

Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Biologia

Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais -
PPGECRN

**GRADIENTES AMBIENTAIS E EFEITO DE BORDA NÃO AFETAM ASPECTOS
DA HISTÓRIA DE VIDA E CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE UMA PLANTA
NEOTROPICAL**

Uberlândia-MG

2017

Liégy Resende dos Santos

**GRADIENTES AMBIENTAIS E EFEITO DE BORDA NÃO AFETAM ASPECTOS
DA HISTÓRIA DE VIDA E CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE UMA PLANTA
NEOTROPICAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador
Prof. Dr. Kleber Del Claro
(Universidade Federal de Uberlândia)

Coorientador
Estevão Alves Silva
(Universidade do Estado de Mato Grosso)

Uberlândia-MG
Fevereiro – 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S237g
2017

Santos, Liégy Resende dos, 1993

Gradientes ambientais e efeito de borda não afetam aspectos da história de vida e características funcionais de uma planta neotropical / Liégy Resende dos Santos. - 2017.

52 f. : il.

Orientador: Kleber Del Claro.

Coorientador: Estevão Alves Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses.
2. Cerrados - Teses.
3. Plantas - Desenvolvimento - Teses.
4. - Teses. I. Claro, Kleber Del. II. Silva, Estevão Alves. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

Liégy Resende dos Santos

**GRADIENTES AMBIENTAIS E BORDAS NÃO AFETAM ASPECTOS DA
HISTÓRIA DE VIDA E CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE UMA PLANTA
NEOTROPICAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências para obtenção
do título de Mestre em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais.

Prof. Dr. Jean Carlos Santos
UFU

Prof. Dra. Marcela Yamamoto
UEG

Prof. Dr. Kleber Del Claro
UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
Fevereiro - 2017

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas que fizeram parte do desenvolvimento desse trabalho e as quais devo agradecer imensamente. Agradeço ao professor Kleber, meu orientador, por acreditar em mim e permitir que eu fizesse parte da equipe do LECI. Em especial, ao meu coorientador Estevão, pela sua paciência e dedicação extremas, que se estendem mesmo aos fins de semana e feriados. Às minhas amigas queridas Bianca, Claire e Natasha por estarem sempre prontas a ceder suas casas e a topar qualquer programação, inclusive ir ao campo ou ao laboratório para trabalhar com folhinhas. Agradeço ao Gudryan, não só pelas idas a campo, mas sobretudo por me tolerar e sempre se esforçar para esclarecer minhas dúvidas que quase nunca fizeram sentido. Agradeço aos meus familiares por estarem sempre presentes e dispostos a participar da minha vida acadêmica da maneira que fosse preciso. Também, aos meus colegas de turma, que fizeram das aulas e do curso de campo momentos muito mais divertidos do que eles realmente poderiam ser. Sou grata a todos que de uma forma ou de outra fizeram parte da construção dessa dissertação, tudo só foi possível com a ajuda de vocês!

ÍNDICE

RESUMO	3
ABSTRACT	4
MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
1. Área de Estudo	9
2. Objeto de estudo - <i>Banisteriopsis malifolia</i>	11
3. Seleção de Transectos	13
4. Coleta de dados	14
4.1. Abundância de Plantas	14
4.2. Arquitetura de <i>Banisteriopsis malifolia</i> – Complexidade estrutural	14
4.3. Fenologia da floração – Botões florais.....	14
4.4. Cobertura Vegetal - Sombreamento	15
4.5. Variação fenotípica - Instabilidade do desenvolvimento (AF).....	15
4.5.1. Testes exploratórios da Assimetria Flutuante	16
4.6. Variação fenotípica – Massa foliar específica.....	18
4.7. Herbivoria Foliar	19
4.8. Herbivoria Floral	19
5. Análise dos dados.....	20
RESULTADOS.....	22
1. Abundância de Plantas	22
2. Arquitetura de <i>Banisteriopsis malifolia</i> – complexidade estrutural	23
3. Fenologia da floração – Botões florais.....	23
4. Cobertura Vegetal - Sombreamento	24
5. Variação fenotípica – instabilidade do desenvolvimento	26
6. Variação fenotípica – Massa foliar específica.....	27
7. Herbivoria Foliar	28
8. Herbivoria Floral	28
9. Relação geral dos parâmetros da planta, distância da borda e cobertura	29
DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

RESUMO

Quando áreas naturais são fragmentadas, ocorre a formação de bordas. Nessas áreas, que estão sujeitas a distúrbios e perturbações, as plantas tendem a ocupar microhabitatats específicos que oferecem condições ótimas de obtenção de recursos. Diferenças de luminosidade são um dos principais fatores que afetam o desempenho e a distribuição de algumas espécies, e podem provocar modificações funcionais e fenotípicas no decorrer do desenvolvimento das plantas. Além das modificações morfológicas, diferenças na exposição à luz solar podem também representar um aumento ou diminuição no nível de estresse das espécies vegetais. Neste estudo nós investigamos como gradientes ambientais afetam a ocorrência, características fenotípicas, nutricionais e a fenologia de *Banisteriopsis malifolia*, assim como as interações ecológicas com a fauna associada. O trabalho foi realizado em uma área de reserva de Cerrado situada na cidade de Uberlândia. Delimitamos quatro transectos da borda da trilha principal da reserva até o interior da mata. Foram encontradas 649 plantas, no entanto, a abundância da espécie não apresentou diferenças estatísticas significativas de acordo com os transectos e a distância da borda. Dentre todas as variáveis examinadas em *B. malifolia*, complexidade estrutural, assimetria flutuante, área foliar, massa foliar específica, número de botões florais e herbivoria, nenhuma apresentou variações significativas de acordo com a cobertura vegetal (abertura de dossel de árvores vizinhas, %) e a distância da borda. Os resultados sugerem que para essa espécie, nesta área, não houve mudanças significativas nas condições ambientais e no acesso a diferentes recursos para a espécie.

Palavras-Chave: *Banisteriopsis malifolia*, interações, cerrado *sensu stricto*.

ABSTRACT

When natural areas are fragmented, edge formation occurs. In these areas, which are subject to disturbances and disorders, plants tend to occupy specific microhabitats that offer optimal conditions for obtaining resources. Sunlight differences are one of the main factors affecting the performance and distribution of some species, and may cause functional and phenotypic changes during the development of plants. In addition to morphological changes, differences in sunlight exposure may also represent an increase or decrease in the stress level of plant species. In this study we investigated how environmental gradients affect the occurrence, phenotypic, nutritional characteristics and phenology of *Banisteriopsis malifolia*, as well as the ecological interactions with the associated fauna. The work was carried out in a Cerrado reserve area located in the city of Uberlândia. We delineate four transects from the edge of the reserve's main trail into the forest. There were 649 plants found, however, the abundance of the individuals did not present significant statistical differences according to the transects and distance from the border. Among all variables examined in *B. malifolia*: structural complexity, fluctuating asymmetry, leaf area, specific foliar mass, number of floral buds and herbivory, none showed significant variations according to the vegetation cover (canopy of neighboring trees, %) and the distance from the edge. The results suggest that for this species, in this area, there were no significant changes in environmental conditions and access to different resources for this specie.

Key words: *Banisteriopsis malifolia*, interactions, cerrado *sensu stricto*.

INTRODUÇÃO

Quando áreas naturais são fragmentadas, ocorre a formação de bordas, definidas como região de contato entre a matriz antrópica e o fragmento de vegetação natural (Mendonça 2015). Os efeitos de borda podem ser caracterizados de três maneiras: *(i)* abióticos ou físicos, resultantes de maior exposição ao vento, altas temperaturas e radiação solar; *(ii)* biológicos diretos, que acarretam mudanças na abundância e distribuição das espécies; e *(iii)* biológicos indiretos, que ocasionam mudanças de modo geral nas interações entre espécies (Matlack 1994, Murcia 1995).

Em áreas sujeitas a distúrbios e perturbações, as plantas tendem a ocupar microhabitats específicos no decorrer da sucessão ecológica, e o desenvolvimento é mais acentuado em locais que oferecem condições ótimas de obtenção de recursos (Bazzaz 1996). Em florestas tropicais nota-se alta heterogeneidade de fatores ambientais (luminosidade, diversidade de plantas, solo, topografia, interações) mesmo em pequenas escalas (0,1-102 m). Por exemplo, diferenças de luminosidade são um dos principais fatores que afetam o desempenho e a distribuição de algumas espécies de plantas (Svenning 2001) e podem provocar modificações funcionais e fenotípicas no decorrer do crescimento dessas espécies (Miner et al. 2005, Rozendaal et al. 2006). Em resposta a condições diferentes de luminosidade, algumas plantas (i.e. pioneiras que estão no começo do processo de sucessão) apresentam mudanças em determinadas estruturas como as folhas, onde a área foliar é maior na sombra em comparação com plantas expostas ao sol, e isso ocorre como uma estratégia adaptativa para captar maior incidência de luminosidade (Valladares et al. 2007). Além disso, o nível de luminosidade pode ser uma variação ambiental determinante para atrasar ou antecipar a fenologia das espécies vegetais, já que fatores abióticos determinam a disponibilidade de recursos (Lechowicz & Bell 1991), e podem influenciar alguns fatores bióticos, como a

abundância de polinizadores e/ou herbívoros (Rodriguez et al. 1994, Herrera 1995, Vilela et al. 2014). Um ambiente com pouca luz, habitualmente leva a um menor tamanho das plantas, mas também pode afetar a alocação de recursos das espécies vegetais para regiões e funções específicas (Bloom et al. 1985, Gleeson & Tilman 1992, Mcconnaughey & Coleman 1999). A incidência solar também afeta as interações planta-herbívoro-inimigos naturais, pois a produção e concentração de néctar extrafloral é positivamente relacionada com sol e temperatura; nessas plantas as formigas são mais ativas e desempenham um papel mais efetivo na defesa contra herbívoros (Wyatt et al. 1992, Petanidou & Smets 1996, Radhika et al. 2010, Alves-Silva & Del-Claro 2013, Lange et al. 2017).

Com relação à herbivoria, ambientes de sombra ou ensolarados podem afetar de forma distinta a dureza foliar e os níveis de nutrientes, e consequentemente a atratividade da planta para herbívoros de diferentes guildas (Athayde & Morellato 2014). Sendo assim, entendemos que os gradientes ambientais podem influenciar o estado fisiológico e a morfologia das plantas, o que por sua vez pode afetar seu desenvolvimento e interações. Além das modificações morfológicas, as diferenças na exposição à luz solar podem representar um aumento ou diminuição no nível de estresse das espécies (Puerta-Piñero et al. 2008). Estresse é definido como qualquer fator, biológico ou abiótico, que afeta negativamente o desenvolvimento dos organismos (Barrett et al. 1976, Auerbach 1981), com potenciais consequências no valor adaptativo (Vinebrook et al. 2004). Considerando as interações animal-planta, plantas estressadas podem apresentar maiores níveis de nutrientes, o que eventualmente favorece o ataque de herbívoros (Cornelissen & Stiling 2005).

Os níveis de estresses das plantas podem ser mensurados através da análise da Assimetria Flutuante (AF), que permite não só medir, mas também comparar e relacionar o estresse das plantas com diversas variáveis. A AF se baseia na diferença bilateral de

estruturas bilateralmente simétricas, como folhas. De forma geral, quanto maiores forem essas diferenças, maior será o estresse. Aumentos de AF já foram relacionados a diversos fatores como poluição, radiação, níveis de nutrientes, herbivoria, competição, parasitismo e etc (Cornelissen & Stiling 2005, Torrez-Terso & Pagliosa 2007). Desta forma a AF é considerada um ‘marcador ambiental’, pois permite reconhecer as condições que não são apropriadas para o desenvolvimento e crescimento dos organismos (Palmer 1994). Quanto aos gradientes de luminosidade, a assimetria foliar tende a ser maior em indivíduos sombreados, em comparação com co-específicos crescendo sob exposição solar (Venâncio et al. 2016).

