



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Importância da heterogeneidade de habitats na estruturação da  
diversidade  $\alpha$  e  $\beta$  de morcegos Phyllostomidae no Cerrado**

DANILO DE SIQUEIRA FORTUNATO

BRASÍLIA, 2013

# **Importância da heterogeneidade de habitats na estruturação da diversidade $\alpha$ e $\beta$ de morcegos Phyllostomidae no Cerrado**

DANILO DE SIQUEIRA FORTUNATO

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ECOLOGIA

ORIENTADORA: LUDMILLA MOURA DE SOUZA AGUIAR

COORIENTADOR: MÁRIO ALMEIDA NETO

COMISSÃO AVALIADORA:

TITULAR: DANIEL DE BRITO CANDIDO DA SILVA

TITULAR: EMERSON MONTEIRO VIEIRA

SUPLENTE: ANDRÉ FARIA DE MENDONÇA

BRASÍLIA, 2013

Dissertação de Mestrado

**DANILO DE SIQUEIRA FORTUNATO**

Título:

**“Importância da heterogeneidade de habitats na estruturação da diversidade  $\alpha$  e  $\beta$  de morcegos Phyllostomidae no Cerrado”.**

Banca Examinadora:



*Prof. Dra. Ludmilla Moura de Souza Aguiar*  
Presidente / Orientadora  
ZOO/ UnB



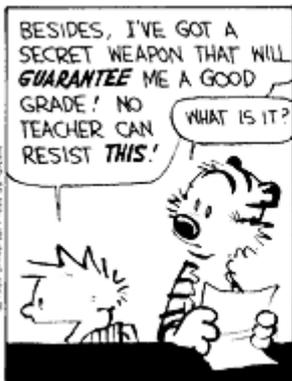
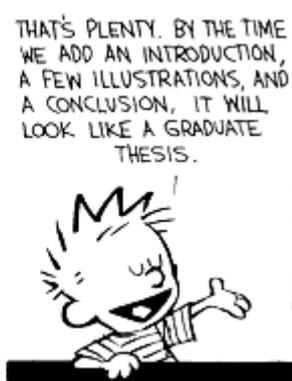
*Prof. Dr. Daniel de Brito Candido da Silva*  
Membro Titular  
UFG



*Prof. Dr. Emerson Montelro Vieira*  
Membro Titular  
ECL/ UnB

*Prof. Dr. André Faria Mendonça*  
Membro Suplente  
UnB

Brasília, 19 de abril de 2013.



## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força em toda essa jornada. Aos meus pais que me deram tantas lições de força e superação, aos meus irmãos pela companhia e tantas oportunidades de ensinar e aprender. A toda minha família por quem luto sempre, em especial a minha tia Márcia que foi tão importante em tantos momentos de nossa vida e que nos deixou de forma tão repentina que nem pudemos nos despedir. Aos meus padrinhos que me receberam em Brasília quando entrei em contato com a UnB e assim foram fundamentais para que aqui eu pudesse me estabelecer. A todos os amigos da biologia da UFU, em especial Diego Martins, Eduardo França, Leonardo Shimizu e Rachel Basílio, que estiveram ao meu lado no início do caminho e que sempre formam muito importantes. A todos os amigos do curso de Ecologia, em especial ao grande Jhonathan Oliveira, Ana Martins, João Victor, Renata Alquezar, Paula Sicsú e Thales Amaral, pela companhia e grande paciência. Ao amigo Anderson Paz pelas importantes trocas de idéias sobre partição de diversidade. Aos amigos Felipe Lenti e Renata Françoso que deram ajudas na parte de coleta e análises de estrutura de vegetação. A amiga Barbára Zimbres pela ajuda com toda a parte geoespacial. Aos professores do curso de Ciências Biológicas da UFU e do curso de Ecologia da UnB pela ótima base teórica sobre a qual construí meu trabalho, em especial aos professores Ariovaldo Giaretta, Ivan Schiavi e Oswaldo Marçal, Emerson Vieira, Guarino Colli e Frederico Takahashi. A minha orientadora Ludmilla Aguiar que acreditou em meu potencial, sempre incentivando e permitindo que buscasse novos desafios. Ao meu co-orientador Mário Almeida-Neto pelo caminho indicado e pelas críticas sempre pertinentes, que fizeram com que só as questões fundamentais fossem tratadas. Ao pessoal do Laboratório de Mamíferos pela grande oportunidade aprendizado, em especial a Samuel Astete, Gabriel Penido e Raymundo Sá-Neto. Ao grande grupo de trabalho formado pela professora Ludmilla no Laboratório de Mamíferos, em especial ao incansável Lucas Mousinho, Júlia Machado, Alessandra Pak, Renato Rosa, Thiago Furtado e Ana Luiza, por toda a ajuda em campo e pela boa companhia nas noites do PNB. Aos companheiros da colina, Elon, José e Danilo Vergani, pela acolhida e grande companhia. A todos que de alguma forma foram importantes nesse caminho. Agradeço também ao FUNBIO e o SISBIOTA pelo apoio financeiro a pesquisa de campo, ao SISBIO pelas licenças para realização do trabalho. Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, ao CNPQ pela bolsa concedida e a DDS pela vaga na Colina.

## Sumário

ÍNDICE DE TABELAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ANEXOS .....	ix
INTRODUÇÃO.....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
Área de Estudo .....	8
Módulo RAPELD .....	10
Pontos de Amostragem .....	10
Amostragem de Morcegos .....	11
Estrutura da vegetação .....	12
Análises Estatísticas .....	15
Estrutura da Comunidade de Morcegos.....	15
Autorrelação Espacial da Estrutura da Comunidade de Morcegos .....	16
Relação da Diversidade Alfa da Comunidade de Morcegos com a Complexidade da Estrutura da Vegetação .....	18
Relação da Diversidade Beta da Comunidade de Morcegos com a Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação entre Pontos Amostrais.....	19
Contribuição da Diversidade Beta dentro e entre Fitofiosionomias para a Diversidade Total (Gama) da Comunidade de Morcegos.....	19
Relação entre o Gradiente de Estrutura de Vegetação e o Gradiente de Resposta das Espécies de Morcegos aos Sítios .....	20
RESULTADOS .....	21
Estrutura de Vegetação .....	21
Estrutura da Comunidade de Morcegos .....	23
Autorrelação Espacial da Estrutura da Comunidade de Morcegos .....	26
Relação da Diversidade Alfa da Comunidade de Morcegos com a Complexidade da Estrutura da Vegetação .....	29
Relação da Diversidade Beta da Comunidade de Morcegos com a Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação entre pontos Amostrais .....	29
Contribuição da Diversidade Beta dentro e entre Fitofiosionomias para a Diversidade Total (Gama) da Comunidade de Morcegos .....	30
Relação entre o Gradiente de Estrutura de Vegetação e o Gradiente de Resposta das Espécies de Morcegos aos Sítios.....	31
DISCUSSÃO .....	33
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Dados de cobertura linear de copa usados para das classificação das fitofisionomias nos pontos amostrais do PNB. Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT), Cerrado Denso (CD) e Mata de Galeria (MT).....	21
Tabela 2. Correlação das variáveis de estrutura de vegetação do PNB com os Componentes Principais da PCA (PC1, PC2, PC3 e PC4) e importância dos componentes, proporção de variância explicada pelo componente (%)......	22
Tabela 3. Escores do Primeiro Componente da PCA (CP1) e o Índice de Vegetação (IV) dos pontos amostrais com suas fitofisionomias, Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT), Cerrado Denso (CD) e Mata de Galeria (MG). .....	22
Tabela 4. O número de indivíduos, abundância relativa, a riqueza de espécies, a diversidade de Shannon e de Simpson. por ponto amostral, já classificados por fitofisionomias, Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT) , Cerado Denso (CD) e Mata de Galeria (MG) no módulo RAPELD do PNB.....	25
Tabela 5. Resultado da análise de correlograma de Mantel para a composição e abundância das espécies de morcegos da família Phyllostomidae nos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB com qual vizinho a análise foi feita a análise, por ordem de proximidade, a distância média ao vizinho de cada classe de proximidade, o valor da correlação de Mantel, o $p$ do teste de correlação de Mantel e o $p$ do teste corrigido pela número de observações repetidas. ....	26
Tabela 6. Autocorrelação espacial através da estatística I de Moran e a significância da correlação espacial ( $p$ ) das variáveis de estrutura da comunidade de morcegos da família Phyllostomidae e estrutura da vegetação dos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB. ....	27
Tabela 7. Valores de diversidade $\alpha$ e $\beta$ , observados (Obs.) e esperados (Esp.), para medidas de riqueza de espécies e da diversidade de Shannon, para os dois níveis hierárquicos (pontos amostrais e fitofisionomias) e $\gamma$ , e probabilidade ( $p$ ) de obter valores iguais ou maiores que o observado em uma distribuição aleatória de indivíduos.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parque Nacional de Brasília com o uso do solo segundo a classificação da UNESCO de 2002. ....	9
Figura 2. Esquema do módulo RAPELD com duas transecções principais paralelas de 5 km cada com 1 km entre elas, as parcelas de 250 metros seguindo a curva de nível do relevo em vermelho e a posição das linhas de rede em verde. ....	10
Figura 3. Área do módulo RAPELD do Parque Nacional de Brasília, com a classificação de suas fitofisionomias e a posição das redes nos doze pontos amostrais do estudo. ....	11
Figura 4. Parcela de amostragem de estrutura de vegetação, com a linha das redes em verde, linhas de amostragem de cobertura linear de copa em vermelho e o ponto quadrante marcado pelas cruzes em preto. ....	13
Figura 5. Pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB com as linhas ligando cada ponto a seus cinco vizinhos mais próximos (A) e três vizinhos mais próximos (B), classificados por suas respectivas fitofisionomias Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT), Cerrado Denso (CD) e Mata de Galeria (MG). ....	18
Figura 6. Plotagem bidimensional dos escores das áreas amostrais e a relação dos vetores das variáveis de estrutura da vegetação: densidade de arbóreas (DE), área basal média (AB) e altura média das árvores (AL) e cobertura de copa (CP) dos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB nos dois primeiros componentes da PCA, Componente Principal 1 (PC1) e Componente Principal 2 (CP2). ....	23
Figura 7. Abundância das espécies de morcegos da família Phyllostomidae e suas respectivas guildas do módulo RAPELD do PNB. ....	25
Figura 8. Correlação de Mantel por classe de distância da análise de correlograma de Mantel para os dados de composição e abundância das espécies de morcegos da família Phyllostomidae nos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB. ....	27
Figura 9. Correlograma do teste de I de Moran, com a correlação e erro padrão pela ordem de proximidade dos pontos para as variáveis de estrutura da comunidade (A) Abundância, (B) Riqueza, (C) Shannon, (D) Simpson de morcegos da família Phyllostomidae e (E) Índice de Vegetação (IV) dos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB. ....	28
Figura 10. Relação entre a diferenças na estrutura da vegetação através do Índice de Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação (IDEV) e: A. Diversidade $\beta$ da riqueza (Dissimilaridade de Sorensen); e B. diversidade $\beta$ de Shannon (Dissimilaridade de Horn). ....	30
Figura 11. Gráfico dos dois primeiros eixos da CCA, Primeiro Eixo Canônico (CCA1) e Segundo Eixo Canônico (CCA2) com as variáveis de estrutura de vegetação: área basal (Tronco), altura média (Altura), cobertura de copa (Cobertura) e espaçamento médio (Espaçamento) no modelo com todas variáveis, os pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB identificados por suas fitofisionomias: Cerrado Denso (CD), Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT) e Mata de Galeria (MG) e as espécies de morcegos: <i>Anoura caudifer</i>	

(Anc), *Anoura geoffroyi* (Ang), *Artibeus cinereus* (Arc), *Artibeus lituratus* (Arl), *Artibeus planirostris* (Arp), *Carollia perspicillata* (Cap), *Desmodus rotundus* (Der), *Glyphonycteris behnii* (Glb), *Glossophaga soricina* (Gls), *Micronycteris* sp. (Mis), *Plathyrhinus lineatus* (Pll), *Sturnira lilium* (Stl), *Sturnira tildae* (Stt). .....32

## ANEXOS

Anexo 1.1. Figura da relação entre a complexidade da estrutura da vegetação através do Índice de Vegetação (IV) e a: A. Abundancia de morcegos da família Phyllostomidae, B. Riqueza de espécies, C. Diversidade de Shannon e D. Diversidade de Simpson, nos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB.....	I
Anexo 1.2 Figura da relação entre a diferenças na estrutura da vegetação através do Índice de Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação (IDEV) e a diversidade $\beta$ de Simpson (Dissimilaridade de Morisita-Horn). ....	II
Anexo 1.3. Imagem de satélite: A . Parque nacional de Brasilia com a posição do módulo RAPELD e B. em destaque a área de estudo com módulo RAPELD instalado em vermelho, seus pontos amostrais classificados pela fitofisionomia e a posição das redes de captura em amarelo.....	III

## RESUMO

A hipótese de diversidade-complexidade de habitat propõe que habitats mais complexos são mais ricos em espécies. A hipótese de diversidade-heterogeneidade propõe que habitats mais heterogêneos são mais diversos por apresentarem maior diversidade de tipos de habitats os quais espécies diferentes podem ocupar. O Cerrado é um ambiente ideal para testar as duas hipóteses, pois apresenta uma grande variação na complexidade da estrutura do habitat, com vegetações campestres a florestais, e predomínio de formações savânicas de Cerrado *sensu stricto*. A grande variação da estrutura das formações vegetais e a grande diversidade de fatores que determinam sua distribuição fazem com que a vegetação do Cerrado forme um mosaico de grande heterogeneidade. Recentemente, a heterogeneidade natural do Cerrado tem recebido maior atenção e muitos pesquisadores tem afirmado que a diversidade de espécies do Cerrado é resultado de sua alta diversidade beta, que estaria relacionada à heterogeneidade das fitofisionomias do bioma. Assim, compreender como a diversidade de espécies é estruturada em relação à complexidade e à heterogeneidade dos habitats do Cerrado é um passo fundamental para entender os padrões de diversidade de espécies no bioma. Para isso, analisamos como a complexidade de habitats no gradiente vegetacional de Floresta (Mata de Galeria) a Savanas abertas (Cerrado Ralo) dos pontos amostrais influencia a abundância e a diversidade  $\alpha$  de espécies de morcegos Phyllostomidae, e como a heterogeneidade resultante do mosaico de fitofisionomia do Cerrado influencia a diversidade  $\beta$  ao longo do mesmo gradiente. Nossos resultados mostram que não existe uma relação da abundância e da diversidade  $\alpha$  de espécies de morcegos com a complexidade dos habitats no gradiente estudado. A diversidade  $\beta$  foi relacionada à heterogeneidade resultante das diferenças na estrutura da vegetação ao longo do gradiente. Além disso, diversidade  $\beta$  entre fitofisionomias foi a que mais influenciou a diversidade total da comunidade de morcegos Phyllostomidae no Parque Nacional de Brasília. Encontramos uma relação entre a composição de espécies com a estrutura da vegetação nos pontos amostrais, indicando que as espécies tem algum grau de especialização a alguma parte do gradiente, e que as espécies dominantes como *Artibeus lituratus* e *Carollia perspicillata* não apresentam especialização à estrutura do habitat, como esperado. Assim concluímos que a diversidade de morcegos no Cerrado é resultante de diversidade de habitats e que as áreas abertas do bioma são igualmente importantes para a diversidade total quanto as áreas florestais.

## ABSTRACT

The hypothesis of diversity-habitat complexity suggests that more complex habitats are richer in species. The diversity-heterogeneity hypothesis proposes that more heterogeneous habitats are more diverse because they present a greater diversity of habitat types in which different species can occupy. The Cerrado is an ideal environment to test the two hypotheses because it presents a wide variation in the complexity of habitat structure, with grassland vegetation to forest, and savanna formations with predominance of Cerrado sensu stricto. The wide variation in the structure of the vegetation and the great diversity of factors that determine their distribution, make that the Cerrado vegetation forms a mosaic of large heterogeneity. Recently, the heterogeneity of the natural Cerrado has received more attention and many researchers have claimed that species diversity of the Cerrado is the result of its high beta diversity, that would be related to the heterogeneity of the vegetation types of the biome. Thus, understanding how species diversity is structured in relation to the complexity and heterogeneity of habitats in the Cerrado is a key step to understand the patterns of species diversity in the biome. So, we analyzed how complexity of habitats in a gradient of forest vegetation (gallery forest) to open savannas (Cerrado Ralo) of sample points influences the abundance and  $\alpha$  diversity of species Phyllostomidae bats, and how the heterogeneity resulting mosaic of phytophysiology in Cerrado influences the  $\beta$  diversity along the same gradient. Our results show that there is no relationship between the abundance and  $\alpha$  diversity of bat species with the complexity of the habitats gradient studied. The  $\beta$  diversity was related to the heterogeneity resulting from differences in the structure of vegetation along the gradient. Furthermore,  $\beta$  diversity between vegetation types was the one that most influenced the total diversity of the community of Phyllostomidae bats at “Parque Nacional de Brasília”. We found a relationship between the species composition and vegetation structure in the sampling points, indicating that species has some degree of specialization to some part of the gradient, and that dominant species, as *Artibeus lituratus* and *Carollia perspicillata*, don't have specializations to habitat structure, as expected. Thus we conclude that diversity of bats in the Cerrado is a result of diversity of habitats and that open areas of the biome are equally important to the total diversity as are forest areas.

