

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**RELAÇÃO FATORES AMBIENTAIS, COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E
ESTRUTURA EM MATA DE GALERIA, PARQUE NACIONAL DE
BRASÍLIA, BRASIL**

VICENTE ARCELA

Brasília, outubro de 2014

**RELAÇÃO FATORES AMBIENTAIS, COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E
ESTRUTURA EM MATA DE GALERIA, PARQUE NACIONAL DE
BRASÍLIA, BRASIL**

Aluno: Vicente Arcela

Orientadora: Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Botânica como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de mestre em Botânica da
Universidade de Brasília (UnB).**

Brasília, outubro de 2014

**RELAÇÃO FATORES AMBIENTAIS, COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E
ESTRUTURA EM MATA DE GALERIA, PARQUE NACIONAL DE
BRASÍLIA, BRASIL**

Trabalho realizado junto ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Botânica.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz
Orientador – UnB

Prof. Dr. Evandro Luiz Mendonça Machado
Membro Externo – UFVJM

Profa. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto
Membro Interno – UnB

Dr. Bruno Machado Teles Walter
Membro Suplente – EMBRAPA

Agradecimentos

À professora Dra. Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz, por me orientar sem medir esforços, com bom-humor, profissionalismo e, acima de tudo, muita gentileza. Sou muito grato por me ensinar que, por mais que haja pedras (ou carrapatos...) no caminho, a persistência e a dedicação são recompensadoras.

Ao prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto (UnB), pelos ensinamentos e incentivo ao meu aprofundamento nos estudos do Cerrado.

Ao prof. Dr. José Felipe Ribeiro (UnB/EMBRAPA) e Dra. Maria Cristina Oliveira (EMBRAPA), pelas preciosas contribuições na concepção deste trabalho.

Ao prof. Dr. Manoel Cláudio Silva Júnior (UnB), pelo auxílio com as identificações botânicas e pelas sugestões no texto.

Ao prof. Dr. Pedro Vasconcellos Eisenlohr (UNEMAT) e ao Dr. Frederico Takahashi (UnB), pelas aulas de estatística e pelas considerações acerca das análises.

Ao prof. Dr. Flávio Macedo Alves (UFMS), pela identificação das espécies da família Lauraceae, à prof. Dra. Carolyn Proença (UnB) e ao amigo Jair Eustáquio, pela identificação das Myrtaceae.

Aos amigos André Mesquita, Andrielle Souza, Luiza Lenzi, Fernando Vieira, Rafael Dias, Diego Lima, Arthur Miranda, Rafael Passos e ao meu irmão, Augusto Arcela, pela parceria e boa energia na coleta de dados em campo.

Aos amigos Humberto Martins, Douglas Eloi, José Roberto (Solução Vertical) e MSc. Rodolfo de Paula Oliveira, por me ajudar com as coletas botânicas, acessando bravamente as copas das árvores mais altas.

Aos amigos MSc. Felipe Meirelles Casella e MSc. Leandro de Almeida Salles, pelas longas discussões e reflexões sobre autocorrelação espacial.

Aos amigos da pós-graduação Luiz Felipe (Formiga), Daniel, Ana, Miltoninho, Fernanda, Natacha e Adriano, pela convivência e amizade.

À minha família, por estar sempre ao meu lado e ser minha grande incentivadora.

Ao CNPq edital Sisbiota - Processo 563134/2010-0 (ComCerrado), pelo financiamento da pesquisa.

Finalmente, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Bioma Cerrado.....	11
2.2 Matas de Galeria.....	13
2.2.1 Mata de Galeria Não Inundável.....	14
2.2.2 Mata de Galeria Inundável.....	15
2.3 Fatores Ambientais, Composição Florística e Estrutura da Vegetação.....	16
3. HIPÓTESES.....	18
4. OBJETIVOS.....	18
4.1 Objetivo geral.....	18
4.2 Objetivos específicos.....	19
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Área de Estudo.....	19
5.2 Amostragem.....	20
5.2.1 Estrato Arbustivo-Arbóreo.....	21
5.2.2 Variáveis Ambientais.....	21
5.3 Análise dos dados.....	23
5.3.1 Curvas de acumulação de espécies.....	23
5.3.2 Parâmetros fitossociológicos.....	23
5.3.3 Distribuição diamétrica e hipsométrica.....	23
5.3.4 Análises multivariadas.....	23
6. RESULTADOS.....	26
7. DISCUSSÃO.....	40
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
9. ANEXOS.....	50

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

- Figura 1.** Perfil esquemático das fitofisionomias do bioma Cerrado, agrupadas de acordo com os três tipos de formações: florestais, savânicas e campestres (Fonte: Ribeiro & Walter 2008). 12
- Figura 2.** Localização do Parque Nacional de Brasília, em Brasília, DF, Brasil. Em detalhe, o trecho amostrado no Ribeirão Bananal, demarcado com um triângulo. 20
- Figura 3.** Disposição das transeções instaladas para amostragem das espécies do estrato arbustivo-arbóreo da mata de galeria do Ribeirão Bananal, Distrito Federal. Linha contínua = curso d'água principal. Linha tracejada = curso d'água secundário. Parcelas irregulares não exibidas..... 21
- Figura 4.** Número de espécies e de gêneros das famílias botânicas mais ricas amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil. 26
- Figura 7.** Curvas de acumulação de espécie e seus respectivos intervalos de confiança, baseados na aleatorização das amostras da Mata de Galeria do Ribeirão Bananal no Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil. 31
- Figura 8.** Distribuição em classes diamétricas dos indivíduos do estrato arbustivo-arbóreo amostrados na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil..... 32
- Figura 9.** Distribuição em classes hipsométricas dos indivíduos do estrato arbustivo-arbóreo amostrados na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil..... 32
- Figura 10.** Classificação do estrato arbóreo por TWINSpan, com base na densidade das espécies (ind.ha^{-1}), registradas na mata de galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília (PNB), DF..... 33
- Figura 11.** Análise de redundância (RDA) mostrando a relação entre a densidade das espécies nas parcelas e as variáveis ambientais amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF. Distanc: distância do curso d'água mais próximo (m); umid: umidade do solo (%). \triangleleft Grupo 1; \triangle Grupo 2; \circ Grupo 3 34
- Figura 12.** Análise de redundância (RDA) mostrando a relação entre a densidade das espécies (esquerda) e das famílias (direita) e as variáveis ambientais amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF. As abreviações dos nomes das espécies podem ser conferidas na Tabela 1. Distanc: distância do curso d'água mais próximo (m); umid: umidade do solo (%). 35
- Figura 13.** Partição da variância dos fatores bióticos arbóreos analisados na mata de galeria da Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF. Componente A = fração da explicação puramente ambiental; Componente B = fração da explicação referente ao ambiente estruturado no espaço; Componente C = fração da

explicação puramente espacial. DAP Máx = DAP Máximo; H Máx = Altura Máxima.
 40

Figura 14. Representação esquemática da grade de amostragem do sistema RAPELD. Adaptado de PPBIO/INPA (2011) e Rede ComCerrado (2011). 51

Figura 15. Parcela em curva de nível com diferentes faixas de amostragem da vegetação (Fonte: PPBio/ComCerrado) 51

Figura 16. Trilhas de 5 km do módulo RAPELD instaladas no Parque Nacional de Brasília. Adaptado: Google Earth 2013. 52

Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil. (DA = densidade absoluta (ind.ha^{-1}); DR = densidade relativa (%); DoA = dominância absoluta ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$); DoR = dominância relativa (%); IVC = Índice de Valor de Cobertura). Famílias/Espécies dispostas em ordem alfabética. 28

Tabela 2. Presença ou ausência de estrutura espacial indicada pelo correlograma I de Moran nas variáveis bióticas do estrato arbóreo ($\text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$) e nas variáveis ambientais coletadas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF, Brasil. 36

Tabela 3. Valores dos coeficientes estimados (β) pelo GWR para as variáveis bióticas “Altura máxima” (Hmáx), Densidade de indivíduos e “Log 10 (Dominância em área basal)” 38

Tabela 4. Densidade, área basal e riqueza do estrato arbustivo-arbóreo encontradas em estudos realizados em matas de galeria brasileiras. Limite de inclusão = $\text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$. D.A. = densidade absoluta (ind.ha^{-1}); A.B. = área basal área basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$). Amb. = Tipo de Ambiente; I. = Inundável; N. I. = Não Inundável; * não informado; ** ambos os sub-tipos. 41

RESUMO: As matas de galeria do Cerrado são formações florestais que acompanham pequenos rios e córregos nos fundos dos vales, com estreitas ligações com o ambiente. O presente estudo se propôs a verificar as relações da composição e estrutura do estrato arbóreo da Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, localizado no Parque Nacional de Brasília, com alguns fatores ambientais locais. Para isso, foram instaladas parcelas permanentes (totalizando 1 ha de amostragem), de acordo com o protocolo RAPELD, onde foram amostrados todos indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito igual ou superior a 5 cm ($DAP \geq 5$ cm). Foram também mensuradas as variáveis ambientais umidade do solo, espessura da camada de serapilheira, declividade do terreno, distância ao curso d'água mais próximo e abertura de dossel. Para a análise dos dados, foram calculados parâmetros fitossociológicos e efetuadas as análises de agrupamento TWINSpan, de espécies indicadoras (ISA), de redundância (RDA), de regressão múltipla com pesos espaciais (GWR), além da partição da variância. Foram encontradas 94 espécies, distribuídas em 79 gêneros e 42 famílias. As famílias que mais contribuíram para a riqueza foram Myrtaceae, Fabaceae e Rubiaceae. A espécie mais representativa foi *Tapirira guianensis*. A densidade (1.472 indivíduos.ha⁻¹) e a área basal ($28,385$ m².ha⁻¹) da comunidade estão dentro do intervalo normalmente encontrado para as matas de galeria do DF. Verificou-se que a distribuição das espécies é influenciada, principalmente pela umidade do solo e distância ao curso d'água mais próximo. Ambas variáveis determinam não só a variação na composição florística, mas também a estrutura horizontal e vertical do estrato arbóreo, influenciando a densidade de indivíduos, dominância em área basal e altura máxima. Variações na vegetação arbórea nessa mata de galeria foram explicadas não apenas pelo ambiente, mas principalmente pelo espaço.

Palavras-chave: GWR, mata de galeria inundável, mata de galeria não inundável, partição da variância, Ribeirão Bananal.

RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL FACTORS, FLORISTIC COMPOSITION AND STRUCTURE IN A GALLERY FOREST, BRASÍLIA NATIONAL PARK, BRAZIL

ABSTRACT: Cerrado gallery forests are vegetal formations which follow small rivers and streams in the valleys, with close relationships to the environment. The aim of this study was to evaluate the relationship between the composition and structure of the shrub-tree vegetation of Ribeirão Bananal Gallery Forest, located in the Brasília National Park, with some local environmental factors. Permanent plots were placed (totaling 1 ha), according to the RAPELD protocol, where all shrubs and trees with diameter at breast height higher than 5 cm ($DBH \geq 5$ cm) were sampled. Soil moisture, thickness of the litter layer, land slope, distance to the nearest watercourse and canopy opening were also measured. Phytosociological parameters, TWINSpan, indicator species analysis (ISA), redundancy analysis (RDA), multiple regression with spatial weights (GWR) and the variance partition were calculated. It was found 94 species belonging to 79 genera and 42 families. Myrtaceae, Fabaceae and Rubiaceae were the families which most contributed to the richness. The shrub-tree density ($1,472$ individuals. ha^{-1}) and the basal area (28.385 m^2 . ha^{-1}) of the community are within the range normally found in the gallery forests of the Federal District (DF). Distribution of species was mainly influenced by soil moisture and distance to the nearest watercourse. Both variables determine not only the variation in floristic composition but also the horizontal and vertical structure of the shrub-tree layer, influencing the density of individuals, dominance in basal area and maximum height. Woody vegetation patterns verified in this study were explained not only by the environment, but mainly by the space.

Key-words: flooded gallery forest, GWR, non-flooded gallery forest, partition of variance, Ribeirão Bananal.

1. INTRODUÇÃO

Estendendo-se por quase 2 milhões de km², o bioma Cerrado é menor apenas do que a Amazônia (IBGE 2004). Localizado predominantemente na porção central do país, o Cerrado é composto por mosaico de fitofisionomias campestres, savânicas e florestais (Ribeiro & Walter 2008). Dentre suas florestas, aquelas associadas à estreitos cursos d'água são denominadas matas de galeria (Ribeiro & Walter 2008).

Apesar de representarem apenas 0,5% do território nacional, as matas de galeria englobam mais de 30% da riqueza de espécies fanerogâmicas brasileiras (Felfili *et al.* 2001). Em geral, estudos realizados em matas de galeria no Brasil Central indicam que o estrato arbóreo dessas formações é denso em indivíduos, rico em espécies e com elevada diversidade (Felfili *et al.* 2001; Marimon *et al.* 2002; Dietzsch *et al.* 2006)

A vegetação florestal possui ligações estreitas com o ambiente. Na maioria dos casos, riqueza florística e estrutura das florestas são influenciadas por fatores ambientais, como propriedades do solo, topografia e regime de inundação (Dalanesi *et al.* 2004; Veneklaas *et al.* 2005; Bohlman *et al.* 2008) Segundo De Bello *et al.* (2013), fatores ambientais de larga escala, como as variáveis climáticas, atuam selecionando um conjunto de espécies adaptadas à região enquanto fatores de menor escala, como as propriedades do solo, atuam na estrutura e coexistência dessas espécies.

Assim, correlações entre as variáveis bióticas e abióticas podem ser muito úteis na caracterização de paisagens. Essas análises possibilitam verificar a influência do ambiente na vegetação e a formulação de modelos ecológicos que estimem características biológicas a partir de variáveis ambientais preditoras (Pausas & Austin 2001; Toledo *et al.* 2011; Santos *et al.* 2012; Staver & Levin 2012). Esses modelos extrapolam as informações para grandes áreas geográficas, e podem auxiliar na elaboração de políticas públicas voltadas à conservação de ambientes potencialmente mais biodiversos.

O presente estudo busca desvendar relações do estrato arbustivo-arbóreo na mata de galeria do Ribeirão Bananal com alguns fatores ambientais locais, e assim ampliar o conhecimento acerca das matas de galeria do Brasil Central

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bioma Cerrado

O Cerrado é considerado como a savana tropical de alta riqueza florística, e está localizado predominantemente no Brasil Central (Walter 2006). Conhecido por suas árvores baixas e tortuosas e estrato herbáceo dominante, o bioma representa aproximadamente 22% do território brasileiro (Ratter 1992; Ribeiro & Walter 2008).

Na região onde ocorre este bioma a precipitação anual média é de 1.500 mm, podendo variar de 750 a 2.000 mm (Adámoli *et al.* 1987) e as temperaturas médias anuais variam entre 18°C e 28°C (Dias 1992). O clima predominante é o tropical úmido ou Aw, conforme o sistema de classificação de Köppen, com duas estações bem definidas: seca e chuvosa. A estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro e março, concentrando cerca de 80% da precipitação total anual.

Os solos do Cerrado são, em sua maioria, profundos, distróficos, ácidos, saturados por alumínio e de baixa disponibilidade de cálcio e magnésio (Haridasan 1992; Reatto *et al.* 2008). Segundo Eiten (1990), esses solos originam-se de quase todos os tipos de rocha, como arenito, ardósia, folhelho, quartzo, quartzito, granito, xisto, micaxisto e certas formas de gnaiss, o que pode conferir solos mais ricos ou pobres em nutrientes. O tipo de solo mais comum no bioma é o Latossolo, caracterizado pelo alto grau de intemperismo, grande profundidade e porosidade, representando aproximadamente 46% da região (Reatto *et al.* 2008). Além desse tipo de solo, o Cerrado também possui: Neossolos Quartzarênicos, Argissolos, Nitossolos Vermelhos, Cambissolos, Chernossolos, Plintossolos, Plintossolos Pétricos, Gleissolos, Neossolos Litóticos, Neossolos Flúvicos e Organossolos (Reatto *et al.* 2008).

A vegetação do Cerrado é formada por mosaicos de fitofisionomias, conferindo-lhe grande diversidade de paisagens (Felfili & Silva Júnior 1993). Coutinho (1978) definiu para o bioma cinco fitofisionomias: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e cerradão. Esse conjunto de fitofisionomias ficou conhecido como cerrado *lato sensu*. Posteriormente, Ribeiro *et al.* (1983) indicaram sete fitofisionomias como as principais do bioma: Mata de Galeria, Mata Mesofítica, Cerradão, Cerrado (Denso, Típico, Ralo, Parque de cerrado e Vegetação Rupestre de Altitude), Campo Sujo, Campo Limpo e Vereda.

Devido à grande diversidade de paisagens existentes no bioma, ainda há controvérsias na divisão de suas fitofisionomias. Atualmente o sistema de classificação

proposto por Ribeiro & Walter (2008) é um dos mais aceitos no Brasil Central e categoriza a vegetação do Cerrado em três grandes formações: florestal, savânica e campestre. Esses autores dividiram o bioma em 11 fitofisionomias (Fig. 1), sendo classificadas como formações florestais, as Matas de Galeria, Matas Ciliares, Matas secas e Cerradões; como formações savânicas, as Veredas, Palmeirais, Parques de Cerrado e Cerrado sentido restrito, que engloba os subtipos Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre; e como formações campestres os Campos Limpos, Campos Sujos e Campos Rupestres.

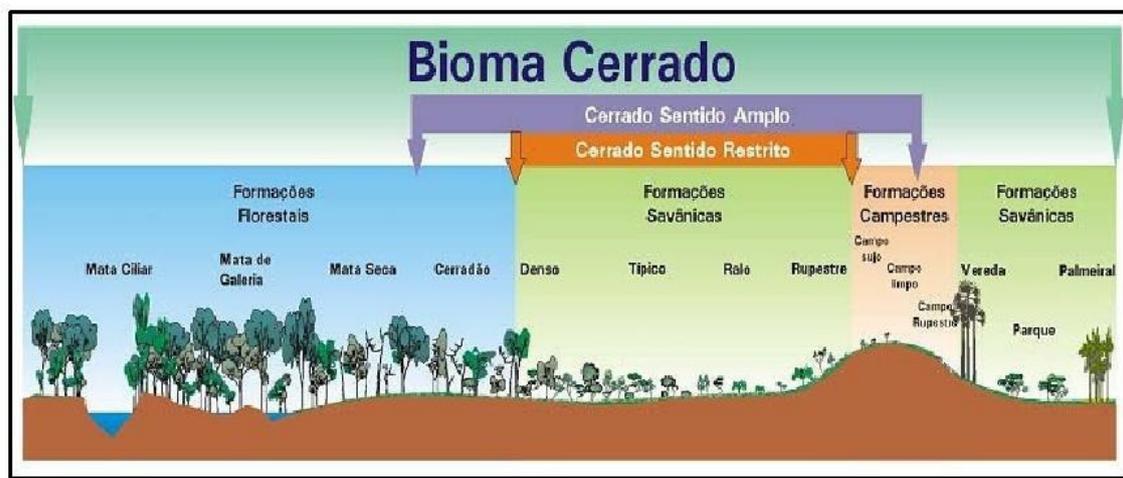


Figura 1. Perfil esquemático das fitofisionomias do bioma Cerrado, agrupadas de acordo com os três tipos de formações: florestais, savânicas e campestres (Fonte: Ribeiro & Walter 2008).

O mosaico vegetacional apresentado pelo Cerrado pode variar de acordo com cinco fatores principais: topografia, drenagem, nutrientes do solo, altitude e histórico de fogo na área (Eiten 1972; Furley 1999; Ratter *et al.* 2003; Bridgewater *et al.* 2004). Ribeiro & Walter (2008) reforçaram que a distribuição da flora é também condicionada pela latitude, pela profundidade do lençol freático e por fatores antrópicos, como as queimadas e desmatamentos.