O conhecimento das diferenças ou mesmo a ausência de alterações nos padrões e estruturas da vegetação que estão sujeitas a gradientes ambientais permite determinar estratégias de manejo e conservação em áreas degradadas ou mesmo áreas protegidas, já que esses gradientes podem provocar alterações drásticas nas comunidades. Se as características dos gradientes divergem entre os biomas, é importante entender particularmente como essas alterações podem afetar a vegetação de determinada área, assim como a fauna associada e interações multitróficas (e.g. Dátillo et al. 2015).

Neste estudo nós investigamos como gradientes ambientais (luminosidade e distância da borda) afetam a ocorrência, as características nutricionais e a fenologia de *Banisteriopsis malifolia* (Ness & Mart.) (Malpighiaceae), assim como as interações ecológicas com a entomofauna associada.

Mais especificamente se: (i) a ocorrência dessa espécie está ligada à gradientes ambientais específicos, como distância da borda e luminosidade; (ii) gradientes ambientais afetam traços estruturais (complexidade estrutural) e a qualidade das plantas (área e assimetria flutuante); (iii) ocorrem mudanças fenológicas devido à luminosidade;

e (iv) se a entomofauna associada responde à (iv a) potenciais padrões fenológicos e/ou (iv b) diferentes gradientes ambientais e/ou características foliares como (iv c) AF.

Assim sendo, com base nos estudos de Vilela et al. (2014), Alves-Silva & Del-Claro (2016), Bächtold et al. (2016), nós esperávamos encontrar (i) maior abundância de plantas de *B. malifolia* próximas às bordas e/ou em locais abertos (clareiras) no interior do fragmento; (ii) maior área e assimetria flutuante (indicativo de estresse) em plantas sombreadas; (iii) relação positiva entre luminosidade e intensidade fenológica; (iv a) maior abundância e diversidade da entomofauna em relação à luminosidade, (iv b) fenologia, (iv c) e AF.

Uma relação positiva entre o desenvolvimento de *B. malifolia* em áreas com maior exposição solar e bordas, pode indicar com mais segurança que essa planta é pioneira e característica de habitats perturbados, tal como já observado em trabalhos anteriores (Alves-Silva & Del-Claro 2016, Bächtold et al. 2016). Uma vez que *B. malifolia* suporta uma imensa gama de artrópodes em diversas guildas e promove interações multitróficas (Vilela et al. 2014), acreditamos que essa espécie poderia ser usada como nucleadora em áreas perturbadas para estabilizar e aumentar a diversidade local.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Área de Estudo

O estudo de campo foi realizado em uma área de reserva particular situada no clube caça e pesca Itororó, a oeste da cidade de Uberlândia, Brasil ($18^{\circ} 59' S$, $48^{\circ} 18' W$) (Figura 1). A área de cerrado sentido restrito possui 230 ha de território, o maior remanescente de vegetação natural de cerrado dentro dos limites da cidade de Uberlândia. A reserva é composta por vegetação secundária de Cerrado, que inclui cerrado *strictu sensu*, campo sujo, mata de brejo e vereda, sendo a área de amostragem caracterizada por cerrado *strictu sensu*. A vegetação é representada por herbáceas, arbustos e árvores, com uma grande abundância e diversidade de Malpighiaceae (Vilela et al. 2014), Myrtaceae e Bignoniaceae representando os arbustos; e Melastomataceae, Ochnaceae, Vochysiaceae e Fabaceae representando as árvores. O fragmento é cercado por pinheiros e fazendas. O clima é sazonal, com dois períodos bem estabelecidos, um inverno seco (maio a agosto) e um verão chuvoso (setembro a abril) (os dados climatológicos foram fornecidos pela

Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia).



Figura 1. Símbolo “Caça e pesca” marcando a entrada da Reserva particular do clube caça e pesca Itororó de Uberlândia, área da reserva delimitada pelo contorno em branco.

A área de amostragem dentro da reserva, escolhida para a realização do trabalho, possui aproximadamente 100 ha. As plantas começaram a ser amostradas a partir de uma estrada de aproximadamente quatro metros de largura que corta a reserva e forma naturalmente uma borda que separa a área em dois lados. Nesta estrada, a vegetação na borda é impedida de se reestabelecer devido a uma gestão rotineira de corte e poda, já que esta serve como caminho para permitir o fluxo de veículos e pessoas dentro da reserva (Bächtold et al. 2016).

O trabalho de campo teve início em fevereiro de 2016, quando as plantas estudadas estavam produzindo folhas novas e os botões florais ainda eram ausentes e findou-se em maio de 2016, ao final do período reprodutivo da espécie estudada.

2. Objeto de estudo - *Banisteriopsis malifolia*

Banisteriopsis malifolia é um arbusto de até dois metros de altura, que ocorre amplamente na área de estudo, principalmente em bordas e em locais mais perturbados, onde as plantas são aparentemente mais altas e passam por eventos fenológicos mais intensos (Bächtold et al. 2016). Possui fenologia sazonal; a brotação de folhas e floração ocorrem no período chuvoso, especialmente de janeiro a abril, e a frutificação ocorre em meados do mês de maio (Ferreira & Torezan-Silingardi 2013, Alves-Silva & Del-Claro 2016) (**Tabela 1**). As folhas jovens são mais esverdeadas e macias, enquanto as folhas adultas são verde escuras e possuem maior rigidez. Ainda, as folhas possuem tricomas em toda a sua extensão e em ambos os lados (abaxial e adaxial), sendo que as folhas maduras atingem até 15 cm de comprimento e 10 cm de largura. A margem da folha é lisa e folhas jovens suportam nectários extraflorais (NEFs – **Figura 2a**) funcionais próximos ao pecíolo, em cada lado da nervura central.

Tabela 1. Eventos fenológicos de *Banisteriopsis malifolia* de acordo com os meses do ano. Os dados são baseados em presença e ausência (NEFs = nectários extraflorais).

Fenologia	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Folhas novas												
NEFs												
Botões												
Flores												
Frutos												
Deciduidade												

Fonte: Bächtold et al. 2016

Os botões florais (**Figura 2b**) são redondos e possuem oito glândulas de óleo, que também estão presentes durante a antese floral e atuam como recurso para visitantes florais; este é o único recurso para polinizadores, visto que as flores não produzem néctar. O cálice da flor é composto por cinco pétalas livres de coloração rósea (**Figura 2c**); o fruto é do tipo sâmara e a polinização de *B. malifolia* é realizada especialmente por abelhas Centridini (Torezan-Silingardi 2007, 2011, Alves-Silva 2011, Alves- Silva et al.

2013, Alves-Silva & Del-Claro 2014, 2015, Ferreira & Torezan-Silingardi 2013, Vilela et al. 2014).

Banisteriopsis malifolia sustenta uma rica e diversificada fauna de artrópodes, como formigas (*Camponotus*, *Ectatomma*, *Cephalotes*, *Crematogaster* e outros gêneros que visitam os NEFs), tripes, moscas, besouros, borboletas, vespas, aranhas, ortópteros, hemípteros e neurópteros. As folhas são atacadas por muitas guildas de herbívoros, como mastigadores, galhadores e minadores. Os botões florais podem ser danificados por tripes, lagartas e besouros endofíticos e os frutos podem apresentar grandes populações de tripes.

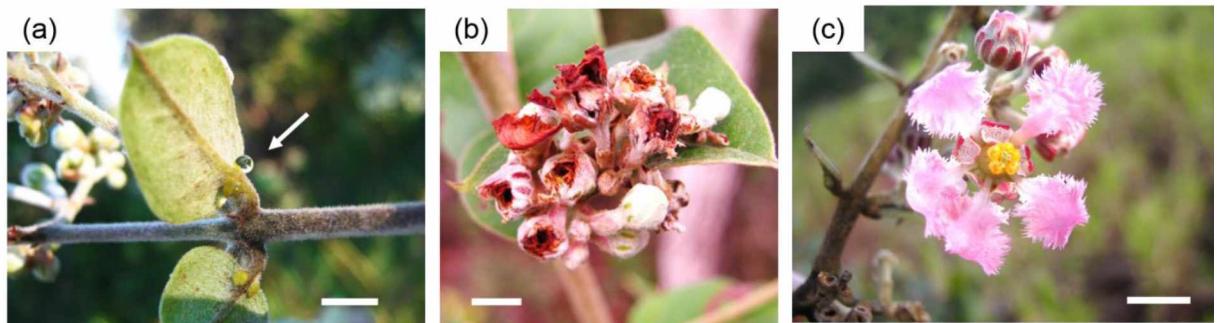


Figura 2. (a) Folha de *Banisteriopsis malifolia* com a indicação (seta) dos nectários extraflorais liberando néctar; (b) botões florais após a ação de herbívoros; (c) flor em antese (Escala: 10 mm).

Esta planta é um bom modelo de estudo, pois é abundante, ocorre em diversos gradientes sucessionais, possui boa capacidade de rebrotar após distúrbios e sustenta uma diversa gama de artrópodes, que se alimentam de partes reprodutivas e vegetativas, incluindo néctar extrafloral (Torezan-Silingardi 2007, 2011, Alves-Silva 2011, Ferreira e Torezan-Silingardi 2013, Alves-Silva & Del-Claro 2014, 2015, 2016). Ainda, *B. malifolia* possui características de espécies pioneiras como tamanho pequeno, rápido crescimento, rebrota, ocorrência em áreas abertas, produção de inúmeros botões florais e flores, e grande quantidade de frutos (sâmaras) dispersos pelo vento (Swaine & Whitmore 1988, Vilela et al. 2014). Esse conhecimento prévio sobre a planta nos permite estabelecer hipóteses que se adequam à história natural da planta.

3. Seleção de Transectos

Para a amostragem das plantas, foram delimitados quatro transectos de 250 m de comprimento e 10 m de largura (totalizando 1 ha), começando da borda da estrada principal, e indo em direção ao interior da mata (sentido sudeste – noroeste). O espaço entre os transectos foi de 250 metros sendo que estes encontravam-se em uma mesma fitofisionomia (cerrado *strictu sensu*) (**Figura 3**).



Figura 3. Esquema dos transectos delimitados na reserva para amostragem de *Banisteriopsis malifolia*.

Em cada transepto, foram delimitadas categorias de metro baseadas na distância da borda da estrada até o interior da mata (0-10, 10-20, 20-30 m e assim sucessivamente, até 250m), para que soubéssemos qual o ponto de localização das plantas.

4. Coleta de dados

4.1. Abundância de Plantas

Todos os indivíduos de *B. malifolia* que se localizavam dentro do espaço dos transectos delimitados foram marcados com placas de metal. Esta primeira coleta de dados, abrangendo a busca, marcação e contagem das plantas, ocorreu de fevereiro a março, e serviu para que examinássemos a ocorrência/abundância das plantas em relação à distância da borda da estrada.

4.2. Arquitetura de *Banisteriopsis malifolia* – Complexidade estrutural

Para avaliar a relação entre luminosidade/clareiras/borda e arquitetura da planta, parâmetros indicativos da complexidade estrutural (adaptado de Costa et al. 2010) foram medidos para cada indivíduo de *B. malifolia* ($n = 649$ indivíduos amostrados): a altura da planta (cm), circunferência do caule a 10 cm acima do solo (cm); e comprimento e largura de copa (cm). Estes últimos foram utilizados para calcular a área de copa, usando a fórmula para uma elipse dada por " $\pi \times$ comprimento copa largura x copa".

4.3. Fenologia da floração – Botões florais

Para analisarmos se havia diferença no período fenológico de plantas próximas à borda da estrada e plantas no interior da mata, quantificamos visualmente todos os botões florais presentes no ramo mais apical de cada uma das plantas encontradas ($n=649$). Os botões florais desses ramos foram contados quinzenalmente, durante quatro períodos de coleta de dados entre os meses de abril e maio de 2016.

