

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

RESPOSTA FUNCIONAL EM ASSEMBLEIAS DE MORCEGOS EM  
AMBIENTE DOMINADO POR BAMBU NO SUDOESTE DA  
AMAZÔNIA

RAIR DE SOUSA VERDE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RIO BRANCO-AC, BRASIL

JUNHO DE 2018

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

RESPOSTA FUNCIONAL EM ASSEMBLEIAS DE MORCEGOS EM  
AMBIENTE DOMINADO POR BAMBU NO SUDOESTE DA  
AMAZÔNIA

RAIR DE SOUSA VERDE

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. Armando Muniz Calouro

RIO BRANCO-AC, BRASIL

JUNHO DE 2018

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

RESPOSTA FUNCIONAL EM ASSEMBLEIAS DE MORCEGOS EM  
AMBIENTE DOMINADO POR BAMBU NO SUDOESTE DA  
AMAZÔNIA

RAIR DE SOUSA VERDE

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 25 de junho de 2018 pela banca examinadora:

---

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

---

Dr. Marcos Silveira  
Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza  
Examinador interno

---

Dr. Paulo Estefano Dineli Bobrowiec  
Pós-doutorando pelo INPA e Pesquisador colaborador do PDBFF  
Examinador externo

---

Dr. Fernando Augusto Schimdt  
Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza  
Examinador suplente

RIO BRANCO-AC, BRASIL

JUNHO DE 2018

V483r Verde, Rair de Sousa, 1988-  
Resposta funcional em assembleias de morcegos em ambiente dominado por bambu no sudoeste da Amazônia / Rair de Sousa Verde ; orientador: Prof. Dr. Armando Muniz Calouro. – 2018.  
37 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais. Rio Branco, 2018.

Inclui referências bibliográficas e apêndice.

1. Ecologia de Recursos Naturais – Dissertação. 2. Morcegos. 3. Bambu (floresta) – Amazônia. I. Calouro, Armando Muniz (orientador). II. Título.

CDD: 574.501

---

Bibliotecária: Alanna Santos Figueiredo CRB-11/1003

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VERDE, R. S. (2018). Resposta funcional em assembleias de morcegos em ambiente dominado por bambu no sudoeste da Amazônia. 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, 37 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Rair de Sousa Verde

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.

---

Nome do autor

Endereço eletrônico: rair.verde@gmail.com

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por sua ajuda nos momentos que foi solicitada, principalmente nas horas de maior dificuldade.

Agradeço a minha mãe, meu pai, meu irmão Railton Verde, e toda a minha família pelo apoio, formação dos meus valores e no concluir de mais uma etapa da minha vida.

A Vanessa Sampaio, minha esposa, por todo o seu amor, apoio e conselhos em todos os momentos e também a minha filha Isis Sampaio Verde, que veio ao mundo no início desta do mestrado e foi responsável por mudar a minha maneira de vivenciar a vida.

Aos amigos, Luiz Henrique, Richarly Costa “Cebola”, Sérgio Augusto “SA”, que participaram dos momentos mais felizes e também dos mais difíceis da minha formação acadêmica, desde os campos até dicas e palpites. Mas em especial agradeço ao, Luiz Henrique por nesses mais de 10 anos me incentivar e encorajar em todos os momentos em minha vida acadêmica.

Ao Armando Calouro, meu orientador do qual fui orientado durante a graduação e, que foi o primeiro a encarar o “mundo” de trabalhar efetivamente com morcegos no Estado do Acre.

Aos meus auxiliares de campo e barqueiros Cristiano “Mandim”, Chico Raisse, Elisandro, Pedro, Luis e Hilton por ter oferecido seu apoio e alegria durante os 10 meses deste trabalho e incansáveis dias e noites de coletas. Aos moradores, que sempre nos acolheram, e sempre nos ofereceram sua hospitalidade, conversas. A nossa cozinheira Rosilene que em nenhum momento deixou de se disponibilizar a preparar as refeições.

A todos os docentes do Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais da Universidade Federal do Acre, por suas palavras de apoio. Ao Jesus Rodrigues, Valfredo e Luiz Henrique que desde o início deram todo apoio logístico e psicológico.

A todos os órgãos que auxiliaram financeiramente este projeto: CNPq, ARPA, SEMA e UFAC.

## SUMÁRIO

Resumo .....	1
Abstract.....	2
INTRODUÇÃO.....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	5
Área de estudo .....	5
Desenho experimental .....	6
Análise de dados .....	9
RESULTADOS .....	10
DISCUSSÃO .....	15
Resposta funcional.....	15
Resposta funcional em função da configuração estrutural da vegetação .....	16
Implicações para a manutenção dos processos ecossistêmicos .....	19
REFERÊNCIAS .....	20
APÊNDICES .....	28

## **Resposta funcional de assembleia de morcegos em ambiente dominado por bambu no sudoeste da Amazônia\***

Rair S. Verde<sup>1,3</sup> e Armando M. Calouro<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: rair.verde@gmail.com

### **Resumo**

1. Os mecanismos responsáveis pelo funcionamento das comunidades e como se relacionam com o ambiente podem trazer esclarecimentos sobre processos que estabelecem padrões de diversidade em múltiplas escalas. As funções ecológicas que as espécies exercem dentro de uma comunidade são expressas através de suas características morfofisiológicas.

2. Os mamíferos são considerados fundamentais na cadeia trófica em ecossistemas tropicais. Na floresta amazônica, os morcegos desempenham papéis ecológicos fundamentais para os ecossistemas (ex.: dispersão de sementes, polinização, controle de presas) e essas características são influenciadas, em parte, pela disponibilidade de recursos no ambiente (alimento ou abrigo).

3. Aqui, comparamos a resposta funcional de morcegos com as características estruturais da floresta dominada por bambu *Guadua* spp., tendo como controle, uma floresta sem bambu.

4. Estimamos a resposta funcional através de Diversidade funcional (FD), Riqueza funcional (FRic), Divergência funcional (FDiv), Uniformidade funcional (FEve), Dispersão funcional (FDis) e Especialização funcional FS<sub>pe</sub>. Como controle da diversidade funcional foram usados dados: categóricos (binário) e contínuos (traços mensuráveis). Associamos os traços categóricos com: (1) local de forrageamento, (2) estratégia de forrageio, e os traços contínuos associamos com: (1) o tamanho do corpo, (2) características craniométricas e (3) característica de asa.

5. As florestas dominadas por bambu apresentaram FD inferior, mas foram caracterizadas por valores maiores de FRic e FEve em comparação com florestas sem bambu. Esses resultados indicam níveis de redundância funcional e sugerem que existe uma enorme

quantidade de espaço de nicho ocupado por espécies de morcegos no espaço multidimensional de traços funcionais.

6. Portanto, características ecológicas do bambu levaram a mudanças previsíveis nesses ambientes, que por sua vez moldaram a montagem da assembleia de morcegos com base nas variáveis da estrutura vegetacional aqui avaliados. Nosso estudo fornece *insights* sobre as respostas funcionais dos morcegos à modificação ambiental proporcionada por bambu *Guadua*, e corroboram com nossas hipóteses, ou seja, a resposta funcional de morcegos em floresta dominada por bambu é menor do que o esperado por acaso. E revelam níveis de redundância funcional, sobreposição de nicho e efeito de filtro ambiental às mudanças na estrutura de desses ambientes no sudoeste da Amazônia. Assim, apoiamos a hipótese de que mudanças na estrutura vegetacional em florestas dominadas por bambu alteram os processos de assembleia da comunidade.

**Palavras-chave:** Diversidade funcional, traços funcionais, *Guadua* spp, Redundância funcional, Configuração vegetacional.

### **Functional response of bat assembly in a bamboo-dominated environment in southwestern Amazonia\***

#### **Abstract**

1. The mechanisms responsible for the functioning of communities and how they relate to the environment can bring clarification about processes that establish patterns of diversity at multiple scales. The ecological functions that the species exert within a community are expressed through their morphophysiological characteristics.

2. Mammals are considered key in the trophic chain in tropical ecosystems. In the Amazon forest, bats play key ecological roles for ecosystems (eg, seed dispersal, pollination, prey control), and these characteristics are influenced in part by the availability of resources in the environment (food or shelter).

3. Here, we compare the functional response of bats with the structural characteristics of the forest bamboo-dominated *Guadua* spp., having as control, a forest without bamboo.

4. We estimate the functional response through Functional diversity (FD), Functional richness (FRic), Functional divergence (FDiv), Functional evenness (FEve), Functional dispersion (FDis) and Functional specialization FSpe. As control of functional diversity, data were used: categorical (binary) and continuous (measurable traits). We associate the

categorical traits with: (1) foraging local, (2) foraging strategy, and continuous traits associated with: (1) body size, (2) craniometric characteristics and (3) wing characteristics.

5. Bamboo-dominated forests had lower FD, but were characterized by higher values of FRic and FEve compared to forests without bamboo. These results indicate levels of functional redundancy and suggest that there is an enormous amount of niche space occupied by species of bats in the multidimensional space of functional traits.

6. Therefore, ecological characteristics of bamboo led to predictable changes in these environments, which in turn shaped the assemblage of bats based on the variables of the vegetation structure evaluated here. Our study provides insights into the functional responses of bats to the environmental modification provided by *Guadua* bamboo, and corroborate with our hypotheses, ie, the functional response of bats in bamboo-dominated forest is less than expected by chance. Revealing levels of functional redundancy, niche overlap and environmental filter effect to the changes in the structure of these environments in the southwest of the Amazon. Thus, we support the hypothesis that changes in vegetation structure in bamboo-dominated forests changes community assembly processes.

**Key words:** Functional diversity, functional traits, *Guadua* spp, Functional redundancy, Vegetative configuration.

## INTRODUÇÃO

A compreensão dos processos que determinam a estrutura das comunidades pode ser quantificada a partir de traços funcionais (McGill et al., 2006; Petchey et al., 2007) que são em sua maioria, morfológicas (Moreno, Arita, & Solis 2006), fisiológicas (Voss et al., 2016) e comportamentais, em função de características estruturais do ambiente ou a partir de filtros ambientais. A composição de espécies das assembleias muda com o tempo à medida que espécies colonizam e outras se extinguem (Petchey et al., 2007). Mudanças com aumentos ou decréscimos na riqueza de espécies, diversidade funcional e mudanças na estrutura da comunidade (Naeem & Wright, 2003; Hooper et al., 2005; Petchey et al., 2007) resultam em alterações que podem ter consequências em processos que garantem a estabilidade dos ecossistemas, como por exemplo, a redundância funcional, espécies que são capazes de substituir funcionalmente outras.

