



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE BIOLOGIA

Patrícia Eyng Gueratto

Estradas dentro de florestas afetam as comunidades de  
borboletas frugívoras?

**CAMPINAS**

**2018**

**Patrícia Eyng Gueratto**

**Estradas dentro de florestas afetam as comunidades de borboletas frugívoras?**

*Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do Título de Mestra em Ecologia.*

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À VERSÃO  
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA  
PATRÍCIA EYNG GUERATTO E ORIENTADA PELO  
PROF. DR. ANDRÉ VICTOR LUCCI FREITAS.

*Orientador: PROF. DR. ANDRÉ VICTOR LUCCI FREITAS*

**CAMPINAS**

**2018**

**Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

G935e Gueratto, Patrícia Eyng, 1993-  
Estradas dentro de florestas afetam as comunidades de borboletas frugívoras? / Patrícia Eyng Gueratto. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: André Victor Lucci Freitas.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Ecologia de comunidades. 2. Mata Atlântica - Conservação. I. Freitas, André Victor Lucci, 1971-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Do forest trails affect fruit-feeding butterfly communities?

**Palavras-chave em inglês:**

Community ecology

Mata Atlântica - Conservation

**Área de concentração:** Ecologia

**Titulação:** Mestra em Ecologia

**Banca examinadora:**

André Victor Lucci Freitas [Orientador]

Danilo Bandini Ribeiro

Mathias Mistretta Pires

**Data de defesa:** 07-02-2018

**Programa de Pós-Graduação:** Ecologia

Campinas, 7 de fevereiro de 2018.

### **COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. André Victor Lucci Freitas

Prof. Dr. Danilo Bandini Ribeiro

Prof. Dr. Mathias Mistretta Pires

*Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica do aluno.*

*À minha mãe, Jacinta*

*Ao meu pai, Edelberto*

## **Agradecimentos**

Primeiramente, gostaria de agradecer às duas pessoas que possibilitaram que mais essa etapa fosse concluída com sucesso: minha mãe, Jacinta, por todo amor e dedicação de sempre, e meu pai, Edelberto, pelo carinho e exemplo de determinação. Vocês comemoraram comigo todas minhas vitórias e sempre me apoiaram em tudo, me mostrando que com trabalho e responsabilidade podemos chegar longe. Esse trabalho é também fruto do esforço de vocês. Muito obrigada!

Ao meu orientador André “Baku” Freitas, por me aceitar desde a iniciação científica e me guiar nesse início de carreira acadêmica. Agradeço pelo incentivo, pelos ensinamentos e por me mostrar que podemos sempre melhorar. Que bons frutos ainda sejam colhidos do nosso trabalho em conjunto!

A todos os colegas do LABBOR: Paty Machado, Tamara, Jessie, Simeão, Junia, Gisa, Tacioli, Edu, Thamara, Mario, Luísa Mota, Luiza Magaldi, Noemy, Adilson, Leila, Rangel e Julia por todos momentos compartilhados, dos seminários às polêmicas horas do café, do bandejão às confraternizações. Obrigada por toda ajuda e conselhos que recebi de vocês.

A seis membros do LABBOR, eu faço um agradecimento especial: Patrícia Machado, minha gêmula barraqueira, a quem reconheci como amiga desde o primeiro almoço na Serra do Japi. Tamara, minha companheira de casa, que de tantas voltas no mundo, acabou chegando à mesma roça amparense que eu. O mundo é mesmo pequeno, e que ele continue nos unindo. Simeão, por todas risadas que você me proporcionou, e aos patins que nunca usei. Gisa, por todos conselhos e dicas que recebi, por todas risadas e conversas. Você é sempre muito bem vinda em nossa casa! E por fim, às duas pessoas que me mostraram o trabalho de campo, lá em 2012, e me fizeram gostar de borboletas: Jessie e Junia, obrigada por todos os ensinamentos compartilhados, eu tenho orgulho de seguir com o trabalho que vocês começaram.

Esse trabalho não teria sido possível se não houvesse ajuda, em especial nas coletas. Foram quinze meses de ida ao campo, e agradeço a todos que passaram frio e tomaram chuva (e como!) comigo: Junia, Paty Machado, Leila, Jessie, Tamara, André Tacioli, Thamara, Abril, Kyssila, Denise, Oscar e Andréia. Agradeço em especial o André Tacioli, pelo excelente trabalho, a Junia e a Paty Machado, por sempre me socorrerem quando não pude ir ao campo. Agradeço ao tio Adilson e a dona Fátima, por toda ajuda e pelas risadas compartilhadas.

Um agradecimento especial ao Fábio, por sempre estar presente, por me aguentar nas fases mais difíceis e mais tranquilas da vida. Que nosso companheirismo continue, com muito amor, carinho e respeito. Agradeço também a toda minha família, que sempre esteve comigo, mesmo quando precisei estar ausente. Muito especialmente, agradeço meu irmão Thiago e minha cunhada Vanessa (bem vinda!), pelos finais de semana de jogos e por me receberem sempre com muito carinho.

Agradeço a todos meus amigos, em especial a Monique, minha meia irmã desde que me conheço por gente, Clarita e Silvinha, as três sempre junto comigo, de corpo ou coração. Aos meus amigos de Unicamp Isa, Tamires, Luciana, Marina, Luciano, Gustavo e Papito. Espero que sempre possamos estar por perto. Não posso deixar de agradecer também a minha família de Liverpool, Diego, Flávia, Ray, Gui, Cris, Julia e Carol, por tantos momentos especiais que compartilhamos e que ainda virão. Vocês todos sempre estarão no meu coração.

Aos membros do Comitê de Acompanhamento de Tese, professores Thomas Lewinsohn e Wesley Rodrigues Silva, por todos conselhos e ajuda na elaboração deste trabalho. Aos membros da pré-banca, Leila Shirai, Eduardo Barbosa e Danilo Ribeiro, pelas valiosas sugestões e por contribuírem na melhoria da qualidade desta dissertação.

Agradeço também os membros da banca examinadora, professores Danilo Ribeiro, André Freitas, Milton Ribeiro, Mathias Pires e Alexander Christianini, é uma honra estar entre referências.

Aos colegas da pós-graduação, pela convivência nas aulas, nos encontros em campo e no curso de campo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Aprendi muito com todos vocês.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelas bolsas concedidas.

Agradeço também ao pessoal da Base Ecológica da Serra do Japi, aos guardas e a Fundação Serra do Japi, por todo apoio e por terem possibilitado a realização desse trabalho.

## **Resumo**

Entender como as comunidades biológicas são estruturadas é importante para compreender a diversidade biológica e essencial em estratégias de conservação. Borboletas frugívoras são excelentes organismos modelos para estudar estrutura de comunidades, além de servirem como bioindicadores, uma vez que respondem a alterações ambientais através de mudanças nos padrões de abundância, riqueza e composição de espécies. As comunidades de borboletas frugívoras tropicais são estruturadas verticalmente, havendo diferenças entre as comunidades de dossel e de sub-bosque. No entanto, é relatado que algumas espécies de dossel são encontradas voando perto do chão em clareiras e bordas de floresta, indicando que as espécies podem alterar seu comportamento em áreas abertas. Baseando-se nisso, a proposta deste trabalho é investigar se as estradas de 5-6 metros de largura dentro de áreas contínuas de floresta tropical implicam em mudanças na estrutura e composição de comunidades de borboletas frugívoras e no comportamento de espécies de dossel. Amostragens mensais foram feitas em 15 meses em quatro unidades amostrais, utilizando 20 armadilhas distribuídas entre dossel e sub-bosque em cada unidade (10 armadilhas foram colocadas em um transecto no interior da floresta e 10 em um transecto paralelo na borda com a estrada). Nossos resultados mostraram algumas mudanças relativas à abundância nas áreas de borda, especialmente em relação ao sub-bosque, o que pode ser explicado pela associação de algumas espécies às áreas de borda ou por alterações na estratificação vertical. Essas alterações foram encontradas também no nível de subfamília ou tribo: Charaxinae e Biblidinae apareceram com maior frequência nas áreas de borda com a estrada, enquanto Satyrini, mais abundante no dossel no interior da floresta, não apresentou diferenças entre os estratos verticais na borda. Esses resultados podem estar relacionados com a presença da planta hospedeira desses grupos nas áreas de borda, sendo que para Satyrini, a planta hospedeira é frequentemente encontrada em estratos mais baixos em ambientes abertos.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica, ecologia de comunidades, conservação



## **Abstract**

Understand how biological communities are structured is critical to access biological diversity and essential in conservation strategies. Fruit-feeding butterflies are excellent model organisms to study community structuring, besides serving as bioindicators as they respond to environmental changes through changes in patterns of abundance, richness, and species composition. Fruit-feeding butterfly assemblages are vertically structured in tropical forests with species composition differing between canopy and understory. Nevertheless, it is reported that some typical canopy species are found flying near the ground in clearings and forest edges, indicating that they can change the behavior in open areas. Based on this, our proposition was to investigate if trails of 5-6 meters wide crossing a continuous tropical forest would imply in changes in the structure and composition of fruit-feeding butterfly assemblages, and on the behavior of canopy species. Monthly samplings were performed in 15 months in four areas, using 20 bait traps alternately arranged in canopy and understory in each area (10 bait traps placed on a transect inside the forest (hereafter interior) and 10 on a parallel transect in the forest edge). Our results showed some changes related to the abundance in the edge areas, especially in understory, which can be explained by the association of some species with these areas or by alterations at the vertical stratification. These changes were also found at subfamily or tribe level: Charaxinae and Biblidinae appeared more frequently in the edge, while Satyrini, more abundant in the canopy within the forest, did not present differences between the vertical strata at the border. These effects may be explained by the greater number of Charaxinae, Biblidinae and Satyrini host plants at forest edges, being that Satyrini host plants are present in the lower strata. Therefore, foraging behavior of some groups may be altered by trails crossing forests.