A heterogeneidade de ambientes confere ao Cerrado grande diversidade biológica, sendo responsável por cerca de 30% da biodiversidade brasileira (Aguiar *et al.* 2004). Nesse bioma, já foram descritos pelo menos 11.356 espécies vegetais (Mendonça *et al.* 2008), 161 espécies de mamíferos, 837 de aves, 120 espécies de répteis e 150 de anfíbios (Myers *et al.* 2000). Além disso, Silva & Bates (2002) verificaram altos graus de endemismo no bioma ao estimarem valores como 44% para plantas vasculares, 12% para aves, 20% para répteis e 30% para anfíbios.

Adicionalmente, Pires (1999) estimou que o Cerrado abriga cerca de 5% da biodiversidade mundial, ficando evidente a importância biológica que este representa no cenário nacional e internacional. Walter (2006) reforça que o Cerrado é a maior e mais diversa savana tropical do mundo. Apesar da comprovada importância desse bioma, o processo de perda de sua cobertura vegetal devido às atividades antrópicas tem sido alarmante. Pelo menos 40% da área do Cerrado já foi convertida para outros usos, principalmente atividades agropecuárias (Sano *et al.* 2010).

Por ser um *hotspot* para a conservação da biodiversidade mundial (Mittermeier *et al.* 2011), a preservação dos remanescentes naturais desse bioma deveria ser prioridade. Entretanto, políticas brasileiras parecem não refletir essa preocupação ambiental. Em um estudo sobre o código florestal, Silva Júnior (2001) concluiu que a legislação brasileira vigente na época não era efetiva na proteção da diversidade arbórea de matas de galeria. Mudanças no novo código florestal, aprovadas em 2012, como a redução pela metade das faixas mínimas de vegetação responsável pela proteção de ambientes sensíveis como as Áreas de Preservação Permanente (APP's), aumentam ainda mais as pressões sobre a vegetação nativa, principalmente sobre as florestas ripárias, como as matas ciliares e as matas de galeria.

2.2 Matas de Galeria

Com aspecto de corredores fechados de vegetação e localizados prioritariamente nos fundos dos vales, nas linhas de drenagem e nas cabeceiras, as matas de galeria são formações florestais associadas a córregos e pequenos cursos d'água (Ribeiro & Walter 2008). Devido à essa constante oferta de água, em geral, esse tipo vegetacional apresenta folhas perenes ao longo de todo o ano. Possuem numerosas funções aos ecossistemas tais como: fixar e armazenar carbono, servir como habitats de vida selvagem e corredores ecológicos, estabilizar cursos d'água, proporcionar sombra e matéria orgânica para córregos e sua biota; reter sedimentos e filtragem de produtos químicos aplicados em áreas agrícolas entre outras (Kageyama *et al.* 1986; Dias 1992; Bren 1993; Silva *et al.* 2004).

Quando em boas condições de conservação, possuem dossel contínuo, alta riqueza de espécies e alta densidade de indivíduos, com altura média do estrato arbóreo variando entre 20 e 30 metros (Ribeiro & Walter 2008). Em relação às transições com

outras fisionomias, em geral, essas florestas são circundadas por formações savânicas ou campestres, o que facilita definir seus limites.

Devido ao acúmulo de matéria orgânica e ao carreamento de nutrientes e minerais para os vales, em geral, os solos das matas de galeria são mais férteis que áreas de cerrado sentido amplo (Ribeiro & Walter 2008). É comum a presença de lençol freático próximo à superfície na maior parte do ano, caracterizando um ambiente de oxirredução (Reatto et al. 2008). As principais classes de solo das matas de galeria são Latossolos, Plintossolos, Cambissolos, Gleissolos e Neossolos (Reatto *et al.* 2008).

Alguns autores consideram as matas de galeria do bioma Cerrado como intrusões de Floresta Amazônica ou Atlântica (Rizzini 1979; Heringer & Paula 1989), ou como conexões da Floresta Amazônica com as Florestas Meridionais (Oliveira-Filho & Ratter 1995). Tais evidências são fornecidas pela atual distribuição geográfica de muitas espécies vegetais típicas dessas florestas em diferentes biomas, ou em áreas disjuntas pela América do Sul (Bigarella *et al.* 1975).

Segundo Oliveira-Filho & Ratter (1995), muitas espécies vegetais são encontradas desde a Floresta Amazônica até a Atlântica, cruzando o Cerrado numa rota Noroeste-Sudeste através das florestas associadas aos cursos de água. De acordo com esses autores, as florestas do norte e oeste do Cerrado apresentam ligação florística mais forte com as florestas da Amazônia, ao passo que as do centro e sul ligam-se mais às florestas semidecíduas montanas do Sudeste brasileiro.

Embora existam similaridades florísticas das matas de galeria com florestas de outros biomas, muitas particularidades foram evidenciadas nas florestas associadas à cursos d'água do Cerrado que as diferenciam daquelas de outras regiões (Ratter *et al.* 1973; Rizzini 1979; Oliveira-Filho & Ratter 1995; Walter 1995). O fato das matas de galeria possuírem flora específica justifica o crescente interesse em investigar a composição florística e as relações ecológicas nelas existentes.

As matas de galeria podem ser divididas em dois sub-tipos, que variam quanto à altura do lençol freático: matas de galeria não inundável e matas de galeria inundável (Ribeiro & Walter 2008). É comum a presença de ambos os sub-tipos em diferentes trechos de uma mesma mata de galeria.

2.2.1 Mata de Galeria Não Inundável

Mata de galeria não inundável é caracterizada pela formação florestal associada à curso d'água em trechos de topografia acidentada, onde o lençol freático se mantém

distante da superfície do terreno mesmo sob condições de chuva (Ribeiro & Walter 2008). Dessa forma, essas matas apresentam solos bem drenados e com a linha de drenagem bem definida. Diferentes matas de galeria podem apresentar baixas similaridades florísticas, devido às diferenças fitogeográficas entre elas, causadas principalmente pelo clima e fatores edáficas distintos (Meyer *et al.* 2004).

Estudos realizados no Brasil Central revelam que as matas de galeria não inundáveis são mais ricas e diversas que as inundáveis. A quantidade de espécies arbóreas normalmente encontrada nos trechos bem drenados das matas de galeria varia de 65 a 110 (Meyer *et al.* 2004; Silva Júnior 2004; Dietzsch *et al.* 2006), com o índice de diversidade de Shannon, em geral, variando entre 3,20 e 4,25 (Silva Júnior 2004; Silva Júnior 2005; Teixeira & Rodrigues 2006; Matos & Felfili 2010). A densidade pode variar entre 1.100 e 2000 indivíduos.ha⁻¹ e a área basal entre 25 e 40 m².ha⁻¹ (Silva Júnior 2005; Dietzsch *et al.* 2006; Matos & Felfili 2010)

Famílias tais como Anacardiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Sapotaceae e Vochysiaceae, são consideradas típicas de matas de galeria não inundáveis, sendo Fabaceae normalmente a família mais rica (Meyer 2004; Silva Júnior 2004; Silva Júnior 2005; Dietzsch *et al.* 2006; Matos & Felfili 2010). Em relação às espécies, as mais representativas desses ambientes são: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Aspidosperma subincanum* Mart., *Callisthene major* Mart. & Zucc., *Cardiopetalum calophyllum* Schltld., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Hymenaea courbaril* L., *Matayba guianensis* Aubl., *Pera glabrata* (Schott) Poepp. ex Baill., *Tachigali subvelutina* (Benth.) Oliveira-Filho e *Virola sebifera* Aubl. (Felfili *et al.* 2000; Silva Júnior 2004; Silva Júnior 2005; Teixeira & Rodrigues 2006).

2.2.2 Mata de Galeria Inundável

Mata de galeria inundável é a formação florestal associada aos cursos d'água em trechos de topografia plana ou levemente acidentados, onde o lençol freático se mantém próximo ou sobre a superfície do terreno mesmo na estação seca (Ribeiro & Walter 2008). Dessa forma, essas matas apresentam solos encharcados, com linhas de drenagem mal definidas.

Apesar das sugestões de que a má oxigenação do solo e diferenças nos padrões de sedimentação advindos da ampla oferta hídrica possa favorecer processos de especiação (Junk 1993), em geral, matas de galeria inundáveis tendem a possuir menor

riqueza e diversidade que as matas de galeria não inundáveis (Guarino & Walter 2005; Fontes & Walter 2011). A composição florística da comunidade é constituída predominantemente por indivíduos de espécies exclusivas desse ambiente (Nogueira & Schiavini 2003; Guarino & Walter 2005).

As matas de galeria inundáveis costumam apresentar grande densidade de indivíduos arbóreos e alta dominância quando comparadas às matas não inundáveis. Apesar disso, a alta densidade arbórea, em geral, é atribuída a um restrito número de espécies, o que faz com a diversidade não seja tão elevada. A quantidade de espécies arbóreas encontrada nesses ambientes, em geral, varia de 33 a 60, distribuídas entre 20 e 40 famílias (Romagnolo & Souza 2000; Nogueira & Schiavini 2003; Guarino & Walter 2005).

A densidade média varia entre 1.400 e 3.800 indivíduos.ha⁻¹ e a área basal entre 31 e 48 m².ha⁻¹ (Nogueira & Schiavini 2003; Guarino & Walter 2005; Dietzsch *et al.* 2006). O índice de diversidade de Shannon, em geral, varia entre 2,2 a 3,2 (Romagnolo & Souza 2000; Nogueira & Schiavini 2003; Guarino & Walter 2005). Felfili *et al.* (2000) destacaram algumas das espécies arbóreas típicas de ambientes inundáveis: *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Richeria grandis* Vahl, *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng., *Dendropanax cuneatum* (DC.) Decne. & Planch., *Ferdinandusa speciosa* (Pohl) Pohl, *Hedyosmum brasiliense* Mart. ex Miq., *Hyeronima alchorneoides* Allemão e *Xylopia emarginata* Mart., além das palmeiras *Mauritia flexuosa* L.f. e *Euterpe edulis* Mart.

Por serem famílias que comumente se destacam em estudos realizados nas matas de galeria inundáveis (Guarino & Walter 2005; Ribeiro & Walter 2008; Matos & Felfili 2010), Melastomataceae, Myrtaceae, Lauraceae, Rubiaceae e Piperaceae parecem ser as que melhor colonizaram esses ambientes mal drenados. Diferentemente das matas não inundáveis, a família Fabaceae foi observada como muito pouco representativa nas matas inundáveis (Guarino & Walter 2005; Ribeiro & Walter 2008; Matos & Felfili 2010; Fontes & Walter 2011).

2.3 Fatores Ambientais, Composição Florística e Estrutura da Vegetação

A vegetação é influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade de água (Oliveira-Filho e Fluminham-Filho 1999), luminosidade (Dalanesi *et al.* 2004), fertilidade do solo (Pinto *et al.* 2005; Veneklaas *et al.* 2005; Bohlman *et al.* 2008),

topografia (Oliveira-Filho *et al.* 1994) entre outros. A distribuição das espécies em ambientes ripários é altamente condicionada às variáveis hidrológicas e edáficas, e essas comunidades ocorrem frequentemente em zonas relativamente distintas, ao longo dos gradientes de elevação do lençol freático e de textura do solo. A análise da relação vegetação-ambiente permite detectar a influência das condições do meio na florística e na estrutura das comunidades.

Ao longo do tempo, estudos foram realizados examinando os efeitos do clima, do solo e do espaço sobre as florestas no Brasil e no mundo. Segundo Dalanesi *et al.* (2004), o efeito de borda e as classes de drenagem foram identificadas como as variáveis mais fortemente correlacionadas com a distribuição das abundâncias das espécies na floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, Minas Gerais. De acordo com esses autores, a grande riqueza e diversidade encontradas no local estão provavelmente relacionadas com a forte heterogeneidade ambiental, incrementada pelo relevo acidentado e pelo efeito borda nas faixas de transição.

Diferenças de fertilidade, de textura do solo e de regime da água subterrânea foram constatadas por Pinto *et al.* (2005) como sendo variáveis norteadoras da distribuição de espécies em uma floresta de vale na Chapada dos Guimarães (MT). Com resultados semelhantes, Veneklaas *et al.* (2005) observaram que a largura do corpo d'água, a altura da coluna d'água durante as cheias e variáveis relacionadas à fertilidade do solos são os fatores que melhor respondem pelo estabelecimento de florestas de galeria na savana colombiana.

Certas espécies podem ser classificadas como generalistas ou também chamadas de ampla distribuição, uma vez que podem ser encontradas com frequência em diferentes tipos de ambientes. Dwire *et al.* (2006) analisaram a distribuição de espécies de plantas em três comunidades ripárias no nordeste de Oregon, EUA. Os autores verificaram que algumas espécies ocorriam somente dentro de uma faixa restrita de profundidade do lençol freático, ao passo que outras, mais generalistas, ocorriam em áreas de maior variação na profundidade do lençol.

O espaço também pode ser fator importante para explicar a variância das medidas florísticas. Em um estudo realizado na Amazônia Central, Bohlman *et al.* (2008) avaliaram a contribuição relativa das distâncias espaciais, do solo e das variáveis topográficas na determinação dos padrões florísticos da comunidade e da

abundância das espécies arbóreas. Os autores verificaram que o efeito do espaço na similaridade florística foi significativo em distâncias entre 0-5 km.

Toledo *et al.* (2011) demonstraram que disponibilidade de água era um dos preditores mais fortes nas taxas de crescimento de indivíduos em florestas tropicais bolivianas. Em um estudo mais recente, Toledo *et al.* (2012) avaliaram a importância relativa do clima e do solo na distribuição de 100 espécies lenhosas em gradientes ambientais das baixadas bolivianas. Os resultados demonstraram que 91% das espécies foram afetadas pela precipitação, 72% pela temperatura, 47% pela fertilidade do solo e 44% pela textura do solo. Os autores concluíram que, em larga escala espacial, o clima é um preditor mais forte que o solo.

Os estudos citados sugerem que a diversidade biológica das florestas está fortemente relacionada com acentuados gradientes ambientais, distâncias geográficas e com os fatores do clima.

3. HIPÓTESES

- i. A distribuição de espécies vegetais do estrato arbóreo da mata de galeria do Ribeirão Bananal é condicionada pela umidade do solo, declividade, abertura de dossel, espessura da camada de serapilheira e distância ao curso d'água mais próximo;
- ii. Riqueza de espécies, densidade de indivíduos, dominância em área basal, diâmetro máximo e altura máxima do estrato arbóreo da mata de galeria do Ribeirão Bananal pode ser estimada através da umidade do solo, declividade, abertura de dossel, espessura da camada de serapilheira e distância ao curso d'água mais próximo;
- iii. Por ser um estudo de escala local, o espaço é um preditor mais forte na determinação da variação na vegetação que o ambiente.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Descrever a estrutura da vegetação lenhosa, avaliar o efeito de alguns fatores ambientais em indicadores florísticos e estruturais, e verificar os padrões de distribuição das espécies arbustivo-arbóreas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Distrito Federal, Brasil.

4.2 Objetivos específicos

- (i) Descrever a composição florística e a estrutura do estrato arbóreo-arbustivo da Mata de Galeria do Ribeirão Bananal;
- (ii) Identificar interações entre fatores bióticos (distribuição e riqueza de espécies, densidade, dominância, altura máxima, DAP máximo) e abióticos (abertura de dossel, declividade do terreno, umidade do solo, espessura da camada de serapilheira, distância ao curso d'água mais próximo) na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal;
- (iii) Verificar o efeito do ambiente e do espaço nas variações da vegetação.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido no Parque Nacional de Brasília (PNB) (Fig. 2), situado no Distrito Federal (DF), entre os paralelos 15° 35' e 15° 45' (latitude sul) e os meridianos 47° 53' e 48° 05' (longitude oeste). Criado em 29 de novembro de 1961, pelo Decreto 241, com área de aproximadamente 30.000 ha, este foi ampliado para 42.398,01, mediante a Lei nº 11.285, de 8 de março de 2006.

De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o parque está submetido ao clima Aw, com estação seca e fria no inverno, e quente e chuvosa no verão. A precipitação média anual fica em torno de 1.600 mm, concentrada nos meses de dezembro e janeiro. As formações florestais, como as matas de galeria, ocupam pouco menos de 9% do PNB e caracterizam-se por solos do tipo Cambissolo, no caso das matas não inundáveis, e Gleissolo, nas matas inundáveis (Farias *et al.* 2008).

A mata de galeria estudada acompanha o Ribeirão Bananal, que tem suas nascentes nas proximidades da vila Estrutural. Caracteriza-se por regiões de solo bem drenado e outras de solo inundável, principalmente nas bordas da mata que são adjacentes a campos úmidos. Ademais, incêndios são comuns no PNB e seus efeitos podem ser vistos na vegetação.

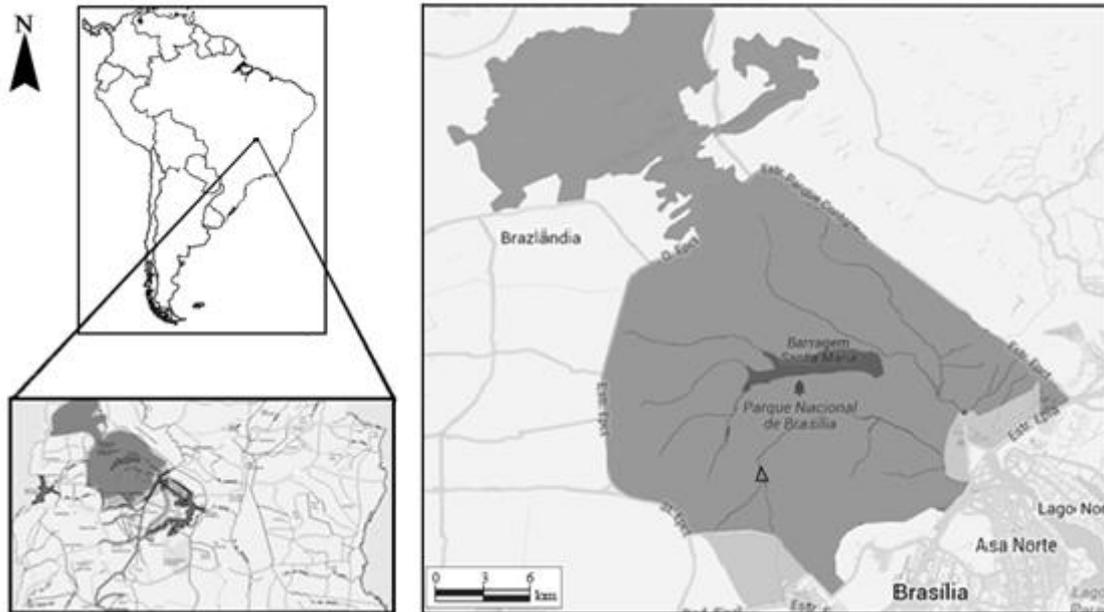


Figura 2. Localização do Parque Nacional de Brasília, em Brasília, DF, Brasil. Em detalhe, o trecho amostrado no Ribeirão Bananal, demarcado com um triângulo.

5.2 Amostragem

A amostragem foi realizada na trilha sul do módulo RAPELD (Anexo 1), onde foram alocadas oito transeções (Fig. 3). Cada transeção foi sub-dividida em parcelas de 10 x 10 m, somando 86 parcelas regulares (0,86 ha). As transeções instaladas são perpendiculares em relação aos segmentos de 10 m que formam a trilha de caminhada situada a 1,5 m da margem norte do Ribeirão Bananal e o critério de distância adotado entre estas foi o de evitar a sobreposição de duas ou mais delas. Todas as transeções foram georreferenciadas.

Com o intuito de abranger toda a largura (variável) da mata de galeria do Ribeirão Bananal foram também amostradas 28 parcelas de tamanhos e formatos irregulares localizadas nos extremos das transeções, o que acrescentou 0,14 ha de área, totalizando 1 ha de amostragem. Tanto a estreita faixa de vegetação localizada na beira do ribeirão (parcelas com formato imposto pela sinuosidade do curso d'água) quanto a vegetação nas bordas do fragmento (parcelas com formato determinado pelo final do dossel), quando necessárias, foram inclusas. Em ambos os casos, a área dessas unidades foram estimadas com o auxílio de trenas.

