar por herbivoria e altura das plantas foi registrado no início e no fim do experimento (seis meses de intervalo). A altura da planta foi medida com o uso de uma trena. A razão entre o número de folhas com perda de área foliar por herbivoria e número de folhas totais foi usada para determinar a taxa de herbivoria.

2.5-Estudo das formigas

O monitoramento da mirmecofauna foi realizado ao longo do experimento no intervalo de três semanas, a fim de verificarmos se formigas estavam interagindo com as plantas do grupo controle. Percorrendo o gradiente ambiental no período matutino, a presença de formigas foi registrada sob as plantas sem retirá-las do ambiente, evitando qualquer interferência que prejudicasse as interações.

2.6-Dados físicos

A cada três semanas, a temperatura e umidade relativa do ar foram registradas em cada ponto de plantio, no horário matutino entre as 08:00 h e 09:00 h por meio do termo-higômetro digital MTH-1300 Minipa (calibração rastreada RBC válida para o ano de 2020). A quantidade de lúmens (lux) foi medida em uma área amostral utilizando o celular como ferramenta que era mantido acima de cada planta para captação da luminosidade incidente, com o uso do aplicativo Science Journal do Google (Versão 3.5.329666436 de 2020).

2.7-Análises estatísticas

Os dados climáticos de borda e interior foram plotados e com a análise gráfica os pontos de amostra foram separados e classificados como borda oeste, leste e interior. Esses pontos de bordas e interior foram comparados com testes de Kruskal-Wallis (dados não paramétricos) seguidos do teste *a posteriori* de Dunn, a fim de verificarmos se estes três ambientes diferiam em temperatura, umidade e luminosidade. Uma vez comprovada essa diferença, esses pontos de bordas e interior foram incorporados como variáveis categóricas nas análises a seguir.

Testes GLMM (*general linear mixed models*) foram usados para se analisar a influência do local (borda oeste, leste e interior) e dos grupos de plantas (com e sem formigas) na altura, no número de folhas e no número de NEFs das plantas. Para controlar o efeito da altura das plantas na variável “número de folhas” (assumindo-se que plantas maiores poderiam ter mais folhas), essa variável foi incorporada também nos modelos estatísticos. Já o número de folhas foi primeiramente incorporado na análise de nectários extraflorais, pois assumimos que plantas com mais folhas teriam também mais NEFs. Porém, os resíduos do modelo acusaram uma grande “*overdispersion*” (falta de robustez do modelo), e então a variável “altura” foi inserida na análise dos NEFs, assumindo que plantas mais altas teriam mais folhas e conseqüentemente mais NEFs. Diferentes “erros” (binomial negativo, Poisson, Gaussiano) foram incorporados aos GLMM para se comparar modelos e chegar ao mais robusto e que apresentasse menor *overdispersion*; valores de AIC (critério de informação de Akaike) foram também usados para se escolher os melhores modelos.

A relação entre a taxa de herbivoria (% de folhas atacadas), local e grupos de plantas também foi analisada com GLMM, porém a fim de evitar *overdispersion*, esse modelo contou com os dados médios de herbivoria. Nesta análise, nós também colocamos a variável temperatura como preditora, a fim de examinar a influência dessa variável climática na herbivoria. A escolha pela variável temperatura ocorreu por essa apresentar melhor distribuição do que a umidade e luminosidade, dando mais robustez ao modelo estatístico. Nós também fizemos análises (GLMMs) separadas para os locais (bordas e interior) para avaliar mais especificamente a herbivoria em cada local.

Todas as análises e gráficos foram feitos no programa R versão 3.6.2 (WICKHAM et al., 2019) usando os seguintes pacotes *bbmle* (BOLKER et al. 2008), *glmmTMB* (MAGNUSSON et al., 2020), *car* (FOX; WEISBERG, 2011), *DHARMA* (HARTIG, 2018), *emmeans* (LENTH et al., 2020), *ggplot2* (WICKHAM, 2011) e *gridExtra* (AUGUIE, 2017).

3-RESULTADOS

Através dos gráficos de dados físicos (temperatura, umidade e luminosidade) foi possível estabelecer as regiões de bordas e interior do fragmento, pois estas variáveis apresentaram valores visivelmente diferentes (**Figura 3**). Desta forma, consideramos o ponto 1 ao 16 (extremidade da borda oeste) e 81 ao 88 (extremidade da borda leste) como bordas, e os pontos 17 a 80 como interior. Nesta divisão, quando comparamos as variáveis entre borda e interior, todas foram estatisticamente diferentes ($P < 0.0001$ em todos os casos) (**Figura 4**).