4.4. Cobertura Vegetal - Sombreamento

Para determinar se existia diferença na quantidade de cobertura vegetal sobre as plantas estudadas nas diferentes categorias de distância da estrada, foram escolhidas aleatoriamente de cada transecto 25 indivíduos de *B. malifolia*, cada um em uma categoria diferente de distância (0 – 250 m). No entanto em duas categorias, não foram encontrados indivíduos de *B. malifolia*, sendo assim, nosso número amostral foi igual a 98 plantas. Foram tiradas fotografias (8 megapixels, abertura $f/2.2$, lente de 30 mm, campo de visão de 73°) a uma distância de cinco centímetros acima do ápice de cada uma das plantas para se avaliar a quantidade de cobertura vegetal (copa das árvores vizinhas) que incidia em cada indivíduo estudado. As fotos foram tiradas no período da manhã, e então transformadas em preto (cobertura vegetal) e branco (ausência de cobertura) para que a razão (%) entre uma e outra fosse calculada.

4.5. Variação fenotípica - Instabilidade do desenvolvimento (AF)

Um total de 490 folhas foram coletadas dos 98 indivíduos de *B. malifolia* ($n= 5$ folhas por indivíduo) descritos acima. Todas as folhas apresentavam o mesmo estado fenológico (folhas maduras de coloração verde-escura, sem sinal de senescência) e foram coletadas aleatoriamente do ramo mais apical de cada planta (Cowart & Graham 1999, Telhado et al. 2010, Venâncio et al. 2016).

As folhas coletadas foram levadas ao laboratório e digitalizadas (arquivos JPEG com 300 dpi) para serem posteriormente medidas utilizando o Image J software. As medições foram realizadas a partir da nervura central da folha até as bordas das folhas à direita e à esquerda (*Ld*- lado direito e *Le* - lado esquerdo) (segundo Alves-Silva & Del-Claro 2016, Telhado et al. 2016). Além disso, as medidas foram feitas na parte média das folhas, uma vez que retrata a maior parte destas (**Figura 4**). Os dados resultantes

fornecem os valores de assimetria foliar, representados por $d' = Ld - Le$ (Cowart & Graham 1999).

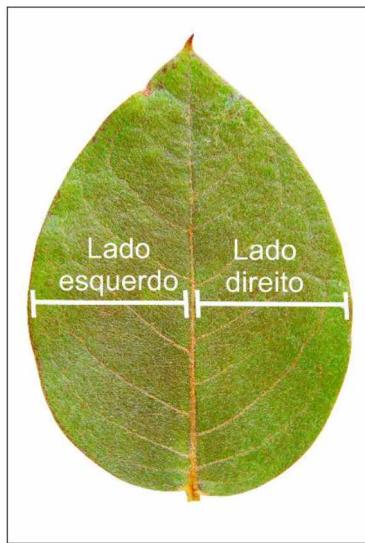


Figura 4. Folha de *Banisteriopsis malifolia* indicando como as medidas de assimetria foliar foram estimadas.

4.5.1. Testes exploratórios da Assimetria Flutuante

Antes de utilizar nossas medidas em testes estatísticos relacionados à assimetria foliar e possíveis estressores de plantas, foram realizados três procedimentos padrão para verificar (i) se nossas medições foliares foram realizadas com precisão suficiente para descartar erros (Cornelissen & Stiling 2011); (ii) se a AF, ao invés de outros tipos de assimetria, foi encontrada (Palmer & Strobeck 1992, Graham et al. 2010); (iii) se a assimetria absoluta das folhas $|d'|$ foi relacionada ao tamanho das folhas, o que poderia exigir o uso de uma fórmula específica para corrigir a dependência do tamanho do caractere (Santos et al. 2016).

As folhas podem apresentar um de três tipos de simetria bilateral conhecidos (**Figura 5**), sendo que a AF é a mais comum e pode ser caracterizada pela distribuição normal de d' , que deve ser estatisticamente igual a zero. A assimetria direcional (AD) mostra d' maior ou menor do que zero, indicando que um lado da folha é

consideravelmente maior do que o outro. A anti-simetria (AS) descreve um cenário em que d' tem distribuição bimodal, indicando que a população tem folhas com $d' > 0$ e $d' < 0$ (Palmer & Strobeck 1992, Rowe et al. 1997, Graham et al. 2010).

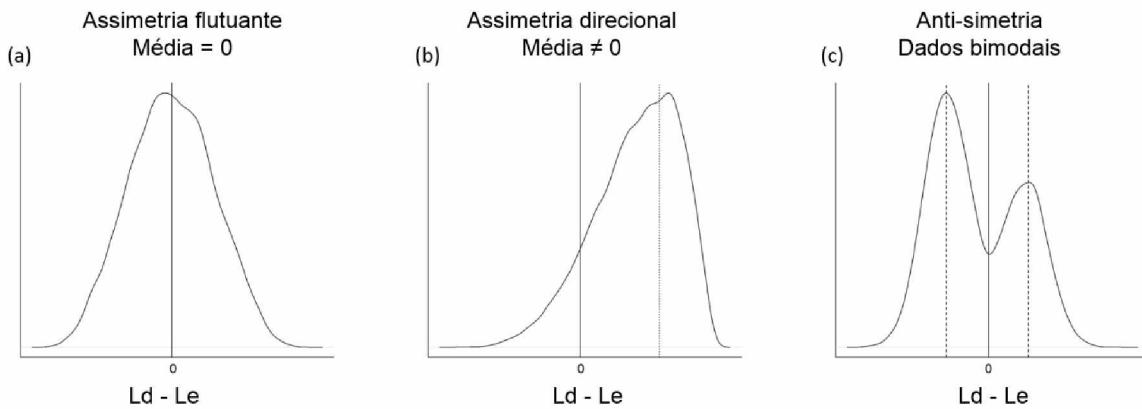


Figura 5. Representação gráfica de três diferentes tipos de assimetria: (a) assimetria flutuante; (b) assimetria direcional (c) anti-simetria. Os dados nos gráficos são baseados nas diferenças entre os lados direito e esquerdo das folhas.

No que diz respeito às análises de assimetria foliar, o índice de repetibilidade de falconer foi de 99% (indivíduo \times folha \times interação lateral $F_{1,99} = 1,798$, $P < 0,0001$) indicando que nossas medidas foram realizadas com precisão suficiente para descartar erros. Os valores de $|d'|$ variaram entre 0 - 0,614 mm (média = 0,1354; SE = 0,0121 mm) e 0 - 0,574 mm (média = 0,1438; SE = 0,0125) para a segunda e primeira medição, respectivamente. A relação entre a primeira e a segunda medição produziu valores de $r > 0,93$ para Ld e Le . Assim, consideramos nossas medições confiáveis. Os valores de d' não mostraram AD ($t_{489} = -1,6338$; $P > 0,05$), mas o teste para AS foi significativo (testes de normalidade de Lilliefors, $D = 0,0675$; $P < 0,0001$). Além disso, o teste de obliquidade também foi significativo ($skew = -0.5019$; $z = -4.3635$; $P < 0.0001$) e a distribuição de d' foi significativamente leptocúrtica, com um pico longo em torno da média (curtose = 4.7452; $z = 4.7357$; $P < 0,0001$). Apesar do resultado significativo do teste de normalidade, as curvas (tanto o padrão, quanto ajustado) do histograma foram em forma de sino (**Figura 6**), rejeitando assim a presença de AS, que deve representar uma

distribuição bimodal de d' . Portanto, consideramos que d' se encaixa em AF, como evidência para os outros tipos de assimetria nula (AD) ou fraca (AS).

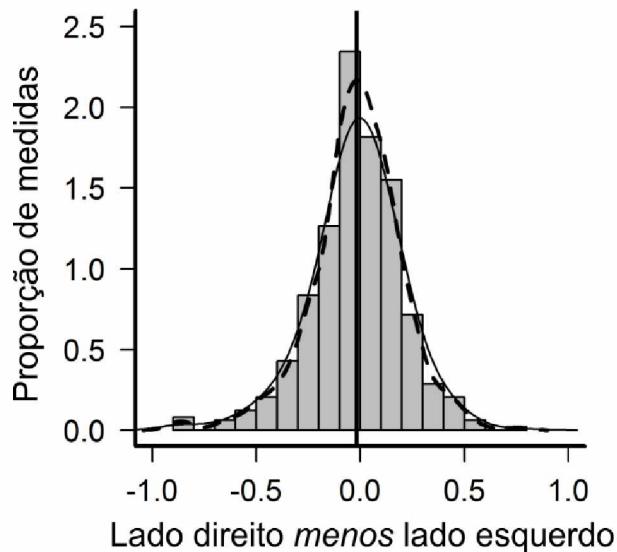


Figura 6. Assimetria foliar de *Banisteriopsis malifolia*, mostrando as medidas do lado direito (Ld) menos o lado esquerdo (Le). A média de $Ld - Le$ não foi diferente de zero e o histograma apresentou um aspecto leptocurtico, característico de assimetria flutuante.

A relação entre $|d'|$ e o tamanho do caractere (comprimento e área da folha) foi fraco ($R^2 = 0,01$), rejeitando assim a dependência da AF com o tamanho das folhas. A AF individual foi considerada como:

$$FA = \sum \frac{[Rs - Ls]}{n}$$

onde ' n ' é o número de medições realizadas por folha, assim a fórmula representa a AF média absoluta por planta, que é então utilizada em análises estatísticas subsequentes.

4.6. Variação fenotípica – Massa foliar específica

Para as estimativas de massa foliar específica, foram medidas as mesmas folhas utilizadas nas análises de AF. As folhas passaram por um processo de secagem em estufa durante 48 horas e foram posteriormente pesadas (mg) com uma balança de precisão de

cinco casas decimais, para que a massa foliar específica de cada uma das folhas pudesse ser calculada. O cálculo da área foliar específica (SLA) expressa a razão entre área foliar total (cm^2) e massa seca da folha (mg). Esse cálculo é considerado um importante fator do ponto de vista fisiológico por descrever a alocação da biomassa da folha por unidade de área, refletindo o *trade-off* produção de biomassa e conservação de nutrientes (Poorter & Garnier 1999).

4.7. Herbivoria Foliar

Para se estimar a herbivoria foliar nas folhas de *B. malifolia*, a taxa de perda foliar foi avaliada nas mesmas plantas/folhas usadas para as análises de assimetria flutuante. A medida de área foliar perdida por herbivoria (área, em mm^2 e %) foi quantificada sempre pelo mesmo pesquisador utilizando o programa ImageJ.

4.8. Herbivoria Floral

Para quantificarmos a herbivoria floral, foram analisadas 45 plantas do primeiro transecto, 20 plantas do segundo transecto, 28 plantas do terceiro transecto e 25 plantas do quarto transecto. Essa diferença na quantidade de plantas amostradas por transecto ocorreu devido ao fato de que nem todas as plantas com flores continham as características necessárias para entrar na amostragem, como será descrito a seguir.

Em cada uma das plantas escolhidas foram selecionadas duas inflorescências com botões florais e flores. Na primeira inflorescência foram contados visualmente os botões florais saudáveis e atacados (com lacerações, mordidas, necroses, etc), já a segunda inflorescência foi coletada e levada para laboratório, cada botão floral foi aberto no intuito de encontrarmos herbívoros endofíticos (larvas de *Anthonomus* spp. –

Curculionidade) que se desenvolvem no interior do botão floral (e.g. Torezan-Silingardi 2010).

5. Análise dos dados

Para avaliar se a abundância de indivíduos de *B. malifolia* variava significativamente de acordo com os transectos e com a distância da borda, foi realizado um teste Anova de dois fatores. A relação entre fenologia, período da observação e distância da borda foi examinado com uma Anova de dois fatores. Este teste também foi usado para avaliar se a porcentagem de cobertura era influenciada pelo transecto ou pela distância da borda. A relação entre cobertura vegetal (%) e número de plantas por categoria de distância foi examinada com uma regressão linear. Neste teste nós usamos a média de plantas e cobertura vegetal por categoria de distância.