As características da configuração estrutural do ambiente podem agir como um filtro ambiental, que são processos determinantes na organização das comunidades em escala local e/ou regional (Cianciaruso, Silva, & Batalha 2009), selecionando espécies que

não possuem características para persistir sob um conjunto particular de condições. Algumas características funcionais associadas estão mais associadas à variação na configuração estrutural da paisagem (Cisneros, Fagan, & Willig 2015). Na Amazônia sul-ocidental, espécies de bambu do gênero *Guadua* (Bambusoideae: Poaceae) possui características ecológicas que influenciam a estrutura e a dinâmica florestal (Silveira, 2005). Cerca de 161.500 km<sup>2</sup> do sudoeste da Amazônia é ocupado por floresta com alta densidade de bambus desse gênero (Carvalho et al., 2013), os quais uma vez estabelecidos, modificam a sucessão e a dinâmica florestal, funcionando como um filtro ambiental. Espécies de *Guadua* possuem rizoma, sendo esse o principal órgão responsável pela propagação vegetativa dessa planta. Possuem crescimento oportunista e uma alta capacidade de ocupar áreas alteradas, que conferem aos bambus altas habilidades competitivas (Silveira, 2005). Esses fatores, mais o ciclo de vida peculiar (a mortalidade sincronizada após a ocorrência da frutificação), têm efeito direto sobre a dinâmica da vegetação, afetando a aparência, estrutura da floresta e a composição das espécies arbóreas (Silveira, 2005; Smith & Nelson, 2011).

Alguns táxons são altamente associados às espécies do gênero *Guadua*, como por exemplo, algumas espécies de formigas do gênero *Camponotus* (Kondo & Gullan 2004; Davidson, Arias & Mann, 2006), espécies de aves da ordem Passeriformes (ver Guilherme & Santos 2009; Cockle & Areta, 2013; Lebbin, 2013; Socolar, Robinson & Terborgh, 2013) e o rato-coró (*Dactylomys dactylinus*) (Emmons, 1981). Entretanto, para muitas espécies de aves e morcegos, tipologias vegetais com sub-bosque denso como os bambuzais, selecionam organismos, e funciona como filtro ambiental, dada a limitação na capacidade de voo e alteração na disponibilidade de recursos alimentares (ver Bernard & Fenton, 2007; Willig et al., 2007; Klingbeil & Willig, 2009; Gómez et al., 2010; Gardiner, Codd, & Nudds 2011; Riedinger et al., 2013), podendo selecionar espécies de acordo com suas características morfológicas e tróficas (Marinello & Bernard, 2014). Assim, traços funcionais devem refletir a estrutura do habitat promovido por filtros ambientais, como por exemplo, florestas com bambu, que exibem uma configuração estrutural da vegetação que pode alterar a abundância, riqueza e diversidade biológica de espécies de morcegos (ver Calouro et al., 2010; Cortés-Delgado & Pérez-Torres, 2011), consequentemente modificando a diversidade funcional.

Para morcegos, as características funcionais associadas com a dieta e o comportamento de forrageamento estão mais associadas à variação na estrutura da paisagem (Cisneros, Fagan, & Willig 2015). Então variações na estrutura vegetacional

como, altura, obstrução vegetacional e a composição das espécies arbóreas em florestas com bambu têm efeito direto sobre os morcegos, podem selecionar traços funcionais e definir a diversidade funcional em consequência da filtragem ambiental, podendo influenciar fortemente as funções ecológicas desempenhadas por morcegos e, conseqüentemente, modificar o funcionamento de um ecossistema. Do ponto de vista funcional, os morcegos são consumidores na cadeia trófica e contribuem na transferência de energia e ciclagem de nutrientes ao longo da cadeia (Stevens et al., 2003). Por isso, desempenham papéis ecológicos fundamentais em ecossistemas, como dispersão de sementes, polinização e controle de presas (Kunz & Fenton, 2003). Além disso, os morcegos exibem uma variedade de adaptações comportamentais, morfológicas e fisiológicas para o forrageamento, que são expressas em seus hábitos (Schnitzler & Kalko, 2001; Voss et al., 2016), e pertencem a um táxon pouco estudado quanto aos efeitos da configuração ambiental sobre a dimensão funcional (Cisneros, Fagan, & Willig 2015; Meyer et al., 2016).

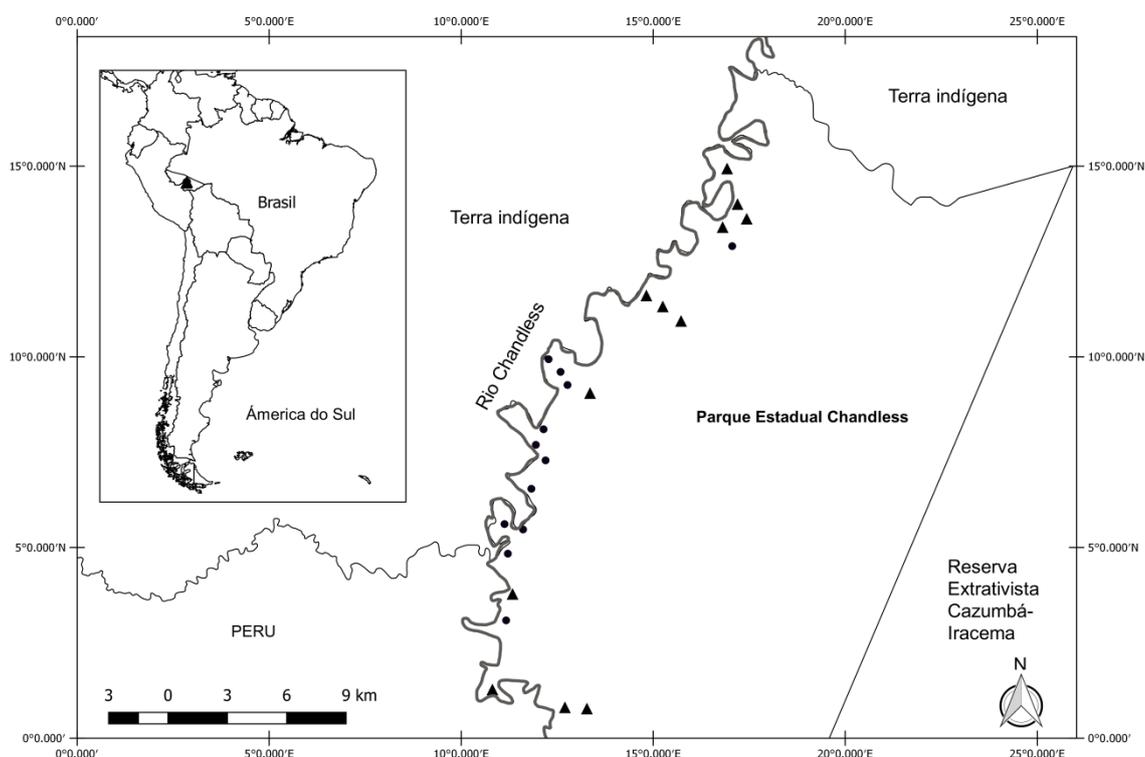
Aqui, avaliamos as respostas funcionais assembleias de morcegos em função da presença de bambu *Guadua*. Nós mensuramos a estrutura vegetacional de parcelas com floresta dominada por bambu e floresta ombrófila aberta sem bambu e avaliamos 15 traços de resposta funcional das espécies capturadas. Respondemos a seguinte pergunta: Qual a resposta funcional dos morcegos em função da configuração estrutural de floresta aberta dominada por bambu? Pressupomos que: a presença de bambu *Guadua* reduz a redundância funcional e aumenta a sobreposição de nicho dentro de assembleias de morcegos. Isso, em curto prazo, pode alterar a resiliência da comunidade, modificando funções providas por morcegos, como por exemplo, polinização, dispersão de sementes e controle biológico, o que pode aumentar a vulnerabilidade dos grupos de efeitos funcionais a perturbações futuras e a configuração estrutural florestas dominada por bambu, provavelmente, selecionam traços funcionais fundamentais para a atividade de forrageamento, como por exemplo, características tróficas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi conduzido no Parque Estadual Chandless (PEC), localizado na bacia do rio Purus, e cuja área é de 695.303 ha (9°21'30.33"S - 69°55'35.70"O) (Figura 1). A vegetação do PEC é composta por mosaicos vegetacionais, principalmente por florestas ombrófila aberta sem bambu, floresta aberta dominada por bambu, floresta abeta com

bambu mais palmeiras e floresta aberta com palmeiras mais floresta aberta com bambu, com áreas em diferentes estágios sucessionais, devido à dinâmica causada pela morte do bambu (SEMA, 2010). As florestas abertas com bambus do gênero *Guadua*, chamadas de “tabocais” no Brasil, são incomuns na Amazônia, mas no sudoeste da bacia cobrem áreas extensas (Nelson, 1994). O ciclo de vida, envolvendo o crescimento, reprodução e morte varia de 29-32 anos (Silveira, 2005). O PEC está localizado no centro de distribuição do bambu *Guadua* spp. na Amazônia (ver McMichael, Palace, & Golightly 2014). A precipitação média durante os sete meses de coleta foi de 100 mm por mês, com o período menos chuvoso abrangendo de junho a setembro.



**Figura 1** Localização do Parque Estadual Chandless (AC), e distribuição das parcelas amostrais. O triângulo representa parcelas dominadas por bambu (Floresta com bambu - FDB) e os círculos parcelas sem bambu (Floresta sem bambu - FSB).