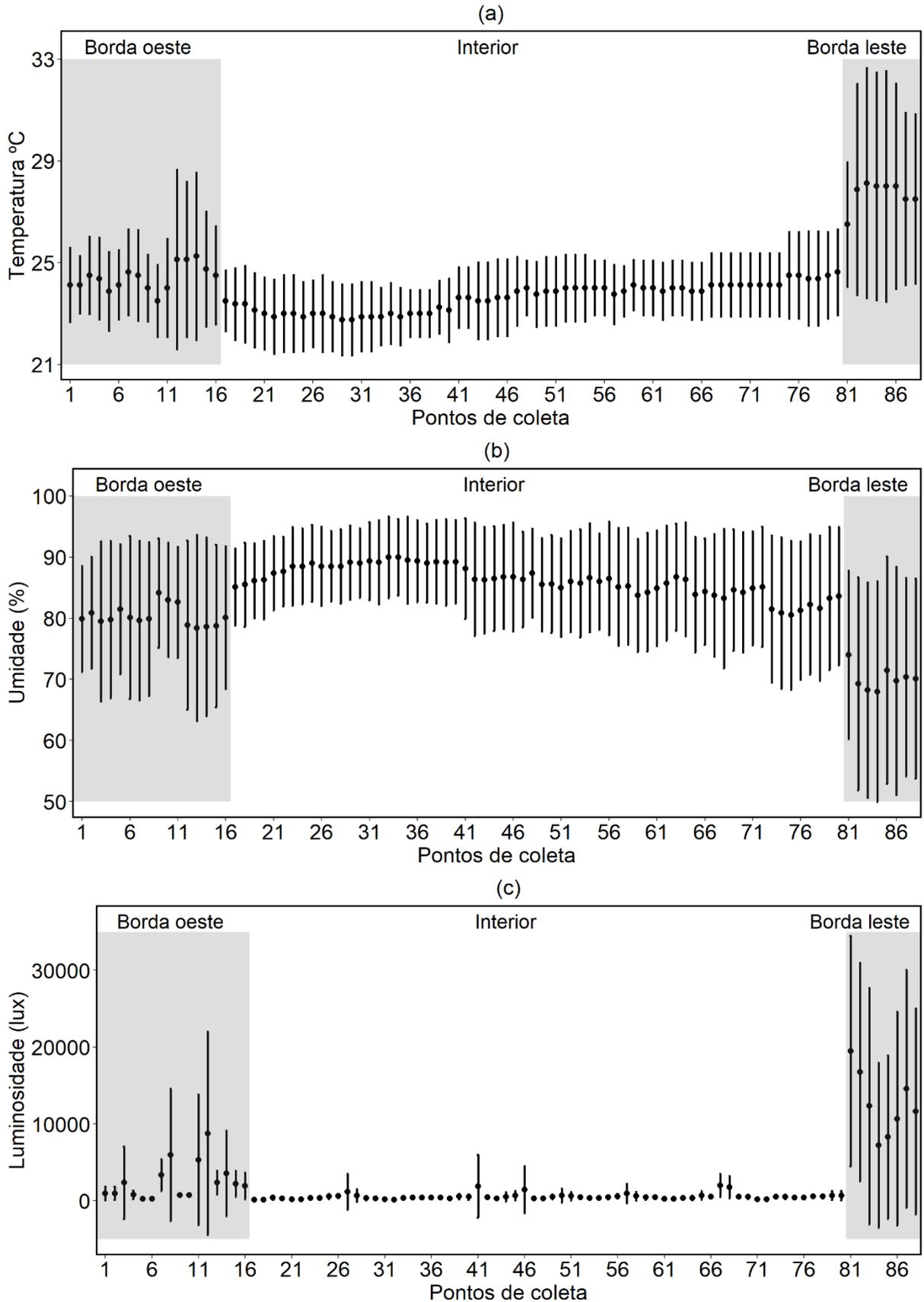


Figura 3. Variação (média e desvio padrão) da (a) temperatura, (b) umidade e (c) luminosidade nos diferentes pontos de amostragem. Nos locais classificados como “bordas”, notamos um visível contraste com os locais classificados como interior.

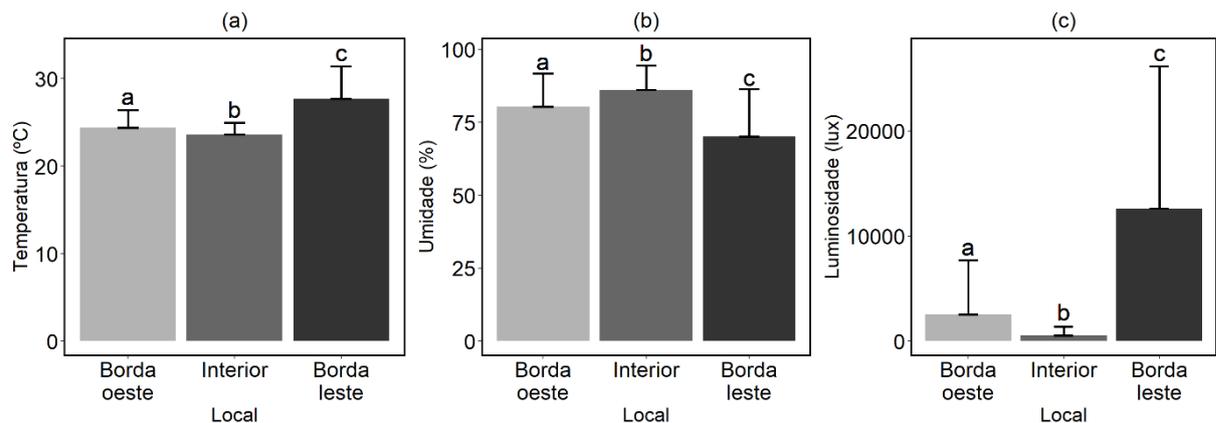


Figura 4. Comparação (média e desvio padrão) entre (a) temperatura, (b) umidade e (c) luminosidade nos locais classificados como borda e interior. Em todas as comparações, as diferenças estatísticas foram significativas ($P < 0.0001$, teste de Kruskal-Wallis seguindo do teste de Dunn).