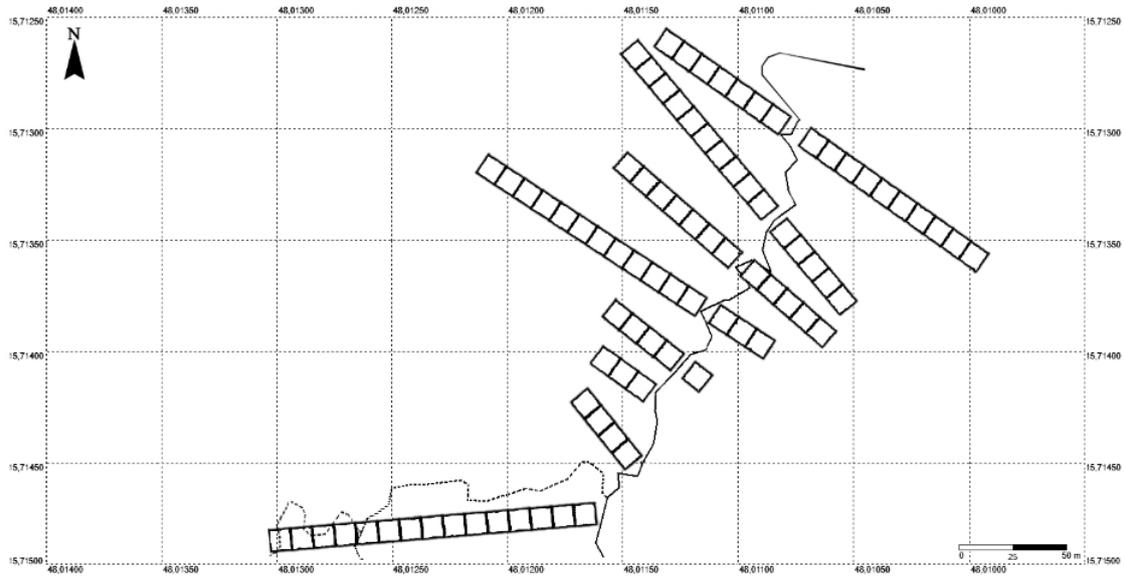


Figura 3. Disposição das transeções instaladas para amostragem das espécies do estrato arbustivo-arbóreo da mata de galeria do Ribeirão Bananal, Distrito Federal. Linha contínua = curso d'água principal. Linha tracejada = curso d'água secundário. Parcelas irregulares não exibidas.

5.2.1 Estrato Arbustivo-Arbóreo

Nas parcelas os indivíduos arbustivo-arbóreos, incluindo palmeiras (Arecaceae), com diâmetro à altura do peito igual ou superior a 5 cm ($DAP \geq 5$ cm) foram identificados taxonomicamente, mensurados em termos de DAP e altura total, e numerados com placas de alumínio. As coletas botânicas foram depositadas no Herbário da Universidade de Brasília (UB).

5.2.2 Variáveis Ambientais

Os dados das variáveis ambientais mensuradas estão dispostos no Anexo 2.

Umidade de solo

As amostras de solo foram coletadas no centro de cada parcela. Para a coleta utilizou-se um cilindro de alumínio com 5 cm de diâmetro até a profundidade de 20 cm. Posteriormente as amostras foram armazenadas em latas de alumínio numeradas e de peso conhecido, vedadas e acondicionadas em sacolas térmicas com gelo, para impedir a perda de umidade. As amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,01g, para obtenção do peso fresco, condicionadas em estufa 110 °C até peso constante e pesadas novamente para a obtenção da umidade gravimétrica (Embrapa 1997). A partir dos resultados de umidade gravimétrica no solo as parcelas foram classificadas em secas

(umidade de 23-44,9%), intermediárias (umidade de 45-64,9%) e úmidas (umidade de 65-85%), de acordo com o gradiente de umidade gerado pelo *software* SAM.

Serapilheira

Para a medição da espessura da camada de serapilheira foi utilizado o coletor-medidor Marimon-Hay (Marimon-Júnior & Hay 2008). A ferramenta é constituída de duas partes, sendo uma base e um garfo que se cruzam, a primeira utilizada para coletar a amostra, a serapilheira no chão da floresta, e a segunda para determinação direta da espessura da camada no local. As coletas foram realizadas no interior das parcelas, em cinco pontos aleatórios a partir das quais foi calculada a média de espessura da camada naquela parcela.

Inclinação do terreno e distância ao curso d'água

A declividade foi medida com clinômetro Suunto na porção central de cada parcela, com visada entre balizas distanciadas 10 m, permitindo a determinação da declividade em porcentagem. Foram realizadas quatro medições, no sentido paralelo e perpendicular ao ribeirão, isso porque a declividade poderia ocorrer não só no sentido da margem do córrego para a borda da mata como também no sentido paralelo ao ribeirão. A declividade das parcelas amostradas foi obtida por meio da relação matemática entre as porcentagens medidas, no qual realizamos quatro equações matemáticas com a soma dos quadrados de porcentagem representando uma medida e para cada lado representativo calculamos a média dos pontos. Também foram medidas as distâncias do centro de cada parcela em relação à margem mais próxima do ribeirão, com o auxílio de trena.

Abertura de dossel

Para analisar o grau de abertura do dossel foram feitas fotos hemisféricas no centro de cada parcela, a 70 cm do nível do solo com tripé nivelado, obtida por meio de câmera fotográfica digital Nikon Coolpix 950, com lente conversora olho de peixe Nikon Fisheye converter FC-E8 0.21x. As fotografias foram obtidas em dias nublados, conforme recomendado Whitmore *et al.* (1993).

Para a estimativa da porcentagem da abertura do dossel as fotos hemisféricas foram analisadas utilizando-se o programa GLA - Gap Light Analyzer, Versão 2.0

(Frazer *et al.* 1999), que fornece os dados de estrutura do dossel em percentual (Walter & Torquebiau 1997; Martins & Rodrigues 2002, 2005).

5.3 Análise dos dados

5.3.1 Curvas de acumulação de espécies

A riqueza foi analisada pelo método de curva de acumulação de espécies, com base em 1.000 aleatorizações (Kindt & Coe 2005), no programa *EstimateS* versão 9.1.0 (Colwell 2012). Foram utilizados os estimadores Bootstrap e Jackknife de primeira ordem (Magurran 1988) para estimar a riqueza. As curvas foram traçadas a partir das médias e intervalos de confiança a 95% do número cumulativo de espécies (McCune & Mefford 1999), utilizando o número total de parcelas alocadas.

5.3.2 Parâmetros fitossociológicos

Os parâmetros fitossociológicos, os quais expressam a estrutura horizontal da vegetação, foram calculados segundo Müller-Dombois & Elleberg (1974). No presente estudo, optou-se pelo cálculo de índice de Valor de Cobertura (IVC) ao invés do usual Índice de Valor de Importância (IVI) devido à impossibilidade de calcular a frequência relativa das espécies em parcelas de formato irregular e de área variável, como é o caso das parcelas localizadas na beira do Ribeirão e de algumas na borda da mata.

5.3.3 Distribuição diamétrica e hipsométrica

Para a distribuição de frequência dos diâmetros, os valores de DAP foram agrupados em classes diamétricas, adotando-se intervalos de classes com valores fixos, conforme adotado por Silva Júnior (2005). Os indivíduos também foram agrupados em classes de altura total.

5.3.4 Análises multivariadas

Foram retiradas das análises multivariadas as parcelas de tamanho irregular, que poderiam enviesar os resultados obtidos. Desse modo, nesses cálculos foram utilizadas as 86 parcelas regulares de 100 m² cada,. Os valores das variáveis ambientais (independentes) foram relativizados em relação à média, com o objetivo de reduzir as

variações entre esses. Em relação à matriz de abundância das espécies, os valores foram modificados através da transformação de Hellinger (Legendre & Gallagher 2001).

Análise de Classificação

A análise de TWINSpan (“Two-Way Indicator Species Analysis”) é um método de classificação hierárquica, divisível e politética (Hill *et al.* 1975) que foi utilizada para separar parcelas de acordo com a vegetação. Foi realizada através do *software* PC-ORD 6.0 (McCune & Mefford 2011), a partir da matriz de abundância de espécies sem as unicatas. A TWINSpan mostra-se muito eficiente em análises de vegetação, pois não só classifica as unidades amostrais com base nas espécies, como também constrói e ordena tabelas, tanto para as unidades amostrais quanto para as espécies (Felfili *et al.* 2011).

Após a definição dos agrupamentos aplicou-se a ISA (*Indicator Species Analysis*) de Dufrêne & Legendre (1997) para o reconhecimento das espécies mais importantes. A análise de espécies indicadoras ranqueou as espécies de acordo com seus valores de VI (valor indicador). Apenas os representantes dos grupos criados pela TWINSpan que foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$) na ISA foram apresentados. A ISA também foi processada pelo *software* PC-ORD 6.0

Análise de Componentes Principais e Tabela de Correlação

A análise de componentes principais (PCA), que reduz a dimensionalidade dos dados, foi utilizada para auxiliar na definição das variáveis ambientais mais explicativas. Auto-vetores com comportamento semelhantes ou exatamente opostos indicam pares de preditoras correlacionadas, o que pode ferir o pressuposto da ausência de multicolinearidade nos modelos. Para verificar as magnitudes das correlações, foi gerada uma tabela de correlação com todas as variáveis bióticas e abióticas.

Análise Canônica de Redundância

As relações entre as variáveis ambientais mensuradas sobre os padrões de composição das espécies foram avaliadas pela Análise Canônica de Redundância (RDA), utilizando os dados de densidade das espécies em todas as parcelas. A matriz ambiental conteve as variáveis ambientais (abertura do dossel, umidade do solo, serapilheira, distância do curso d’água, distância ao curso d’água mais próximo e declividade). A análise foi feita no *software* PC-ORD 6.0 (McCune & Mefford 2011).

Modelos Ecológicos

Após verificar o comportamento das variáveis ambientais nos eixos da PCA, foram realizados modelos de regressão linear múltipla a partir do método dos mínimos quadrados (*ordinary least squares* – OLS), utilizando o *software* SAM 4.0. Todas as variáveis apresentaram fator de inflação da variância menor que 10 ($VIF < 10$) observando assim o pressuposto da ausência de multicolinearidade. Esse conjunto das variáveis selecionadas compôs os modelos completos (*full model*).

A partir do modelo completo foi realizada a seleção do melhor modelo através da função *model selection*. Foi considerado como melhor modelo aquele que apresentou menor valor de Akaike (AIC_c). Para testar a dependência entre os resíduos, foi verificada presença de autocorrelação espacial nos resíduos a partir do correlograma I de Moran com posterior correção sequencial de Bonferroni (Fortin & Dale 2005), quando necessário. Com o objetivo de atender ao pressuposto da normalidade dos resíduos, foi efetuada a logaritmização na base 10 das variáveis envolvidas em modelos que eventualmente feriram essa condição.

GWR

Modelos que apresentaram resíduos espacialmente estruturados foram substituídos pela regressão do tipo GWR (*Geographically Weighted Regression*) (Fotheringham *et al.* 2002). A partir de pesos espaciais, essa análise pondera as variações espaciais de forma contínua, estimando diversos parâmetros para cada variável ao invés de um só. Dessa forma, a autocorrelação espacial dos resíduos tende a ser removida, corrigindo a inflação do erro tipo I e o efeito da não estacionariedade dos coeficientes de regressão.

Partição da Variância

Para calcular a fração ambiental espacial responsável pela variação na vegetação, foi realizada a partição da variância através dos pacotes estatísticos "packfor" e "spacemaker", disponíveis para o software R-program (R Development Core Team 2008). Essa análise permite verificar a fração da variação na vegetação que está sendo respondida pelo espaço, pelo ambiente e pelo ambiente espacialmente estruturado (Borcard & Legendre 2002; Peres-Neto *et al.* 2006).

6. RESULTADOS

Foram amostrados 1.675 indivíduos, onde 203 são mortos em pé. Foram encontradas 94 espécies, distribuídas em 79 gêneros e 42 famílias (Tab. 1). As famílias que mais contribuíram para a riqueza foram Myrtaceae, Fabaceae e Rubiaceae, que juntas englobam 26,6% do número de espécies e 26,6% dos gêneros (Fig. 4). Por outro lado, 18 famílias (43%) foram representadas por apenas uma espécie.

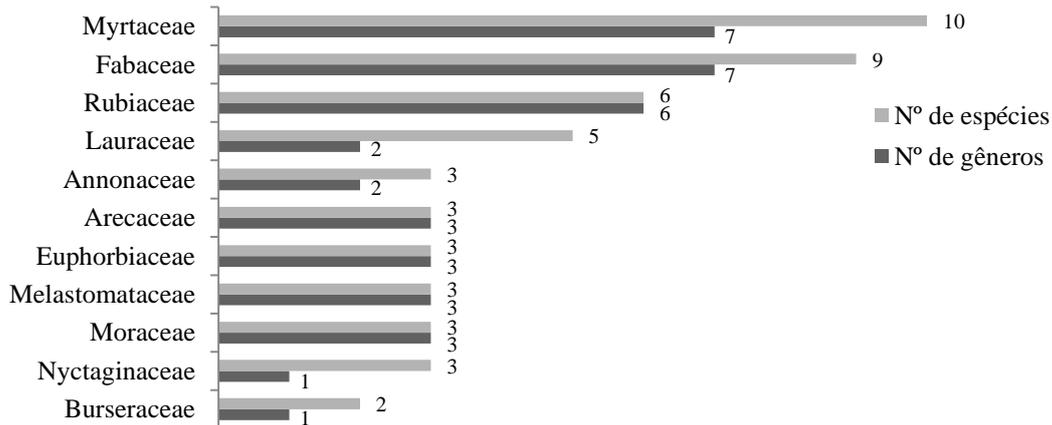


Figura 4. Número de espécies e de gêneros das famílias botânicas mais ricas amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Em relação ao IVC para as famílias, Anacardiaceae foi a que mais se destacou (Fig. 5), devido à alta densidade e dominância de *Tapirira guianensis*. Fabaceae e Arecaceae, apesar de apresentarem poucos indivíduos, a alta dominância em área basal fez com que essas famílias se destacassem entre as que melhor representam a comunidade arbustivo-arbórea. Diferentemente, Sapindaceae, Myrtaceae e Rubiaceae são compostas por espécies que investem mais em abundância de indivíduos. As 10 famílias mais importantes compreendem 65% da densidade de indivíduos e 70% da dominância em área basal da comunidade amostrada.

A espécie mais representativa da comunidade foi *Tapirira guianensis* (Fig. 6), justificado por sua abundância e dominância elevadas. Sozinha, representou cerca de 13% da densidade de indivíduos e 16% de toda área basal da comunidade. Além disso, essa espécie foi encontrada em todas as transeções amostradas nesse estudo. Caso os indivíduos mortos fossem inseridos nos cálculos de IVC, essa categoria representaria a segunda colocação, apresentando alta densidade e dominância.

Apesar de pouco frequentes *Copaifera langsdorffii* e *Lamanonia brasiliensis* se destacaram pela alta dominância. Já as espécies *Euplassa inaequalis*, *Xylopia*

emarginata e *Richeria grandis*, típicas de ambientes úmidos, se destacaram na comunidade devido à alta densidade de indivíduos. *Protium heptaphyllum*, *Richeria grandis* e *Magnolia ovata* apresentaram equilíbrio esses seus parâmetros fitossociológicos. Juntas, as 11 espécies que compõem o ranking de IVC, representam 54,5% da densidade de indivíduos e 58,6% da dominância em área basal da comunidade.

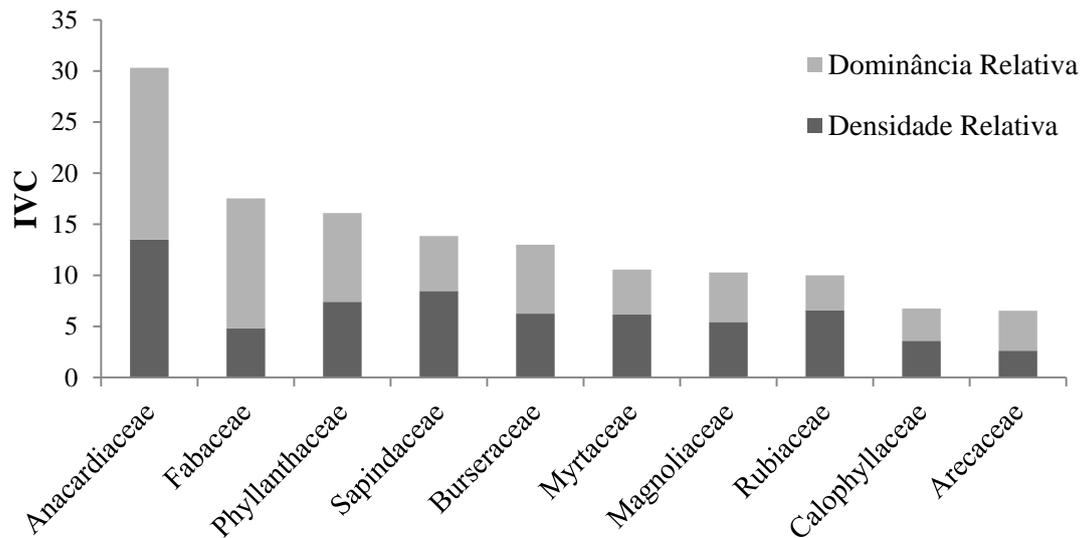


Figura 5. Índice de Valor de Cobertura (IVC) das famílias botânicas que se destacaram na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

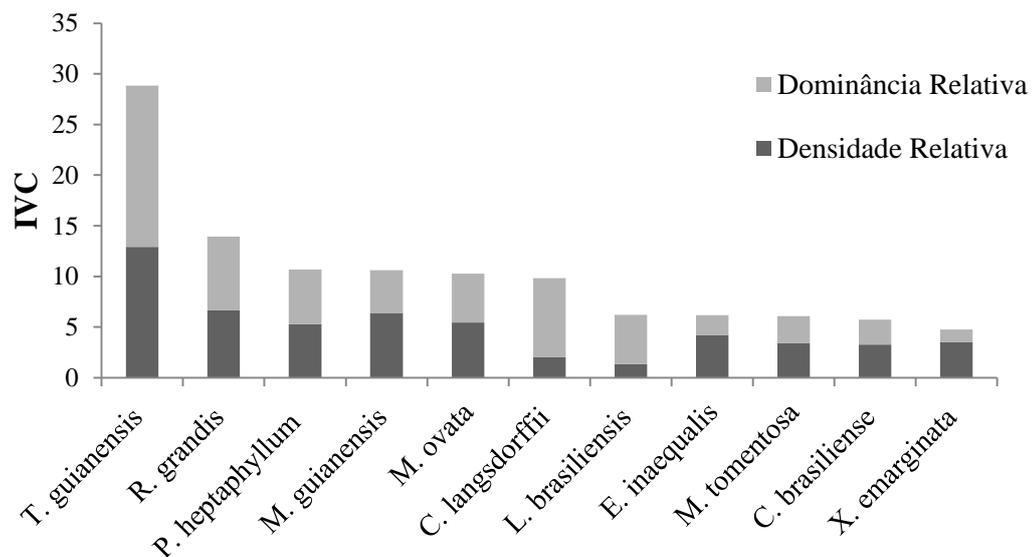


Figura 6. Índice de Valor de Cobertura (IVC) das espécies que se destacaram na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil. (DA = densidade absoluta (ind.ha⁻¹); DR = densidade relativa (%); DoA = dominância absoluta (m².ha⁻¹); DoR = dominância relativa (%); IVC = Índice de Valor de Cobertura). Famílias/Espécies dispostas em ordem alfabética.

