

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS  
NATURAIS

EFEITO DA COBERTURA FLORESTAL EM NÍVEL DE PAISAGEM NA  
DIVERSIDADE BETA TAXONÔMICA E FUNCIONAL DE  
ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA  
BRASILEIRA

INGRID SANTOS MARTINS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RIO BRANCO-AC, BRASIL  
MARÇO DE 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS  
NATURAIS

EFEITO DA COBERTURA FLORESTAL EM NÍVEL DE PAISAGEM NA  
DIVERSIDADE BETA TAXONÔMICA E FUNCIONAL DE  
ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA  
BRASILEIRA

INGRID SANTOS MARTINS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da Universidade Federal do Acre como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.  
Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Schmidt

RIO BRANCO-AC, BRASIL

MARÇO DE 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E MANEJO DE RECURSOS  
NATURAIS

EFEITO DA COBERTURA FLORESTAL EM NÍVEL DE PAISAGEM NA  
DIVERSIDADE BETA TAXONÔMICA E FUNCIONAL DE  
ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA  
BRASILEIRA

INGRID SANTOS MARTINS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da Universidade Federal do Acre como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 29 de março de 2019 pela banca examinadora:

Dr. Fernando Augusto Schmidt  
Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza  
Orientador

Dr. Elder Ferreira Morato  
Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza  
Examinador interno

Dr. Rogério Rosa Silva  
Museu Paraense Emílio Goeldi  
Examinador externo

Dr. Armando Muniz Calouro  
Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza  
Examinador suplente

RIO BRANCO-AC, BRASIL

MARÇO DE 2019

M386e Martins, Ingrid Santos, 1995 -  
Efeito da cobertura florestal em nível de paisagem na diversidade Beta taxonômica e funcional de assembleias de formigas no sudoeste da Amazônia Brasileira / Ingrid Santos Martins; orientador: Dr. Fernando Augusto Schmidt – 2019.  
36 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Rio Branco, 2019.  
Inclui referências bibliográficas e apêndices.

1. Biodiversidade. 2. Biologia da conservação. 3. Formicidae. I. Schmidt, Fernando Augusto (orientador). II. Título.

CDD: 574.501

---

Bibliotecária: Nádia Batista Vieira CRB-11º/882.

#### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARTINS, I. S. (2019). Efeito da cobertura florestal em nível de paisagem na diversidade beta taxonômica e funcional de assembleias de formigas do sudoeste da Amazônia brasileira. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre, Rio Branco-AC, [inserir número de páginas] p.

#### CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Ingrid Santos Martins

GRAU: Mestre

Concedo à Universidade Federal do Acre-UFAC permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestá-las somente para propósitos acadêmicos e científicos. Reservo outros direitos de publicação, de forma que nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem minha autorização por escrito.

Ingrid Santos Martins

Endereço eletrônico: [fabiiingri@hotmail.com](mailto:fabiiingri@hotmail.com)

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

Antoine Lavoisier

## **AGRADECIMENTOS**

Há muito tempo eu venho pensando o que dizer para os meus amigos, companheiros de trabalho, minha família e meu orientador tudo o que me têm dado, e tem sido muito. E me surgiu na cabeça o Tratado da Graça de São Tomás de Aquino. Que aborda três níveis de gratidão: um nível superficial, um nível intermediário e um nível mais profundo. O nível superficial é o nível do reconhecimento, do reconhecimento intelectual, do nível cerebral, do nível cognitivo do reconhecimento. O segundo nível é o nível do agradecimento, do dar graças a alguém por aquilo que esse alguém fez por nós. E o terceiro nível mais profundo do agradecimento é o nível do vínculo, é o nível do sentirmos vinculados e comprometidos com essas pessoas. Desta forma começo meus agradecimentos de forma livre e de acordo com a classificação, começo pela CAPES que forneceu a bolsa para o custeio de despesas, e a PROAP pela verba que me permitiu o custeio de despesas para o Formigas do Brasil, permitindo a divulgação do projeto, sou grata por todos os membros da Pós-Graduação do Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais por todo apoio e compartilhamento de conhecimento comigo e demais colegas de aula a aluna Marília Costa por compartilhar os dados da fauna de formigas e de cobertura florestal para que pudéssemos desenvolver a dissertação.

No segundo nível encontra-se o professor Fernando Augusto Schmidt que aceitou me orientar, mesmo sabendo que eu não possuía nenhuma experiência com o objeto da pesquisa e me mostrou qual a sensação de ser realmente orientada e o poder de estabelecermos metas para alcançarmos nossos objetivos. Tudo na vida é uma questão de evolução e deixo aqui minha gratidão, por todos que contribuíram para a minha evolução pessoal e profissional, o poder da cooperação coletiva nunca esteve tão presente na minha vida como à turma do Meco 2017, que fez da minha Ecocampo o melhor campo de todos, levarei comigo todas as lembranças, em especial os momentos de empatia que Alex Pereira, Angélica Maciel e Martin Acosta tiveram por mim, me ajudando com o projeto de campo.

Empatia é algo que não se pode perder e os professores Elder Morato, Lisandro Vieira, Foster Brown me provaram o poder que esse sentimento teve no meu crescimento pessoal, mostrando que somos pessoas e crescemos constantemente com nossos erros e mesmo com todas as nossas preocupações pessoais, devemos ter tempo para olhar pelos que estão em nossa volta. E sermos agradecidos pelas contribuições das pessoas, desta forma sou grata pela contribuição direta para que meu projeto saísse, e cito diretamente a

Andressa Menezes que compartilhou seu conhecimento sobre as medições dos traços de forma generosa e paciente, ao Matheus Sales que em todos os momentos que necessitei de ajuda nunca me negou, a Fabiana Ferreira que mesmo morando longe aceitou me ajudar na fase final do projeto e permitiu conhecer a pessoa maravilhosa que ela é. E a todos do laboratório de Ecologia de Formigas que contribuíram para o meu dia a dia na UFAC (Dani, Doce, Dhamila). Na vida crescemos constantemente e devemos partilhar desse crescimento com os que necessitam, Rodrigo Feitosa, Rogério Silva e Rony são exemplos de crescimento e compartilhamento de conhecimento, pois me ajudaram nas dúvidas que tive sobre a parte taxonômica e funcional, sou imensamente grata.

E finalmente e não menos importante às pessoas que estão no terceiro nível, agradeço a Deus, minha família (Sebastiana, Flávia, Fabiana e Flávio), minhas irmãs de coração (Paôlla Alves e Caroline Rodrigues) e meus amigos que conheci no Acre (Alex Pereira, Júlia Gomes, Roni Zumba) que me forneceram todo o apoio emocional que necessitei para chegar até este momento. E não posso esquecer-me de agradecer ao Giuliano Araújo que me apoiou para que eu realizasse a prova do mestrado e graças a ele, hoje estou finalizando uma etapa muito importante da minha vida. Dedico este trabalho aos meus pais, Francisco das Chagas Martins e Sebastiana dos Santos Carvalho, que nunca deixaram de acreditar e incentivar a mim e minhas irmãs nos estudos. Hoje eu dedico em especial, ao meu pai, que infelizmente não se encontra de maneira física com minha família, mas sei que nunca deixou de estar me acompanhando e me dando forças para continuar minha jornada. Tudo que fiz, faço e vou fazer será honrando sua dedicação e esforço para a minha criação e das minhas irmãs. Meus pais são exemplos de superação e incentivo e agradeço a Deus por ter herdado o sangue de pessoas batalhadoras. Que mesmo não compreendendo minha escolha pelo mundo da biologia e dos insetos, nunca deixaram de me incentivar.

Estamos expostos diariamente as oportunidades de exercer a gratidão nestes três níveis, ora estamos em um nível, ora em outro, e quando estamos no nível mais profundo, estamos experimentado alegrias e sensações que inundam nosso ser de gratidão e amor. Encerro estes agradecimentos com lágrimas nos olhos e gratidão no coração, lhes dizendo que no Acre eu não me criei e não me perdi, mas me transformei em uma pessoa melhor. E que todos esses agradecimentos são lições de vida, que permitirá me tornar a pesquisadora que eu sonho ser.

Obrigado

a

todos!