## INTRODUÇÃO

A ecologia pode ser definida com a ciência que busca compreender a relação entre os organismos e seus ambientes (Dice 1955), ou ainda como um ponto de vista ou abordagem, que compreende as diversas características de uma área e como os fatores climáticos e edáficos influenciam na vida dos organismos, e como esses afetam o ambiente e interagem uns com os outros (Tansley 1987). Assim um bom resumo dos principais interesses dos ecólogos é compreender os padrões de distribuição das espécies nos habitats, os padrões de diversidade e os fatores que os determinam (Begon *et al.* 2006).

Uma forma de explicar os padrões de diversidade é a hipótese de complexidade de habitat é um meio de explicar padrões de diversidade de espécies, que relaciona a maior diversidade de espécies com a maior estruturação de habitats mais complexos, que apresentam maior diversidade de micro-habitats disponíveis e suportam variadas formas de exploração de recursos (MacArthur & MacArthur 1961). Habitats mais complexos, em sua forma original, são os verticalmente mais estruturados (MacArthur & MacArthur 1961). Recentemente a complexidade de habitat tem tido diferentes interpretações, mas pode ser melhor definida pela existência de elementos estruturalmente diferentes constituem um habitat, considerando como descritores de complexidade: a diversidade de elementos, o arranjo espacial, o tamanho, a abundância ou a densidade dos elementos (Tokeshi & Arakaki 2012), além da escala espacial.

Porém os mecanismos por trás dos efeitos da complexidade ainda não são claros, com explicações diferentes da proposta em sua forma original, como a maior produtividade, ou densidade, e efeitos amostrais relacionados à maior área superficial (Kovalenko *et al.* 2012). No entanto, apenas a maior diversidade de formas de exploração (espaço de nicho) e o maior

particionamento de nicho (nichos mais estreitos) são maiores em ambientes mais complexos (Willis *et al.* 2005), como proposto por MacArthur & MacArthur (1961).

Outra hipótese que explica a diversidade de espécies é a de diversidade-heterogeneidade, onde a variedade de tipos de em determinada paisagem define a diversidade de espécies que ali podem coexistir (MacArthur *et al.* 1962). A heterogeneidade pode ser definida com a quantidade de diferentes tipos de habitats disponíveis em uma paisagem. Isso ocorre se as espécies selecionam um tipo de habitat com característica particular que teria poucas espécies, mas manchas próximas de diferentes tipos teriam composições distintas (MacArthur 1964), resultando em maior particionamento do espaço de nicho e especialização, reduzindo o efeito da competição pela segregação espacial (MacArthur *et al.* 1962). Assim, tem sido dada maior importância à heterogeneidade do que à relação espécies-área (Baldí 2008), pois se pode explicá-la juntamente com dispersão limitada (Shen *et al.* 2009), e a heterogeneidade em larga escala é mais importante do que a área para a riqueza de espécies (Kolasa *et al.* 2012).

Mesmo estando claro que a complexidade faz referência à estruturação vertical dos elementos do habitat (MacArthur & MacArthur 1961; August 1983), enquanto a heterogeneidade refere-se à variação horizontal na estrutura do habitat (MacArthur *et al.* 1962; August 1983), complexidade e heterogeneidade de habitat tem sido usadas como se fossem sinônimos (August 1983; Tokeshi & Arakaki 2012). Assim, uma alta diversidade de espécies pode resultar tanto de habitats mais complexos, mesmo que homogêneos, com as espécies se segregando verticalmente dentro da complexa estrutura do habitat (MacArthur 1964); quanto de habitats mais heterogêneos, mesmo que menos complexos, com as espécies diferentes ocupando tipos de habitat com diferentes estruturas (MacArthur 1964). Isso pode explicar a diversidade de espécies entre ambientes florestais e savânicos, sendo uma floresta

tropical é mais complexa, porém menos heterogênea, enquanto uma savana é menos complexa e mais heterogênea (August 1983).

Assim, o Cerrado é um ambiente adequado para testar hipóteses de diversidade, complexidade e heterogeneidade de habitats, uma vez que paisagem natural do bioma apresenta uma grande variação na estrutura da vegetação, tanto de complexidade quanto de heterogeneidade. A complexidade varia de forma extrema no gradiente de fitofisionomias, que vai desde campos, sem nenhuma árvore ou arbusto do Campo Limpo, até às florestas relativamente densas da Mata de Galeria, passando por vários tipos de fitofisionomias, com predomínio das formações savânicas do Cerrado *sensu strictu* (Oliveira & Rather 2002). Essa diversidade de formações e fitofisionomias, além da alta heterogeneidade espacial que caracteriza a estrutura da vegetação dessa savana neotropical, onde um mosaico com manchas de cobertura muito variada é criado por diferentes proporções de plantas lenhosas na matriz de campestre (Sarmiento 1984). Como resultado desse mosaico natural de fitofisionomias de estrutura bastante diferentes fazem do Cerrado a savana mais diversa da Terra (Eiten 1978; Ribeiro & Walter 2008), com alta diversidade de espécies endêmicas (Myers *et al.* 2000). Assim, no Cerrado a acentuada heterogeneidade da paisagem parece contrabalancear a perda da complexidade típica de biomas florestais para permitir a coexistência de espécies (Colli *et al.* 2002).

No entanto, apenas três estudos de diversidade de espécies no Cerrado focam padrões de diversidade local testando simultaneamente as hipóteses clássicas de complexidade e heterogeneidade (Hannibal & Caceres 2010; Silva *et al.* 2010; Tubelis & Cavalcanti 2000). Alguns encontram efeito da complexidade no padrão de diversidade (Dantas & Batalha 2011; Fernandes *et al.* 2004; Gonçalves-Alvim & Fernandes 2001; Hannibal & Caceres 2010; Neves *et al.* 2012; Ribas & Schoereder 2007; Tubelis & Cavalcanti 2000), mas outros falham

em encontrar tal efeito, como o de Leite e colaboradores (2012). Porém, a maior parte dos estudos demonstra claramente um efeito da heterogeneidade (Dantas & Batalha 2011; Brooks *et al.* 2002; Fialho *et al.* 2007; Hannibal & Caceres 2010; Ligeiro *et al.* 2010; Pacheco & Vasconcelos 2012; Ribas & Schoereder 2007; Santos & Henrique 2010; Silva *et al.* 2010; Tubelis & Cavancanti 2000) e apenas dois trabalhos não encontram esse efeito (Larrea-Alcázar *et al.* 2011; Oliveira & Eterovick 2010).

Estudos sobre a diversidade de espécies no Cerrado que tem focado diretamente na hipótese de heterogeneidade tem demonstrado sua importância para a diversidade regional (Batalha *et al.* 2001; Colli *et al.* 2002; Giaretta *et al.* 2008; Hannibal & Caceres 2010; Nogueira *et al.* 2009; Pacheco & Vasconcelos 2012; Silva *et al.* 2010; Tubelis & Cavancanti 2000). A heterogeneidade tem sido apontada como o fator mais importante para a diversidade de uma região para diferentes grupos de vertebrados nas savanas (Price *et al.* 2010; Fahr & Kalko 2011), e sua importância parece ser uma tendência geral no padrão de diversidade para animais em uma ampla diversidade de habitats terrestre (Tews *et al.* 2004).

No Cerrado, morcegos são a ordem de mamíferos mais diversa em espécies e em nicho trófico (Aguiar & Zortéa 2008). São considerados muito importantes para a manutenção da diversidade dos ecossistemas locais por serem os vertebrados que ocupam a maior diversidade de nichos tróficos em ambientes terrestres (Simmons & Conway 2006) e por atuarem como dispersores de pólen e sementes, controladores de populações naturais de insetos via predação, e possivelmente de grandes mamíferos herbívoros por hematofagia (Patterson *et al.* 2006). Apesar de ser um dos grupos de vertebrados funcionalmente mais diversificado, e de sua importância para a manutenção dos ecossistemas (Kalka *et al.* 2008 e Jones *et al.* 2009), estudos que abordam de maneira adequada as questões sobre os padrões de

diversidade em escala local ainda são escassos (Aguiar & Zortéa 2008), exatamente onde desempenha importante papel ecológico.

Em estudo recente nas savanas africanas foi verificado que a diversidade beta de morcegos foi determinada pela heterogeneidade de fitofisionomias em escala local (500m) (Farh & Kalko 2011). Em habitats florestais a diversidade pode ser maior entre áreas mais complexas, pois essas apresentam maior espaço de nicho, já em áreas abertas como o Cerrado a maior heterogeneidade pode compensar o efeito da perda de complexidade (Colli *et al.* 2002), para manter espécies em escala local ou regional (Nogueira *et al.* 2009). Desta forma, irei verificar se o padrão de diversidade de espécies de morcegos na vegetação do Cerrado é similar ao encontrado nas savanas africanas. Para isso pretendo responder a seguinte hipótese: a diversidade beta de morcegos é determinada pela heterogeneidade natural da vegetação do Cerrado. Para responder essa hipótese geral, irei responder a quatro perguntas:

I) Existe uma relação entre a diversidade alfa de morcegos e a complexidade da vegetação (*sensu* August 1983)?

II) A diversidade Beta de morcegos entre áreas com estrutura de vegetação mais similares é menor do que a diversidade beta entre áreas mais distintas?

III) A diversidade Beta de morcegos entre fitofisionomias adicionará mais espécies para a diversidade total da área de estudo do que a diversidade beta dentro das fitofisionomias?

IV) A ordenação dos pontos amostrais de acordo com a distribuição das espécies de morcegos corresponde a ordenação desses pontos em relação a estrutura de vegetação?

## **MATERIAL E MÉTODOS**

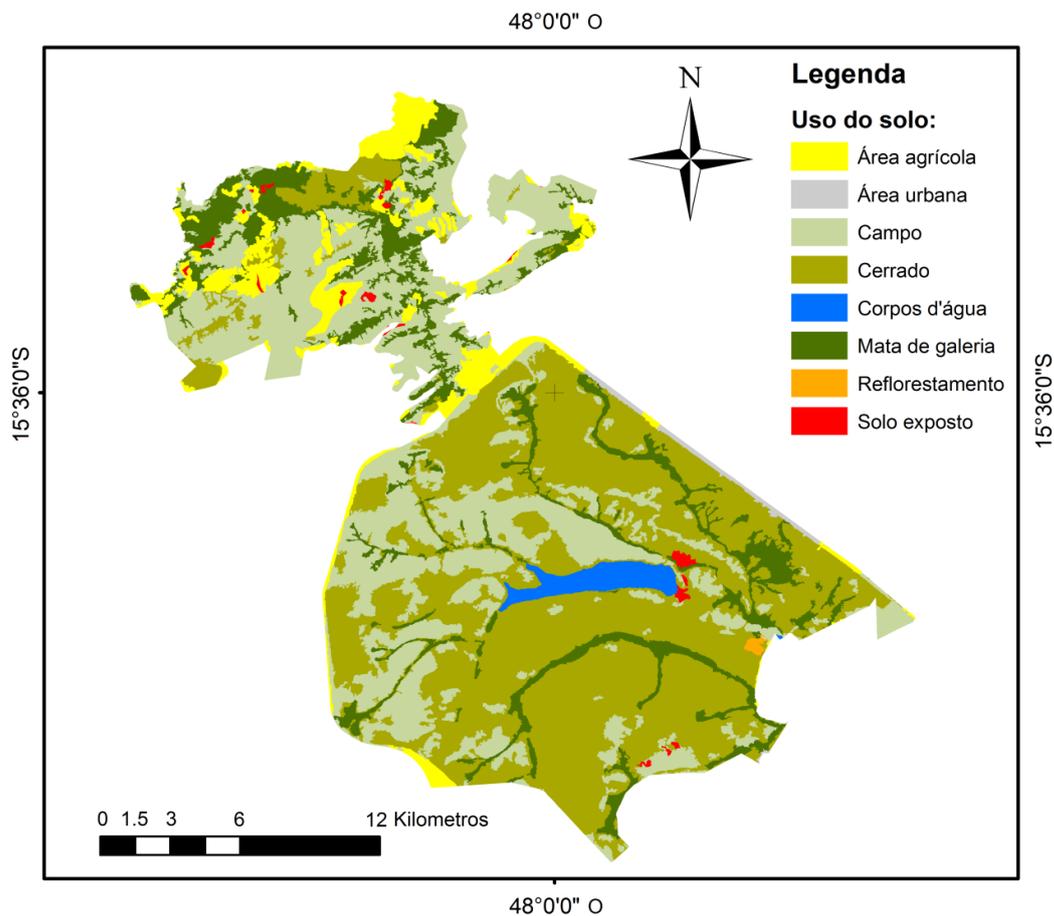
### **Área de Estudo**

Esse trabalho foi realizado no Parque Nacional de Brasília (PNB), criado em 1961, para proteger os principais mananciais do Distrito Federal Brasília (Brasil 1961). O PNB está situado na microbacia do rio Paranoá, afluente do rio São Bartolomeu, pertencente à bacia do rio Paraná. Está localizado na porção noroeste do Distrito Federal, a aproximadamente 10 km do centro de Brasília, entre as coordenadas 15°35' a 15°45' latitude sul e 47°55' a 48°55' longitude oeste. Desde sua criação o PNB ocupou uma área de cerca de 30 mil ha com sistema de manejo, fiscalização e regularização fundiária bem estabelecida com altitude média de aproximadamente 1200m (IBAMA & FUNATURA 1998). Em 2006 o PNB teve seus limites redefinidos e atualmente, possui uma área de 42.389 ha (Brasil 2006), no entanto, a área anexada ao PNB, que fazia parte da Área de Preservação Ambiental da Cafuringa, ainda não possui regularização fundiária, demarcação de limites, fiscalização e manejo integrado ao restante do PNB.

O clima do PNB é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, clima tropical com estação seca de inverno. A temperatura média do mês mais frio é superior a 20° C e a do mês mais quente a 24° C. O clima do PNB, como o do Cerrado, é caracterizado por duas estações bem definidas: uma chuvosa, de outubro a março, e outra seca de maio a setembro. A precipitação anual durante o período do estudo foi de 1.539 mm. Os dados climáticos apresentados são da estação meteorológica do Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, única estação meteorológica em unidade de conservação no Distrito Federal.

A vegetação da área do PNB preservada desde 1961 é composta de várias fitofisionomias sendo que Cerrado *sensu stricto* equivale a 39% da área, seguido por Campo

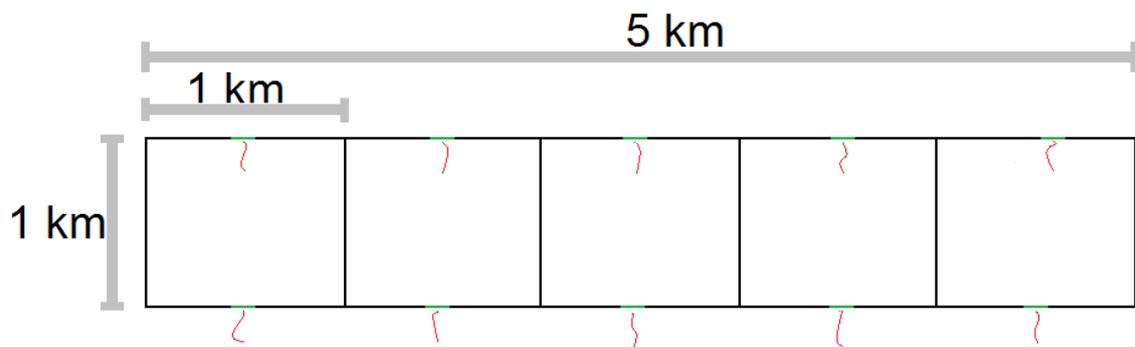
Limpo (34%), Campo Sujo (11%), Mata de Galeria (10%). As demais fitofisionomias presentes ocupam 6% desta área do PNB (Roveratti 2008), no entanto não há informações sobre a área recentemente integrada ao PNB. As espécies mais representativas no Cerrado *sensu stricto* do PNB são: *Ouratea hexasperma*, *Styrax ferrugineus*, *Qualea grandiflora*, *Qualea parviflora* e *Cariocar brasiliensis* (Felfili *et al.* 1992). Não existem informações das espécies vegetais mais representativas das demais fitofisionomias do PNB, mas há presença da gramínea invasora *Melinis minutiflora* (capim gordura) em 15% de sua área. Essa espécie é dominante no estrato herbáceo em 3.3% da área do PNB (Martins 2006).



**Figura 1.** Parque Nacional de Brasília com o uso do solo segundo a classificação da UNESCO de 2002.

## Módulo RAPELD

No PNB foi instalado um módulo similar ao do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), para estudos no Cerrado, onde todos os dados desse trabalho foram coletados, esta localizada entre as coordenadas de 15°41'41" Sul e 48° 02'04" Oeste e 15°43'31" Sul e 47°59'17" Oeste e foi estabelecido de forma a amostrar o maior número de fitofisionomias. O módulo é estruturado por duas transeções de 5 km de extensão, paralelas uma a outra, com uma distância de 1 km entre as transeções. Em cada transeção foram estabelecidas 5 parcelas, uma a cada quilometro. As parcelas ripárias foram estabelecidas sempre que a transeção cruzou um curso d'água principal.