Entre as espécies de formigas encontradas podemos destacar a *Camponotus* sp., uma espécie generalista que permaneceu tanto nas bordas como no interior, a espécie *Pseudomyrmex* sp. que ocorreu apenas no interior e *Chephalotes* sp. apenas na borda oeste. A presença de formigas influenciou significativamente a altura das plantas (**Tabela 1**), porém não da forma esperada, pois as plantas sem formigas cresceram mais (em média 6.5%) do que as plantas onde as formigas estavam presentes (**Figura 5**).

O local também influenciou significativamente a altura das plantas, e as diferenças foram entre as bordas leste e oeste (Tukey post hoc $p = 0.0045$), e entre a borda oeste e o interior (Tukey post hoc $p = 0.0175$); a borda leste e o interior não diferiram quanto à altura as plantas (Tukey post hoc $p = 0.2527$). A interação entre os grupos de plantas (com e sem formigas) e os locais (borda e interior do fragmento) não foi significativa na variável altura.

O número de folhas apresentou diferença significativa somente em relação à altura das plantas. A interação formigas * local não foi significativa, mas mesmo assim, ao olharmos a **Figura 6** percebemos uma mudança no número de folhas em relação às plantas com e sem formigas, especialmente no interior do fragmento. O número de NEFs não foi influenciado pela presença de formigas, mas sim pela altura das plantas, pelo tempo, pelo local e pela interação entre formigas e local; as plantas sem formigas do interior produziram mais NEFs.

Tabela 1. Resultados do glmm mostrando as variáveis que influenciaram a altura, o número de folhas e o número de nectários extraflorais em *Inga laurina*. Valores de P em negrito indicam diferenças estatísticas significativas ($P < 0.05$).

Variáveis	χ^2 de Wald	Graus de lib.	Valor de P
Altura (cm)			
Formigas	4.4622	1	0.0346
Local	11.8738	2	0.0026
Tempo	56.8251	1	<0.0001

Formigas *local	2.5392	2	0.2809
Número de folhas			
Formigas	0.0922	1	0.7614
Local	3.394	2	0.1832
Tempo	0.0884	1	0.7662
Altura das plantas	6.7315	1	0.0094
Formigas *local	5.6533	2	0.0592
Número de nectários extraflorais			
Formigas	0.1802	1	0.6712
Local	7.7516	2	0.0207
Tempo	7.8823	1	0.0049
Altura das plantas	11.8042	1	<0.0001
Formigas *local	6.2852	2	0.0431