Família / Espécie	DA	DR	DoA	DoR	IVC
Anacardiaceae					
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	9	0,611	0,247	0,871	1,483
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	190	12,908	4,518	15,915	28,823
Annonaceae					
<i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schtdl.	3	0,204	0,011	0,040	0,244
<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	52	3,533	0,346	1,219	4,752
<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	4	0,272	0,017	0,059	0,331
Apocynaceae					
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.	13	0,883	0,480	1,690	2,573
Aquifoliaceae					
<i>Ilex affinis</i> Gardner	1	0,068	0,003	0,011	0,079
<i>Ilex conocarpa</i> Reissek	34	2,310	0,257	0,904	3,214
Araliaceae					
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	21	1,427	0,237	0,834	2,261
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire <i>et al.</i>	3	0,204	0,035	0,123	0,327
Arecaceae					
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	29	1,970	0,327	1,153	3,123
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	8	0,543	0,703	2,476	3,019
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	2	0,136	0,075	0,263	0,399
Bignoniaceae					
<i>Handroanthus umbellatus</i> (Sond.) Mattos	4	0,272	0,148	0,522	0,793
Burseraceae					
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	78	5,299	1,525	5,371	10,670
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	14	0,951	0,393	1,386	2,337
Calophyllaceae					
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	48	3,261	0,703	2,477	5,737
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddy	5	0,340	0,190	0,670	1,010
Cardiopteridaceae					
<i>Citronella gongonha</i> (Mart.) R.A.Howard	2	0,136	0,008	0,029	0,165
Celastraceae					
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	8	0,543	0,096	0,338	0,881
<i>Maytenus floribunda</i> Reissek	13	0,883	0,059	0,208	1,091
Chloranthaceae					
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. ex Miq.	6	0,408	0,017	0,061	0,469
Combretaceae					
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	2	0,136	0,142	0,501	0,637
Cunoniaceae					
<i>Lamanonia brasiliensis</i> Zickel & Leitão	20	1,359	1,374	4,841	6,200
Erythroxylaceae					
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	3	0,204	0,021	0,073	0,277
Euphorbiaceae					
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	5	0,340	0,184	0,649	0,988
<i>Croton urucurana</i> Baill.	7	0,476	0,120	0,424	0,900
<i>Sapium obovatum</i> Klotzsch ex Müll.Arg.	1	0,068	0,004	0,015	0,083
Fabaceae					
<i>Bauhinia rufa</i> (Bong.) Steud.	9	0,611	0,054	0,189	0,800

<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	30	2,038	2,208	7,778	9,816
<i>Dalbergia densiflora</i> Benth.	1	0,068	0,002	0,007	0,075
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	2	0,136	0,055	0,193	0,329
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	1	0,068	0,004	0,012	0,080
<i>Inga vera</i> Willd.	7	0,476	0,098	0,346	0,821
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	12	0,815	0,856	3,017	3,833
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	1	0,068	0,018	0,062	0,130
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	8	0,543	0,316	1,112	1,656
Lacistemataceae					
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	8	0,543	0,063	0,223	0,767
Lauraceae					
<i>Nectandra cissiflora</i> Nees	12	0,815	0,922	3,248	4,063
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	2	0,136	0,008	0,027	0,162
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	6	0,408	0,099	0,348	0,756
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	1	0,068	0,003	0,011	0,079
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	3	0,204	0,030	0,104	0,308
Magnoliaceae					
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	80	5,435	1,374	4,842	10,277
Malpighiaceae					
<i>Byrsonima umbellata</i> Mart. ex A.Juss.	1	0,068	0,005	0,018	0,086
Malvaceae					
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	3	0,204	0,032	0,113	0,317
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	19	1,291	0,957	3,371	4,661
Melastomataceae					
<i>Miconia theizans</i> (Bonpl.) Cogn.	3	0,204	0,009	0,032	0,236
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (Schrank & Mart. ex DC.) Cogn.	4	0,272	0,040	0,140	0,412
<i>Trembleya parviflora</i> (D.Don) Cogn.	6	0,408	0,047	0,166	0,573
Meliaceae					
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	2	0,136	0,012	0,042	0,177
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	7	0,476	0,053	0,187	0,662
Moraceae					
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1	0,068	0,004	0,015	0,083
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	6	0,408	0,049	0,171	0,579
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger <i>et al.</i>	4	0,272	0,014	0,050	0,322
Myristicaceae					
<i>Virola urbaniana</i> Warb.	1	0,068	0,002	0,009	0,077
Myrtaceae					
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	4	0,272	0,093	0,329	0,601
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	6	0,408	0,034	0,121	0,529
<i>Gomidesia lindeniana</i> Berg	4	0,272	0,054	0,190	0,462
<i>Myrcia sellowiana</i> O.Berg	1	0,068	0,003	0,011	0,079
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	10	0,679	0,079	0,277	0,957
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	50	3,397	0,763	2,687	6,083
<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D.Legrand	1	0,068	0,003	0,012	0,080
<i>Psidium canum</i> Mattos	2	0,136	0,087	0,308	0,444
<i>Psidium rufum</i> Mart. ex DC.	2	0,136	0,024	0,084	0,220
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	11	0,747	0,107	0,375	1,123
Nyctaginaceae					
<i>Guapira areolata</i> (Heimerl) Lundell	2	0,136	0,013	0,046	0,182
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	2	0,136	0,034	0,120	0,256
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	3	0,204	0,047	0,167	0,371
Oleaceae					
<i>Chionanthus trichotomus</i> (Vell.) P.S.Green	22	1,495	0,310	1,093	2,588

Peraceae						
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	10	0,679	0,220	0,775	1,455	
Phyllanthaceae						
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	11	0,747	0,406	1,430	2,177	
<i>Richeria grandis</i> Vahl	98	6,658	2,062	7,264	13,921	
Primulaceae						
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	19	1,291	0,127	0,449	1,739	
Proteaceae						
<i>Euplassa inaequalis</i> (Pohl) Engl.	62	4,212	0,554	1,953	6,165	
<i>Roupala montana</i> var. <i>brasiliensis</i> (Klotzsch) K.S.Edwards	3	0,204	0,007	0,026	0,230	
Rosaceae						
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	14	0,951	0,108	0,380	1,331	
Rubiaceae						
<i>Cordia macrophylla</i> (K.Schum) Kuntze	38	2,582	0,228	0,804	3,385	
<i>Faramea hyacinthina</i> Mart.	18	1,223	0,344	1,213	2,436	
<i>Ferdinandusa speciosa</i> (Pohl) Pohl.	35	2,378	0,349	1,229	3,607	
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	2	0,136	0,036	0,127	0,262	
<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	2	0,136	0,005	0,019	0,155	
<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	2	0,136	0,007	0,023	0,159	
Rutaceae						
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	2	0,136	0,044	0,157	0,293	
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	3	0,204	0,219	0,770	0,974	
Sapindaceae						
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	31	2,106	0,322	1,136	3,242	
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	94	6,386	1,198	4,222	10,608	
Sapotaceae						
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	16	1,087	0,256	0,900	1,987	
Styracaceae						
<i>Styrax oblongus</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	31	2,106	0,327	1,153	3,259	
Symplocaceae						
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	9	0,611	0,075	0,264	0,875	
<i>Symplocos platyphylla</i> (Pohl) Benth.	6	0,408	0,041	0,143	0,550	
Urticaceae						
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	13	0,883	0,109	0,383	1,266	
Vochysiaceae						
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	1	0,068	0,003	0,012	0,080	
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	7	0,476	0,112	0,394	0,869	
Total Geral	42 famílias / 94 espécies	1.472	100	28,385	100	200

A forte tendência à estabilidade das curvas de acumulação de espécie (Fig. 7) indica que a intensidade amostral foi suficiente para reunir a maioria das espécies arbóreas da mata de galeria do Ribeirão Bananal. A riqueza registrada representou cerca de 85% do número de espécies estimado pelo Jackknife 1 (110), e 92% do estimado pelo Bootstrap (102). Apesar da alta riqueza na área, a amostragem foi suficiente para abranger a maior parte das espécies.

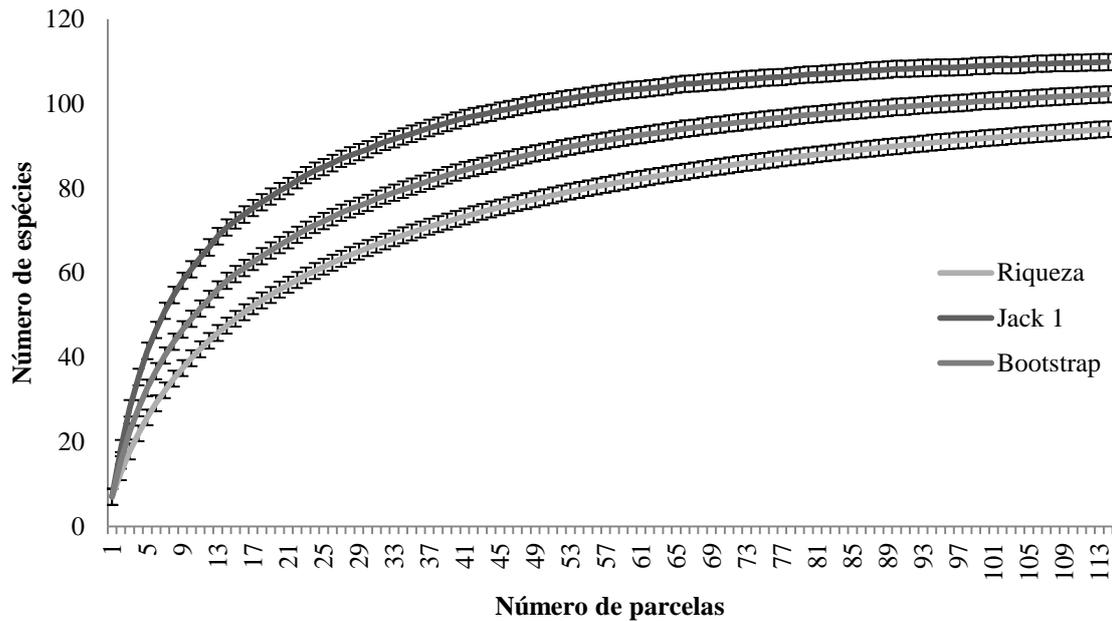


Figura 5. Curvas de acumulação de espécie e seus respectivos intervalos de confiança, baseados na aleatorização das amostras da Mata de Galeria do Ribeirão Bananal no Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

A distribuição dos indivíduos em classes diamétricas foi do tipo J-reverso (Fig. 8), típica de comunidades naturais auto regenerantes, com aproximadamente 50% dos indivíduos com diâmetro entre 5 e 10 cm. *Nectandra cissiflora* foi a espécie que apresentou o maior valor de DAP (69 cm). Por outro lado, espécies como *Cordia macrophylla*, *Ilex conocarpa*, *Xylopia emarginata* e *Euterpe edulis* se destacaram pelo baixo diâmetro e não apresentaram, com exceção de um indivíduo de *X. emarginata*, indivíduos com DAP superior a 20 cm.

Diferentemente da distribuição diamétrica, foi verificado padrão similar à curva Gaussiana na distribuição hipsométrica (Fig. 9). Pouco mais de 72% dos indivíduos possuíam entre 5 e 14 m e apenas 1% da comunidade apresentou altura superior a 29 m. *L. brasiliensis*, *C. langsdorffii*, *Handroanthus umbellatus*, *Lonchocarpus cultratus* e *Nectandra cissiflora* se destacaram devido à altura e podem ser consideradas como emergentes do trecho estudado. Já *I. conocarpa*, *Dendropanax cuneatus*, *C. macrophylla* e *Euplassa inaequalis*, espécies com abundância considerável, apresentaram pouquíssimos indivíduos com altura superior a 12 metros, e fazem parte do sub-bosque da mata do Bananal.

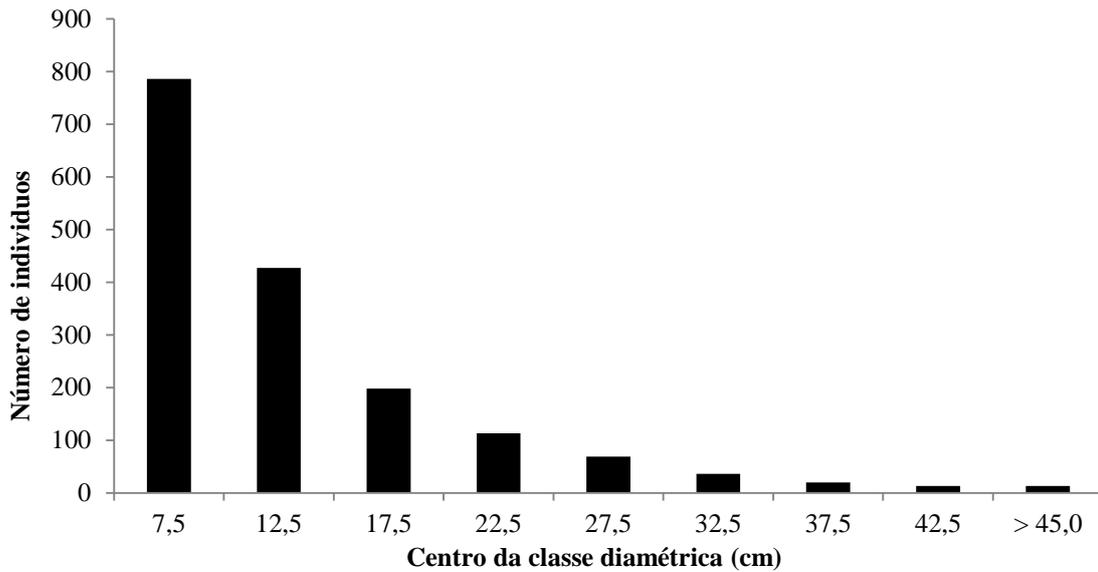


Figura 6. Distribuição em classes diamétricas dos indivíduos do estrato arbustivo-arbóreo amostrados na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

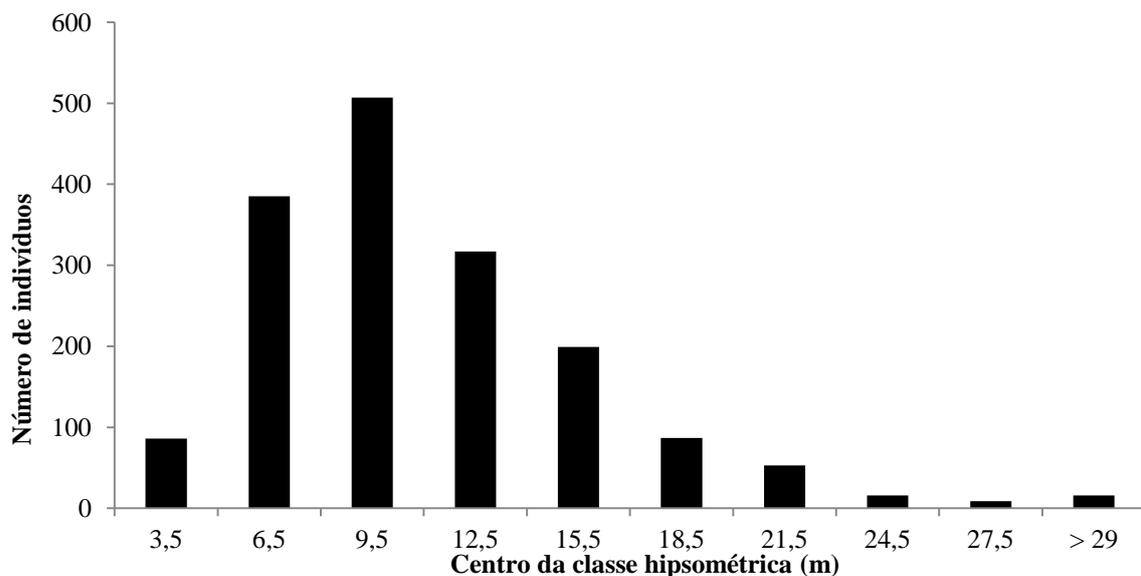


Figura 7. Distribuição em classes hipsométricas dos indivíduos do estrato arbustivo-arbóreo amostrados na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Análises multivariadas

A análise de TWINSPLAN (Fig. 10) separou na primeira divisão (autovalor = 0,6496) as parcelas instaladas em trechos de maior umidade das parcelas que predominantemente ocupam solos bem drenados ou não inundáveis (grupo 3). A segunda divisão (autovalor = 0,5337) separou o grupo sobre solos de maior umidade

em outros dois conjuntos de parcelas: as que estão próximas a uma nascente no interior da mata, cujo curso d'água desemboca no Ribeirão Bananal (grupo 1), daquelas localizadas nas bordas da mata que fazem limite com os campos úmidos (grupo 2).

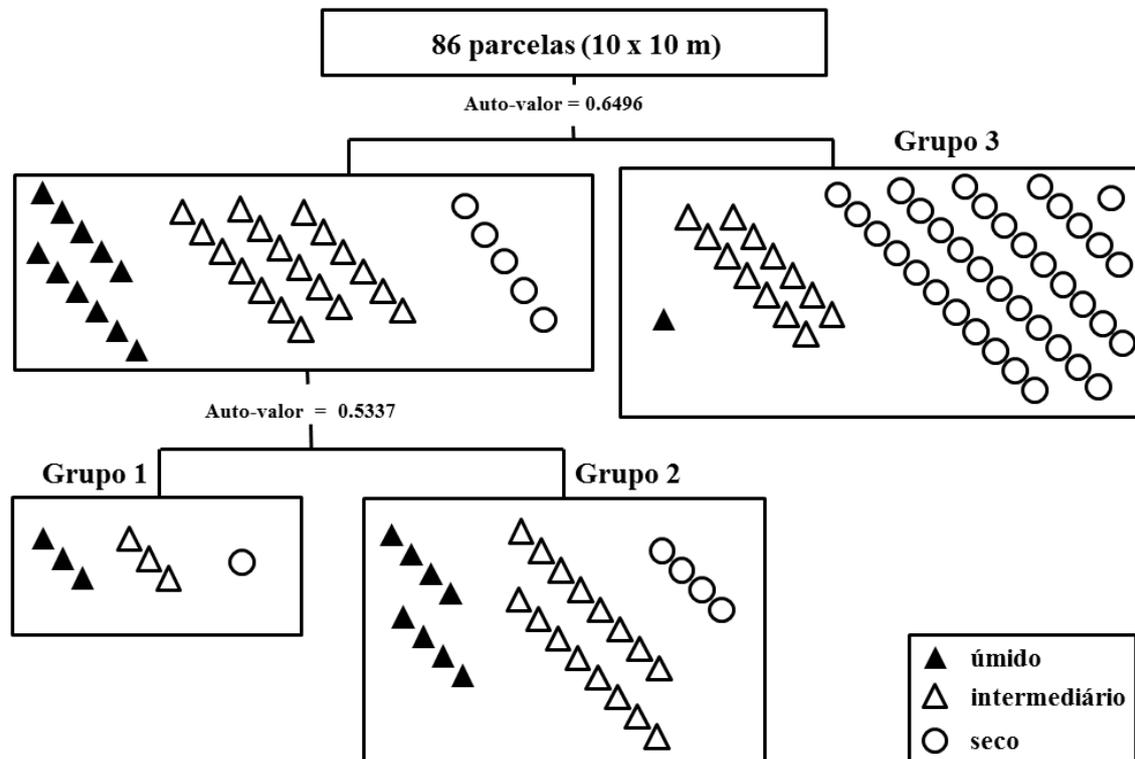


Figura 8. Classificação do estrato arbóreo por TWINSpan, com base na densidade das espécies (ind. ha^{-1}), registradas na mata de galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília (PNB), DF.

A ISA selecionou *Lamanonia brasiliensis*, *Magnolia ovata*, *Protium spruceanum*, *Euterpe edulis*, *Hieronima alchorneoides*, *Handroanthus umbellatus*, *Sorocea bonplandii*, *Pseudolmedia laevigata* e *Miconia theizans* como indicadoras do grupo 1. Já para o grupo 2, *Richeria grandis*, *Euplassa inaequalis*, *Xylopia emarginata*, *Ilex conocarpa*, *Prunus myrtifolia*, *Cecropia pachystachya*, *Mauritia flexuosa* e *Ferdinandusa speciosa* foram as mais representativas. Para o grupo 3, composto predominantemente por parcelas sobre solos bem drenados as espécies indicadoras foram *Copaifera langsdorffii*, *Cordia macrocarpha*, *Cupania vernalis* e *Chrysophyllum marginatum*.