Para averiguar se nossas medições para estimativa da AF foram realizadas com suficiente precisão, utilizamos o Índice de Repetibilidade de Falconer, que considera a variância dentro e entre indivíduos para estimar a precisão das medições (Yezerinac et al. 1992, Cornelissen & Stiling 2005). Este tipo de procedimento é obrigatório em estudos de assimetria. Uma subamostra de 100 folhas foi re-medida e comparada com as medidas originais de *Ld* e *Le*, utilizando um Anova de dois fatores (Cuevas-Reyes et al. 2011). Também foram realizados testes de correlação para comparar a primeira e a segunda medição de *Ld* e *Le* (Hódar 2002). Um teste *t* de Student com a média de *d'* ajustado a zero, e um teste de normalidade de *d'* são realizados para verificar AD e AS, respectivamente (Alves-Silva & Del-Claro 2013). Uma vez que estes testes não sejam estatisticamente significativos, considera-se que as folhas apresentem AF. Testes adicionais como *skewness* e *kurtosis* também podem ser feitos para examinar a normalidade de *d'* (Cowart & Graham 1999, Venâncio et al. 2016). Os dados normais devem exibir *skewness* igual a

zero e *kurtosis* igual a três (de acordo com o pacote '*moments*' no software estatístico *R*). Por último é realizada uma regressão linear entre $|d''|$ e tamanho da folha (comprimento, em cm), para verificar em a assimetria foliar depende do tamanho do caractere.

A relação entre herbivoria foliar (%) e massa foliar específica foi examinada com uma regressão linear. A comparação da herbivoria foliar em plantas (naturalmente) com e sem formigas foi feita com um teste *U* de Mann-Whitney. Testes de Krusal-Wallis foram feitos para se examinar a variação na herbivoria de botões florais, e a variação no número de larvas endofíticas de acordo com a distância da borda

A relação entre AF (variável dependente), herbivoria e cobertura vegetal foi examinada com um modelo linear generalizado.

Análises de covariância foram feitas para se verificar se a distância da borda (fator) e a cobertura vegetal (%), covariável) afetavam significativamente todas as variáveis analisadas: complexidade estrutural, área foliar, herbivoria foliar, massa foliar específica, abundância de botões florais e assimetria flutuante.

RESULTADOS

1. Abundância de Plantas

Foram encontrados 649 indivíduos de *B. malifolia* nos quatro transectos (1 ha). Houve variação na abundância das plantas apenas entre os transectos, e não com relação à distância da borda da estrada. O número máximo de plantas foi encontrado no transecto 3 e o mínimo no transecto 2, enquanto que em termos de abundância cumulativa o maior número de plantas ($n=53$) foi encontrado de 0 a 10 metros de distância da borda e a menor quantidade ($n = 14$) foi observada nas categorias de distância da borda da estrada 10-20, 50-60 e 180-190 (Figura 7). No entanto, as diferenças na abundância não foram estatisticamente significativas, nem para transectos, nem para a distância da borda (Tabela 2).

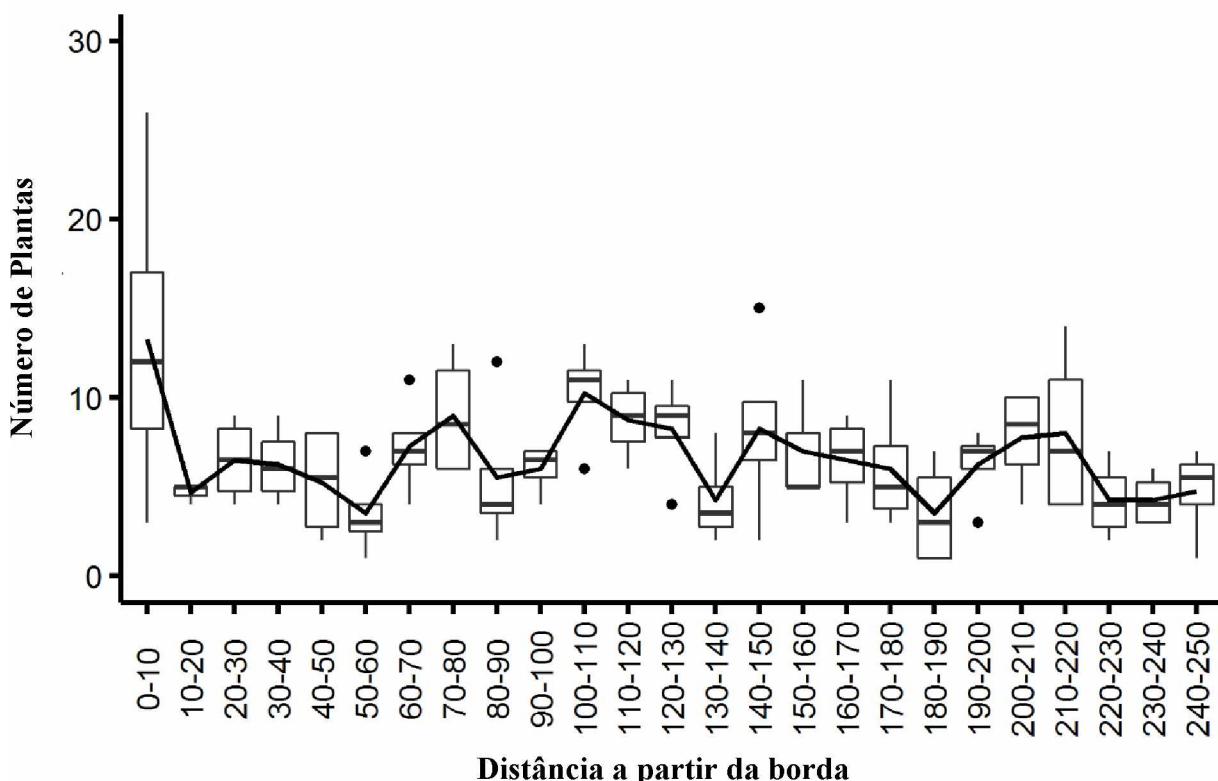


Figura 7. Frequência absoluta de indivíduos de *Banisteriopsis malifolia* de acordo com os transectos e com a distância a partir da borda da estrada.

Tabela 2. Relação entre a abundância de indivíduos de *Banisteriopsis malifolia* em relação aos transectos e da distância da borda.

Variáveis	Soma dos quad.	Quadrados médios	F
Distância da borda	2,4330	0,1013	1,5266n.s.
Transecto	0,1425	0,0474	0,7150n.s.
Resíduos	4,6485	0,0664	

2. Arquitetura de *Banisteriopsis malifolia* – complexidade estrutural

A distância da borda não foi significativa para explicar a complexidade estrutural das plantas estudadas ($F=0,551$; $df=24$; $p=0,948$). A média da altura, elipse e tronco das plantas estudadas podem ser observadas na **Tabela 3**.

Tabela 3. Médias das variáveis que correspondem a complexidade estrutural de *Banisteriopsis malifolia*.

Variáveis	Média (cm)	Desvio Padrão
Altura	143	0,40
Elipse	195	2,177
Tronco	2	1,00

3. Fenologia da floração – Botões florais

No primeiro período de observação (final do mês de março), encontramos a maior média de quantidade de botões florais (1658), enquanto o quarto período (início de maio), mostrou a menor média de botões (160), sendo que a maior quantidade de botões (159) foi encontrada no interior da mata (230-240), logo no primeiro período de observação (**Figura 8**). Dessa forma, os diferentes períodos de observação (18/03/2016; 06/04/2016; 20/04/2016; 11/05/2016), juntamente com a distância da borda foram significativos para explicar a quantidade de botões florais presentes nas plantas analisadas (**Tabela 4**).

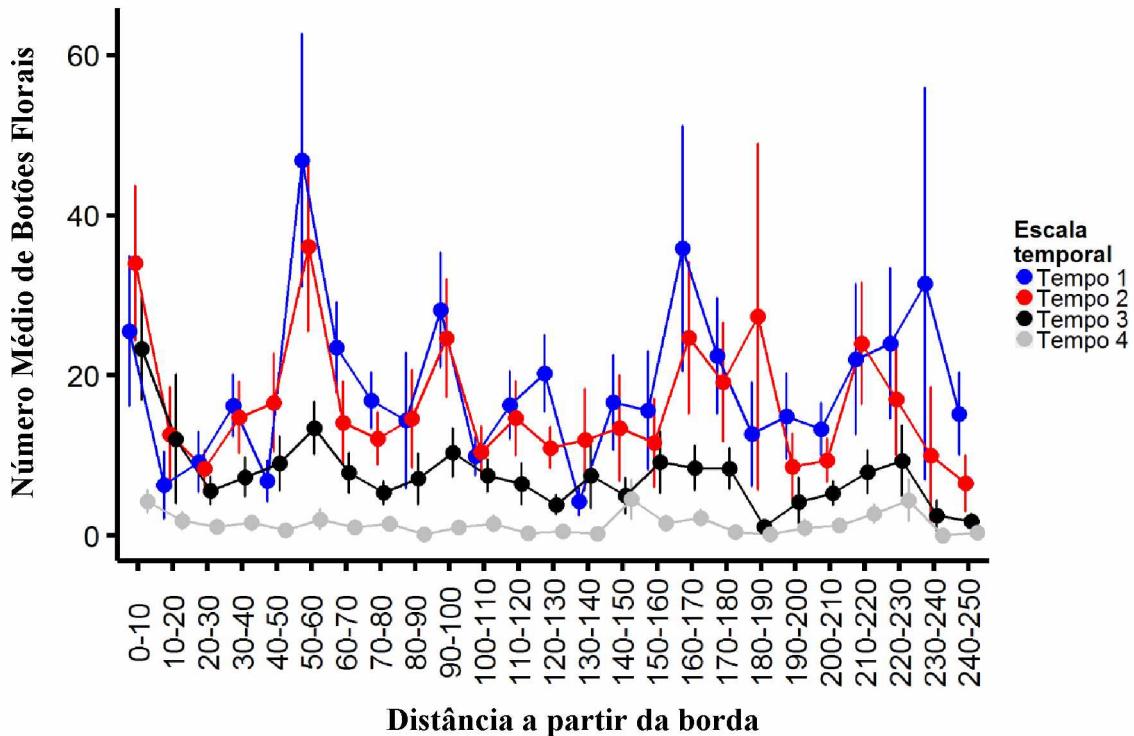


Figura 8: Quantidade de botões florais (média e erro padrão) de *Banisteriopsis malifolia* encontrados ao longo dos períodos de observação (18/03/2016; 06/04/2016; 20/04/2016; 11/05/2016) nas diferentes categorias de distância.

Tabela 4. Relação entre a quantidade (média e erro padrão) de botões florais produzidos por planta de acordo com as categorias de distância da borda e tempo de amostragem.

Variáveis	Soma dos quad.	Quadrados médios	F
Tempo	13,0366	4,3455	155,1379***
Distância da borda	2,2601	0,0942	3,3619***
Resíduos	2,0168	0,0280	

4. Cobertura Vegetal - Sombreamento

A cobertura vegetal a que cada indivíduo de *B. malifolia* estava sujeito variou de 0% a 86%. A média de cobertura por categoria de distância (0-10 a 240-250) variou de 1 a 49%, e foi maior na borda (**Figura 9**). A cobertura não foi relacionada com a distância da borda e nem com o transecto estudado (**Tabela 5**), mas foi responsável por explicar, marginalmente, 15% da variação na ocorrência das plantas ($F_{1,23} = 4.0248$; $R^2 = 0.1489$, $p = 0.0567$) (**Figura 10**).