**Keywords:** Atlantic forest, community ecology, conservation

## Lista de Ilustrações

- Figura 1:** Mapa com a localização da Reserva Biológica Serra do Japi, no município de Jundiaí, Estado de São Paulo, Brasil. Em a) mapa político do Brasil, destacando em cinza o Estado de São Paulo, e em b) imagem de satélite retirada do Google Earth (2017), com a linha branca destacando a região de estudo (REBIO Serra do Japi) .....25
- Figura 2:** Esquema do desenho amostral. Em a) os círculos representam as armadilhas Van Someren-Rydon, sendo os círculos pretos referentes às armadilhas de sub-bosque, e os brancos às armadilhas de dossel; círculos com preenchimento liso são correspondentes ao interior da floresta, e os hachurados à borda. Em b) o esquema geral de disposição das armadilhas, alternadamente entre dossel e sub-bosque, utilizado na borda e no interior da floresta.....26
- Figura 3:** Curva de acúmulo de espécies (Sobs = número de espécies observadas), Singletons e Doubletons para as borboletas frugívoras amostradas na Serra do Japi. As linhas pontilhadas são referentes aos intervalos de confiança (+- 95%) da curva do coletor.....27
- Figura 4:** Curva de rarefação e seus respectivos intervalos de confiança (+- 95%) para comunidade de borboletas frugívoras da Serra do Japi, comparando a riqueza rarefeita entre os diferentes biótopos, sendo as linhas pontilhadas referentes à borda, e as linhas inteiras ao interior. As cores mais claras são referentes ao dossel, e mais escuras ao sub-bosque.....28
- Figura 5:** Boxplot comparando a abundância de indivíduos de borboletas frugívoras entre os diferentes biótopos amostrados na Serra do Japi, com as respectivas medianas e intervalos de confiança (+-95%), e a similaridade entre os ambientes segundo o teste de Tukey. Letras diferentes equivalem a valores de  $p < 0,05$ . Letras iguais equivalem a não diferença estatística entre os biótopos.....29
- Figura 6:** Frequência de ocorrência para cada espécie de borboleta frugívora com 10 ou mais indivíduos nos diferentes biótopos. *M. appias*, *H. epinome*, *D. candrena*, *M. arginussa*, *C. arisbe*, *P. phronius* e *P. ocirrhoe* ocorrem predominantemente na borda, enquanto *A. Ernestina* se associa com o interior da floresta. *F. ryphea* e *E. castrensis* alteram sua distribuição vertical nas áreas de borda. \* = espécies que se associaram ao ambiente de borda ou de interior (teste tal,  $p < 0,05$ ); # = espécies cujo padrão de distribuição vertical da abundância se alteraram entre os ambientes de borda e interior, com (teste exato de Fisher,  $p < 0,05$ ). D = dossel, SB = sub-bosque. Números entre parênteses são relativos ao número de indivíduos por espécie.....30

<b>Figura 7:</b> Frequência de ocorrência para cada subfamília ou tribos de borboletas frugívoras nos diferentes biótopos. * = espécies que se associaram ao ambiente de borda ou ao ambiente de interior (teste de aderência, $p < 0,05$ ); # = espécies cujo padrão de distribuição vertical da abundância se alteraram entre os ambientes de borda e interior (teste exato de Fisher, $p < 0,05$ ).....	31
<b>Figura 8:</b> Distribuição de abundância entre os estratos para a) borda e b) interior de floresta, para comunidade de borboletas frugívoras da Serra do Japi.....	32
<b>Figura 9.</b> Entropia de Renyi calculada através dos dados de riqueza e abundância da comunidade de borboletas frugívoras para cada biótopo na Serra do Japi, sendo as linhas tracejadas referentes ao ambiente de borda e as linhas inteiras referentes ao ambiente de interior, as linhas mais claras referentes ao dossel, e as linhas mais escuras referentes ao sub-bosque.....	33
<b>Figura 10.</b> Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) da comunidade de borboletas frugívoras da Serra do Japi. Cada ponto representa uma transecção (unidade amostral). Círculos representam os biótopos de dossel, e triângulos representam os biótopos de sub-bosque. A cor preta representa o interior da floresta, e a cor cinza claro, a borda com a estrada.....	34

## Lista de Tabelas

**Tabela 1:** Valores de a) riqueza e b) abundância de borboletas frugívoras na Serra do Japi nos diferentes biótopos amostrados.....35

**Tabela 2:** Valores de  $p$  para cada contraste segundo o teste Tuckey. Valor de  $p < 0,05$  indicam que os biótopos se diferem em relação a abundância de indivíduos de borboletas frugívoras na Serra do Japi. BD = dossel da borda, BSB = sub-bosque da borda, ID = dossel do interior, ISB = sub-bosque do interior.....36

## Sumário

Introdução .....	14
Objetivos .....	17
Métodos .....	18
Resultados .....	20
Discussão .....	22
Conclusão .....	24
Referências .....	37
Apêndice .....	40
Anexos .....	43

## Introdução

A Mata Atlântica é um bioma caracterizado pelos altos índices de diversidade, e também pelo elevado grau de devastação. De acordo com Ribeiro *et al.* (2009), cerca de 88% da floresta original foram perdidos. Dos remanescentes restantes, apenas 14.5% estão dentro de Unidades de Conservação (UC's) (Ribeiro *et al.* 2009), sendo que estes também sofrem pressões oriundas da atividade antrópica, fortalecidas pelo fato da Mata Atlântica estar localizada nas regiões mais populosas do Brasil (Morellato & Haddad 2000, Prochnow & Campanili 2006, Ribeiro *et al.* 2009). Entre essas pressões, está a construção de clareiras lineares implantadas em meio a um ambiente florestal contínuo, que podem alterar a comunidade biológica próxima a elas ou até mesmo agir como barreira para dispersão de algumas espécies (Laurance *et al.* 2014).

A região sudeste do Brasil é atravessada por inúmeras dessas clareiras lineares, tal quais redes de transmissão elétrica, aceiros e estradas. As estradas são comuns dentro de UC's (Silva 2017) sendo, em geral, destinadas a serviços como deslocamento de guardas ambientais, acesso de pesquisadores às áreas protegidas e ao desenvolvimento de atividades ligadas ao ecoturismo e educação ambiental. Essas estradas são partes necessárias no manejo e utilização das UC's, entretanto, pesquisas acerca do seu impacto nas comunidades biológicas são fundamentais para embasar discussões acerca da proteção efetiva das áreas protegidas (Silva 2017).

As estradas, assim como outras clareiras lineares, podem causar alterações nas condições microclimáticas nas bordas criadas pela sua implantação (Laurance *et al.* 2009). Em geral, essas áreas de borda apresentam uma maior intensidade luminosa e maiores temperaturas, assim como redução da umidade do solo e maior exposição ao vento (Laurance & Goosem 2008, Pohlman *et al.* 2007). Essas condições também podem ser encontradas em perturbações naturais, como clareiras formadas pela queda de árvores. Entretanto, diferente das clareiras formadas naturalmente, as estruturas antrópicas são praticamente imutáveis, devido à sua manutenção recorrente, o que impõe efeitos persistentes nas condições ao seu redor (Laurance *et al.* 2009). Assim, a extensão das alterações microclimáticas depende da natureza da perturbação (por exemplo, se é antrópica ou natural) (Pohlman *et al.* 2007), além de outros fatores, como sua largura (Silva 2017).

A construção de estradas também pode alterar a distribuição das espécies dentro do ecossistema florestal. Diferentes espécies apresentam distribuição diferencial nos ecossistemas, delimitada pelos recursos e condições de habitats características (Baltzer & Thomas 2010, Kraft & Arckerly 2010). Dentro de uma floresta, cada espécie possui limites de

tolerância para diferentes tipos de condições ambientais, e alterações nesses habitats podem levar à diferenciação das comunidades encontradas em áreas próximas à borda da estrada em relação às encontradas no interior da floresta. Estudos feitos com plantas mostraram que a construção de estradas dentro de UC's altera as comunidades vegetais em termos de composição de espécies, com uma maior associação de espécies mais tolerantes a perturbações e espécies exóticas às áreas de borda (Couto-Santos *et al.* 2015, Prieto *et al.* 2014, Silva 2017). As vias de transporte também podem gerar efeitos na riqueza, abundância, composição e comportamento de espécies animais (Ahmed *et al.* 2014, Oliveira *et al.* 2011, Wolf *et al.* 2013).

### *Borboletas frugívoras*

Para avaliar o impacto de atividades antrópicas em comunidades biológicas, usualmente são utilizadas as alterações na abundância, diversidade e composição de grupos indicadores que dependem de certos recursos do ambiente em questão. Esses grupos indicadores são formados por espécies sensíveis a diferentes qualidades e quantidades de recursos importantes do ambiente, de modo que mudanças sutis na proporção desses recursos refletem na composição e abundância dos diferentes componentes da comunidade escolhida como indicador (Brown 1991).

As borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea) são um excelente grupo indicador, sendo usualmente usadas em monitoramento e diagnóstico de qualidade de habitat (Brown 1991), uma vez que apresentam todas as características essenciais aos bons indicadores ambientais: são amplamente conhecidas, carismáticas, diversas localmente, facilmente amostradas e com protocolos bem conhecidos, de ciclo de vida curto, de fácil identificação e sensíveis a alterações no micro-habitat. Todos esses fatores potencializam seu uso em estudos sobre diversidade e conservação (Kremen 1992, Brown & Freitas 2000).

De modo geral, as borboletas podem ser divididas em dois grupos com relação ao hábito alimentar dos adultos: 1) nectarívoras, que obtêm seus nutrientes primariamente de néctar de flores, e 2) frugívoras, as quais se alimentam de frutas em decomposição, seiva fermentada, excremento de animais e carcaças (DeVries *et al.* 1997). Na região Neotropical, somente representantes da família Nymphalidae (das subfamílias Satyrinae, Biblidinae, Charaxinae e alguns Nymphalinae) pertencem à segunda guilda (DeVries 1988). As borboletas frugívoras são facilmente amostradas com armadilhas contendo isca de fruta fermentada, o que permite que a amostragem em diferentes áreas ocorra de forma simultânea e padronizada (DeVries & Walla 2001).

É sabido que comunidades de borboletas frugívoras apresentam nítido padrão de estratificação vertical em florestas, com espécies encontradas preferencialmente no dossel, enquanto outras são majoritariamente amostradas no sub-bosque (DeVries 1988; DeVries *et al.* 1997; Ribeiro & Freitas 2012, Santos *et al.* 2017). Esses estudos sugerem que fatores abióticos, como luminosidade, temperatura, umidade e incidência de vento, podem estar relacionados com as diferenças encontradas na distribuição das espécies. As características microclimáticas encontradas no dossel podem ser similares às aquelas encontradas nas bordas das florestas: tanto o dossel quanto a borda apresentam uma maior penetração da luz solar e, consequentemente, maiores temperaturas e menor umidade. O dossel, nessa perspectiva, funcionaria como uma borda vertical, e as espécies usualmente associadas a ele poderiam se mover para estratos mais baixos em áreas de borda (Davis & Sutton 1998, Foggo *et al.* 2001).

DeVries (1988) e Santos *et al.* (2017) sugerem que a estratificação vertical de borboletas em florestas tropicais pode estar relacionada ao fato de algumas espécies evitarem áreas mais sombreadas, voando em áreas mais abertas e expostas ao sol, enquanto outras evitariam as áreas com maior incidência de luz, se mantendo em áreas de sombra. As áreas mais ensolaradas poderiam, dessa forma, se referir tanto ao dossel da floresta quanto às clareiras dentro das florestas, naturais ou antrópicas. As espécies de dossel, assim, não forrageariam exclusivamente no dossel, mas também contornariam a mata, evitando as áreas de sub-bosque no interior da floresta, o que levaria a uma similaridade entre as comunidades encontradas no dossel da floresta e as comunidades de borda, tanto de dossel quanto de sub-bosque.

Sabe-se que condições criadas pela fragmentação de habitat e pela borda de floresta adjacente a ecossistemas com estrutura distinta da floresta (como plantações ou áreas urbanas) provocam alterações na abundância, riqueza e composição de espécies em comunidades de borboletas frugívoras (Brown & Hutchings 1997, DeVries *et al.* 1997, Filgueiras *et al.* 2016, Uehara-Prado *et al.* 2007). Isto significa que as comunidades encontradas dentro de áreas de florestas contínuas e preservadas diferem das comunidades encontradas em áreas perturbadas pela fragmentação.