Os agrupamentos da TWINSpan foram confirmados pela RDA gerada para as parcelas (Fig. 11). As variáveis ambientais umidade do solo e distância ao curso d'água

mais próximo foram os fatores que apresentaram maior correlação com os eixos 1 (auto-valor = 4,912) e 2 (auto-valor = 2,983).

Nota-se que o grupo 1 é formado por parcelas de solo úmido com baixa distância em relação ao curso d'água mais próximo, devido ao pequeno córrego que cruza uma porção das parcelas. O grupo 2, por outro lado, apesar de também ser formado por parcelas de solo inundável, essas são localizadas próximo às bordas da mata, distantes dos cursos d'água presentes na área. O grupo 3, por sua vez, é formado por parcelas que estão concentradas nas áreas de solo bem drenado.

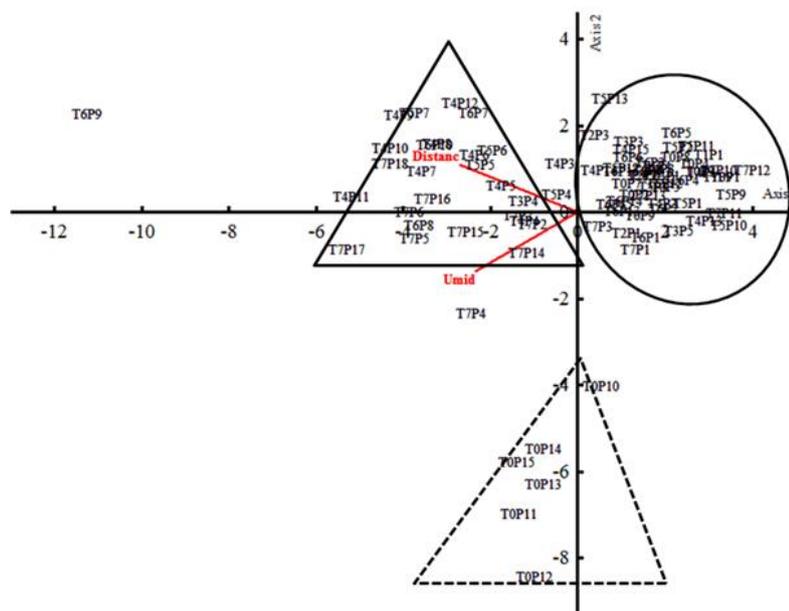


Figura 9. Análise de redundância (RDA) mostrando a relação entre a densidade das espécies nas parcelas e as variáveis ambientais amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF. Distanc: distância do curso d'água mais próximo (m); umid: umidade do solo (%). ∇ Grupo 1; \triangle Grupo 2; \circ Grupo 3

A análise de redundância (Fig. 12) também indicou preferências ambientais das espécies e confirmam os padrões florísticos verificados na análise de espécies indicadoras (ISA). No caso da RDA efetuada para as famílias botânicas, os eixos 1 (auto-valor = 4,655) e 2 (auto-valor = 2,809) foram os selecionados. As famílias Fabaceae e Sapindaceae, assim como Myrtaceae, Sapotaceae e Apocynaceae são famílias que ocupam ambientes de solo bem drenado da área de estudo. Já Arecaceae, Annonaceae, Melastomataceae, Phyllantaceae, Rosaceae e Rubiaceae parecem se estabelecer nas zonas mais úmidas.

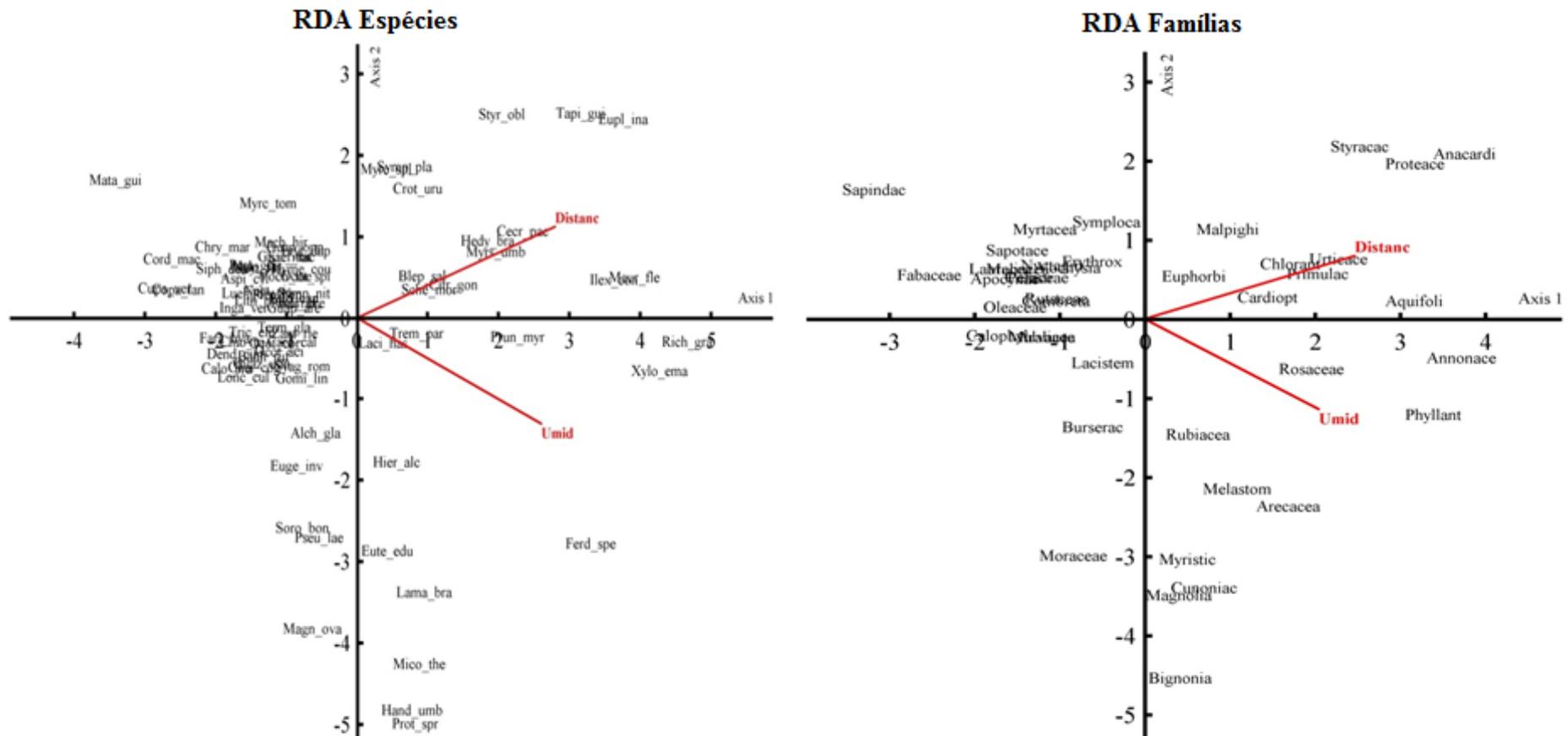


Figura 10. Análise de redundância (RDA) mostrando a relação entre a densidade das espécies (esquerda) e das famílias (direita) e as variáveis ambientais amostradas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF. As abreviações dos nomes das espécies podem ser conferidas na Tabela 1. Distanc: distância do curso d'água mais próximo (m); umid: umidade do solo (%).

Correlogramas I de Moran detectaram autocorrelação espacial nos dados, indicando apenas duas variáveis bióticas (dependentes) e uma abiótica (independente) sem essa característica (Tab. 2; Anexo 3). Todas as outras variáveis mensuradas apresentaram valores estruturados, demonstrando que as unidades amostrais são espacialmente dependentes.

Tabela 2. Presença ou ausência de estrutura espacial indicada pelo correlograma I de Moran nas variáveis bióticas do estrato arbóreo ($DAP \geq 5$ cm) e nas variáveis ambientais coletadas na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF, Brasil.

VARIÁVEL	PRESENÇA DE ESTRUTURA ESPACIAL	AUSÊNCIA DE ESTRUTURA ESPACIAL
Riqueza	X	
DAP Máximo (DAP Máx)		X
Altura Máxima (H Máx)	X	
Densidade	X	
Dominância		X
Serapilheira	X	
Umidade	X	
Dossel	X	
Declividade		X
Distância	X	

A PCA (Anexo 3) retratou auto-vetores com comportamentos relativamente distintos, indicando correlação mais pronunciada somente entre as variáveis “distância ao curso d’água mais próximo” e “umidade do solo” ($r^2 = 0,4679$; $p < 0,005$, Anexo 3), o que poderia ferir o pressuposto da ausência de multicolinearidade. No entanto, o único modelo selecionado que contempla essas variáveis ($H_{máx} \sim \text{Serap.} + \text{Umidade} + \text{Distância}$) não apresentou nenhuma variável preditora com valor de inflação (VIF) superior a 10.

A análise de correlação também indicou baixa correlação entre as variáveis dependentes “riqueza de espécies” e “DAP máximo” com as variáveis ambientais. Modelos lineares (OLS) confirmaram que o efeito desses fatores ambientais, apesar de estatisticamente significativo ($p < 0,05$), é praticamente irrisório para essas duas variáveis bióticas ($r^2 = 0,028$ e $r^2 = 0,075$, respectivamente) na área estudada ou na

escala de amostragem utilizada. Logo, a variação na riqueza de espécies e no DAP máximo não foi captada pelas variáveis ambientais amostradas.

O melhor modelo para se verificar a influência do ambiente na altura máxima das árvores (“Hmáx”), segundo o critério de Akaike (AICc), selecionou as variáveis “serapilheira”, “umidade”, “dossel” e “distância” foram escolhidas como as melhores preditoras. Apesar disso, ao gerar a regressão linear com essas variáveis ambientais, “dossel” não foi significativa ($p = 0,118$).

Dessa forma, o melhor modelo contemplou as variáveis “serapilheira”, “umidade” e “distância” para responder às variações em “Hmáx”. A regressão apresentou coeficiente de determinação de média magnitude e significativo ($r^2 = 0,36$; $p < 0,001$). De acordo com os resultados da OLS, “Hmáx” é mais influenciada por serapilheira, seguida por umidade e distância ($\beta_{\text{serap}} = 12,6$; $p < 0,001$; $\beta_{\text{umid}} = 10,9$; $p < 0,001$; $\beta_{\text{dist}} = -3,36$; $p < 0,001$; respectivamente).

Os pressupostos da linearidade e homocedasticidade do modelo, além da normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk, $p = 0,86$), foram atendidos. Por outro lado, os resíduos desse modelo apresentaram estrutura espacial (Anexo 3). Nesse caso optou-se pelo modelo GWR, que além de ampliar o coeficiente de determinação (r^2), que passou de 0,36 para 0,77, retirou a autocorrelação espacial dos resíduos.

O modelo GWR revelou que os efeitos das variáveis preditoras sobre a altura máxima das árvores não são constantes (Tab. 3). Contudo, claras tendências são evidenciadas na natureza desses efeitos. A umidade do solo possui efeito predominantemente positivo na altura máxima das árvores, assim como a serapilheira, com a diferença de que essa última apresentou efeito de menor intensidade, diferentemente do resultado interpretado pela OLS.

Por outro lado, a distância em relação ao curso d’água mais próximo apresentou efeito predominantemente negativo. Isso significa que existe probabilidade maior das árvores mais altas serem encontradas próximas aos cursos d’água, ao passo que nas bordas as árvores tendem a ser mais baixas.

Em relação à densidade de indivíduos (“Densidade”), o melhor modelo selecionou as variáveis “umidade”, “dossel” e “distância” como as melhores preditoras. Porém, ao gerar a regressão linear com esses fatores ambientais, a variável “umidade” não foi significativa ($p = 0,081$).

Logo, o modelo selecionado utilizou as variáveis “dossel” e “distância” para responder às variações em “Densidade”. A regressão foi significativa estatisticamente ($p < 0,001$) e também apresentou coeficiente de determinação com valor intermediário ($r^2 = 0,33$). De acordo com os resultados da OLS, “Densidade” foi mais influenciada por abertura de dossel, seguida por distância ao curso d’água mais próximo ($\beta_{\text{dossel}} = -13,99$; $p < 0,001$ e $\beta_{\text{dist}} = 4,64$; $p < 0,001$).

Os pressupostos da linearidade e homocedasticidade do modelo, além da ausência de estrutura espacial (Anexo 3) nos resíduos do modelo para a variável resposta “Densidade”, foram atendidos. Todavia, os resíduos desse modelo não apresentaram distribuição Gaussiana ($p < 0,005$; Shapiro-Wilk).

No entanto, o modelo GWR testado para essa variável gerou resíduos de distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ($p = 0,23$). Houve também aumento no valor de r^2 quando comparado com o OLS (de 0,33 para 0,51), embora tenha, em contrapartida, aumentado o valor de Akaike (de 557,58 para 573,09). Os coeficientes gerados são um tanto variáveis, demonstrando que não há estacionariedade.

Tabela 3. Valores dos coeficientes estimados (β) pelo GWR para as variáveis bióticas “Altura máxima” (Hmáx), Densidade de indivíduos e “Log 10 (Dominância em área basal)”.

Variável Resposta	Preditoras	Mínimo	1º quartil	Mediana	3º quartil	Máximo
Hmáx	Constante	-24,57	-6,58	-1,14	16,46	44,13
	Serapilheira	-12,47	6,65	13,6	19,78	28,15
	Umidade	-9,45	-2,11	1,59	10,68	40,77
	Distância	-22,99	-6,7	-2,44	-1,25	7,69
Densidade	Constante	0,80	17,66	22,29	34,17	94,07
	Dossel	-82,33	-21,9	-7,51	-4,86	7,75
	Distância	-7,17	-0,44	3,50	4,96	6,97
Log10 (Dominância)	Constante	-4,31	-0,89	-0,29	0,49	3,14
	Dossel	-2,33	-1,19	-0,56	-0,33	1,06
	Log 10 (Umidade)	-1,78	0,03	0,22	0,65	2,03

O modelo GWR revelou que a “abertura de dossel” possui efeito predominantemente negativo na densidade de árvores. Os coeficientes estimados para “distância em relação ao curso d’água mais próximo” variam de modo semelhante entre valores positivos e negativos, indicando efeito não linear na densidade de indivíduos. Variação similar entre efeito positivo e negativo pode ser indício de que a densidade de

indivíduos tende a ser maior no meio da mata, de modo que tanto nas proximidades das bordas quanto nas proximidades da calha do ribeirão as densidades são inferiores.

Testando a influência das variáveis ambientais mensuradas sobre a dominância em área basal dos indivíduos (“Dominância”), o modelo selecionado utilizou os preditores “umidade do solo” e “abertura de dossel”. Mesmo sendo significativa ($p < 0,001$), essa regressão apresentou coeficiente de determinação relativamente baixo ($r^2 = 0,15$).

De acordo com os resultados da OLS, “Dominância” é mais influenciada por “abertura de dossel”, seguida por “distância ao curso d’água mais próximo” ($\beta_{\text{dossel}} = -0,35$; $p = 0,039$ e $\beta_{\text{umidade}} = 0,17$; $p = 0,011$). O modelo não fere os pressupostos da linearidade e homocedasticidade. Entretanto, foi constatada ausência de distribuição normal ($p < 0,005$; Shapiro-Wilk) e estrutura espacial nos seus resíduos (Anexo 3).

O modelo GWR para a variável resposta “log10(dominância em área basal)” a partir das preditoras “abertura de dossel” e “log10(umidade do solo)” elevou o coeficiente de determinação (r^2), que passou de 0,17 para 0,41, retirou a autocorrelação espacial dos resíduos, e apresentou resíduos com distribuição normal.

O modelo GWR gerado para a variável resposta “dominância em área basal” demonstrou variação de baixa amplitude nos coeficientes estimados para as variáveis “umidade do solo” e “abertura de dossel”, sugeriu que o efeito sobre a dominância seja mais constante. Em geral, a dominância em área basal tendeu a aumentar com a umidade do solo, e diminuir conforme a abertura de dossel aumenta.

A partição de variância revelou que a fração espacial foi maior que a fração ambiental na explicação das variações na vegetação arbórea (Fig. 13). Como verificado nas regressões múltiplas, as variáveis ambientais mensuradas não foram explicativas para “riqueza de espécies” e “DAP máximo”. Apesar disso, o espaço foi um dos fatores responsável por parte da variação desses fatores bióticos. As maiores frações explicativas que a amostragem captou foi para as variáveis “altura máxima” e “densidade de espécies”, que obtiveram os menores valores de resíduos.

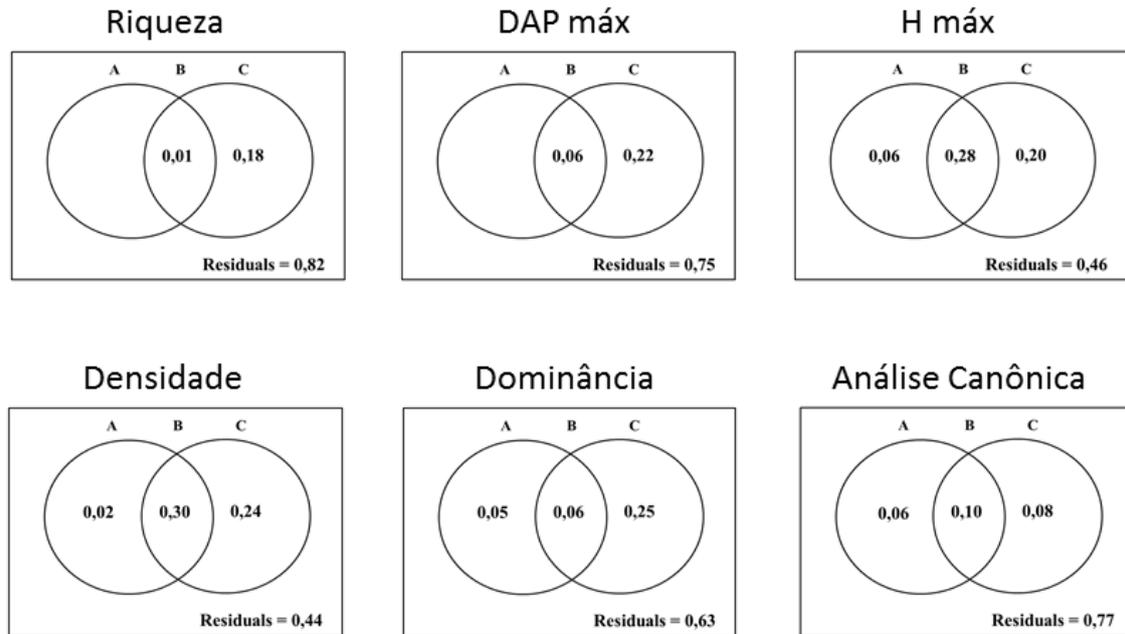


Figura 11. Partição da variância dos fatores bióticos arbóreos analisados na mata de galeria da Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF. Componente A = fração da explicação puramente ambiental; Componente B = fração da explicação referente ao ambiente estruturado no espaço; Componente C = fração da explicação puramente espacial. DAP Máx = DAP Máximo; H Máx = Altura Máxima.

7. DISCUSSÃO

O estrato arbustivo-arbóreo do Ribeirão Bananal possui composição florística bem variada, composta proporcionalmente por espécies típicas de ambientes inundáveis, como *Richeria grandis*, *Calophyllum brasiliense*, *Euplassa inaequalis* e *Xylopia emarginata*, não inundáveis, como *Nectandra cissiflora*, *Lonchocarpus cultratus*, *Copaifera langsdorffii* e *Cupania vernalis*, e generalistas, tais como *Tapirira guianensis* e *Matayba guianensis* (Correia *et al.* 2001; Ribeiro & Walter 2008). A elevada densidade de *T. guianensis* na área deve-se a sua ampla distribuição no Brasil Central (Oliveira-Filho & Ratter 1995) e a sua abundância nas matas de galeria do Distrito Federal (Silva Júnior *et al.* 2001). No trecho amostrado essa espécie apresentou comportamento generalista, sendo encontrada tanto em ambientes encharcados quanto bem drenados.