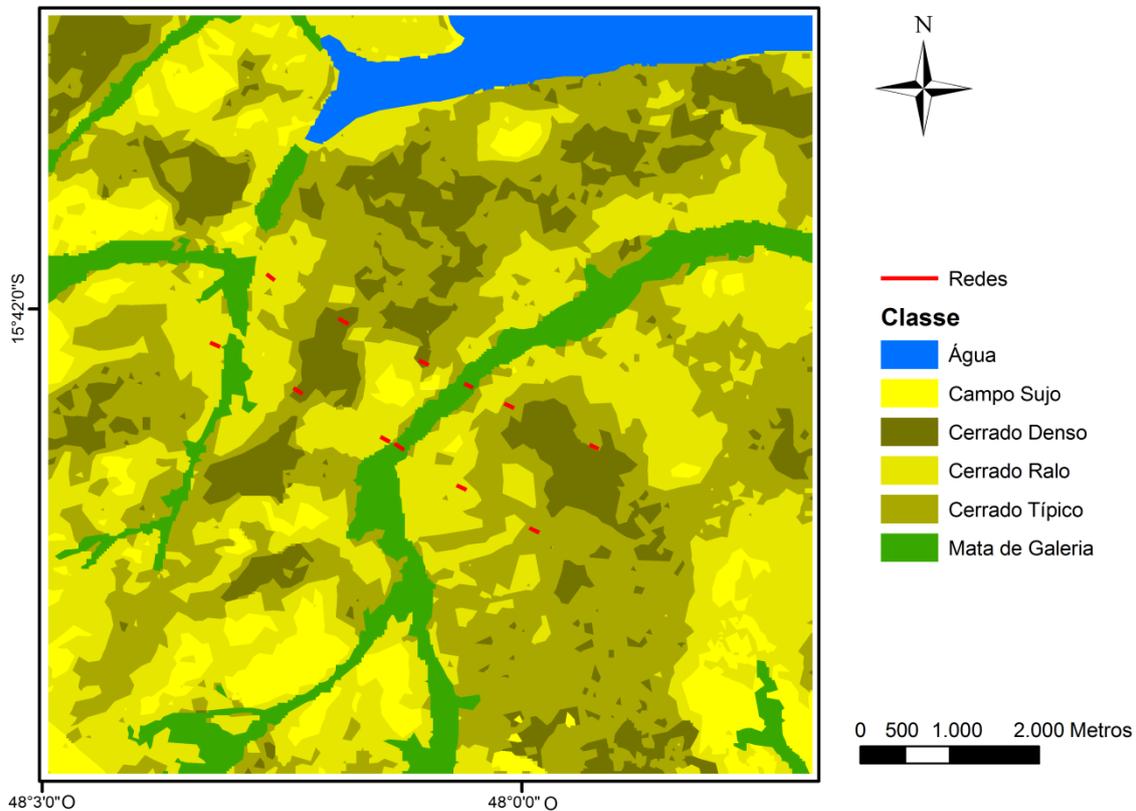


**Figura 2.** Esquema do módulo RAPELD com duas transeções principais paralelas de 5 km cada com 1 km entre elas, as parcelas de 250 metros seguindo a curva de nível do relevo em vermelho e a posição das linhas de rede em verde.

## Pontos de Amostragem

Como as parcelas do módulo RAPELD utilizadas nesse estudo tem formas irregulares, pois seguem a curva de nível, os pontos de amostragem foram estabelecidos sobre a transeção de 5 km em uma única série de redes centralizadas no ponto inicial de cada parcela. Esse arranjo foi necessário para que as redes pudessem ser instaladas em uma única série em linha reta, para a coleta de morcegos na parcela. Portanto, foram estabelecidos 12 pontos de amostragem, sendo 10 no Cerrado *sensu stricto* e duas em Mata de Galeria (figura

3). Esses pontos de amostragem também foram utilizados para a coleta de dados de estrutura de vegetação.



**Figura 3.** Área do módulo RAPELD do Parque Nacional de Brasília, com a classificação de suas fitofisionomias e a posição das redes nos doze pontos amostrais do estudo.

### **Amostragem de Morcegos**

Para amostrar os morcegos foram utilizadas 10 redes de espera (Avinet, Inc.), de 12 x 3 metros, malha de 38 mm, medidos do nó a nó com uso de paquímetro de acordo com instrução do fabricante. Essas redes foram abertas 30 minutos após o pôr do sol e assim permaneceram por cinco horas. Nesse período as redes eram revisadas a cada 20 minutos.

Todos os 12 pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB foram amostrados a cada dois meses, divididos em duas campanhas mensais de seis dias onde amostramos os seis pontos de uma transeção. Assim esse procedimento foi repetido de dois em dois meses em cada um dos

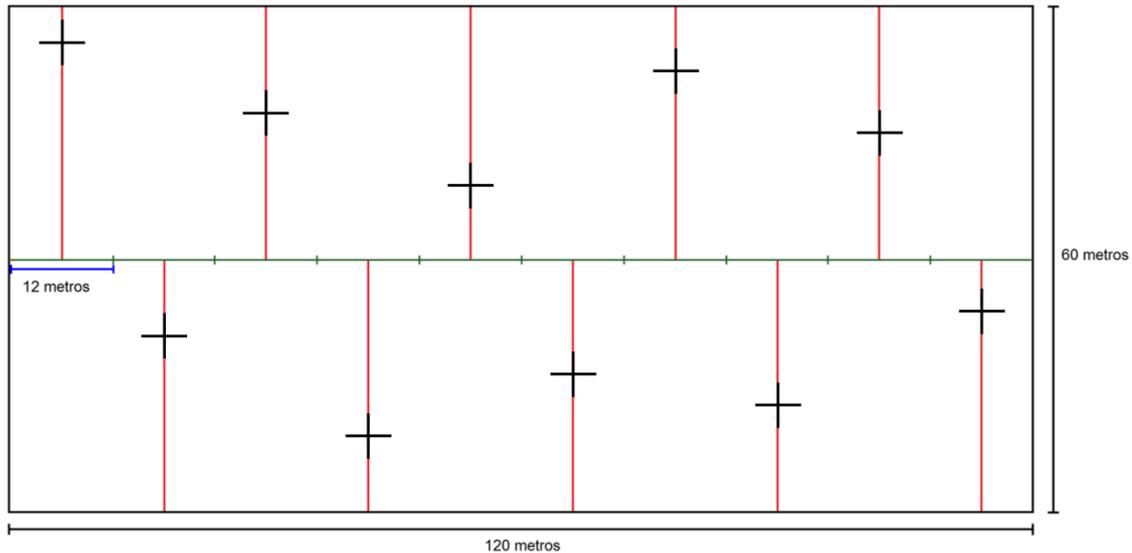
pontos de amostragem por 12 meses, e cada ponto amostral foi visitados por seis vezes ao longo do estudo.

Os indivíduos capturados foram medidos com uso de paquímetro com precisão de 0,02mm e pesados com uma balança (PESOLA®) com precisão de 0,5g para auxiliar na identificação. Depois de medidos e os morcegos eram marcados com anilhas plásticas numeradas. Depois de medidos, anilhados e identificados os morcegos foram soltos no mesmo local de captura. Sempre que possível as espécies de morcegos eram identificadas em campo. Em casos de dúvida os morcegos eram mortos e levados para identificação em laboratório.

Os exemplares mortos para identificação e as duas primeiras capturas de cada espécie serão depositados na Coleção de Mamíferos da Universidade de Brasília como espécimes testemunho. Para identificação das espécies foram utilizadas as seguintes chaves: Vizotto & Taddei (1973), Lim & Engstrom (2001), Diaz *et al.* (2011), Miranda *et al.* (2011), Gregorin & Taddei (2002) e Gardner (2007). Esse trabalho foi realizado com as devidas licenças concedidas pelo SISBIO (SISBIO nº 10624 e nº 27719).

### **Estrutura da vegetação**

Para coleta das variáveis de estrutura de vegetação nos pontos amostrais foi estabelecida uma parcela de 120 x 60 metros ao longo da transecção onde realizei as capturas. A transecção dividia a parcela ao meio, com 30 metros para cada lado. Para medir a cobertura linear de copa e alocar aleatoriamente os pontos de amostragem de estrutura de vegetação foram estabelecidas, na parcela, dez linhas alternadas, perpendiculares à transecção com 30 metros de comprimento (figura 4).



**Figura 4. Parcela de amostragem de estrutura de vegetação, com a linha das redes em verde, linhas de amostragem de cobertura linear de copa em vermelho e o ponto quadrante marcado pelas cruces em preto.**

Para medir a cobertura linear de copa, em cada linha estendi uma trena de 30 metros e ao longo desses 30 metros medi todas as projeções de copa, considerando a copa de uma árvore contínua, mesmo que ela tenha falha em seu interior. Em cada uma dessas linhas foi estabelecido um ponto de amostragem pelo sorteio da distância a partir da transecção e marcado por uma baliza. Em cada um dos pontos, a partir da baliza, foram medidos a distância, o diâmetro a 30 cm do solo e a altura de cada uma das quatro árvores mais próximas, sendo uma em cada quadrante do ponto, foram considerados indivíduos arbóreos os com diâmetro maior que 5 cm. Para medir a porcentagem de cobertura de copa nesses pontos coloquei uma câmera fotográfica com lente olho de peixe (180°) a 1 metro de altura do solo, voltada para cima e nivelada usando um prumo de bolha. Para processar as fotos e medir a porcentagem de cobertura de copa utilizei o programa CAN-EYE V6.310.

Os métodos descritos anteriormente foram necessários para a coleta de dados que possibilitaram a classificação das fitofisionomias onde estavam os pontos amostrais e a criação de índices de estrutura de vegetação e de dissimilaridade da estrutura da vegetação.

Essa classificação e esses índices foram utilizados nas análises estatísticas de estruturação da comunidade de morcegos.

Classifiquei as fitofisionomias dos pontos amostrais de Cerrado *sensu lato* de acordo com a classificação de Ribeiro & Walter (1998), que utiliza a porcentagem da cobertura linear de copa como critério de classificação. Desta forma, Mata de Galeria são áreas sobre influência de corpos d'água com 70-90% de cobertura de copa; Cerrado Denso áreas com 50-70% de cobertura; Cerrado Típico áreas com 20-50% de cobertura; e Cerrado Ralo áreas com 5-20% de cobertura.

As seguintes variáveis foram utilizadas na análise da estrutura do gradiente de vegetação utilizei as seguintes variáveis: média do espaçamento entre os indivíduos, média da área basal a 30 cm do solo, média da altura e média da cobertura de copa (foto hemisférica). Como a cobertura de copa é calculada em porcentagem foi necessário a transformação de arcoseno. Utilizei a transformação de Z para evitar a influência causada pela diferença nas escalas de medida das variáveis. Assim, cada observação é escalonada em desvios padrão da média da variável (Legendre & Legendre 1998). Com essas variáveis padronizadas, procedi a Análise de Componentes Principais (PCA). Realizei a PCA por matriz de covariância, usando o Programa R (R Core Development Team). Com o resultado dessa análise (PC1) criei um índice de vegetação (IV) para facilitar a visualização do gradiente de complexidade de estrutura da vegetação. Para tanto, invertí os valores do PC1 de modo que as áreas de Mata tivessem valores maiores que as áreas de Cerrado Ralo e nenhuma das observações tivessem valor igual ou menor que zero. Esse Índice de Vegetação será utilizado nas análises de correlação da estrutura da vegetação com a estrutura da comunidade de morcegos da família Phyllostomidae nos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB.

Além do IV criei também um índice de dissimilaridade da estrutura da vegetação entre os sítios, ou seja, Índice de Diferença na Estrutura da Vegetação (IDEV), onde utilizei distâncias euclidianas para as variáveis de estrutura de vegetação padronizadas em escores de Z. Esse índice foi criado para evitar o uso da expressão “distância euclidiana” e ser utilizado nas análises de relação entre a diversidade beta de morcegos e as diferenças na estrutura de vegetação (IDEV). Utilizei o pacote *vegan* do Programa R (R Core Development Team).

## **Análises Estatísticas**

### **Estrutura da Comunidade de Morcegos**

Para os cálculos da estrutura da comunidade de morcegos foram considerados apenas os morcegos da família Phyllostomidae, pois o método de captura utilizado, rede de espera, é adequado apenas para as espécies desta família (Fenton *et al.* 1992), sendo as capturas das demais espécies ocasionais sua utilização enviesada qualquer análises de estrutura de comunidade. Para o cálculo de abundância considerei o número de capturas, ou sucesso de captura, em cada um dos pontos amostrais devido a existência de recapturas entre áreas, assim a exclusão das recapturas poderia interferir de forma distintas entre os diferentes pontos amostrais. Assim todos os dados de captura e recapturas entre pontos e entre campanhas de campo foram considerados exceto recapturas no mesmo ponto e campanha. A delimitação das comunidades locais é operacional seguindo a sugestão de Palmer & White (1994), sendo considerados os indivíduos das espécies capturados em um mesmo ponto amostral uma comunidade, mas devido as recapturas entre áreas as comunidade locais podem ser interpretadas como uso de habitat pelas espécies da comunidade total do PNB.

Para calcular a diversidade  $\alpha$  (alfa) de espécies da comunidade de morcegos realizei as seguintes medidas de diversidade: a riqueza de espécies ( $D^0$ ), e a diversidade verdadeira de

Shannon ( $D^1$ ) e de Simpson ( $D^2$ ), sendo que todas essas medidas são apresentadas em seus respectivos números de espécies equivalentes (Hill 1973, Jost 2006).

Para analisar a diversidade beta entre os pontos amostrais utilizei a abordagem de partição multiplicativa da diversidade (Whittaker 1972), onde  $\beta = \gamma/\alpha$  (ver Jost 2006 e 2007). A diversidade Beta foi calculada para cada par de sítios. Com esses valores de diversidade Beta criei uma matriz de dissimilaridade para cada uma das medidas de diversidade (riqueza, Shannon e Simpson). Esta matriz de diversidade beta foi criada para ser utilizadas nas análises de relação entre diversidade beta e a dissimilaridade da estrutura da vegetação. Para o cálculo da diversidade Beta utilizei o pacote *vegetarian* do Programa R (R Core Development Team).

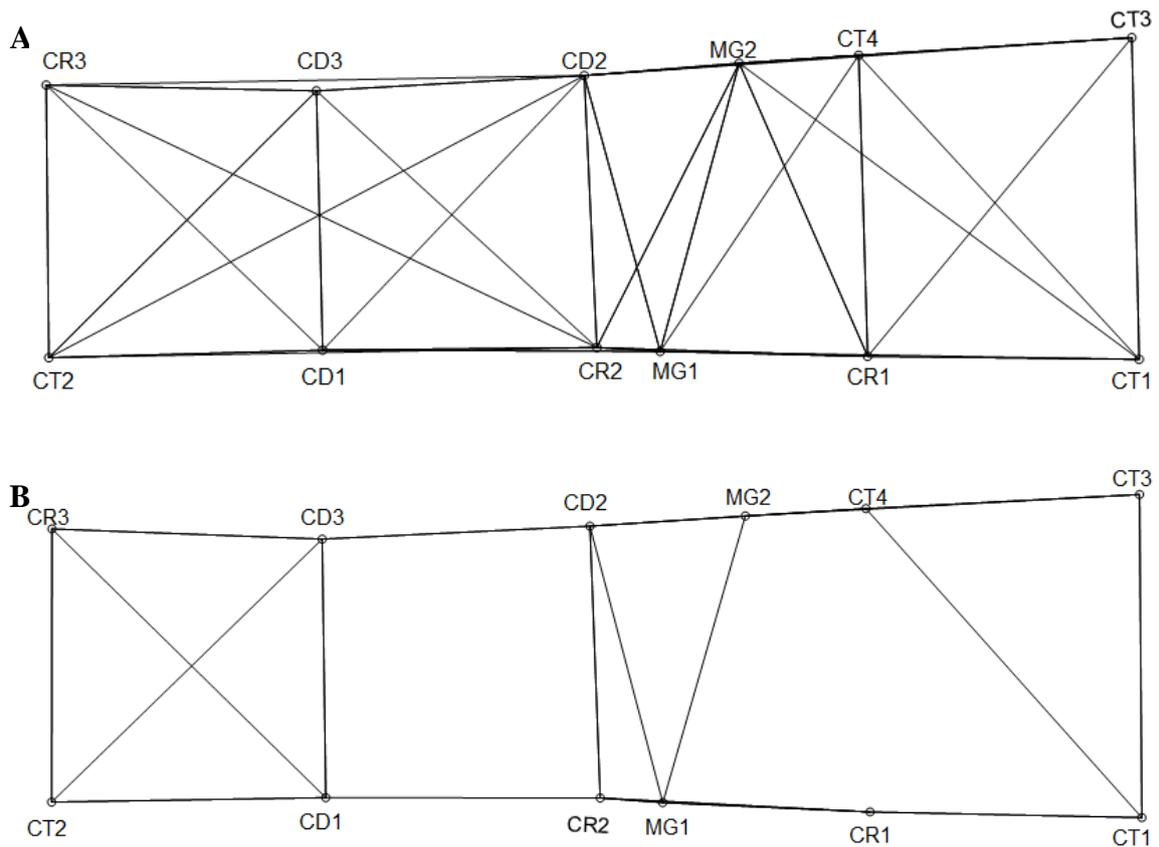
### **Autorrelação Espacial da Estrutura da Comunidade de Morcegos**

Como a distribuição dos indivíduos das diversas espécies que compõem uma comunidade apresenta algum tipo de agregação intraespecífica a certas manchas de habitats em alguma escala espacial, onde o estabelecimento ou a reprodução são mais favoráveis, sua distribuição na paisagem não é aleatória, o que pode gerar algum tipo de correlação espacial entre pontos amostrais nos dados de estrutura de comunidade, bem como nos dados de estrutura do habitat. Assim, em estudos observacionais como a maioria dos estudos ecológicos em ambientes naturais, como no caso do presente trabalho, é necessário verificar a existência de autocorrelação espacial entre os pontos amostrais (Hurlbert 1984). A análise de autocorrelação espacial verifica se existe a tendência de pares de áreas mais próximas serem mais similares nos parâmetros analisados do que seria esperado entre pares de observações aleatórias do conjunto de dados (Legendre 1993), e assim verifica-se o conjunto de dados violam as premissas de independência espacial.