## SUMÁRIO

Resumo	1
Abstract	2
1. Introdução	3
2. Material e métodos	5
2.1 Área de estudo	5
2.2 Delineamento amostral	5
2.3 Coleta de dados	5
2.3.1 Quantificação da cobertura vegetal das paisagens	5
2.3.2 Coleta e identificação das formigas	6
2.4 Análise de dados	7
2.4.1 Partição da diversidade beta taxonômica e funcional	7
2.4.2 Modelos Estatísticos	9
3. Resultados	11
3.1 Diversidade beta taxonômica e funcional ao longo do gradiente de cobertura florestal	11
3.2 Contribuição do componente de substituição ao longo do gradiente de cobertura florestal	12
3.3 Resposta de formigas de diferentes afinidades de habitats ao gradiente de cobertura florestal	12
4. Discussão	13
4.1 Diversidade beta taxonômica e funcional ao longo do gradiente de cobertura florestal	14
4.2 Contribuição do componente de substituição ao longo do gradiente de cobertura florestal	15
4.3 Resposta de formigas de diferentes afinidades de habitat ao gradiente de cobertura florestal	16
5. Conclusão	18
6. Referências Bibliográficas	19
APÊNDICES	24



## **Efeito da cobertura florestal em nível de paisagem na diversidade beta taxonômica e funcional de assembleias de formigas do sudoeste da Amazônia brasileira\***

Ingrid Santos Martins<sup>1,3</sup>, Fernando Augusto Schmidt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre (UFAC), Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil

<sup>2</sup>Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, UFAC, Caixa postal 500, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil

<sup>3</sup>Autor para correspondência: fabiingri@hotmail.com

\*Conforme normas do periódico Biological Conservation (Apêndice 1)

### **Resumo**

A perda de diversidade de espécies devido a conversão de habitat demanda o uso de métricas como a diversidade beta taxonômica e funcional e o particionamento em seus componentes de substituição e perda/ganho de espécies, a fim de verificar o impacto na composição de espécies de comunidades ecológicas em paisagens antropizadas. As formigas por apresentarem responderem prontamente a diferentes distúrbios são excelentes modelos, para verificar o nível de conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas. Assim, neste estudo, temos as seguintes expectativas: i) Diversidade beta (taxonômica ou funcional) aumenta com o aumento da cobertura florestal ii) esse aumento é determinado pela substituição de espécies iii) paisagens com maior cobertura florestal devem possuir um maior número de espécies adaptadas a habitats de floresta do que a habitats abertos. Na RESEX Chico Mendes em Assis Brasil, as formigas foram coletadas em 12 paisagens, com raio de 500 m. Foram obtidas a diversidade beta taxonômica e funcional e suas partições nos componentes de substituição e perda/ganho de espécies e classificação das formigas de acordo com sua afinidade de habitat. Verificamos que conforme há o aumento da cobertura florestal há o aumento da diversidade beta taxonômica e funcional, e isso se deve a contribuição da substituição de espécies. Isso é reforçado pela substituição de espécies generalistas por espécies especialistas de floresta com aumento da cobertura florestal. Nossos resultados apoiam a importância da manutenção da cobertura florestal para conservação de espécies associadas ao habitat florestal em paisagens sob influência antrópica.

**Palavras-chave:** Biodiversidade, Biologia da conservação, Formicidae, Mudança no uso do solo.

**Abstract****Effect of forest cover at the landscape level on the taxonomic and functional beta diversity of ant assemblies in the southwest of the Brazilian Amazon**

Species diversity loss due to habitat change demand the use of metrics such as taxonomic and functional beta diversity and the partitioning in their components of species replacement and species gain/loss which allow verify the impact on species composition of ecological communities in human-modified landscapes. Ants due to their clear response to several disturbances types are excellent models to access the conservation level of biodiversity in human-modified landscapes. Thus, our work aimed to respond to the following expectations regarding the response of the ant assembles: i) Taxonomic and functional beta diversity increase with increasing of forest cover; (ii) this increasing is due to the contribution of species replacement; iii) landscapes with higher forest cover must have a greater number of ant forest-habitat species than open-habitat species. In the Chico Mendes RESEX, Assis Brasil, AC, ants were sampled in 12 landscapes with a radius of 500 m. It was obtained taxonomic and functional beta diversities and their partitioning in their components of species replacement and species gain/loss and ant classification according to its habitat affinity. We verified that the increasing of forest cover leads to an increase of taxonomic and functional beta diversity, and it is due to the component of species replacement. This is corroborated with the replacement of generalist species by forest-specialist species according to forest cover increasing. Our results highlight the importance of forest cover to the conservation of forest-species in human-modified landscapes.

**Key words:** Biodiversity, Biological conservation, Formicidae, land-use change.

## 1. Introdução

As mais diversas atividades humanas vêm suprimindo grandes áreas de florestas tropicais, gerando paisagens fragmentadas (Nagendra *et al.*, 2004; Solar *et al.*, 2016). Assim, espécies tolerantes a distúrbios são as que possuem maior capacidade de sobrevivência em paisagens sob elevado nível de antropização (Tabarelli *et al.*, 2010; Carvalho *et al.*, 2012) levando a uma elevada diferença na composição de espécies entre comunidades ecológicas de ecossistemas preservados e áreas antropizadas (Tscharntke *et al.*, 2012; Queiroz *et al.*, 2017).

A diferença na composição de espécies entre comunidades ecológicas é expressa pela diversidade beta ( $\beta$ ) (Anderson *et al.*, 2011). A diversidade beta existente entre comunidades ecológicas é fruto da ação de dois processos distintos: substituição de espécies e ganho/perda de espécies (Baselga, 2010). Assim, a decomposição da diversidade beta em seus componentes possibilita identificar se a mudança na composição de espécies em comunidades ecológicas, proporcionada pela ação de perturbações antrópicas, é resultado de um processo de substituição de espécies ou de empobrecimento no número de espécies (Solar *et al.*, 2015).

Entretanto, o uso de métricas baseadas somente na identidade taxonômica das espécies (*e.g.* diversidade beta taxonômica) não contempla as informações a respeito da diversidade de funções ecossistêmicas desempenhadas pelas espécies (Sandra & Cabido, 2001; Sobrinho & Schoereder, 2007; Crist, 2009), o que limita aferir se a mudança na composição de espécies está levando também a mudanças de funções (Baiser & Lockwood, 2011). A diversidade de funções ecossistêmicas pode ser aferida através do cálculo de índices de diversidade funcional (*e.g.* diversidade beta funcional) (Villéger *et al.*, 2013; González *et al.*, 2018), que são obtidos, com base na mensuração de traços funcionais que refletem os tipos de recursos explorados e a forma que as espécies os utilizam (Petchey *et al.*, 2002).

A diversidade beta funcional, a exemplo da diversidade beta taxonômica, pode ser decomposta nos componentes de substituição e ganho/perda (Villéger *et al.*, 2013). Como ambos os tipos de diversidade beta, taxonômica e funcional, são expressas em valores com a mesma escala de variação (0 - 1) (Villéger *et al.*, 2013), torna-se possível a sua comparação e verificar se mudanças na composição de espécies e mudanças funcionais nas comunidades ecológicas estão associadas ou não.

As formigas, devido a sua pronta resposta a diversos tipos de distúrbios têm sido utilizadas como modelo para avaliar o impacto de alterações antrópicas nos ecossistemas terrestres (Underwood & Fisher, 2006; Philpott *et al.*, 2010). Assim, padrões de diversidade beta taxonômica e funcional, bem como a partição destas em seus componentes de substituição e ganho/perda em assembleias de formigas têm sido utilizados como métricas para mensurar o impacto de perturbações antrópicas na biodiversidade de ecossistemas terrestres (Solar *et al.*, 2015; Del Toro *et al.*, 2015; González *et al.*, 2018; Sala-Lopez *et al.*, 2018).

Ademais, espécies de formigas diferem em relação à tolerância a cobertura do habitat (i.e. aberto ou fechado – floresta) (Andersen, 2018; Vasconcelos *et al.*, 2018). Dado que perturbações antrópicas promovem alterações expressivas no nível de cobertura do habitat, espécies de formigas de acordo com sua preferência a cobertura do habitat apresentam respostas distintas a uma mesma perturbação antrópica (Oliveira & Schmidt, 2019).

