

ANA PAULA LIMA DO COUTO - SANTOS

**EFEITO DE BORDA NA ESTRUTURA,
DIVERSIDADE E FENOLOGIA DE
FLORESTA TROPICAL ESTACIONAL
SUBMONTANA**

Feira de Santana – Bahia
2014



**Universidade Estadual de Feira de Santana
Departamento de Ciências Biológicas
Programa de Pós – Graduação em Botânica**

**EFEITO DE BORDA NA ESTRUTURA, DIVERSIDADE E
FENOLOGIA DE FLORESTA TROPICAL ESTACIONAL
SUBMONTANA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Botânica.

ANA PAULA LIMA DO COUTO - SANTOS

ORIENTADORA: DR^a LIGIA SILVEIRA FUNCH (UEFS)

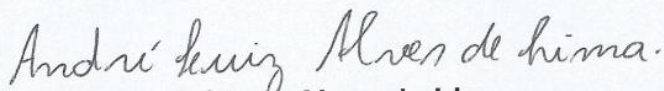
CO-ORIENTADORA: DR^a LIA D'AFONSÊCA PEDREIRA DE MIRANDA (UEFS)

Feira de Santana – Bahia
2014

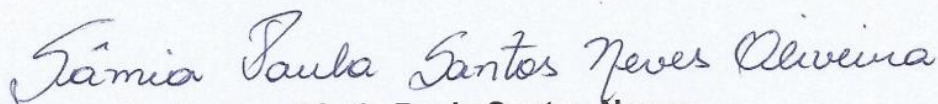
BANCA EXAMINADORA



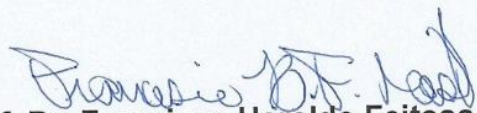
Profa. Dra. Ângela Pierre Vitória
(Universidade Estadual do Norte Fluminense/UENF)



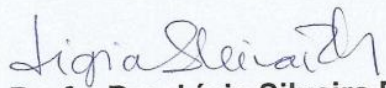
Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima
(Universidade Federal Rural de Pernambuco - Campus Serra Talhada/UFRPE)



Profa. Dra. Sâmia Paula Santos Neves
(Universidade Salvador – Campus Feira de Santana/UNIFACS)



Prof. Dr. Francisco Haroldo Feitosa do Nascimento
(Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS)



Profa. Dra. Lígia Silveira Funch
(Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS)
Orientadora e Presidente da Banca

Nada eu seria sem aqueles que me concederam o milagre da vida
Dedico esta tese a Francisco e Valda, meus pais, alicerces da minha vida.

“Se algum dia alguém lhe disser que seu trabalho não é o de um profissional, lembre-se que amadores construíram a Arca de Noé e profissionais, o Titanic. Procuremos ser uma pessoa de valor, em vez de ser uma pessoa de sucesso”. *Helmit*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter norteado e protegido todos os meus passos;

Ao Márcio, meu esposo, companheiro de todos os momentos, suportou todos os estresses, intranquilidades, mau humor e tantas outras barras... Forneceu todo apoio necessário para o desenvolvimento de um bom trabalho, minha eterna gratidão e amor;

Ao meu pequenino filhote que mesmo antes de nascer se comportou muito bem na reta final dessa trajetória...

Aos meus pais, irmãos e cunhadas pelo apoio incondicional mesmo que distantes, não teria conseguido sem vocês;

A Lígia, orientadora e amiga por todo companheirismo e orientação não só neste trabalho, mas desde o início da nossa trajetória, sendo a mão de afago nos momentos que mais precisei. Obrigada!

A Lia, pelas orientações metodológicas e correções valiosas;

Ao professor Abel, pelas dicas e correções relevantes;

A Mara, Sâmia, Isys, Thayse e Bruna, companheiras no tradicional cuscuz matinal, purê de aipim, suco de limão... nos dias de campo, sem as quais as idas e vindas seriam muito mais difíceis e menos alegres;

A Mara, Sâmia e Isys pelas discussões, análises, ajuda nos trabalhos de campo e disponibilidade... Mesmos à distância vocês sempre estavam lá.

Aos colegas do LABFLORA, que sempre receberam a forasteira com muito carinho;

Ao Lício e sua família, Rosemberg e Ismael, companheiros nos trabalhos de campo que auxiliaram a cada atividade na floresta sendo meus verdadeiros olhos;

Aos professores e alunos da UESB que foram compreensivos com as ausências e adequações dos cronogramas;

Aos professores, especialistas e pesquisadores que auxiliaram na identificação do material botânico: Lígia S. Funch, Abel Augusto Conceição, João Rodrigo S. Silva, Jomar G. Jardim, Reijane Patrícia Oliveira, Silvana C. Ferreira, Andréia Karla A. Santos, Cássio Van den Berg, Flávio França, Efigênia Melo, Maria N. S. Staft, Elane B. M. Silva, Daniela S. C. Torres, Milene M. S. Castro, Rosineide B. S. Fonseca, Paula D. Carvalho, Alessandro Rapini, Rubens Goldenberg, Domingos Cardoso, Francisco H. F. Nascimento, Luciano P. Queiroz.

À Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, através do seu Programa de Pós-Graduação em Botânica, pela oportunidade de realização do curso;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pelo apoio;

À Fundação Chapada Diamantina pela hospedagem e a ajuda no trabalho de campo durante toda pesquisa;

Ao IBAMA pela concessão da licença de pesquisa;

À FAPESB e CNPq pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento do projeto;

Enfim a todos aqueles que de alguma forma colaboraram com o desenvolvimento desse trabalho, minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| RESUMO | 01 |
| ABSTRACT | 04 |
| INTRODUÇÃO GERAL | 07 |
| | |
| CAPÍTULO I. THE ROLE OF TEMPORAL SCALE ON LINEAR EDGE EFFECTS IN A SUB- MONTANE ATLANTIC FOREST ARBOREAL COMMUNITY..... | 16 |
| | |
| CAPÍTULO II. EFEITO DA BORDA LINEAR NA FENOLOGIA REPRODUTIVA DE UMA FLORESTA ESTACIONAL SUBMONTANA | 36 |
| | |
| CAPÍTULO III. FENOLOGIA VEGETATIVA, CARACTERES FOLIARES E DENSIDADE DA MADEIRA DE FLORESTA ESTACIONAL SUBMONTANA | 69 |
| | |
| CAPÍTULO IV. EFEITO DA BORDA LINEAR NA DIVERSIDADE FUNCIONAL EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SUBMONTANA | 97 |
| | |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 120 |

RESUMO

(Efeito de borda na estrutura, diversidade e fenologia de floresta tropical estacional submontana) A fragmentação florestal causa mudanças físicas e biológicas com perda de habitat e insularização das populações, sendo o efeito de borda a consequência mais evidente desse processo. Assim, objetivou-se investigar o efeito da borda linear em um fragmento de floresta estacional submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil (12°28'31''S e 41°23'14''W) com o intuito de analisar a estrutura e a composição da vegetação, a fenologia reprodutiva e a fenologia vegetativa, classificando a floresta quanto ao seu padrão foliar, e a diversidade funcional. Foram marcadas 30 parcelas (10 x 10 m) aleatórias sendo 15 na borda da floresta (0 - 100m) e 15 no seu interior (>150m) em relação à rede elétrica de alta tensão. Para o estudo estrutural foram marcados todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito ≥ 5 cm. As espécies foram classificadas quanto à categoria sucessional e foram calculados os parâmetros fitossociológicos e índices de diversidade. O índice de *Shannon - Wiener* foi comparado pelo teste t de *Hutcheson* e os demais parâmetros pela ANOVA. A partir desse estudo foram escolhidas as espécies com maior valor de importância e abundância para as demais investigações. No estudo fenológico reprodutivo foram realizadas observações mensais durante 26 meses a 481 indivíduos (282 na borda (61 espécies) e 199 no interior (50 espécies) da floresta), registrando-se a presença e ausência de floração (botão e flor) e frutificação (frutos imaturo e maturo) para todas as formas de vida. Estimou-se sincronia, frequência e duração dos eventos fenológicos e as espécies foram classificadas quanto às síndromes de polinização e dispersão. Os dados foram analisados com teste G, regressão linear e estatística circular. No estudo da diversidade funcional criou-se uma matriz de traços funcionais para a borda e interior incluindo aspectos fenológicos, estruturais e reprodutivos. Mensurações de atributos foliares (espessura, massa seca de folha por unidade de área, succulência, densidade, razão de área foliar e fração de massa foliar), densidade e água de saturação da madeira foram realizadas nas estações seca e chuvosa (setembro/2012 e janeiro/2013) em 20 espécies. Foram feitas regressões entre as fenofases e as variáveis ambientais (precipitação, temperatura, umidade relativa, fotoperíodo e insolação), estatística circular e comparações dos atributos foliares e densidade de madeira entre a estação seca e chuvosa através do teste G e ANOVA. A ordenação das espécies em relação aos atributos foliares e de madeira foi avaliada pela Análise do Componente Principal

(ACP). Os grupos funcionais foram definidos por *Cluster analysis* com distância de Gower e calculados os índices *Functional richness* (FRic), *Functional divergence* (FDiv), *Functional evenness* (FEve), *Functional dispersion* (FDis). ANOVA e regressão linear foram usadas para avaliar os índices entre áreas. No estudo fenológico vegetativo acompanhou-se o brotamento e queda foliar de 350 indivíduos arbóreos na comunidade (39 espécies). Foi verificado um maior impacto da borda linear sobre a composição florística, a diversidade e abundância das espécies, enquanto menor interferência foi verificada na estrutura da comunidade arbórea, uma vez que parâmetros fitossociológicos e proporções entre as categorias sucessionais não diferiram significativamente entre borda e interior do fragmento. As análises fenológicas revelaram que a floração e frutificação na borda e interior foram contínuas por períodos longos e com baixa intensidade, sendo assíncrono e assazonal para a maioria das fenofases, com diferença significativa no número de indivíduo para botão. Sazonalidade na floração e frutificação foi observada para arbusto e erva terrestre em ambas as áreas e epífitas para a borda. Proporções semelhantes no número de espécies por síndromes de polinização e dispersão foram encontradas na borda e no interior, com predominância de espécies melitófilas e zoocóricas. A vegetação foi perenifólia, com brotamento e queda foliar contínuos, baixa intensidade e baixa sincronia. O brotamento foliar relacionou-se com precipitação e insolação e a queda com precipitação e umidade. Variação significativa entre as estações seca e chuvosa foram observadas na proporção de água saturada na madeira, razão de área foliar e suculência da folha. ACP revelou maior variância para densidade da madeira (88,7%) e água armazenada (11,3%), agrupando a maioria das espécies com padrão fenológico perenifólios e perenifólios episódicos, os demais atributos não apresentaram relevância em relação aos padrões fenológicos. Os principais grupos funcionais formados na borda e no interior foram semelhantes, definidos com base na forma de vida, estrato e síndrome de polinização e dispersão. Das espécies co-ocorrentes (40 espécies), 22,5% pertencem a grupos funcionais distintos devido a diferentes padrões fenológicos. Os índices de diversidade funcional apresentaram valores médios superiores para a borda, exceto FRic que foi superior no interior da floresta. Estes não foram alterados pela distância com a borda. Alterações foram observadas no interior em relação à riqueza de espécie e ao índice de *Shannon - Wiener* apenas para FRic. A implementação de infraestruturas lineares traz impactos semelhantes àqueles advindos de outros tipos de bordas na estrutura da comunidade. Nos demais aspectos analisados as variações foram sutis para a

comunidade arbórea, mas o mesmo não ocorreu em relação a arbustos, ervas e trepadeiras. A vegetação pôde ser classificada como floresta tropical estacional submontana sempre verde, com pequena variação anual na fisionomia da vegetação, sendo os tipos perenifólios e perenifólios episódicos predominantes tanto em número de espécies quanto na sua abundância. Os atributos foliares não apresentaram relevância em relação aos padrões fenológicos, não sendo bons descritores para a floresta estacional sempre verde. Não há diferença significativa na diversidade funcional, mas o maior índice obtido no interior para a riqueza funcional reflete a perda biológica ocasionada na borda pela instalação da borda linear. Aspecto evidenciado pela maior abundância de *Eschweilera tetrapetala* Mori no interior, espécie endêmica das florestas submontanas da região. O presente estudo pôde contribuir com futuros trabalhos de conservação por constatar a interferência da borda linear no ecossistema florestal, bem como com a classificação das florestas brasileiras, ao verificar a ocorrência de florestas estacional sempre verde no Bioma Caatinga.