Uehara-Prado *et al.* (2007), em um estudo na Mata Atlântica, encontrou variações na composição de espécies de borboletas frugívoras: dentro do grupo, existem espécies associadas aos ambientes perturbados, com maior tolerância a habitats mais secos e quentes, como representantes da subfamília Biblidinae, e espécies que dependem do micro-habitat formado pelo interior da floresta, como espécies da tribo Brassolini. O mesmo padrão foi encontrado por Filgueiras *et al.* (2016). Estes estudos avaliam como as borboletas frugívoras



respondem às perturbações ambientais causadas pela fragmentação e ao efeito de borda consequente dessa fragmentação. Ribeiro & Freitas (2012) também encontrou alterações na composição das comunidades de borboletas frugívoras em áreas submetidas à extração madeireira de impacto reduzido, com as comunidades de sub-bosque sendo mais impactadas pela perturbação antrópica. Não há investigações, entretanto, acerca do impacto das bordas criadas por estradas dentro de áreas de conservação nas comunidades de borboletas frugívoras, ou investigando a similaridade das comunidades de dossel com as comunidades de borda de floresta.

### **Objetivos da dissertação**

A criação de estradas dentro de áreas florestais contínuas podem alterar as comunidades biológicas, por provocar uma descontinuidade do dossel da floresta e alterar as condições microclimáticas do entorno. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dessas estradas na comunidade de borboletas frugívoras da Mata Atlântica, nos parâmetros de abundância de indivíduos, riqueza e composição de espécies. Para isso, foram comparados ambientes dentro de áreas florestais com ambientes de borda de floresta, sendo a borda neste trabalho definida como o limite da floresta com a estrada.

Para as comparações entre borda de estrada e interior de floresta, foram consideradas as dimensões temporais e espaciais na estruturação das comunidades. A amostragem ocorreu ao longo de 15 meses, a fim de acessar os diferentes padrões temporais das espécies de borboletas. Além disso, foram considerados os estratos verticais da floresta, tanto na área de borda quanto de interior. A semelhança entre as condições abióticas encontradas na borda e do dossel no interior da floresta leva à expectativa de que, nas áreas de borda, a estratificação vertical encontrada no interior seja alterada, com as espécies que tipicamente são associadas ao dossel no interior da floresta podendo ser encontradas em estratos mais baixos nas bordas com a estrada.

Esta dissertação, assim, é formada por um único capítulo, que buscou responder as seguintes questões: 1) “estradas dentro de florestas provocam alterações nos parâmetros de diversidade em comunidades de borboletas frugívoras?”, e 2) “a estratificação vertical é alterada na área de borda com a estrada?”.

## Métodos

### *Área de estudo*

O estudo foi realizado na Reserva Biológica da Serra do Japi, uma Área de Preservação Ambiental localizada em Jundiaí, no Estado de São Paulo (Figura 1). A reserva está dentro de uma das últimas grandes áreas florestais contínuas de Mata Atlântica do Estado, a qual se estende por 35 mil ha, sendo localizada entre três grandes centros industriais: Jundiaí, Campinas e São Paulo, o que a faz sofrer com alta intensidade pressões de urbanização (Morellato & Leitão-Filho 1992). A região se encontra em uma altitude de 700 a 1300 metros acima do nível do mar, sendo formada predominantemente por florestas mesófilas semidecíduas (Morellato & Leitão-Filho 1992).

O clima da área pode ser dividido temporalmente em dois períodos: um período frio e seco, entre abril e setembro, sendo julho o mês mais frio, com temperatura média entre 11°C e 15°C, e um período quente e chuvoso, entre outubro e março, com temperatura média variando de 18°C a 22°C. As chuvas predominam nos meses de dezembro e janeiro, quando atingem normalmente mais de 250 mm ao mês, contrastando com os meses de estiagem no inverno, quando os níveis são sempre inferiores a 41 mm. A pluviosidade anual total é de 1400 mm, em média (Pinto 1992).

A reserva é cortada por estradas de aproximadamente cinco a seis metros de largura, as quais são utilizadas frequentemente por guardas florestais municipais, para atividades ligadas ao ecoturismo e educação ambiental e por pesquisadores para suas atividades de pesquisa. A manutenção dessas estradas é feita regularmente, e o dossel acima da estrada é mantido, por consequência, predominantemente aberto.

### *Método de amostragem*

O desenho amostral geral segue Santos *et al.* (2017). Para testar a influência de estradas nas comunidades de borboletas frugívoras, foram selecionadas quatro unidades amostrais (doravante UA) em locais com características fitofisionômicas similares, distantes a mais de 300 metros entre si a fim de garantir independência entre as amostras (como sugerido por Ribeiro & Freitas 2012 e Freitas *et al.* 2014).

Cada UA era formada por duas transecções, sendo uma no ambiente de interior (com armadilhas instaladas a pelo menos 40 m das estradas, as mesmas estudadas por Santos *et al.* 2017 e Carreira 2015) e outra no ambiente de borda (armadilhas instaladas a 2 metros das estradas). Para detectar alterações na estrutura vertical das comunidades entre os dois ambientes, cada transecção contou com 10 armadilhas alternadas entre dossel e sub-bosque,

distando pelo menos 20 metros uma da outra (seguindo Ribeiro & Freitas 2012 e Santos *et al.* 2017). As armadilhas de dossel foram instaladas seguindo a copa das árvores (8 a 15 metros), e as de sub-bosque à cerca de 1,5 metros de altura (veja Santos *et al.* 2017). Dessa maneira, cada UA constava de 20 armadilhas, dispostas nos quatro seguintes biótopos: 1) dossel do interior, 2) sub-bosque do interior, 3) dossel da borda e 4) sub-bosque da borda (Figura 2).

As armadilhas, modelo Van Someren-Rydon, foram iscadas com uma mistura de banana e caldo de cana fermentada pelo menos 48 horas antes do início das amostragens, as quais ocorreram mensalmente ao longo de 15 meses (agosto de 2016 a outubro de 2017). Em cada amostragem as armadilhas foram abertas e iscadas no primeiro dia, e revisadas duas vezes em um intervalo de 48 horas. Portanto, o esforço amostral então foi de 80 armadilhas expostas por 96 horas a cada mês. As borboletas capturadas foram identificadas, marcadas com caneta de retroprojeter para registrar possíveis recapturas e posteriormente liberadas. Todos os indivíduos tiveram também o sexo registrado. Os indivíduos de difícil reconhecimento em campo foram coletados, levados para identificação e incorporados à coleção do Museu de Zoologia “Adão José Cardoso” do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas.

#### *Análises estatísticas*

Para analisar e comparar a estrutura da comunidade de borboletas entre os ambientes de borda e interior foram utilizados dados de riqueza, abundância e composição de espécies. Para indicar a representatividade das amostras, foram utilizadas curvas de acúmulo de espécies, com intervalos de confiança de 95%, e o estimador analítico de riqueza Chao 1, o qual se baseia no número de espécies raras na comunidade (Colwell & Coddington 1994).

Para comparar a riqueza de espécies entre os diferentes biótopos, foi utilizada a rarefação baseada em indivíduos, que permite comparar a riqueza de amostras que apresentam abundâncias desiguais (Gotelli & Graves 1996). Uma ANOVA em blocos foi utilizada para verificar se a abundância da comunidade se distribui de forma equivalente entre os biótopos, e comparações *a posteriori* foram realizadas através do teste de Tukey. Para as espécies com mais de 10 indivíduos, foram realizados testes de aderência (teste G) a fim de testar a hipótese nula de que os indivíduos de cada espécie estão distribuídos de forma equitativa entre borda e interior. O teste exato de Fisher foi utilizado para testar a independência entre os biótopos e para investigar a distribuição entre machos e fêmeas entre as diferentes escalas amostrais.

Curvas de distribuição de abundância foram obtidas para cada tipo de ambiente, a fim de identificar se o número de indivíduos se distribui equitativamente nas

espécies da comunidade. A diversidade entre os biótopos foi calculada através da Entropia de Renyi, a qual fornece diferentes medidas de diversidade a fim de comparar de forma equivalente os quatro biótopos. A entropia foi utilizada para verificar, através da escala alfa ( $\alpha$ ), a riqueza de espécies ( $\alpha=0$ ), a equabilidade ( $\alpha=1$ ) e a dominância ( $\alpha=2$ ).

Para comparação da composição das comunidades entre os dois ambientes (borda e interior de floresta) e entre os estratos, foi utilizada a ordenação NMDS (Non-metric MultiDimensional Scaling), através do índice de Morisita e com significância acessada por two-way PERMANOVA. Os valores de  $p$  foram corrigidos através da correção sequencial de Bonferroni. As análises foram desenvolvidas através dos softwares PAST (Hammer *et al.* 2001), EstimateS (Colwell 2013) e R 3.2.3 (R Core Team 2016).

## Resultados

Ao todo, foram amostrados 1337 indivíduos de 60 espécies de borboletas frugívoras (Apêndice I). Um resumo da abundância e riqueza por ambiente e a distribuição por estrato está mostrado na Tabela 1. Foram registradas 46 recapturas (3.4% do total), sendo que em 18 destas houve troca de ambiente (borda *versus* interior), e em sete, houve troca de estratos (dossel *versus* sub-bosque). A subfamília com maior abundância foi Charaxinae (55% das capturas, com 792 indivíduos), seguido de Satyrinae (23%, 309 indivíduos), Biblidinae (19%, com 273 indivíduos) e Nymphalinae (3%, com 51 indivíduos). Com 26 espécies, Satyrinae foi a subfamília mais rica (43% do total, sendo 19 da tribo Satyrini), Biblidinae e Charaxinae apresentaram 32% e 22%, respectivamente, e Nymphalinae teve apenas duas espécies registradas (3%). A curva do coletor, embora não tenha atingido a assíntota, mostrou uma tendência à estabilização, indicando suficiência amostral (Figura 3), a qual também foi inferida pelo índice Chao 1, que estima um total de 66 espécies para a área, mostrando que 90% da riqueza total foi amostrada.

A rarefação baseada em indivíduos mostrou uma sobreposição grande das curvas (Figura 4), mostrando que não há diferença clara na riqueza entre os quatro biótopos estudados. Com relação à abundância, foram detectadas diferenças significativas entre alguns dos biótopos (ANOVA:  $p = 0,003$ ;  $F_{(3,9)} = 10,45$ ; Figura 5, Tabela 2), com os biótopos de dossel diferentes dos biótopos de sub-bosque, com exceção do dossel do interior, que teve abundância não significativamente diferente do sub-bosque da borda.

Dentre as 60 espécies amostradas, apenas 28 ocorreram em número suficiente ( $n > 10$ ) para testar a distribuição diferencial de abundância entre borda e interior. Destas, sete ocorreram predominantemente na borda e apenas uma no interior (Figura 6). Em nível de

subfamília, foi encontrado que Biblidinae e Charaxinae são mais frequentes na borda do que o esperado (Figura 7). Com relação às diferenças na distribuição vertical por ambiente, apenas *Fountainea ryphea* e *Euptychoides castrensis* mostraram distribuição distinta. Ainda que ambas possuam maior abundância no dossel, na borda as abundâncias foram distintamente maiores no sub-bosque para as duas espécies (Figura 6). Já em relação às tribos e subfamílias, apenas Satyrini mostrou diferenças na estratificação por ambiente: enquanto no interior foi mais abundante no dossel, no sub-bosque a distribuição foi equivalente entre os dois estratos (Figura 7).