O presente estudo tem como objetivo principal investigar a resposta da diversidade beta taxonômica e funcional e grupos de assembleias de formigas, em relação a um gradiente de cobertura florestal em nível de paisagem no sudoeste da Amazônia brasileira. Nós, temos as seguintes expectativas em relação à resposta das assembleias de formigas: i) Diversidade beta taxonômica e funcional aumenta, com o aumento da cobertura florestal; ii) esse aumento ocorre devido a uma maior contribuição do componente de substituição e iii) paisagens com maior cobertura florestal, devem possuir um maior número de espécies adaptadas ao habitat de floresta do que habitat aberto. Essas expectativas são esperadas, porque as assembleias de formigas em paisagens com maior cobertura florestal devem ser compostas por espécies com preferência por habitat florestal, substituindo as espécies tolerantes a habitat mais abertos os quais diferem nas medidas dos traços funcionais, levando assim a uma elevada diversidade beta taxonômica e funcional gerada essencialmente pelo processo de substituição de espécies (Liu *et al.*, 2016; Solar *et al.*, 2016).

## 2. Material e métodos

### 2.1 Área de estudo

Os dados sobre a fauna de formigas e cobertura florestal em nível de paisagem são provenientes da dissertação de Costa (2018), cuja área de estudo está localizada na Reserva Extrativista Chico Mendes – RESEX-CM (10° 06' 11" S e 10° 58' 39" S e 67° 56' 13" O a 69° 48' 00") no sudoeste do Estado do Acre.

### 2.2 Delineamento amostral

Ao longo de um ramal de 75 km que liga o centro do município de Assis Brasil à margem direita do Rio Iaco foram estabelecidas 12 paisagens circulares ( $r = 500$  m; área = 785.000 m<sup>2</sup>) a cada 5 km (Costa, 2018). O raio de 500 m foi escolhido para a determinação do tamanho da paisagem, pois, nesta escala é observada uma influência mais expressiva de métricas de paisagens na composição de espécies de formigas (Spiesman & Cumming, 2008; Ahuatzin et al. 2019). A sequência de estabelecimento das parcelas foi no sentido Rio Iaco – Assis Brasil, sendo que, o centro de cada paisagem foi estabelecido a 500 m da borda direita do ramal.

### 2.3 Coleta de dados

#### 2.3.1 Quantificação da cobertura vegetal das paisagens

Costa (2018) obteve o mapa de cobertura do solo por meio de imagens de satélites georreferenciadas, captadas pelo sensor OLI (Operational Land Imager) do satélite Landsat 8 de órbita e ponto 3/67 no ano de 2017, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em alta resolução. Assim, foram selecionadas imagens que apresentaram as seguintes condições: nuvem livre, resolução de 30 m e que sejam do mesmo período do ano. Todas as imagens foram analisadas pelo programa Arcgis 10.5 Free Trial - ESRI - Environmental Systems Resource Institute.

A cobertura florestal foi obtida pela quantidade de vegetação remanescente em cada paisagem, sendo independente de outras características da paisagem (disponibilidade de habitat diferente e arranjo espacial dos fragmentos) (Muylaert *et*

*al.*, 2016). Uma vez sabendo-se a área de floresta e a área total da paisagem, foi obtido o percentual de cobertura florestal para cada paisagem (Tabela 1).

**Tabela 1.** Porcentagem de cobertura florestal de cada paisagem de amostrada em Assis Brasil, AC Brasil. Fonte: Costa (2018).

<b>Paisagem</b>	<b>Porcentagem de cobertura florestal (%)</b>
<b>00</b>	100
<b>01</b>	100
<b>02</b>	100
<b>03</b>	100
<b>04</b>	96.55
<b>05</b>	100
<b>06</b>	55.21
<b>07</b>	100
<b>08</b>	53.36
<b>09</b>	77.80
<b>10</b>	13.31
<b>11</b>	24.58

### 2.3.2 Coleta e identificação das formigas

Costa (2018) utilizou o seguinte método para a realização da coleta de formigas: i) a partir do centro de cada paisagem foram estabelecidos quatro transectos, seguindo a orientação dos quatro radiais da paisagem circular; ii) em cada transecto foram instaladas quatro armadilhas de queda do tipo *pitfall* de forma que a primeira armadilha ficou a uma distância de 100 m do centro da circunferência que forma a paisagem e as demais armadilhas também estavam espaçadas a 100 m umas das outras, totalizando 16 armadilhas por paisagem.

As armadilhas foram confeccionadas a partir de frascos de 300 ml contendo uma solução mortífera composta de água, detergente e sal. As armadilhas foram instaladas ao nível da superfície do solo, permanecendo em campo por 48 h. Posteriormente, o material foi armazenado em álcool 96% para posterior triagem, montagem e identificação das formigas.

A identificação das formigas no nível de gênero foi realizada de acordo com Baccaro *et al.*, (2015).

Em nível de espécie, a identificação foi realizada pela comparação com exemplares da Coleção de Formigas do Laboratório de Ecologia de Insetos da Universidade Federal do Acre – UFAC. Os exemplares não identificados em nível de espécie foram separados em morfo-espécies de acordo com características morfológicas e, posteriormente, aferida a identidade das espécies por taxonomistas especialistas em formigas, sendo eles: Rodrigo Feitosa, Alexandre Ferreira, Thiago Silva, Weslly Franco e Mayron Escárraga, todos integrantes do Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da Universidade Federal do Paraná. Ao todo foram identificadas 216 espécies de formigas (Costa, 2018).

## *2.4 Análise de dados*

### *2.4.1 Partição da diversidade beta taxonômica e funcional*

#### *2.4.1.1 Diversidade beta taxonômica e funcional de assembleias de formigas ao longo do gradiente de cobertura florestal*

Nesse trabalho, definimos o gradiente de cobertura florestal quantificando a diferença entre a cobertura florestal de cada paisagem em relação à paisagem com menor cobertura florestal, a qual foi a paisagem 10 com 13,31% de cobertura florestal (Tabela 1). Assim, a diversidade beta taxonômica e funcional foi obtida por meio do Índice de dissimilaridade de Sørensen, através de comparações das assembleias de formigas de cada paisagem com a assembleia de formigas da paisagem 10.

#### *2.4.1.2 Partição da diversidade beta taxonômica*

Dados de presença e ausência de espécies foram utilizados para os cálculos dos índices de diversidade beta taxonômica. Assim, a diversidade beta taxonômica foi calculada pelo índice de dissimilaridade de Sørensen que considera o número de espécies compartilhadas por duas assembleias e o número de espécies exclusivas a cada uma. O índice de dissimilaridade de Sørensen varia de 0 a 1, valores próximos a 0 significam que as duas assembleias compartilham muitas espécies e próximos a 1 significam que as duas assembleias representam conjuntos distintos de espécies.

O índice de dissimilaridade de Sørensen foi particionado em seus componentes de substituição de espécies e ganho/perda de espécies de acordo com a abordagem proposta por Carvalho *et al.*, (2012).

Nessa abordagem, a diversidade é particionada de forma aditiva, quantificando a contribuição do componente de substituição de espécies do componente da diferença no número de espécies para a variação total da composição de espécies (Carvalho *et al.*, 2012). O índice de dissimilaridade de Sørensen bem como de seus componentes foram obtidos no programa R (R Core Team 2015) através de funções do pacote BAT (Cardoso *et al.*, 2018), onde são denominados respectivamente por  $\beta_{sor}$ ,  $\beta_{repl}$  e  $\beta_{ric}$ .

#### 2.4.1.3 Partição da diversidade beta funcional

Das 216 espécies de formigas identificadas, 214 foram mensuradas. Uma vez que, duas espécies (*Hypoponera* sp3; *Pheidole* sp40) apresentavam apenas um espécime cada e estes encontravam-se danificados, impossibilitando a obtenção das medidas. O cálculo da diversidade beta funcional de cada paisagem foi realizado através de uma matriz de traços funcionais.