Palavras chave: Diversidade vegetal, floresta estacional tropical sempre verde, fenologia foliar, fenologia reprodutiva, fragmentação, grupo funcional.

ABSTRACT

(Effect of edge in structure, diversity and phenology in seasonal tropical forest submontane) Forest fragmentation causes physical and biological changes with habitat loss and insularization of populations, and the edge effect the most obvious consequence of this process. Thus, this study aimed to investigate the effect of linear edge in a fragment of submontane seasonal forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil (12°28'31 "S and 41°23'14"W) in order to analyze the structure and composition vegetation, reproductive phenology and the vegetative phenology, classifying the forest as their leaf pattern, and the functional diversity. Were marked 30 plots (10 x 10 m) random and 15 at the forest edge (0 - 100m) and 15 inside (> 150m) in the power line high voltage. For structural studies were marked all individuals with diameter at breast height ≥ 5 cm. The species were classified according to successional category and phytosociological parameters were calculated and diversity indices. The Shannon - Wiener index was compared by t test Hutcheson and the other parameters by ANOVA. From this study the species with the highest importance value and abundance for the other investigations were chosen. In the reproductive phenological study monthly observations were made over 26 months in 481 individuals (282 on the edge (61 species) and 199 inside (50 species) of forest), recording the presence and absence of flowering (and flower button) and fruiting (immature and mature fruit) for all life forms. It is estimated timing, frequency and duration of phenological events and the species were classified as the pollination and dispersal syndromes. Data were analyzed with G test, linear regression and circular statistics. In the study of functional diversity created a matrix of functional traits to the edge and interior including phenological, structural and reproductive aspects. Measurements of leaf traits (thickness, dry dough sheet per unit area, juiciness, density, leaf area ratio and leaf mass fraction), density and wood water saturation were carried out in the dry and wet seasons (September / 2012 and January / 2013) in 20 species. Regressions were made between phenophases and environmental variables (precipitation, temperature, relative humidity, photoperiod and heat stroke), circular statistics and comparisons of leaf traits and wood density between the dry and rainy season through the G test and ANOVA. The species ordination in relation to leaf and wood attributes was evaluated by Principal Component Analysis (PCA). The functional groups were defined by cluster analysis with distance Gower and calculated indexes Functional richness (FRic), Functional divergence (FDiv), Functional evenness

(FEve), Functional dispersion (FDis). ANOVA and linear regression were used to evaluate the rates between areas. In vegetative phenological study followed up the budding and leaf fall 350 individual trees in the community (39 species). Increase the impact of straight edge on the floristic composition was checked, the diversity and abundance of species, while less interference was observed in the tree community structure, as phytosociological parameters and ratios between the guilds did not differ significantly between edge and interior fragment. The phenological analysis revealed that flowering and fruiting at the edge and interior were continued for long, low-intensity periods, asynchronous and assazonal being for most phenophases, with a significant difference in the individual to button number. Seasonality in flowering and fruiting were observed for bush and grass land in both areas and epiphytes to the edge. Similar proportions in the number of species for pollination and dispersal syndromes were found on the edge and inside, with a predominance of melittophilous and animal dispersed species. The vegetation was evergreen, with budding and continuous leaf fall, low intensity and low sync. The leaf bud was related to rainfall and sunshine and fall with precipitation and humidity. Significant variation between the dry and wet seasons were observed in the proportion of saturated water in the wood, leaf area ratio and leaf succulence. ACP showed greater variance for wood density (88.7%) and stored water (11.3%), gathering most species with standard perenifólios phenological and episodic perenifólios, other attributes showed no relevance to the phenological patterns. The main functional groups formed on the edge and inside were similar, defined based on the way of life, stratum and pollination and dispersal. Of co-occurring species (40 species), 22.5% belong to different functional groups due to different growth patterns. The functional diversity indices showed higher mean values for the edge, except that Fric was higher in the forest. These were not affected by the distance to the edge. Changes were observed inside in relation to species richness and Shannon - Wiener only for Fric. The implementation of linear infrastructure brings similar impacts to those coming from other types of edges in community structure. In other aspects analyzed the changes were subtle for the tree community, but the same was not true for shrubs, herbs and vines. The vegetation can be classified as seasonal submontane rainforest always green, with small annual variation in the physiognomy of the vegetation, and the perenifólios and perenifólios types episodic predominant both in number of species and in their abundance. The leaf traits showed no relevance to phenology, not being good descriptors for the seasonal evergreen forest. There is no significant difference in

functional diversity, but the highest rate obtained inside for functional wealth reflects the biological loss caused by the installation on the edge of the linear edge. Appearance evidenced by the greater abundance of *Eschweilera tetrapetala* Mori inside, an endemic species of submontane forests of the region. This study contributes to future conservation work to note the interference the linear edge on the forest ecosystem, as well as to the classification of the Brazilian forests, to verify the occurrence of seasonal evergreen forests in the Caatinga.

Keyword: Plant diversity, tropical seasonal forest evergreen, leaf phenology, reproductive phenology, fragmentation, functional group.

INTRODUÇÃO GERAL

Nos trópicos reside a maior diversidade de formações vegetais do planeta, correspondendo a cerca de 40% das florestas mundiais, detentoras de grande biodiversidade (Cochrane 2011). O Brasil apresenta uma expressiva diversidade de ecossistemas florestais relacionada às grandes variações de solo e clima, o que permite a ocorrência de florestas ombrófilas, estacionais e secas com diferentes padrões de deciduidade em diferentes altitudes (Leitão-Filho 1987; IBGE 2012).

O constante desmatamento sofrido pelos ecossistemas florestais acarreta a fragmentação e tem provocado mudanças substanciais nos habitats, principalmente pela influência do meio não florestado adjacente a floresta. A fragmentação ameaça a biodiversidade, compromete a estrutura de comunidades biológicas, altera os processos ecossistêmicos, e existe uma considerável perda de área e qualidade com um aumento no isolamento dos habitats (Harper *et al.* 2005; Ishino *et al.* 2012).

O efeito de borda está entre as consequências mais evidentes desse processo e com a crescente urbanização, intensificação da agricultura e pecuária, extração de madeira, dentre outras alterações no meio ambiente, o processo de fragmentação se intensifica e tem conduzido a um número elevado de bordas artificiais (Batary *et al.* 2014). Dentre as bordas artificiais, as infraestruturas que propiciam modificações lineares no ambiente, como a criação de estradas, gasodutos e redes elétrica de transmissão, podem formar corredores desmatados no interior das florestas, classificados como bordas lineares (Murcia 1995). A criação de borda, através da abertura desses corredores, promove maior exposição aos efeitos de borda com alterações microclimáticas e mudanças na disponibilidade de recurso, marcando o início de uma série de modificações nos processos ecológicos (Murcia 1995; Prieto *et al.* 2014).

Frente a esse cenário com crescente perda da biodiversidade, antes mesmo que se tenha conhecimento satisfatório de sua riqueza natural (Borém & Oliveira-Filho 2002), ações vêm sendo executadas para corroborar com a preservação, conservação e recuperação da vegetação, como a implantação de áreas de conservação, criação de corredores ecológicos e a ampliação das pesquisas científicas. Nesta perspectiva os estudos ecológicos são importantes para a compreensão da dinâmica e estrutura das comunidades vegetais, entendimento das consequências biológicas da fragmentação, regeneração e reprodução das espécies, organização temporal dos recursos dentro das

comunidades e interações e coevolução entre plantas e animais (Talora & Morellato 2000; Tannus *et al.* 2006).

Dentre as investigações ecológicas podemos citar os estudos fitossociológicos. Estes possibilitam compreender e descrever a estrutura de uma comunidade vegetal bem como, as associações das espécies entre si e também as interações das espécies com o seu meio (Peixoto 2005). Envolve o estudo das inter-relações entre populações, fornecem subsídios importantes para o estabelecimento da área de distribuição das espécies, e permiti avaliar a sucessão vegetacional pela realização contínua de levantamentos na mesma área(Yamamoto 2005).

As investigações sobre diversidade funcional verificampadrões de riqueza levando em consideração funções que as espécies desempenham no ambiente (Mason *et al.* 2005). As classificações funcionais de espécies é a medida de diversidade funcional mais comum, e também a mais antiga, dada pelo número de grupos funcionais (ou tipos funcionais) presentes em uma comunidade (Díaz& Cabido 2001; Plaet *al.* 2012), ou seja, a riqueza de grupos funcionais.

Os estudos fenológicos permitem avaliar os eventos biológicos e sua relação com mudanças do meio biótico e abiótico, a inter-relação destes eventos com uma ou várias espécies esclarecendo a sazonalidade dos fenômenos biológicos (Lieth 1974; Eça-Neves & Morellato 2004). A fenologia envolve o monitoramento dos ciclos vegetativos e reprodutivos das plantas e sua relação com o clima, abrangendo a análise da resposta dos organismos vivos às mudanças sazonais e climáticas no ambiente onde vivem (Morellato 2007) e dos aspectos endógenos incluindo avaliação dos caracteres morfofuncionais para o estabelecimento dos padrões fenológicos da planta (Miranda 2007).

As características morfológicas das folhas têm sido apontadas como importantes atributos a serem considerados na regulação do balanço hídrico (Abrams *et al.*1994),podendo caracteres como espessura, suculência, massa de folha por unidade de área e densidade, estar relacionados com o padrão fenológico das espécies (Cerqueira 2009). Devido ao reconhecimento do significado funcional destas características foliares, estas têm sido amplamente utilizadas em estudos que visam caracterizar o desempenho ecofisiológico de diferentes espécies vegetais ao longo de gradientes de disponibilidade de recursos e condições. (Rosado & Mattos 2007). Além das características foliares, outros aspectos morfológicos, como a densidade da madeira, podem auxiliar a compreender o comportamento fenológico.

Na região central da Bahia situa-se a Chapada Diamantina, local de diversidade florística elevada, associada à presença de variados tipos de vegetação que incluem cerrados, florestas, caatingas e campos rupestres (Harley 1995; Funch *et al.* 2009; Couto *et al.* 2011). Segundo o IBGE (2012), essas formações florestais se enquadram como estacionais por ocorrerem sob um clima tropical, com dois períodos bem distintos: um chuvoso e outro seco, com cerca de 4 a 6 meses secos. São áreas florestais estacionais disjuntas, desde o sul de Natal (Rio Grande do Norte) ao longo da costa, desviando-se daí para o interior, já no Estado da Paraíba, e seguindo até o estado da Bahia, ocorrentes na região florística nordestina as florestas semidecidual e decidual.

Na Chapada Diamantina as formações florestais predominantes são as florestas estacionais submontanas, que constituem a maior extensão deste tipo de vegetação no Parque Nacional da Chapada Diamantina (Funch *et al.* 2008), situadas em planaltos do semiárido, seus limites são explicados principalmente pelas mudanças de relevo, altitude e tipo de solo e condição climática peculiar (Rocha *et al.* 2005). No passado, estas florestas ocupavam quase toda a borda oriental da Chapada, porém, nos últimos 20 anos foi observado um expressivo desaparecimento (Funch *et al.* 2005, Funch *et al.* 2008).