Desta forma, para avaliar a existência de autorrelação espacial da composição e abundância de espécies nos pontos amostrais através de análise de correlograma de Mantel, a qual faz uma análise de correlação de Mantel para cada classe de distância entre cada ponto e

seu o vizinho mais próximo, usando um corte a partir do momento que o número de correlações independentes passa a influenciar o resultado da análise devido a repetição entre pares de pontos. Neste caso, o corte de classe de distância ocorreu a partir do quinto vizinho mais próximo, que no caso está a em média a aproximadamente 2500 metros de distância, como mostrado na figura 5-A. A análise de correlograma de Mantel foi realizada utilizando uma matriz de abundância das espécies por sítio, esta matriz foi padronizada por meio de uma transformação do tipo “*total*”, a qual é abundância das espécies dividida pelo total marginal da abundância no ponto amostral, e uma matriz de posições geográficas projetadas em um plano cartesiano de unidades métricas no pacote *vegan* do Programa R (R Core Development Team).

Além da composição e abundância, que são os elementos básicos da estrutura de uma comunidade, os parâmetros de estrutura da comunidade derivados deste também poderia ter algum tipo de correlação espacial, assim foi feito o teste de I de Moran (Moran 1950), que verifica a existência de estruturação espacial dos valores dos parâmetros analisados. Na análise de I de Moran foi utilizada uma matriz de abundância, riqueza, diversidade de Shannon e de Simpson, além da variável de estrutura do habitat (Índice de Vegetação), e uma matriz de posições geográficas dos pontos amostrais. Nesta análise, é possível escolher o número de vizinhos mais próximos que serão analisados, e pela estrutura espacial do desenho amostrado do módulo RAPELD três vizinhos mais próximos foi o número mais adequado, como mostrado na figura 5-B. A análise de I de Moran foi realizada no pacote *spdep* do Programa R (R Core Development Team).



**Figura 5.** Pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB com as linhas ligando cada ponto a seus cinco vizinhos mais próximos (A) e três vizinhos mais próximos (B), classificados por suas respectivas fitofisionomias Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT), Cerrado Denso (CD) e Mata de Galeria (MG).

### **Relação da Diversidade Alfa da Comunidade de Morcegos com a Complexidade da Estrutura da Vegetação**

Para responder a primeira pergunta deste trabalho, se existe relação entre a diversidade de morcegos nos pontos amostrais (Alfa) e a complexidade de estrutura da vegetação, fiz uma análise de correlação de Pearson. Utilizei o Índice de Vegetação (IV) como variável explicativa das medidas de diversidade de espécies de morcegos. Para representar a relação entre as variáveis adicionei a linha de tendência do modelo utilizando o pacote *car* em um gráfico de dispersão utilizando o Programa R (R Core Development Team).

## **Relação da Diversidade Beta da Comunidade de Morcegos com a Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação entre Pontos Amostrais**

Para responder a segunda pergunta deste trabalho, que é se a diversidade beta de morcegos é menor entre pontos amostrais mais similares do que entre pontos amostrais mais distintos em estrutura da vegetação (IDEV), fiz uma análise de correlação de matrizes com teste de correlação de Mantel, utilizando a correlação de Pearson em 10.000 aleatorizações de Monte-Carlo no pacote *vegan* do Programa R. Para representar a relação entre as matrizes adicionei a linha de tendência do modelo utilizando o pacote *car* em um gráfico de dispersão no Programa R (R Core Development Team).

## **Contribuição da Diversidade Beta dentro e entre Fitofisionomias para a Diversidade Total (Gama) da Comunidade de Morcegos**

Para saber se a diversidade beta dentro da mesma fitofisionomia adiciona mais espécies para a diversidade total da comunidade de morcegos da área de estudo do que a diversidade beta entre fitofisionomias utilizei a abordagem de partição aditiva (Lande 1996), onde  $\beta = \gamma - \alpha$  (Veech *et al.* 2002 e Crist *et al.* 2003). Para esses cálculos utilizei um desenho amostral desbalanceado (número de amostras diferentes entre fitofisionomias) de três níveis, onde Alfa1 corresponde à diversidade local dos pontos amostrais; Beta1 corresponde à diversidade entre amostras da mesma fitofisionomia; Alfa2 corresponde à diversidade das fitofisionomias; Beta2 a diversidade entre as fitofisionomias. Gama é a diversidade total da área de estudo (PNB). Com esse desenho amostral não pude calcular a diversidade beta para o índice de Simpson.

Para testar os resultados utilizei 10.000 aleatorizações de Monte Carlo, usando o modelo nulo de aleatorizações por indivíduos, e comparei os valores observados de cada Alfa e Beta com os valores esperados a partir do modelo nulo. E o valor de  $p$  é a probabilidade de se obter valores maiores do que o observado a partir do modelo nulo. A análise de partição aditiva de diversidade foi realizada no programa Partition 3.0 (Veech & Crist 2009).

## **Relação entre o Gradiente de Estrutura de Vegetação e o Gradiente de Resposta das Espécies de Morcegos aos Sítios**

Para verificar se o gradiente de vegetação determina a distribuição das espécies nos pontos amostrais eu utilizei a Análise de Correspondência Canônica (CCA) com a abundância das espécies de morcegos e o gradiente de estrutura da vegetação nos pontos amostrais. A CCA consiste basicamente em determinar a variação de uma matriz  $Y$  (abundância das espécies nos sítios) pela variação de uma matriz  $X$  (variáveis ambientais nos sítios). Para selecionar as variáveis importantes para o modelo (CCA), eu utilizei um teste- $F$  baseado em 10.000 aleatorizações de Monte Carlo para testar a perda de informação do modelo com a retirada de cada uma das variáveis, começando o processo de seleção com o modelo que incluía todas as variáveis, e a cada teste- $F$  retirei a variável com maior  $p$ , ou seja, a que era menos importante para a capacidade de predição do modelo. Com o modelo final testei a significância das variáveis e dos eixos usando um teste- $F$  com 10.000 aleatorizações de Monte Carlo. Para representar essa relação usei um gráfico com as variáveis de estrutura de vegetação (área basal do tronco, altura das árvores, espaçamento entre árvores e cobertura de copa) e a abundância das espécies de morcegos nos pontos amostrais do PNB. A CCA foi realizada usando o pacote *vegan* do Programa R (R Core Development Team).

## RESULTADOS

### Estrutura de Vegetação

Os dados de cobertura linear de copa permitiram classificar os pontos amostrais em fitofisionomias que representam o gradiente de vegetação de Cerrado *sensu stricto* onde esses estavam alocados. A maior parte dos pontos amostrais foi classificada com Cerrado Típico, seguido de Cerrado Ralo e Cerrado Denso (Tabela1). Assim, a maior parte da amostragem ocorreu em fitofisionomia de Cerrado *sensu stricto* que é a mais representativa do PNB. As áreas alocadas onde as transeções cruzaram corpos d'água foram classificadas como Mata de Galeria (Tabela1).

**Tabela 1. Dados de cobertura linear de copa usados para das classificação das fitofisionomias nos pontos amostrais do PNB. Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT), Cerrado Denso (CD) e Mata de Galeria (MT).**

Ponto Amostral	Fitofisionomia	Cobertura (%)
CR3	Cerrado Ralo	7,4
CR1	Cerrado Ralo	15,3
CR2	Cerrado Ralo	17,2
CT3	Cerrado Típico	22,8
CT4	Cerrado Típico	25,8
CT2	Cerrado Típico	26,0
CT1	Cerrado Típico	34,2
CD2	Cerrado Denso	50,5
CD1	Cerrado Denso	61,6
CD3	Cerrado Denso	64,9
MG1	Mata de Galeria	92,4
MG2	Mata de Galeria	97,8

As variáveis coletadas foram muito correlacionadas e assim foram captadas quase que exclusivamente pelo primeiro componente da PCA - PC1, que capta 81,6% da variação das variáveis utilizadas para análise de estrutura de vegetação (Tabela 2). Assim, os valores que descrevem a organização das áreas na PCA se devem somente a essa nova variável (PC1) que melhor descreve a complexidade estrutura das áreas, no sentido de August (1983).

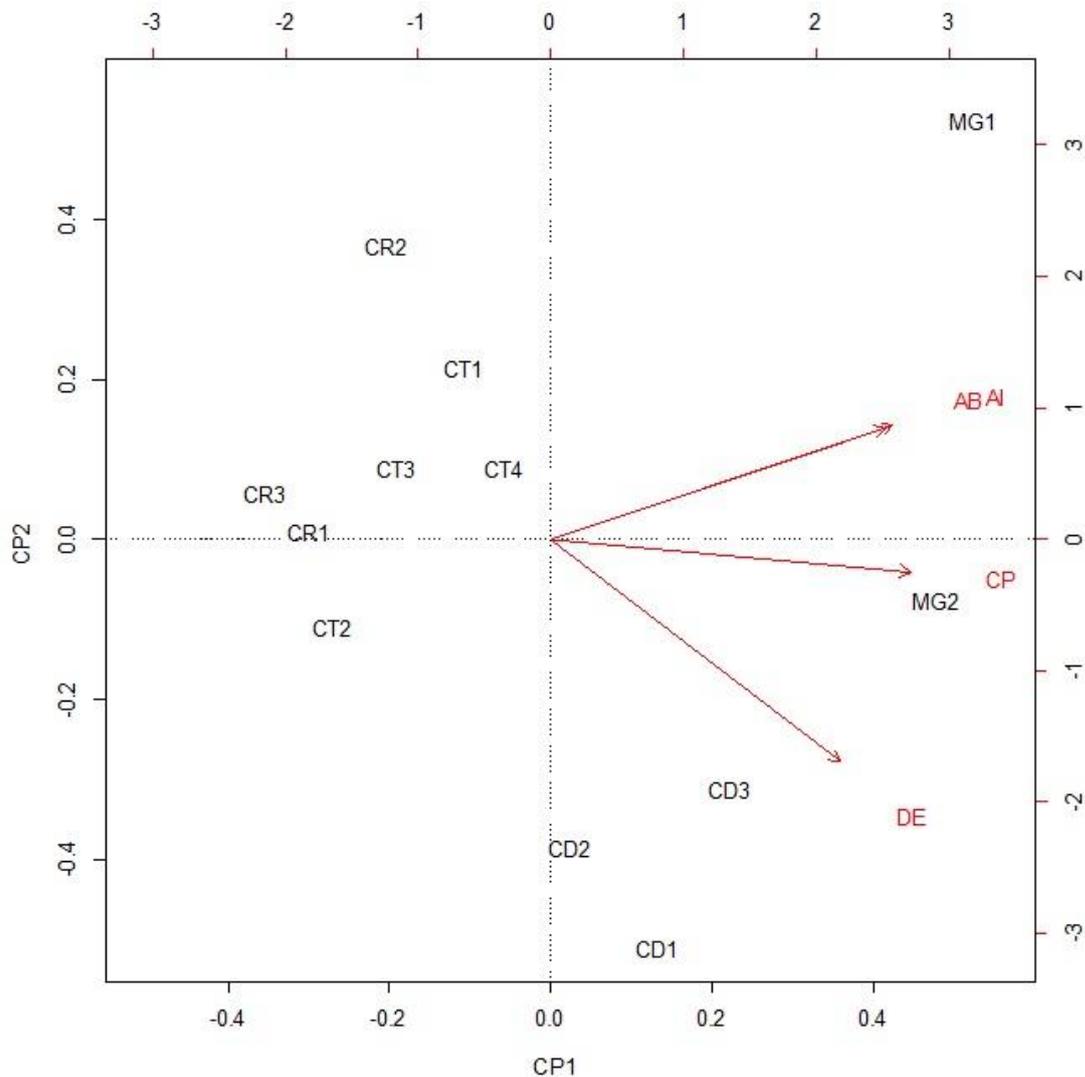
**Tabela 2. Correlação das variáveis de estrutura de vegetação do PNB com os Componentes Principais da PCA (PC1, PC2, PC3 e PC4) e importância dos componentes, proporção de variância explicada pelo componente (%).**

Variáveis:	PC1	PC2	PC3	PC4
Área basal	-0.503	0.403	0.757	0.107
Altura	-0.514	0.414	-0.48	-0.578
Densidade	-0.435	-0.808	0.190	-0.349
Cobertura	-0.542	-0.118	-0.401	0.730
Proporção explicada (%)	81,6	14,3	3,5	0,6

A única discordância entre a classificação das fitofisionomias e a PCA é um ponto classificado como Cerrado Ralo (CR2) que foi considerado mais complexo do que outro ponto classificado como Cerrado Típico (CT2). No entanto, a classificação das fitofisionomias e a PCA da estrutura de vegetação concordam com a existência de um gradiente na complexidade da estrutura de vegetação. O PC1 organiza as áreas de acordo com a complexidade da vegetação, de Mata de Galeria para Cerrado Ralo, enquanto o PC2 apenas diferencia áreas com complexidade similar (Figura 6). O índice de vegetação (IV) criado a partir do PC1 organiza esse gradiente (Tabela 3).

**Tabela 3. Escores do Primeiro Componente da PCA (CP1) e o Índice de Vegetação (IV) dos pontos amostrais com suas fitofisionomias, Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT), Cerrado Denso (CD) e Mata de Galeria (MG).**

Variáveis:	Pontos Amostrais											
	CR3	CR1	CT2	CR2	CT3	CT1	CT4	CD2	CD1	CD3	MG2	MG1
CP1	-2.1	-1.8	-1.6	-1.2	-1.1	-0.6	-0.3	0.2	0.8	1.3	3.0	3.3
IV	0.1	0.4	0.6	1.0	1.1	1.6	1.9	2.4	3.0	3.5	5.2	5.5



**Figura 6.** Plotagem bidimensional dos escores das áreas amostrais e a relação dos vetores das variáveis de estrutura da vegetação: densidade de arbóreas (DE), área basal média (AB) e altura média das árvores (AL) e cobertura de copa (CP) dos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB nos dois primeiros componentes da PCA, Componente Principal 1 (PC1) e Componente Principal 2 (CP2).

### **Estrutura da Comunidade de Morcegos**

Em um esforço total de 129.600 m<sup>2</sup>.h de redes, sendo 10.800m<sup>2</sup>.h por ponto amostral, obtive um total de 221capturas, resultando em uma taxa média de 0.614 morcegos por hora. Foram capturados morcegos em todos os pontos amostrais.

As 20 espécies de morcegos capturadas pertenciam às famílias: Molossidae, Mormoopidae, Phyllostomidae e Vespertilionidae. A família com maior número de espécies

como esperado foi a Phyllostomidae com 13 espécies (Tabela 4), seguida por Vespertilionidae com quatro (*Myotis riparius*, *M. nigricans*, *Eptesicus diminutus* e *E. fuscus*), Molossidae com duas (*Eumops bonariensis* e *Molossops temminckii*) e Mormoopidae com uma (*Pteronotus parnelii*). Assim exclui das análises 5,4% das capturas que representam 35% das espécies que são capturas de forma ocasional e poderiam causar viés amostras.

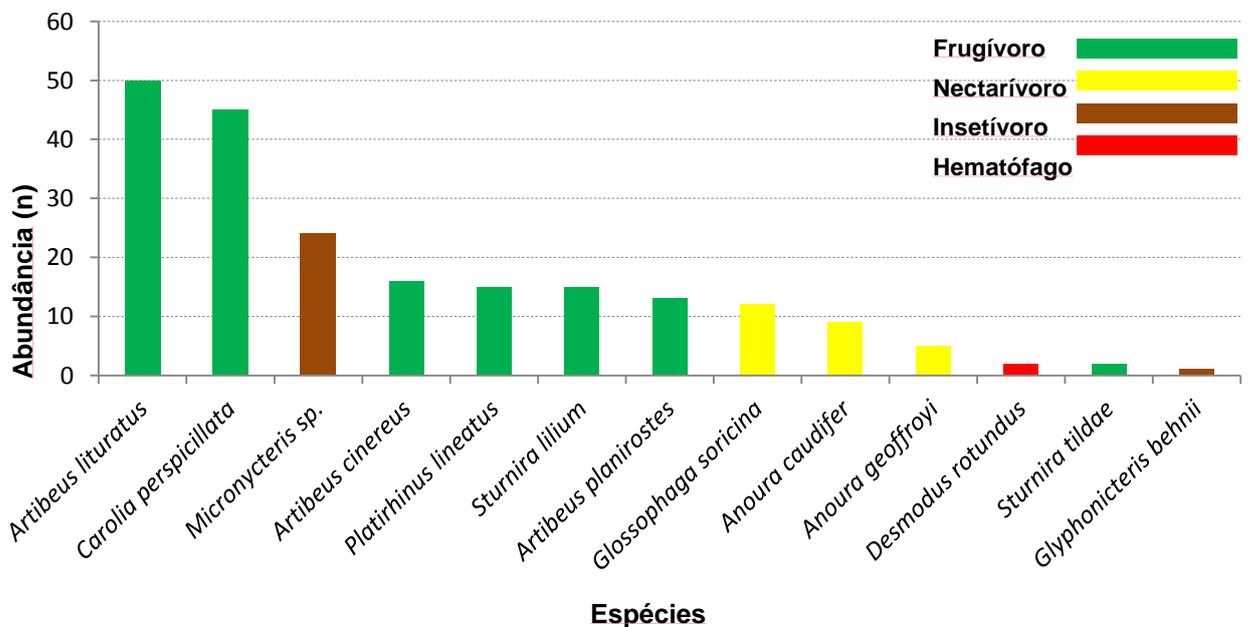
Morcegos filostomídeos foram os mais abundantes com 209 indivíduos capturados. A espécie mais comum foi *Artibeus lituratus*, a única que ocorreu em todos os pontos de amostragem, seguido por *Carollia perspicillata* e *Micronycteris* sp. *Anoura caudifer* não ocorreu em área de Mata, *Micronycteris* sp. só ocorreu em áreas de Cerrado Ralo e Cerrado Típico. As espécies com menos de cinco capturas, consideradas raras neste estudo são *Anoura geoffroyi*, *Desmodus rotundus* que ocorreram tanto em áreas de Cerrado quanto de Mata, *Glyphonycteris behnii* que só ocorreu em área de Mata e *Sturnira tildae* que só ocorreu em áreas abertas de Cerrado (Tabela 4).