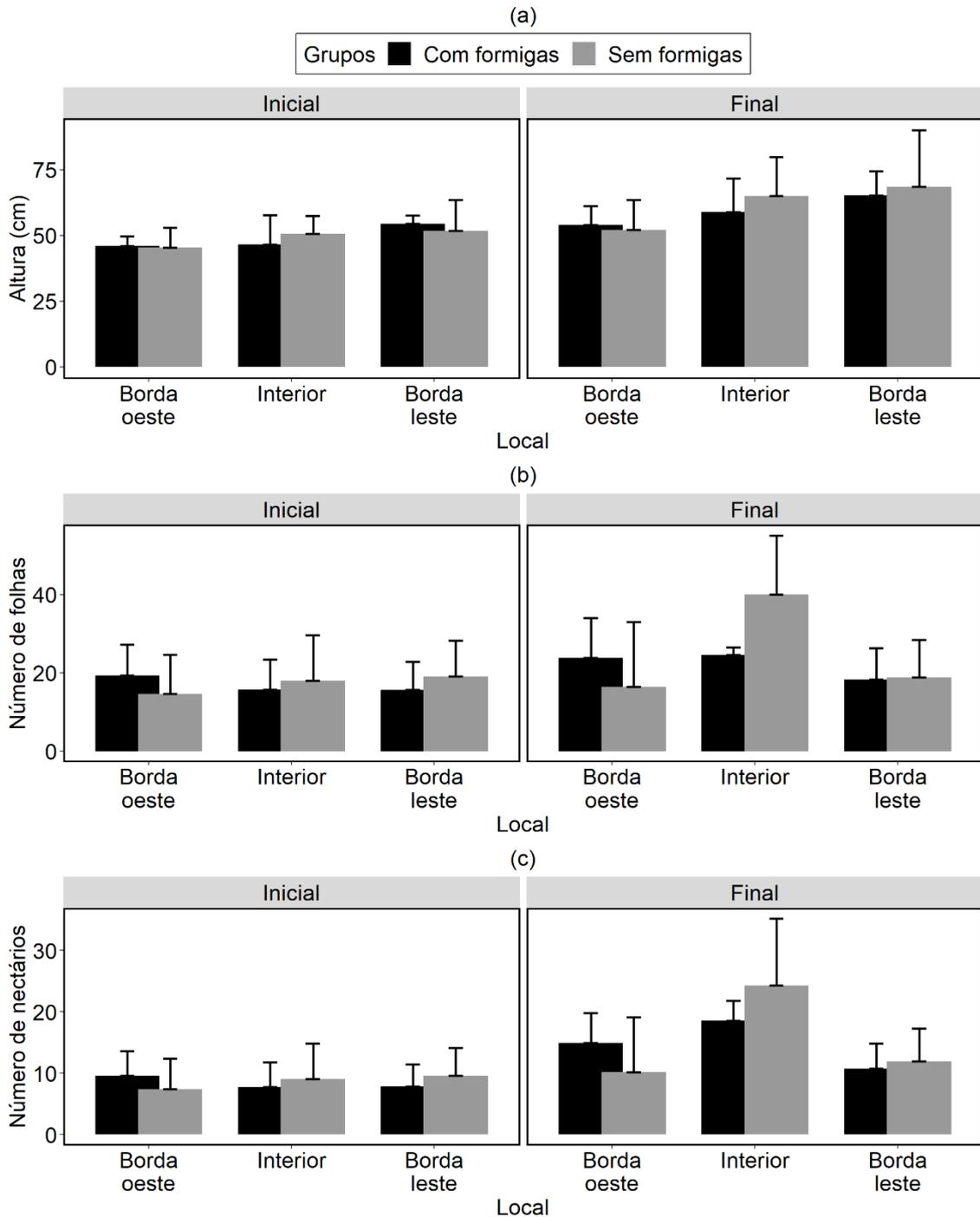


Figura 5. Variação da altura* (a) e número de folhas* (b) e nectários extraflorais* (c) de *Inga laurina*.

A taxa de herbivoria foi significativamente influenciada pelo local (maior nas bordas do que no interior), tempo, mas não pela presença de formigas (no geral, plantas sem formigas tiveram somente 7.5% a mais de herbivoria) (**Figura 6, Tabela 2**). A interação entre formigas e local foi significativa, indicando que a herbivoria foi maior no grupo de plantas sem formigas quando analisamos em certo local (borda oeste), ocorrendo o contrário em outro ambiente (borda leste). A temperatura não influenciou significativamente a herbivoria, ou seja, a taxa de herbivoria não variou de acordo com as mudanças de temperatura nos três ambientes.

Tabela 2. Resultados estatísticos dos testes relacionando se a taxa de herbivoria em *Inga laurina* foi influenciada pela presença/ausência de formigas, local (borda e interior), tempo, temperatura e interação entre formiga*local.

Variáveis	χ^2 de Wald	Graus de lib.	Valor de P
Herbivoria nos três locais			
Formigas	2.5511	1	0.1102
Local	8.6271	2	0.0133
Tempo	26.368	7	0.0004
Temperatura	0.1502	1	0.6983
Formigas*Local	2.5511	1	0.1102
Herbivoria na borda oeste			
Formigas	8.192	1	0.0042
Tempo	8.6621	7	0.2778
Formigas*Tempo	4.5921	7	0.7096
Herbivoria no interior			
Formigas	1.1111	1	0.2918
Tempo	35.7747	7	<0.0001
Formigas*Tempo	3.0217	7	0.8830
Herbivoria na borda leste			
Formigas	4.4108	1	0.0357
Tempo	20.41	7	0.0047
Formigas*Tempo	4.7437	7	0.6912

Quando comparamos separadamente a taxa de herbivoria nas bordas e no interior, as plantas sem formigas na borda oeste tiveram maiores taxas (75% a mais do que o grupo com formigas), enquanto na borda leste ocorreu o contrário, as plantas com formigas apresentaram maior herbivoria (27% a mais). Em ambos os casos a diferença foi significativa. Já no interior do fragmento, a herbivoria foi praticamente igual em plantas com e sem formigas (2% de diferença), portanto não significativa.

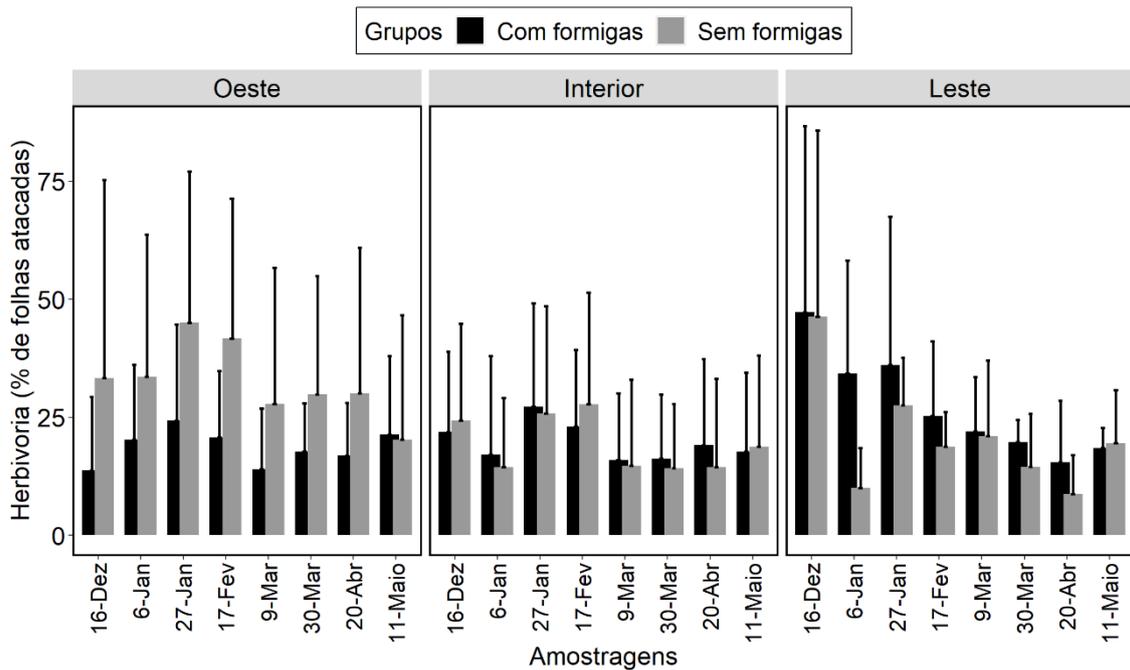


Figura 6. Variação (média e desvio padrão) da taxa de herbivoria em *Inga laurina* de acordo com o local (bordas e interior), tempo e presença/ausência de formigas.