Os traços funcionais foram obtidos da medição de 11 estruturas morfológicas de cada espécie, as quais são relacionadas ao uso de recursos, à preferência de habitat e às funções ecossistêmicas das espécies de formigas coletadas (Silva & Brandão, 2010; Silva & Brandão, 2014; Salas-Lopez *et al.*, 2018). Assim as seguintes estruturas foram medidas: (i) largura da cabeça, relacionada ao tamanho da musculatura da mandíbula; (ii) comprimento do olho, importante na procura de alimentos; (iii) distância interocular, em geral as espécies predadoras têm olhos posicionados mais dorsalmente; (iv) comprimento do escapo, importante função comportamental; (v) comprimento do clípeo, espécies que dependem de recursos líquidos tendem a ter um clípeo mais desenvolvido; (vi) comprimento da mandíbula, relacionado ao tamanho do recurso (vii) largura da mandíbula, que está relacionada ao tamanho do recurso; (viii) comprimento do Weber como um indicador do tamanho do corpo; (ix) comprimento do pecíolo e (x) altura do pecíolo, correlacionado com espécies predadoras; (xi) comprimento do fêmur posterior, assumindo que o tamanho da perna pode estar relacionado à distribuição de espécies na superfície do solo. As medidas das estruturas morfológicas das formigas foram realizadas no estereomicroscópio Leica S8 APO, pertencente ao grupo de Ecologia de Formigas do Laboratório de Ecologia de Insetos da Universidade Federal do Acre, por intermédio do uso de lente com micrômetro.

Quando disponível, as medidas das estruturas foram provenientes de até 10 operárias de cada espécie a fim de que fosse obtida uma média de cada estrutura por espécie, quando não disponível foi utilizada somente a quantidade de espécimes disponível para a espécie (Silva & Brandão, 2014). Em espécies de formigas polimórficas, foram medidas apenas as operárias menores (Del Toro *et al.*, 2015).

A diversidade beta funcional foi obtida pelo índice de dissimilaridade de Sørensen, que neste contexto, considera o quanto duas assembleias diferem nas medidas dos seus traços funcionais (Villéger *et al.*, 2013). Assim, o índice de dissimilaridade de Sørensen foi particionado em seus componentes de substituição e ganho/perda de funções de acordo com a abordagem proposta por Carvalho *et al.*, (2012). O índice de dissimilaridade de Sørensen bem como de seus componentes foram obtidos no programa R (R Core Team 2015) através de funções do pacote BAT (Cardoso *et al.*, 2018), onde são denominados respectivamente por  $\beta_{sor}$ ,  $\beta_{repl}$  e  $\beta_{ric}$ .

#### 2.4.2 Modelos Estatísticos

Todas as análises estatísticas deste estudo foram realizadas no programa R (R Core Team 2015).

##### 2.4.2.1 Diversidade beta taxonômica e funcional ao longo do gradiente de cobertura florestal.

Para testarmos a expectativa de que a diversidade beta (taxonômica ou funcional) aumenta com o aumento da cobertura florestal, empregamos um modelo linear generalizado (GLM), tendo como variável resposta o índice de dissimilaridade de Sørensen ( $\beta_{sor}$ ) e como variável explicativa a diferença de porcentagem da cobertura florestal. Os modelos seguiram a distribuição de erros Quasibinomial, uma vez que, os valores do índice de dissimilaridade de Sørensen são dados de proporção. Foi realizada, análise de resíduo para verificar a adequabilidade do modelo à distribuição de erros (Crawley, 2013).

#### 2.4.2.2 *Componente de substituição ao longo do gradiente de cobertura florestal*

Para verificar se o aumento da diversidade beta taxonômica e funcional ocorre devido a uma maior contribuição do componente de substituição de espécies, foi realizado um modelo linear generalizado (GLM), tendo como variável resposta os valores do componente de substituição ( $\beta_{repl}$ ) e como variável explicativa a diferença de porcentagem da cobertura florestal. Da mesma forma, foi verificada a resposta do componente de perda/ganho a porcentagem de cobertura florestal. Os modelos seguiram a distribuição Quasibinomial, pois, os valores,  $\beta_{repl}$  e  $\beta_{ric}$  são dados de proporção. A análise de resíduo foi realizada para verificar a distribuição de erros do modelo (Crawley, 2013).

#### 2.4.2.3 *Resposta de formigas de diferentes afinidades de habitat ao gradiente de cobertura florestal*

A fim de testar a expectativa de que paisagens com maior cobertura florestal possuem um maior número de espécies com preferência a habitat de floresta do que habitat aberto, primeiramente as formigas identificadas até o nível de espécie foram classificadas em três categorias de preferência: especialistas de floresta, especialista de habitat aberto e generalistas (ocorrem tanto em florestas como em habitat aberto). A classificação dessas formigas em categorias de preferência foi considerada, pois a fauna de formigas da região Neotropical tem sua diversificação associada à áreas de florestas (Moreau & Bell, 2013), algumas espécies têm a capacidade de tolerar áreas mais abertas sendo consideradas como generalistas e poucas espécies especialistas de habitat aberto (e.g. savanas) (Vasconcelos *et al.*, 2018). Embora, transformações de áreas de florestas em pastagens, cultivos agrícolas e outros usos do solo de ambiente aberto não são equivalentes em termos de biodiversidade e funcionamento aos ecossistemas naturais de habitat aberto, eles se assemelham em relação a abertura do dossel e consequente alta intensidade luminosa e temperatura o que leva a uma pressão semelhante a fauna de formigas que tolera estas condições (Queiroz *et al.*, 2017).

A separação nessas três categorias de preferência, foi realizada via consulta à lista da fauna de formigas presente em Vasconcelos *et al.*, (2018) que através de consulta a literatura e sua própria experiência mirmecológica aferiram o tipo de habitat das espécies de formigas de seu estudo. Para as nossas espécies de formigas

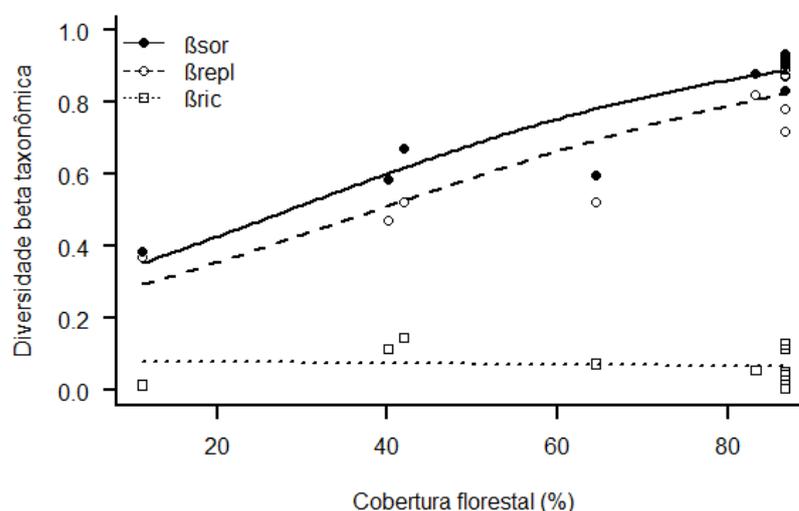
não presentes na lista de Vasconcelos *et al.*, (2018), realizamos uma pesquisa em bancos de dados (AntWeb e AntMaps) e posteriormente consulta a especialista. Esta classificação foi realizada para as formigas que possuíam identificação em nível de espécie confirmada, o que exclui as morfoespécies, reduzindo a fauna de formigas para 119 espécies (Apêndice 2).

Por fim, foi utilizado um modelo linear generalizado (GLM), tendo como variável resposta o número de espécies e como variáveis explicativas o tipo de preferência e a porcentagem da cobertura florestal. A fim de, verificar se as formigas de cada tipo de habitat respondem de forma distinta a porcentagem de cobertura florestal, consideramos a interação entre as variáveis explicativas. O modelo seguiu a distribuição de Poisson, uma vez que, o número de espécies é um dado de contagem. A análise de resíduo foi realizada para verificar a distribuição de erros do modelo (Crawley, 2013).