Myrtaceae foi a família amostrada com maior número de espécies, e comumente se destaca pela alta riqueza nas matas de galeria (Romagnolo & Souza 2000; Meyer *et al.* 2004; Dietzsch *et al.* 2006). Fabaceae, Rubiaceae e Lauraceae também se destacaram pela elevada riqueza de espécies. Apesar do alto número de espécies que

algumas famílias apresentaram, em geral, esta riqueza é associada a um conjunto de espécies com baixa densidade.

Os valores de riqueza, densidade e área basal da comunidade estão dentro do intervalo normalmente encontrado para as matas de galeria do DF (Tab. 4). Porém, a riqueza é aparentemente elevada quando comparada com a das matas de galeria inundável, e se assemelha mais às encontradas nos estudos conduzidos no sub-tipo não inundável. Apesar da florística variada que se destaca na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, pode-se concluir que a mata é predominantemente bem drenada (65% das parcelas), apresentando apenas alguns trechos de solo inundável.

Tabela 4. Densidade, área basal e riqueza do estrato arbustivo-arbóreo encontradas em estudos realizados em matas de galeria brasileiras. Limite de inclusão = DAP \geq 5cm. D.A. = densidade absoluta (ind.ha^{-1}); A.B. = área basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$). Amb. = Tipo de Ambiente; I. = Inundável; N. I. = Não Inundável; * não informado; ** ambos os sub-tipos.

Referência	Local	U. F.	Amb.	D.	A. B.	Riqueza
Presente estudo	Ribeirão Bananal	DF	**	1675	31,5	94
Matos e Felfili 2010	P. N. Sete Cidades	PI	**	1146	26,55	75
Dietzsch <i>et al.</i> 2006	Canjerana	DF	N. I.	1475	31,3	68
Dietzsch <i>et al.</i> 2006	Canjerana	DF	I.	1421	25,5	33
Teixeira & Rodrigues 2006	Cristais Paulista	SP	N. I.	1774	27,8	53
Silva Júnior 2005	Pitoco	DF	N. I.	1971	38,2	99
Silva Júnior 2004	Taquara	DF	N. I.	1573	38,5	110
Meyer <i>et al.</i> 2004	P. E. Rola-Moça	MG	N. I.	*	*	97
Marimon <i>et al.</i> 2002	Nova Xavantina	MT	I.	1351	23,46	77
Marimon <i>et al.</i> 2002	Nova Xavantina	MT	N. I.	962	22,28	86
Marimon <i>et al.</i> 2002	Nova Xavantina	MT	N. I.	1023	20,44	74
Sampaio <i>et al.</i> 2000	Açudinho	DF	*	1574	30	126
Sampaio <i>et al.</i> 2000	Riacho Fundo	DF	N. I.	1159	26	150

Com a retirada das parcelas irregulares nas análises multivariadas, houve redução de 14,1% da área basal e 12,6% da densidade total da comunidade. Apesar disso, somente duas espécies foram excluídas (2,1%), o que não comprometeu a avaliação dos principais padrões florísticos e estruturais da vegetação predominante na mata de galeria do Ribeirão Bananal.

As espécies indicadoras obtidas na ISA para os grupos 1 e 2 são descritas como típicas de ambientes inundáveis (Correia *et al.* 2001). Diferentemente do esperado, por existir influência dos campos úmidos vizinhos à mata, a maioria das parcelas com solo de maior umidade foi encontrada mais próxima às bordas (grupo 2) do que à calha do

Ribeirão Bananal. Além de espécies de ambientes encharcados, como *Richeria grandis*, *Euplassa inaequalis*, *Xylopia emarginata*, esse grupo é constituído também pela flora comumente encontrada em bordas de mata, como *Cecropia pachystachya* (Lorenzi 1992; Batista *et al.* 2008)

Observou-se que Fabaceae e Sapindaceae são famílias mais adaptadas aos trechos bem drenados, o que corrobora com outros estudos realizados em matas de galeria inundável. Nogueira & Schiavini (2003) afirmaram que o encharcamento não possibilitou o estabelecimento de indivíduos de Fabaceae em mata de galeria inundável de Uberlândia. Teixeira e Assis (2009) concluíram que representantes de Sapindaceae, como *Matayba guianensis* e *Cupania vernalis*, também se concentram nos trechos de solo não inundável.

A umidade do solo, além de influenciar a distribuição de espécies, causou efeitos na altura máxima e dominância em área basal. Haridasan *et al.* (1996) e Ferreira *et al.* (2009) também verificaram correlação entre variação florística e disponibilidade de água. Além da densidade de indivíduos e da altura máxima, distância em relação ao curso d'água mais próximo também influenciou na distribuição de espécies na mata. Esse resultado contrasta com o descrito por Veneklaas *et al.* (2005), que não encontrou correlação entre distância ao curso d'água e composição florística.

Indivíduos mais altos, em geral, foram encontrados nas parcelas com maior espessura na camada de serapilheira e de solo úmido. O efeito positivo da serapilheira na altura das árvores era esperado, uma vez que essa variável está relacionada com matéria orgânica e fertilidade do solo (Stark 1970; Vitousek & Sanford 1986). Por outro lado, a correlação positiva entre umidade do solo e altura máxima das árvores parece não ser um padrão muito comum. Segundo Ribeiro & Walter (2008), os subtipos inundável e não inundável possuem alturas médias semelhantes (20-30 m).

Foi observado que quanto maior a abertura do dossel, menor a densidade de árvores e dominância em área basal. Apesar de essa variável ambiental ser um indicativo de disponibilidade de luz, que potencialmente poderia causar algum efeito na vegetação, essa relação encontrada entre resposta e preditora pode ser um tanto enviesada, uma vez que a ausência de árvores afeta positivamente a abertura de dossel. Talvez as variáveis ambientais “espessura da camada de serapilheira” e “abertura de dossel”, por serem diretamente influenciadas pela própria vegetação, não sejam preditoras muito fiéis.

Devido à proximidade entre as parcelas, estrutura espacial nas variáveis ambientais mensuradas era esperada. De fato, na maioria dos casos, a fração explicativa referente ao ambiente espacialmente estruturado (B) foi relevante. A fração não explicativa (resíduos) está associada à variáveis não consideradas nesse estudo. Devido à grande quantidade de variáveis e à complexidade inerente das relações ecológicas, resíduos próximos de 0,70, apesar de elevados, são comuns em trabalhos que correlacionaram vegetação e ambiente (Vandvik & Birks 2002; Mews 2014).

Conclui-se assim que a Mata de Galeria do Ribeirão Bananal é rica e diversa, com trechos alagados associados à borda de campo úmido e à uma nascente existente no interior da mata. A distribuição das espécies é influenciada por fatores ambientais, principalmente pela umidade do solo e pela distância ao curso d'água mais próximo. Essas duas variáveis determinam não só a variação na composição florística, mas também a estrutura horizontal e vertical do estrato arbóreo, influenciando a densidade de indivíduos, dominância em área basal e altura máxima. Variações na vegetação arbórea nessa mata de galeria foram explicadas pelo ambiente, pelo espaço e pelo ambiente espacialmente estruturado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adámoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L.G. & Madeira Netto, J. 1987. Caracterização da região dos Cerrados. Pp.33-98. In: Goedert, W.J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. (Planaltina: EMBRAPA – CPAC. São Paulo. NOBEL.
- Aguiar, L.M.S.; Machado, R.B. & Marinho-Filho, J. 2004. A diversidade biológica do Cerrado. In: Aguiar, L.M.S & Camargo, A.J.A. (Eds.). **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Batista, C.U.N.; Medri, M.E.; Bianchini, E.; Medri, C. & Pimenta, J.A. 2008. Tolerância à Inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): Aspectos Ecofisiológicos e Morfoanatômicos. **Acta Botanica Brasilica** **22**: 91-98.
- Bigarella, J.J.; Andrade Lima, D. & Riehs, P.J. 1975. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** **47**: 411-464.
- Bren, L.J. 1993. Riparian zone, stream and floodplain issues: a review. **Journal of Hydrology** **150**: 277-299.
- Bohlman, S.A.; Laurance, W.F.; Laurance, S.G.; Nascimento, H.E.M.; Fearnside, P.M. & Andrade, A. 2008. Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. **Journal of Vegetation Science** **19**: 863-874.
- Borcard, D. & Legendre, P. 2002. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. **Ecological Modelling** **153**: 51–68.
- Bridgewater, S.; Ratter, J.A. & Ribeiro, J.F. 2004. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation** **13**(12): 2295-2318.
- Colwell, R.K.; Chao, A.; Gotelli, N.J.; Lin, S.Y.; Mao, C.X.; Chazdon, R.L. & Longino, J.T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology** **5**: 3-21.
- Correia, J.R.; Haridasan, M.; Reatto, A.; Martins, E.S. & Walter, B.M.T. 2001. Influência de fatores edáficos na distribuição de espécies arbóreas em matas de galeria na região do cerrado: uma revisão. Pp. 51-76. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca C.E.L. & Sousa-Silva J.C. (Eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Coutinho, L.M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **1**(1): 17-23.
- Dalanesi, P.E.; Oliveira-Filho A.T. & Fontes, M.A.L. 2004. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais. **Acta Botanica Brasilica** **18**: 737-757.
- De Bello, F.; Lavorel, S.; Lavergne, S.; Albert, C.H.; Boulangéat, I.; Mazel, F. & Thuiller, W. 2013. Hierarchical effects of environmental filters on the functional structure of plant communities: a case study in the French Alps. **Ecography** **36**: 393-402.
- Dias, B.F.S. 1992. Cerrados: uma caracterização. Pp.11-25. In: Dias, B.F.S. (Coord.). **Alternativas de desenvolvimento do cerrado: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. FUNATURA - IBAMA, Brasília.

- Dietzsch, L.; Rezende, A.V.; Pinto, J.R.R. & Pereira, B.A.S. 2006. Caracterização da flora arbórea de dois fragmentos de mata de galeria do Parque Canjerana, DF. **Cerne** **12**: 201-210.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. **Ecological Monographs** **67** (3): 345-366.
- Dwire, K.A.; Kauffman, J.B. & Baham, J.E. 2006. Plant species distribution in relation to water table depth and soil redox potential in montane riparian meadows. **Wetland** **26**(1): 131-146.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review** **38**(2): 201-338
- Eiten, G. 1990. Vegetação do cerrado. Pp.9-65. In: Pinto, M.N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, Editora UnB.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. **Manual de métodos e análise de solo**. 2^a ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro.
- Farias, M.F.R.; Carvalho, A.P.F.; Carvalho Júnior, O.A.; Martins, E.S.; Reatto, A. & Gomes, R.A.T. 2008. **Relação entre os Solos e as Fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília**. Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Planaltina, DF.
- Felfili, J.M.; Ribeiro J.F.; Fagg, C.W. & Machado, J.W.B. 2000. **Recuperação de matas de galeria**. EMBRAPA. Brasília, DF.
- Felfili, J.M.; Mendonça, R.C.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Nóbrega, M.G.G.; Fagg, C.W.; Sevilha, A.C. & Silva, M.A. 2001. Flora fanerogâmica das matas de galeria e ciliares do Brasil. Pp. 195-262. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca C.E.L. & Sousa-Silva J.C. (Eds). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados.
- Felfili, J.M.; Carvalho, F.A.; Libano, A.M.; Venturoli, F.; Pereira, B.A.S. & Machado. E.L.M. 2011. Análise multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: Felfili, J.M.; Eisenlohr, P.V.; Melo, M.M.R.F.; Andrade, L.A. & Meira Neto, J.A.A. (Eds.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Editora UFV, Viçosa. Ed. UFV, p.122-155
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **9**: 277-289.
- Ferreira, J.N; Bustamante, M.M.C. & Davidson, E.A. 2009. Linking woody species diversity with plant available water at a landscape scale in a Brazilian savanna. **Journal of Vegetation Science** **20**: 826-835
- Fontes, C.G. & Walter, B.M.T. 2011. Dinâmica do componente arbóreo de uma mata de galeria inundável (Brasília, Distrito Federal) em um período de oito anos. **Revista Brasileira de Botânica** **34**(2): 145-158.
- Fortin, M.J. & Dale, M.R.T. 2005. **Spatial analysis: a guide for ecologists**. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fotheringham, A.S.; Brunson, C. & Charlton, M. (2002). **Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Frazer, G.W.; Canham, C.D. & Lertzman, K.P. 1999. **Gap light analyzer (GLA)**. v.2.0. Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-color fisheye photographs: users' manual and program documentation. Burnaby, BC, Canada: Simon Fraser University.

- Furley, P.A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography** **8**: 223-241.
- Guarino, E.S.G. & Walter, B.M.T. 2005. Fitossociologia de dois trechos inundáveis de matas de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**:431-442.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. **Evolutionary Biology** **15**: 1-84.
- Haridasan, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentration and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil. Pp.171-184. In: Furley, P.A.; Proctor, J. & Ratter, J.A. (Eds.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. Chapman & Hall Publishing. London.
- Haridasan, M.; Felfili, J.M.; Silva Jr., M.C.; Rezende, A.V. & Silva, P.E.N. 1996. Gradient analysis of soil properties and phytosociological parameters of some gallery forests on the Chapada dos Veadeiros in the cerrado region of central Brazil. Pp. 259-275. In: **Proceedings of the International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with Special Reference to Gallery Forests**. November 4-7, 1996, Brasília, Brazil. University of Brasília, Brasília.
- Heringer, E.P. & Paula, J.E. 1989. Contribuição ao conhecimento eco-dendrométrico de matas ripárias na região Centro-Oeste brasileira. **Acta Botanica Brasilica** **3**(2): 33-42.
- Hill, M.O.; Bunce, R.G.H. & Shaw, M.W. 1975. Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification and its application to a survey of native pinewoods in Scotland. **Journal of Ecology** **63**: 597-613.
- IBGE. 2004. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro. Disponível em: www.ibge.gov.br. (Acesso em 10/06/2013)
- Junk, W.J. 1993. Wetlands of tropical South America. Pp.679-739. In: Whigham, D.; Hejny, S. & Dykyjová, D. (Eds.). **Wetlands of the world I: Inventory, ecology and management**. Dr. W. Junk Publishing, Boston.
- Kageyama, P.Y.; Lima, W.P.; Ranzini, M.; Mantovani, V.; Catharino, E.L.M.; Borges, H.V.N.; Brito, M.A. & Baptiston, I.C. 1986. **Estudo para implantação de matas ciliares de proteção na Bacia Hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público**. DAEE, São Paulo. USP, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Kindt, R. & Coe, R. 2005. **Tree diversity analysis: a manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies**. Nairobi, World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Legendre, P. & Gallagher, E. D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia** **129**: 271-280.
- Lorenzi, H. 1992. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Ed. Plantarum
- Magnusson, W.E.; Lima A.P.; Luizão, R.; Luizão F.; Costa, F.R.C.; Castilho, C.V. & Kinupp, V. F. 2005. RAPELD: A modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. **Biota Neotropica** **5** (2).
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. v. 168. Princeton, Princeton University Press.
- Marimon, B. S. M. & Lima, E. S. 2002. Floristics and phytosociology of the gallery Forest of the Bacaba stream, nova Xavantina, mato grosso, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany** **59** (2): 303-318.

- Marimon-Júnior, B. & Hay J.D. 2008. A new instrument for measurement and collection of quantitative samples of the litter layer in forests. **Forest ecology and management** **255**: 2244-2250.
- Martins, S.V. & Rodrigues, R.R. 2002. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. **Plant Ecology** **163**: 51-62.
- Martins, S.V. & Rodrigues, R.R. 2005. Assessing the role of the canopy gap characteristics in the regeneration of shrub and tree species in a Semideciduous Mesophytic Forest in South-Eastern Brazil. Pp.93-112. In: Burk, A.R. (Ed.). **New Research on Forest Ecosystems**. New York, Nova Science Publishers.
- Matos, M.Q. & Felfili, J.M. 2010. Florística, fitossociologia e diversidade da vegetação arbórea nas matas de galeria do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **24**(2): 483-496.
- Mccune, B. & Mefford, M.J. 1999. **PC-ORD - Multivariate analysis of ecological data**. version 4. Gleneden Beach, MjM Software Design.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. v.2. Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Mews, H.A. 2014. **O Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil Central: padrões da flora lenhosa e correlações com variáveis geodafoclimáticas**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, Brasília.
- Meyer, S.T.; Silva, A.F.; Júnior, P.M. & Neto, J.A.A.M. 2004. Composição florística da vegetação arbórea de um trecho de floresta de galeria do Parque Estadual do Rola-Moça na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **18**(4): 701-709.
- Mittermeier, R.A.; Turner, W.R., Larsen, F.W., Brooks, T.M., Gascon, C. 2011. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. Pp. 3-22. In: Zachos F.E., Habel J.C. (Eds). **Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas**. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Müller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. **Aims and methods for vegetation ecology**. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**: 853-858.
- Nogueira, M.F. & Schiavini, I. 2003. Composição florística e estrutural da comunidade arbórea de uma mata de galeria inundável em Uberlândia, MG, Brasil. **Bioscience Journal** **19**: 89-98.
- Oliveira-Filho, A.T.; Vilela, E.A.; Carvalho, D.A. & Gavilanes, M.L. 1994. Effect of soil and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **10**: 483-508.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fluminhan-Filho, M. 1999. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**. **5**(2): 51-64.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany** **52**: 141-194.
- Pausas, J.G. & Austin M.P. 2001. Patterns of plant species richness in relation to different environments: an appraisal. **Journal of Vegetation Science** **12**: 153-166.
- Peres-Neto, P.R.; Legendre, P.; Dray, S. & Borcard, D. 2006. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. **Ecology** **87**(10): 2614-2625.

- Pinto, J.R.R.; Oliveira-Filho, A.T. & Hay, J.D.V. 2005. Influence of soil and topography on the composition of a tree community in a central Brazilian valley forest. **Edinburgh Journal of Botany** 62(1-2): 69-90.
- Pires, M.O. 1999. Cerrado: sociedade e biodiversidade. Pp.155-173. In: IORIS, E. (Coord.). **Plantas medicinais do cerrado: perspectivas comunitárias para a saúde, o meio ambiente e o meio sustentável**. Mineiros, GO: Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior: Projeto Centro Comunitário de Plantas Medicinais.
- Ratter, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brasil. Pp.51-76 In: Furley, P.A.; Proctor, J. & Ratter, J.A. (Eds.). **Nature and dynamics of forest savanna boundaries**. London: Chapman & Hall.
- Ratter, J.A.; Richards, P.N.; Argente, G.E. & Giford, D.R.G. 1973. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso. Philosophical Transaction fo the Royal Society of London, Series B. **Biological Sciences** 226(880): 449-492.
- Ratter, J.A.; Bridgewater, S. & Ribeiro, J.F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany** 60(1):57-109
- Reatto, A.; Correia, J.R.; Spera, S.T. & Martins, E.S. 2008. Solos do Bioma do Cerrado: aspectos pedológicos. Pp. 109-133. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. v.1. Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Ribeiro, J.F.; Sano, S.M.; Macedo, J. & Silva, J.A. 1983. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados**. EMBRAPA-CPAC. Planaltina, DF.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp.151-212. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. & Ribeiro J.F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. v.1. Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Rizzini, C.T. 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. v.2. Hucitec-Edusp, São Paulo.
- Romagnolo, M.B. & Souza, M.C. 2000. Análise florística e estrutural de florestas ripárias do alto rio Paraná, Taquaruçu, MS. **Acta Botanica Brasilica** 14(2): 163-174.
- Sampaio, A.B.; Walter, B.M.T. & Felfili, J.M. 2000. Diversidade e distribuição de espécies arbóreas em duas matas de galeria na micro-bacia do Riacho Fundo, Distrito Federal. **Acta Botanica Brasilica** 14: 197-214.
- Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S. & Ferreira, L.G. 2010. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**. 166:113-124. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>
- Santos, R.M.; Oliveira-Filho, A.T.; Eisenlohr, P.V.; Queiroz, L.P.; Cardoso, D.B.O.S & Rodal, M.J.N. 2012. Identity and relationships of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. **Ecology and Evolution** 2: 409-428.
- Silva, J.M.C & Bates, J.M. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna Hotspot. **BioScience** 52: 225-233.
- Silva Júnior, M.C. 2001. Comparação entre matas de galeria no Distrito Federal e a efetividade do código florestal na proteção de sua diversidade arbórea. **Acta Botanica Brasilica** 15(1): 111-118.
- Silva Júnior, M.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Nogueira, P.E.; Rezende, A.V.; Morais, R.O. & Nóbrega, M.G.G. 2001. Análise da flora arbórea de matas de galeria no Distrito Federal: 21 levantamentos. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca C.E.L. & Sousa-Silva J.C. (Eds). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados, p.143-191.