4-DISCUSSÃO

4.1- Arquitetura da planta e NEFs:

As bordas apresentaram maiores índices de temperatura e luminosidade, e menor umidade em comparação com o interior do fragmento. Esses fatores climáticos influenciaram a altura e o número de NEFs de *I. laurina*. A altura de *I. laurina* foi semelhante no interior e na borda leste, onde as plantas apresentaram maior crescimento. No interior, as plantas arbóreas são favorecidas pela maior umidade (TABARELLI et al. 2004; BARROS et al. 2006), por outro lado as plantas nas bordas podem ser influenciadas por maiores índices de temperatura favorecendo a fotossíntese (DIAS, 2009), e ambos os ambientes estimulam o seu crescimento. De acordo com estudo de MELO et al. (2004), *I. laurina* apresentou alta plasticidade ecológica crescendo satisfatoriamente em ambiente externo da floresta e suportando as variações ambientais.

As formigas influenciaram a altura de *I. laurina*, mas as plantas sem formigas foram as que mais cresceram. As formigas não contribuíram para o aumento de altura das plantas, e isso pode ter interferência dos fatores ambientais que modificam as interações formiga-planta (RICO-GRAY et al., 2012). Porém, quando analisamos o crescimento das plantas em cada local, não houve diferença significativa entre os grupos de plantas com e sem formigas (Figura 5a).

O número de folhas de *I. laurina* foi influenciado somente pela altura das plantas, ou seja, durante o seu crescimento as plantas consequentemente produziam novas folhas. Em estudo com folhas de *I. edulis*, o seu desenvolvimento foi mediado pelos fatores ambientais (HEERDT, S. T.; JUNIOR, 2017), mas a quantidade de folhas está diretamente relacionada a sobrevivência e o crescimento das plântulas (MARTINS-CORDER; SALDANHA, 2006).

Os NEFs apresentaram diferença significativa entre os ambientes, onde plantas de borda apresentaram menor número de NEFs em relação ao interior. Apesar de não apresentar

influência das formigas, a quantidade de NEFs em plantas com formigas foi maior na borda oeste; mas no interior esse cenário se inverteu (**Figura 5c**). Entretanto, nota-se que no interior do fragmento, as plantas produziram mais NEFs do que as que estavam nas bordas, e isso pode ser um reflexo da maior quantidade de folhas nesse local.

4.2- Herbivoria:

De modo geral, a borda oeste foi o único local onde apresentou maior discrepância da taxa de herbivoria entre os grupos de plantas com e sem formigas no decorrer do experimento. A herbivoria não variou de acordo com as mudanças de temperatura. Alguns autores relatam que a variação de temperatura pode aumentar o número de algumas espécies de herbívoros (EHRICH, 1988; FERRAZ, 2011; WINK et al., 2005), mas isso pode mudar como visto no aumento da herbivoria de *I. edulis* em área de maior sombreamento, devido ao maior investimento de fotoassimilados (HEERDT, S. T.; JUNIOR, 2017).

Não houve influência em relação às formigas, porém quando analisamos cada ambiente separadamente, notamos que no interior não houve efeito das formigas na herbivoria, porém nas bordas sim. Enquanto na borda leste o grupo de plantas com formigas receberam maior dano por herbivoria, na borda oeste foi o inverso.

Plantas de *I. laurina* receberam maior dano por herbivoria nas bordas em comparação com o interior, provavelmente pela formação de microclimas favoráveis a presença de herbívoros oportunistas nas margens (HARPER et al., 2005; LAURANCE; VASCONCELOS, 2009). Os efeitos da herbivoria em plântulas analisados em um experimento de MEINERS et al. (2000) demonstraram maior impacto dos herbívoros nas bordas, mas ainda a herbivoria pode aumentar no interior principalmente na ausência das formigas (EVANS; TURLEY; TEWKSBURY, 2013).

O efeito das formigas na diminuição da herbivoria foliar só foi visível na borda oeste (região interna do parque), o local onde teve menor variação climática e maior cobertura vegetal. A estrutura da paisagem em regeneração influencia a diversidade de habitats (TABANEZ; VIANA, 2000) criando sítios favoráveis para a formação das interações mutualísticas e a presença de herbívoros pela alta complexidade estrutural de habitats (VIEIRA; MENDEL, 2002, FERRAZ, 2011). Essa influência corrobora com os estudos apresentados por FALCÃO (2012) e ALBRECHT et al. (2016) que indicou um aumento da diversidade de interações entre insetos e plantas para o ambiente de maior grau de regeneração. As interações mutualísticas entre formigas e plantas foram mais diversas na borda oeste onde teve ocorrência das formigas *Camponotus* sp. e *Cephalotes* sp., por outro lado, na borda leste teve predominância de *Camponotus* sp..