Para as análises da razão sexual entre os ambientes, apenas os machos de *Catonephele numilia*, *Memphis appias* e *Hamadryas epinome* e as fêmeas de *Diaethria candrena* mostraram maior associação com a borda (teste exato de Fisher,  $p < 0,05$ ). Não foi encontrada relação entre a proporção de machos e fêmeas entre borda e interior quando considerados os estratos verticais.

A curva de distribuição de abundância mostrou uma predominância de singletons e doubletons em todos os biótopos (Figura 8). Entretanto, tanto o dossel da borda quanto o do interior mostraram maior dominância quando comparados ao sub-bosque, devido à grande abundância de apenas uma espécie (*Memphis appias*). Comparando apenas os estratos mais baixos, o sub-bosque da borda apresentou maior dominância do que o sub-bosque do interior (Figura 8). Padrão similar emergiu no gráfico de Entropia de Renyi, o qual mostra que a diversidade entre os ambientes, quando considerada a dominância ( $\alpha = 2$ ), é maior para o sub-bosque da borda, seguido do sub-bosque do interior e pelos dois biótopos do dossel (Figura 9). As curvas de diversidade, entretanto, sofrem uma inversão a partir de determinado valor de alfa. Embora os biótopos de sub-bosque apresentem maior diversidade quando considerados os parâmetros de dominância ( $\alpha = 2$ ) e equabilidade ( $\alpha = 1$ ), os biótopos de dossel apresentam os maiores índices de riqueza de espécies, sendo o dossel da borda com mais espécies registradas. A inversão, entretanto, não permite uma comparação direta da diversidade entre os diferentes biótopos (Tóthmérész 1995).

O gráfico de NMDS formou dois agrupamentos distintos (nível de stress = 0.1273), separando dossel e sub-bosque sem, entretanto, diferenciar borda e interior (Figura 10). A comunidade de dossel apresentou mais pontos agregados entre si, o que indica que a substituição das espécies é menor nos estratos superiores quando comparado aos estratos mais baixos. A consistência do padrão foi aferida segundo o two-way PERMANOVA, que, para o fator “ambiente” (borda e interior) resultou em  $p = 0.734$ , mas para o fator “estrato vertical”, resultou em  $p < 0.005$ . Assim, pode-se afirmar que a composição é significativamente

diferente entre os estratos dossel e sub-bosque, mas não entre os ambientes de borda e interior.

## Discussão

O presente estudo é o primeiro a investigar o efeito das estradas que cortam as florestas nas comunidades de borboletas frugívoras, mostrando que, em nível de comunidade, há um efeito na abundância do sub-bosque da borda, embora os padrões de riqueza e composição de espécies não sejam alterados, o que difere de estudos feitos com outros tipos de perturbação. Por exemplo, fragmentação e efeito de borda foram amplamente demonstrados como alterando os parâmetros de riqueza, abundância e composição de espécies. Brown & Hutchings (1997), em estudos na Amazônia, encontraram aumento na abundância e na riqueza de espécies em áreas de borda, quando comparadas às áreas de floresta primária, além de alterações na composição de espécies. Uehara-Prado *et al.* (2007) e Filgueiras *et al.* (2016) também verificaram alterações na composição de comunidades entre áreas fragmentadas e contínuas da Mata Atlântica. A extração madeireira de impacto reduzido também afeta as comunidades de borboletas frugívoras, alterando a composição das comunidades de sub-bosque, como demonstrado por Ribeiro & Freitas (2012).

Alterações nas comunidades também são encontradas mesmo quando as perturbações não foram causadas por fatores antropogênicos. Pardonnet *et al.* (2013) mostrou que em clareiras naturais a composição de espécies de borboletas frugívoras do sub-bosque é diferente do interior da floresta, sendo composta por espécies que são usualmente associadas ao dossel. Entretanto, o fato da amostragem do trabalho acima ter sido feita no centro da clareira pode influenciar nesse resultado. O presente estudo, entretanto, não encontrou alterações similares às acima descritas.

O padrão de estratificação vertical foi igual nos dois ambientes e similar àquele de estudos anteriores, com o sub-bosque com alta abundância de Brassolini e Morphini, e o dossel dominado por Charaxinae (Ribeiro & Freitas 2012, Santos *et al.* 2017). O mesmo pode-se dizer da abundância, com o dossel de modo geral apresentando maior abundância do que o sub-bosque. Entretanto, o sub-bosque da borda teve abundância estatisticamente igual ao dossel do interior, um padrão que sugere um efeito das estradas nas comunidades de borboletas. Sabe-se que de modo geral a perturbação aumenta a abundância de borboletas frugívoras em florestas tropicais (Brown & Hutchings 1997, DeVries *et al.* 1997, Filgueiras *et al.* 2016) o que explicaria esse aumento de abundância na borda. Dois casos certamente contribuem para esse efeito detectado: 1) três espécies foram claramente associadas ao

biótopo de sub-bosque da borda (vide abaixo), e 2) duas espécies típicas do dossel do interior, *Fountainea ryphea* e *Euptychoides castrensis*, aparecem com maior frequência no sub-bosque da borda (Fig. 6).

As três espécies associadas com o biótopo sub-bosque de borda são os Satyrinae *Paryphthimoides phronius*, *Pareuptychia ocirrhoe* e *Caligo arisbe*. Nos dois primeiros casos, uma associação clara com suas plantas hospedeiras (espécies de Poaceae, Brown 1991) pode explicar esse padrão. Silva (2007) demonstrou que estradas a partir de 10 m de largura dentro de UC's podem afetar as comunidades vegetais adjacentes. No presente trabalho, entretanto, as estradas são mais estreitas (cerca de seis metros), o que pode resultar em uma menor alteração das comunidades vegetais e, conseqüentemente, menor efeito nas comunidades de borboletas. No caso de *Caligo arisbe*, sua maior abundância pode estar relacionada ao comportamento territorial de machos, que costumam voar ao longo de riachos e estradas em períodos crepusculares (Freitas *et al.* 1997).

No segundo caso, diferenças na distribuição vertical entre borda e interior foram detectadas apenas para *F. ryphea* e *E. castrensis*. Enquanto no interior as duas são mais abundantes no dossel, na borda as duas espécies apresentam maior proporção de indivíduos no sub-bosque. Esse resultado está de acordo com as ideias de DeVries (1988) e Santos *et al.* (2017) que sugerem que algumas espécies de dossel podem “descer” para o sub-bosque nas bordas de florestas e clareiras. No presente trabalho, entretanto, talvez pelo baixo nível de perturbação promovido pela presença das estradas, esse padrão não foi detectado para a maioria das espécies associadas ao dossel. Isso é curioso no caso de quatro espécies abundantes do dossel e que apresentaram associação com a borda: *Memphis appias*, *Memphis arginussa*, *Diaethria candrena* e *Hamadryas epinome*. A associação com a borda pode estar relacionada ao uso de planta hospedeira por estas quatro espécies, comumente encontradas em áreas mais abertas. Por exemplo, Queiroz (2002) encontrou um maior número de lagartas de *M. appias* e *M. arginussa* em plantas mais altas, o que pode explicar o fato de que estas espécies não desçam para estratos mais baixos. No caso de *Diaethria candrena* e *Hamadryas epinome*, as duas se alimentam de trepadeiras e podem estar usando folhas próximas ao dossel para oviposição.

Há evidências de que a distribuição diferencial entre ambientes ocorra também no nível de subfamílias ou tribos. Charaxinae e Biblidinae foram as duas subfamílias mais encontradas nas áreas de borda. Satyrini, embora não tenha sido mais frequente na borda, apresentou alterações quanto à estratificação vertical. No interior, a tribo esteve mais associada ao dossel, enquanto na borda, a distribuição de suas espécies entre os estratos

verticais é mais homogênea, o que pode ser explicado pela associação de algumas espécies ao sub-bosque da borda, como já discutido anteriormente. Embora a composição da comunidade como um todo não seja alterada, as subfamílias associadas a ambientes mais perturbados apresentaram mudanças quanto à sua distribuição. Perturbações como a construção de estradas parecem favorecer as subfamílias Biblidinae e Charaxinae através de um aumento no número de indivíduos, assim como ocorre em áreas fragmentadas e em áreas com extração madeireira de baixo impacto (Brown & Hutchings 1997, Uehara-Prado *et al.* 2007, Ribeiro & Freitas 2012, Filgueiras *et al.* 2016).

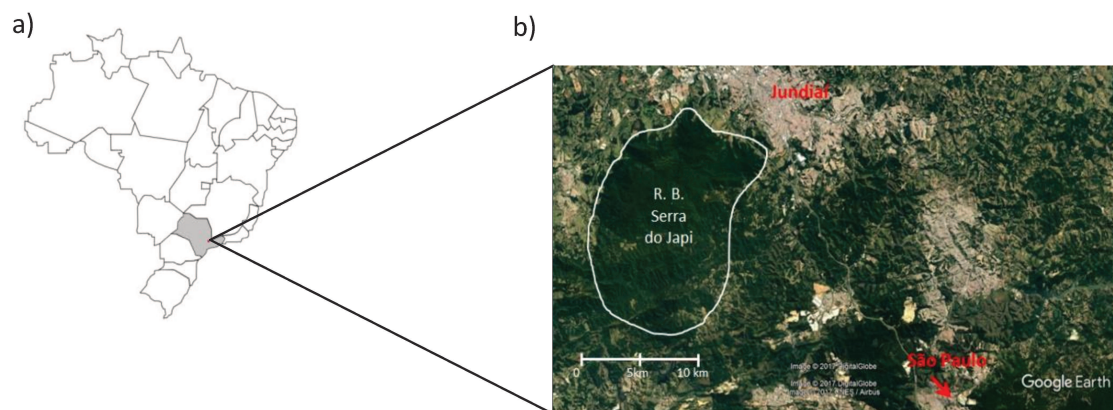
## **Conclusão**

Os resultados desse estudo mostraram que as estradas dentro de florestas contínuas afetam a estrutura das comunidades de borboletas frugívoras ao alterar a abundância de indivíduos no sub-bosque da área de borda. Além disso, ao analisar a distribuição de espécies individualmente, encontramos que algumas destas não se distribuem de maneira homogênea entre os biótopos amostrados, sendo que essa distribuição diferencial se mantém para algumas tribos e subfamílias. Algumas espécies e subfamílias são encontradas com maior frequência nas áreas de borda, e algumas espécies típicas de dossel aparecem no sub-bosque das áreas de borda, sugerindo que as áreas de borda se assemelham ao dossel para alguns táxons de borboletas.