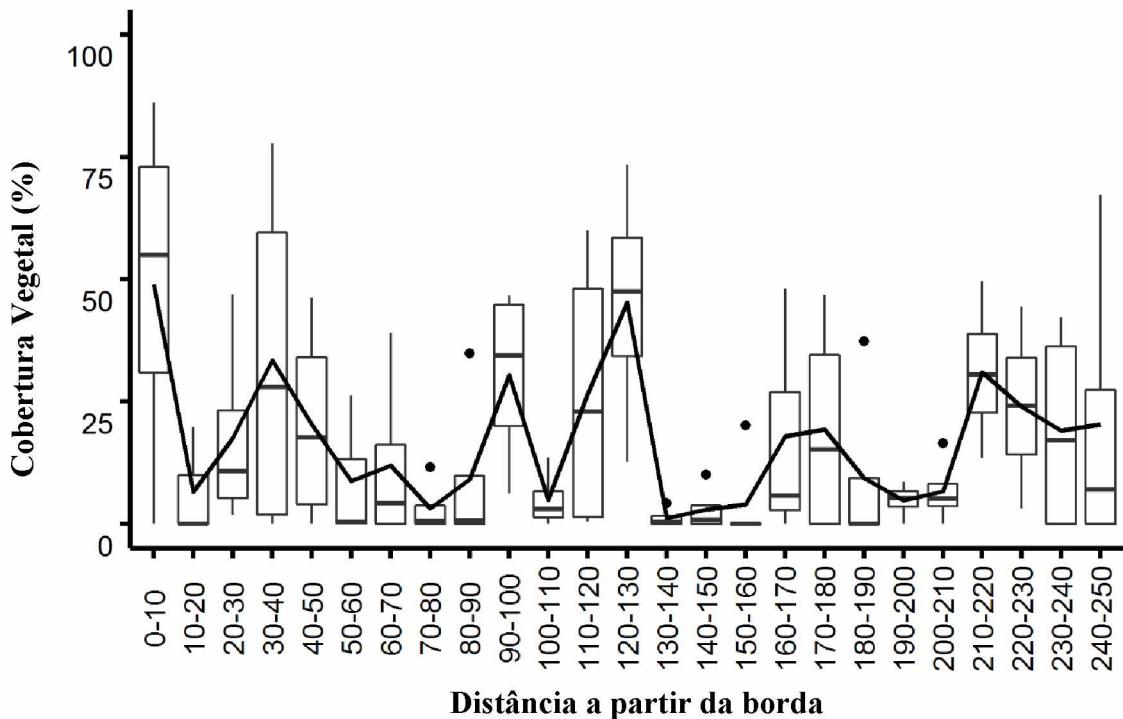


Figura 9. Cobertura vegetal (%) incidindo sobre os indivíduos de *Banisteriopsis malifolia* encontrados nas diferentes categorias de distância da borda em direção ao interior do fragmento. As linhas pontilhadas indicam o máximo e mínimo, as barras indicam os quartis (25-75%), a linha cortando as barras mostra a mediana e a linha conectando as barras denota a média.

Tabela 5. Relação entre a cobertura vegetal (%) e os transectos e a distância da borda.

Variáveis	Soma dos quad.	Quadrados médios	F
Distância da borda	15,0871	0,6286	0,1206 n.s.
Transecto	2,5313	0,8437	0,1319 n.s.
Resíduos	30,5301	0,4361	

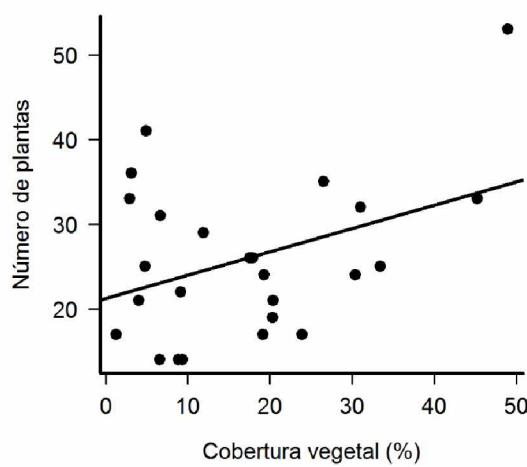


Figura 10. Relação entre a abundância de indivíduos de *Banisteriopsis malifolia* (por distância/por transecto) e a cobertura vegetal (%), por distância/por transecto) a qual as plantas estavam sujeitas. A relação foi positiva e marginalmente significativa ($R^2 = 0.14$).

5. Variação fenotípica – instabilidade do desenvolvimento

A variação de AF atribuída aos diferentes intervalos de distância da borda da estrada e aos transectos foi de 34,43% e 14,37%, respectivamente (coeficiente de variação) (**Figura 11**). Das variáveis contínuas, a cobertura vegetal (%) e a herbivoria foliar (%) foram positivamente relacionadas com a AF ($F_{3,94} = 0,7863, P > 0,05$) (**Tabela 6 / Figura 12**), mas a relação não foi estatisticamente significativa em nenhum caso.

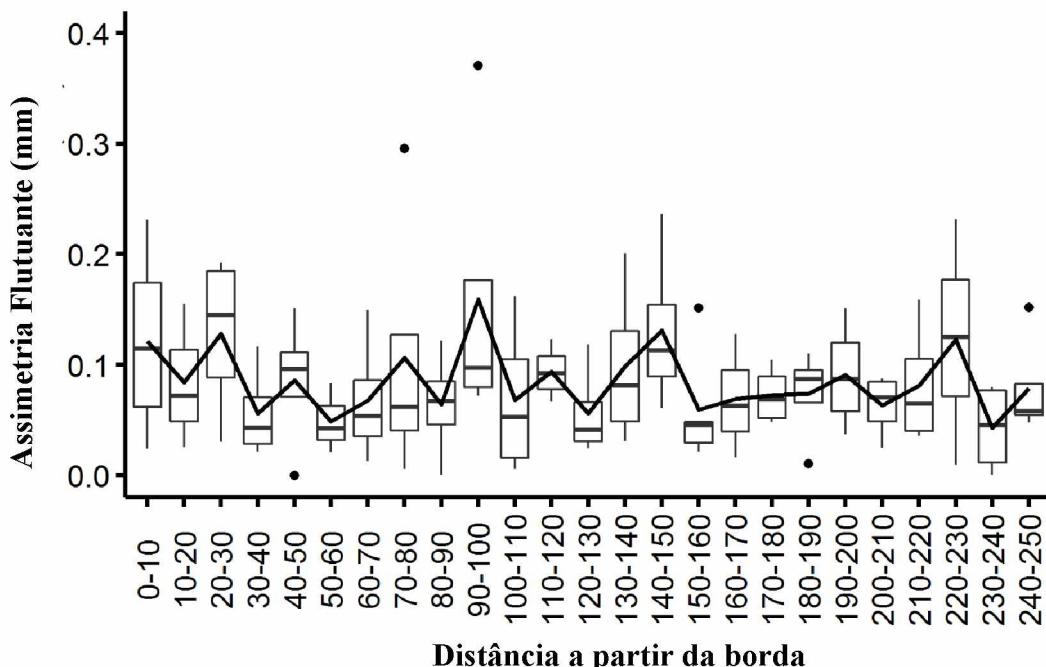


Figura 11. Variações na assimetria flutuante (por transepto/categoria de distância) de *Banisteriopsis malifolia*. As linhas verticais indicam o máximo e mínimo, as barras indicam os quartis (25-75%), a linha cortando as barras mostra a mediana e a linha conectando as barras denota a média.

Tabela 6. Relação entre assimetria flutuante (AF, em log), cobertura vegetal e herbivoria foliar (ambos em porcentagem). A AF não foi influenciada significativamente pelas variáveis examinadas, e nem pelo efeito de interação.

Variáveis	Estimativa	Erro padrão	Valor de <i>t</i>
Intercepto (AF)	0,0313	0,0050	6,3155 ***
Cobertura vegetal (%)	0,0002	0,0002	1,1695 n.s.
Herbivoria (%)	0,0022	0,0024	0,9266 n.s.
Efeitos de interação	-0,0001	0,0001	-1,5343 n.s.

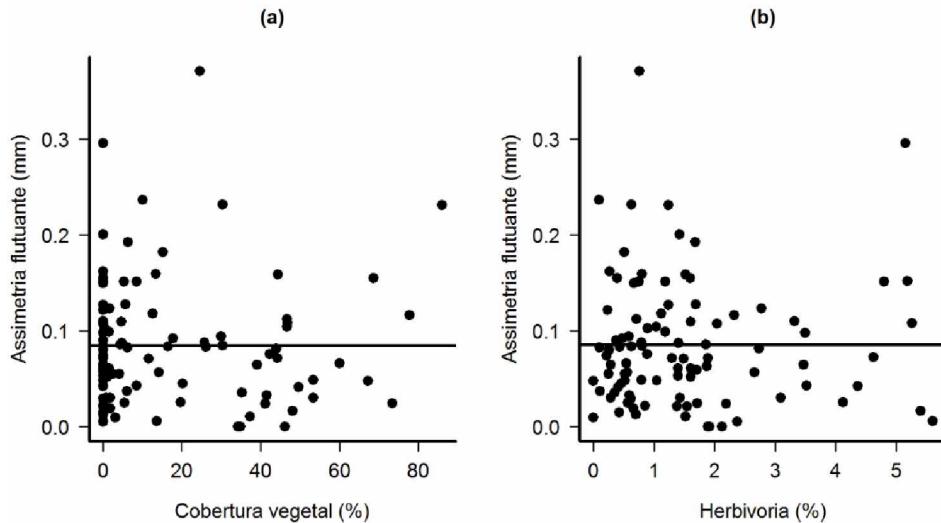


Figura 12. Influência da cobertura vegetal (%) e da herbivoria foliar (%) na assimetria flutuante de *Banisteriopsis malifolia*.

6. Variação fenotípica – Massa foliar específica

Não encontramos relação significativa entre a taxa de herbivoria por perda foliar e a massa foliar específica das plantas estudadas ($F_{1,96}=1.9617$; $R^2=0.0200$; $p > 0.05$) (Figura 13).

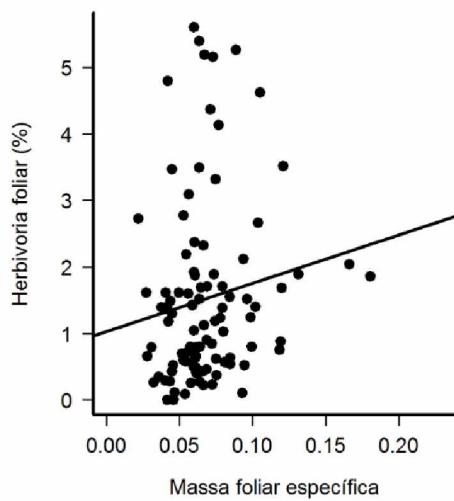


Figura 13. Relação entre a herbivoria foliar e a massa foliar específica (mg.cm^{-2}).

7. Herbivoria Foliar

A perda de área foliar variou de 0 a 2.5 cm², e esta última medida correspondeu a 5.6% da área foliar; porém a média total de perda foliar foi de 1.5%. A herbivoria foliar não teve relação com a distância da borda (**Figura 14**).