Na borda leste o cenário é inverso, sem efeito das formigas na diminuição da herbivoria. Esta borda recebeu maior contato com o ambiente externo do fragmento e a área urbanizada. Estudo da influência da agricultura e urbanização em um fragmento florestal aponta redução na diversidade de formigas e conseqüentemente plantas ficaram susceptíveis a herbivoria (PHILPOTT. et al., 2010). No cerrado, as espécies de formigas generalistas e mais agressivas são predominantes nas bordas (DIDHAM; LAWTON, 1999), porém nem sempre elas defendem de forma efetiva as plantas (BYK; DEL-CLARO, 2011).

No interior, indivíduos de *I. laurina* com formigas receberam os mesmos danos de herbivoria comparado ao grupo sem formigas, não sendo influenciadas pelas mesmas. O estudo com plântulas de *I. spectabilis* demonstrou que a taxa de herbivoria não aumentou na ausência de formigas (BRENES-ARGUEDAS; COLEY; KURSAR, 2008) como pode ser visto no ambiente de interior. As plantas apresentam baixa visitação e frequência das formigas (KASPARI et al., 2000; GRAHAM et al., 2004) em ambiente com menor variação microclimática (WINK et al., 2005), e podem ser menos agressivas (D ATTILO et al. 2014)

resultando em menor defesa efetiva. A herbivoria é menor no interior, mesmo na presença de herbívoros de grande impacto em florestas como formigas *Atta cephalotes* (URBAS et al., 2007).

As plantas com acesso às formigas receberam menor taxa de herbivoria em relação ao grupo sem formigas mesmo no ambiente com altos índices de herbivoria (borda oeste). Isso pode ter ocorrido devido à presença de espécies de formigas que atuam como inimigos naturais dos herbívoros (PERFECTO; VANDERMEER, 2002).

5-CONCLUSÃO

Demonstramos que plântulas de *I. laurina* cresceram em ambos os ambientes (borda e interior) devido a sua plasticidade ecológica, mesmo na ausência das formigas. Os nossos estudos podem auxiliar o monitoramento ambiental e a entender melhor a estrutura das bordas através das análises climáticas. As interações formiga-planta podem indicar o nível de regeneração da borda em um fragmento florestal e a qualidade ambiental. O trabalho realizado é relevante para compreender como essas interações se comportam diante aos efeitos de alteração ambiental e estresse biótico (herbivoria) para a conservação de ambas as espécies.

6-REFERÊNCIAS

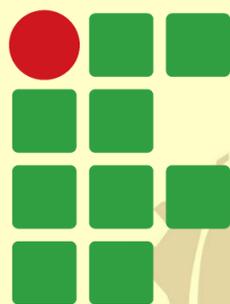
- ALBRECHT, M. et al. Interaction diversity within quantified insect food webs in restored and adjacent intensively managed meadows. **British Ecological Society**, v. 76, n. 5, p. 1015–1025, 2016.
- ALVES-SILVA, E. et al. To what extent is clearcutting vegetation detrimental to the interactions between ants and Bignoniaceae in a brazilian savanna? **Journal of Insect Conservation**, v. 24, n. 1, p. 103–114, 1 fev. 2020.
- AUGUIE, B. gridExtra: functions in Grid graphics. R package version 2.3. **Cran Project**, 2017.
- BÄCHTOLD, A.; ALVES-SILVA, E.; DEL-CLARO, K. Ant-related oviposition is not associated to low parasitism of the myrmecophilous butterfly *Allosmaitia strophius* in an extrafloral nectaried shrub. **Acta Oecologica**, v. 83, p. 15–21, 2017.
- BARROS, F. A. Efeito de borda em fragmentos de floresta montana, Nova Friburgo- RJ. **Uff.Br**, p. 100, 2006.
- BATAGHIN, F. A.; PIRES, J. S. R.; BARROS, F. DE. Epifitismo vascular em sítios de borda e interior em Floresta Estacional Semidecidual no Sudeste do Brasil. **Hoehnea**, v. 39, n. 2, p. 235–245, 2012.
- BILCE, J. M. et al. Contribuição ao conhecimento da fauna de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em bordas de fragmentos florestais do norte de Mato Grosso, Brasil. p. 191–209, 2011.
- BOLKER, B. M.; R. bbmle: Tools for general maximum likelihood estimation, R package, version 0.8. 2. **R package version 1.0.20.**, 2008.
- BRENES-ARGUEDAS, T.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Divergence and diversity in the defensive ecology of *Inga* at two Neotropical sites. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 1, p. 127–135, 2008.
- BROWN, K. J.; HUTCHINGS, R. W. Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in amazonian forest butterflies. **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**, 1997.
- BURSLEM, D. . M. P. & S. H. Biotic interactions in the tropics: their role in the maintenance