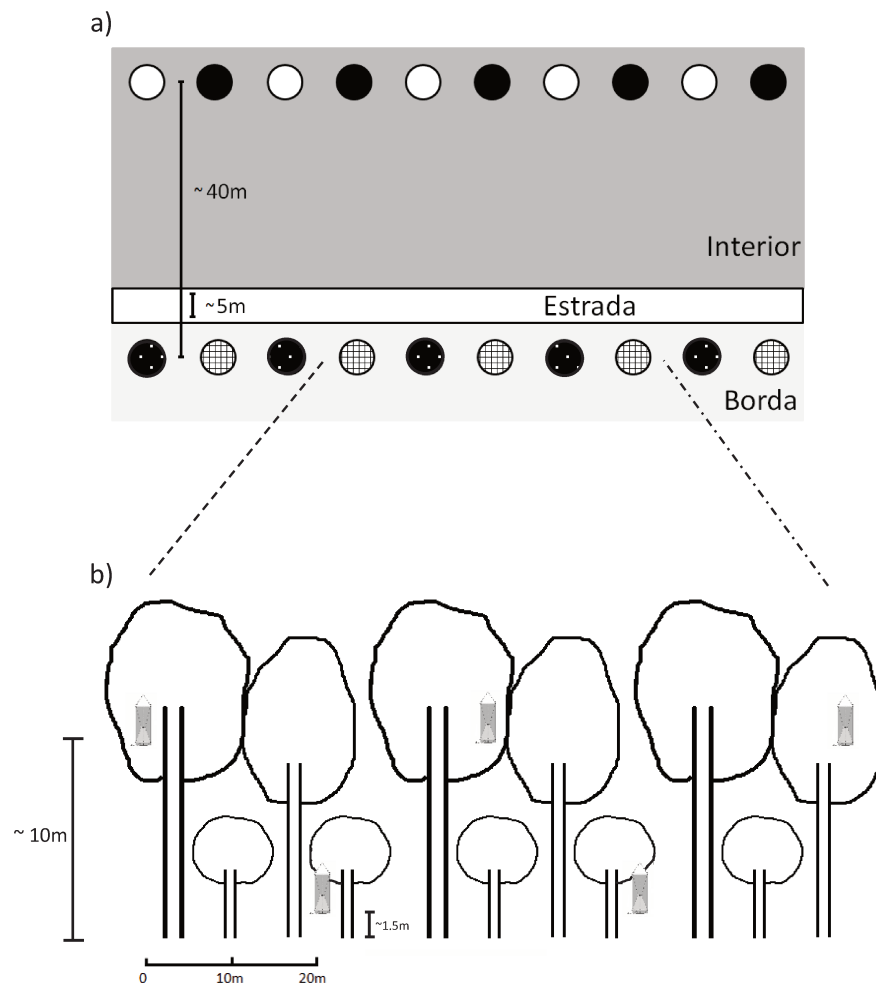


*Figuras*

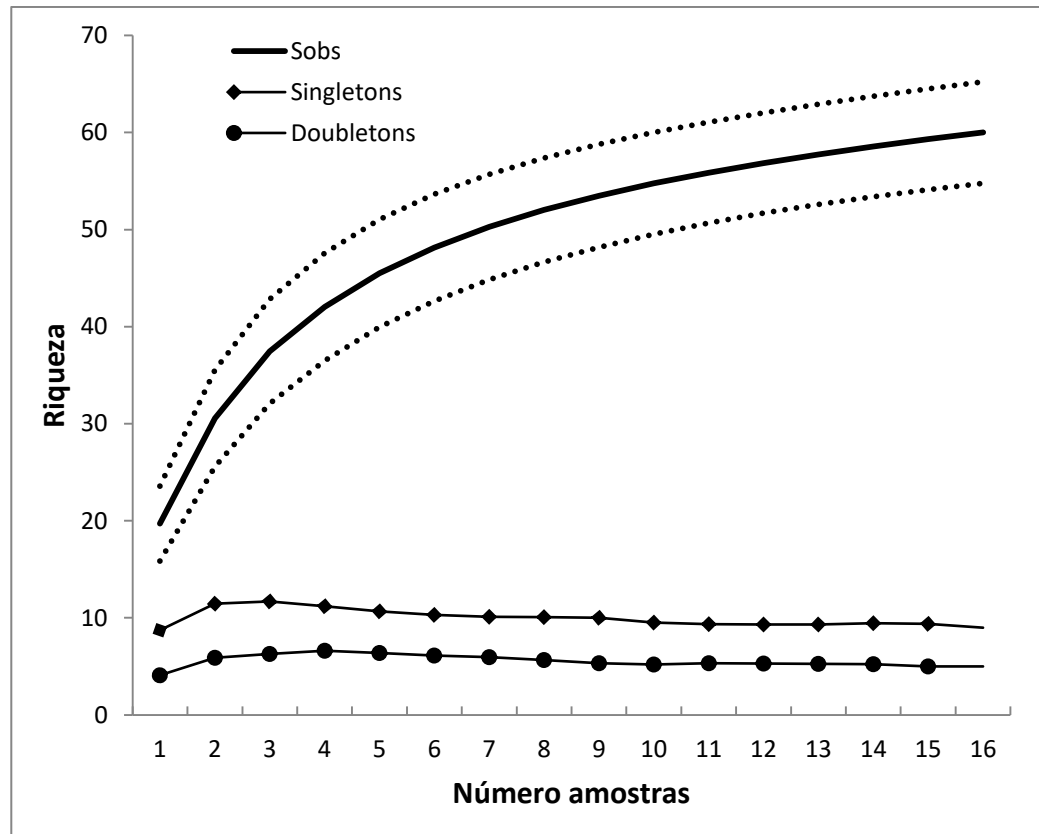
**Figura 1.** Mapa com a localização da Reserva Biológica Serra do Japi, no município de Jundiaí, Estado de São Paulo, Brasil. Em a) mapa político do Brasil, destacando em cinza o Estado de São Paulo, e em b) imagem de satélite retirada do Google Earth (2017), com a linha branca destacando a região de estudo (REBIO Serra do Japi).



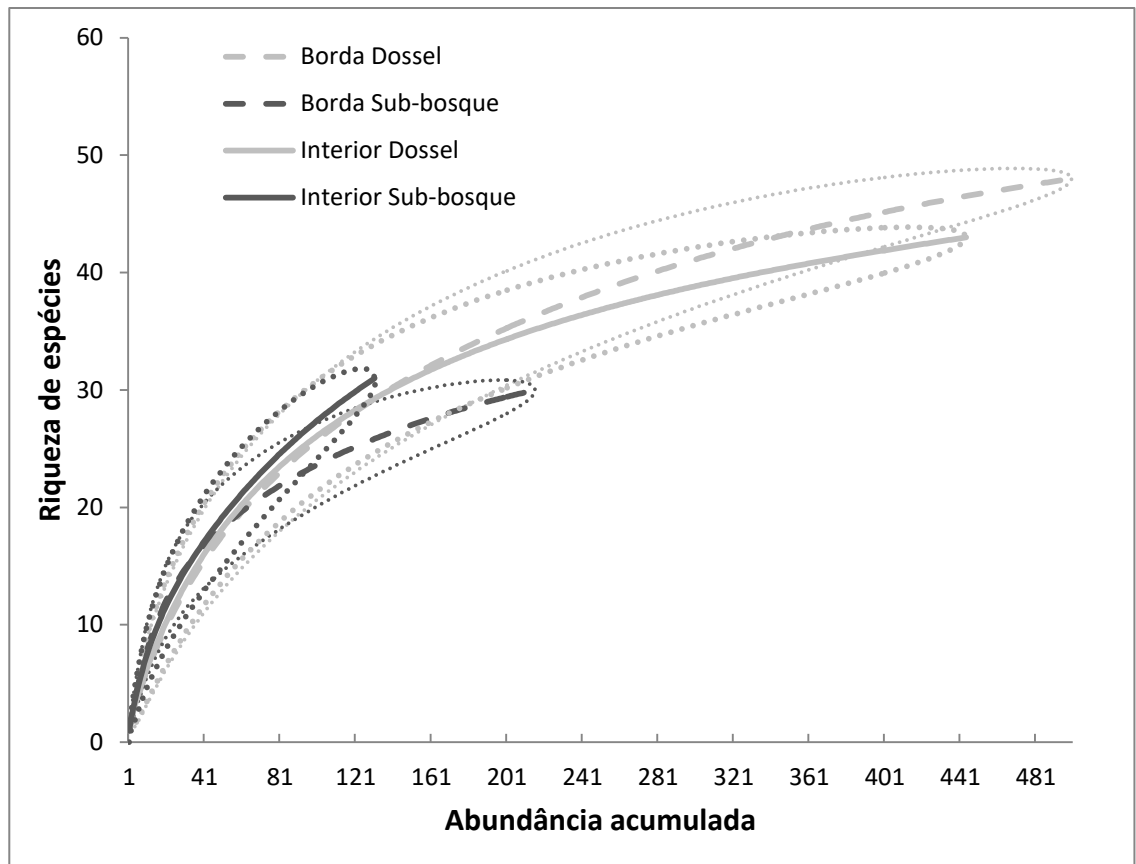
**Figura 2.** Esquema do desenho amostral. Em a) os círculos representam as armadilhas Van Someren-Rydon, sendo os círculos pretos referentes às armadilhas de sub-bosque, e os brancos às armadilhas de dossel; círculos com preenchimento liso são correspondentes ao interior da floresta, e os hachurados à borda. Em b) o esquema geral de disposição das armadilhas, alternadamente entre dossel e sub-bosque, utilizado na borda e no interior da floresta.



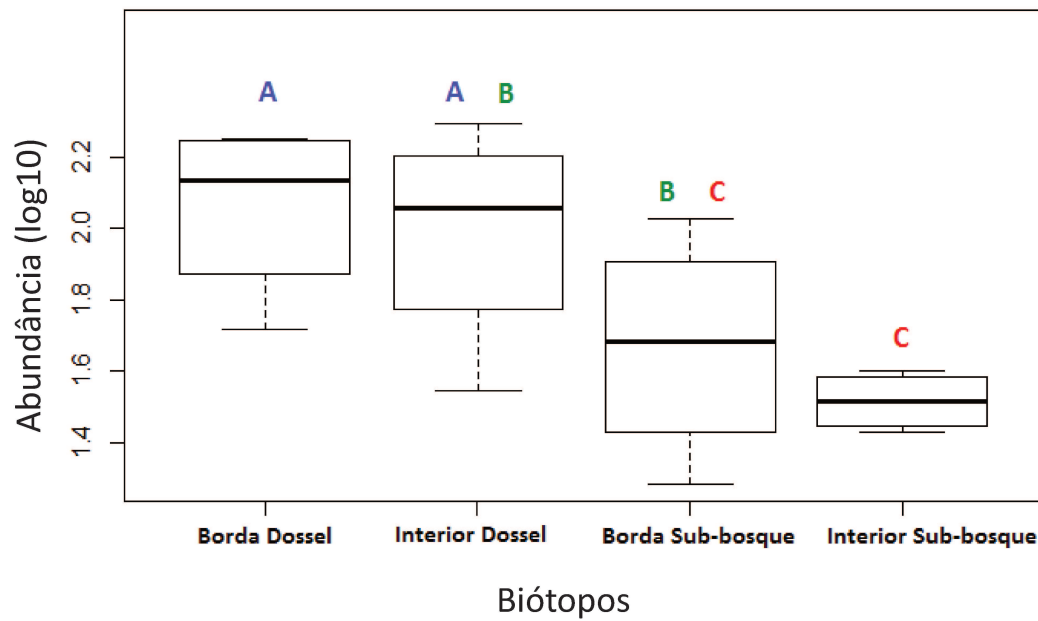
**Figura 3.** Curva de acúmulo de espécies (Sobs = número de espécies observadas), Singletons e Doubletons para as borboletas frugívoras amostradas na Serra do Japi. As linhas pontilhadas são referentes aos intervalos de confiança (+/- 95%) da curva do coletor.