### Desenho experimental

Para a amostragem instalamos 24 parcelas de 100 m de comprimento e 10 m de largura, seguindo a mesma cota de nível (isoclina) do ponto da qual foi iniciada, com distância mínima de 1 km entre si e instaladas no mínimo a 250 metros e no máximo a

2000 metros do Rio Chandless. Instalamos 12 parcelas em floresta aberta com bambu (floresta dominada por bambu - FDB) e 12 parcelas (consideradas como controle) em floresta ombrófila aberta sem bambu (floresta sem bambu - FSB). Em cada parcela avaliamos a estrutura da vegetação, no qual quantificamos os colmos de bambu (maiores que um metro de altura), a altura das árvores (com DAP maior que 10 cm) e as palmeiras (maiores que um metro de altura). A partir desses dados obtivemos as variáveis estruturais da vegetação nos dois tratamentos: densidade de bambu (DB), área basal (AB), altura das árvores (HT) e densidade de palmeiras (DP). Além disso, a medida de cobertura da vegetação no sub-bosque foi estimada pela porcentagem de área total coberta pela vegetação, aqui chamada de obstrução vegetal (Clutter), verificada através de fotografias digitais, conforme adaptação do método proposto por Marsden et al. (2002). Em cada parcela, foram registradas dezesseis fotografias, duas para cada rede de neblina, totalizando 384 fotografias. Destas, estimamos somente a porcentagem de área total coberta pela vegetação (cipós, colmos de bambu, folhas, galhos, ramos e troncos) com a conversão da imagem em preto e branco e cálculo da quantidade de pixels pretos da imagem, sendo esse estimado usando o software ImageJ 1.8.0 (Rasband, 1997). O resultado obtido é a porcentagem da área coberta pela vegetação. Esse método já foi aplicado para avaliar o efeito da obstrução vegetal sobre assembleias de morcegos na Amazônia Central (ver Marciente, Bobrowiec, & Magnusson 2015).

Realizamos duas noites de amostragem em cada parcela, num total de 48 noites de coletas. Em cada noite utilizamos oito redes de neblina (12 x 3 m, malha de 19 mm, Ecotone®) instaladas de forma contínua no interior de cada parcela ao nível do solo, totalizando um esforço total de amostragem de 55,296 horas-rede (mnh), sendo 1 mnh igual a uma rede aberta de 12 m por 1 h. As capturas iniciaram no pôr do sol e encerraram 12 horas após a abertura das redes, com vistorias a cada 20 minutos.

Para evitarmos o fenômeno conhecido como fobia lunar, não realizamos coletas em períodos de lua cheia (Mello, Kalko, & Silva 2013). As atividades de coleta de morcegos foram realizadas mediante licença concedida pelo órgão ambiental competente (SISBIO 57 518). Os morcegos capturados foram acondicionados em sacos de algodão, para pesagem e aferição de medidas corporais e identificação. Os espécimes coletados permaneceram nos sacos até o fechamento das redes, para evitarmos a recaptura na mesma noite. Identificamos os morcegos em campo segundo as chaves propostas por Simmons e Voss (1998), Gardner (2007), Díaz, Aguirre e Barquez (2016) e López-Baucells et al. (2016), além de chaves específicas para gêneros. Animais de difícil identificação foram

eutanasiados, além disso, um casal de morcegos por espécie foi depositado como material testemunho, sendo eutanasiados conforme a resolução Nº 301 do Conselho Federal de Biologia do Brasil. O material foi depositado na Coleção Quiropterológica do Laboratório de Ecologia de Mamíferos da Universidade Federal do Acre.

Aqui entendemos diversidade funcional como ‘o valor e a variação das espécies e de suas características que influenciam o funcionamento das comunidades’ (Tilman 2001). Dessa forma, medir a diversidade funcional significa medir a diversidade de características funcionais (Cianciaruso, Silva, & Batalha 2009), e, portanto atribuímos à resposta funcional ao conjunto de traços funcionais dos morcegos que contribuem para o funcionamento ou são selecionados por floresta dominada por bambu. Estimamos a resposta funcional através de características funcionais de todos os indivíduos capturados. Para isso, usamos variáveis categóricas (binários) e contínuas (características mensuráveis) (Apêndice 1), comumente utilizados em estudos de diversidade funcional (ver Petchey, Hector, & Gaston 2004; Laliberté & Legendre, 2010; Magioli et al., 2015; Almeida et al., 2016). Para cada tipo de variável utilizamos um conjunto de traços funcionais para cada espécie. As características categóricas são (1) local de forrageamento e (2) estratégia de forrageio. As características contínuas são: (1) o tamanho do corpo, (2) características craniométricas e (3) característica da asa. O valor para cada característica categórica é binário: a espécie recebeu valor na presença (1) ou ausência (0) do traço, respectivamente. Todas as características categóricas foram obtidas a partir da literatura. Para local de forrageamento das espécies tomamos como referência a classificação de (oportunistas, dossel e sub-bosque) foram obtidas de Bernard (2001), Rex et al. (2011), Cisneros e Fagan (2014) e Marques, Pereira e Palmeirim (2015). As estratégias de forrageio seguiram a descrição de Kunz (1982), Kalko (1997), Kunz e Fenton (2003), Cisneros e Fagan (2014) e Bullen, McKenzie e Cruz-Neto (2016): insetívoro aéreo, carnívoro catador, frugívoro catador, insetívoro catador, voo pairado, omnívoro catador e sanguívoro catador. Com relação à morfologia da asa, mensuramos seguindo a metodologia utilizada por Marinello e Bernard (2014), obtendo o *relative wing load* (divisão da massa pela área do corpo), onde valores mais altos indicam alta velocidade de voo.

Para traços contínuos obtivemos um valor médio de cada traço para cada uma das espécies com base em medições realizadas em cada indivíduo. Consideramos o conjunto de traços relacionados a uma característica funcional específica (por exemplo, todos os traços funcionais de estratégia de forrageio) para a definição de funções das espécies, ou seja, para cada espécie aplicamos todo o conjunto de características funcionais. Seis

índices de diversidade funcional foram quantificados usando o mesmo conjunto de 15 características. O índice de diversidade funcional (FD) tem como base na dispersão de espécies no espaço de características funcionais incluindo a variabilidade intraespecífica em uma medida de diversidade funcional (ver Petchey & Gaston, 2006; Cianciaruso et al., 2009). Os outros cinco medem os seguintes aspectos da diversidade funcional; riqueza, uniformidade, divergência, dispersão e especialização (ver Villéger, Mason, & Mouillot 2008; Laliberté & Legendre, 2010; Villéger et al., 2010). A riqueza funcional (FRic) é a quantidade de espaço de nicho ocupado pela espécie (traços funcionais) em uma comunidade e a uniformidade funcional (FEve) fornece um análogo à uniformidade taxonômica, quantificando a regularidade da distribuição de abundância no espaço funcional (Mason et al., 2005; Villéger et al., 2008). A divergência funcional (FDiv) mede a distribuição das espécies dentro do espaço multidimensional, independente do seu volume; aumenta se as espécies abundantes tiverem valores extremos de traços funcionais e, portanto, representa o nível de diferenciação de nicho e competição de recursos na assembleia (ver Mason et al., 2005; Villéger, Mason, & Mouillot 2008). A dispersão funcional (FDis) mede a dispersão de espécies no espaço de traços funcionais, como a distância média de espécies individuais ao centroide de todas as espécies (Laliberté & Legendre, 2010).

### **Análise de dados**

Estimamos a resposta funcional de cada tratamento através de Diversidade funcional (FD), Riqueza funcional (FRic), Divergência funcional (FDiv), Uniformidade funcional (FEve), Dispersão funcional (FDis) e Especialização funcional (FSpe), pois, constituem uma combinação que melhor explica as relações de nicho espacial e alimentar, uma vez que estes índices são complementares (Villéger, Mason, & Mouillot 2008). O valor dos índices foi calculado com base na matriz de dados a partir de um dendrograma funcional, calculada por meio de dissimilaridade com distância de Gower (Pavoine, Ollier, & Dufour 2009), pelo método de agrupamento (UPGMA) para a construção do dendrograma.

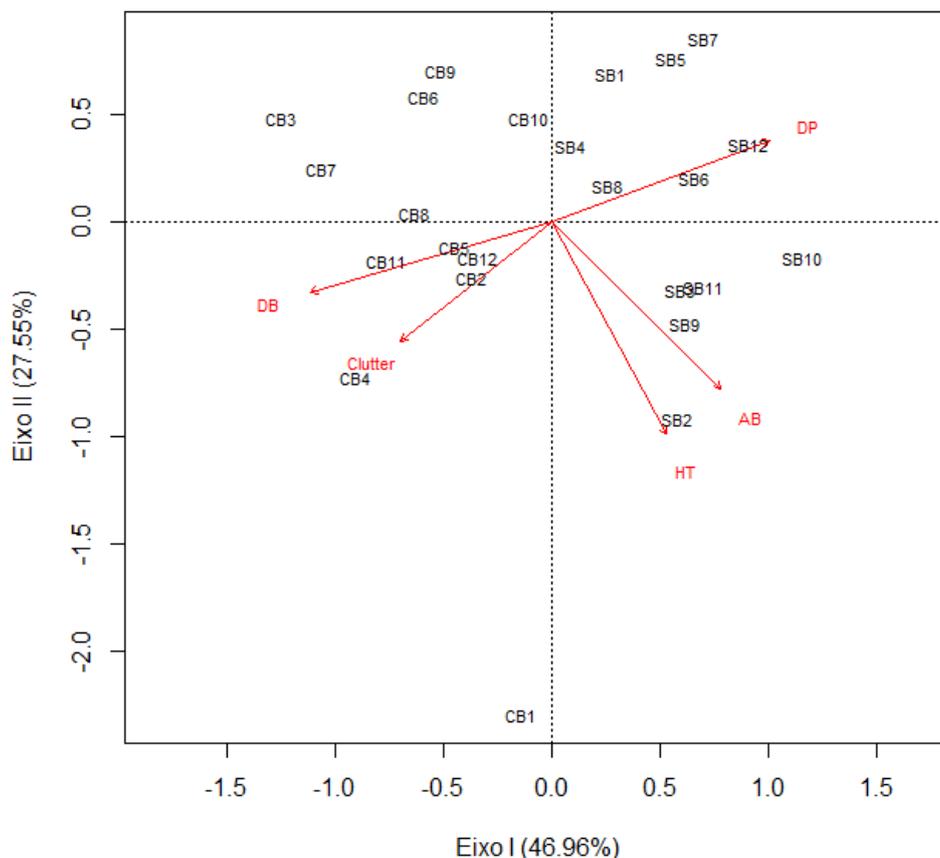
Para respondermos as hipóteses utilizamos as seguintes análises: (i) comparamos os tratamentos FDB (floresta dominada por bambu) e FSB (floresta sem bambu), utilizando o valor de cada índice gerado, onde os índices correspondem a variável resposta e FDB e FSB, como variável preditora, por meio teste t com 1000 permutações. Além disso, verificaremos qual a variável da estrutura vegetacional das parcelas melhor caracterizou os

tratamentos, fizemos uma ordenação de PCA e um análise de correlação de Pearson para compararmos todas as variáveis da estrutura da vegetação (DB, AB, HT, DP e Clutter) a fim de evidenciar o efeito de filtro ambiental sobre a configuração estrutural do ambiente. Para mais, verificamos as relações entre a obstrução vegetacional (Clutter), densidade de bambu (DB) e FD, utilizando uma regressão simples. Para verificamos a associação de valores de diversidade funcional de traços das assembleias de morcegos entre os dois tratamentos, a fim de encontrar um provável efeito de filtro ambiental sobre a resposta funcional, fizemos uma ordenação de PCoA, e testamos se agrupamento que dos tratamentos não é meramente ao acaso, através de uma análise de variância multivariada permutacional não-paramétrica (PERMANOVA), com 1000 permutações.. Para todas as análises testamos a normalidade dos dados através do teste Shapiro-Wilk. Todas as análises foram realizadas nos softwares R 3.0.3, (R Core Team, 2015) e FDiversity (ver Casanoves et al., 2011).