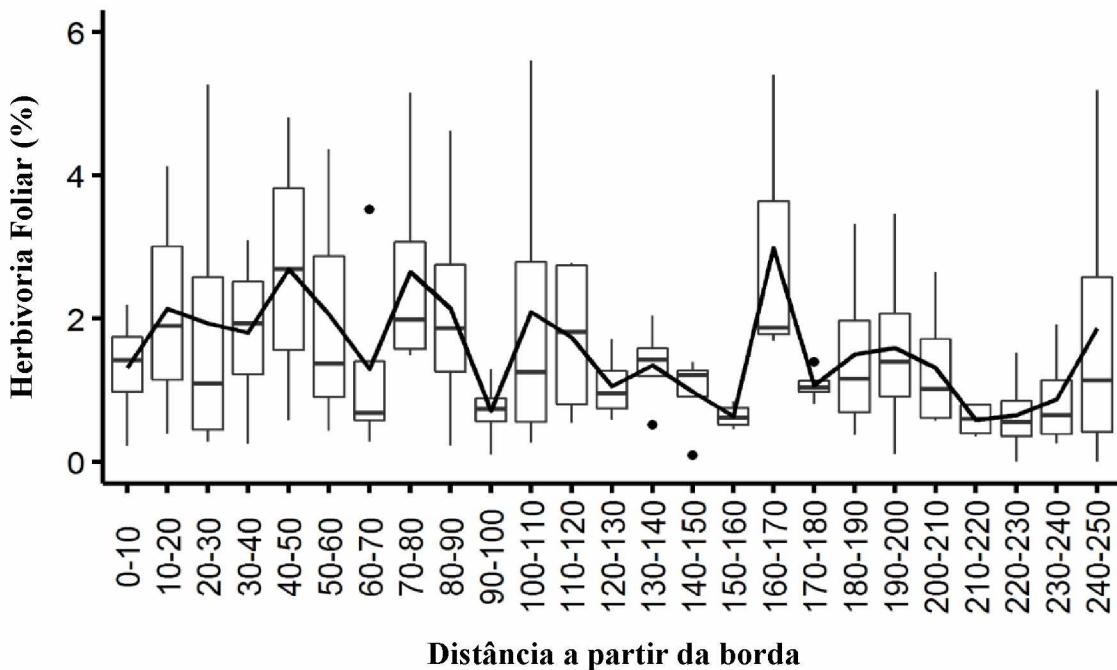


Figura 14. Taxa de herbivoria foliar em *Banisteriopsis malifolia* de acordo com a distância da borda. As linhas verticais indicam o máximo e mínimo, as barras indicam os quartis (25-75%), a linha cortando as barras mostra a mediana e a linha conectando as barras denota a média.

8. Herbivoria Floral

A distância da borda não explicou a quantidade de larvas de curculionídeos presentes nos botões florais analisados ($H = 27.7957$, $p > 0.05$), nem mesmo a quantidade de botões florais observados ($H = 19.0645$, $p > 0.05$) (**Figura 15**).

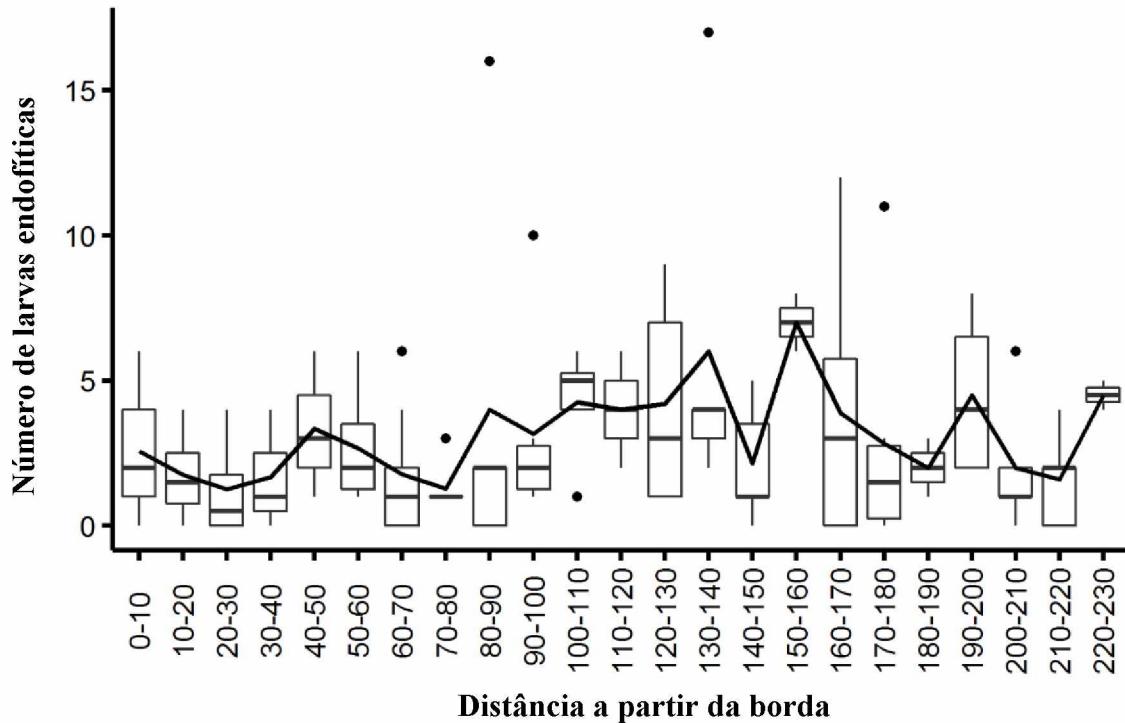


Figura 15. Quantidade de larvas endofíticas encontradas nos botões florais de *Banisteriopsis malifolia* de acordo com a distância da borda. As linhas verticais indicam o máximo e mínimo, as barras indicam os quartis (25-75%), a linha cortando as barras mostra a mediana e a linha conectando as barras denota a média.

9. Relação geral dos parâmetros da planta, distância da borda e cobertura

Dentre todas as variáveis examinadas em *B. malifolia*: complexidade estrutural, área foliar, herbivoria, massa foliar específica, número de botões florais e assimetria flutuante, nenhuma apresentou variações significativas de acordo com a cobertura vegetal (%) e a distância da borda (**Tabela 7**). O efeito da interação cobertura vegetal (%) + distância da borda influenciou significativamente somente a herbivoria foliar.

Tabela 7. Análises de covariância mostrando a influência da cobertura vegetal (% - cofator) e da distância da borda (fator) sobre diversas variáveis examinadas em *Banisteriopsis malifolia*.

Variáveis	G.L.	Soma quadr.	Quadr. Médios	F
<i>Complexidade estrutural</i>				
Distância da borda	24	37,9341	1,5805	0,6450 n.s.
Cobertura (%)	1	0,2087	0,2087	0,0851 n.s.
Interação	24	91,4416	3,8100	1,5549 n.s.
Resíduos	48	117,6133	2,4502	
<i>Área foliar</i>				
Distância da borda	24	0,2510	0,0104	0,6690 n.s.
Cobertura (%)	1	0,0015	0,0015	0,1021 n.s.
Interação	24	0,4346	0,0181	1,1586 n.s.
Resíduos	48	0,7503	0,0156	
<i>Herbivoria foliar</i>				
Distância da borda	24	41,7993	1,7416	1,3298 n.s.
Cobertura (%)	1	1,0965	1,0964	0,8371 n.s.
Interação	24	77,5327	3,2305	2,4666 ***
Resíduos	48	62,8654	1,3097	
<i>Massa foliar específica</i>				
Distância da borda	24	0,0133	0,0005	0,6080 n.s.
Cobertura (%)	1	0,0001	0,0001	0,1276 n.s.
Interação	24	0,0122	0,0005	0,5551 n.s.
Resíduos	48	0,0440	0,0009	
<i>Botões florais</i>				
Distância da borda	24	9,4406	0,3933	0,9845 n.s.
Cobertura (%)	1	0,4322	0,4322	1,0819 n.s.
Interação	24	12,4634	0,5193	1,2997 n.s.
Resíduos	48	19,1786	0,3995	
<i>Assimetria flutuante</i>				
Distância da borda	24	0,0811	0,0033	0,7199 n.s.
Cobertura (%)	1	0,0008	0,0008	0,1814 n.s.
Interação	24	0,1129	0,0047	1,0020 n.s.
Resíduos	48	0,2253	0,0046	

DISCUSSÃO

Nossos resultados mostraram que não houve diferença na abundância de plantas encontradas nas diferentes distâncias da borda da estrada. Embora esta planta possua características de espécies pioneiras (Alves-Silva & Del-Claro 2016(a), Bächtold et al. 2016), nossos resultados sugerem que a presença de bordas e clareiras não influenciam a abundância dessa espécie nessa reserva. Resultados semelhantes foram obtidos por Pivello et al. (1999) para espécies de gramíneas africanas em uma reserva coberta por manchas de cerrado *sensu stricto* e campo cerrado. Tais espécies não responderam aos efeitos de distância da borda, semelhantemente a *B. malifolia*, apesar de terem mostrado preferência por áreas com maior incidência solar.

Ainda que a maior quantidade de *B. malifolia* tenha sido encontrada na borda da estrada, nossas análises de cobertura vegetal não demonstraram que existe nessas áreas uma maior incidência de radiação solar, já que não houve diferença na cobertura vegetal sobre as plantas da borda quando comparadas com as plantas do interior da mata. Semelhantemente, Mendonça et al. (2015) não encontraram diferenças nas condições microclimáticas da borda para o interior de um fragmento de cerrado *sensu stricto*. O autor afirma que a ausência de efeitos de borda sobre a comunidade de plantas pode ser atribuída a duas características comuns de ecossistemas de savânicos: estrutura e fisionomia com maior viabilidade de fluxos ecológicos a partir da borda e melhor adaptação e tolerância fisiológica das espécies vegetais do cerrado às condições de estresse abiótico. Afinal, as espécies de plantas que se desenvolvem nessas áreas apresentam uma série de adaptações ao estresse ambiental, o que garante seu estabelecimento e crescimento, mesmo sob baixa disponibilidade de água, baixa umidade do ar e intensa radiação solar (Franco & Luttge 2002). Estas, são características comuns no cerrado e independem da presença de bordas, sendo assim, alterações que poderiam

ser provocadas pela presença da borda em ecossistemas florestais por exemplo, não foram identificadas para *B. malifolia* nesse estudo, já que aparentemente, o estabelecimento dessa espécie em áreas de cerrado *sensu stricto*, não é influenciado pela borda na reserva estudada.

Não encontramos diferença na complexidade estrutural das plantas nas diferentes categorias de distância amostradas, resultados similares são descritos para o estrato arbustivo na Caatinga (Santos & Santos 2008), revelando que as plantas seguem um padrão de altura, tamanho da elipse e espessura do tronco.

B. malifolia floresceu com mais intensidade no interior da mata do que na borda da estrada, diferente do encontrado por Vogado et al. (2016) para *Myrcia guianensis*, também em áreas de cerrado *sensu stricto*. Em nosso estudo, *B. malifolia* começou a florescer no interior da mata, onde esperaríamos encontrar menor intensidade luminosa, enquanto *M. guianensis* acelera sua fenofase quando estão em áreas de borda, respondendo a maior incidência de radiação solar disponível para essas áreas.

Os efeitos abióticos da borda incluem diversas alterações microclimáticas em ambientes florestais, dentre eles podemos destacar umidade reduzida, maior variabilidade da temperatura, maior penetração da luz e distúrbio do vento em relação ao interior da floresta (Laurance et al. 2002). Para os ambientes savânicos, Belsky & Canham (1994), mostraram que a cobertura do dossel de árvores isoladas ou agrupadas e as lacunas entre elas criam micro-ambientes extremamente diferentes, contudo, nossos resultados não mostraram diferença na quantidade de cobertura vegetal sobre os indivíduos de *B. malifolia* estudados, revelando que não existe um gradiente ambiental relacionado a cobertura das plantas. Além disso, nossos dados não mostraram relação entre a quantidade de cobertura vegetal e as interações que ocorrem nessa espécie, já que diversos autores revelaram que gradientes ambientais podem afetar as interações animal-planta (Ries

2004, Ramos & Santos 2006, Hagen et al. 2012, Pires et al. 2014). Por exemplo, plantas com maior nível de incidência solar recebem maior taxa de visitação de polinizadores, o que indica que as condições associadas a esses habitats determinam o comportamento de mutualistas (Kilkenny & Galloway 2008), entretanto em nosso estudo, a ausência de microclimas não influenciou as interações.