Essas florestas se caracterizam pela presença de árvores emergentes com até 26 m de altura como *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Maprounea guianensis* Aubl., *Hirtella glandulosa* Spreng. e *Aspidosperma discolor* A. DC., estratificação pouco nítida, sub-bosque bem iluminado formado predominantemente por indivíduos jovens das espécies dos estratos superiores e espécies de Rubiaceae, Melastomataceae e Poaceae. As trepadeiras são abundantes, sendo raras espécies epífitas e hemiparasitas (Couto *et al.* 2011).

Neste contexto, o presente estudo buscou avaliar qual o impacto da borda linear (Fig. 1 e 2) em um fragmento de floresta tropical estacional submontana, no Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil (Fig. 3), analisando a estrutura e a composição da vegetação (Capítulo I), a fenologia reprodutiva (Capítulo II), a diversidade funcional (Capítulo III) e a fenologia vegetativa avaliando caracteres foliares e a densidade da madeira (Capítulo IV).

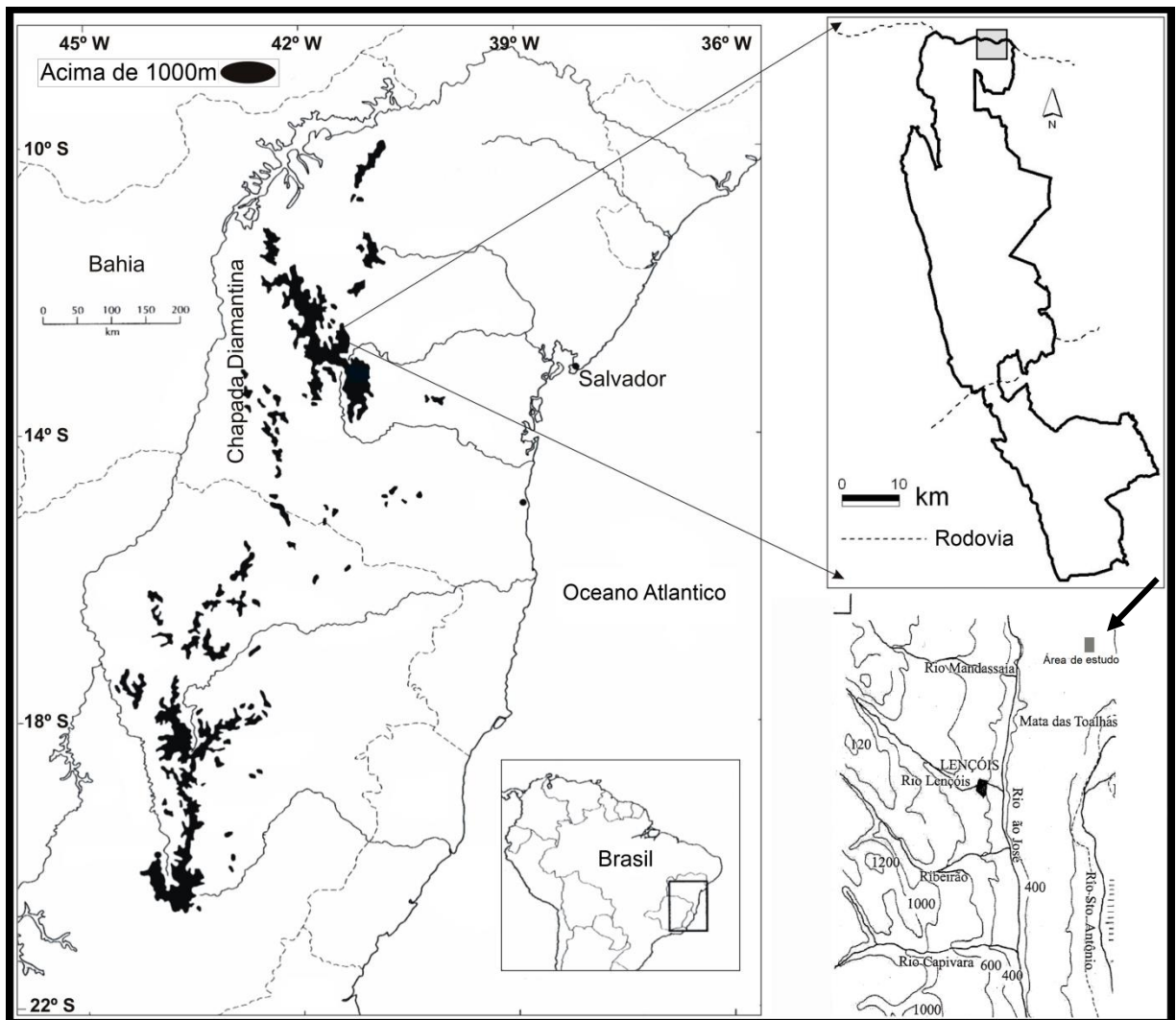


Figura 1: Localização área de estudo. Floresta tropical estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.



Figura 2: Floresta tropical estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Ao centro a rede de transmissão elétrica de alta tensão – Borda linear.



Figura 3: Aspecto do subdossel da floresta tropical estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil.

Referencia Bibliográfica

- Abrams, M.D.; Kubiske, M.E. & Mostoller, S.A. 1994. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf in contrasting temperate tree species. **Ecology** 75(1): 123-133.
- Batary, P.; Fronczek, S.; Normann, C.; Scherber, C. & Tschardtke, T. 2014. How do edge effect and tree species diversity change bird diversity and avian nest survival in Germany's largest deciduous forest? **Forest Ecology and Management** 319: 44-50
- Borém, R.A.T. & Oliveira-Filho, A.T. 2002. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma topossequência alterada de Mata Atlântica, no Município de Silva Jardim - RJ, Brasil. **Revista Árvore** 26(6): 727-742.
- Cerqueira, C.O. 2009. **Fenologia, caracteres morfológicos foliares e dispersão em uma floresta montana, Serra da Bacia, Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.
- Cochrane, M.A. 2011. The past, present, and future importance of fire in tropical rainforests Mark B. Bush, John R. Flenley & William D. Gosling (Editors) **Tropical Rainforest Responses to Climatic Change**. Second Edition Pringer e Praxis Publishing
- Couto, A.P.L., Funch, L.S. & Conceição, A.A. 2011. Composição florística e fisionomia de floresta estacional semidecídua submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia** 61(2): 391-405.
- Diaz, S. & Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution** 16(8): 646-655.
- Eça-Neves, F.F.E. Morellato, L.P.C. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botânica Brasilica** 18(1): 99-108.
- Funch, L.S.; Funch, R.R.; Harley, R.; Giulietti, A.M.; Queiroz, L.P.; França, F.; Melo, E.; Gonçalves, C.N. & Santos, T. 2005. Florestas estacionais semidecíduais. Pp: 181-193. In: Juncá, F.A.; Funch, L. & Rocha, W. (ed.). **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Funch, L.S.; Rodal, M.J.N. & Funch, R.R. 2008. Floristic aspects of the forests of the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Pp 193-220. In: W. Thomas & E.G. Britton

- (eds.). **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil**. New York, Springer & NYBG Press.
- Funch, L.S. 2008. Florestas da região norte do Parque Nacional da Chapada Diamantina e seu entorno. Pp. 63-77. *In*: Funch L.S.; Funch, R.R. & Queiroz L.P. **Serra do Sincorá – Parque Nacional da Chapada Diamantina**. Ed. Radam, Feira de Santana.
- Funch, R.R.; Harley, R.M. & Funch, L.S. 2009. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, ne Brazil. **Biota Neotropica**9: 11-12
- Harley. R.M. 1995. Introdução. *In* Stannard, B.L. (ed.) **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Harper, K.A.; Macdonald, S.E.; Burton, P.J.; Chen, J.; Brosofske, K.D.; Saunders, S.C.; Euskirchen, E.S.; Roberts, D.; Jaiteh, M.S. & Esseen, P.A. 2005. Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented Landscapes. **Conservation Biology** 19(3): 768–782
- IBGE. 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª edição. Rio de Janeiro.
- Ishino, M.N.; DeSibio, P.R. & Rossi, M.N. 2012. Edge effect and phenology in *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae), a typical plant of the Brazilian Cerrado **Brazilian Journal Biology**72: 587-594.
- Leitão-Filho, H.F. 1987. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**35: 41-46.
- Lieth, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. Phenology and seasonality modeling. Pp. 3-19. H. Lieth (ed.). **Ecological Studies** 8. Springer-Verlag, Berlin.
- Lima, A.L.A. 2010. **Tipos funcionais fenológicos em espécies lenhosas da Caatinga, Nordeste do Brasil**. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife – PE.
- Mason, N.W.H.; Mouillot, D.; Lee, W.G. & Wilson, J.B. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **OIKOS** 111: 112 – 118.
- Morellato, L.P.C. 2007. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. Rego, G.M.; Negrelle; R.R.B. & Morellato,

- L.P.C. (Ed.) **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas.
- Miranda, L.D'A.P. 2007. **Fenologia de cinco espécies arbóreas em matas ciliares e de encosta da região de Lençóis, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana – Bahia.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** 10: 58-62.
- Peixoto, G.L.; Martins, S.V.; Silva, A.F & Silva, E. 2005. Estrutura do componente arbóreo de um trecho de Floresta Atlântica na Área de Proteção Ambiental da Serra da Capoeira Grande, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasilica** 19(3): 539-547.
- Pla, F.; CasanoveS, F.; Di Rienzo, J. 2012. Functional Groups. Chapter 2. Pp: 92 In: **Quantifying Functional Biodiversity**. Springer Briefs in Environmental Science, Springer, Berlin.
- Prieto, P.V.; Sansevero, J.B.B.; Garbin, M.L.; Braga, J.M.A. & Rodrigues, P.J.F.P. 2014. Edge effects of linear canopy openings on understorey communities in a lowland Atlantic tropical forest. **Applied Vegetation Science**. 17(1): 121-128.
- Rocha, W.J.S.; Chaves, J.M; Rocha, C.C.; Funch, L.S. & Junca, F.A. 2005. Avaliação ecológica rápida da Chapada Diamantina. Pp. 29–45 In Juncá, F.A.; Funch, L.S. & Rocha, W.J.S. (ed.) **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Rosado B.H.P. & De Mattos E.A. 2007. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. **Acta Botanica Brasilica** 21: 741-752.
- Talora, D.C. & Morellato, P.C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 23 (1): 13-26
- Tannus, J.L.S.; Assis, M.A. and Morellato, L.P.C. 2006. **Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de Cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina - SP**. *Biota Neotropica* 6(3) <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?article+bn02806032006> ISSN 1676-0603
- Yamamoto, L.F.; Kinoshita, L.S. & Martins, F.R. 2005. Florística dos componentes arbóreo e arbustivo de um trecho da Floresta Estacional Semidecídica Montana, município de Pedreira, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**

28(1): 191-202.

CAPITULO I

THE ROLE OF TEMPORAL SCALE ON LINEAR EDGE EFFECTS IN A SUB-MONTANE ATLANTIC FOREST ARBOREAL COMMUNITY¹

¹Artigo aceito para publicação na Revista Acta Botanica Brasilica

Abstract:

(The role of temporal scale on linear edge effects in a sub-montane atlantic forest arboreal community) This study aims to detect the composition and abundance patterns and successional stage distribution exhibited by arboreal species inside and at the linear edge of a submontane seasonal forest in the Chapada Diamantina (12°28'31"S, 41°23'14"W), Bahia State, Brazil. The individuals with diameter at breast height ≥ 5 cm were sampled in 30 quadrats (10 m x 10 m), 15 in the forest edge and 15 inside the forest. Species were classified according to successional category. Phytosociological and diversity indices were calculated. Shannon indices were compared using Hutcheson's t-test, and the other parameters were analyzed by ANOVA. Linear edge exerted high impact on the floristic composition, diversity and abundance of species, though little interference was observed in the structure of the community, since phytosociological parameters and the proportions of successional categories did not differ between the edge and the inner forest fragment. The impact of linear infrastructures is similar to that of other border types. Additionally, even when the distance between forest fragments is very short, the edge effect is observed, which underlines the importance of linear forest edges to biodiversity conservation.