## RESULTADOS

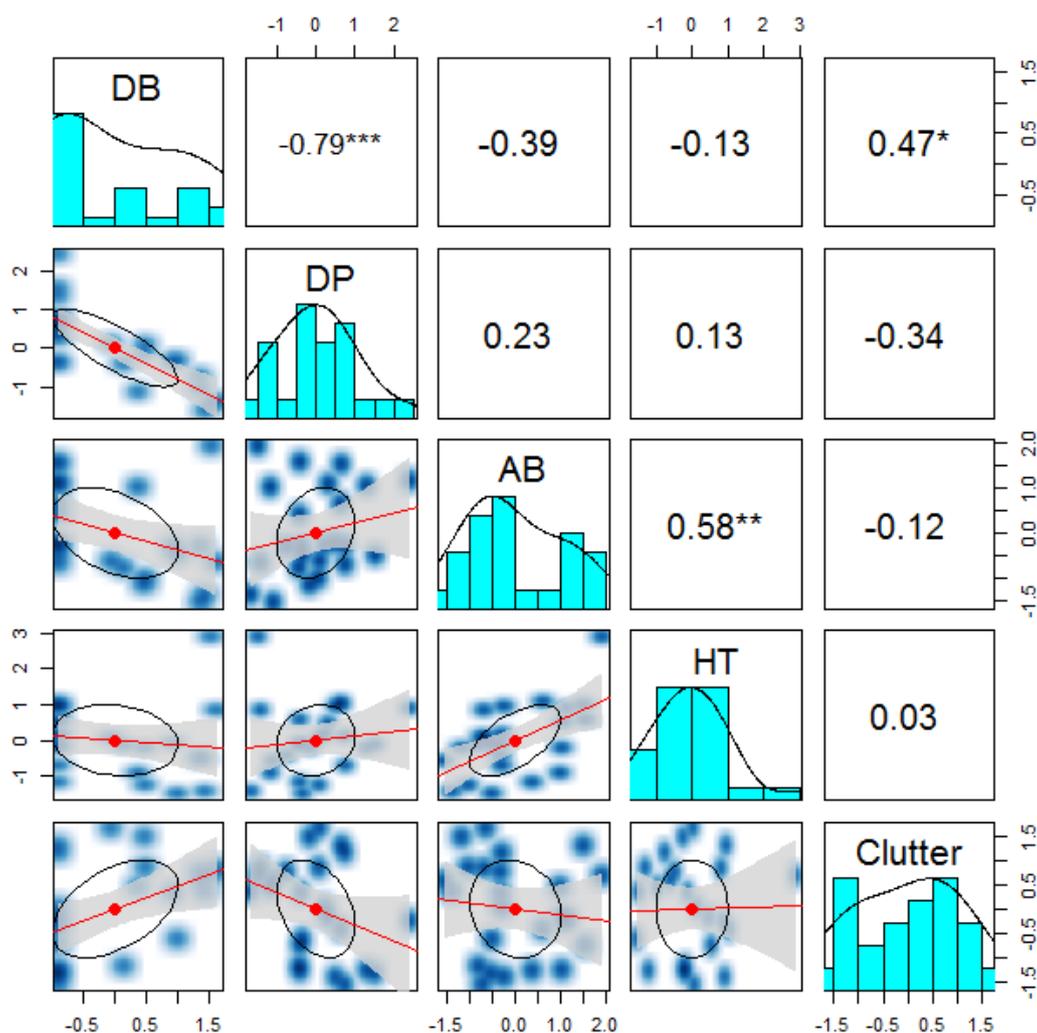
Foram capturados 896 indivíduos pertencentes a 36 espécies: 614 morcegos de 34 espécies na FSB e 282 morcegos de 22 espécies na FDB (Apêndice 2). A riqueza de espécies foi significativamente maior em floresta sem bambu (FSB) ( $t_{1,22} = -4.8807$ ,  $p < 0.0001$ ), com o mesmo resultado encontrado com relação à diversidade funcional (FD) ( $t_{1,22} = -4.7834$ ,  $p < 0.0001$ ). A riqueza funcional (FRic) foi maior em FDB (média = 20.38) em comparação com FSB (média = 3.09) de forma significativa ( $t_{1,22} = 2.2543$ ,  $p < 0.01$ ). Além disso, houve diferença significativa na uniformidade funcional (FEve) ( $t_{1,22} = 2.1073$ ,  $p < 0.01$ ), com valores maiores para FDB. No entanto, a divergência funcional (FDiv) ( $p = 0.96$ ), a dispersão funcional (FDis) ( $p = 0.62$ ) e a especialização funcional (FSpe) ( $p = 0.76$ ) não foram significativamente diferentes entre os tratamentos.

A explicação detalhada da estrutura mediada pelas relações entre as variáveis estruturais da vegetação dos dois tratamentos foi obtida pela análise de componente principal (PCA). Seus dois primeiros eixos explicaram 74.5% da variação dos dados vegetacionais. No primeiro eixo foi explicada uma variação de 49.9% e as variáveis que mais contribuíram positivamente foram a área basal (AB), a densidade de palmeiras (DP) e a altura das árvores (HT). O segundo eixo explicou 27.5% da variação dos dados e as variáveis que mais contribuíram para a formação do eixo foram a densidade de bambu (DB) e a obstrução vegetacional (Clutter). Na ordenação, houve separação evidente das parcelas dominadas por bambu e parcelas sem bambu (Figura 2).



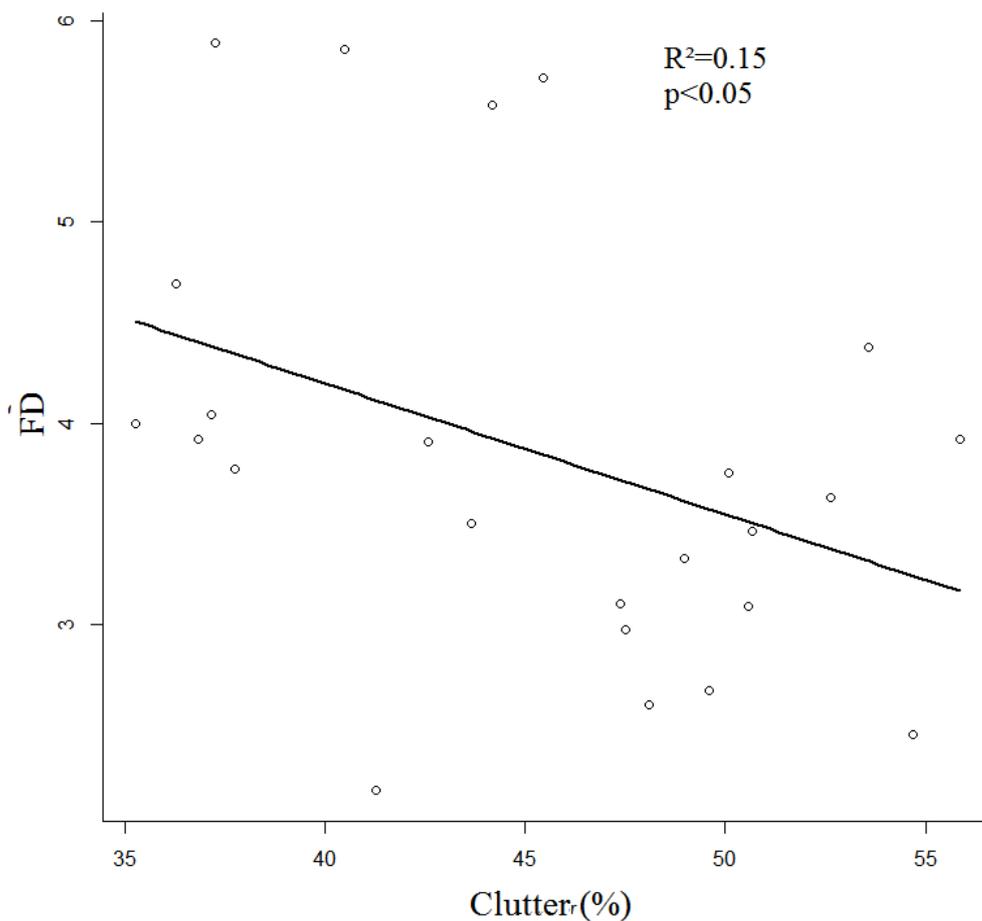
**Figura 2** Análise de componentes principais (PCA) com o agrupamento as 12 parcelas dominadas por bambu (CB) e 12 parcelas sem bambu (SB), indicando a contribuição das variáveis da estrutura da vegetação (setas) nos dois eixos do PCA e o percentual explicado por cada eixo. Onde: área basal (AB), densidade de palmeiras (DP), altura das árvores (HT) densidade de bambu (DB) e obstrução vegetal (Clutter).