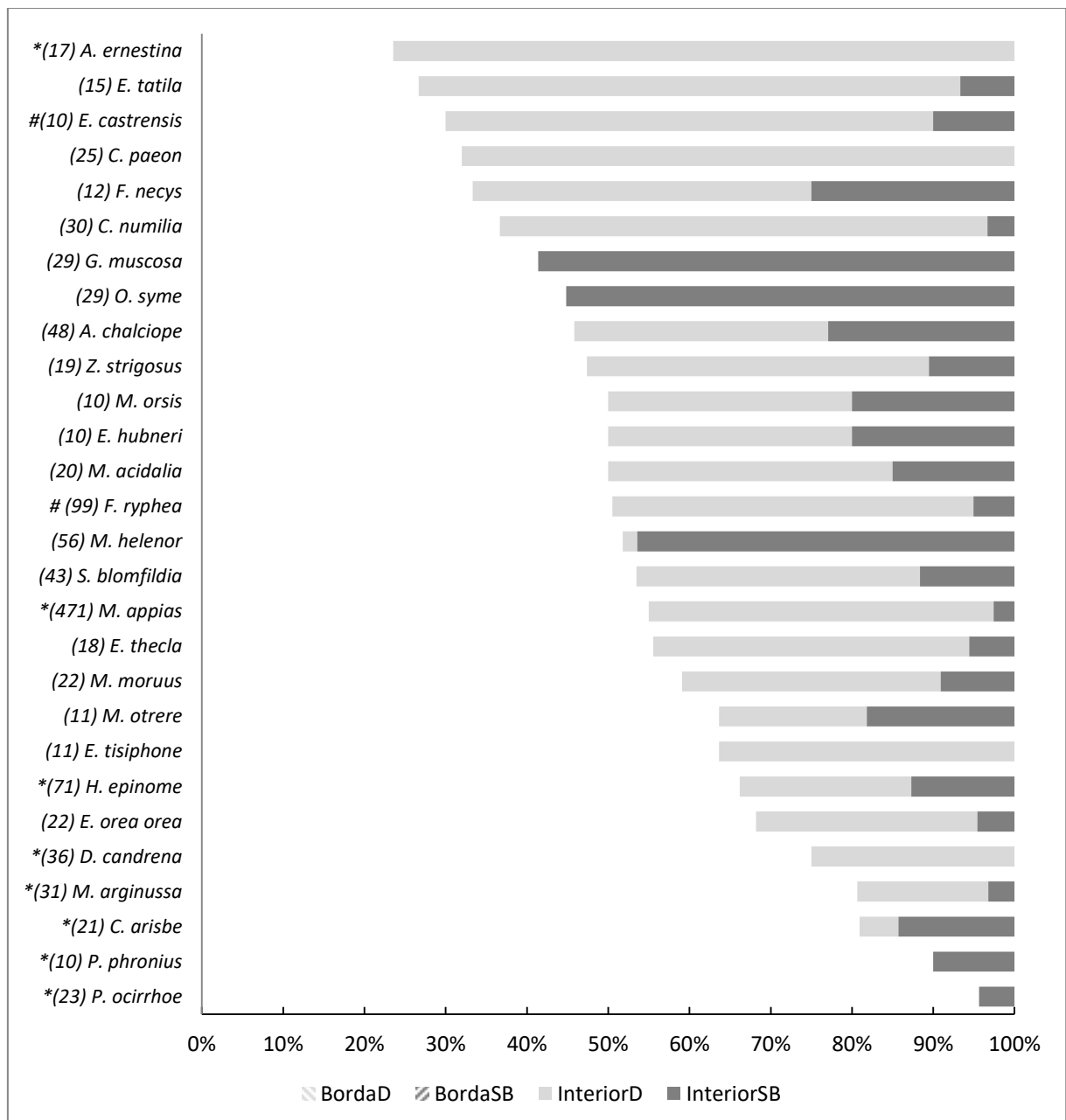
**Figura 4.** Curva de rarefação e seus respectivos intervalos de confiança (+/- 95%) para comunidade de borboletas frugívoras da Serra do Japi, comparando a riqueza rarefeita entre os diferentes biótopos, sendo as linhas pontilhadas referentes à borda, e as linhas inteiras ao interior. As cores mais claras são referentes ao dossel, e mais escuras ao sub-bosque.



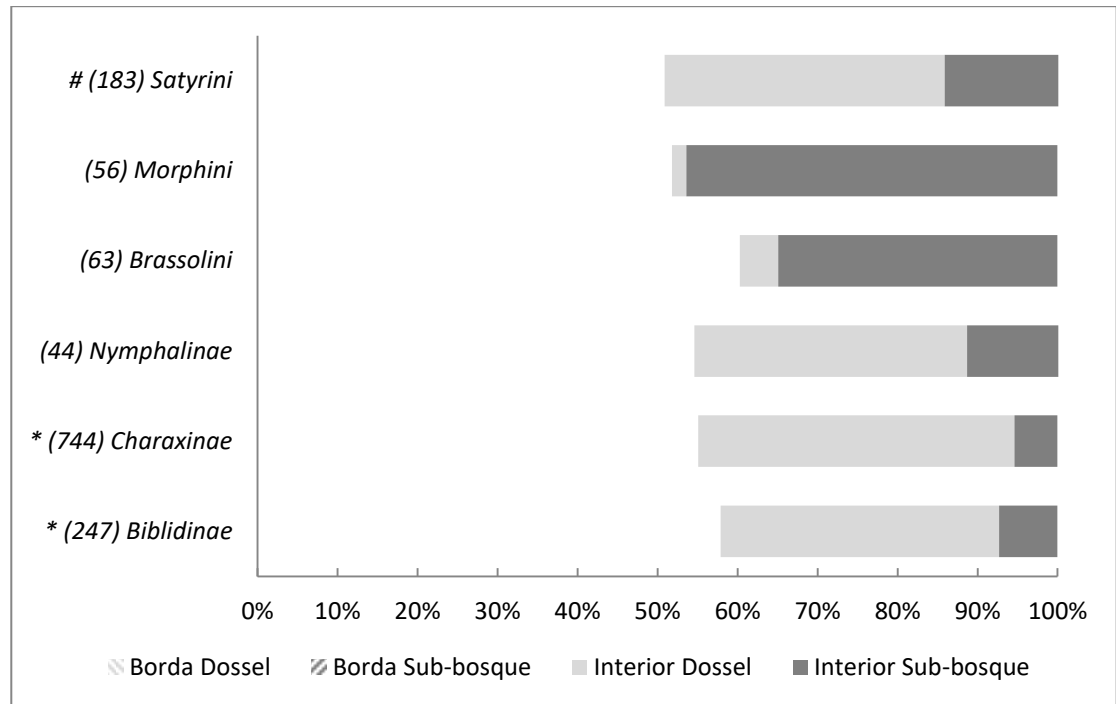
**Figura 5.** Boxplot comparando a abundância de indivíduos de borboletas frugívoras entre os diferentes biótopos amostrados na Serra do Japi, com as respectivas medianas e intervalos de confiança (+-95%), e a similaridade entre os ambientes segundo o teste de Tukey. Letras diferentes equivalem a valores de  $p < 0,05$ . Letras iguais equivalem a não diferença estatística entre os biótopos.



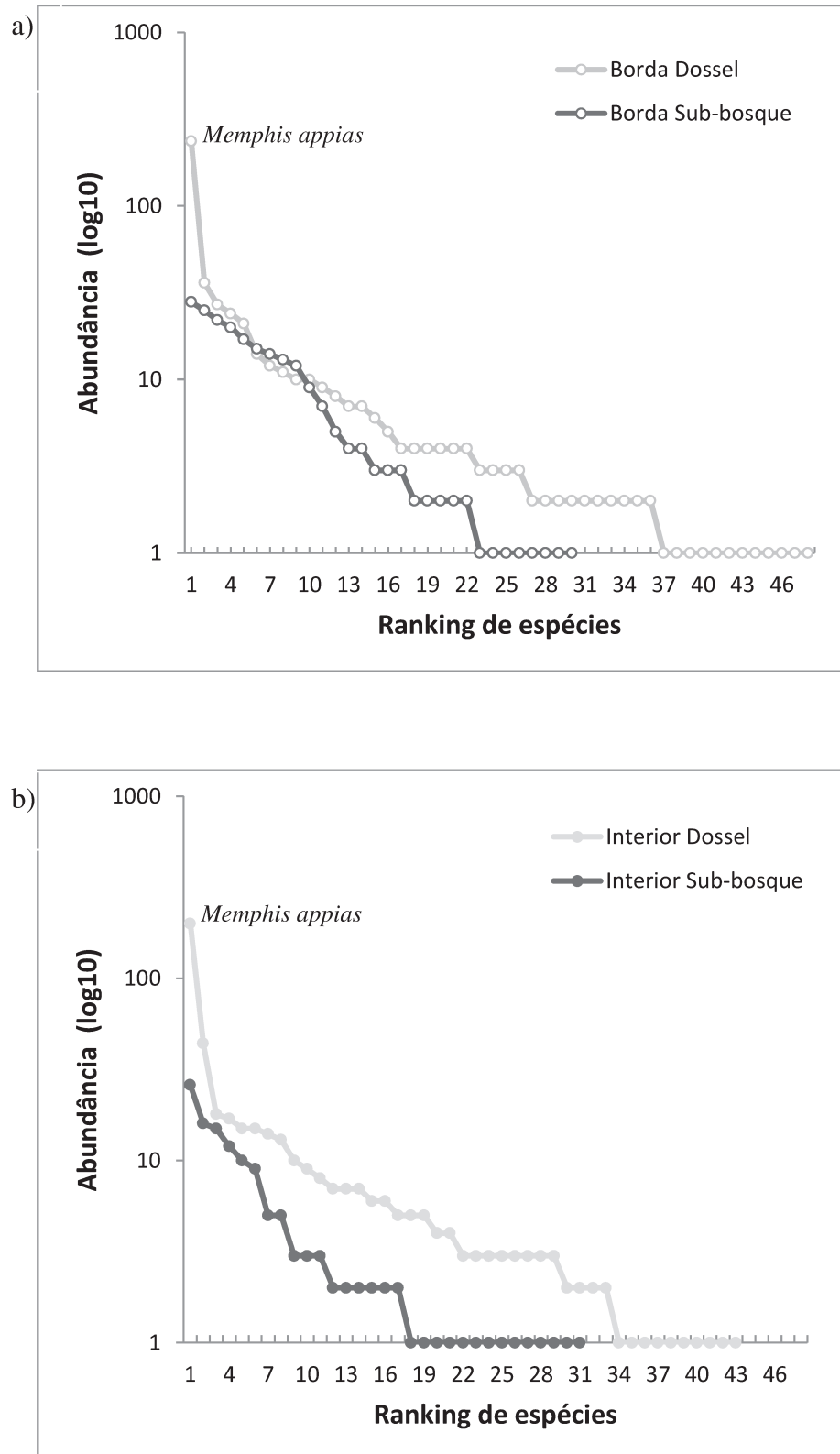
**Figura 6.** Frequência de ocorrência para cada espécie de borboleta frugívora com 10 ou mais indivíduos nos diferentes biótopos. *M. appias*, *H. epinome*, *D. candrena*, *M. arginussa*, *C. arisbe*, *P. phronius* e *P. ocirrhoe* ocorrem predominantemente na borda, enquanto *A. Ernestina* se associa com o interior da floresta. *F. ryphea* e *E. castrensis* alteram sua distribuição vertical nas áreas de borda. \* = espécies que se associaram ao ambiente de borda ou de interior (teste tal,  $p < 0,05$ ); # = espécies cujo padrão de distribuição vertical da abundância se alteraram entre os ambientes de borda e interior, com (teste exato de Fisher,  $p < 0,05$ ). D = dossel, SB = sub-bosque. Números entre parênteses são relativos ao número de indivíduos por espécie.