Diferentemente dos possíveis efeitos de borda mencionados por Murcia (1995) para os ecossistemas florestais, em área de cerrado *sensu stricto*, não encontramos efeitos abióticos (incidência solar), efeitos biológicos diretos (mudança na composição vegetacional causada por condições físicas), nem mesmo efeitos biológicos indiretos (interações), que pudessem influenciar o estabelecimento de *B. malifolia*. A ausência de influência da borda sobre comunidades vegetais e animais não é uma novidade na literatura. Alguns trabalhos mostram que nenhuma resposta de borda é um resultado muito frequente (Murcia 1995, Ries et al. 2004, Hagen et al. 2005). Mais especificamente, Ries et al. (2004), revisou 900 artigos a respeito das respostas de borda terrestre e descobriram que existem quatro mecanismos fundamentais que causam respostas de borda, sendo eles: fluxos ecológicos, acesso a recursos espacialmente separados, mapeamento de recursos e interações entre espécies. No entanto, uma grande quantidade de estudos exibe resposta neutra para esses mecanismos e para a presença das bordas, como encontrado frequentemente nos estudos de ambientes savânicos e também em nosso estudo.

Os testes de análise de assimetria flutuante revelaram que não existe um nível de estresse significativo para os indivíduos de *B. malifolia* encontrados tanto na borda da estrada quanto no interior da mata, similarmente aos resultados encontrados por Ishino et al. (2012) em um fragmento de cerrado. Seja na borda ou no interior do fragmento, os dois lados das folhas desenvolveram-se correspondentemente, demonstrando que

indivíduos *B. malifolia*, não são afetados pela distância da borda e nem pela cobertura vegetal adjacente. A herbivoria (perda de área foliar) também não foi um fator responsável por mudanças significativas na AF de *B. malifolia*. Este resultado foi inesperado, pois usualmente, ao se alimentarem de tecidos foliares, os herbívoros afetam os padrões de crescimento e desenvolvimento foliar, o que eventualmente eleva os níveis de AF (Santos et al. 2013) e ainda em alguns cenários a AF se relaciona negativamente com o *fitness* das plantas (Venâncio et al. 2016). No presente estudo, insetos mastigadores não provocaram aumentos na AF, sugerindo que a planta possa ter algum mecanismo de compensação para lidar com a perda de área foliar (Trumble et al. 1993, Strauss & Agrawal 1999, Berteaux et al. 2007). Porém, considerando que Lempa et al. (2000) mostraram que existe uma relação positiva entre dados de herbivoria e AF, podemos esperar que plantas que não estão expostas a diferentes níveis de estresse, ou que não respondem a esses fatores, também não exibirão diferentes taxas de herbivoria.

A área foliar e massa foliar específica não foram diferentes ao longo das categorias de distância estudadas para *B. malifolia*, diferente do encontrado por Markesteijn et al. (2007), onde espécies vegetais sofrem modificações em sua estrutura, principalmente quando se trata de plantas dependentes da luz que crescem em habitats sombreados. Venâncio et al. (2016) por exemplo, mostrou que o arbusto da leguminosa *Bauhinia brevipes* apresentou acentuadas diferenças na área foliar em resposta ao microhabitat, uma vez que as plantas sombreadas apresentaram folhas significativamente maiores em comparação com plantas em locais ensolarados. Esta é uma resposta adaptativa, visto que a falta de luz é compensada por folhas grandes que conseguem captar maior energia solar.

Acreditávamos que a menor taxa de herbivoria foliar e floral seria encontrada no interior da mata, considerando que a borda representaria um ambiente hostil, suscetível a diversas perturbações e fatores de estresse para as plantas (Niesenbaum et al. 2006,

Yamazaki 2011). Sendo assim, apesar de *B. malifolia* apresentar características que favorecem seu estabelecimento nessas áreas, esperaríamos uma maior taxa de herbivoria nas bordas e possivelmente nas clareiras presentes em áreas mais interiorizadas. Porém, não encontramos diferença na quantidade de herbivoria foliar nem mesmo na quantidade de herbivoria floral das plantas, evidenciando que não houve uma preferência e/ou maior adaptabilidade dos herbívoros por áreas de borda ou interior de mata. Diferentemente do encontrado em ambientes florestais, onde alterações nas taxas de herbivoria e demais interações inseto-planta são comuns da borda para o interior do fragmento (Burkey 1993, Murcia 1995, Cadenasso & Pickett 2000, Laurence et al. 2002, Tscharntke et al. 2002, Urbas 2007). Ainda outros trabalhos mostram que o movimento das folhagens pelo vento (Yamazaki 2011) ou mesmo a visita e manipulação dos pesquisadores (Niesenbaum et al. 2006), poderia afetar de forma consistente a quantidade de artrópodes e consequentemente a herbivoria experimentada por algumas espécies de plantas.

CONCLUSÃO

Banisteriopsis malifolia não apresentou alteração em sua complexidade estrutural, assimetria flutuante, taxa de herbivoria foliar e floral, em um ambiente onde os fatores abióticos mensurados (quantidade de cobertura vegetal), não variaram da borda para o interior da mata. Tais resultados sugerem que para essa espécie, nessa área, não houve mudanças significativas nas condições ambientais e no acesso a diferentes recursos após a criação da borda.

É importante ressaltar que a presença dos efeitos de borda como observado para ecossistemas florestais, não se aplicam da mesma maneira a áreas de savanas, dessa forma, estratégias de prevenção, controle e gestão das políticas voltadas para a conservação e restauração biológica de áreas, devem ser específicas.

REFERÊNCIAS

- ALVES-SILVA, E. Post Fire Resprouting of *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae) and the Role of Extrafloral Nectaries on the Associated Ant Fauna in a Brazilian Savanna. **Sociobiology**, v. 58, n. 2, p. 327-330, 2011.
- ALVES-SILVA, E., BARÔNIO, G. J., TOREZAN-SILINGARDI, H. M., DEL-CLARO, K. Foraging behavior of *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae) on *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae): Extrafloral nectar consumption and herbivore predation in a tending ant system. **Entomological Science**, v. 16, n. 2, p. 162–169, 2013.
- ALVES-SILVA, E., & DEL-CLARO, K. Effect of post-fire resprouting on leaf fluctuating asymmetry, extrafloral nectar quality, and ant–plant–herbivore interactions. **Naturwissenschaften**, v. 100, n. 6, p. 525-532, 2013.
- ALVES-SILVA, E. & DEL-CLARO, K. Fire triggers the activity of extrafloral nectaries, but ants fail to protect the plant against herbivores in a neotropical savanna. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 8, n. 3, p. 233-240, 2014.
- ALVES-SILVA, E. & DEL-CLARO, K. On the inability of ants to protect their plant partners and the effect of herbivores on different stages of plant reproduction. **Austral Ecology**, v. 41, p. 263–272, 2016(a).
- ALVES-SILVA, E. & DEL-CLARO, K. Herbivory-induced stress: Leaf developmental instability is caused by herbivore damage in early stages of leaf development. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 359-365, 2016(b).
- ARAÚJO, A. P. A., DE PAULA, J. D. A., CARNEIRO, M. A. A., SCHOEREDER, J. H. Effects of host plant architecture on colonization by galling insects. **Austral Ecology**, v. 31, p. 343–348, 2006.

ATHAYDE, E. A. & MORELLATO, L. P. C. Anthropogenic edges, isolation and the flowering time and fruit set of *Anadenanthera peregrina*, a cerrado savanna tree. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, p. 443-454, 2014.

AUERBACH, S. I. Ecosystem response to stress: a review of concepts and approaches. In: Barrett, G. W. and Rosenberg, R. (eds), Stress effects on natural ecosystems. John Wiley and Sons Ltd, p. 29-41, 1981.

BÄCHTOLD, A., ALVES SILVA, E., DEL-CLARO, K. Ants, plant characteristics and habitat conservation status affect the occurrence of myrmecophilous butterflies on an extrafloral nectaried Malpighiaceae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 51, p. 1-9, 2016.

BÄCHTOLD, A., ALVES-SILVA, E., DEL-CLARO, K. Lycaenidae larvae feeding on *Peixotoa parviflora* (Malpighiaceae) in a semi-deciduous forest in Southeastern Brazil. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 67, n. 1, p. 65–67, 2013.

BÄCHTOLD, A., ALVES-SILVA, E., KAMINSKI, L. A., DEL-CLARO, K. The role of tending ants in host plant selection and egg parasitism of two facultative myrmecophilous butterflies. **Naturwissenschaften**, v. 101, n. 11, p. 913–919, 2014.

BARRETT, G. W., VAN DYNE, G. M., ODUM, E. P. Stress ecology. **BioScience**, v. 26, p. 192-194, 1976.

BAZZAZ, F. A. *Plants in changing environments*. UK: Cambridge University Press. p. 1-5, 1996.

BELSKY, A. J. & CANHAM C. D. Forest gaps and isolated savanna trees. **BioScience**, v. 44, p. 77–84, 1994.

- BERTEAUX, D., DINER, B., DREYFUS, C., EBLE, M., LESSARD, I., KLVANA, I. Heavy browsing by a mammalian herbivore does not affect fluctuating asymmetry of its food plants. **EcoScience**, v. 14, p. 188–194, 2007.
- BLOOM, A. J., CHAPIN, F. S., MOONEY, H. A. Resource Limitation in Plants-An Economic Analogy **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 363-392, 1985.
- BOLGER, D. T., SUAREZ A. V., CROOKS, K. R., MORRISON, S. A., CASE, T. J. Arthropods in urban habitat fragments in southern California: area, age, and edge effects. **Ecological Applications**, v. 10, n. 4, p. 1230–1248, 2000.
- BURKEY, T. V. Edge effects in seed and egg predation at two neotropical rainforest sites. **Biological Conservation**, v. 66, p. 139-143, 1993.
- CADENASSO, M. L. & PICKETT, S. T. A. Linking forest edge structure to edge function: mediation of herbivore damage. **Jornal of Ecology**, v. 88, p. 31-44, 2000.
- CORNELISSEN, T. & STILING, P. Perfect is best: low leaf fluctuating asymmetry reduces herbivory by leaf miners. **Oecologia**, v. 142, p. 46-56, 2005.
- CORNELISSEN, T. & STILING, P. Similar responses of insect herbivores to leaf fluctuating asymmetry. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 5, p. 59-69, 2011.
- COSTA, F.V., FAGUNDES, M., NEVES, F. S. Arquitetura da planta e diversidade de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). **Ecologia Austral**, v. 20, n. 1, p. 9–17, 2010.
- COWART, N. M. & GRAHAM, J. H. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig (*Ficus carica* L.). **International Journal of Plant Sciences**, v. 160, p. 116 – 121, 1999.