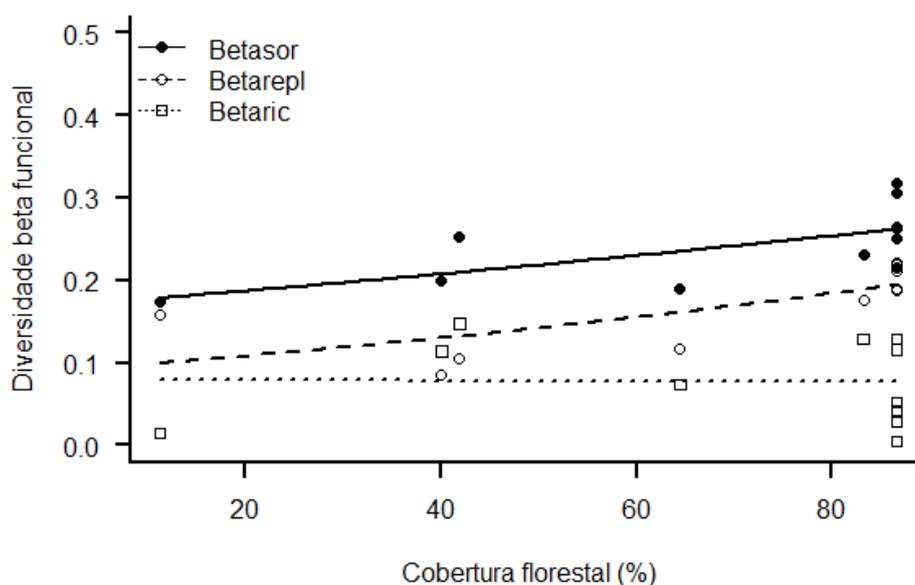
### 3. Resultados

#### 3.1 Diversidade beta taxonômica e funcional ao longo do gradiente de cobertura florestal.

De acordo com a nossa expectativa, as assembleias de formigas de paisagens com maior cobertura florestal, apresentaram uma maior dissimilaridade em relação à assembleia com menor cobertura florestal, tanto para a diversidade beta taxonômica ( $X^2_{(1,9)} = 1,65; p < 0,0001$ ) (Figura 1), quanto para diversidade beta total funcional ( $X^2_{(1,10)} = 0,130; p < 0,0001$ ) (Figura 2).



**Figura 1:** Relação entre a diversidade beta taxonômica -  $\beta_{sor}$  ( $X^2_{(1,9)} = 1,65; p < 0,0001$ ), e seus componentes: substituição de espécies -  $\beta_{repl}$  ( $X^2_{(1,9)} = 1,519; p < 0,0001$ ) e ganho/perda de espécies -  $\beta_{ric}$  ( $X^2_{(1,9)} = 0,0033; p < 0,7684$ ) de funções com a porcentagem de cobertura florestal em escala de paisagem.



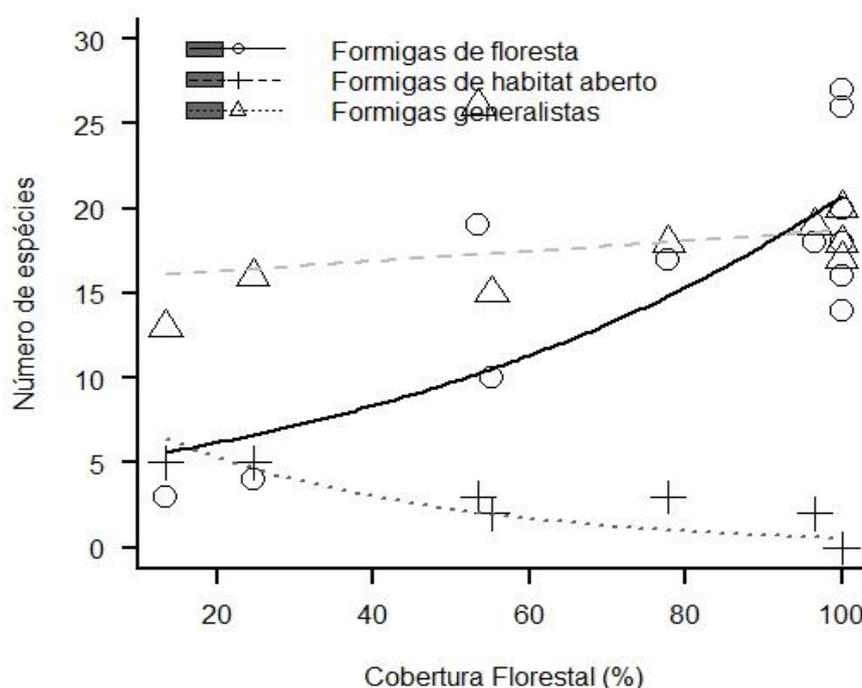
**Figura 2:** Relação entre a diversidade *beta* funcional -  $\beta_{sor}$  ( $X^2_{(1,10)} = 0,130; p < 0,0001$ ) e seus componentes: substituição de funções -  $\beta_{repl}$  e ganho/perda -  $\beta_{ric}$  de funções ( $X^2_{(1,9)} = 0,189; p < 0,0001$ ) com a porcentagem de cobertura florestal em escala de paisagem.

### 3.2 Contribuição do componente de substituição ao longo do gradiente de cobertura florestal.

O componente de substituição teve uma maior contribuição para a diversidade beta taxonômica e funcional e teve uma relação positiva com a porcentagem de cobertura florestal em ambos os casos ( $X^2_{(1,9)} = 1,519; p < 0,0001$ ) (Figura 1) e ( $X^2_{(1,9)} = 0,189; p < 0,0001$ ), enquanto o componente de ganho/perda não teve relação significativa com a cobertura florestal ( $X^2_{(1,9)} = 0,189; p < 0,0001$ ) (Figura 2).

### 3.3 Resposta de formigas de diferentes afinidades de habitats ao gradiente de cobertura florestal.

Através das análises confirmamos a nossa expectativa de que assembleias de formigas de paisagens com maior cobertura florestal são constituídas por espécies adaptadas a habitats de floresta do que por espécies generalistas e de habitat aberto (Figura 3), pois no modelo estatístico todas as variáveis explicativas influenciam de forma significativa o número de espécies: tipo de habitat ( $X^2_{(2,33)} = 214,630; p < 0,0001$ ), porcentagem de cobertura florestal ( $X^2_{(1,32)} = 8,613; p = 0,0033$ ) e a interação entre essas duas variáveis ( $X^2_{(2,30)} = 39,767; p < 0,0001$ ).



**Figura 3:** Relação do número de espécies de formigas de grupos com diferentes afinidades com a porcentagem de cobertura florestal em escala de paisagem ( $X^2_{(2,33)} = 214,630; p < 0,0001$ ).

#### 4. Discussão

Um grande avanço na compreensão da resposta das assembleias de formigas à mudança da cobertura vegetal tem sido proporcionado pelo estudo dos padrões de diversidade beta (Solar *et al.*, 2016) e da resposta de diferentes grupos de formigas (Paolucci *et al.*, 2017). Nosso estudo fornece as respostas da diversidade beta taxonômica e funcional e de grupos de espécies de assembleias de formigas, em relação a um gradiente de cobertura florestal em nível de paisagem.

Como esperado, nossos resultados apoiaram as expectativas de que o aumento da diversidade beta taxonômica e funcional acompanha o aumento da cobertura florestal, e esse aumento se deu por uma maior contribuição do componente de substituição, pois conforme o aumento da cobertura florestal as espécies com preferência a habitat de floresta substituem as espécies tolerantes a habitats mais abertos. Abaixo, apresentamos explicações para os padrões encontrados e implicações para a conservação da diversidade de formigas em paisagens sob influência antrópica.

#### *4.1 Diversidade beta taxonômica e funcional ao longo do gradiente de cobertura florestal.*

Embora muitos estudos descrevam os padrões de número de espécies como um indicador de mudança na qualidade do habitat, a composição de espécies nos permite observar uma variação contínua que pode ser mediada por um gradiente (Solar *et al.*, 2016). Para quantificar a diferença de composição de espécies das comunidades ecológicas, a diversidade beta ( $\beta$ ) tem sido empregada amplamente (Anderson *et al.*, 2011), o que tem proporcionado uma melhor compreensão dos efeitos adversos da mudança de habitat causam nas assembleias de formigas (González *et al.*, 2018; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

Dado que as formigas exercem diferentes funções nos ecossistemas terrestres (Del Toro *et al.*, 2012), a variação na composição do ponto de vista funcional também se faz necessário. Nossos resultados apontam que há uma relação positiva entre o gradiente de cobertura florestal e a variação da diversidade beta (taxonômica e funcional) entre as assembleias de formigas. Juntas, essas respostas destacam que quanto mais cobertura florestal uma paisagem possuir maior será a dissimilaridade em termos de composição de espécies e de traços funcionais ( $\beta_{sor}$ ; Figura 1). Mecanismo semelhante foi observado em assembleias de formigas em um gradiente altitudinal, onde diferentes espécies que diferem em seus traços funcionais são encontradas conforme a elevação aumenta (Bishop *et al.*, 2015). Esse padrão tem sido frequentemente demonstrado para formigas em diferentes tipos de gradiente (Salas-Lopez *et al.*, 2018).