A média do número de morcegos capturados por ponto foi de 17,5 indivíduos, sendo o menor número de capturas em um ponto 6 indivíduos e o maior 37. A média da riqueza de espécies foi de 6,8 espécies por ponto, variando de 5 a 8 espécies por ponto. A média da diversidade de Shannon foi de 5,5 “espécies típicas” (amplitude: 3,8 - 7). A média de diversidade de Simpson 4,7 “espécies comuns” (amplitude: 2,7 - 6,2).

A guilda mais abundante foi a de frugívoros seguida de nectarívoros, insetívoros e hematófagos, como mostrado na figura 7. Vale ressaltar a abundância da espécies insetívora *Micronycteris* sp. que é a terceira mais abundantes na área, além da baixa abundância da espécies hematófaga *Desmodus rotundus*.

**Tabela 4. O número de indivíduos, abundância relativa, a riqueza de espécies, a diversidade de Shannon e de Simpson. por ponto amostral, já classificados por fitofisionomias, Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT) , Cerado Denso (CD) e Mata de Galeria (MG) no módulo RAPELD do PNB.**

Espécies	CR1	CR2	CR3	CT1	CT2	CT3	CT4	CD1	CD2	CD3	MG1	MG2	Total	%
<i>Anoura caudifer</i>	1	-	3	-	2	-	-	1	1	1	-	-	9	4.3
<i>Anoura geoffroyi</i>	1	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1	5	2.4
<i>Artibeus cinereus</i>	-	1	3	1	-	1	-	-	1	-	7	2	16	7.7
<i>Artibeus lituratus</i>	5	7	6	1	1	2	2	3	4	7	8	4	50	23.9
<i>Artibeus planirostris</i>	-	1	1	-	-	-	-	-	2	1	5	3	13	6.2
<i>Carollia perspicillata</i>	3	4	3	11	3	4	-	2	3	1	11	-	45	21.5
<i>Desmodus rotundus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	1.0
<i>Glossophaga soricina</i>	1	-	-	3	1	1	1	1	-	2	1	1	12	5.7
<i>Glyphonycteris behnii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0.5
<i>Micronycteris sp</i>	4	3	6	3	7	-	1	-	-	-	-	-	24	11.5
<i>Platyrrhinus lineatus</i>	6	1	1	-	1	-	-	2	3	-	-	1	15	7.2
<i>Sturnira lilium</i>	2	1	3	1	2	-	1	-	-	-	4	1	15	7.2
<i>Sturnira tildae</i>	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1.0
<b>nº de indivíduos</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>37</b>	<b>14</b>	<b>209</b>	<b>100</b>
<b>Riqueza de espécies</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	
<b>Diversidade Shannon</b>	<b>6,5</b>	<b>5,8</b>	<b>6,8</b>	<b>4,4</b>	<b>5,3</b>	<b>4,2</b>	<b>4,8</b>	<b>5,5</b>	<b>6,1</b>	<b>4,1</b>	<b>5,5</b>	<b>6,7</b>	<b>8,8</b>	
<b>Diversidade Simpson</b>	<b>5,7</b>	<b>4,6</b>	<b>6,1</b>	<b>3,1</b>	<b>4,2</b>	<b>3,5</b>	<b>4,5</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>3,0</b>	<b>4,9</b>	<b>5,8</b>	<b>7,0</b>	



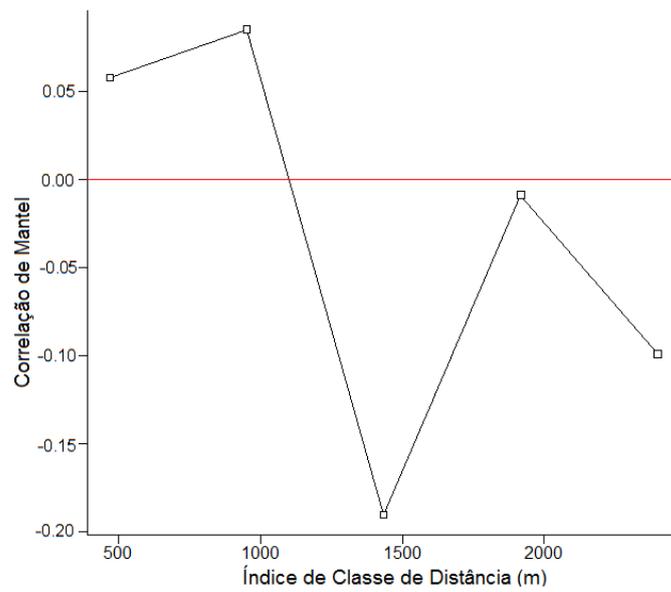
**Figura 7. Abundância das espécies de morcegos da família Phyllostomidae e suas respectivas guildas do módulo RAPELD do PNB.**

## **Autorrelação Espacial da Estrutura da Comunidade de Morcegos**

Não foi verificada a existência de autocorrelação espacial na composição e abundância de morcegos Phyllostomidae entre os pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB, os valores de correlação espacial para cada distância e o valor de  $p$  são mostrados na tabela 5 e podem ser melhor visualizados na figura 8. Também não foi verificada a existência de autorrelação espacial nos parâmetros de estrutura da comunidade nos pontos amostrais, derivados dos dados de composição e abundância de espécies de morcegos, no parâmetro da estrutura de habitat, o índice de vegetação, como mostrados na Tabela 6 e na figura 9-10.

**Tabela 5. Resultado da análise de correlograma de Mantel para a composição e abundância das espécies de morcegos da família Phyllostomidae nos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB com qual vizinho a análise foi feita a análise, por ordem de proximidade, a distância média ao vizinho de cada classe de proximidade, o valor da correlação de Mantel, o  $p$  do teste de correlação de Mantel e o  $p$  do teste corrigido pela número de observações repetidas.**

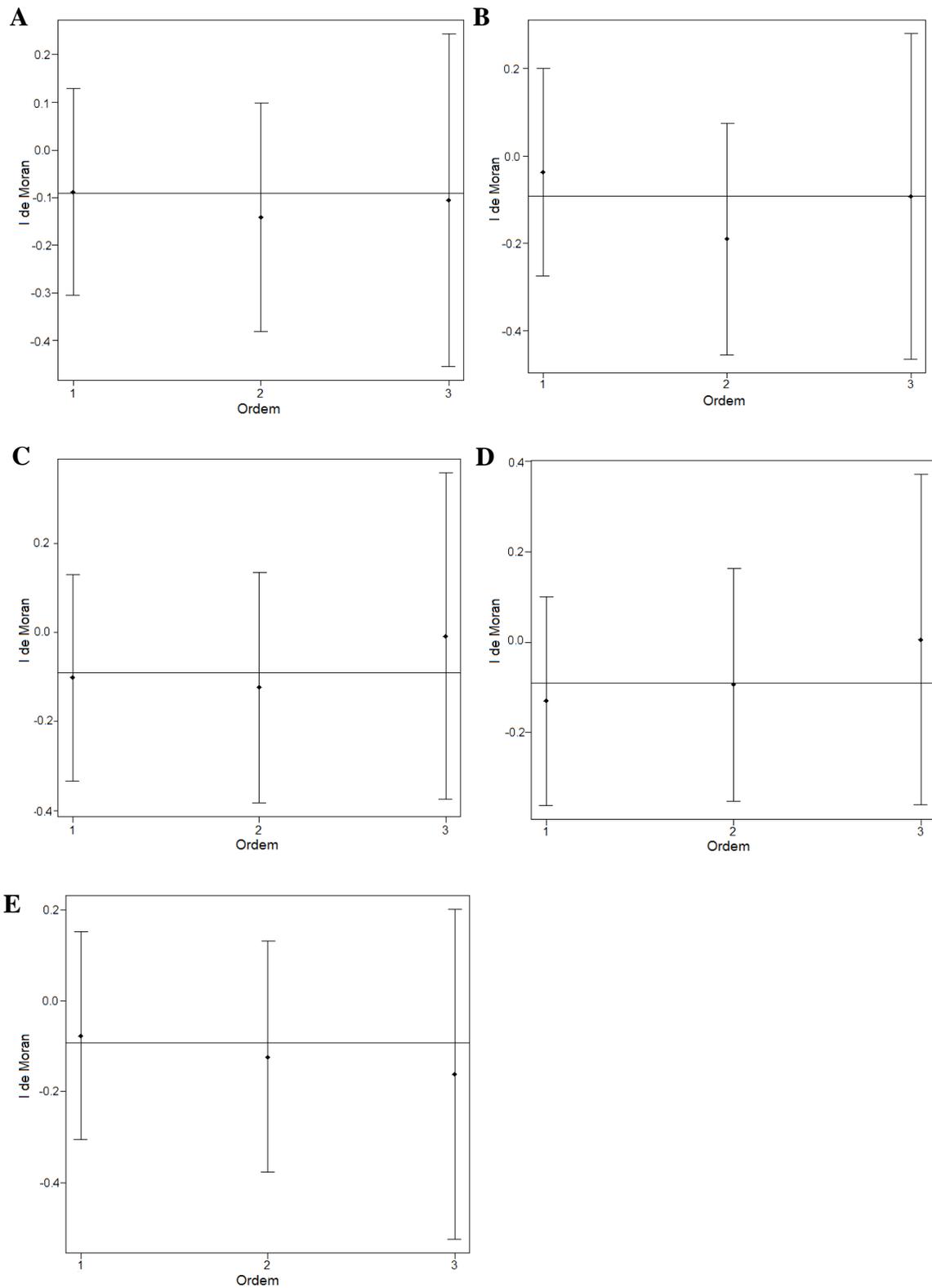
<b>Vizinho mais próximo</b>	<b>Distância média do vizinho (m)</b>	<b>Correlação de Mantel</b>	<b><math>p</math> (Mantel)</b>	<b><math>p</math> (corrigido)</b>
<b>Primeiro</b>	468	0.057	0.342	0.342
<b>Segundo</b>	951	0.085	0.232	0.464
<b>Terceiro</b>	1434	-0.191	0.064	0.192
<b>Quarto</b>	1917	-0.009	0.48	0.696
<b>Quinto</b>	2400	-0.099	0.196	0.784



**Figura 8. Correlação de Mantel por classe de distância da análise de correlograma de Mantel para os dados de composição e abundância das espécies de morcegos da família Phyllostomidae nos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB.**

**Tabela 6. Autocorrelação espacial através da estatística I de Moran e a significância da correlação espacial ( $p$ ) das variáveis de estrutura da comunidade de morcegos da família Phyllostomidae e estrutura da vegetação dos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB.**

Variável	I de Moran	$p$
Abundância	0.0268	0.4893
Riqueza	0.4559	0.3242
Shannon	-0.0949	0.5378
Simpson	-0.3427	0.6341
Índice de Vegetação	0.1235	0.4509



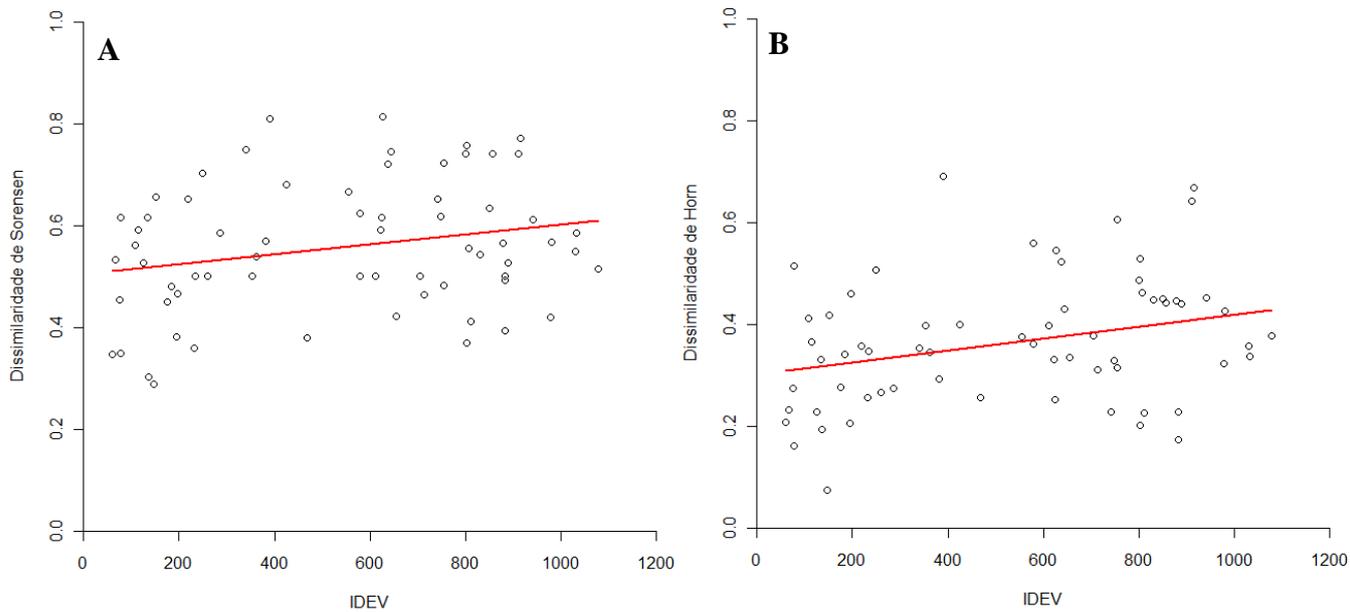
**Figura 9.** Correlograma do teste de I de Moran, com a correlação e erro padrão pela ordem de proximidade dos pontos para as variáveis de estrutura da comunidade (A) Abundância, (B) Riqueza, (C) Shannon, (D) Simpson de morcegos da família Phyllostomidae e (E) Índice de Vegetação (IV) dos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB.

### **Relação da Diversidade Alfa da Comunidade de Morcegos com a Complexidade da Estrutura da Vegetação**

Não foi encontrada correlação significativa entre a abundância local dos morcegos e a complexidade da estrutura da vegetação (IV),  $r=-0,1424$ ,  $t=-0,4551$ , 10 GL,  $p=0,6587$ ). Também não foi significativa a correlação entre as medidas de diversidade utilizadas com o Índice de Vegetação: riqueza de espécies  $r=0,0617$ ,  $t=-0,1957$ , com 10 graus de liberdade (GL) e  $p=0,8488$ , diversidade de Shannon com  $r=0,0143$ ,  $t=0,0453$ , com 10 GL e  $p=0,9648$  e a diversidade de Simpson com  $r=-0,0379$ ,  $t=0,1201$ , com 10 GL e  $p=0,9068$ . Como pode ser visto na tabela 4 o ponto amostral de menor complexidade CR3 e maior complexidade MG2 tem riqueza (8 e 8 espécies), diversidade de Shannon (6,5 e 6,7 espécies típicas) e diversidade de Simpson (5,7 e 5,8 espécies comuns), mostrando que não existe uma tendência de áreas mais complexas apresentarem maior abundância e diversidade, figuras em Anexo (Anexo 1).

### **Relação da Diversidade Beta da Comunidade de Morcegos com a Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação entre pontos Amostrais**

O resultado do teste de Mantel utilizado para responder a segunda pergunta deste trabalho mostra que há uma correlação significativa entre a diversidade beta usando a riqueza de espécies ( $r=0,2618$  e  $p=0,0335$ ) e a diversidade de Shannon ( $r=0,2862$  e  $p=0,0195$ ) com e IDEV, como mostrado na figura 11 A e B, respectivamente. Ou seja, quanto mais distintas as estruturas de vegetação entre os pontos amostrais mais distintas sua composição, porém quando utilizada a diversidade de Simpson esse resultado não foi significativo ( $r=0,1321$  e  $p=0,1786$ ), figura em anexo (Anexo 2). O que mostra o “turnover” de espécies entre áreas mais distintas não ocorre para as espécies mais abundantes. Ou seja, que essas espécies são generalistas de habitat.