Keywords: Arbustive-arboreal community diversity, forest fragmentation, successional categories.

Introduction

Brazil ranks among the countries with the highest plant species richness in the world, and enjoys considerable diversity of forest ecosystems due to the wide variations in climatic conditions and soils (Gentry 1982; Leitão-Filho 1987). In northeastern Brazil, forests occur from the transition zone of the semiarid nucleus, in which the *caatinga* vegetation prevails, to the more humid areas at the borders of the region. However, forests are also observed in semiarid areas of greater altitude, on crystalline basement rocks, or even on sedimentary soils (Couto *et al.* 2011). The forests in the first environment mentioned include the seasonal forests on the east side of Chapada Diamantina National Park, which are considered part of the Atlantic Forest (*sensu lato*) (Oliveira-Filho & Fontes 2000) and cover the largest forested section of the Chapada Diamantina. These forests are the most degraded in the region, especially due to timber extraction and agricultural and cattle farming activities (Funch *et al.* 2005). These anthropogenic factors have led to the destruction of forests and the loss of biodiversity, even though the natural richness of these regions has not been properly investigated (Funch *et al.* 2008; Ribeiro-Filho *et al.* 2009; Couto *et al.* 2011).

Linear infrastructure works such as the construction of roads and power lines alter natural landscapes, and often require the deforestation of corridors inside forests, called linear borders (Murcia 1995). These corridors magnify edge effects, since their perimeter is twice as long that of edges that delimit a conventional forest fragment, increasing the impact caused by the degraded area in the surroundings and intensifying the microclimate changes observed near edges (Goosem 1997; Pohlman *et al.* 2007). Such changes affect the structure of the fragment (Ribeiro *et al.* 2009), depending on the age of the linear edge. For instance, a recently opened linear edge may be structurally homogeneous, or quite similar to the inner fragment. However, with time other changes take place, usually associated with edge effects and may, in turn, pave the way to the emergence of a more heterogeneous community (Rodrigues & Nascimento 2006; Holanda *et al.* 2010).

Edge effects play a key role in understanding the ways landscape structures influence habitat quality (Zanuto *et al.* 2003). For this reason, these effects have been the objects of consistent research for decades (Pohlman *et al.* 2007; Pioto *et al.* 2014). Studies have documented matching patterns of biodiversity deterioration in fragmented environments. These patterns are characterized by the elimination of arboreal species of specific functional groups and the impoverishment of tropical forests (Tabarelli *et*

*al.*2004; Lopes *et al.* 2009). These factors point to the urgent need for more studies in restoration and conservation efforts.

Several studies have investigated the influence of edge effects in neotropical forests (Burkey 1993; Laurance *et al.* 1998; Olander *et al.* 1998; Mesquita *et al.* 1999; Paciência & Prado 2005; Laurance *et al.* 2009; Ribeiro *et al.* 2009; Reznik *et al.* 2012), and reported changes in composition, diversity, and dynamic of species. Nevertheless, other research efforts suggest that edge effects may actually not have serious negative outcomes, exerting positive influence in some variables, or even no influence at all (Oliveira *et al.* 2013).

In this scenario, the present study evaluates the impact of a linear edge in the heterogeneity of the arbustive-arboreal community in a patch of submontane seasonal forest in Chapada Diamantina, state of Bahia, Brazil. The aim was to detect composition and abundance patterns and successional distribution stages inside and at the edge of the forest. Since the linear vegetation suppression is sustained by periodic pruning results in two adjacent edges, we expect neutral effects or increasing in the richness and heterogeneity at these two adjacent linear edges, opposite of expected in simple edge of larger fragment (Paciência & Prado 2005; Ribeiro *et al.* 2009; Reznik *et al.* 2012).

Material and methods

Study area

The forest fragment studied is located at 12°28'31"S, 41°23'14" W, in the Chapada Diamantina National Park, Bahia State, Brazil. The topography of the region is lightly undulated, and altitudes varying between 400 and 600 m a.s.l. Yellowish-red latosols of clayish consistency are poor in organic matter (Couto *et al.* 2011). Due to the altitude conditions, the climate in the region is classified as mesothermal type Cwb. The rainy season is in the summer (December to April), and the rainfall peak is recorded in March and April and the dry season occurs in the winter. Rainfall varies between 35 mm (July and August) to 184 mm (December). Mean monthly temperatures oscillate around 18°C in winter (April to September) and exceed 22°C in hotter months (October to February) (Funch *et al.* 2002). These conditions led to the classification of the vegetation in the area as seasonal submontane forest (IBGE 2012).

A major highway cuts the region, and two perpendicular corridors that measure approximately 10 m in width and were deforested to allow the passage of high-voltage electric power lines. Both the road and power lines were constructed in the 1960's. The

vegetation is characterized by emergent trees up to 26 m in height, including the species *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Maprounea guianensis* Aubl., *Hirtella glandulosa* Spreng., and *Aspidosperma discolor* A. DC. Stratification is poorly detectable, but the understory is well lit and formed mainly by young individuals of species that established the higher strata and species of the families Rubiaceae, Melastomataceae and Poaceae. Abundant climbing species are also seen, and epiphytical and hemiparasitical ones are rare (Couto *et al.* 2011).

Phytosociological survey

The fieldwork was conducted between May 2006 and August 2007. Taking into account the notion that the edge effect stretches for about 100 m (Laurance *et al.* 1998), 30 quadrats measuring 10 m x 10 m (0.3 ha) were randomized in a forest fragment measuring 6.5 ha using the *Etrex Summit* GPS receiver, a compass and a measuring tape. Fifteen quadrats were defined along the forest edge, and 15 other quadrats were established in the inner fragment (within the 0-100 m range and more than 150 m away from the power lines, respectively). Moreover, care was taken to establish quadrats 150 m away from the highway, so as to cover the edge effect of the area deforested for the power lines alone.

In each quadrat, circumference (C) of shrub and arboreal individuals was measured using a measuring tape. Just individuals with C at breast height (diameter at 1.3 m from ground level) equal to or larger than 15.7 cm (Diameter at breast height (DBH) = 5.0 cm) were sampled. DBH was calculated using the formula $D = C \cdot \pi^{-1}$. Height was estimated visually, using a stick of 2 m length. All living individuals sampled were tagged to periodic monitoring.

Samples of botanical material were collected and identified using the collections stored in the Herbarium HUEFS, and consulting specialists and literature. The taxonomic classification was based on the APG III (2009) system. Arboreal species were classified according to successional category as pioneers (P), early secondary (Es), late secondary (Ls), and not defined (nd) (Gandolfi *et al.* 1995). This classification was carried out using information about the biology of the species reported in the literature (Gandolfi *et al.* 1995; Nunes 2003; Mariano Neto 2004), supplemented with the authors' knowledge of the subject.

The structure of the forest was described according to the following phytosociological parameters: relative density (RD), relative frequency (RF), and relative dominance (RDo), as well as importance value (IV) and cover value (CV)

(Mueller-Dombois & Ellenberg 1974), calculated using the software FITOPAC 1.6 (Shepherd 2006). The Shannon-Wiener diversity index (H') (\log_n base) and Pielou's evenness index (J) were calculated for edge and inner fragments (Brower & Zar 1998; Nunes *et al.* 2003). Values of H' were compared using the Hutcheson's t-test (Diversity t-test) calculated in the software PAST (Hammer *et al.* 2001).

Normality of data was evaluated using the Shapiro-Wilk test ($p > 0.05$). The variables height, diameter, area at ground level, density, floristic composition, and successional categories (in proportion of species and individuals) were compared using the one-way ANOVA. Structural variables were expressed as box plots using the software BioEstat 5.3 (Ayres *et al.* 2007). Height and DBH were analyzed based on the distribution of categories in each quadrat.

Results

In overall 456 arboreal individuals were sampled (1520 individuals.ha⁻¹) belonged to 33 families, 47 genera, and 68 species (four of which were not identified; Tab.1). Inner fragment and edge differed in the most abundant species, as well as highest IV and CV (Tab.1). The species with the highest IV at the edge were *Tapirira guianensis*, *Micropholis gardneriana*, *Hirtella glandulosa*, *Maprounea guianensis* and *Himatanthus bracteatus*. These formed the largest and most common populations in edges, together with *Protium heptaphyllum* and *Pogonophora schomburgkiana*. Such arrangement also became evident in the sum of these species' D values (43.6%). Inside the forest, *Eschweilera tetrapetala*, *Copaifera langsdorffii*, *Tapirira guianensis*, *Ocotea nitida* and *Pouteria ramiflora* stood out, which, except for *T. guianensis*, are late successional species. *Eschweilera tetrapetala* stood out not only inside the forest, but also in the whole environment studied, with 326.7 individuals.ha⁻¹ presenting VI higher than 40%.

When edge and inner fragment are compared (Tab.2), even though 26 species shared by these two environments, the floristic composition varied significantly ($F = 5.221$; $p = 0.0239$). The same happened with diversity (Hutcheson's $t = 2.40$; $p = 0.018$). However, no variation was observed in proportions of successional categories ($F_{\text{species}} = 0.152$; $p = 0.7135$ and $F_{\text{individuals}} = 0.039$; $p = 0.8501$). Significant difference was observed between edge and inner fragment in height, but only in the class of trees between 10 m and 15 m in height ($F = 6.703$; $p = 0.0158$).

Table 1. Families and shrub /arboreal species and respective phytosociological parameters and successional stages in individuals sampled in a linear edge and in the inside of a forest fragment in a submontane seasonal forest, Chapada Diamantina National Park, Bahia state, Brazil, in alphabetical order by family. P = pioneer, Es = early secondary, Ls = late secondary, und = undetermined, N = number of individuals, IV = importance value, CV = cover value, RD = relative density, RDo = Relative dominance, RF = Relative frequency, ***= absence of species.