- Silva Júnior, M.C. 2004. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. Viçosa-MG: **Revista Árvore** **28** (3): 419-428.
- Silva Júnior, M.C. 2005. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. **Cerne** **11**(2): 147-158.
- Staver, A.C. & Levin, S.A. 2012. Integrating Theoretical Climate and Fire Effects on Savanna and Forest Systems. **The American Naturalist** **180**(2): 000-000.
- Stark, N. M. 1970. The nutrient content of plants and soils from Brazil and Surinam. **Biotropica** **2**: 51-60.
- Teixeira, A.P. & Assis, M.A. 2009. Relação entre heterogeneidade ambiental e distribuição de espécies em uma floresta paludosa no Município de Cristais Paulista, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **23**: 843-853.
- Teixeira, A.P. & Rodrigues, R.R. 2006. Análise florística e estrutural do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria no Município de Cristais Paulista, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **20**: 803-813.
- Toledo, M.; Poorter, L.; Peña-Claros, M.; Alarcón, A.; Balcázar, J.; Leño, C.; Licona, J.C.; Llanque, O.; Vroomans, V.; Zuidema, P. & Bongers, F. 2011. Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. **Journal of Ecology** **99**: 254-264.
- Toledo, M.; Peña-Claros, M.; Bongers, F.; Alarcón, A.; Balcázar, J.; Chuvina, J.; Leño, C.; Licona, J.C. & Poorter, L. 2012. Distribution patterns of tropical woody species in response to climatic and edaphic gradients. **Journal of Ecology** **100**: 253-263.
- Vandvik, V & Birks, H.J.B. 2002. Partitioning floristic variance in Norwegian upland grasslands into within-site and between-site components: Are the patterns determined by environment or by land-use? **Plant Ecology** **162**: 233-245.
- Veneklaas, E.J.; Fajardo, A.; Obregon, S. & Lozano, J. 2005. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. **Ecography** **28**: 236-252.
- Vitousek, P.M. & Sanford, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** **17**:137-167.
- Walter, B.M.T. 1995. **Distribuição espacial de espécies perenes em uma mata de galeria inundável no Distrito Federal: florística e fitossociologia**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília.
- Walter, B.M.T. 2006. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, Brasília.
- Walter, N.J. & Torquebiau, E.F. 1997. The geometry of the canopy of dipterocarp rain forest in Sumatra. **Agricultural and Forest Meteorology** **85**: 99-115.
- Whitmore, T.C. 1993. Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** **9**: 131-151.

9. ANEXOS

ANEXO 1 - Método RAPELD

Desenvolvido por Magnusson *et al.* (2005), o método RAPELD (RAP - *Rapid Assessment Program* e PELD - Programas Ecológicos de Longa-Duração) é uma modificação do método de parcelas de 0,1 ha desenvolvido por Gentry (1982). Seu objetivo original foi desenvolver pesquisas ecológicas de longa-duração que permitam inventários rápidos para avaliação da complementaridade biótica e do planejamento de uso da terra na Amazônia.

A grade padrão usada pelo PPBio para estudos de processos locais é um quadrado de 25 km², segmentado por seis trilhas de 5 km no sentido leste-oeste e outras seis no sentido norte-sul, cruzadas em intervalos de 1 km (Fig. 14). As trilhas são marcadas com sistema de GPS geodésico, de modo que o comprimento medido ao longo das trilhas é o comprimento do mapa. Estacas que informam as coordenadas sobre o sistema de rede são fixadas a cada 50 ou 100 metros, onde também são mensurados os diferentes níveis topográficos.

Parcelas são instaladas sistematicamente ao longo das trilhas, com distância padrão de 1 km entre elas. Essas não possuem formato regular, mas uma linha central composta de 25 segmentos de 10 metros cada (totalizando 250 metros) orientada na mesma cota altimétrica e larguras que variam de acordo com o grupo biológico a ser estudado. Quanto maior o organismo, maior a largura da unidade amostral (Fig. 15). Apesar de ser mais difícil de se instalar, esse desenho aumenta a probabilidade de amostrar adequadamente as comunidades biológicas e minimiza a variação interna de topografia e solo em cada parcela, permitindo o uso destas variáveis como preditoras da distribuição de espécies.

A distribuição sistemática de parcelas na paisagem permite estimativas não tendenciosas da espacialização, abundância e biomassa das espécies em cada sítio, além de comparações biogeográficas entre sítios. Ademais, os custos de implementação do módulo são moderados, considerando a grande produção gerada pelos estudos integrados.

O sistema RAPELD prevê também a alocação de parcelas ripárias nos trechos em que as trilhas do módulo cortem pequenos riachos, uma vez que unidades amostrais equidistantes, em geral, não contemplam esse importante *habitat*. Parcelas ripárias são

semelhantes às parcelas distribuídas regularmente, mas em vez de seguir a cota altimétrica são compostas de segmentos que margeiam o córrego.

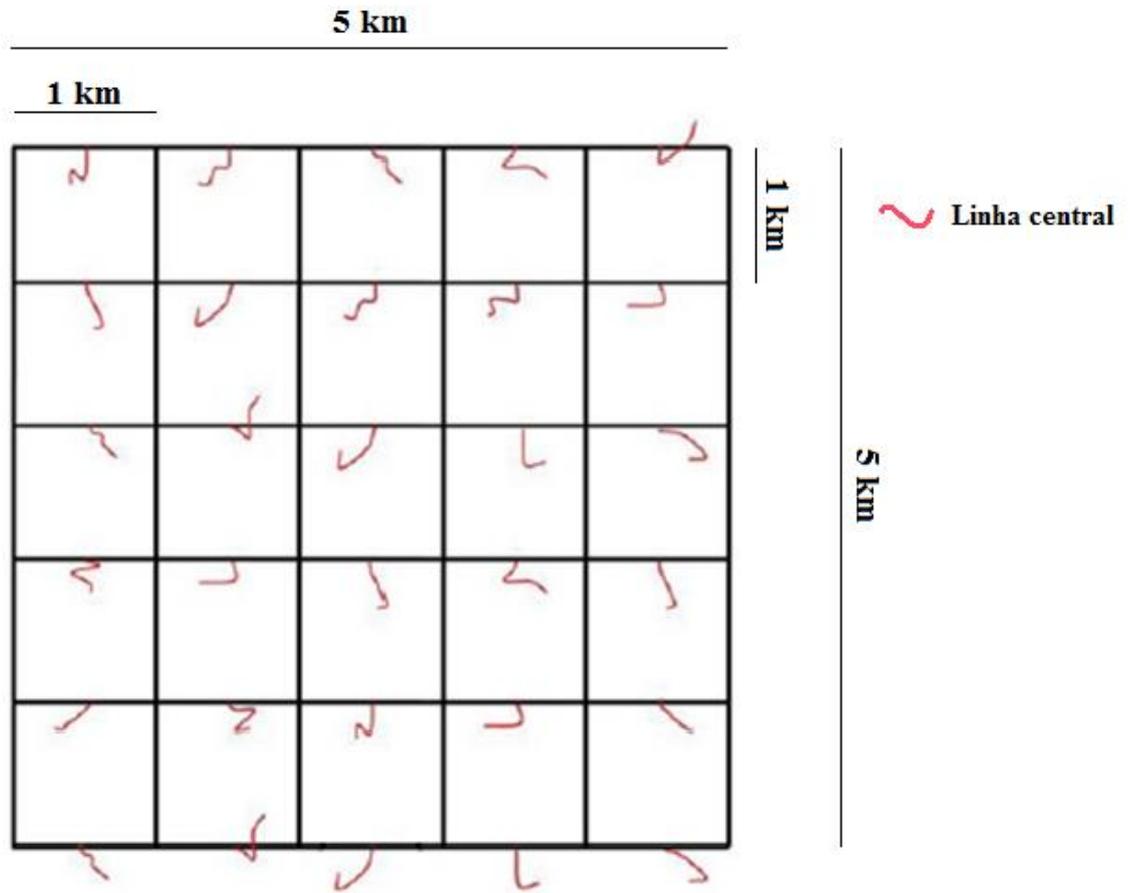


Figura 12. Representação esquemática da grade de amostragem do sistema RAPELD. Adaptado de PPBIO/INPA (2011) e Rede ComCerrado (2011).

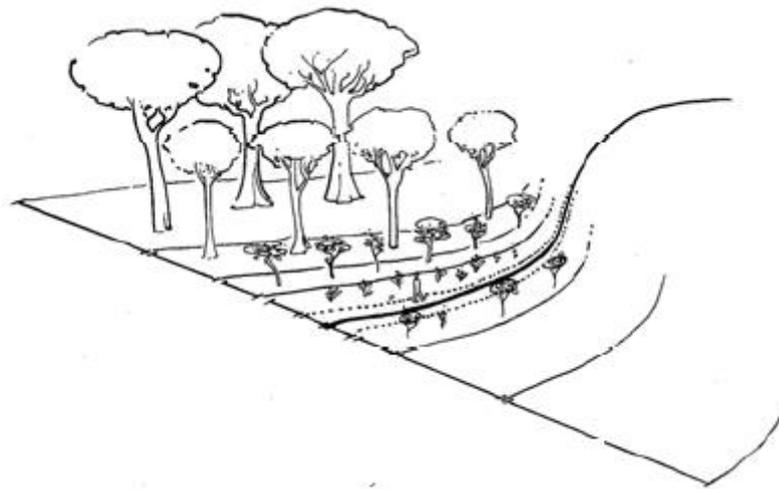


Figura 13. Parcela em curva de nível com diferentes faixas de amostragem da vegetação (Fonte: PPBio/ComCerrado)

A ComCerrado é uma rede composta por instituições nacionais de ensino e pesquisa, e conta com a participação de inúmeros pesquisadores e o apoio internacional. Um dos principais objetivos da rede é contribuir para as estratégias de conservação e uso sustentável do Cerrado.

Atualmente, o núcleo de Brasília da ComCerrado, coordenado pela Universidade de Brasília (UnB), possui três grandes sítios de pesquisa: Parque Nacional de Brasília (PNB - área do presente estudo), Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e Parque Estadual de Terra Ronca (PETER). Nessas localidades foram instalados módulos conhecidos como RAPELD-ComCerrado, semelhantes aos propostos por Magnusson *et al.* (2005) para a região Amazônica, com a diferença de serem reduzidos, sendo compostos por duas trilhas perpendiculares de 5 km.

O módulo RAPELD instalado no PNB possui duas trilhas de 5 km cada (Fig. 16), com 1 km de distância entre elas, originando na parte mais sul e dispostas no sentido SE – NW. A trilha SUL cruza a Mata de Galeria do Ribeirão Bananal na metragem aproximada de 2.300 m, local onde tem origem a trilha ripária de 250 m que margeia o ribeirão e que está sendo utilizada na amostragem da vegetação arbórea.



Figura 14. Trilhas de 5 km do módulo RAPELD instaladas no Parque Nacional de Brasília. Adaptado: Google Earth 2013.

ANEXO 2 – Dados Ambientais

Variáveis ambientais mensuradas nas parcelas utilizadas para levantamento do estrato arbóreo (1 ha de amostragem) na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília, DF.

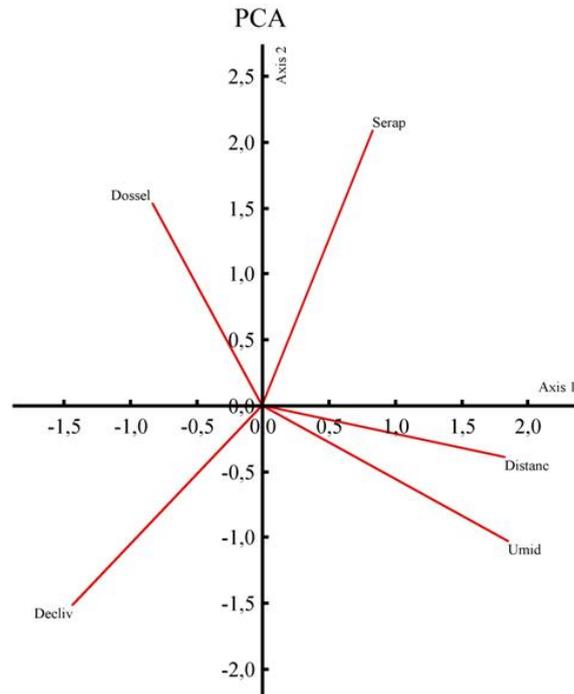
Parcela	Espessura da camada de serapilheira (cm)	Umidade do solo (%)	Abertura de dossel (%)	Declividade (%)	Distância em relação ao curso d'água mais próximo (m)
TOP1	1,74	38,54	18,35	2,43	8,0
TOP10	2,22	46,91	15,48	0,37	18,0
TOP11	1,78	78,67	15,15	0,47	0,0
TOP12	1,86	73,22	17,92	0,50	0,0
TOP13	1,54	56,48	15,89	0,43	6,0
TOP14	2,24	77,43	16,83	0,46	0,0
TOP15	1,80	82,10	13,36	0,66	6,0
TOP16	2,26	85,21	14,48	0,50	16,0
TOP2	2,30	35,26	15,96	0,73	18,0
TOP3	2,74	38,31	16,30	0,52	20,0
TOP4	2,62	38,71	18,92	0,47	22,5
TOP5	2,58	40,36	16,91	0,51	18,0
TOP6	2,86	38,77	20,15	0,50	21,0
TOP7	2,32	39,52	19,64	0,37	29,0
TOP8	2,62	40,09	19,61	0,34	29,0
TOP9	2,52	44,91	17,71	0,64	26,0
T0R1	2,06	24,30	17,30	1,49	1,5
T0R2	1,64	36,11	18,24	3,43	3,5
T1P1	2,58	31,07	17,97	0,54	8,3
T1P2	2,42	36,03	20,51	0,85	10,2
T1P3	1,52	32,46	16,47	1,43	14,6
T1P4	2,16	37,86	17,49	0,45	26,8
T1P5	2,02	40,21	17,13	0,89	34,2
T1R1	1,98	24,45	15,10	2,03	2,0
T1R2	2,24	44,06	16,91	4,35	3,5
T2P1	1,14	38,82	16,13	0,90	9,0
T2P2	1,34	37,94	16,48	1,46	19,0
T2P3	1,92	36,53	17,07	0,84	29,0
T2P4	1,78	32,47	24,93	0,58	38,0
T2P5	2,58	36,80	14,66	1,98	10,0
T2R1	2,14	22,77	14,29	2,44	2,0
T2R2	2,10	22,77	16,38	2,18	2,5
T3P1	2,38	32,07	16,29	0,53	8,0
T3P2	2,10	37,30	15,84	1,40	18,0
T3P3	2,20	40,21	15,94	1,11	28,0
T3P4	1,14	47,61	18,61	0,65	38,0
T3P5	2,50	39,05	15,53	1,72	8,0
T3P6	1,94	41,18	19,96	0,12	18,0
T3R1	2,40	30,18	16,78	2,44	1,5
T3R2	2,38	16,08	16,14	0,91	1,5
T4P1	1,80	38,97	16,68	2,10	11,0
T4P10	1,88	65,26	14,51	0,37	101,0
T4P11	2,20	62,56	15,69	0,52	111,0
T4P12	2,44	40,37	15,17	2,21	121,0
T4P13	2,64	44,64	16,76	1,21	7,9
T4P14	2,78	42,54	17,85	0,20	15,2
T4P15	2,36	44,40	18,60	0,53	23,8
T4P16	2,32	43,57	15,87	0,78	45,0
T4P2	2,32	44,42	15,85	0,74	21,0

T4P3	1,80	41,87	14,66	0,50	31,0
T4P4	1,82	48,80	16,62	0,34	41,0
T4P5	2,36	44,23	16,21	0,29	51,0
T4P6	2,02	57,77	17,56	0,65	61,0
T4P7	2,46	51,23	18,55	0,33	71,0
T4P8	2,12	56,59	15,85	0,26	81,0
T4P9	2,18	41,58	16,34	0,33	91,0
T4R1	2,20	24,44	16,17	1,64	3,0
T4R2	2,52	30,99	13,97	3,16	2,8
T5P1	2,44	37,60	16,24	2,05	17,0
T5P10	2,64	44,10	16,04	1,51	15,0
T5P11	2,38	38,20	15,89	0,33	25,0
T5P12	2,08	45,63	21,08	1,18	35,0
T5P13	2,30	44,28	20,46	0,77	45,0
T5P14	2,56	45,86	30,76	0,26	55,0
T5P2	2,66	32,63	16,39	0,63	27,0
T5P3	2,64	44,40	15,90	0,35	37,0
T5P4	2,60	43,99	17,22	0,42	47,0
T5P5	2,38	50,39	15,30	0,47	57,0
T5P6	2,74	43,95	16,18	0,38	67,0
T5P7	2,26	44,87	16,50	0,33	77,0
T5P8	2,16	47,22	16,57	0,43	87,0
T5P9	2,32	23,04	17,55	0,65	5,0
T5R1	2,32	28,04	13,39	2,43	6,0
T5R2	2,28	18,04	17,60	2,17	97,0
T6P1	2,28	38,37	15,36	1,03	9,0
T6P10	2,60	72,57	16,39	0,55	99,0
T6P11	2,04	36,22	19,34	0,55	109,0
T6P12	2,48	33,66	9,40	0,91	8,0
T6P13	2,46	40,26	13,57	0,76	18,0
T6P14	2,60	44,32	18,55	0,17	28,0
T6P15	2,78	44,41	16,10	0,64	38,0
T6P16	2,94	43,88	16,64	1,00	48,0
T6P17	2,52	62,75	18,35	0,53	58,0
T6P2	2,58	38,22	17,13	0,93	19,0
T6P3	2,46	37,15	16,81	0,86	29,0
T6P4	2,58	41,35	16,40	0,21	39,0
T6P5	2,56	42,62	16,14	0,40	49,0
T6P6	2,80	42,41	16,20	0,57	59,0
T6P7	2,36	40,22	16,75	0,43	69,0
T6P8	2,40	65,01	16,14	0,34	79,0
T6P9	2,26	68,81	14,88	0,44	89,0
T6R1	2,12	21,94	16,07	1,56	2,0
T6R2	2,52	17,19	12,54	1,44	1,5
T7P1	2,48	39,76	17,12	0,78	13,0
T7P10	3,00	43,47	14,33	0,33	5,0
T7P11	3,04	46,64	15,77	0,35	18,0
T7P12	3,30	44,33	14,08	0,46	33,0
T7P13	2,68	46,28	15,11	1,24	46,0
T7P14	2,54	52,28	15,20	0,69	54,0
T7P15	2,98	64,71	13,48	0,33	65,0
T7P16	2,44	80,58	12,89	0,59	82,0
T7P17	2,64	83,43	14,99	0,68	92,0
T7P18	2,54	84,07	14,42	0,18	102,0
T7P19	2,38	82,45	14,72	0,48	112,0
T7P2	2,38	39,75	16,08	1,32	23,0
T7P3	1,86	49,32	14,96	1,87	33,0

T7P4	2,52	62,33	16,17	1,20	43,0
T7P5	2,14	62,30	15,29	0,78	53,0
T7P6	2,72	73,48	15,89	0,36	63,0
T7P7	3,16	75,23	20,52	0,53	73,0
T7P8	2,38	66,10	16,07	0,76	83,0
T7P9	2,84	36,06	14,53	0,43	4,0
T7R1	2,46	26,97	16,67	2,19	4,0
T7R2	2,56	25,53	14,24	2,26	3,5
Média	2,33	45,14	16,54	0,93	35,2

ANEXO 3 - Verificando algumas premissas das regressões múltiplas

MULTICOLINEARIDADE



Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis ambientais coletadas nas parcelas de amostragem do estrato arbóreo ($DAP \geq 5$ cm) na Mata de Galeria do Ribeirão Bananal, Parque Nacional de Brasília (PNB), DF.