**Figura 10. Relação entre a diferenças na estrutura da vegetação através do Índice de Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação (IDEV) e: A. Diversidade  $\beta$  da riqueza (Dissimilaridade de Sorensen); e B. diversidade  $\beta$  de Shannon (Dissimilaridade de Horn).**

### **Contribuição da Diversidade Beta dentro e entre Fitofisionomias para a Diversidade Total (Gama) da Comunidade de Morcegos**

Os resultados da análise de partição aditiva da diversidade beta dentro e entre fitofisionomias, usada para responder a terceira pergunta deste trabalho, mostrou que a heterogeneidade de habitat existente entre as diferentes fitofisionomias contribui mais ( $p < 0,001$ ) do que a diversidade dentro de fitofisionomias ( $p > 0,05$ ), e também mais que o esperado para diversidade total da área de estudo o módulo RAPELD do PNB (Tabela 5). Esse resultado ocorre porque a diversidade alfa, tanto nos pontos amostrais (Alfa1) quanto nas fitofisionomias (Alfa2) foi sempre menor que a esperada. Isto é, nesses dois níveis existe um grande efeito de agregação intra-específica ( $p < 0,001$ ), havendo assim maior probabilidade de encontrar indivíduos das mesmas espécies no mesmo ponto amostral ou em pontos amostrais de uma mesma fitofisionomia. Portanto, a diversidade alfa dos pontos amostrais e das

fitofisionomias contribuiu significativamente menos do que o esperado ( $p < 0.001$ ) para a diversidade total (Gama) da área de estudo, o módulo RAPELD do PNB.

**Tabela 7. Valores de diversidade  $\alpha$  e  $\beta$ , observados (Obs.) e esperados (Esp.), para medidas de riqueza de espécies e da diversidade de Shannon, para os dois níveis hierárquicos (pontos amostrais e fitofisionomias) e  $\gamma$ , e probabilidade ( $p$ ) de obter valores iguais ou maiores que o observado em uma distribuição aleatória de indivíduos.**

Nível hierárquico	Riqueza			Shannon		
	Obs.	Esp.	$P$	Obs.	Esp.	$P$
$\alpha_1$	7,13	8,04	>0,999*	5,54	6,42	>0,999*
$\beta_1$	3,01	2,84	0,318	1,26	1,25	0,420
$\alpha_2$	10,14	10,88	<0,001*	7	8,04	<0,001*
$\beta_2$	2,86	2,12	<0,001*	1,28	1,1	<0,001*
$\gamma$	13	-	-	8,86	-	-

\*Resultados significativos baseados em 1.000 comunidades geradas por uma distribuição aleatória de indivíduos através de aleatorizações de Monte Carlo.

### **Relação entre o Gradiente de Estrutura de Vegetação e o Gradiente de Resposta das Espécies de Morcegos aos Sítios**

O resultado da Análise de Correspondência Canônica (Figura 3) indica que a estrutura de vegetação foi importante para determinar a abundância das espécies de morcegos nos pontos amostrais ( $p=0,009$ ). Somente o primeiro eixo da CCA (CCA1) foi significativo na descrição dessa organização ( $p=0,003$ ) e apenas a variável área da base do tronco das árvores foi significativa para esse modelo ( $p=0,002$ ). Isto é, o gradiente ambiental percebido pelas espécies corresponde ao gradiente de estrutura da vegetação representado na CCA pela área da base do tronco. Assim existem espécies de morcegos mais associadas às áreas abertas, que foram *Micronycteris* sp., *Anoura caudifer* e *Platyrrhinus lineatus*, e espécies de morcegos mais associadas às áreas fechadas que são *Glyphonycteris behnii*, *Artibeus planirostris*, *Artibeus cinereus* e *Desmodus rotundus*. As demais espécies não demonstram associação com algum tipo de habitat ao ocorrerem em todo o gradiente dos pontos amostrais.

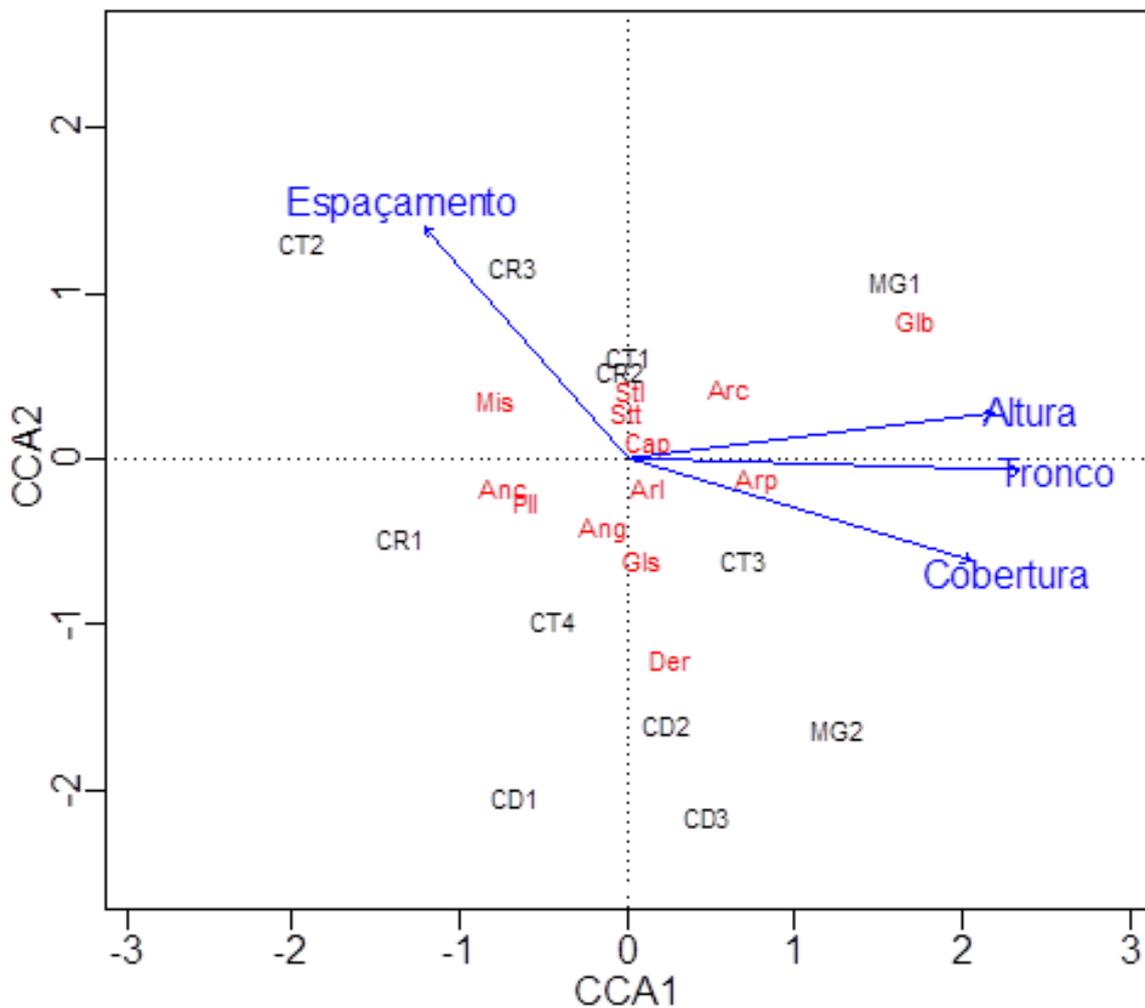


Figura 11. Gráfico dos dois primeiros eixos da CCA, Primeiro Eixo Canônico (CCA1) e Segundo Eixo Canônico (CCA2) com as variáveis de estrutura de vegetação: área basal (Tronco), altura média (Altura), cobertura de copa (Cobertura) e espaçamento médio (Espaçamento) no modelo com todas variáveis, os pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB identificados por suas fitofisionomias: Cerrado Denso (CD), Cerrado Ralo (CR), Cerrado Típico (CT) e Mata de Galeria (MG) e as espécies de morcegos: *Anoura caudifer* (Anc), *Anoura geoffroyi* (Ang), *Artibeus cinereus* (Arc), *Artibeus lituratus* (Arl), *Artibeus planirostris* (Arp), *Carollia perspicillata* (Cap), *Desmodus rotundus* (Der), *Glyphonycteris behnii* (Glb), *Glossophaga soricina* (Gls), *Micronycteris* sp. (Mis), *Plathyrhinus lineatus* (Pl), *Sturnira lilium* (Stl), *Sturnira tildae* (Stt).

## DISCUSSÃO

O Cerrado apresenta vários fatores que determinam a ocorrência das diferentes fitofisionomias como a disponibilidade de nutrientes, a profundidade do solo, a umidade e o relevo, a variação desses fatores e criam o mosaico natural de fitofisionomias típico do bioma, essa grande variação de fatores em diferentes (Ribeiro & Walter 2008). Contudo, o método de classificação de fitofisionomia adotado no trabalho se mostrou bastante adequado, mas como qualquer outra classificação, sofre problemas ao segmentar o contínuo de variação da vegetação (Oliveira-Filho & Ratter 2002). Os resultados de classificação e caracterização de estrutura da vegetação nos pontos amostrais mostra que na área de estudo no PNB há um nítido gradiente de estrutura de vegetação, desde fitofisionomias de Cerrado Ralo até Mata de Galeria, passando por Cerrado Típico e Cerrado Denso, neste gradiente de fitofisionomias a cobertura de copa varia de 5-100% e nos pontos amostrais a cobertura variou de 7,4-97,8 % de cobertura arbórea. Assim podemos ficar seguros que amostramos a grande parte da variação da complexidade da estrutura da vegetação e que essa variação que pode ser representada pela classificação das fitofisionomias dos pontos amostrais.

A estrutura da comunidade de morcegos do PNB foi caracterizada por grande dominância de poucas espécies frugívoras e muitas espécies raras das demais guildas (Fleming 1986). No entanto, no PNB a espécie com terceira maior abundância, *Micronycteris* sp., pertence a guilda de insetívoros-carnívoros catadores que é considerada a mais rara dentro da família Phyllostomidae (Kalko & Handley 2001), e uma alta abundância de espécies dessa guilda é considerada um indicador do bom estado de conservação de uma área (Fenton *et al.* 1992). O mesmo pode ser evidenciado pela baixa abundância de *Desmodus rotundus*, que quando abundante indica que a área está sob influência de pecuária (Medellín *et al.* 2000; Rex *et al.* 2008).

O estado de conservação do PNB também pode ser notado pelo padrão de diversidade de morcegos Phyllostomidae encontrado, que mostrou a menor dominância de espécies encontrada em áreas de Cerrado. A riqueza de Phyllostomidae do módulo Rapeld do PNB (13 espécies) foi um pouco menor do que a média dos 16 estudos disponíveis no Cerrado (15,6 espécies), variando de 9 a 26 espécies (Aguiar 2000; Bordignon 2006; Bordignon & França 2009; Cunha *et al.* 2009; Cunha *et al.* 2011; Falcão *et al.* 2003; Ferreira *et al.* 2010; Gonçalves & Gregorin 2004; Gregorin *et al.* 2008; Gregorin *et al.* 2011; Koppe 2005; Pedro & Taddei 1997; Oliveria 2008; Silva & Anacleto 2011; Zortéa & Alho 2008; Zortéa *et al.* 2010). A diversidade de Phyllostomidae no PNB foi maior tanto para o índice de Shannon (8,8 espécies típicas) quando para índice de Simpson (7,0 espécies comuns) quando comparados aos valores médios registrados nos estudos acima citados (Shannon: 7,0 espécies típicas; Simpson 5,0 espécies comuns). Embora a riqueza de morcegos tenha sido um pouco menor que a média para estudos no Cerrado, a diversidade de Simpson foi a maior já registrada, indicando uma maior equitatividade entre as espécies no PNB em relação às demais áreas do Cerrado.

Isso mostra na área de estudo existe uma menor diferença na diversidade entre os diferentes valores de “ $q$ ” (zero, um e dois), o que evidencia que a comunidade não tem um perfil de dominância tão acentuado como o encontrado nos outros trabalhos. Assim, apesar da riqueza da área de estudo ser um pouco menor que a média para estudos no Cerrado, a diversidade de Shannon é um pouco maior, já a diversidade de Simpson é a maior já registrada no Cerrado. O que segundo Chao e colaboradores (2012) indica uma maior equitatividade entre as espécies no PNB, em relação às demais áreas estudadas no Cerrado. Uma alta diversidade, resultante de uma alta riqueza e grande equitatividade, é considerada o melhor indicador funcionamento de um ecossistema (Wilsey & Potvin 2000; Medellín *et al.* 2000).

Como a abundância e a diversidade de morcegos da família Phyllostomidae do PNB não foi relacionada com complexidade da vegetação, a resposta à primeira pergunta deste trabalho, de acordo com o resultado da análise de correlação de Pearson é a diversidade de morcegos nos pontos amostrais não é determinada pela complexidade da estrutura da vegetação. Portanto não corroborando a hipótese de complexidade-diversidade de MacArthur & MacArthur (1961), de que habitats estruturalmente mais complexos como a Mata de Galeria suportam mais espécies do que habitats menos complexos como o Cerrado Ralo. Assim nossos resultados contradizem a crença de que a diversidade de espécies de morcegos Phyllostomidae no Cerrado seria dependente das áreas de Matas de Galeria (Marinho-Filho *et al.* 2002).

A resposta das espécies a heterogeneidade de habitat do Cerrado, evidenciada pelos resultados do teste de Mantel entre a diversidade beta e a heterogeneidade de habitats (IDEV), mostram uma relação de maior substituição de espécies entre áreas mais distintas ao longo do gradiente de vegetação. A diversidade beta entre os pontos referente a riqueza de espécies e diversidade de Shannon, foram influenciadas pelas espécies *Micronycteris* sp, *Anoura caudifer*, *Sturnira tildae* e *Platyrrhinus lineatus*, que são mais representativas em Cerrado Ralo e Típico, e por *Desmodus rotundus*, *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* as espécies mais representativas para áreas de Cerrado Denso e Mata de Galeria. Além de *G. behnii* exclusivamente encontrado em Mata de Galeria. Isso nos leva a questionar a afirmação de que a fauna de morcegos do Cerrado é formada apenas por espécies amplamente distribuídas por todas as fitofisionomias e discorda da visão de que todas as espécies do Cerrado são generalistas de habitat (Marinho-Filho *et al.* 2002). Pois se há troca de espécies ao longo do gradiente de vegetação, ou entre fitofisionomias, deve existir uma associação de determinadas espécies a partes do gradiente ou a algumas fitofisionomias.

Assim os resultados desse trabalho deixam claro que há uma relação das espécies de morcegos com a estrutura da vegetação, o que indica algum grau de especialização ao tipo de habitat ou às fitofisionomias (Ricklefs & Lovette 1999). O que não ocorre para as espécies mais abundantes, isso ocorre porque há uma diferença no peso dado por cada um desses índices de diversidade à abundância das espécies, assim as espécies mais abundantes podem ser consideradas “*super-tramps*” que não respondem a heterogeneidade por serem generalistas de habitat. Desta forma, o uso da diversidade verdadeira de ordem “q” permitiu uma análise mais completa da diversidade  $\alpha$  e  $\beta$  (Chao *et al.* 2012), enfatizando tanto a importância para espécies raras (riqueza), abundantes (Simpson) ou espécies típicas, isto é ponderando exatamente pela abundância a importância da espécies (Shannon).

Os resultados de partição aditiva da diversidade mostraram que a diversidade de morcegos Phyllostomidae do Cerrado parece ser resultante da grande heterogeneidade de habitats, resultante da alta variabilidade de estrutura dentre a diversidade de fitofisionomias do Cerrado, fator que tem sido considerado mais importante para a diversidade de espécies (Tews *et al.* 2004; Báldi 2008). Assim, a menor complexidade do Cerrado, em relação a ambientes florestais, parece ser compensada pela maior heterogeneidade (Colli *et al.* 2002), tanto em nível local quanto regional (Nogueira *et al.* 2009), sendo esta uma interpretação da hipótese de heterogeneidade-diversidade (MacArthur *et al.* 1962). O que também é mostrado pelo resultado da análise de gradiente direto (CCA), que evidenciou a associação de algumas espécies a certas partes do gradiente vegetacional do Cerrado, a resposta das espécies aos sítios corresponde ao gradiente de estrutura da vegetação, por exemplo, *Micronycteris* sp. associado a áreas abertas, que é a terceira espécie mais abundante na metacomunidade da área de estudo, e no entanto só ocorreu somente nas áreas mais abertas amostradas, isto é, em pontos amostrais de Cerrado Ralo e Cerrado Típico.

No entanto, o resultado encontrado já era esperado, pois o mosaico natural do Cerrado permite a existência de uma grande heterogeneidade, ou complexidade no gradiente de formações campestre-savânica-florestal (Aguiar & Zortéa 2008), fazendo com que possam coexistir conjuntos de espécies diferentes na mesma paisagem, uma vez que estas áreas do bioma com uma estrutura de vegetação altamente variável que permitiriam as espécies se especializarem em explorar porções de habitat mais vastas, possivelmente como menor competição. Assim a maior heterogeneidade do Cerrado poderia determinar uma maior diversidade de espécies de morcegos, pois a diversidade de morcegos no Cerrado é comparável à da Mata Atlântica (Paglia *et al.* 2011), um bioma muito mais complexo e muito melhor amostrado do que Cerrado (Bernard *et al.* 2010). No entanto, o raciocínio de Aguiar & Zortéa (2008), também parece fazer sentido para a escala de paisagem, na qual realizamos o presente estudo e onde podemos perceber que o Cerrado é heterogêneo e que a heterogeneidade de habitats existente determina uma alta diversidade beta mesmo em uma pequena escala.