| Species | Family | Successional stage | Edge | | | | | | Inner fragment | | | | | |
|---|------------------|--------------------|------|-------|-------|------|-------|------|----------------|-------|-------|------|------|------|
| | | | N | IV(%) | CV(%) | RD | RDo | RF | N | IV(%) | CV(%) | RD | RDo | RF |
| <i>Tapiriraguianensis</i> Aubl. | Anacardiaceae | P | 15 | 25.05 | 19.53 | 6.22 | 13.31 | 5.52 | 15 | 21.09 | 15.16 | 6.91 | 8.25 | 5.93 |
| <i>Guatteria oligocarpa</i> Mart. | Annonaceae | Ls | 7 | 9.06 | 5.99 | 2.9 | 3.09 | 3.07 | 1 | 1.43 | 0.58 | 0.46 | 0.12 | 0.85 |
| <i>Xylopia</i> sp. | Annonaceae | Es | 2 | 1.66 | 1.01 | 0.83 | 0.18 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Aspidosperma discolor</i> A. DC. | Apocynaceae | Ls | 3 | 9.69 | 7.85 | 1.24 | 6.61 | 1.84 | 5 | 7.19 | 4.64 | 2.3 | 2.34 | 2.54 |
| <i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson | Apocynaceae | Es | 15 | 14.55 | 10.25 | 6.22 | 4.03 | 4.29 | 5 | 7.06 | 2.82 | 2.3 | 0.52 | 4.24 |
| <i>Schefflera</i> sp. | Araliaceae | P | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 1.37 | 0.52 | 0.46 | 0.06 | 0.85 |
| <i>Cordia bicolor</i> A. DC. | Boraginaceae | Es | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 3 | 3.35 | 1.65 | 1.38 | 0.27 | 1.69 |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand | Burseraceae | Es | 14 | 13.09 | 8.18 | 5.81 | 2.37 | 4.91 | 3 | 4.74 | 2.20 | 1.38 | 0.81 | 2.54 |
| <i>Maytenus robusta</i> Reissek | Celastraceae | Es | 5 | 5.18 | 2.73 | 2.07 | 0.65 | 2.45 | 3 | 11.26 | 8.72 | 1.38 | 7.34 | 2.54 |
| <i>Couepia impressa</i> Prance | Chrysobalanaceae | Ls | 1 | 1.66 | 1.04 | 0.41 | 0.63 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Couepia</i> sp. | Chrysobalanaceae | Ls | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 5 | 9.24 | 5.00 | 2.3 | 2.69 | 4.24 |
| <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng. | Chrysobalanaceae | Ls | 11 | 19.58 | 14.67 | 4.56 | 10.11 | 4.91 | 8 | 13.14 | 8.06 | 3.69 | 4.37 | 5.08 |
| <i>Hirtella gracilipes</i> (Hook. f.) Prance | Chrysobalanaceae | Es | 2 | 2.32 | 1.09 | 0.83 | 0.26 | 1.23 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Clusia nemorosa</i> G. Mey | Clusiaceae | Es | 2 | 2.27 | 1.04 | 0.83 | 0.21 | 1.23 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Diospyros sericea</i> A.DC. | Ebenaceae | Es | 2 | 2.21 | 0.98 | 0.83 | 0.15 | 1.23 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke | Euphorbiaceae | Ls | 7 | 6.65 | 3.58 | 2.9 | 0.68 | 3.07 | 1 | 1.40 | 0.55 | 0.46 | 0.09 | 0.85 |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | Euphorbiaceae | Ls | 8 | 14.95 | 11.27 | 3.32 | 7.95 | 3.68 | 1 | 1.55 | 0.71 | 0.46 | 0.25 | 0.85 |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth. | Euphorbiaceae | Ls | 15 | 12.74 | 8.45 | 6.22 | 2.22 | 4.29 | 8 | 9.80 | 5.57 | 3.69 | 1.88 | 4.24 |
| <i>Andira fraxinifolia</i> Benth. | Fabaceae | Es | 1 | 1.38 | 0.77 | 0.41 | 0.35 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Fabaceae | Ls | 4 | 5.52 | 4.29 | 1.66 | 2.63 | 1.23 | 13 | 34.68 | 29.59 | 5.99 | 23.6 | 5.08 |

Table 1 (continuation)

| Species | Family | Successional stage | Edge | | | | | | Inner fragment | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|------|-------|-------|------|-------|------|----------------|-------|-------|-------|------|------|
| | | | N | IV(%) | CV(%) | RD | RDo | RF | N | IV(%) | CV(%) | RD | RDo | RF |
| <i>Hymenolobium janeirense</i> var. <i>stipulatum</i> (N. Mattos) Lima | Fabaceae | Ls | 2 | 13.59 | 12.37 | 0.83 | 11.54 | 1.23 | 1 | 1.37 | 0.52 | 0.46 | 0.06 | 0.85 |
| <i>Inga</i> sp.1 | Fabaceae | Es | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 6.60 | 5.76 | 0.46 | 5.3 | 0.85 |
| <i>Inga</i> sp.2 | Fabaceae | Es | 1 | 1.09 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Inga thibaudiana</i> D.C | Fabaceae | Es | 1 | 1.09 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Swartzia apetala</i> Raddi | Fabaceae | Es | 1 | 1.12 | 0.50 | 0.41 | 0.09 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Vismia guianensis</i> (Aubl) Choi | Hypericaceae | P | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 1.40 | 0.55 | 0.46 | 0.09 | 0.85 |
| <i>Lacistema robustum</i> Schinizl. | Lacistemataceae | P | 1 | 1.09 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Cinnamomum</i> sp. | Lauraceae | Ls | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 1.40 | 0.55 | 0.46 | 0.09 | 0.85 |
| <i>Nectandra membranaceae</i> Griseb. | Lauraceae | Ls | 3 | 3.64 | 2.41 | 1.24 | 1.16 | 1.23 | 3 | 4.09 | 2.40 | 1.38 | 1.02 | 1.69 |
| <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez. | Lauraceae | Es | 2 | 3.56 | 2.33 | 0.83 | 1.5 | 1.23 | 1 | 1.55 | 0.71 | 0.46 | 0.25 | 0.85 |
| <i>Ocotea dyospirifolia</i> (Meisn.) Mez. | Lauraceae | Es | 1 | 2.11 | 1.50 | 0.41 | 1.08 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Ocotea glomerata</i> (Ness.) Mez. | Lauraceae | Es | 4 | 4.83 | 2.38 | 1.66 | 0.72 | 2.45 | 10 | 8.39 | 5.85 | 4.61 | 1.24 | 2.54 |
| <i>Ocotea nítida</i> (Meisn.) Rohwer | Lauraceae | Ls | 5 | 4.99 | 2.53 | 2.07 | 0.46 | 2.45 | 12 | 18.27 | 12.34 | 5.53 | 6.81 | 5.93 |
| <i>Ocotea</i> sp.1 | Lauraceae | Es | 1 | 1.15 | 0.54 | 0.41 | 0.12 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Ocotea</i> sp.2 | Lauraceae | Es | 1 | 1.09 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.61 | 2 | 3.07 | 1.38 | 0.92 | 0.46 | 1.69 |
| <i>Eschweilera tetrapetala</i> Mori | Lecythidaceae | Ls | 6 | 6.53 | 4.07 | 2.49 | 1.58 | 2.45 | 49 | 42.31 | 32.99 | 22.58 | 10.4 | 9.32 |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kun | Malpighiaceae | Ls | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 1.66 | 0.82 | 0.46 | 0.35 | 0.85 |
| <i>Byrsonima sericea</i> DC. | Malpighiaceae | Es | 3 | 4.24 | 2.4 | 1.24 | 1.16 | 1.84 | 1 | 1.55 | 0.71 | 0.46 | 0.25 | 0.85 |
| <i>Byrsonima</i> sp. | Malpighiaceae | Es | 3 | 4.24 | 2.4 | 1.24 | 1.16 | 1.84 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns | Malvaceae | Es | 1 | 1.15 | 0.54 | 0.41 | 0.12 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Miconia holosericea</i> (L.) DC. | Melastomataceae | P | 8 | 8.02 | 4.34 | 3.32 | 1.02 | 3.68 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Miconia rimalis</i> Naudin. | Melastomataceae | P | 8 | 7.13 | 4.07 | 3.32 | 0.75 | 3.07 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Calyptanthes lucida</i> DC. | Myrtaceae | Es | 3 | 3.30 | 1.46 | 1.24 | 0.21 | 1.84 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Egenia laxa</i> DC. | Myrtaceae | Es | 1 | 1.12 | 0.50 | 0.41 | 0.09 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

Table 1 (continuation)

| Species | Family | Successional stage | Edge | | | | | | Inner fragment | | | | | |
|--|---------------|--------------------|------|-------|-------|------|------|------|----------------|-------|-------|------|------|------|
| | | | N | IV(%) | CV(%) | RD | RDo | RF | N | IV(%) | CV(%) | RD | RDo | RF |
| <i>Eugenia sp.</i> | Myrtaceae | Es | 3 | 2.04 | 1.43 | 1.24 | 0.18 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Myrcia detergens</i> Miq. | Myrtaceae | Es | 9 | 8.54 | 4.86 | 3.73 | 1.12 | 3.68 | 5 | 5.27 | 7.73 | 2.3 | 0.43 | 2.54 |
| <i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC. | Myrtaceae | Es | 2 | 2.30 | 1.08 | 0.83 | 0.25 | 1.23 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Myrcia obovata</i> (Berg) Niedenzu | Myrtaceae | Es | 1 | 1.09 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.61 | 2 | 2.86 | 1.17 | 0.92 | 0.25 | 1.69 |
| <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) McVa | Myrtaceae | Es | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 1.4 | 0.55 | 0.46 | 0.09 | 0.85 |
| <i>Psidium brawniannum</i> DC. | Myrtaceae | Es | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 5 | 6.36 | 2.97 | 2.3 | 0.67 | 3.39 |
| <i>Heisteria perianthomiga</i> (Vell.) Sleumer | Olacaceae | Es | 1 | 1.12 | 0.50 | 0.41 | 0.09 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Schoepfia obliquifolia</i> Turcz. | Olacaceae | Es | 1 | 1.09 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.61 | 2 | 2.31 | 1.46 | 0.92 | 0.54 | 0.85 |
| <i>Euplassa sp.</i> | Proteaceae | Es | 1 | 1.09 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Hortia arborea</i> Engl. | Rutaceae | P | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 2.39 | 1.55 | 0.46 | 1.09 | 0.85 |
| <i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb. | Salicaceae | Es | 2 | 2.18 | 0.95 | 0.83 | 0.15 | 1.23 | 8 | 6.8 | 4.26 | 3.69 | 0.57 | 2.54 |
| <i>Casearia commersoniana</i> Cambess. | Salicaceae | Ls | 3 | 3.35 | 1.51 | 1.24 | 0.27 | 1.84 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Cupania oblongifolia</i> Mart. | Sapindaceae | Es | 2 | 2.21 | 0.98 | 0.83 | 0.15 | 1.23 | 1 | 1.37 | 0.52 | 0.46 | 0.06 | 0.85 |
| <i>Micropholis gardneriana</i> (DC.) Pierre | Sapotaceae | Es | 27 | 22.48 | 15.73 | 11.2 | 4.53 | 6.75 | 14 | 13.8 | 9.56 | 6.45 | 3.11 | 4.24 |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (DC.) Pierre | Sapotaceae | Ls | 9 | 13.45 | 9.77 | 3.73 | 6.04 | 3.68 | 12 | 15.45 | 9.52 | 5.53 | 3.99 | 5.93 |
| <i>Pouteria torta</i> (DC.) Pierre | Sapotaceae | Ls | 6 | 10.91 | 9.69 | 2.49 | 7.2 | 1.23 | 3 | 4.33 | 1.79 | 1.38 | 0.41 | 2.54 |
| <i>Simarouba amara</i> Aubl. | Simaroubaceae | P | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 1.67 | 0.82 | 0.46 | 0.36 | 0.85 |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. | Simaroubaceae | Ls | 3 | 3.61 | 1.77 | 1.24 | 0.52 | 1.84 | 2 | 2.05 | 0.82 | 0.92 | 0.28 | 0.85 |
| <i>Simplocos nitens</i> (Pohl.) Benth. | Simplocaceae | Ls | 2 | 2.23 | 1.01 | 0.83 | 0.18 | 1.23 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Qualea sp.</i> | Vochysiaceae | Es | 1 | 1.4 | 0.78 | 0.41 | 0.37 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Undetermined 1</i> | und 1 | Sc | 1 | 2.56 | 1.95 | 0.41 | 1.53 | 0.61 | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| <i>Undetermined 2</i> | und 2 | Ls | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 2.87 | 2.02 | 0.46 | 1.56 | 0.85 |
| <i>Undetermined 3</i> | und 3 | Ls | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 3 | 9.38 | 7.69 | 1.38 | 6.31 | 1.69 |
| <i>Undetermined 4</i> | und 4 | Sc | *** | *** | *** | *** | *** | *** | 1 | 2.73 | 1.88 | 0.46 | 1.42 | 0.85 |

However, these environments did not vary in terms of DBH ($F = 0.17$; $p = 0.69$), D ($F = 1.137$; $p = 0.296$) and area at ground level ($F = 1.45$; 0.242), in spite of the presence of outliers (Fig. 1). In the two environments, the DBH distribution curve (Fig. 2) indicates that a higher number of individuals lie in the classes denoting larger diameters. Extreme diameter values were recorded in edge, for *Hymenolobium janeirensis* var. *stipulatum* (63.4 cm), *Aspidosperma discolor* (48.4 cm) and *Pouteria ramiflora* (38.2 cm), and in the inner fragment for *Copaifera langsdorffii* (63.4 cm), *Maytenu srobusta* (54.1 cm) and undetermined individual 3 (47.8 cm), which are the outliers shown in the box plot (Fig. 1). Most arboreal individuals did not exceed 10 m in height (Fig. 3). Extreme values were recorded for *Hymenolobium janeirensis* var. *stipulatum* (26 m) and *Hirtella glandulosa* (25 m) in the edge, and *Copaifera langsdorffii* (22 m) and *Maprounea guianensis* (20 m) in the inner fragment.