Uma possível explicação para o aumento da diversidade beta taxonômica e funcional ao longo do gradiente de cobertura florestal pode ser atribuída à complexidade do habitat, pois paisagens com maior cobertura florestal deve oportunizar um maior espectro de condições e variedade de recursos, cada espécie com seu traço morfológico único, utiliza o recurso e se adapta as condições que ambiente oferece de maneira diferente, gerando a filtragem de nicho.

Diversidade beta taxonômica e funcional tiveram uma expressiva amplitude de variação em relação a variação de seus valores (Diversidade beta taxonômica: 0,38-0,91 e Diversidade beta funcional: 0,15-0,37). Isso significa que ao longo do gradiente de cobertura florestal existe uma forte mudança nas espécies, mas não necessariamente essa mudança gera uma mudança acentuada em termos de traços funcionais (Salas-Lopez *et al.*, 2018; González *et al.*, 2018). Essa diferença nos valores das diversidades beta taxonômica e funcional pode ser atribuída ao fato do gradiente iniciar com uma paisagem, que embora tenha pouca cobertura florestal (13,31%) faz com que a mudança funcional não seja expressa fortemente, possivelmente porque está servindo de refúgio para formigas de floresta que possuem medidas de traços funcionais semelhantes com as de paisagens com maior cobertura florestal. Resultados semelhantes foram observados com escaravelhos de floresta ripária que estavam utilizando fragmentos do Cerrado como refúgios ou até mesmo áreas de transição (Correa *et al.*, 2019).

#### *4.2 Contribuição do componente de substituição ao longo do gradiente de cobertura florestal.*

O particionamento da diversidade beta taxonômica revelou que a maior contribuição para a variação na composição das assembleias de formigas foi devido ao componente de substituição de espécies. Recentes estudos têm reportado uma maior contribuição do componente de substituição de espécies para a variação da composição de espécies de assembleias de formigas tanto entre áreas naturais (Bishop *et al.*, 2015; Schmidt *et al.*, 2017; González *et al.*, 2018) bem como em relação a áreas sob influência antrópica (Martello *et al.*, 2017; Paolucci *et al.*, 2017; Correa *et al.*, 2019).

Essa contribuição expressiva do componente de substituição ao longo do gradiente de cobertura florestal pode ser associada ao papel das florestas como filtros ecológicos selecionando espécies que toleram condições de baixa luminosidade e temperatura o que leva a um aumento no número de espécies que possuem afinidade ao habitat de floresta e a diminuição de espécies não adaptadas a ambientes de floresta (Paolucci *et al.*, 2017; Queiroz *et al.*, 2017). Padrão semelhante também foi observado em pequenos fragmentos florestais que continham menos espécies especialistas de floresta e um maior número de espécies generalistas seja para formigas (Sobrinho *et al.*, 2003) ou para outros grupos de insetos (e.g. rola bostas) (Correa *et al.*, 2019). Assim, florestas primárias também se mostram singulares e de suma importância, pois diferem completamente de áreas de plantações, mesmo áreas de plantação de eucaliptos com o abandono chegando há 28 anos não se mostram suficientes para a recuperação da diversidade taxonômica e funcional das assembleias de formigas encontradas em florestas nativas (Martello *et al.*, 2018).

Nossos resultados corroboram que uma alta diversidade funcional é determinada pela substituição de espécies (Bihn *et al.*, 2010). Há exemplo, pode-se citar a diferença nos valores da distância dos olhos à inserção da mandíbula em formigas (Salas-Lopes *et al.*, 2018) de florestas tropicais nativas, que possuíam valores maiores em comparação com as formigas de plantações de eucaliptos (Martello *et al.*, 2018), característica essa que está fortemente correlacionada ao forrageamento de espécies predadoras (Silva & Brandão, 2014; Salas-Lopes *et al.*, 2018) que utilizam a mesofauna da serrapilheira como recurso alimentar e quaisquer modificação no habitat pode ocasionar a perda da serrapilheira e conseqüentemente a perda da espécie e da característica funcional (Martello *et al.*, 2018).

#### *4.3 Resposta de formigas de diferentes afinidades de habitat ao gradiente de cobertura florestal*

Formigas generalistas e especialistas de floresta apresentaram resposta opostas a porcentagem de cobertura florestal das paisagens. Paolucci *et al.*, (2017) observou, que áreas de florestas que foram abertas por queimadas possuem um maior número de espécies de formigas especialistas em habitat aberto pelo fato

destas espécies possuem uma elevada capacidade de expandir sua área de vida ocasionando a formação de assembleias constituídas por espécies resistentes a alta luminosidade e temperatura.

Um exemplo de nicho/área de vida de muitas espécies é a serrapilheira, esta sofre mudanças significativas na quantidade e qualidade de matéria, devido a conversão de áreas de florestas em áreas agrícolas ou pastagem (Salas-Lopes *et al.*, 2018). Essa conversão pode refletir, na mudança da variação da média de traços como, por exemplo: comprimento do olho, importante na procura de alimentos; comprimento do fêmur posterior, assumindo que o tamanho da perna encontram-se extremamente relacionado a superfície do solo (Silva & Brandão, 2010; Silva & Brandão, 2014; Salas-Lopes *et al.*, 2018), podem ser indicativos de mudanças na qualidade do habitat (Schmidt *et al.*, 2017; Paolucci *et al.*, 2017; Oliveira & Schmidt, 2018; Correa *et al.*, 2019). A variação da média desses traços podem ser observados em formigas consideradas generalistas, com médias maiores que as especialistas de florestas, traços com médias maiores, podem fornecer uma vantagem no processo de adaptação a habitats abertos lhe permitindo explorar com mais eficácia esses ambientes modificados, tornando-se abundantes (Paolucci *et al.*, 2017; Martello *et al.*, 2018).

Outro ponto a se destacar é como o aumento da cobertura florestal não influencia a presença de generalistas, estas podem estar presentes em ambientes de floresta fechado ou ambientes mais abertos como pastagem e assim mantém quase que constante o seu número de espécies ao longo do gradiente de cobertura florestal. Entretanto, as formigas de floresta aumentam o número de espécies consideravelmente com o aumento da cobertura florestal. E o grupo de formigas de habitat aberto, que possuem poucas espécies com o aumento da cobertura florestal diminuem o número de espécies.

Por fim, um dado importante para a conservação de paisagens que sofrem influência antrópica, é a obtenção de um valor mínimo de preservação como base de informação para a utilização de áreas de floresta. Ou seja, conservar paisagens com cobertura florestal nos permite preservar espécies de habitat florestais que são essenciais na prestação de serviços ecossistêmicos (Tscharrntke *et al.*, 2012), no caso de formigas, dispersão de sementes, predação de pragas e interações ecológicas (Del Toro *et al.*, 2012).

## 5. Conclusão

Com o aumento da cobertura florestal a diversidade beta taxonômica e funcional aumenta, sendo esse aumento atribuído ao processo de substituição de espécies. Dado que as leis ambientais como o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651, de 17 de outubro de 2012) que atualmente regem as florestas brasileiras, dedicam-se exclusivamente na proteção da cobertura florestal. E para que as assembleias de formigas de paisagens sob influência antrópica mantenham um número elevado de espécies de floresta, as paisagens devem se manter intactas para a permanência de espécies que desempenham funções ecossistêmicas (dispersão) de grande relevância para o ambiente. Nossos resultados apoiam a importância da manutenção da cobertura florestal (Solar *et al.*, 2016) para conservação de espécies associadas ao habitat florestal em paisagens sob influência antrópica. O que ressalta a necessidade urgente de priorizar a conservação das áreas remanescentes da floresta não perturbadas (Moura *et al.*, 2013), minimizar qualquer nova degradação florestal e restaurar áreas ativamente já degradadas (Malhi *et al.*, 2014).