Desta forma, a associação de espécies de morcegos a habitats abertos mostra que no Cerrado essas áreas são igualmente importantes às áreas de mata. No entanto, as áreas abertas típicas do bioma não são protegidas pelo código florestal e nem são considerados patrimônios nacionais na constituição, o que implicaria que sua utilização de forma que assegure a preservação ambiental. Além disso, essas áreas normalmente não são amostradas por muitos pesquisadores (Colli *et al.* 2002) o fez com que o Cerrado fosse considerado por muito tempo pobre em espécies para diversos grupos de vertebrados, como ainda é para mamíferos (Aguiar 2000, Marinho-Filho *et al.* 2002, Paglia *et al.* 2012). Contudo, as áreas abertas deveriam receber muito mais atenção do que tem recebido, pois mantem uma diversidade que não será perdida se essas áreas desaparecerem (Batalha *et al.* 2010).

Além disso, como o bioma está sob forte pressão antrópica (Myers *et al.* 2000) e assim em risco eminente de desaparecimento nos próximos 20 anos (Machado *et al.* 2004), suas áreas típicas deveria receber atenção especial. Ainda mais porque essas são as primeiras a serem exploradas, pois exigem menos investimentos em maquinário para desmatamento e não possuem nenhum tipo de proteção no código florestal. As espécies de áreas típicas do Cerrado, ou seja, aquelas que vivem em áreas abertas antes mesmo que tenham sido conhecidas (Bernard *et al.* 2010) já estão sofrendo o risco de desaparecer, pela principal causa de extinção de espécies, a perda de habitat (Fahrig 2003).

Estudos de morcegos no Cerrado são insuficientes e existem várias lacunas de conhecimento como associação das espécies com os principais tipos de formação vegetacional do bioma (Aguiar & Zortéa 2008). E na região de Brasília as unidades de conservação (UC's), como o PNB, são os poucos locais onde é possível estudar a relação das espécies de morcegos com os habitats naturais originais que no passado cobriram toda a região (Bernard *et al.* 2010). Esse trabalho contribui para preencher essa lacuna, sendo o primeiro a mostrar que as áreas abertas são de fundamental importância para a diversidade total da comunidade de morcegos do Cerrado.

## CONCLUSÃO

A abundância e a diversidade  $\alpha$  de espécies de morcegos não foi maior em áreas com maior complexidade da estrutura da vegetação (Mata de Galeria) do que em áreas com menor complexidade (Cerrado Ralo) nos pontos amostrais do PNB. A diversidade  $\beta$  entre pontos amostrais foi maior entre área com estrutura da vegetação mais distintas (Mata de Galeria-Cerrado Ralo) do que entre áreas mais similares (Mata de Galeria-Mata de Galeria) ao longo do gradiente de vegetação estudado, o que mostra uma maior substituição de espécies entre áreas mais distintas. A diversidade  $\beta$  entre fitofisionomias foi a mais importante para diversidade  $\gamma$  (total) do PNB do que a diversidade  $\beta$  dentro das fitofisionomias, ou que a diversidade  $\alpha$  dos pontos amostrais ou das fitofisionomias, mostrando a importância. A distribuição das espécies nos pontos amostrais foi determinada pelo gradiente de estrutura da vegetação. Assim a heterogeneidade natural do Cerrado é mais importante para a diversidade total da área de estudo do que a complexidade dos pontos amostrais, e isso deve ser um padrão para o Cerrado. O que mostra que as existem espécies de morcegos com algum nível de especialização de habitats, especialmente às áreas típicas do bioma Cerrado com as fitofisionomias de Cerrado *sensu stricto* como *Micronycteris* sp. E assim o trabalho é importante para subsidiar a conservação das espécies de morcegos de áreas abertas do Cerrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, L. M. S. 2000. **Comunidade de morcegos do Cerrado do Brasil Central**. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 162p.

Aguiar, L.M.S. & M. Zortéa. 2008. **A composição de espécies de morcegos nas áreas do bioma Cerrado**. In: S.M. Pacheco; R.V. Marques & C.E.L. Esbérard (Organizadores). **Morcegos do Brasil: Biologia, Sistemática, Ecologia e Conservação**. Editora Armazém Digital, Porto Alegre, 568p.

August, P. V. 1983. The Role of Habitat Complexity and Heterogeneity in Structuring Tropical Mammal Communities. **Ecology** 64: 1495-1507.

Báldi, A. 2008. Habitat heterogeneity overrides the species-area relationship. **Journal of Biogeography** 35: 675-681.

Batalha, M. A., Mantovani, W. & Mesquita Júnior, H. N. 2001. Vegetation Structure in Cerrado Physiognomies in South-Eastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 61: 475-483.

Batalha, M. A., Cianciaruso, M. V., & Motta-Junior, J. C. 2010. Consequences of simulated loss of open cerrado areas to Bird functional diversity. **Natureza & Conservação** 8: 1-5.

Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2006. **Ecology: from individuals to ecosystems**. Blackwell Publishing. Oxford.752p.

Bordignon, M. O. 2006. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) do Complexo Aporé-Sucuriú, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 23: 1002-1009.

Bordignon, M. O. & França, A. O. 2009. Riqueza, diversidade e variação altitudinal em uma comunidade de morcegos filostomídeos (Mammalia: Chiroptera) no Centro-Oeste do Brasil. **Chiroptera Neotropical** 15: 425-433.

Brasil, 1961. Decreto nº 241 de 29 de novembro de 1961. Cria o Parque Nacional de Brasília, no Distrito Federal e dá outras providências.

Brasil, 2006. Lei nº 11.285 de 8 de março de 2006 . Altera os limites do Parque Nacional de Brasília.

Brooks, D. M., Tarifa, T., Rojas, J. M., Vargas, R. J. & Arabinar, H. 2001. A preliminary assessment of the mammalian fauna of the eastern Bolivian panhandle. **Mammalia** 65: 509-520.

Chao, A., Chiu, C. & Hsieh, T. C. 2012. Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. **Ecology** 93: 2037-2051.

Colli, G. R., Bastos, R. P. & Araujo, A. F. 2002. **The Character and Dynamics of the Cerrado Herpetofauna**. In: Oliveira, P. S. & Marquis, R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, New York. 424p.

Corrêa, M. M., Fernandes, W. D. & Leal, I. R. 2006. Diversidade de Formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Capões do Pantanal Sul Matogrossense: Relações entre Riqueza de Espécies e Complexidade Estrutural da Área. **Neotropical Entomology** 35: 724-730.

Crist, T. O., Veech, J. A., Gering, J. C. & Summerville, K. S. 2003. Partitioning Species Diversity across Landscapes and Regions: A Hierarchical Analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  Diversity. **The American Naturalist** 162: 734-743.

Cunha, N. L., Fisher, E., Carvalho, F. L. A. C. & Santos, C. F. 2009. Morcegos da Reserva Natural Buraco das Araras, sudoeste do Brasil. **Biota Neotropica** 9: 189-195.

- Cunha, N. L., Fischer, E. & Santos, C. F. 2011. Bat assemblage in savana remnants of Sonora, central-western Brazil. **Biota Neotropica** 11: 197-201.
- Dantas, V. L. & Batalha, M. A. 2011. Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site. **Flora** 206: 341-346.
- Diaz, M. M., Aguirre, L. F. & Barquez, R. M. 2011. **Clave de identificación de los murciélagos del cono sur de Sudamérica**. Centro de Estudios em Biologia Teórica Y Aplicada. Cochabamba, Bolivia, 94p.
- Dice, L. R. 1995. What is Ecology? **The Scientific Monthly** 80: 346-351.
- Eiten, G. 1978. Delimitation of Cerrado Concept. **Vegetatio** 36: 169-178.
- Fahr, J. & Kalko, E. K. V. 2011. Biome transitions as centres of diversity: habitat heterogeneity and diversity patterns of West African bat assemblages across spatial scales. **Ecography** 34: 177-195.
- Fahrig, L. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics** 34: 487-515.
- Falcão, F. C., Rebêlo, V. F. & Talamoni, S. A. 2003. Structure of bat assemblage (Mammalia, Chiroptera) in Serra do Caraça Reserve, South-east Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** 20: 347-350.
- Felfili, J.M.; Silva-Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Machado, J.W.B.; Walter, B.M.T.; Silva, P. E. N. & Hay, J.D. 1992. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do Cerrado *sensu stricto* na Chapada pratinha, DF-Brasil. **Acta Botânica Brasílica** 6: 27-46.

- Fenton, M. B., Acharya, L., Audet, D., Hickey, B. C., Merriman, C. Obrist, M. K., Syme, D. M. & Adkins, B. 1992. Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as Indicators of Habitat Disruption in the Neotropics. **Biotropica** 24: 440-446.
- Fernandes, G. W., Castro, F. M. C., Faria, M. L., Marques, E. S. A. & Greco, M. K. B. 2004. Effects of Hygrothermal Stress, Plant Richness, and Architecture on Mining Insect Diversity. **Biotropica** 36: 240-247.
- Ferreira, C. M. M, Fischer, E. & Pulchério-Leite, A. 2010. Fauna de morcegos em remanescentes urbanos de Cerrado em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Biota Neotropica** 10: 155-160.
- Fialho, A. P., Oliveira, L. G. Tejerina-Garro, F. L. & Gomes, L. C. 2007. Fish assemblage structure in tributaries of the Meia Ponte River, Goiás, Brazil. **Neotropical Ichthyology** 5: 53-60.
- Fleming, T. H. 1986. The structure of Neotropical bat communities: a preliminar analysis. **Revista Chilena de Historia Natural** 59: 135-150.
- Gardner, A. L. (Organizador) 2007. **Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats**. The University of Chicago Press, Chicago and London, 669p.
- Giaretta, A. A., Menin, M., Facure, K. G., Kokubum, M. N.C. & Oliveira-Filho, J. C. 2008. Species richness, relative abundance, and habitat of reproduction of terrestrial frogs in the Triângulo Mineiro region, Cerrado biome, Southeastern Brazil. **Iheringia** 98: 181-188.
- Godoi, M. N., Cunha, N. L. & Cáceres, N. C. 2010. Efeito do Gradiente Floresta-Cerrado-Campo sobre a Comunidade de Pequenos Mamíferos do Alto do Maciço do Urucum, Oeste do Brasil. **Mastozoologia Neotropical** 17: 263-277.

- Gonçalvez-Alvim, S. & Fernandes, G. W. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savanas. **Biodiversity and Conservation** 10: 79-98.
- Gonçalves, E. & Gregorin, R. 2004. Quirópteros da Estação Ecológica da Serra das Araras, Mato Grosso, Brasil, com o primeiro registro de *Artibeus gnomus* e *A. anderseni* para o cerrado. **Lundiana** 5: 143-149.
- Gregorin, R. & Taddei, V. A. 2002. Chave Artificial para a identificação de molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). **Journal of Neotropical Mammalogy** 9: 13-32.
- Gregorin, R., Carmignotto, A. P. & Percequillo, A. R. 2008. Quirópteros do Parque Nacional da Serra das Confusões, Piauí, nordeste do Brasil. **Chiroptera Neotropical** 14: 366-383.
- Gregorin, R., Gonçalves, E., Aires, C. C. & Carmignotto, A. P. 2011. Morcegos (Mammalia: Chiroptera) da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins: composição específica e considerações taxonômicas. **Biota Neotropica** 11: 299-311.
- Hannibal, W. & Caceres, N. C. 2010. Use of vertical space by small mammals in gallery forest and woodland savannah in south-western Brazil. **Mammalia** 74: 247-255.
- Hill, M. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecology** 54: 427-432.
- Hurlbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the Design of Ecological Field Experiments. **Ecological Monographs** 54: 187-211.
- IBAMA & FUNATURA. 1998. **Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília**. FUNATURA/IBAMA, Brasília-DF, 70p.

- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. 2012. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-4. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Fox, J & Weisberg, S. 2011. *An {R} Companion to Applied Regression*, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Jones, G, Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R. & Racey, P. A. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. **Endangered Species Research** 8: 93-115.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. **Oikos** 113: 363–375.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. **Ecology** 88: 2427–2439.
- Kalko, E. K. V. & Handley, C. O. 2001. Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. **Plant Ecology** 153: 319-333.
- Kalka, M. B, Smith, A. R. & Kalko, E. K. V. 2008. Bats Limits Arthropods and Herbivory in a Tropical Forest. **Science** 320: 71.
- Kolasa, J., Manne, L. L. & Pandit, S. N. 2012. Species–area relationships arise from interaction of habitat heterogeneity and species pool. **Hydrobiologia** 685: 135-144.
- Koppe, V. C. 2005. **Morcegos (Mammalia: Chiroptera) do Parque do Bacaba, Nova Xavantina-MT**. Monografia do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina, MT, 50p.
- Kovalenko, K. E., Thomaz, S. M. & Warfe, D. M. 2012. Habitat complexity: approaches and future directions. **Hydrobiologia** 685: 1-17.
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. **Oikos** 76: 5–13.

- Larrea-Alcázar, D. M., Embert, D., Aguirre, L. F., Ríos-Uzeda, B., Quintanilla, M. & Vargas, A. 2010. Spatial patterns of biological diversity in a neotropical lowland savanna of northeastern Bolivia. **Biodiversity Conservation** 20: 1167-1182.
- Leite, G. L. D., Veloso, R. V. S., Zanuncio, J. C., Almeida, C. I. M., Ferreira, P. S. F., Fernandes, G. W. & Soares, M. A. 2012. Habitat Complexity and Caryocar brasiliense Herbivores (Insecta: Arachnida: Araneae). **Florida Entomologist** 95: 819-830.
- Legendre, P., & L. Legendre. 1998. **Numerical ecology**. Elsevier Science, Amsterdam, 853p.
- Ligeiro, R., Melo, A. S. & Callisto, M. 2010. Spatial scale and the diversity of macroinvertebrates in a Neotropical catchment. **Freshwater Biology** 55: 424-435.
- 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.
- Lyra-Jorge, C. Pivello, V. R., Meirelles, S. T. & Vivo, M. 2001. Riqueza e abundância de pequenos mamíferos de cerrado e floresta na Reserva Cerrado Pé-de-Gigante, Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quato,SP). **Naturalia** 26: 287-302.
- MacArthur, R. H. & MacArthur, J. W. 1961. On Bird Species Diversity. **Ecology** 42: 594-598.
- MacArthur, R. H., MacArthur, J. W. & Preer, J. 1962. On Bird Species Diversity. II. Prediction of Bird Census from Habitat Measurements. **The American Naturalist** 96: 167-174.

- Machado, R.B., M.B. Ramos Neto, P. Pereira, E. Caldas, D. Gonçalves, N. Santos, K. Tabor & M. Steininger. 2004. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservation International do Brasil, Brasília
- Marinho-Filho, J., Rodrigues, F. H. G. & Juarez, K. M. 2002. **The Cerrado Mammals; Diversity, Ecology, and Natural History**. In: Oliveira, P. S. & Marquis, R. J. **The Cerrados of Brazil**. Columbia University Press, New York, 424p.
- Martins, C. R. 2006. **Caracterização e Manejo da Gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Capim-Gordura): Uma Espécies Invasora do Cerrado**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação de Ecologia, Universidade de Brasília, DF, 145p.
- Medellín, R. A., Equihua, M. & Amin, M. A. Bat Diversity and Abundance as Indicators of Disturbance in Neotropical Rainforests. **Conservation Biology** 14: 1666-1675.
- Miranda, J. M. D., Bernardi, I. P. & Passos, F. C. 2011. **Chave ilustrada para determinação dos morcegos da Região Sul do Brasil**. Curitiba-PR, 56p.
- Moran, P. A. P. 1950. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. **Biometrika** 37: 17-23.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853-858.
- Neves, F. S., Braga, R. F., Araújo, L. S., Campos, R. I. & Fagundes, M. 2012. Differential effects of land use on ant and herbivore insect communities associated with *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). **Revista de Biologia Tropical** 60: 1065-1073.
- Charney N. & Record, R. 2010. vegetarian: Jost Diversity Measures for Community Data. R package version 1.2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegetarian>

- Nogueira, C., Colli, G. R. & Martins, M. 2009. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaic of the Brazilian Cerrado. **Austral Ecology** 34: 83-96.
- Pacheco, R. & Vasconcelos, H. L. 2012. Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape. **Biodiversity and Conservation** 21: 797-809.
- Palmer, M. W. & White, P. S. 1994. On the existence of ecological communities. **Journal of Vegetation Science** 5: 279-282.
- Paglia, A. P., Marco-Júnior, P. Costa, F. M., Pereira, R. F. & Lessa, G. 1995. Heterogeneidade estrutural e diversidade de pequenos mamíferos em um fragmento de mata secundária de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 12: 67-79.
- Paglia, A. P., Fonseca, G. A. B., Rylands, A. B., Herrmann, G., Aguiar, L., Chiarello, A. G., Leite, Y. L. R., Costa, L. P., Siciliano, S., Kierulff, M. C. M., Mendes, S. L., Tavares, V. C., Mittermeier, R. A. & Patton, J. L. 2011. **Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil 2ª Versão Atualizada**. Occasional Papers in Conservation Biology. Nº 6. Conservation Internacional, Arlington, VA. 75p.
- Patterson B. D., Willig M. R. & Stevens R.D. 2006. **Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization**. In: Kunz T.H. & Fenton M.B. (Organizadores) **Bat ecology**. University of Chicago Press, Chicago, 798p.
- Pedro, W. A. & V. A. Taddei. 1997. Taxonomic assemblage of bats from Panga Reserve, southeastern Brazil: abundance patterns and trophic relations in the Phyllostomidae (Chiroptera). **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, 6: 3-21.
- Price, B., Kutt, A. S. & McAlpine, C. A. 2010. The importance of fine-scale savanna heterogeneity for reptiles and small mammals. **Biological Conservation** 143: 2504-2513.