- of species diversity. **Choice Reviews Online**, 2006.
- BYK, J.; DEL-CLARO, K. Ant-plant interaction in the neotropical savanna: direct beneficial effects of extrafloral nectar on ant colony fitness. **Population Ecology**, v. 53, n. 2, p. 327–332, 2011.
- CADENASSO, M. L.; PICKETT, S. T. A. Linking forest edge structure to edge function: mediation of herbivore damage. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 1, p. 31–44, 2000.
- CALIXTO, E. S.; LANGE, D.; DEL-CLARO, K. Foliar anti-herbivore defenses in *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae): changing strategy according to leaf development. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 212, p. 19–23, 2015.
- CÂMARA, T. et al. Habitat fragmentation, EFN-bearing trees and ant communities: ecological cascades in atlantic forest of northeastern Brazil. **Austral Ecology**, v. 42, n. 1, p. 31–39, 2017.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Climatic classification of Köppen-Geiger for the state of Goiás and Federal District. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40–55, 2014.
- CARDOSO, M.; SILVA, D. A.; TABARELLI, M. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, n. 7, p. 1419–1425, 2004.
- CARMO, A. B.; VASCONCELOS, H. L.; ARAÚJO, G. M. Estrutura da comunidade de plantas lenhosas em fragmentos de cerrado: Relação com o tamanho do fragmento e seu nível de perturbação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 1, p. 31–38, 2011.
- CASAROLI, D. et al. Padrões de chuva e de evapotranspiração em Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 247–256, 2018.
- CRIST, T. O. Biodiversity, species interactions, and functional roles of ants (Hymenoptera: Formicidae) in fragmented landscapes: a review. **Myrmecological News**, v. 12, n. August, p. 3–13, 2009.
- DÁTTILO, W. et al. Soil and vegetation features determine the nested pattern of ant-plant networks in a tropical rainforest. **Ecological Entomology**, v. 38, n. 4, p. 374–380, 2013.
- DÁTTILO, W.; DÍAZ-CASTELAZO, C.; RICO-GRAY, V. Ant dominance hierarchy determines the nested pattern in ant-plant networks. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 113, n. 2, p. 405–414, 2014.
- DIAS, D. P. Fotossíntese e crescimento em diâmetro de árvores em função da temperatura e da precipitação numa floresta primária de terra-firme na amazônia central. **Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais. INPA**, p. 277–281, 2009.
- DIDHAM, R. K.; LAWTON, J. H. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 17–30, 1999.
- EVANS, D. M.; TURLEY, N. E.; TEWKSBURY, J. J. Habitat edge effects alter ant-guard protection against herbivory. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 9, p. 1743–1754, 2013.
- FALCÃO, J. C. F. Eficiência de reflorestamentos nativos e exóticos na recuperação de interações formiga-planta em uma paisagem agroflorestal na amazônia meridional. v. 66, p. 37–39, 2012.
- FERRAZ, A. C. P. Border effects on arthropods in tropical forests, with emphasis on Diptera: Cyclorhapha. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 189–198, 2011.
- FERREIRA, I. J. M. Mudanças nos padrões espaciais de fragmentos remanescentes em uma zona de ecótono. 2017.
- FOX, J.; WEISBERG, S. Package ‘car’: companion to applied regression, second edition. **Thousand Oaks CA: Sage**, 2011.
- GOMES, J. P.; IANNUZZI, L.; LEAL, I. R. Response of the ant community to attributes of fragments and vegetation in a northeastern atlantic rain forest area, Brazil. **Neotropical**

- Entomology**, v. 39, n. 6, p. 898–905, 2010.
- GRAHAM, J. H. et al. Habitat disturbance and the diversity and abundance of ants (Formicidae) in the southeastern fall-line sandhills. **Journal of Insect Science**, v. 4, 2004.
- GRIMES, J.; PENNINGTON, T. D.; WISE, R. The genus *Inga*: botany. **Kew Bulletin**, 1998.
- HARPER, K. A. et al. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 768–782, 2005.
- HARTIG, F. DHARMA: Residual diagnostics for hierarchical (multi-level / mixed) regression models. **R package version 0.2.0**, 2018.
- JANZEN, D. . **Coevolution of mutualism between ants and acacias in central american**. v. 91, p. 249–275, 1966.
- JOERN, A.; MOLE, S. The plant stress hypothesis and variable responses by blue grama grass (*Bouteloua gracilis*) to water, mineral nitrogen, and insect herbivory. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 9, p. 2069–2090, 2005.
- KAMINSKI, L. A. et al. Ecologia comportamental na interface formiga-planta-herbívoros: interações entre formigas e lepidópteros. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 1, p. 27–44, 2009.
- KOPTUR, S. Experimental evidence for defense of *Inga* (Mimosoideae) saplings by ants. **America**, v. 65, n. 6, p. 1787–1793, 2009.
- KORNDÖRFER, A. P.; DEL-CLARO, K. Ant defense versus induced defense in *Lafoensia pacari* (Lythraceae), a myrmecophilous tree of the brazilian cerrado. **Biotropica**, v. 38, n. 6, p. 786–788, 2006.
- LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology: Second edition**. 2008.
- LAURANCE, W. F. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**, v. 57, n. 2, p. 205–219, 1991.
- LAURANCE, W. F. et al. Biomass collapse in amazonian forest fragments. **Science**, v. 278, n. 5340, p. 1117–1118, 1997.
- LAURANCE, W. F. Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. **Biological Conservation**, v. 141, n. 7, p. 1731–1744, 2008.
- LAURANCE, W. F.; CURRAN, T. J. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: A review and synthesis. **Austral Ecology**, v. 33, n. 4, p. 399–408, 2008.
- LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Ecological consequences of forest fragmentation in the amazon. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 434–451, 2009.
- LEITE, E. J. Spatial distribution patterns of riverine forest taxa in Brasília, Brazil. **Forest Ecology and Management**, 2001.
- LENTH, R. et al. Estimated marginal means, aka least-squares means R package version 1.5.0. 2020.
- LEON, J. Central american and west indian species of *Inga* (Leguminosae). **Taxon**, v. 34, n. 1, p. 165, 1985.
- LIMA-RIBEIRO, M. D. S. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de cerrado no sudoeste goiano, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 2, p. 535–545, 2008.
- LORENZI, H. **Arvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum**, 1998.
- MAGNUSSON, A. et al. Package “glmmTMB”. Generalized linear mixed models using template model builder. **Cran R Project**, 2020.
- MARTINS-CORDER, M. P.; SALDANHA, C. W. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de diferentes progênies de *Euterpe edulis* Mart. **Revista Arvore**, v. 30, n. 5, p. 693–699, 2006.
- MARTINS, J. K. DOS S. et al. Variação sazonal das redes de interações planta-artrópodes em