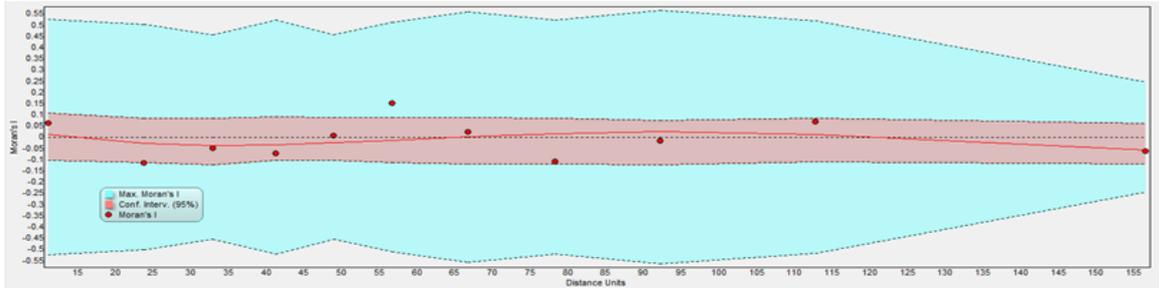
Tabela de Correlação entre Variáveis Dependentes e Independentes

	Riqueza	DAPmax	Hmax	Densidade	Dominância	Serap	Umid	Dossel	Decliv	Distanc
Riqueza		0.086496	0.079418	1.1223E-08	0.00018702	0.89981	0.20101	0.12403	0.39537	0.78495
DAPmax	0.18595		1.3757E-09	0.52299	1.0858E-20	0.9335	0.17816	0.28397	0.85898	0.2124
Hmax	0.1902	0.59633		0.60049	9.2428E-09	0.0073569	0.0087314	0.068573	0.25678	0.052471
Densidade	0.5686	0.069816	0.057263		6.0029E-05	0.57586	5.5919E-05	0.0094309	0.55842	1.2513E-07
Dominância	0.39232	0.80438	0.57128	0.41876		0.88008	0.0027646	0.0096931	0.48911	0.73161
Serap	0.013778	0.0091308	0.28711	0.061164	-0.016509		0.83402	0.79914	0.011292	0.19416
Umid	0.13925	0.14655	0.28117	0.42034	0.31891	-0.022928		0.042691	0.01357	5.5495E-06
Dossel	-0.16713	-0.11685	-0.19734	-0.27845	-0.27748	-0.027842	-0.21909		0.84218	0.25396
Decliv	0.09281	-0.019442	-0.12363	-0.063974	-0.07559	-0.27201	-0.26527	-0.021787		0.057018
Distanc	0.029856	-0.13583	-0.20985	0.53324	0.03752	0.14137	0.46793	-0.12436	-0.20603	

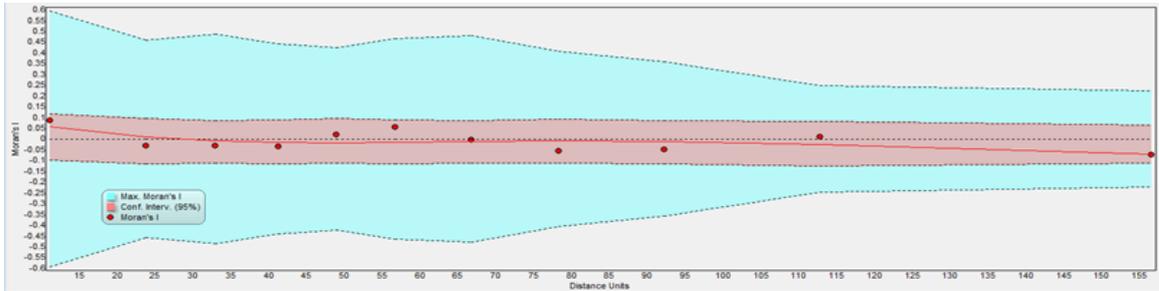
AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL

Correlogramas I de Moran

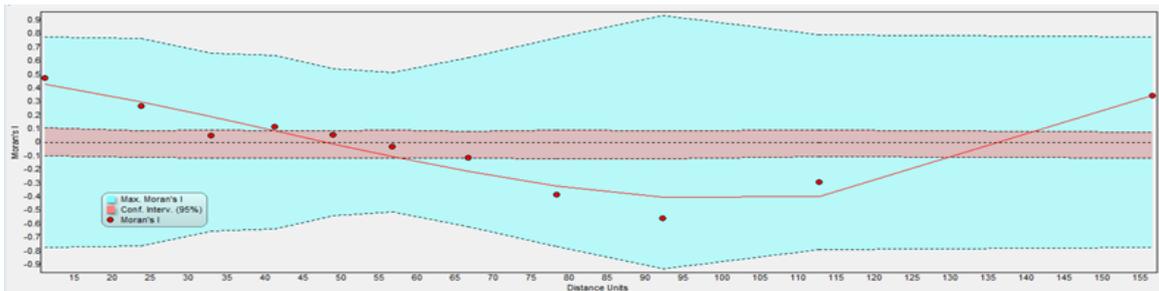
Riqueza:



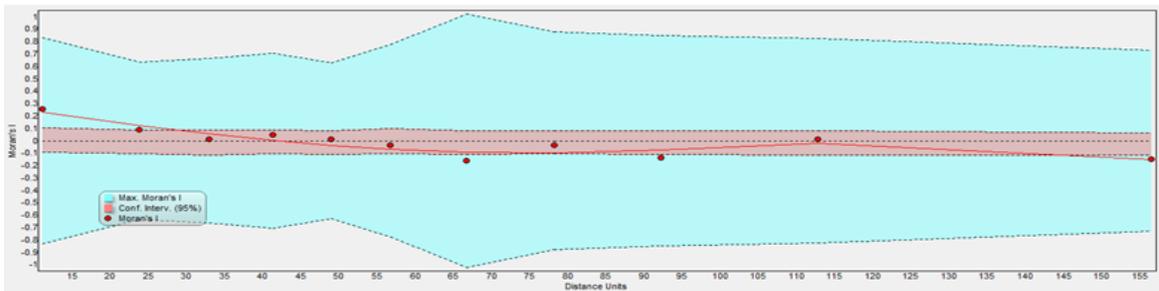
DAP Máximo (DAP Máx):



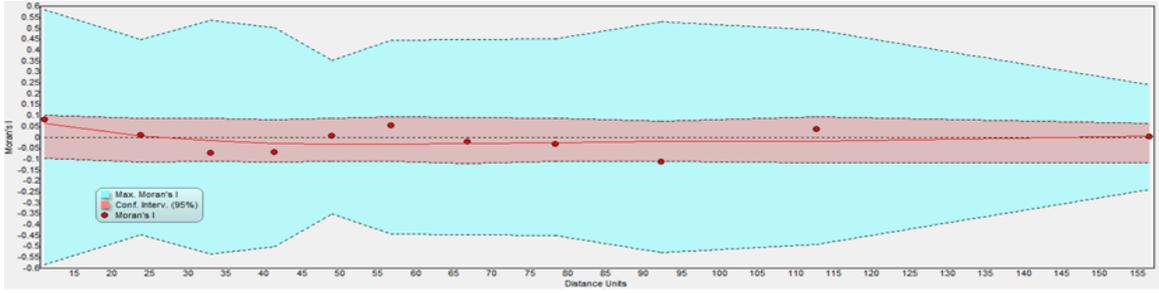
Altura Máxima (H Máx):



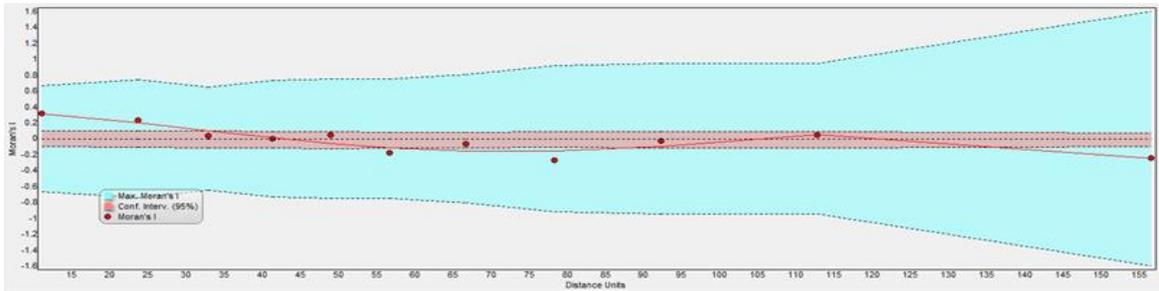
Densidade:



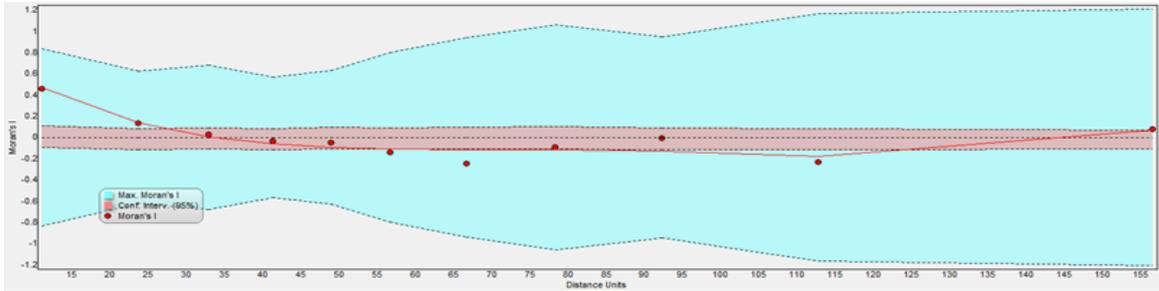
Dominância:



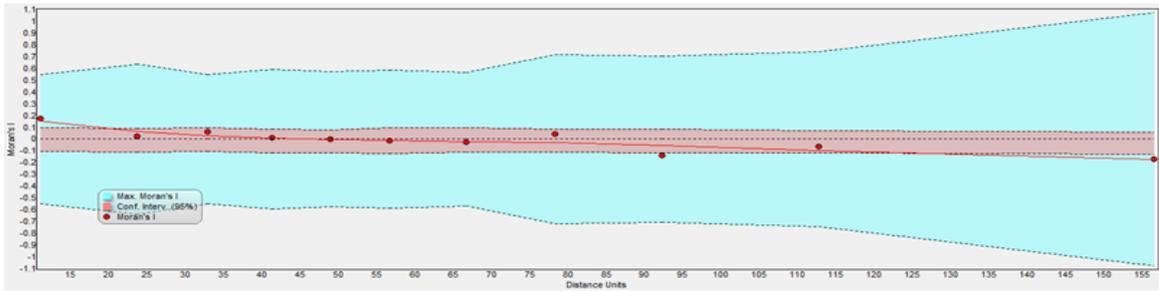
Serapilheira:



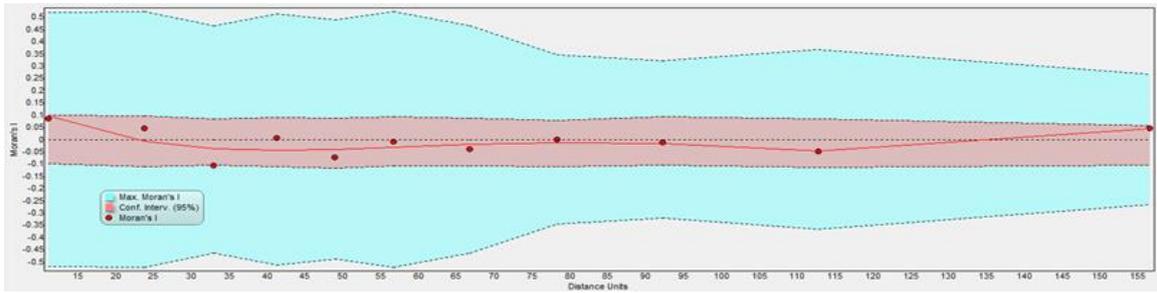
Umidade do solo:



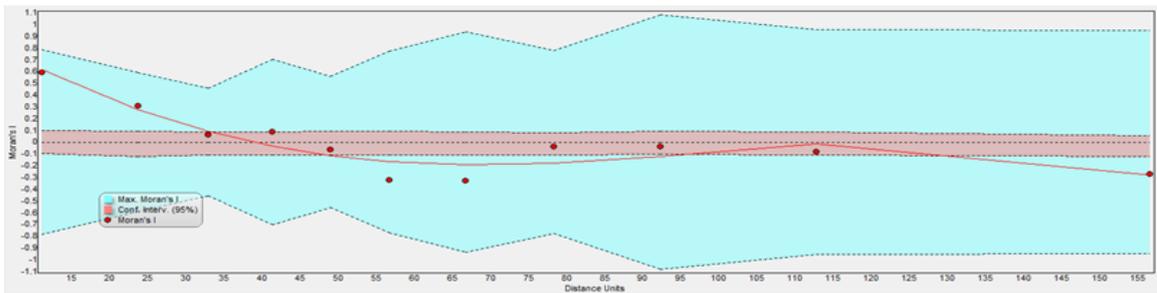
Abertura de dossel:



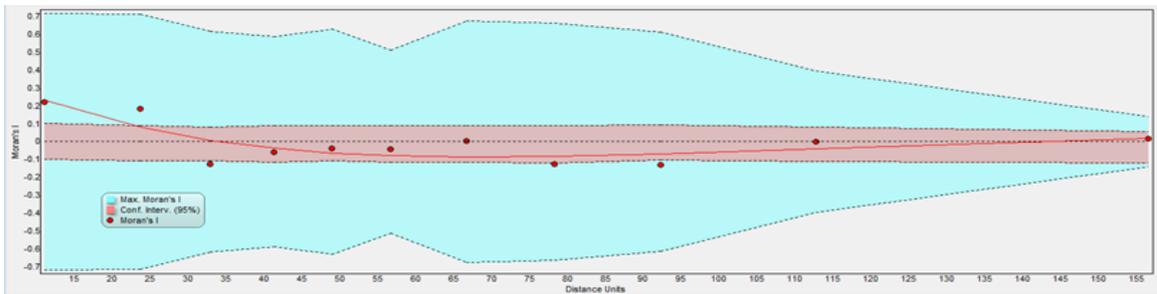
Declividade:



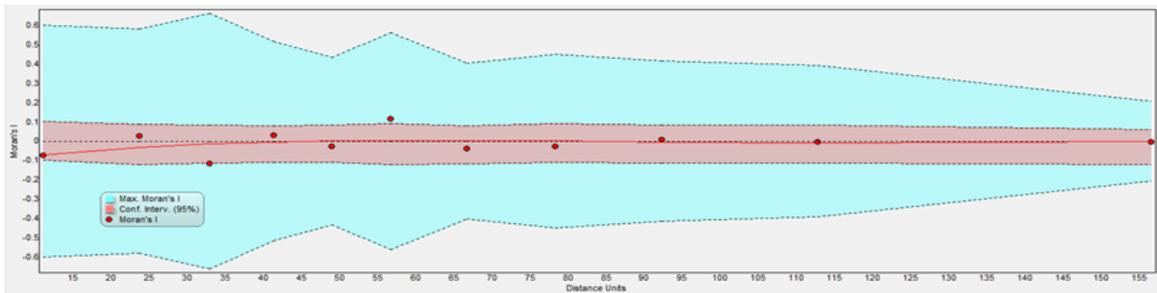
Distância ao curso d'água mais próximo:



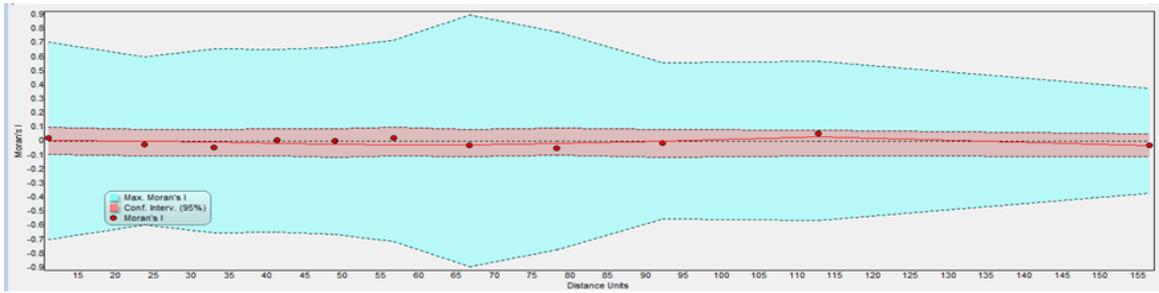
Resíduos do melhor modelo (OLS) para H Máx:



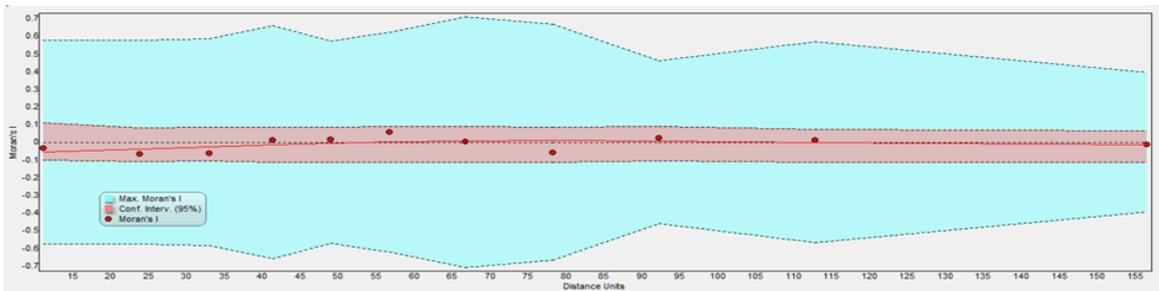
Resíduos do modelo GWR para H Máx



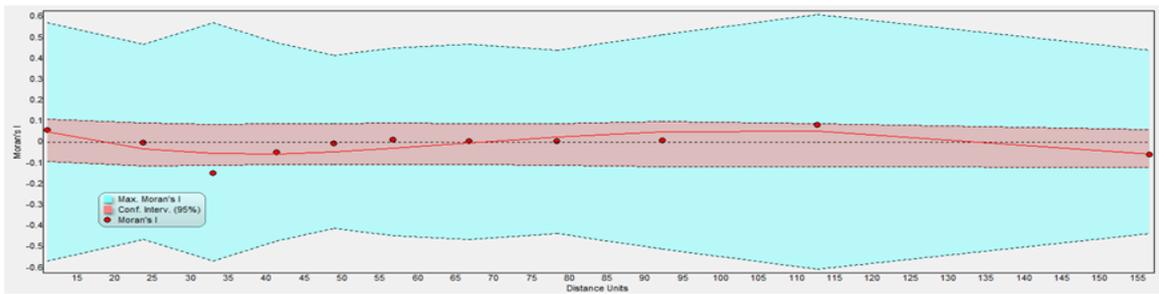
Resíduos do modelo OLS para “Densidade”



Resíduos do modelo GWR para “Densidade”



Resíduos do modelo OLS para “Dominância”



Resíduos do modelo GWR para “Dominância”