- CUEVAS-REYES, P., OYAMA, K., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A., FERNANDES, G. W., MENDOZACUENCA, L. Contrasting herbivory patterns and leaf fluctuating asymmetry in *Heliocarpus pallidus* between different habitat types within a Mexican tropical dry forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 27 p. 383-391, 2011.
- DÁTTILO, W., AGUIRRE, A., QUESADA, M., DIRZO, R. Tropical forest fragmentation affects floral visitors but not the structure of individual-based palm-pollinator networks. **PloS one**, v. 10, n. 1, p. 121-127, 2015.
- DEL-CLARO, K., MARULLO, R., MOUND, L. A. A new Brazilian species of Heterothrips (Insecta: Thysanoptera) interacting with ants in *Peixotoa tomentosa* flowers (Malpighiaceae). **Journal Natural History**, v. 31, p. 1307–1312, 1997.
- FERREIRA, C. A. & TOREZAN-SILINGARD, H. M. Implications of the floral herbivory on Malpighiacea plant fitness: visual aspect of the flower affects the attractiveness to pollinators. **Sociobiology**, v. 60, n. 3, p. 323-328, 2013.
- FRANCO, A. C. & LÜTTGE, U. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical efficiency, photorespiration, CO₂ assimilation and water use efficiency. **Oecologia**, v. 131, p. 356–365, 2002.
- GLEESON, S. K. & TILMAN D. Plant Allocation and the Multiple Limitation Hypothesis. **The American Naturalist**, v. 139, n. 6, p. 1322-1343, 1992.
- GRAHAM, J. H., RAZ, S., HEL-OR, H., NEVO, E. Fluctuating asymmetry: methods, theory, and applications. **Symmetry**, v. 2, p. 466-540, 2010.
- HAGEN, M., KISSLING, W. D., RASMUSSEN, C., AGUIAR, M. A. M., BROWN, L., CARSTENSEN, D. W., ALVESDOS-SANTOS, I., DUPONT, Y. L., EDWARDS, F. K., GENINI, J., GUIMARÃES, P. R., JENKINS, G. B., JORDANO, P., KAISER-

BUNBURY, C. N., LEDGER, M., MAIA, K. P., MARQUITTI, F. M. D., MCLAUGHLI, O., MORELLATO, L. P. C., O'GORMAN, E. J., TROJELSGAARD, K., TYLIANAKIS, HARPER, K. A., MACDONALD, S. E., BURTON, P. J., CHEN, J., ROBERTS, D., JAITEH, M. S., ESSEEN, P. A. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, v. 19, p. 768–782, 2005.

HERRERA, C. M. Microclimate and individual variation in pollinators: flowering plants are more than their flowers!. **Ecology**, v. 76, n. 5, p. 1516-1524, 1995.

HÓDAR, J. A. Leaf fluctuating asymmetry of Holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions. **Journal of Arid Environments**, v. 52, n. 2, p. 233-243, 2002.

ISHINO, M. N., DE SIBIO, P. R., ROSSI, M. N. Edge effect and phenology in *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae), a typical plant of the Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal Biology**, v. 72, n. 3, p. 587-594, 2012.

KILKENNY, F. F. & GALLOWAY, L. F. Reproductive success in varying light environments: direct and indirect effects of light on plants and pollinators. **Oecologia**, v. 155, n. 2, p. 247-55, 2008.

LAURANCE, W. F., LOVEJOY, T. E., VASCONCELOS, H. L., BRUNA, E. M., DIDHAM, R. K., STOUFFER, P. C., GASCON, C. R., BIERREGAARD, O., LAURANCE, S. L., SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 605–618, 2002.

LAWTON, J. H. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual Reviews Entomology**, v. 28, p. 23–29, 1983.

LEAMY, L. J. & KLINGENBERG, C. P. The genetics and evolution of fluctuating asymmetry. **Annual Reviews in Ecology, Evolution and Systematic**, v. 36, p. 1–21, 2005.

LEATHER, S. R. Insect species richness of the British Rosaceae: the importance of host range, plant architecture, age of establishment, taxonomic isolation and species-area relationships. **Journal Animal Ecology**, p. 55, v. 841–860, 1986.

LECHOWICZ, M. J. & BELL, G. The ecology and genetics of fitness in forest plants. II. Microspatial heterogeneity of the edaphic environment. **Journal of Ecology**, v. 79, p. 687-696, 1991.

LEMPA, K., MARTEL, J., KORICHEVA, J., HAUKIOJA, E., OSSIPOV, V., OSSIPOVA, S., PIHLAJA, K. Covariation of fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansion. **Oecologia**, v. 122, p. 354–360, 2000.

MARKESTEIJN, L., POORTER, L., BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American Journal of Botany**, v. 94, p. 515-525, 2007.

MATLACK, G. R. Vegetation dynamics of the forest edge - trends in space and successional time. **Journal of Ecology**, v. 82, p. 113-123, 1994.

MCCONNAUGHAY, K. D. M. & COLEMAN, J. S. Biomass Allocation in Plants: Ontogeny or Optimality? A Test along Three Resource Gradients. **Ecology**, v. 80, n. 8, p. 2581-2593, 1999.

MENDONÇA, A. H., RUSSOB, C., MELOC, A. C. G., DURIGANC, G. Edge Effects In Savanna Fragments: A Case Study In The Cerrado. **Plant Ecology & Diversity**, v. 8, n. 4, p. 493-503, 2015.

- MINER, B. G., SULTAN, S. E., MORGAN, S. G., PADILLA, D. K., RELYEÀ, R. A. Ecological consequences of phenotypic plasticity. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, p. 685-692, 2005.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 58–62, 1995.
- NIESENBAUM, R. A., CAHILL, J. F., INGERSOLL, C. M. Light, wind, and touch influence leaf chemistry and rates of herbivory in *Apocynum cannabinum* (Apocynaceae). **International Journal Plant Sciences**, v. 67, n. 5, p. 969–978, 2006.
- PALMER, A. R. Fluctuating asymmetryanalysis: Aprimer. In: MarkowT.A. (Ed.). Developmental Instability: Its Originsand EvolutionaryImplications. **Kluwer Academic Publisher**, p. 335-364. 1994.
- PALMER, A. R. & STROBECK. C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implications of non-normal distributions and power of statistical tests. **Acta Zoologica Fennica**, v. 191, p. 55-70, 1992.
- PETANIDOU, T. & SMETS, E. Does temperature stress induce néctar secretion in Mediterranean plants? **New Phytologist**, v. 133, p. 513-518, 1996.
- PIRES, J. P. D. A., SILVA, A. G. D., FREITAS, L. Plant size, flowering synchrony and edge effects: what, how and where they affect there productive success of a Neotropical tree species. **Austral Ecology**, v. 39, p. 328-336, 2014.
- PIVELLO, V. R., SHIDA, C. N., MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 8, p. 1281-1294, 1999.

POORTER, H. & GARNIER, E. Ecological significance of inherent variation in relative growth rate and its components. In **Handbook of functional Plant Ecology**, Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 81-120. 1999.

PRIMAK, R. B. & RODRIGUES, E. Biologia da Conservação. Londrina, Midiograf. 2001.

PUERTA-PIÑERO, C., GÓMEZ, J. M., HÓDAR, J. A., Shade and herbivory induce fluctuating asymmetry in a Mediterranean oak. **International Journal Plant Sciences**, v. 169, p. 631–635, 2008.

RADHIKA, V., KOST, C., BOLAND, W., MARTIN HEIL, M. The role of jasmonate signalling in floral néctar secretion. **PlosOne**, v. 5, p. 9265, 2010.

RAMOS, F. N. & SANTOS, F. A. M. Floral visitors and pollination of *Psychotria temuinervis* (Rubiaceae): distance from the anthropogenic and natural edges of an Atlantic Forest fragment 1. **Biotropica**, v. 38, p. 383-389, 2006.

RIES, L., FLETCHER, J. R., BATTIN, J., ANDISK, T. D. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p. 491-522, 2004.

RODRIGUEZ, J., JORDANO, D., FERNANDEZ, J. H. Spatial Heterogeneity in a Butterfly--Host Plant Interaction. **Journal of Animal Ecology**, v. 63, n. 1, p. 31-38, 1994.

ROWE, L., REPASKY, R. R., PALMER, A. R. Condition-dependent symmetry in sexually selected traits: Fluctuating asymmetry or antisymmetry? **Evolution**, v. 51, p. 1401-1408, 1997.

ROZENDAAL, D. M. A., HURTADO, V. H., POORTER, L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. **Functional Ecology**, v. 20, p. 207-216, 2006.

SANTOS, A. M. M. & SANTOS, B. A. Are the vegetation structure and composition of the shrubby Caatinga free from edge influence? **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n.4, p. 1077-1084, 2008.

SANTOS, J. C., ALVES-SILVA, E., CORNELISSEN, T.G., FERNANDES, G.W. The effect of fluctuating asymmetry and leaf nutrients on gall abundance and survivorship. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, p. 489–495, 2013.

SANTOS, J. C., ARAUJO, N. A. V., SILVA, H. V., ANDRADE, J. F., SILVA, E. A., ALMEIDA, W. R., OLIVEIRA, R. C. How detrimental are seed galls to their hosts? Plant performance, germination, developmental instability, and tolerance to herbivory in, a leguminous tree. **Plant Biology (Stuttgart)**, v. 18, p. 962-972, 2016.

SVENNING, J. C. On the Role of Microenvironmental Heterogeneity in the Ecology and Diversification of Neotropical Rain-Forest Palms (Arecaceae). **Botanical Review**, v. 67, n. 1, p. 1-53, 2001.

SWAINE, M. D. & WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rainforests. **Vegetation**, v. 75, p. 81–86, 1988.

TELHADO, C., ESTEVES, D., CORNELISSEN, T., FERNANDES, G.W., CARNEIRO, M. A. A. Insect herbivores of *Coccoloba cereifera* do not select asymmetric plants. **Environmental Entomology**, v. 39, p. 849–855, 2010.

TELHADO, C., SILVEIRA, F. A. O., FERNANDES, G. W., CORNELISSEN, T. Fluctuating asymmetry in leaves and flowers of sympatric species in a tropical montane environment. **Plant Species Biology**, v. 32, n. 1, p. 3-12, 2016.

TOREZAN-SILINGARD, H. M. A influência dos herbívoros florais, dos polinizadores e das características fenológicas sobre a frutificação de espécies da família Malpighiaceae em um cerrado de Minas Gerais. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. 2007.

TOREZAN-SILINGARD, H. M. Predatory Behavior of *Pachodynerus brevithorax* (Hymenoptera: Vespidae, Eumeninae) on Endophytic Herbivore Beetles in the Brazilian Tropical Savanna. **Sociobiology**, v. 57, n. 1, p. 181-189, 2011.

TORREZ-TERZO, G. & PAGLIOSA, P. R. Fluctuating Asymmetry As A Useful Biomarker Of Environmental Stress: A Case Of Study With *Avicennia Schaueriana* Stapf & Leechm. Ex Moldenke (Acanthaceae). **INSULA**, v. 36, p. 75-94, 2007.

TSCHARNTKE, T., STEFFAN-DEWENTER, I., KRUESS, A., THIES, C. Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. **Ecological Research**, v. 17, p. 229–239, 2002.

URBAS, P., MANOEL, V. A. JR., LEAL, I. R., WIRTH, R. 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.

VALLADARES, F., GIALONI, E., GÓMEZ, J. M. Ecological limits to phenotypic plasticity. **New Phytologist**, v. 176, p. 749-763, 2007.

VENÂNCIO, H., ALVES-SILVA, E., SANTOS, J. C. Is a leaf life span enough to display changes on developmental instability and nitrogen after simulated herbivory? **Flora**, v. 222, p. 121-127, 2016.

VILELA, A. A., TOREZAN-SILINGARD, H. M., DEL-CLARO, K. Conditional outcomes in ant-plant-herbivore interactions influenced by sequential flowering. **Flora**, v. 209, p. 359-366, 2014.

VINEBROOKE, R. D., COTTINGHAM, K. L., NORBERG, J., SCHEFFER, M., DODSON, S. I., MABERLY, S. C. AND SOMMER, U. Impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: the role of species co-tolerance. **Oikos**, v. 104, p. 451-457, 2004.

VOGADO, N. O., CAMARGO, M. G. G., LOCOSSELLI, G. M., MORELLATO, L. P. C. Edge effects on the phenology of the guamirim, *Myrcia guianensis* (Myrtaceae), a cerrado tree, Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 1, p. 291-312, 2016.

WYATT, G. R., KANOST, M. R., CHIN, B. C., COOK, K. E., KAWASOE B. M., ZHANG, J. Z., Juvenile hormone analog and injection effects on locust hemolymph protein synthesis. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 20, p. 167-180, 1992.

YAMAZAKI, K. Gone with the wind: trembling leaves may deter herbivory. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 104, p. 738–747, 2011.

YEZERINAC, S. M., LOUGHEED, S. C., HANDFORD, P. Measurement error and morphometric studies: statistical power and observer experience. **Systematic Biology**, v. 41, p. 471-482, 1992.