As associações mais consistentes entre as variáveis da vegetação foram encontradas entre DB e Clutter (sempre positiva, correlação de Pearson's 0.46,  $t=2.4739$ ,  $df=22$ ,  $p=0.02$ ) e AB e HT (sempre positiva, correlação de Pearson's 0.58,  $t=3.3493$ ,  $df=22$ ,  $p=0.002$ ). As correlações entre DB e AB, DB e HT foram negativas entre os dois tratamentos (Figura 3). DP foi fortemente correlacionada negativamente com DB e associado a floresta sem bambu (FSB).



**Figura 3** Correlações entre as variáveis da vegetação dos dois tratamentos (floresta dominada por bambu e floresta sem bambu) em parcelas no sudoeste da Amazônia. A diagonal mostra os nomes das variáveis, os quadrados abaixo da diagonal mostram os gráficos bivariados e os quadrados acima da diagonal os coeficientes de correlação correspondentes e os valores significantes. Abreviaturas: área basal (AB), densidade de palmeiras (DP), altura das árvores (HT) densidade de bambu (DB) e obstrução vegetal (Clutter).

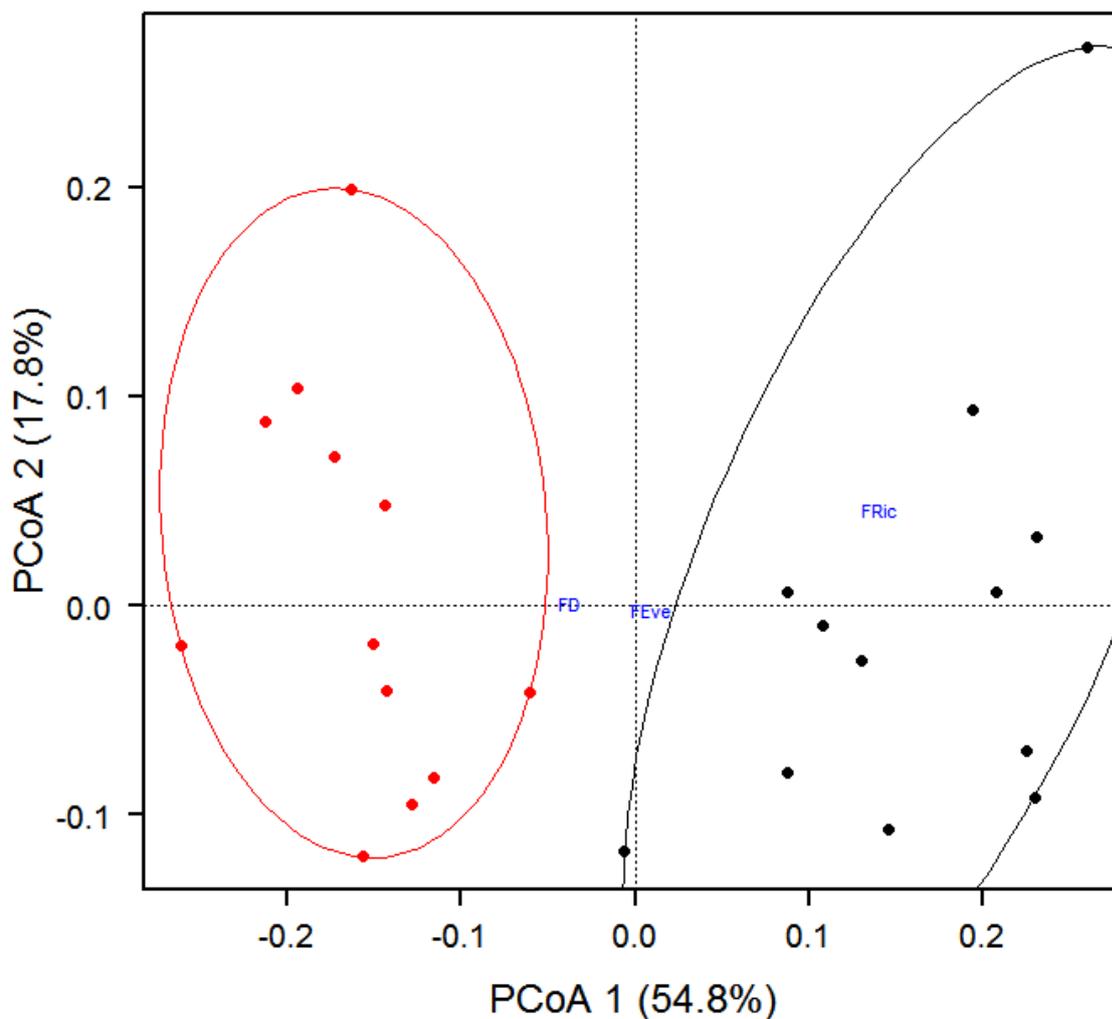
A variável da vegetação que melhor representa FDB foi negativamente relacionada com FD (Figura 4), com  $r^2$  de 0.17 e com relação significativa ( $F_{1,22} = 4.66$ ,  $p < 0.01$ ).



**Figura 4** Relações entre diversidade funcional (FD) e obstrução vegetal (Clutter) baseada nos traços funcionais utilizados e expressos no índice de diversidade funcional (FD).

Uma PCoA usando a matriz de dados de estrutura da vegetação foi realizada para revelar a variação combinada em suas características funcionais. Os escores obtidos com PCoA correlacionaram todas as parcelas dos dois tratamentos (FDB e FSB) como já visto na PCA, além disso, mostraram que os valores dos índices funcionais (resposta das características funcionais dos morcegos) que estão mais relacionados com a floresta sem bambu (FSB) são FRic e FEve, enquanto a FD está correlacionada com a floresta sem bambu (FSB) (Figura 5). Isso significa que a premissa de diferenças entre as comunidades FDB e FSB é cumprida, e que as ordenações provavelmente não resultaram do acaso. A

análise realizada pela (PERMANOVA), constatou uma diferença significativa entre os dois tratamentos ( $pseudo F_{1,22} = 24.018, p < 0.0001$ ), o que revela que a diferença entre as duas assembleias foi maior do que as esperadas ao acaso.



**Figura 5** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) mostrando dados ambientais das 12 parcelas dominadas por bambu (pontos vermelhos) e 12 parcelas sem bambu (pontos pretos), e a contribuição de cada índice funcional aplicado aos dados das assembleias de morcegos. A contribuição das variáveis nos dois eixos do PCoA e o percentual explicado pelos eixos. Onde: Diversidade funcional (FD) Riqueza funcional (FRic), Uniformidade funcional (FEve).

## DISCUSSÃO

A diversidade funcional é considerada um conceito chave na compreensão da ligação entre a função do ecossistema e a biodiversidade. Nosso estudo fornece *insights* sobre as respostas funcionais dos morcegos à modificação ambiental proporcionada pelo bambu do gênero *Guadua*, onde a diversidade de caracteres funcionais representados dentro de cada comunidade responde negativamente, na maioria das vezes, as mudanças na estrutura de ambientes dominados por bambu no sudoeste da Amazônia. Assim, apoiamos a hipótese de que mudanças na estrutura vegetacional em florestas dominadas por bambu alteram os processos de assembleia da comunidade.

### Resposta funcional

As florestas dominadas por bambu (FDB) foram caracterizadas por valores menores de FD corroborando com a nossa primeira hipótese, ou seja, a resposta funcional de morcegos em FDB é diferente em relação a florestas sem bambu (FSB). Uma explicação provável é que a filtragem ambiental ocorre, de modo que as espécies ou indivíduos na FDB utilizam esses ambientes para diminuir a competição intraespecífica ou por uso de abrigo. No entanto, os valores de FRic foram inversos aos que esperávamos, visto que a riqueza taxonômica foi muito superior em florestas sem bambu (FSB). Quando FRic é menor do que o esperado dada a riqueza de espécies, a causa, provavelmente é a sobreposição nas características funcionais. Essa relação entre riqueza de espécies e FRic pode revelar níveis de redundância funcional em assembleias de espécies (Petchey et al., 2007). Assim, podemos afirmar que a floresta sem bambu possui alta redundância funcional entre as espécies de morcegos. Isto talvez possa sugerir que FSB tenham nichos potencialmente disponíveis, mas não utilizados pela assembleia de morcegos, reduzindo o valor global da FRic (Mason et al., 2005). Por outro lado, devido aos altos valores de FRic em ambientes dominados por bambu, provavelmente existe uma enorme quantidade de espaço de nicho ocupado por espécies de morcegos nessa comunidade no espaço multidimensional de traços funcionais. Os ambientes dominados por bambu, com valores superior de FEve, podem mostrar áreas onde alguns nichos potencialmente disponíveis estão ocupados ou explorados. Shleuter et al. (2010) sugerem que um valor alto de FEve indica que a comunidade pode não ser estruturalmente complexa, com poucas interações entre espécies, poucos nichos disponíveis e que os nichos podem ser ocupados por espécies de maneira uniforme. A esse respeito, podemos destacar que, de fato, os ambientes dominados por bambu obtiveram uma uniformidade nas guildas alimentares, com maior proporção de insetívoros e onívoros quando comparado com controle. No entanto, nos dois

tratamentos os frugívoros representaram mais de 70% dos indivíduos. Assim, a menor abundância de espécies de outras guildas alimentares pode apoiar a afirmação acima mencionada, sugerindo uma distribuição mais estreita de espécies no espaço funcional de características, diminuindo ligeiramente os valores de FDiv, FDis e FSpe nos dois tratamentos. Para FDiv, traços mais abundantes não tiveram valores extremos de características funcionais e, portanto, não ocorrendo diferenciação de nicho e competição de recursos nas assembleias (ver Mason et al., 2005; Vileger et al., 2008). Esse mecanismo pode estar regulando as assembleias de morcegos em ambientes com bambu, pois quando a sobreposição de nicho (FRic) aumenta, a distância interespecífica (FDis) permanece inalterada. Isso ocorre porque a dispersão de espécies no espaço de características funcionais não difere (ver Laliberte & Legendre, 2010). Além disso, FSpe indicou que a presença do bambu não proporcionou uma especialização, ou seja, as espécies exclusivas não podem ser consideradas especialistas desses ambientes.