## 6. Referências Bibliográficas

- Ahuatzin, D. A., Corro, E. J., Jaimes, A. A., González, J. E. V., Feitosa, R. M., Ribeiro, M. C., Acosta, J. C. L., Coates, R., Dáttilo, W. 2019. Forest cover drives leaf litter ant diversity in primary rainforest remnants within human-modified tropical landscapes. *Biod. and Cons.* 28: 1091–1107.
- Andersen, A. N. 2018. Responses of ant communities to disturbance: Five principles for understanding the disturbance dynamics of a globally dominant faunal group. *Jour. of Anim. Ecol.* 88: 350-362.
- Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., Sanders, N. J., Cornell, H. V., Comita, L. S., Davies, K. F., Harrison, S. P., Kraft, N. J. B., Stegen, J. C., Swenson, N. G. 2011. Navigating the multiple meanings of beta diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecol. Lett.* 14: 19–28.
- Baccaro, F. B., Feitosa, R. M., Fernandez, F., Fernandes, I. O., Izzo, T. J., Souza, J. L. P., Solar, R. 2015. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Ed. INPA.
- Baiser, B., Lockwood, J. L. 2011. The relationship between functional and taxonomic homogenization. *Glob. Ecol. Biog.* 20: 134–144.
- Baselga, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Glob. Ecol. and Biog.* 19: 134–143.
- Bihn, J. H., Gebauer, G., Brandl, R. 2010. Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecol.* 91: 782-792.
- Bishop, T. R., Robertson, M. P., Rensburg, B. J., Parr, C. L. 2015. Contrasting species and functional beta diversity in montane ant assemblages. *Jour. Biog.* 42: 1776–1786.
- Brando, P. M., Nepstad, D. C., Balch, J. K., Bolker, B., Christman, M. C., Coe, M., Putz, F. E. 2012. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: the roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. *Glob. Chan. Biol.* 18: 630–641.
- Cardoso, P., Rigal, F., Carvalho, J. C. 2018. BAT: Biodiversity Assessment Tools. R package version 1.6.0. <https://cran.r-project.org/web/packages/BAT>
- Carvalho, J. C., Cardoso, P., Gomes, P. 2012. Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Glob. Ecol. Biog.* 21:760–771.
- Correa, C. M. A., Braga, R. F., Puker, A., Korasaki, V. 2019. Patterns of taxonomic and functional diversity of dung beetles in a human-modified variegated landscape in Brazilian Cerrado. *Jour. of Inse. Cons.* 23: 89–99.

- Costa, M. M. S., Schmidt, F. A. 2018. Como a cobertura florestal influencia as assembleias de formigas em escala de paisagem?. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais). Universidade Federal do Acre. Rio Branco.
- Crawley, M. J., 2013. The R book. 2nd ed. A John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Crist, T. O. 2009. Biodiversity, species interactions, and functional roles of ants (Hymenoptera : Formicidae ) in fragmented landscapes : a review. *Myrm. News.* 12: 3-13.
- Del Toro, I., Ribbons, R. R., Pelini, S. L. 2012. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrm.* 17: 133-146.
- Del Toro, I., Silva, R. R., Ellison, A. M. 2015. Predicted impacts of climatic change on ant functional diversity and distributions in eastern North American forests. *Dive. Dist.* 21: 781–791.
- DeOliveira, A. B. S., Schmidt, F. A. 2018. Ant assemblages of Brazil nut trees *Bertholletia excelsa* in forest and pasture habitats in the Southwestern Brazilian Amazon. *Biod. and Cons.* 1-16.
- González, E., Buffa, L., Defago, M. T., Molina, S. I., Salvo, A., Valladares, G. 2018. Something is lost and something is gained: loss and replacement of species and functional groups in ant communities at fragmented forests. *Land. Ecol.* 1-14.
- Liu, C., Guénard, B., Blanchard, B., Peng, Y. Q., Economo, E. P. 2016. Reorganization of taxonomic, functional, and phylogenetic ant biodiversity after conversion to rubber plantation. *Ecol. Mono.* 86: 215–227.
- Malhi, Y., Aragão, L. E. O. C., Galbraith, D., Huntingford, C., Fisher, R., Zelazowski, P., Sitch, S., McSweeney, C., Meir, P. 2009. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106: 20610–20615.
- Martello, F., Bello, F., Morini, M. S. C., Silva, R. R., Souza-Campana, D. R., Ribeiro, M. C., Carmona, C. P. 2018. Homogenization and impoverishment of taxonomic and functional diversity of ants in Eucalyptus plantations. *Natu.* 8: 3266.
- Moreau, C. S., Bell, C. D. 2013. Testing the museum versus cradle tropical biological diversity hypothesis: phylogeny, diversification, and ancestral biogeographic range evolution of the ants. *67: 2240-2257.*

- Moura, N. G., Lees, A. C., Andretti, C. B., Davis, B. J. W., Solar, R. R. C., Aleixo, A., Barlow, J., Ferreira, J., Gardner, T. A. 2013. Avian biodiversity in multiple-use landscapes of the Brazilian Amazon. *Biol. Cons.* 167: 339–348.
- Muylaert, R. L., Stevens, R. D., Ribeiro, M. C. 2016. Threshold effect of habitat loss on bat richness in cerrado-forest landscapes. *Ecol. Appl.* 26: 1854–1867.
- Nagendra, H., Munroe, D.K., Southworth. 2004. From pattern to process: Landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agri. Ecos. Envi.* 101: 111–115.
- Paolucci, L. N., Schoereder, J. H., Brando, P. M., Andersen, A. N. 2017. Fire-induced forest transition to derived savannas: Cascading effects on ant communities. *Biol. Cons.* 214: 295–302.
- Petchey, O. L., Gaston, K. J. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecol. Lett.* 5: 402–411.
- Philpott, S. M., Perfecto, I., Arnambrecht, I., Parr, C. L. 2010. Ant diversity and function in disturbed and changing habitats. *Ant ecology*. eds. L. Lach, C. L. Parr & K. L. Abbott. Oxford University Press, New York. pg 137– 156.
- Queiroz, A. C. M., Rabello, A. M., Braga, D. L., Santiago, G. S., Zurlo, L. F., Philpott, S. M., Ribas, C. R. 2017. Cerrado vegetation types determine how land use impacts ant biodiversity. *Biod. Cons.* 1-18.
- Salas-Lopez, A., Violle, C., Mallia, L., Orivel, J. 2018. Land-use change effects on the taxonomic and morphological trait composition of ant communities in French Guiana. *Inse. Cons. and Dive.* 11: 162–173.
- Sánchez-Bayo, F., Wyckhuys, K. A.G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biol. Cons.* 232: 8–27.
- Sandra, C., Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Tren. in Ecol. & Evol.* 16: 646–655.
- Schmidt, F. A., Ribas, C. R., Sobrinho, T. G., Ubaidillah, R., Schoereder, J. H., Clough, Y., Tschardtke, T. 2017. Similar alpha and beta diversity changes in tropical ant communities, comparing savannas and rainforests in Brazil and Indonesia. *Oeco.* 185: 487–498.
- Silva, R. R., Brandão, C. R. F. 2010. Morphological patterns and community organization in leaf- litter ant assemblages. *Ecol. Mono.* 80: 107–124.
- Silva, R. R., Brandão, C. R. F. 2014. Ecosystem-wide morphological structure of leaf-litter ant communities along a tropical latitudinal gradient. *PLoS One.* 9: e93049.

- Sobrinho, T. G., Schoederer, J. H. 2007. Edge and shape effects on ant (Hymenoptera: Formicidae) species richness and composition in forest fragments. *Biod. Cons.* 16: 1459–1470.
- Sobrinho, T. G., Schoederer, J. H., Sperber, C. F., Madureira, M. S. 2003. Does fragmentation alter species composition in ant communities (Hymenoptera: Formicidae)? *Soci.* 42: 1-12.
- Solar, R. R. C., Barlow, J., Ferreira, J., Berenguer, E., Lees, A. C., Thomson, J. R., Louzada, J., Maués, M., Moura, N. G., Oliveira, V. H. F., Chaul, J. C. M., Schoederer, J. H., Vieira, I. C. G., Mac Nally, R., Gardner, T. A. 2015. How pervasive is biotic homogenization in human-modified tropical forest landscapes? *Ecol. Lett.* 18: 1108–1118.
- Solar, R.R. de C., Barlow, J., Andersen, A.N., Schoederer, J.H., Berenguer, E., Ferreira, J.N., Gardner, T.A. 2016. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. *Biol. Cons.* 197: 98–107.
- Spiesman, B. J., Cumming, G. S., 2008. Communities in context: the influences of multiscale environmental variation on local ant community structure. *Land. Ecol.* 23: 313-325.
- Tabarelli, M., Aguiar, A.V., Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Peres, C.A. 2010. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. *Biol. Cons.* 143: 2328–2340.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Didham, R.K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers, R.M., Fründ, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., van der Putten, W.H., Westphal, C. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biol. Rev.* 87: 661–685.
- Underwood, E. C., Fischer, B. L. 2006. The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Biol. Cons.* 132: 166–182.
- Vasconcelos, H. L., Maravalhas, J. B., Feitosa, R. M., Pacheco, R., Neves, K. C., Andersen, A. 2018. Neotropical savanna ants show a reversed latitudinal gradient of species richness, with climatic drivers reflecting the forest origin of the fauna. *Jour Biog.* 45: 248–258.