Oliveira, H. F. M. 2008. **Assembléias de morcegos (Mammalia: Chiroptera) em áreas preservadas e degradadas do Cerrado do Distrito Federal.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade De Brasília, Brasília-DF, 62p.

Oliveira, F. F. R. & Eterovick, P. C. 2010. Patterns of Spatial Distribution and Microhabitat Use by Syntopic Anuran Species along Permanent Lotic Ecosystems in the Cerrado of Southeastern Brazil. **Herpetologica** 66: 159-171.

Oliveira-Filho, A. T. & Ratter, J. A. 2002. **Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome.** 91-120. In: Oliveira, P. S. & Marquis, R. J. (Organizadores) **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna.** Columbia University Press, New York.424p.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Rex, K., Kelm, D. H., Wiesner, K. Kunz, T. H. & Voigt, C. C. 2008. Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages. **Biological Journal of Linnean Society** 94: 617-629.

Ribas, C. R. & Schoereder, J. H. 2007. Ant communities, environmental characteristics and their implications for conservation in the Brazilian Pantanal. **Biodiversity and Conservation** 16: 1511-1520.

Ribeiro, J. A. & Walter, B. M. T. 2008. **As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado.** In: Sano, S. M., Almeida, S. P & Ribeiro, J. F. (Organizadores) **Cerrado: Ecologia e Flora.** Embrapa Informações Tecnológica, Brasília, DF, 406p.

- Ricklefs, R. E. & Lovette, I. J. 1999. The roles of island area per se and habitat diversity in the species–area relationships of four Lesser Antillean faunal groups. **Journal of Animal Ecology**, 68: 1142–1160.
- Roveratti, J. **Flora Vascular do Cerrado *sensu strictu* do Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal, Brasil e Chave para Identificação das Espécies**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade de Brasília, DF, 93p.
- Santos, R. A. L. & Henrique, R. P. B. 2010. Variação espacial e influência do habitat na estrutura de comunidades de pequenos mamíferos em áreas de campo rupestre no Distrito Federal. **Biota Neotropica** 10: 31-38.
- Sarmiento, G. 1984. **The ecology of neotropical savanas**. Harvard University Press. Cambridge, 256p.
- Silva, R. J., Diniz, S. & Vaz-de-Mello, F. Z. 2010. Heterogeneidade do Habitat, Riqueza e Estrutura da Assembléia de Besouros Rola-Bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em Áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotropical Entomology** 39: 934-940.
- Silva, S. G. & Anacleto, T. C. S. 2011. Diversidade de morcegos entre áreas com diferente grau de alteração na área urbana do município de Nova Xavantina, MT. **Chiroptera Neotropical** 17: 1003-1012.
- Simmons N.B. & Conway, T. M. 2006. **Evolution of ecological diversity**. In: Kunz, T.H. & Fenton, M.B. (Organizadores) **Bat ecology**. University of Chicago Press, Chicago, 798p.
- Tansley, A. F. R. S, 1987. What is Ecology? **Biological Journal of the Linnean Society** 32: 5-16.

Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M., Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **Journal of Biogeography** 31: 79-92.

Tokeshi, M, Arakaki, S. 2012. Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. **Hidrobiologia** 685: 27-47.

Tubelis, D. P. & Cavalcanti, R. B. 2000. A comparison of Bird communities in natural and disturbed non-wetland open habitats in the Cerrado's central region, Brazil. **Bird Conservation International** 10: 331-350.

Veech, J. A., and T. O. Crist. "PARTITION: software for hierarchical partitioning of species diversity, version 3.0." [www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm](http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm)(2009)

Veech, J. A., K. S. Summerville, and T. O. Crist. 2002. The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. **Oikos** 99: 3-9.

Vizotto, L. D. & Taddei, V. A., 1973. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. **Boletim de Ciências** 1: 1-72.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. **Taxon** 12: 213-251.

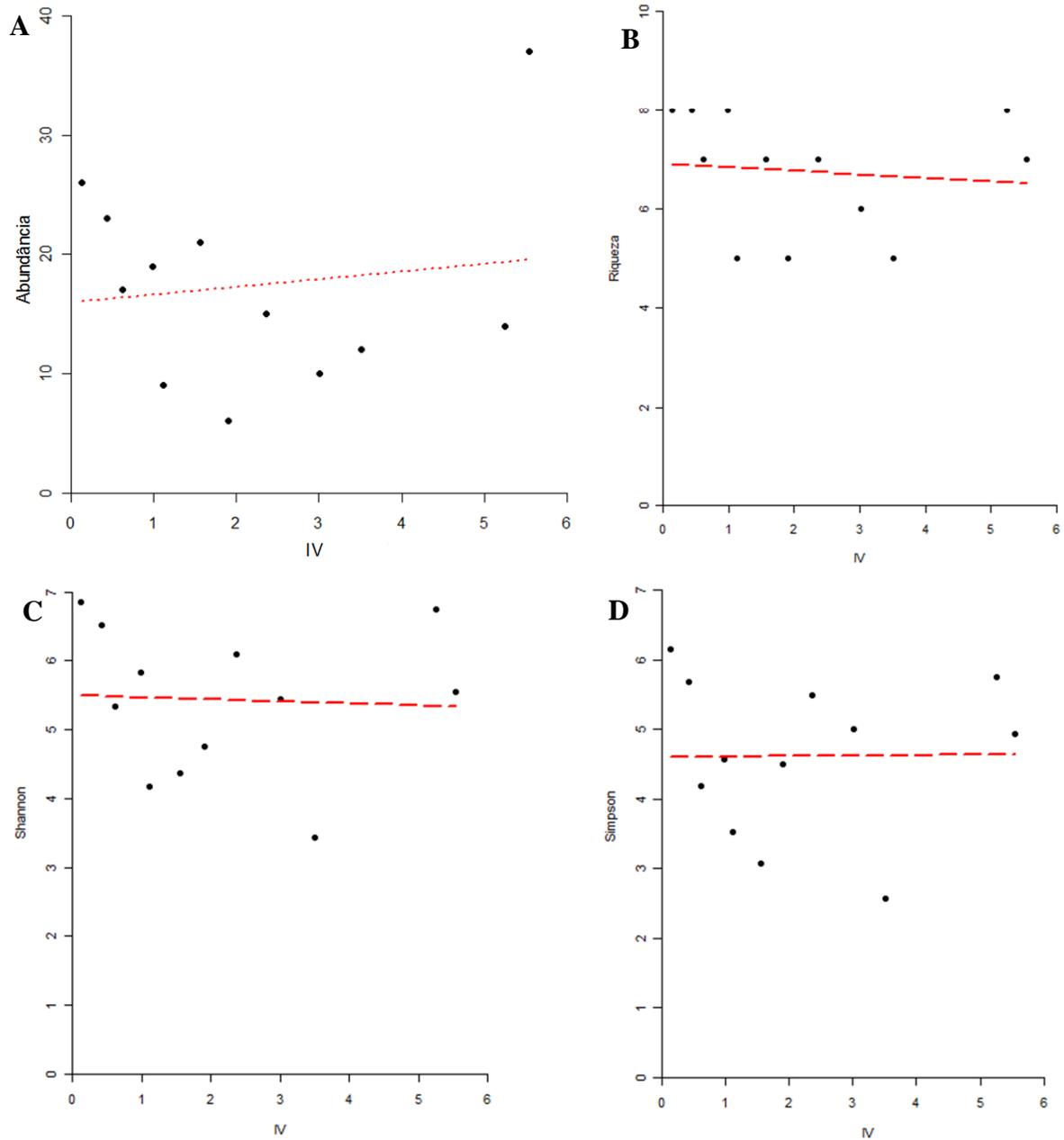
Willis, S. C., Winemiller, K. O., Lopez-Fernandez, H. 2005. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. **Oecologia** 142: 284-295

Wilsey, B. J. & Potvin, C. 2000. Biodiversity and ecosystem functioning: importance of species evenness in an old field. **Ecology** 81: 887-892.

Zortéa, M. & Alho, C. J. R. 2008. Bat diversity of a Cerrado habitat in central Brazil. **Biodiversity and Conservation** 17: 791-805.

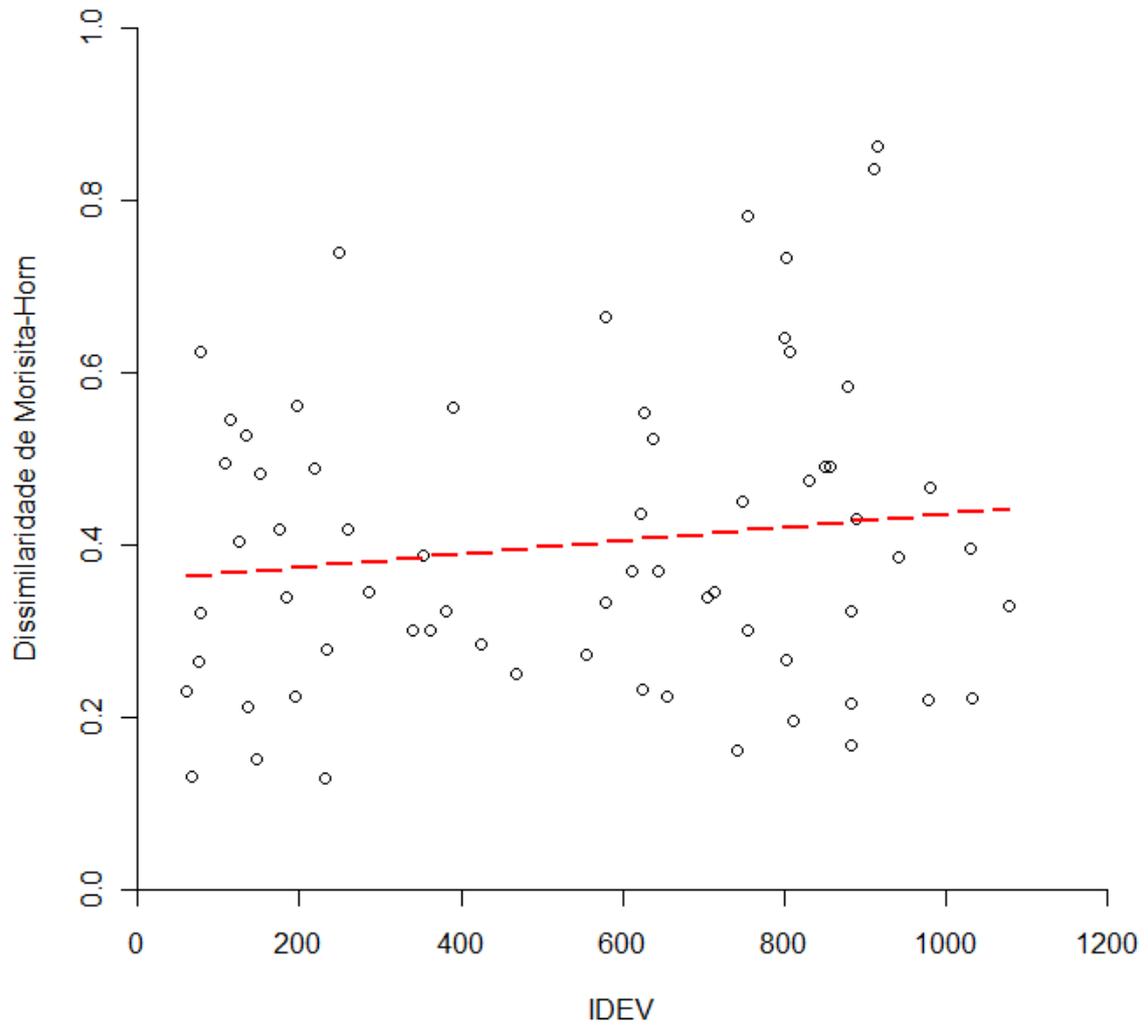
Zortéa, M, Melo, F.R., Carvalho, J. C., Rocha, Z. D. 2010. Morcegos da Bacia do rio Corumbá, Goiás. **Chiroptera Neotropical** 16: 610-616.

## Anexo 1.1



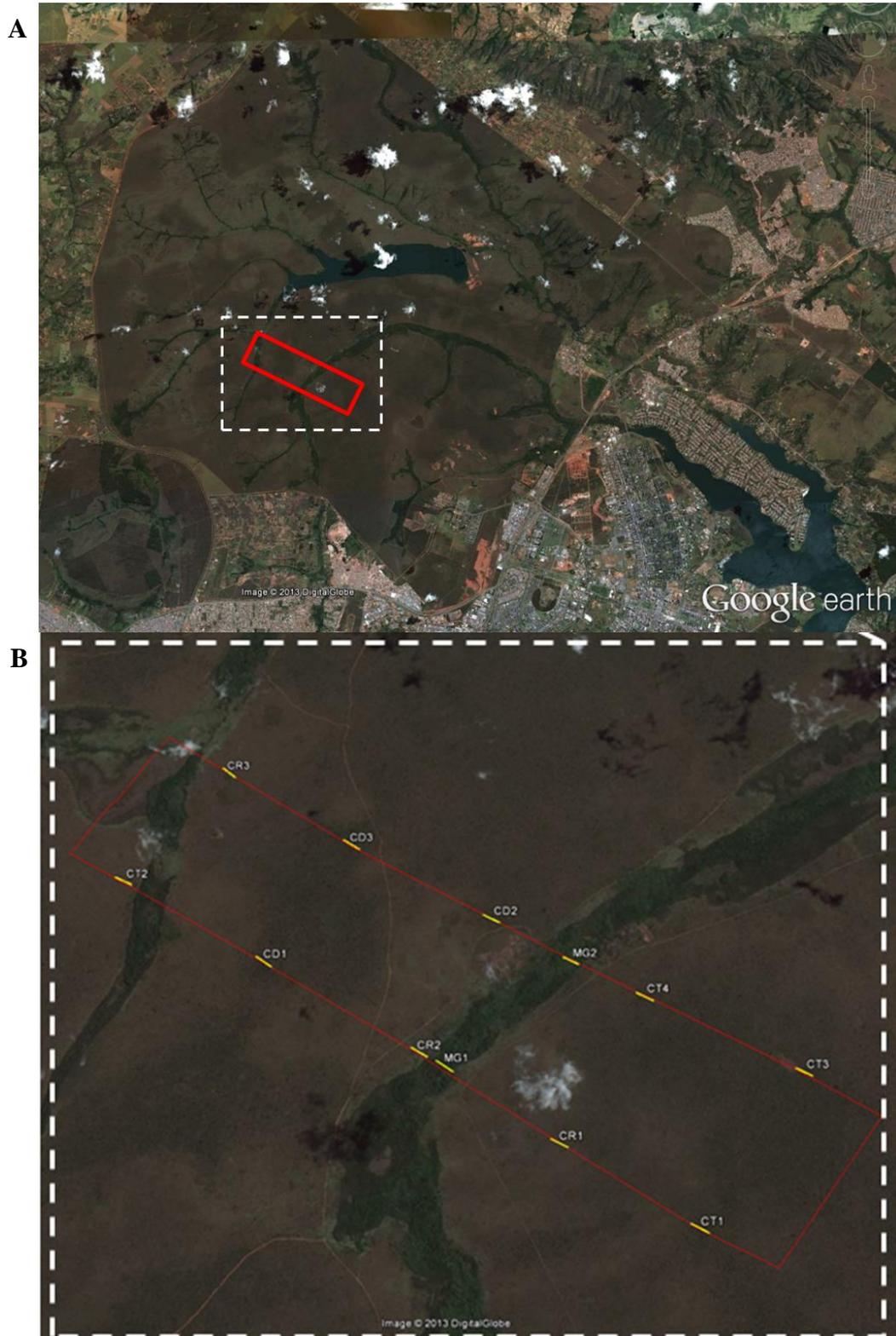
**Anexo 1.1.** Figura da relação entre a complexidade da estrutura da vegetação através do Índice de Vegetação (IV) e a: A. Abundância de morcegos da família Phyllostomidae, B. Riqueza de espécies, C. Diversidade de Shannon e D. Diversidade de Simpson, nos pontos amostrais do módulo RAPELD do PNB.

## Anexo 1.2



**Anexo 1.2** Figura da relação entre a diferenças na estrutura da vegetação através do Índice de Dissimilaridade da Estrutura da Vegetação (IDEV) e a diversidade  $\beta$  de Simpson (Dissimilaridade de Morisita-Horn).

### Anexo 1.3



Anexo 1.3. Imagem de satélite: A . Parque nacional de Brasília com a posição do módulo RAPELD e B. em destaque a área de estudo com módulo RAPELD instalado em vermelho, seus pontos amostrais classificados pela fitofisionomia e a posição das redes de captura em amarelo.