Table 2. Comparative aspects between a linear edge and in the inside of a forest fragment in a submontane seasonal forest, Chapada Diamantina National Park, Bahia state, Brazil. LAU = Lauraceae, MYRT = Myrtaceae, FAB = Fabaceae, CHRY = Chrysobalanaceae, SAP = Sapotaceae, EUPH = Euphorbiaceae.

| | Edge | | Inner fragment | |
|--|--|-----------|---|-----------|
| Number of individuals | 241 | | 217 | |
| Number of species | 54 | | 42 | |
| Density (individuals.ha ⁻¹) | 1607 | | 1447 | |
| Richest families (%) | LAU (13.21); MYRT. FAB (11.32); CHRY. SAP. EUPH (5.66) | | LAU (14.29); MYRT (9.52); FAB. SAP. EUPH (7.14) | |
| Richest genera (number of species) | <i>Ocotea</i> (6); <i>Myrcia</i> (3) | | <i>Ocotea</i> (4) | |
| Shannon index (nats.individual ⁻¹) | 3.51 | | 3.08 | |
| Evenness (J) | 0.88 | | 0.82 | |
| Successional stage (%) | Richness | Abundance | Richness | Abundance |
| Pioneer | 7.4 | 13.1 | 9.5 | 8.3 |
| Early secondary | 57.4 | 47.1 | 38.1 | 30.1 |
| Late secondary | 33.3 | 39.3 | 50.0 | 61.3 |
| Not defined | 1.9 | 0.4 | 2.4 | 0.5 |

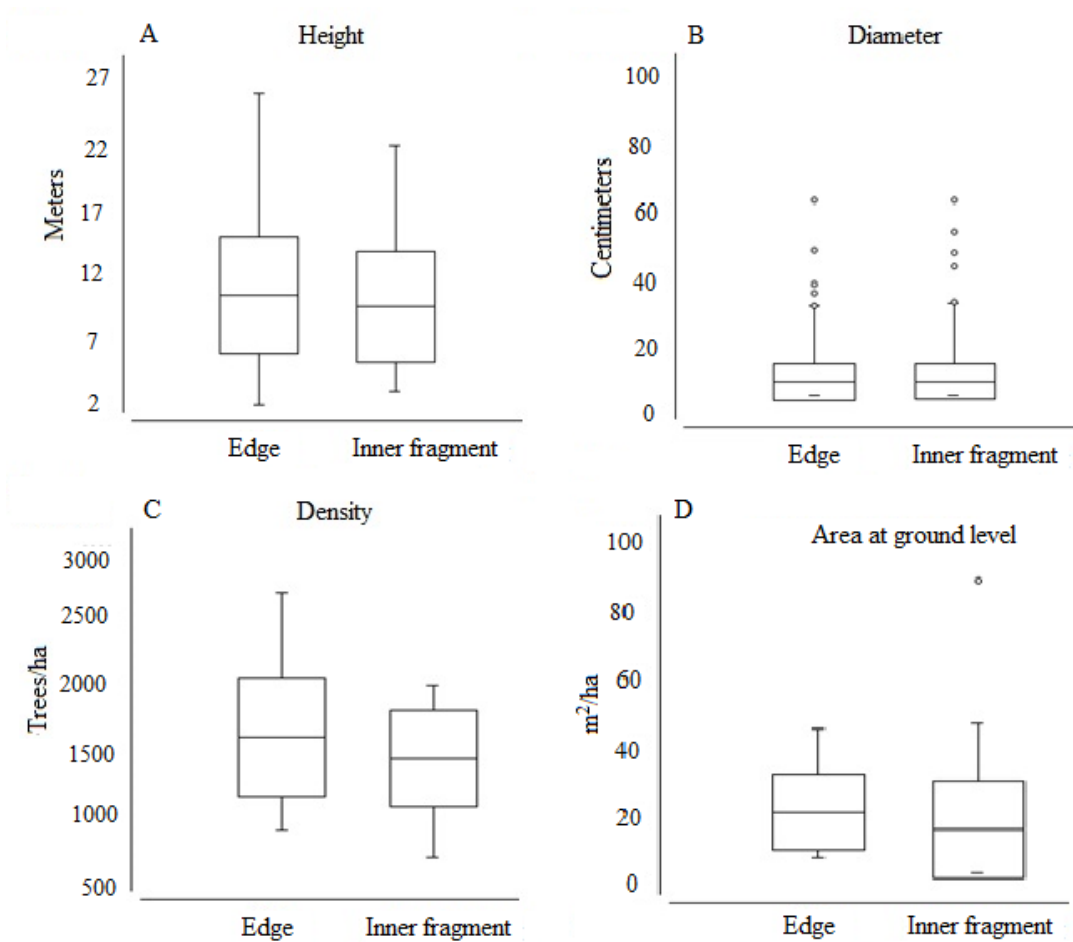


Figure 1. Box plot chart comparing data of height (A), diameter (B), density (C) and area at ground level (D) of trees in a linear edge and in the inside of a forest fragment in a submontane seasonal forest in Chapada Diamantina National Park, Bahia state, Brazil. Horizontal lines represent the arithmetic means (middle line) \pm standard deviation (upper and lower lines); outer horizontal lines represent the minimum and maximum values; o = outliers; ha = hectares; m = meters.

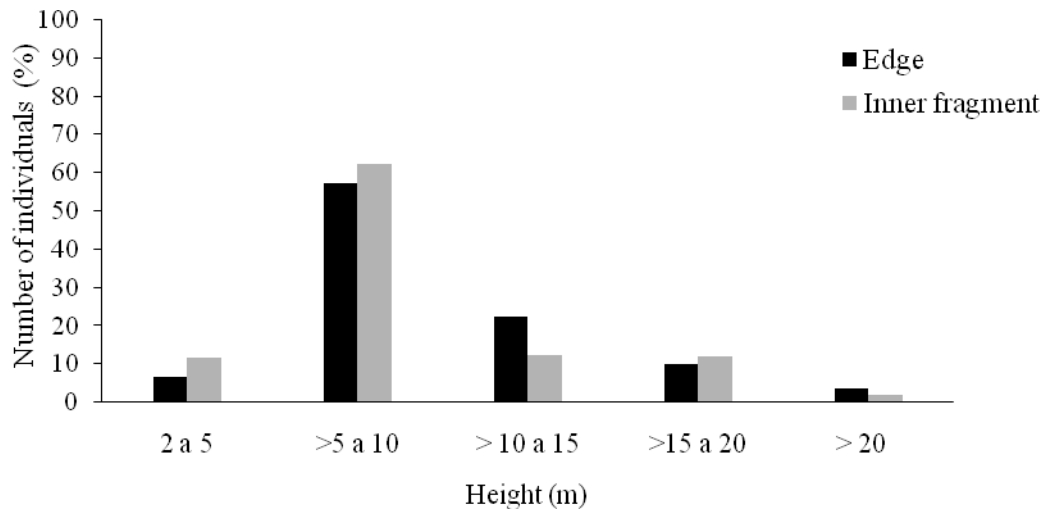


Figure 2. Distribution of the number of individuals according to diameter at breast height (DBH) in a linear edge and in the inside of a forest fragment of a submontane seasonal forest in Chapada Diamantina National Park, Bahia state, Brazil.

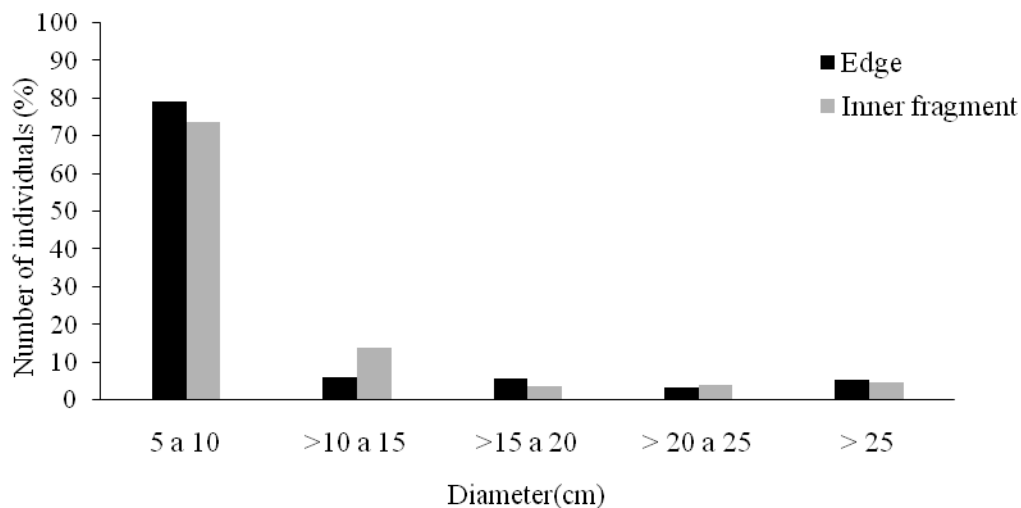


Figure 3. Distribution of the number of individuals according to height in a linear edge and in the inside of a forest fragment in a submontane seasonal forest in Chapada Diamantina National Park, Bahia state, Brazil.

Discussion

The present study showed the greatest impact of linear edge on floristic composition, diversity and abundance of species, whereas small interference was observed in the structure of the tree community. Phytosociological parameters and proportions of successional categories did not vary between the edge and the inner fragment, showing that the structure of the arboreal community in these environments is not consistently affected. Heterogeneity was also observed based on the number of

pioneer and early secondary species at the edge, and late secondary species inside the forest.

In spite of the floristic peculiarities, the edge and the inner fragment were similar as to the families presenting the highest species richness, such as Lauraceae, Myrtaceae, Fabaceae, Sapotaceae, and Euphrobiaceae, which are important groups in the Brazilian as well as in the world's flora (Gentry 1998; Oliveira Filho *et al.* 2004; Saravanan *et al.* 2013).

The higher heterogeneity in the edge (H') also was reported in other linear edges (Olander *et al.* 1998; Laurance *et al.* 2002; Prieto *et al.* 2014), as well as in other kinds of edge (Nunes *et al.* 2003). Disturbances and edge effects may strongly influence the parameters of species diversity. Often, the higher diversity in edge areas is explained by encompasses typical species of inner fragment and different light-demanding plant species (Nunes *et al.* 2003; Tabarelli *et al.* 2012; Arroyo-Rodríguez *et al.* 2013).

The H' value observed in the edge is in agreement with previous results reported for the Chapada Diamantina region, which vary between 3.4 and 3.6 nats/individual (Stradmann 2000; Souza 2007; Ribeiro-Filho *et al.* 2009) and forests in northeastern and southeastern Brazil, which range from 3.0 to 4.3 nats/individual (Sambuichi 2002; Mariano Neto 2004; Oliveira Filho *et al.* 2004; Catharino *et al.* 2006). Despite of the high species diversity, the inner fragment presented H' values below those reported for forests in other studies. Here, the most important species in this environment were *Eschweilera tetrapetala* (called *sapucaia*), which is an endemic species in submontane seasonal forests in the region.