**Figura 7.** Frequência de ocorrência para cada subfamília ou tribos de borboletas frugívoras nos diferentes biótopos. \* = espécies que se associaram ao ambiente de borda ou ao ambiente de interior (teste de aderência,  $p < 0,05$ ); # = espécies cujo padrão de distribuição vertical da abundância se alteraram entre os ambientes de borda e interior (teste exato de Fisher,  $p < 0,05$ ).

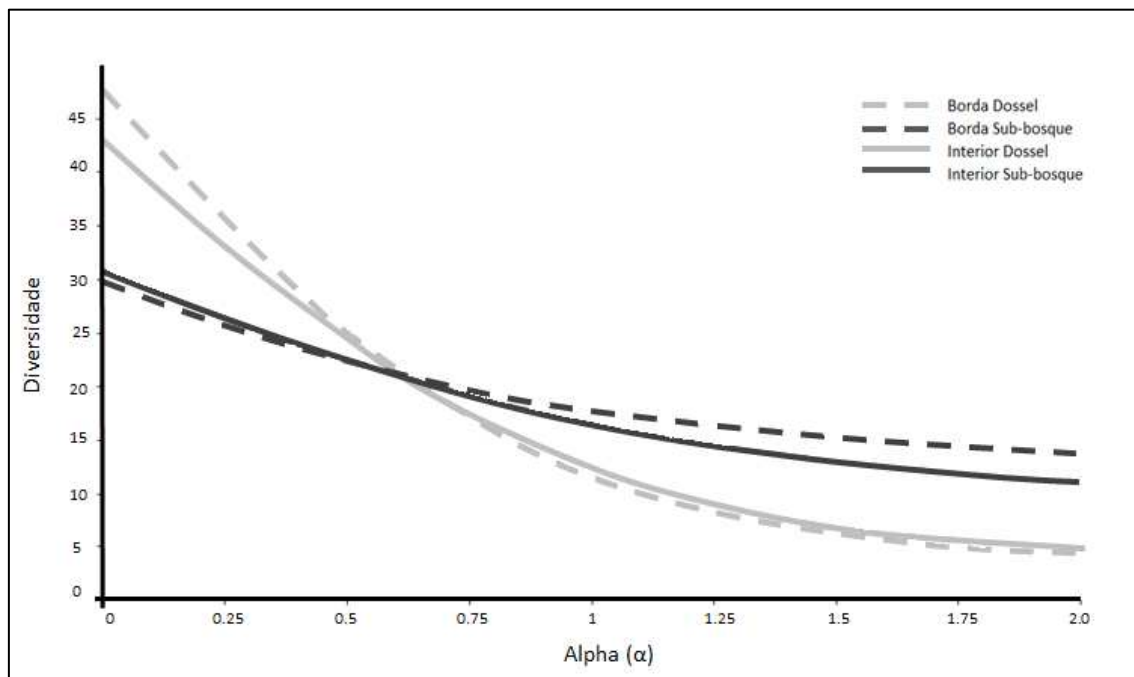


**Figura 8.** Distribuição de abundância entre os estratos para a) borda e b) interior de floresta, para comunidade de borboletas frugívoras da Serra do Japi.

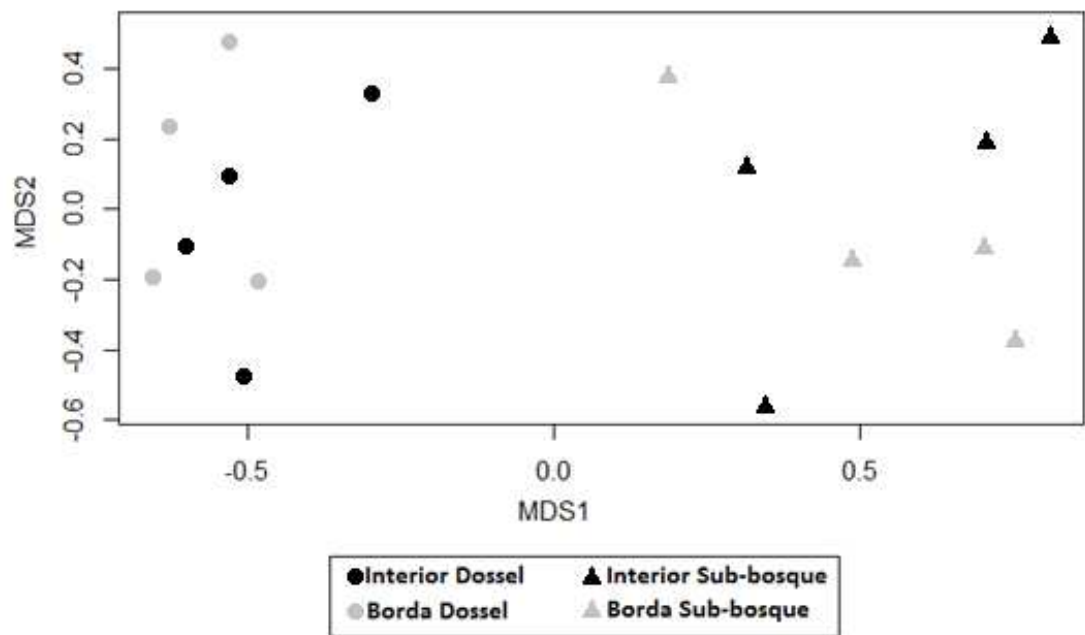




**Figura 9.** Entropia de Renyi calculada através dos dados de riqueza e abundância da comunidade de borboletas frugívoras para cada biótopo na Serra do Japi, sendo as linhas tracejadas referentes ao ambiente de borda e as linhas inteiras referentes ao ambiente de interior, as linhas mais claras referentes ao dossel, e as linhas mais escuras referentes ao sub-bosque.



**Figura 10.** Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) da comunidade de borboletas frugívoras da Serra do Japi. Cada ponto representa uma transecção (unidade amostral). Círculos representam os biótopos de dossel, e triângulos representam os biótopos de sub-bosque. A cor preta representa o interior da floresta, e a cor cinza claro, a borda com a estrada.



*Tabelas*

**Tabela 1.** Valores de a) riqueza e b) abundância de borboletas frugívoras na Serra do Japi nos diferentes biótopos amostrados.

a)

<b>Ambiente</b>	<b>Borda</b>	<b>Interior</b>
<b>Estrato vertical</b>		
Dossel	<b>48</b>	<b>43</b>
Sub-bosque	<b>30</b>	<b>31</b>

b)

<b>Ambiente</b>	<b>Borda</b>	<b>Interior</b>
<b>Estrato vertical</b>		
Dossel	<b>513</b>	<b>463</b>
Sub-bosque	<b>224</b>	<b>137</b>

**Tabela 2.** Valores de  $p$  para cada contraste segundo o teste Tuckey. Valor de  $p < 0,05$  indicam que os biótopos se diferem em relação a abundância de indivíduos de borboletas frugívoras na Serra do Japi. BD = dossel da borda, BSB = sub-bosque da borda, ID = dossel do interior, ISB = sub-bosque do interior.

<b>Contrastes</b>	<b>Valor de p</b>
BSB – BD	0.0148 *
ISB – ID	0.0039 *
ISB – BD	< 0.001 *
ID – BSB	0.0648
ID – BD	0.9551
ISB – BSB	0.7944

## Referências

- Ahmed, S. E., Lees, A. C., Moura, N. G., Gardner, T. A., Barlow, J., Ferreira, J., & Ewers, R. M. 2014. Road networks predict human influence on Amazonian bird communities. *Proceedings Royal Society Of London B*, 281.
- Baltzer, J. L., & Thomas, S. C. 2010. A second dimension to the leaf economics spectrum predicts edaphic habitat association in a tropical forest. *PLoS ONE*, 5, 10.
- Brown Jr, K. S. 1991. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. *The conservation of insects and their habitats*, 349, 404.
- Brown, K. S. & Freitas, A. V. L. 2000. Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation1. *Biotropica*, 32(4b), 934-956.
- Brown, K. S., & Hutchings, R. W. 1997. Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago, 632.
- Carreira, J. Y. O. 2015. Dinâmica temporal e sazonalidade de borboletas frugívoras na Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado, Unicamp, Campinas.
- Colwell, R. K. 2013. *EstimateS 9.1. 0 user's guide*. Connecticut: University of Connecticut.
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 345(1311), 101-118.
- Couto-Santos, A. P. L. D., Conceição, A. A., & Funch, L. S. 2015. The role of temporal scale in linear edge effects on a submontane Atlantic forest arboreal community. *Acta Botanica Brasilica*, 29(2), 190-197.
- Davis, A. J., & Sutton, S. L. 1998. The effects of rainforest canopy loss on arboreal dung beetles in Borneo: implications for the measurement of biodiversity in derived tropical ecosystems. *Diversity and Distributions*, 4(4), 167-173.
- DeVries, P. J. 1988. Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *Journal of Research on the Lepidoptera* Z6, 1(4), 98-108.
- DeVries, P. J., Walla, T. R., & Greeney, H. F. 1997. Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. *Biological Journal of the Linnean Society*, 68(3), 333-353.
- DeVries, P. J., & Walla, T. R. 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74(1), 1-15.
- GOOGLE. Google Earth. 2007. Serra do Japi. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 16.11.2017.