### **Resposta funcional em função da configuração estrutural da vegetação**

A estrutura da vegetação é um dos eixos ao longo do qual as espécies são distribuídas, permitindo a diferenciação de nicho e a coexistência com a comunidade (Vleut et al. 2015). Além disso, as características espaciais são as principais responsáveis pela estruturação de assembleias de morcegos no Neotrópico (Varzinczak et al., 2018). Como hipotetizamos, características ecológicas do bambu que contribuem com a dinâmica florestal e afetam a estrutura e a dinâmica das comunidades (Silveira, 2005), levaram a mudanças previsíveis em ambiente dominado por bambu, que por sua vez, moldou a montagem da comunidade com base nas variáveis da estrutura vegetacional aqui avaliadas. A relação entre os escores da PCA com as variáveis estruturais indica que há uma separação entre os dois tratamentos, ou seja, a configuração estrutural da vegetação é diferente em ambientes dominados por bambu. Nesses ambientes, a obstrução vegetacional foi a variável que mais se relacionou, assim sendo, a densidade de bambu é diretamente proporcional à obstrução física da vegetação. Além disso, o bambu promoveu uma mudança vertical dessas florestas, pois altura, área basal e densidade de palmeiras foram correlacionadas negativamente. Esses resultados corroboram com Silveira (2005) e Smith e Nelson (2011), que avaliaram o efeito do bambu sobre dinâmica, aparência e estrutura da vegetação. No entanto, esses fatores ambientais podem variar com a densidade de colmos de bambu. Por exemplo, a baixa densidade de bambu pode modificar o ambiente, e sob essas condições o bambu, provavelmente, promove uma configuração estrutural da vegetação favorável para comunidades, isto é, proporcionando maior disponibilidade de

nichos espaciais nesses ambientes. Assim, ao usarmos medidas ambientais em nossa abordagem ao nível de comunidade, podemos identificar os fatores ambientais responsáveis pelas respostas funcionais em um ecossistema, e confirmar que a filtragem ambiental é um processo fundamental de montagem e dinâmica de comunidades (Lebrija-Trejos et al., 2010), mesmo em sistemas complexos como florestas tropicais.

A diferença entre as comunidades e a resposta funcional dos morcegos pode evidenciar um efeito de filtro ambiental na probabilidade de ocorrer e na probabilidade de se tornarem dominantes. Se o ambiente com bambu controla a estrutura das assembleias de morcegos por meio de filtragem, os padrões de características funcionais devem refletir os padrões das comunidades com bambu e sem bambu. A PCoA ponderada por variáveis estruturais da vegetação mostrou agrupamentos de índices funcionais relacionados às floresta sem bambu. Padrões de ligação de características funcionais de assembleia ocorrem quando condições bióticas e abióticas determinam o sucesso do estabelecimento, ou seja, filtram espécies de acordo com suas características funcionais (ver, McGill et al., 2006; Lebrija-Trejos et al., 2010). Nossos resultados, portanto, indicam que, provavelmente, a filtragem ambiental é determinante apenas sobre traços funcionais de espécies menos comuns, isso porque, as espécies mais abundantes foram iguais para os dois tratamentos. Assim, há congruência com a previsão de que o bambu diminui a diversidade funcional em florestas no sudoeste da Amazônia, sugerimos que o bambu, provavelmente, simplifica funcionalmente essas comunidades, pois a obstrução vegetal gerada pelo bambu determinou, através dos valores de FRic e FEve, aqui encontrados, que provavelmente exista uma enorme quantidade de espaço de nicho ocupado por espécies de morcegos nessa comunidade no espaço multidimensional de traços funcionais, dessa forma, nichos potencialmente disponíveis estão ocupados ou explorados. Assim, a provável filtragem promovida por características vegetacional do bambu, como por exemplo, a aparência (obstrução vegetal), configuração estrutural (diminuição da estratificação vertical) e a composição das espécies arbóreas (Silveira, 2005; Smith & Nelson, 2011), limitam a capacidade de voo e alteram a disponibilidade de recursos alimentares (ver Gómez et al., 2010; Gardiner, Codd, & Nudds 2011; Riedinger et al., 2013), modificando o uso do espaço por morcegos e selecionando espécies com alta capacidade adaptativa.

A riqueza de espécies e FD foram relacionadas com FSB (floresta sem bambu), que por sua vez possui configuração estrutural diferente de FDB (floresta dominada por bambu), com valores menores de obstrução e superiores de altura e área basal. Marciente,

Bobrowiec e Magnusson (2015) encontraram resultados semelhantes para assembleia de morcegos em função da obstrução vegetacional entre os rios Purus e Madeira na Amazônia Central. García-Morales et al. (2016) em um estudo conduzido no México encontraram uma relação positiva entre cobertura florestal e diversidade funcional de morcegos e Farneda et al. (2018) observaram um aumento de funções ecológicas providas por morcegos associado à floresta madura, com árvores maiores e maior densidade vertical da vegetação. Assim, pensando que ambientes sem a presença do bambu, em curto prazo, são mais heterogêneos, pois são mais estratificados vertical e horizontalmente, podemos corroborar Schoener (1974) que ambientes heterogêneos são favoráveis à diversificação de nichos, visto que proporcionam oportunidades para a partição de recursos, permitindo que espécies com maior diversidade de características coexistam. Vleut et al. (2015) observaram que duas espécies de morcegos com características morfológicas e de nicho alimentar semelhantes, somente coexistiam devido características da vegetação que lhes proporcionaram maior disponibilidade de nichos. No entanto, provavelmente, em longo prazo o bambu promova mosaicos de manchas vegetacionais com idades diferentes, oferecendo maiores oportunidades para o particionamento de recursos, que suportem espécies que executem diversas funções ecológicas.

Algumas espécies são mais ou menos semelhantes do que outras em suas características funcionais (Chown, Gaston, & Robinson 2004; Petchey et al., 2007). É possível que a heterogeneidade ambiental em paisagens dominadas por bambu permita que uma amplitude maior de características coexista, e gere uma dispersão funcional de comunidades de morcegos pela seleção de espécies com maiores diferenças de características, podendo revelar diferentes processos de montagem (Naeem & Wright, 2003; Hooper et al., 2005; Petchey et al., 2007). No entanto, FSB tem maior probabilidade de apresentar FRic acima do esperado e, diferentemente, FDB era mais propenso a ter FRic abaixo do esperado. Sitters et al. (2016) avaliaram a resposta funcional de aves a partir de heterogeneidade estrutural em florestas na Austrália e encontraram resultados semelhantes de FRic. Assim, existe uma probabilidade de que FSB tenha uma alta redundância funcional, pois Petchey et al. (2007) afirma que a redundância ocorre quando mudanças na riqueza e composição das espécies têm efeito relativamente pequeno sobre o diversidade funcional. A redundância observada pode ser denominada de redundância intrínseca, que resulta dos padrões de similaridade funcional entre as espécies (ver Petchey et al., 2007). Provavelmente, essa ideia se aplique para FSB, visto que assembleia de morcegos com

muitas espécies similares proporcionam sobreposição de traços funcionais, podendo resultar em uma alta redundância intrínseca. Um dos principais determinantes do aumento da redundância intrínseca é a dimensionalidade efetiva do espaço de características funcionais (Petchey & Gaston, 2002). Em contrapartida, para FDB as alterações na resposta funcional são proporcionalmente maiores do que as mudanças na riqueza de espécies, podendo existir uma sensibilidade funcional (ver Petchey et al., 2007).

Assim, a partir de nossos resultados sugerimos que a configuração estrutural de floresta com bambu em escala fina, simplifica a função do ecossistema através de sua influência na diversidade funcional, mas não encontramos evidências convincentes para sugerir que traços funcionais foram mais afetados pelo bambu. Talvez uma avaliação da composição de espécies de plantas desses ambientes e um levantamento dos tipos de abrigos para morcegos possam evidenciar qual traço funcional é mais afetado pelo bambu. Dessa forma, novos estudos são necessários para identificar os principais fatores da diversidade funcional em ambientes com bambu dominante e as escalas nas quais eles operam. No entanto, nossos resultados mostram que as respostas da diversidade funcional a ambientes com bambu foram geralmente consistentes considerando os traços funcionais aqui utilizados.

### **Implicações para a manutenção dos processos ecossistêmicos**

As alterações causadas pelo bambu *Guadua* spp. no sudoeste da Amazônia sobre a dinâmica, aparência e estrutura da floresta, que já é confirmada pela literatura e corroborada com nossos achados, aparentemente dão características de floresta secundária para esses ambientes, mesmo que inseridos em matriz de floresta madura (Smith & Nelson, 2011; Carvalho et al., 2013). Todas essas características, mais o seu ciclo de vida estimado em 28 anos (Carvalho et al., 2013), podem ser determinantes para saber, se de fato, a simplificação funcional das assembleias de morcegos se mantêm ao longo do tempo nesses ambientes. Farneda et al. (2018) sugere que mesmo 30 anos de regeneração de matriz não foram suficientes para reduzir o efeito de filtros ambientais em matriz da floresta secundária.