Villéger, S., Grenouillet, G., Brosse, S. 2013. Decomposing functional  $\beta$ -diversity reveals that low functional  $\beta$ -diversity is driven by low functional turnover in European fish assemblages. *Glob. Ecol. Biog.* 22: 671–681.

## APÊNDICES

Apêndice 1. Informações e link para as normas de publicação do periódico científico escolhido para submissão do primeiro artigo proveniente desta dissertação.

Nome da revista: Biological Conservation

ISSN Online: 0006-3207

Editora: Vincent Devictor

Fator de Impacto (2017): 4,995.

Classificação Qualis/Capes em Biodiversidade: A1.

Link para acesso às normas da revista (instruções para autores):

<https://www.elsevier.com/journals/biological-conservation/0006-3207/guide-for-authors>

Apêndice 2. Classificação das espécies de formigas de acordo com seu hábito.

<b>Espécie</b>	<b>Hábito</b>	<b>Fonte</b>
<i>Acromyrmex rugosus</i>	generalist	AntWeb
<i>Anochetus bispinosus</i>	forest	AntWeb
<i>Apterostigma megacephala</i>	forest	AntWeb
<i>Atta sexdens</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Brachymyrmex cavernicola</i>	forest	AntMap
<i>Camponotus atriceps</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Camponotus blandus</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Camponotus cacticus</i>	forest	Feitosa
<i>Camponotus crassus</i>	generalist	AntWeb
<i>Camponotus depressus</i>	forest	AntWeb
<i>Camponotus femoratus</i>	forest	Feitosa
<i>Camponotus leydigi</i>	savanna/grasslands	Vasconcelos, 2017
<i>Camponotus mirabilis</i>	forest	AntWeb
<i>Camponotus picipes guatemalensis</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Camponotus renggeri</i>	generalist	AntWeb
<i>Camponotus sericeiventris</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Carebara brevipilosa</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Carebara urichi</i>	generalist	Vasconcelos, 2017

<i>Cephalotes maculatus</i>	savanna/grasslands	Feitosa
<i>Cephalotes opacus</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Crematogaster brasiliensis</i>	forest	AntWeb
<i>Crematogaster carinata</i>	forest	AntWeb
<i>Crematogaster flavosensitiva</i>	forest	AntWeb
<i>Crematogaster jardineri</i>	forest	AntWeb
<i>Crematogaster levior</i>	forest	Feitosa
<i>Crematogaster limata</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Crematogaster longispina</i>	forest	AntWeb
<i>Crematogaster nigropilosa</i>	generalist	AntWeb
<i>Cyphomyrmex laevigatus</i>	forest	AntWeb
<i>Cyphomyrmex minutus</i>	generalist	AntWeb
<i>Cyphomyrmex peltatus</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Cyphomyrmex transversus</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Cyphomyrmex vorticis</i>	forest	AntWeb
<i>Dolichoderus ghilianii</i>	forest	AntWeb
<i>Dolichoderus attelaboides</i>	forest	AntWeb
<i>Dolichoderus bispinosus</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Dolichoderus imitator</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Dolichoderus rugosus</i>	forest	AntWeb
<i>Dorymyrmex brunneus</i>	savanna/grasslands	Vasconcelos, 2017
<i>Eciton vagans</i>	generalist	AntWeb
<i>Ectatomma brunneum</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Ectatomma edentatum</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Ectatomma lugens</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Gigantiops destructor</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Gnamptogenys ericae</i>	forest	AntWeb
<i>Gnamptogenys moelleri</i>	generalist	AntWeb
<i>Gnamptogenys regularis</i>	forest	AntWeb
<i>Gnamptogenys striatula</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Gracilidris pombero</i>	savanna/grasslands	Vasconcelos, 2017

<i>Hylomyrma blandiens</i>	forest	AntWeb
<i>Labidus coecus</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Labidus praedator</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Leptogenys arcuata</i>	forest	AntWeb
<i>Leptogenys gaigei</i>	forest	Feitosa
<i>Linepithema neotropicum</i>	generalist	AntWeb
<i>Mayaponera constricta</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Megalomyrmex pr leoninus</i>	forest	AntWeb
<i>Megalomyrmex balzani</i>	forest	Feitosa
<i>Megalomyrmex emeryi</i>	forest	AntWeb
<i>Megalomyrmex timbira</i>	forest	AntMap
<i>Mycetarotes parallelus</i>	savanna/grasslands	Vasconcelos, 2017
<i>Mycetophylax faunulus</i>	forest	AntWeb
<i>Mycocepurus smithii</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Neoponera verenae</i>	generalist	Feitosa
<i>Neoponera apicalis</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Neoponera crenata</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Ochetomyrmex neopolitus</i>	forest	AntWeb
<i>Octostruma balzani</i>	forest	AntWeb
<i>Odontomachus bauri</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Odontomachus haematodus</i>	generalist	Feitosa
<i>Odontomachus laticeps</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Odontomachus meinerti</i>	forest	AntWeb
<i>Oxyepoecus quadratus</i>	forest	AntWeb
<i>Pachycondyla crassinoda</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Pachycondyla harpax</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Paraponera clavata</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Pheidole fimbriata</i>	forest	AntWeb
<i>Pheidole lovejoyi</i>	forest	Wilson, 1990
<i>Pheidole astur</i>	forest	AntWeb
<i>Pheidole bufo</i>	forest	AntWeb
<i>Pheidole calimana</i>	forest	AntMap
<i>Pheidole capillata</i>	generalist	Wilson, 1990

<i>Pheidole cataractae</i>	forest	AntWeb
<i>Pheidole cf laidlowi</i>	forest	AntWeb
<i>Pheidole cramptoni</i>	forest	AntWeb
<i>Pheidole horribilis</i>	forest	Wilson, 1990
<i>Pheidole leonina</i>	forest	Wilson, 1990
<i>Pheidole pedana</i>	forest	Wilson, 1990
<i>Pheidole pr laticornis</i>	forest	Wilson, 1990
<i>Pheidole radoszkowskii</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Pheidole sensitiva</i>	forest	AntWeb
<i>Pheidole subarmata</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Pheidole vafra</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Pheidole vorax</i>	forest	AntWeb
<i>Platythyrea pr pilosula</i>	forest	AntWeb
<i>Pogonomyrmex naegeli</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Pseudomyrmex gracilis</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Pseudomyrmex tenuis</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Pseudomyrmex termitarius</i>	savanna/grasslands	Vasconcelos, 2017
<i>Pseudomyrmex triplarinus</i>	forest	AntWeb
<i>Rasopone arhuaca</i>	forest	AntWeb
<i>Rogeria lirata</i>	forest	AntWeb
<i>Sericomyrmex bondari</i>	forest	Jesovnik, 2017
<i>Sericomyrmex mayri</i>	generalist	Jesovnik, 2017
<i>Sericomyrmex parvulus</i>	generalist	Jesovnik, 2017
<i>Solenopsis invicta</i>	generalist	Feitosa
<i>Solenopsis saevissima</i>	generalist	AntWeb
<i>Strumigenys eggersi</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Strumigenys interfectiva</i>	forest	AntWeb
<i>Strumigenys pr louisianae</i>	forest	AntWeb
<i>Trachymyrmex bugnioni</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Trachymyrmex relictus</i>	forest	Vasconcelos, 2017
<i>Tranopelta subterranea</i>	generalist	Vasconcelos, 2017
<i>Tranopelta gilva</i>	forest	AntWeb
<i>Wasmannia auropunctata</i>	generalist	Vasconcelos, 2017

<i>Wasmannia sigmoidea</i>	forest	Vasconcelos, 2017
----------------------------	--------	-------------------