- Gotelli, N. J., & Graves, G. R. (1996). *Null models in ecology*. Smithsonian Institution.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. 2001. Paleontological statistics software: Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4.
- Filgueiras, B. K., Melo, D. H., Leal, I. R., Tabarelli, M., Freitas, A. V. L., & Iannuzzi, L. 2016. Fruit-feeding butterflies in edge-dominated habitats: community structure, species persistence and cascade effect. *Journal of insect conservation*, 20(3), 539-548.
- Foggo, A., Ozanne, C. M., Speight, M. R., & Hambler, C. 2001. Edge effects and tropical forest canopy invertebrates. *Plant Ecology*, 153(1-2), 347-359.
- Freitas, A. V., Benson, W. W., Marini-Filho, O. J., & De Carvalho, R. M. 1997. Territoriality by the dawn's early light: the Neotropical owl butterfly *Caligo idomenaeus* (Nymphalidae: Brassolinae). *Journal of Research on the Lepidoptera*, 34(1), 14-20.
- Freitas, A. V. L., Agra Iserhard, C., Pereira Santos, J., CarreiraI, O., Yasmin, J., Bandini Ribeiro, D., & Mattos Accacio, G. 2014. Studies with butterfly bait traps: an overview. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 203-212.
- Kraft, N. J., & Ackerly, D. D. 2010. Functional trait and phylogenetic tests of community assembly across spatial scales in an Amazonian forest. *Ecological Monographs*, 80(3), 401-422.
- Kremen, C. 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*, 2(2), 203-217.
- Laurance, W. F., & Goosem, M. 2008. Impacts of habitat fragmentation and linear clearings on Australian rainforest biota. *Living in a Dynamic Tropical Forest Landscape*, 295-306.
- Laurance, W. F., Goosem, M., & Laurance, S. G. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12), 659-669.
- Laurance, W. F., Clements, G. R., Sloan, S., O'connell, C. S., Mueller, N. D., Goosem, M., & Van Der Ree, R. 2014. A global strategy for road building. *Nature*, 513(7517), 229-232.
- Morellato, L. P. C., & Haddad, C. F. 2000. Introduction: the Brazilian atlantic forest. *Biotropica*, 32(4), 786-792.
- Morellato, L. P. C., & Leitão-Filho, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*, 112-140.
- Oliveira, P. R. R., Alberts, C. C., & Francisco, M. R. 2011. Impact of road clearings on the movements of three understory insectivorous bird species in the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 43(5), 628-632.

- Pardonnet, S. Beck, H., Milberg P., & Bergman, K. O. (2013). Effect of tree-fall gaps on fruit-feeding Nymphalid butterfly assemblages in a Peruvian Rain Forest. *Biotropica*, 45 (5), 612-619.
- Pinto, H. S. 1992. Clima da Serra do Japi. *História natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. 30-38.
- Pohlman, C. L., Turton, S. M., & Goosem, M. 2007. Edge effects of linear canopy openings on tropical rain forest understory microclimate. *Biotropica*, 39(1), 62-71.
- Prieto, P. V., Sansevero, J. B., Garbin, M. L., Braga, J., & Rodrigues, P. J. 2014. Edge effects of linear canopy openings on understorey communities in a lowland Atlantic tropical forest. *Applied Vegetation Science*, 17(1), 121-128.
- Prochnow, M., & Campanili, M. 2006. *Mata Atlântica – uma rede pela floresta*. Rede de Ongs da Mata Atlântica, Brasília.
- Queiroz, J. M. 2002. Host plant use among closely related *Anaea* butterfly species (Lepidoptera, Nymphalidae, Charaxinae). *Brazilian journal of biology*, 62(4A), 657-663.
- R Core Team. 2016. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation*, 142(6), 1141-1153
- Ribeiro, D. B., & Freitas, A. V. 2012. The effect of reduced-impact logging on fruit-feeding butterflies in Central Amazon, Brazil. *Journal of Insect Conservation*, 16(5), 733-744.
- Santos, J. P., Iserhard, C. A., Carreira, J. Y. O., & Freitas, A. V. L. 2017. Monitoring fruit-feeding butterfly assemblages in two vertical strata in seasonal Atlantic Forest: temporal species turnover is lower in the canopy. *Journal of Tropical Ecology*, 33(5), 345-355.
- Silva, B. G. D. 2017. Efeitos de estradas e trilhas na vegetação, disponibilidade de frutos e avifauna em uma área protegida de Mata Atlântica do sudeste do Brasil. Tese de doutorado. Unicamp, Campinas.
- Uehara-Prado, M., Brown, K. S., & Freitas, A. V. L. 2007. Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Global Ecology and Biogeography*, 16(1), 43-54.
- Wolf, I. D., Hagenloh, G., & Croft, D. B. 2013. Vegetation moderates impacts of tourism usage on bird communities along roads and hiking trails. *Journal of environmental management*, 129, 224-234.

## **Apêndice**



Lista das espécies de borboletas frugívoras registradas na Serra do Japi, Jundiaí, SP. Os dados mostram os registros por cada biótopo. DS = dossel; SB = sub-bosque.

Subfamília / tribo / espécie	Borda		Interior	
	DS	SB	DS	SB
<b>Biblidinae</b>	<b>121</b>	<b>40</b>	<b>93</b>	<b>19</b>
Ageroniini				
<i>Ectima thecla thecla</i> (Fabricius, 1796)	10	0	7	1
<i>Hamadryas amphinome amphinome</i> (Linnaeus, 1767)	0	0	3	0
<i>Hamadryas epinome</i> (Felder & Felder, 1867)	27	28	15	9
<i>Hamadryas fornax fornax</i> (Hubner, 1823)	2	0	0	0
Biblidini				
<i>Biblis hyperia nectanabis</i> (Fruhstorfer, 1909)	1	0	3	0
Callicorini				
<i>Diaethria candrena candrena</i> (Godart, 1824)	31	0	14	0
<i>Diaethria clymena meridionalis</i> (H. Bates, 1864)	3	0	1	0
<i>Diaethria eluina eluina</i> (Hewitson, 1855)	2	0	1	0
<i>Paulogramma pygas</i> (Godart, 1824)	1	0	0	0
<i>Paulogramma pyracmon pyracmon</i> (Godart, 1824)	3	1	3	0
<i>Callicore astarte</i> (Guenée, 1872)	1	0	0	0
Epicaliini				
<i>Catonephele numilia</i> (Hewitson, 1852)	12	0	19	1
<i>Cydelis phaesyla</i> (Hubner, 1831)	1	0	1	0
<i>Eunica tatila bellaria</i> (Fruhstorfer, 1908)	5	3	10	2
<i>Myscelia orsis</i> (Drury, 1782)	1	4	3	2
<i>Eunica margarita</i> (Godart, 1824)	0	0	0	1
<i>Eunica maja maja</i> (Fabricius, 1775)	1	0	0	0
Epiphilini				
<i>Epiphile hubneri</i> Hewitson, 1861	4	1	3	2
<i>Epiphile orea orea</i> Hewitson, 1861	12	3	6	1
<i>Temenis laothoe meridionalis</i> Ebert, 1965	4	0	4	0
<b>Charaxinae</b>	<b>364</b>	<b>70</b>	<b>316</b>	<b>42</b>
Anaeini				
<i>Consul fabius drurii</i> (A. Butler, 1874)	2	0	0	0
<i>Fountainea ryphea phidile</i> (Geyer, 1837)	39	14	47	5
<i>Hypna clytemnestra hubneri</i> A. Butler, 1866	2	5	1	1
<i>Memphis acidalia victoria</i> (H. Druce, 1877)	5	5	7	3
<i>Memphis appias</i> (Hubner, [1825])	250	22	217	12
<i>Memphis arginussa arginussa</i> (Geyer, 1832)	26	2	6	1
<i>Memphis moruus stheno</i> (Prittwitz, 1865)	10	3	7	2
<i>Memphis otrere</i> (Hubner,[1825])	6	1	2	2
<i>Zaretis strigosus</i> (Gmelin, 1790)	9	0	8	2
Preponiini				
<i>Archaeoprepona chalciope</i> (Hubner, [1823])	8	16	16	13
<i>Archaeoprepona demophon</i> (Linnaeus, 1758)	2	2	1	1
<i>Archaeoprepona demophoon</i> (Hubner, [1814])	2	0	4	0
<i>Prepona pylene pylene</i> Hewitson, [1854]	3	0	0	0

<b>Nymphalinae</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>7</b>
Coeini				
<i>Historis odius odius</i> Lamas, 1995	1	0	1	0
Nymphalini				
<i>Smyrna blomfieldia blomfieldia</i> (Fabricius, 1781)	14	12	16	7
<b>Satyrinae</b>	<b>49</b>	<b>114</b>	<b>68</b>	<b>78</b>
Brassolini				
<i>Caligo arisbe fulgens</i> Rothschild, 1916	0	17	1	3
<i>Caligo beltrao</i> (Illiger, 1801)	0	0	0	3
<i>Eryphanis reevesii reevesii</i> (E. Dobleday, [1849])	0	2	0	2
<i>Opoptera syme</i> (Hubner, [1821])	0	13	0	16
<i>Opsiphanes invirae</i> (Hubner, [1808])	3	1	2	0
<i>Opsiphanes quiteria meridionalis</i> Staudinger, 1887	2	0	0	0
Morphini				
<i>Morpho helenor achillaena</i> (Hubner, [1823])	1	28	1	27
Satyrini				
<i>Atlanteuptychia ernestina</i> (Weymer, 1911)	5	0	13	0
<i>Carminda griseldis</i> (Weymer, 1911)	2	0	4	1
<i>Carminda paeon</i> (Godart, [1824])	8	0	17	0
<i>Eteona tisiphone</i> (Boisduval, 1836)	7	0	4	0
<i>Euptychoides castrensis</i> (Schaus, 1902)	0	3	6	1
<i>Forsterinaria necys</i> (Godart, [1824])	4	0	5	3
<i>Forsterinaria quantius</i> (Godart, [1824])	0	1	0	0
<i>Godartiana muscosa</i> (A. Butler, 1870)	0	13	0	17
<i>Hermeuptychia</i> sp.	2	2	2	0
<i>Magneuptychia pallemma</i> (Schaus, 1902)	0	0	1	0
<i>Moneuptychia soter</i> (A. Butler, 1877)	1	2	3	1
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i> (Fabricius, 1776)	0	22	0	2
<i>Paryphthimoides phronius</i> (Godart, [1824])	2	8	0	1
<i>Paryphthimoides poltys</i> (Prittwitz, 1865)	1	1	1	0
<i>Praepedaliodes phanias</i> (Hewitson, 1862)	1	0	0	0
<i>Splendeuptychia doxes</i> (Godart, [1824])	4	1	2	0
<i>Yphthimoides borasta</i> (Schaus, 1902)	4	0	5	0
<i>Forsterinaria pronophila</i> (A. Butler, 1867)	0	0	0	1
<i>Paryphthimoides grimon</i> (Godart, [1824])	2	0	1	0

## **Anexos**



COORDENADORIA DE PÓS GRADUAÇÃO  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
Universidade Estadual de Campinas  
Caixa Postal 6109, 13083-870, Campinas, SP, Brasil  
Fone (19) 3521-6378, email: cpgb@unicamp.br



### DECLARAÇÃO

Em observância ao §5º do Artigo 1º da Informação CPG-UNICAMP/001/15, referente a Bioética e Biossegurança, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada "*Estradas dentro de florestas afetam as comunidades de borboletas frugívoras*", desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre pesquisa envolvendo seres humanos, animais ou temas afetos a Biossegurança.

Assinatura: Patricia Eyng Gueratto  
Nome do(a) aluno(a): Patrícia Eyng Gueratto

Assinatura: André Victor Lucci Freitas  
Nome do(a) orientador(a): André Victor Lucci Freitas

Data: 15/03/2018

### Declaração

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação/Tese de Mestrado/Doutorado, intitulada **Estradas dentro de florestas afetam as comunidades de borboletas frugívoras?**, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 15/03/2018

Assinatura :   
Nome do(a) autor(a): **Patricia Eyng Gueratto**  
RG n.º 35668207-9

Assinatura :   
Nome do(s) orientador(a): **André Victor Lucci Freitas**  
RG n.º 19296024