- floresta tropical sazonalmente seca. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 1275–1291, 2017.
- MEINERS, S. J.; HANDEL, S. N.; PICKETT, S. T. A. Tree seedling establishment under insect herbivory: edge effects and inter-annual variation. **Plant Ecology**, v. 151, n. 2, p. 161–170, 2000.
- MELO, A. C. G. DE; DURIGAN, G.; KAWABATA, M. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em área de cerrado, Assis SP. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão.**, p. 10, 2004.
- MICHALSKI, F.; NISHI, I.; PERES, C. A. Disturbance-mediated drift in tree functional groups in amazonian forest fragments. **Biotropica**, v. 39, n. 6, p. 691–701, 2007.
- MOREIRA, D. et al. Influência da distância da borda e do adensamento foliar sobre a abundância de plantas pioneiras em um fragmento de floresta tropical submontana na Estação Ecológica de Wenceslau Guimarães (Bahia, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 197–202, 2012.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995.
- NUNES, S. R. D. F. DA S. et al. Mimosoideae (Leguminosae) arbóreas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil: distribuição geográfica e similaridade florística na floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, 2007.
- OLIVEIRA, M. A.; GRILLO, A. S.; TABARELLI, M. Forest edge in the brazilian atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. **Oryx**, v. 38, n. 4, p. 389–394, 2004.
- OLIVEIRA, P. S. P.; DEL-CLARO, K. Multitrophic interactions in a neotropical savanna: ant-hemipteran systems, associated insect herbivores and a host plant. **Biotic Interactions in the Tropics: Their Role in the Maintenance of Species Diversity**, p. 414–437, 2005.
- PEREIRA, M. P. DOS S. et al. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. p. 2007, 2007.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: Ants in coffee plantations in Southern Mexico. **Conservation Biology**, v. 16, n. 1, p. 174–182, 2002.
- PHILPOTT, S. M.; PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I.; PARR, C. L. Ant diversity and function in disturbed and changing habitats. **Ant Ecology**, p. 137–156, 2010.
- PIRES, M. S. A comunidade de plantas com nectários extraflorais em uma savana brasileira: morfologia, fenologia e a fauna associada. 2015.
- POSSETTE, R. F. DA S.; RODRIGUES, W. A. O gênero *Inga* Mill. (Leguminosae - Mimosoideae) no estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 354–368, 2010.
- RADHIKA, V. et al. Regulation of extrafloral nectar secretion by jasmonates in lima bean is light dependent. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 40, p. 17228–17233, 2010.
- RICO-GRAY, V. et al. Abiotic factors shape temporal variation in the structure of an ant-plant network. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 6, n. 2, p. 289–295, 2012.
- SANTOS, M. S. et al. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia - Serie Zoologia**, v. 96, n. 1, p. 95–101, 2006.
- SEPLANH, H. et al. Relatório final de manejo do Parque Ambiental Macambira (PAM). **Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns – Puama (BRL-1006)**, 2017.
- SINCLAIR, A. R. E.; MDUMA, S.; BRASHARES, J. S. Patterns of predation in a diverse predator-prey system. **Nature**, v. 425, n. 6955, p. 288–290, 2003.
- TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M. Patch structure within brazilian atlantic forest fragments

- and implications for conservation. **Biotropica**, v. 32, n. 4 B, p. 925–933, 2000.
- THOMPSON, J. N.; TURNER, D. D. *Relentless evolution* Chicago (Illinois): University of Chicago. **The Quarterly Review of Biology**, 2014.
- TURLINGS, T. C. J.; WÄCKERS, F. Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants. **Advances in Insect Chemical Ecology**, p. 21–75, 2009.
- URBAS, P. et al. Cutting more from cut forests: edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants in Brazil. **Biotropica**, v. 39, n. 4, p. 489–495, 2007.
- WEBER, M. G.; KEELER, K. H. The phylogenetic distribution of extrafloral nectaries in plants. **Annals of Botany**, v. 111, n. 6, p. 1251–1261, 2013.
- WICKHAM, H. **ggplot2**. **Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics**, 2011.
- WICKHAM, H. et al. **dplyr: a grammar of data manipulation**. **R package versionmedia**, 2019.
- WIENS, J. A. et al. Ecological mechanisms and landscape ecology. **Oikos**, v. 66, n. 3, p. 369, 1993.
- WINK, C. et al. Soilborne insects as indicators of environment quality. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60–71, 2005.
- XIMENES PINHO, B.; DÁTILLO, W.; LEAL, I. R. Structural breakdown of specialized plant-herbivore interaction networks in tropical forest edges. **Global Ecology and Conservation**, v. 12, p. 1–8, 2017.



INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus
Urutaí