Nosso estudo mostra que, em geral, a presença de bambu em ambientes no sudoeste da Amazônia, provavelmente, em curto prazo, reduz a redundância funcional e aumentam a sobreposição de nicho dentro de assembleias de morcegos. No entanto, é provável que em longo prazo essa resposta seja oposta. Dada a importância da redundância funcional e da diversidade de respostas à resiliência do ecossistema (Elmqvist et al., 2003; Folke et al., 2004), nossos resultados sugerem que o bambu aumenta a vulnerabilidade dos grupos

funcionais a perturbações futuras. Isso ocorre pela redução do número de espécies em cada grupo (redundância funcional) e pela redução da dispersão das características de resposta de cada traço funcional. No entanto, o efeito negativo do bambu, provavelmente não altere drasticamente as comunidades em florestas contínuas, em contrapartida, esses efeitos, provavelmente sejam maximizados em fragmentos florestais, comprometendo o fornecimento, em longo prazo, de funções ou serviços do ecossistema providos por morcegos.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, S. M., Silva, L. C., Cardoso, M. R., Cerqueira, P. V., Juen, L., & Santos, M. P. (2016). The effects of oil palm plantations on the functional diversity of Amazonian birds. *Journal of Tropical Ecology*, 32, 510-525.
- Bernard, E. & Fenton, M.B. (2007). Bats in a fragmented landscape: Species composition, diversity and habitat interactions in savannas of Santarém, Central Amazonia, Brazil. *Biological Conservation*, 34, 332-343.
- Bernard, E. (2001). Vertical stratification of bat communities in primary forests of Central Amazon, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 17, 115–126.
- Bihn, J.H., Gebauer, G. & Brandl, R. (2010). Loss of functional diversity of ant assemblages in secondary tropical forests. *Ecology*, 91, 782–792.
- Bullen, R. D., McKenzie, N. L., & Cruz-Neto, A. P. (2016). Characteristic flight speeds in bats. *CEAS Aeronautical Journal*, 7, 621-643.
- Cadotte, M.W. (2011). The new diversity: management gains through insights into the functional diversity of communities. *Journal of Applied Ecology*, 48, 1067–1069.
- Cadotte, M.W., Carscadden, K. & Mirotchnick, N. (2011). Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, 48, 1079–1087.
- Calouro A.M., Santos, F.G.A., Faustino, S.F., Souza, S.F., Lague, B.M., Marciente, R., Santos G.J.L. & Cunha, A.O.. (2010). Riqueza e abundância de morcegos capturados na borda e no interior de um fragmento florestal do estado do Acre, Brasil. *Biotemas*, 23, 109–117.
- Carvalho, A.L. De, Nelson, B.W., Bianchini, M.C., Plagnol, D., Kuplich, T.M. & Daly, D.C. (2013). Bamboo-dominated forests of the southwest Amazon: Detection, spatial extent, life cycle length and flowering waves. *Plos One*, 8, 1–13.
- Casanoves, F., Pla, L., Rienzo, J.A. Di & Díaz, S. (2011). FDiversity: a software package for

- the integrated analysis of functional diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 2, 233–237.
- Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C. & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405, 234–242.
- Chown, S. L., Gaston, K. J., & Robinson, D. (2004). Macrophysiology: large-scale patterns in physiological traits and their ecological implications. *Functional Ecology*, 18, 159–167.
- Cianciaruso, M.V., Silva, I.A. & Batalha, M.A. (2009). Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropical*, 9, 93–102.
- Cisneros, L.M., Fagan, M.E. & Willig, M.R. (2015). Effects of human-modified landscapes on taxonomic, functional and phylogenetic dimensions of bat biodiversity. *Diversity and Distributions*, 21, 523–533.
- Cockle, K.L. & Areta, J.I. (2013). Specialization on bamboo by neotropical birds. *The Condor*, 115, 217–220.
- Cortés-Delgado, N. & Pérez-Torres, J. (2011). Habitat edge context and the distribution of phyllostomid bats in the Andean forest and anthropogenic matrix in the Central Andes of Colombia. *Biodiversity Conservation*, 20, 987–999.
- Davidson, D.W., Arias, J.A. & Mann, J. (2006). An experimental study of bamboo ants in western Amazonia. *Insectes Sociaux*, 53, 108–114.
- Díaz, M.M., Solari S., Aguirre, L.F., Aguiar, L.M.S. & Barquez, R.M. (2016). Clave de identificación de los murciélagos de Sudamérica. *Publicación Especial N° 2, PCMA (Programa de Conservación de los murciélagos de Argentina. Tucumán, Argentina.*
- Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B., & Norberg, J. (2003). Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 488–494.
- Emmons, L.H. (1981). Morphological, Ecological, and Behavioral Adaptations for Arboreal Browsing in *Dactylopsilus dactylinus* (Rodentia, Echimyidae). *Journal of Mammalogy*, 62, 183–189.
- Ernst, R., Linsenmair, K.E. & Ro, M. (2006). Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. *Biological Conservation*, 133, 143–155.
- Farneda, F.Z., Rocha, R., López-Baucells, A., Sampaio, E.M., Palmeirim, J.M., Bobrowiec,

- P.E., Grelle, C.E.V. & Meyer, C.F. (2018). Functional recovery of Amazonian bat assemblages following secondary forest succession. *Biological Conservation*, 218, 192-199.
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557-581.
- García-Morales, R., Moreno, C.E., Badano, E.I., Zuria, I., Galindo-González, J., Rojas-Martínez, A.E. & Ávila-Gómez, E.S. (2016). Deforestation Impacts on Bat Functional Diversity in Tropical Landscapes. *PLoS ONE*, 11, e0166765.
- Gardiner, J.D., Codd, J.R. & Nudds, R.L. (2011). An association between ear and tail morphologies of bats and their foraging style. *Canadian Journal of Zoology*, 89, 90–99.
- Gardner, A. L. (2007). *Mammals of South America – Volume 1*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Gómez, J.P., Bravo, G.A., Brumfield, R.T., Tello, J.G. & Cadena, C.D. (2010). A phylogenetic approach to disentangling the role of competition and habitat filtering in community assembly of Neotropical forest birds. *Journal of Animal Ecology*, 79, 1181–1192.
- Griscom, B.W. & Ashton, M.S. (2006). A self-perpetuating bamboo disturbance cycle in a neotropical forest. *Journal of Tropical Ecology*, 22, 587–597.
- Guilherme, E. & Santos, M.P. (2009). Birds associated with bamboo forests in eastern Acre, Brazil. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 129, 229–240.
- Hidasi-Neto, J., Barlow, J. & Cianciaruso, M.V. (2012). Bird functional diversity and wildfires in the Amazon: the role of forest structure. *Animal Conservation*, 15, 1–9.
- Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J. & Wardle, D.A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75, 3-35.
- Kalko E.K.V. (1998). Organization and diversity of tropical bat communities through space and time. *Zoology*, 101, 281–297.
- Kalko, E.K.V. (1997). *Tropical Biodiversity and Systematics*. Zoologisches Forschungsinstitut und Museum König, Bonn.
- Klingbeil, B. T. & Willig, M. R. (2009). Guild-specific responses of bats to landscape composition and configuration in fragmented Amazonian rainforest. *Journal of*

- Applied Ecology, 46, 203-213.
- Kondo, T. & Gullan, P.J. (2004). Systematics, morphology and physiology a new species of ant-tended soft scale of the Genus *Cryptostigma ferris* (Hemiptera: Coccidae) associated with Bamboo in Peru. *Neotropical Entomology*, 33, 717–723.
- Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (2003). *Bat Ecology*. The University of Chicago Press, Chicago. 778p
- Kunz, T.H. (1982). Roosting ecology of bats. In: KUNZ, T.H. ed. *Ecology of Bats*. Plenum Press, New York. pp. 1-55.
- Laliberté, E., & Legendre, P. (2010). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91, 299-305.
- Lebbin, D.J. (2013). Nestedness and patch size of bamboo-specialist bird communities in southeastern Peru. *The Condor*, 115, 230–236.
- Lebrija-Trejos, E., Pérez-García, E. A., Meave, J. A., Bongers, F., & Poorter, L. (2010). Functional traits and environmental filtering drive community assembly in a species-rich tropical system. *Ecology*, 91, 386-398.
- Lim, B. K. & Engstrom, M. D. (2001). Species diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) in Iwokrama Forest, Guyana, and the guianan subregion: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, 10: 613-657.
- López-Baucells, A., Rocha, R., Bobrowiec, P., Bernard, E., Palmeirim, J. & Meyer, C. (2016). *Field Guide to Amazonian Bats*. Editora INPA, Manaus.
- Magioli, M., Ribeiro, M. C., Ferraz, K. M. P. M. B., & Rodrigues, M. G. (2015). Thresholds in the relationship between functional diversity and patch size for mammals in the Brazilian Atlantic Forest. *Animal Conservation*, 18, 499-511.
- Marciente, R., Bobrowiec, P. E. D., & Magnusson, W. E. (2015). Ground-vegetation clutter affects Phyllostomid bat assemblage structure in lowland Amazonian forest. *PLoS One*, 10, e0129560.
- Marinello, M.M. & Bernard, E. (2014). Wing morphology of Neotropical bats : a quantitative and qualitative analysis with implications for habitat use. *Canadian Journal of Zoology*, 92, 141–147.
- Marques, J.T., Pereira, M.J.R. & Palmeirim, J.M. (2015). Patterns in the use of rainforest vertical space by Neotropical aerial insectivorous bats : all the action is up in the canopy. *Ecography*, 38, 001–011.
- Marsden, S.J., Fielding, A.H., Mead, C. & Hussin M.Z. (2002). A technique for measuring the density and complexity of understorey vegetation in tropical forests. *Forest*

- Ecology and Management, 165, 117–123.
- Mason, N. W. H., Mouillot, D., Lee, W. G. & Wilson, J. B. (2005). Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos*, 111, 112–118.
- Mason, N.W.H., Lanoiselée, C., Mouillot, D., Irz, P. & Argillier, C. (2007). Functional characters combined with null models reveal inconsistency in mechanisms of species turnover in lacustrine fish communities. *Oecologia*, 153, 441–452.
- McGill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in ecology & evolution*, 21, 178-185.
- McMichael, C.H., Palace, M.W. & Golightly, M. (2014). Bamboo-dominated forests and pre-columbian earthwork formations in south-western Amazonia. *Journal of Biogeography*, 41, 1–13.
- Mello, M.A.R., Kalko, E.K. V & Silva, W.R. (2013). Effects of moonlight on the capturability of frugivorous phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) at different time scales. *Zoologia*, 30, 397–402.
- Meyer, C. F., Struebig, M. J., & Willig, M. R. (2016). Responses of tropical bats to habitat fragmentation, logging, and deforestation. In *Bats in the anthropocene: Conservation of bats in a changing world* (pp. 63-103). Springer, Cham.
- Moreno, C. E., Arita, H. T., & Solis, L. (2006). Morphological assembly mechanisms in Neotropical bat assemblages and ensembles within a landscape. *Oecologia*, 149, 133-140.
- Naeem, S., & Wright, J. P. (2003). Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solutions to a seemingly insurmountable problem. *Ecology letters*, 6, 567-579.
- Nelson, B.W. (1994) Natural forest disturbance and change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing Reviews*, 10, 105–125.
- Norberg, U. M., & Rayner, J. M. (1987). Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 316, 335-427.
- Pavoine, S., Ollier, S. & Dufour, A.-B. (2005). Ideas and is the originality of a species measurable? *Ecology Letters*, 8, 579–586.
- Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2002). Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology letters*, 5, 402-411.