The analysis of the successional stages of species showed that the edge had higher proportion of early secondary species, which are less tolerant to shade. Oppositely, the inner fragment had higher number of late secondary species, which germinate and manage to grow under the few light conditions of the understorey and reach maturity in this stratum, at the canopy or, in some cases, become emergent trees (Nunes *et al.* 2003).

Considering the study Chazdon (2012), fragments of 15-50 years have elapsed from an environmental disturbance, still undergo several changes, including the edge effect. Whereas the linear edge, these are preserved by periodic pruning, required for the maintenance of the linear infrastructures in the area studied. These procedures disrupt the regeneration process and sustain the edge effect. Ultimately, shade-tolerant species and that produce large fruit and seeds may be substituted by shade-intolerant, small-

fruited, small-seeded species typical of secondary forests (Laurance *et al.* 2006). Some pioneer species seem to benefit from habitat fragmentation, which increased abundance in small fragments (Arroyo-Rodríguez *et al.* 2013) and in edge zones (Oliveira *et al.* 2004), while abundance of the more shadow-tolerant, edge-sensitive species is reduced (Chazdon 2012).

These notions explain the influence of the linear edge in plant communities, in light of the evidence that successional processes vary with the degree of fragmentation and with the implementation of man-made edges (Rodrigues & Nascimento 2006). In a study that compared the edge and an inner fragment surrounded by sugarcane plantations in the state of Alagoas, northeastern Brazil, Oliveira *et al.* (2004) observed significant differences in the proportion of species in different successional stages. These authors also reported the prevalence of pioneer species at the edge, while shade-tolerant ones prevailed inside the fragment analyzed.

In the present study, the edge presented higher mean density values and smaller mean DBH, in comparison with the inner fragment, though with no statistical differences. These discrepancies point to the existence of a relatively young community at the edge, where higher density of trees with small DBH is observed. On the other hand, inside the fragment, thicker trees were more common, which suggests a more advanced regeneration stage (Nunes *et al.* 2003).

As a rule, edges exhibit higher density values, compared to preserved inner fragments. This may be the result of the growth of individuals (for instance, seedlings or propagules), as well as the establishment of species linked with less advanced successional stages (Rodrigues & Nascimento 2006). Assuming that this is true, the edge effect may increase ground-level area due to the greater light incidence (Murcia 1995). Moreover, here we observed that taller emergent trees were more common in the edge, similarly to what was reported by Ribeiro *et al.* (2009) in a comparison between an inner fragment environment and natural and anthropogenic borders in an Atlantic Forest fragment in the state of Rio de Janeiro, Brazil.

The higher number of individuals with small DBH, both in the edge and in the inner fragment, and the scarcity of larger DBH trees indicate that the forest physiognomy in the environment studied develops into more advanced successional stages, in light of the great number of young individuals that will succeed over those that have aged (Lopes *et al.* 2002). This translates as a dynamic that promotes this forest's maintenance, and shows that it undergoes a regeneration phase triggered by

previous disturbances.

In sum, the present study shows the linear edge effect has little influence in the structure and successional categories in the forest. The linear edge increases species richness and heterogeneity (H' and abundances), while affects the maintenance of endemic species, like *E. tetrapetala*, which was recorded only inside the forest fragment. Therefore, the implementation of linear infrastructures causes similar impacts to those triggered by other types of edge. It should be stressed that, no matter how short is the distance between forest fragments, the edge effects will indeed be noticeable, which shows the importance of studies addressing management and recovery in the opening of linear edges.

Acknowledgements

The authors would like to thank the National Research Council (CNPq 480508/2008-09) and the Research Support Foundation of the State of Bahia (FAPESB 5303/2009) for financing this research project, the Brazilian Institute for the Environment and Natural Renewable Resources (IBAMA) for the permission to conduct the research, the Chapada Diamantina Foundation for the accommodation and the assistance with the fieldwork. A.A.C. and L.S.F. were supported by grants (PQ2) from CNPq.

References

- APG. 2009. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** 161:105–121.
- Arroyo-Rodríguez, V.; Rös, M.; Escobar, F.; Melo, F.P.L.; Santos, B.A.; Tabarelli, M. & Chazdon, R. 2013. Plant b-diversity in fragmented rain forests: testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. **Journal of Ecology** 101: 1449–1458
- Ayres, M., Ayres, JR. M., Ayres, D.L., Santos, A.A.S. 2007. **Bioestat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.
- Borém, R.A.T. & Oliveira-Filho, A.T. 2002. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma topossequência alterada de Mata Atlântica, no Município de Silva Jardim - RJ, Brasil. **Revista Árvore** 26(6): 727-742.

- Brower, J.E.; Zar, J.H. & Carl, N. 1998. **Field and Laboratory Methods for General Ecology**, 4th edition. WCB McGraw-Hill, Boston.
- Burkey, T.V. 1993. Edge effects in seed and egg predation at two neotropical rainforest sites. **Biological Conservation** 66: 139-143.
- Catharino, E.L.M.; Bernacci, L.C.; Franco, G.A.D.C.; Durigan, G. & Metzger, J.P. 2006. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica** 6(2): 1-28.
- CEPRAM. 2010. Conselho Estadual de Meio Ambiente, Resolução Nº 4.119 DE 30 DE AGOSTO DE 2010, Norma Técnica NT-01/2010. **Diário oficial da Bahia** 4 e 5 de setembro de 2010.
- Chazdon, R.L. 2012. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais 7(3):195-218.
- Couto, A.P.L., Funch, L.S. & Conceição, A.A. 2011. Composição florística e fisionomia de floresta estacional semidecídua submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia** 61(2): 391-405.
- Conceição, A.A. & Pirani, J.R. 2005. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** 23(1): 85-111.
- Funch, L.S.; Funch, R.R. & Barroso, G.M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica** 34: 40-50.
- Funch, L.S.; Funch, R. R.; Harley, R.; Giulietti, A.M.; Queiroz, L.P.; França, F.; Melo, E.; Gonçalves, C.N. & Santos, T. 2005. Florestas estacionais semidecíduais. Pp. 181-193. In: F.A. Juncá, L. Funch, & W. Rocha (eds.) **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Funch, L.S.; Rodal, M.J.N. & Funch, R.R. 2008. Floristic aspects of the forests of the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Pp 193-220. In: W. Thomas & E.G. Briton (eds.). **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil**. New York, Springer & NYBG Press.
- Gandolfi, S.; Leitão Filho, H.F. & Bezerra, C.L.F. 1995. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia** 55 (4): 753-767.
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. **Evolution Biological** 15:1-84.

- Goosem, M. 1997. Internal fragmentation: the effects of roads, highways and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. Pp. 241-255. In: W.F Laurance & R.O. Bierregaard (eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago, University of Chicago Press.
- Hammer, O; Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1):9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Holanda, A.C.; Feliciano, A.P.; Marangon, L.C.; Santos, M.S.; Melo, C.L.S. M.S. & Pessoa, M.M.L. 2010. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore** 34(1): 103-114.
- IBGE. 2012. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** 2ª edição. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Juncá, F.A.; Funch, L. & Rocha, W. 2005. **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Laurance, W. F.; Ferreira, L. V.; Merona, J. M. R. & Laurance, S. G. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of amazonian tree communities. **Ecology** 79(6): 2032–2040.
- Laurance, W.F.; Lovejoy, T.E.; Vasconcelos, H.L.; Bruna, E.M.; Didham, R.K.; Stouffer, P.C.; Gascon, C.; Bierregaard, R.O.; Laurance, S.G. & Sampaio, E. 2002. Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-Year Investigation. **Conservation Biology** 16(3): 605–618.
- Laurance, W.F.; Goosem, M. & Laurance, S.G.W. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution** 24(12):659-669.
- Laurance, W.F.; Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G.; Andrade, A.; Fearnside, P.M. ; Ribeiro, J.E.L.S.; Chave, J. & Muller-Landau, H. 2006. Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology** 87:469–82.
- Leitão-Filho, H.F. 1987. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais** 35: 41-46.
- Lopes, W.P.; Silva, A.F.; Souza, A.L. & Meira Neto, J.A.A. 2002. Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no parque estadual do rio doce - Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 16(4): 443-456.
- Lopes, A.V.; Girão, L.C.; Santos, B.A. Peres, C.A. & Tabarelli, M. 2009. Long-term

- erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**. doi:10.1016/j.biocon.2009.01.007.
- Mariano Neto, E. 2004. **Efeitos da fragmentação sobre comunidades arbustivo-arbóreas em Mata Atlântica, Una BA**. PhD thesis. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.
- Mesquita, R.C.G.; Delamonica, P. & Laurance, W.F. 1999. Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation** 91(1): 129-134.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, Wiley.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** 10: 58-62.
- Nunes, Y.R.F.; Mendonça, A.V.R.; Botezelli, L.; Machado, E.L.M. & Oliveira-Filho, A.T. 2003. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de Floresta Semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica** 17(2): 213-229.
- Olander, L.P.; Scatena, F.N. & Silver, W.L. 1998. Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. **Forest Ecology and Management** 109: 33-49.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica** 32: 793-810.
- Oliveira Filho, A.T.; Carvalho, D.A.; Fontes, M.A.L.; Van Den Berg, E.; Curi, N. & Carvalho, W.A.C. 2004. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua alto-montana na chapada das Perdizes, Carrancas, MG. **Revista Brasileira de Botânica** 27(2): 291-309.
- Oliveira, M.A.; Grillo, A.S. & Tabarelli, M. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. **Oryx** 38(4): 389-394.
- Oliveira, D.G.; Prata, A.P.N.; Souto, L.S. & Ferreira, R.A. 2013. Does the edge effect influence plant community structure in a tropical dry forest? **Revista Árvore** 37(2): 311-320.
- Paciência, M.L.B. & Prado, J. 2005. Effects of forest fragmentation on pteridophyte diversity in a tropical rain forest in Brazil. **Plant Ecology** 180: 87-104.
- Prieto, P.V.; Sansevero, J.B.B.; Garbin, M.L.; Braga, J.M.A. & Rodrigues,

- P.J.F.P. 2014. Edge effects of linear canopy openings on understorey communities in a lowland Atlantic tropical forest. **Applied Vegetation Science** 17(1): 121-128.
- Pohlman, C.L.; Turton, S.M. & Goosem, M. 2007. Edge effects of linear canopy openings on tropical rain forest understory microclimate. **Biotropica** 39: 62-71.
- Queiroz, L.P.; França, F.; Giuliatti, A.M.; Melo, E.; Gonçalves, C.N.; Funch, L.S., Haley, R.M.; Funch, R.R. & Silva, T.S. 2005. Caatinga. Pp. 95-120. In: F.A. Juncá; L.S. Funch & W. Rocha (eds.) **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Radambrasil, 1983. **Projeto Radambrasil: Levantamento de Recursos Naturais**. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil.
- Reznik, G.; Pires, J.P.A. & Freitas, L. 2012. Efeito de bordas lineares na fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em um remanescente de Mata Atlântica. **Acta Botanica Brasilica** 26(1): 65-73.
- Ribeiro, M.T.; Ramos, F.N. & Santos, F.A.M. 2009. Tree structure and richness in an Atlantic Forest fragment: distance from anthropogenic and natural edges. **Revista Árvore** 33(6): 1123-1132.
- Ribeiro-Filho, A.A.; Funch, L.S. & Rodal, M.J.N. 2009. Composição florística da Floresta Ciliar do Rio Mandassaia, Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia** 60: 265-276.
- Rodrigues, P.J.F.P.; Nascimento, M.T. 2006. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia** 57(1): 63-74.
- Saravanan, S.; Ravichandran, K.; Balasubramanian, A. & Paneerselvam, K. 2013. Structure and floristic composition of tree diversity in Andaman tropical evergreen forest of middle Andaman, India. **Indian Journal of Forestry** 36(2): 167-171.
- Stradmann, M.T.S. 2000. **Composição florística da mata ciliar da foz do Rio Capivara e análise quantitativo do estrato arbustivo-arbóreo, Rio Ribeirão Parque Nacional a Chapada Diamantina**. MScdissertation. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brazil.
- Sambuichi, R.H.R. 2002. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em Cabruca, na região sul da Bahia. **Acta Botânica Brasilica** 16(1): 89-101.
- Shepherd, G.J. 2006. **FITOPAC 1.6**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas.
- Sousa, A.E.A. 2007. **Composição florística e estrutura de uma Mata de Encosta, Serra da Bacia, Parque Nacional da Chapada Diamantina, Palmeiras, Bahia**,

Brasil. MSc dissertation. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, Brazil.