- Petchey, O. L., Evans, K. L., Fishburn, I. S., & Gaston, K. J. (2007). Low functional diversity and no redundancy in British avian assemblages. *Journal of Animal Ecology*, 76, 977-985.
- Petchey, O. L., Hector, A., & Gaston, K. J. (2004). How do different measures of functional diversity perform? *Ecology*, 85, 847-857.
- Petchey, O.L. & Gaston, K.J. (2006). Reviews and functional diversity : back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9, 741–758.
- R, DEVELOPMENT CORE TEAM. (2015). R: A language and environment for statistical computing. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20/12/2014.
- Rasband, W.S. (1997). *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: <https://imagej.nih.gov/ij/>. Acesso em: 25/01/2018.
- Rex, K., Michener, R., Kunz, T.H. & Voigt, C.C. (2011). Vertical stratification of Neotropical leaf-nosed bats (Phyllostomidae; Chiroptera) revealed by stable carbon isotopes. *Journal of Tropical Ecology*, 27, 211–222.
- Riedinger, V., Müller, J., Stadler, J., Ulrich, W. & Brandl, R. (2013). Assemblages of bats are phylogenetically clustered on a regional scale. *Basic and Applied Ecology*, 14, 74–80.
- Schleuter, D., Daufresne, M., Massol, F., Argillier, C. (2010). A user's guide to functional diversity indices. *Ecological Monographs*, 80, 469–484.
- Schnitzler, H. U. & Kalko, E. K. V. (1998). How echolocating bats search and find food. In: Kunz, T. H. & Racey, P. A. eds. *Bat Biology and Conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington. pp. 183-196.
- Schnitzler, H.-U. & Kalko, E.K. V. (2001). Echolocation by insect-eating bats. *BioScience*, 51, 557–569.
- Schoener, T. W. (1974). Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185, 27-39.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) (2010). Plano de Manejo do Parque Estadual Chandless. I, II, III e IV. Rio Branco, Acre.
- Silveira, M. (2005). A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas. Editora Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- Simmons, N.B. & Voss. R.S. (1998). The mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna Part 1. Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 237,1–219.

- Sitters, H., Di Stefano, J., Christie, F., Swan, M., & York, A. (2016). Bird functional diversity decreases with time since disturbance: Does patchy prescribed fire enhance ecosystem function?. *Ecological applications*, 26, 115-127.
- Sobral, F.L. & Cianciaruso, M.V. (2012). Estrutura filogenética e funcional de assembleias : (re) montando a ecologia de comunidades em diferentes escalas espaciais. *Jornal Biosciência Uberlândia*, 28, 617–631.
- Socolar, S.J., Robinson, C.K. & Terborgh, J. (2013). Bird diversity and occurrence of bamboo specialists in two bamboo die-offs in southeastern Peru. *The Condor*, 115, 253–262.
- Stevens, R.D., Cox, S.B., Strauss, R.E. & Willig, M.R. (2003). Patterns of functional diversity across an extensive environmental gradient : vertebrate consumers, hidden treatments and latitudinal trends. *Ecology Letters*, 6, 1099–1108.
- Straube, F.C. & Vigiano, B.G. (2002). Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Chiroptera Neotropical*, 8, 150–152.
- Varzinczak, L. H., Lima, C. S., Moura, M. O., & Passos, F. C. (2018). Relative influence of spatial over environmental and historical processes on the taxonomic and phylogenetic beta diversity of Neotropical phyllostomid bat assemblages. *Journal of Biogeography*, 45, 617-627.
- Villegger, S., Mason, N.W.H. & Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89, 2290–2301.
- Villéger, S., Miranda, J. R., Hernández, D. F., & Mouillot, D. (2010). Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications*, 20, 1512-1522.
- Vleut, I., Galindo-González, J., Boer, W. F., Levy-Tacher, S. I., & Vazquez, L. B. (2015). Niche differentiation and its relationship with food abundance and vegetation complexity in four frugivorous bat species in Southern Mexico. *Biotropica*, 47, 606-615.
- Voss, R. S., Fleck, D. W., Strauss, R. E., Velazco, P. M., & Simmons, N. B. (2016). Roosting ecology of Amazonian bats: evidence for guild structure in hyperdiverse mammalian communities. *American Museum Novitates*, 3870, 1-43.

Willig, M.R., Presley, S.J., Bloch, C.P., Hice, C.L., Yanoviak, S.P., Díaz, M.M., Chauca, L.A., Pacheco, V. & Weaver, S.C. (2007). Phyllostomid Bats of Lowland Amazonia : Effects of habitat alteration on abundance. *Biotropica*, 39, 737–746.

## APÊNDICES

### Apêndice 1

Tabela 1 Traços funcionais baseadas nas características funcionais utilizadas para estimar a diversidade funcional da assembleia de morcegos no Parque Estadual Chandless, Acre.

<b>Tipo de dados</b>	<b>Características funcionais</b>	<b>Traços funcionais</b>	<b>Valor do traço</b>
		Dossel	0-1
	Local de forrageamento	Oportunista	0-1
		Sub-bosque	0-1
Categóricos	Estratégia de forrageio	Nectarívoros catadores	0-1
		Onívoros catadores	0-1
		Insetívoros catadores	0-1
		Insetívoros aéreos	0-1
		Carnívoros catadores	0-1
		Sanguívoros catadores	0-1
		Frugívoros catadores	
	Tamanho	Peso	Média (g)
		Antebraço	Média (mm)
		Comprimento do crânio	Média (mm)
<b>Contínuo</b>	Crânio	Comprimento da mandíbula	Média (mm)
	Asas	<i>Relative wing load</i>	Média (mm)

## Apêndice 1

Tabela 2 Espécies de morcegos capturadas nos dois tratamentos, floresta dominada por bambu (FDB) e floresta sem bambu (FSB) no Parque Estadual Chandless, Acre, sudoeste da Amazônia, Brasil. Distribuição por famílias e subfamílias, abundância absoluta, classificação em guildas (carnívoro (CA), frugívoro (FR), sanguívoro (SA), insetívoro (IN), nectarívoro (NE) e onívoro (ON)), local de forrageio (oportunista (OPP), dossel (DO) e sub-bosque (SUB)) e estratégia de forrageio (insetívoro aéreo (IN), carnívoro catador (GC), frugívoro catador (GF), insetívoro catador (GI), nectarívoro catador (NC), omnívoro catador (GO) e sanguívoro catador (GS)).

<b>Espécies</b>	<b>FDB</b>	<b>FSB</b>	<b>Guilda</b>	<b>Local de forrageio</b>	<b>Estratégia de forrageio</b>
<b>Phyllostomidae</b>	282	612			
<b>Carollinae</b>	106	145			
<i>Carollia beiketh</i> Solari & Baker, 2006	1	3	FR	SUB	GF
<i>Carollia brevicauda</i> (Schinz, 1821)	12	24	FR	SUB	GF
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	92	116	FR	SUB	GF
<i>Rhinophylla pumilio</i> Peters, 1865	1	2	FR	SUB	GF
<b>Desmondotinae</b>	1	4			
<i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy, 1810)	1	4	SA	SUB	GS
<b>Glossophaginae</b>	6	11			
<i>Anoura caudifer</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1818)		3	NE	SUB	NC
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	6	8	NE	SUB	NC
<b>Hysunysterinae</b>	2	5			
<i>Hysunysteris thomasi</i> (Allen, 1904)	2	5	NE	SUB	NC
<b>Phyllostominae</b>	52	74			
<i>Chrotopterus auritus</i> (Peters, 1856)	1	4	CA	OPP	GC
<i>Gardnerycteris crenulatum</i> (E. Geoffroy, 1803)		1	IN	SUB	GI
<i>Glyphonycteris sylvestris</i> (Thomas, 1896)	1		IN	SUB	GI
<i>Lophostoma brasiliense</i> (Peters, 1866)	1	4	IN	SUB	GI
<i>Lophostoma carrikeri</i> (J.A. Allen, 1910)		2	IN	SUB	GI

<i>Lophostoma silvicola</i> d'Orbigny, 1836	13		IN	SUB	GI
<i>Micronycteris microtis</i> Miller, 1898		1	IN	SUB	GI
<i>Phyllostomus elongatus</i> (É. Geoffroy, 1810)	29	22	ON	SUB	GO
<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)		12	ON	SUB	GO
<i>Tonatia saurophila</i> Koopman & Williams, 1951	2	11	IN	SUB	GI
<i>Trachops cirrhosus</i> (Spix, 1823)	5	10	IN	SUB	GI
<i>Trinycteris nicefori</i> Sanborn, 1949		7	ON	SUB	GO
<b>Stenodermatinae</b>	115	373			
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	18	37	FR	DO	GF
<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1821)	8	23	FR	OPP	GF
<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)	64	239	FR	OPP	GF
<i>Chiroderma trinitatum</i> Goodwin, 1958		1	FR	DO	GF
<i>Chiroderma villosum</i> Peters, 1860		8	FR	DO	GF
<i>Dermanura anderseni</i> (Osgood, 1916)		1	FR	DO	GF
<i>Dermanura cinereus</i> (Gervais, 1856)	6	5	FR	DO	GF
<i>Dermanura glauca</i> Thomas, 1893		1	FR	DO	GF
<i>Mesophylla macconnelli</i> Thomas, 1901	4	6	FR	DO	GF
<i>Platyrrhinus incarum</i> (Thomas, 1912)	5	8	FR	SUB	GF
<i>Platyrrhinus infuscus</i> (Peters, 1880)	1	15	FR	SUB	GF
<i>Uroderma bilobatum</i> Peters, 1866	9	27	FR	DO	GF
<i>Vampyressa thyone</i> Thomas, 1909		1	FR	DO	GF
<i>Vampyrodes caraccioli</i> (Thomas, 1889)		1	FR	DO	GF
<b>Thyropteridae</b>		1			
<i>Thyroptera tricolor</i> Spix, 1823		1	IN	SUB	AI
<b>Vespertilionidae</b>		1			
<i>Myotis riparius</i> Handley, 1960		1	IN	SUB	AI
<b>Total Geral</b>	282	614			

Nome da revista: Functional Ecology.

ISSN Online: 1365-2435.

Editora: British Ecological Society.

Fator de Impacto (2017): 5,49.

Classificação Qualis/Capes em Biodiversidade: A1.

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

<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/hub/journal/13652435/author-guidelines>