Tabarelli, M., Mantovani, W. & Peres, C.A. 1999. Effects of Habitat Fragmentation and Plant Guild structure in the Montane Atlantic Forest of Southeastern Brazil.

Biological Conservation 91: 119-127.

Tabarelli, M.; Silva, J.M.C. & Gascon, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation** 13: 1419–1425.

Tabarelli, M., Santos, B.A.; Arroyo-Rodríguez, V. & Melo, F.P.L. 2012. Secondary forests as biodiversity repositories in human-modified landscapes: insights from the Neotropics. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais** 7(3): 319-328.

Zanuto, S.L.; Szilagyi, V.J. & Voltolini, J.C. 2007. Comparação da estrutura da vegetação na borda e no interior de um fragmento de hectares de floresta semidecídua, Campinas, SP, Brasil. Pp. 1-2. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu, Minas Gerais.

CAPÍTULO II

EFEITO DA BORDA LINEAR NA FENOLOGIA REPRODUTIVA DE UMA FLORESTA ESTACIONAL SUBMONTANA

Resumo

(Efeito da borda linear na fenologia reprodutiva de uma floresta estacional submontana) A fragmentação e os efeitos de borda podem afetar a fenodinâmica das plantas, causando alterações nos padrões de atividade e intensidade reprodutiva na comunidade. Assim, buscou-se avaliar a influência do efeito da borda linear na fenologia reprodutiva da comunidade lenhosa e herbácea de um fragmento de floresta estacional submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil (12°28'31''S e 41°23'14''W). Foram realizadas observações mensais durante 26 meses a 481 indivíduos, sendo 282 indivíduos (61 espécies) na borda da floresta em relação à rede elétrica de alta tensão (0 - 100m) e 199 (50 espécies) no interior da floresta (>150m). Registrou-se a presença e ausência de floração (botão e flor) e frutificação (frutos imaturo e maturo) para todas as formas de vida, sendo 40 espécies comuns entre as áreas. Estimou-se sincronia, frequência e duração dos eventos fenológicos e as espécies foram classificadas quanto à síndrome de polinização e dispersão. Os dados foram analisados com teste G, regressão linear e estatística circular. As análises revelaram que a floração e frutificação para a borda e interior foram contínuos por períodos longos e com baixa intensidade, sendo assíncrono para a maioria das fenofases, com diferença significativa entre as áreas no número de indivíduo para botão ($G=56,53$; $GL=25$; $p=0,0003$). Não há sazonalidade expressiva, mas diferentes respostas foram observadas entre os anos e entre os estratos. Nas duas áreas a floração foi relacionada com precipitação, insolação e com o comprimento do dia. A frutificação foi influenciada pela umidade na borda, e pela umidade e precipitação no interior. Essa relação sofre alterações quando analisada ano a ano. Sazonalidade foi observada para arbusto e erva terrestre em ambas as áreas e epífitas para a borda. Em ambas as áreas o componente arbóreo apresentou a floração e frutificação contínuos com baixa intensidade e assíncronos com sazonalidade para fruto maturo. As demais formas de vida apresentaram diferença entre borda e interior. Foram observadas proporções semelhantes no número de espécies por modo de dispersão e polinização. Espécies zoocóricas e melitófilas foram predominantes com diferença significativa entre as áreas para a melitofilia ($G=49,48$; $GL=25$; $p=0,0025$) e anemocoria ($G=40,49$; $GL=25$; $p=0,026$). Nas espécies arbóreas a fenologia reprodutiva e as síndromes de polinização e dispersão não foram suscetíveis ao efeito de borda linear, mas o mesmo não se observou em arbustos, ervas e trepadeiras. Desta forma o estudo revela que apesar do componente arbóreo não sofrer alterações significativas, as demais formas de vida têm sua fenodinâmica afetada pelo processo de fragmentação florestal devido à implementação de bordas lineares.

Palavras-chave: Forma de vida, fragmentação florestal, síndromes de polinização e dispersão,

Abstract:

(Linear edge effect on reproductive phenology of a seasonal forest submontane) The fragmentation and edge effects can affect fenodinâmica plant, causing changes in activity patterns and reproductive intensity in the community. Thus, we sought to evaluate the influence of the linear edge effect on reproductive phenology of woody and herbaceous community of a fragment of a forest submontane in Chapada Diamantina, Bahia, Brazil (12°28'31 "S and 41°23'14"W) . Monthly observations were carried out over 26 months to 481 individuals, 282 individuals (61 species) on the forest edge in the power line high voltage (0 - 100m) and 199 (50 species) inside the forest (> 150m). There was the presence and absence of flowering (button and flower) and fruit (immature fruits and couple) for all forms of life, and 40 common species between areas. It is estimated timing, frequency and duration of phenological events and the species were classified according to pollination and dispersal. Data were analyzed with G test, linear regression and circular statistics. The analysis revealed that flowering and fruiting to the edge and interior were continuous for long and low intensity periods, asynchronous for most phenophases, with significant differences between areas in the number of individual to button ($G = 56.53$; $DF = 25$, $p = 0.0003$). There is no significant seasonality, but different responses were observed between years and between strata. Flowering in both areas was related to precipitation, sunlight, and the length of the day. The fruit was influenced by moisture on the edge, and the humidity and precipitation on the inside. This relationship changes when analyzed every year. Seasonality was observed for bush and grass land in both areas and epiphytes to the edge. In both areas the tree component presented continuous flowering and fruiting with low intensity and asynchronous with seasonal fruit to mature. The other forms of life were different between edge and interior. Similar proportions were observed in the number of species per dispersal mode and pollination. Zoochorous species and melittophilous were predominant with a significant difference between the areas for melittophily ($G = 49.48$, $GL = 25$; $p = 0.0025$) and anemochory ($G = 40.49$, $GL = 25$, $p = 0.026$). Tree species in the reproductive phenology and pollination and dispersal syndromes were not susceptible to the linear edge effect, but the same was not observed in shrubs, herbs and vines. Thus, the study shows that despite the tree component not change significantly, the other forms of life are affected by fenodinâmica of forest fragmentation due to the implementation of linear edges.

Key words: Life-form, forest fragmentation, pollination and dispersal syndromes,

Introdução

A fragmentação de habitats tem provocado mudanças substanciais ao ambiente, ameaçando a biodiversidade mundial e afetando a estrutura de comunidades biológicas. No processo de fragmentação, habitats contínuos são subdivididos, e existe uma considerável perda de área e qualidade com um aumento no isolamento dos habitat (Ishino *et al.* 2012).

As florestas tropicais têm sido afetadas em muitos aspectos pela constante fragmentação de habitats (Laurance *et al.* 2003). Couto *et al.* (dados não publicados - capítulo I) verificaram que o efeito da borda linear em floresta estacional submontana causa interferência em relação à estrutura e as categorias sucessionais, com maior impacto na composição florística, diversidade e abundância das espécies e na manutenção de espécie endêmica. Tais alterações têm sido documentadas em muitas florestas fragmentadas (Burkey 1993; Laurance *et al.* 1998; Olander *et al.* 1998; Laurance *et al.* 2009), mas as mudanças mais sutis, tais como aquelas que afetam a fenologia da planta têm recebido pouca atenção.

As diversas modificações na flora e na fauna advindas da fragmentação podem influenciar as interações bióticas, afetando funções ecológicas como predação, parasitismo, herbivoria, polinização e dispersão de sementes (Galetti *et al.* 2003). As plantas que habitam as margens de habitats fragmentados podem experimentar altos níveis de estresse por estarem mais expostas a distúrbios e variações microclimáticas do que as plantas do interior (Ishino *et al.* 2012), o que pode promover mudanças nos traços reprodutivos das plantas (Girão *et al.* 2007; Cara 2006).

Estudos têm constatado significativa diferença na fenologia reprodutiva das espécies em decorrência da formação de bordas, sejam elas de origem natural ou antrópica (Cunningham 2000; Athayde & Morellato 2014; Pires *et al.* 2014). Cunningham (2000) verificou que as espécies respondem de forma diferente ao efeito de borda, há espécies que apresentam variação na produção de flores, maior eficiência na produção de frutos, algumas apresentam aumento outras redução na produção de sementes sugerindo que a fragmentação do habitat pode alterar além das funções reprodutivas da planta suas interações. Aspectos também observados por Athayde & Morellato (2014), ao verificar que a produção de flores é mais tardia no interior do ecossistema e por Reznik *et al.* (2012) com a maior frequência de indivíduos anemocóricos e maior intensidade na frutificação das espécies zoocóricas na borda.

O reconhecimento das alterações na fenodinâmica das espécies em decorrência ao efeito de borda é incontestável, no entanto ao ser analisado o efeito de bordas lineares como redes elétricas de alta tensão e gasodutos, essas alterações têm se demonstrado menos agressivas aos ecossistemas. Por exemplo, Pires *et al.* (2014) ao analisar populações de *Senefeldera verticillata* (Vell.) Croizat (Euphorbiaceae) constatou que o sucesso reprodutivo foi maior no interior do que na borda da vegetação, estudos como este vem se ampliando (Fuchs *et al.* 2003; Aguilar & Galetto 2004; Reznik *et al.* 2012), mas ainda são escassos os que avaliem a comunidade florestal.

Na borda oriental da Chapada Diamantina, Bahia no Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD), as florestas estacionais constituem a maior extensão florestal dentro do parque (Funch *et al.* 2008), sendo cortada linearmente pela rede elétrica de alta tensão. Desta forma, tendo em vista que o efeito de borda linear é evidente para a diversidade florística, o presente estudo buscou avaliar a influência da borda linear na dinâmica da vegetação, desenvolvendo estudos fenológicos reprodutivos nas espécies distribuídas na borda e no interior da floresta estacional submontana no PNCD, buscando responder às seguintes questões: (i) Ambientes de interior da floresta em oposição à borda apresentarão diferenças na frequência, duração e sincronia da floração e frutificação na comunidade, considerando árvores, arbustos, lianas, epífitas e ervas terrestre? (ii) O comportamento fenológico está relacionado com as síndromes de polinização e dispersão considerando porcentagem de espécies e indivíduos entre borda e interior da floresta? Espera-se que a fenodinâmica da comunidade seja distinta entre as áreas de borda e interior da floresta para as diferentes formas de vida bem como, para as síndromes de polinização e dispersão.

Metodologia

No Parque Nacional da Chapada Diamantina (cerca de 152.000 hectares), Bahia, Brasil localiza-se a maior extensão florestal da região, ocorrendo em relevo suave ondulado, em altitudes entre cerca de 400 a 600 m, sobre latossolo vermelho-amarelo de textura argilosa e com pouca matéria orgânica (Funch *et al.* 2005).

Devido às condições especiais de altitude, o clima da região é do tipo Aw (Alvares *et al.* 2014) com verão chuvoso e inverno seco. Máximas de chuvas são observadas no verão (novembro a janeiro) com um máximo secundário de março a abril. A pluviosidade histórica varia entre 35 mm (julho e agosto) a 184 mm (dezembro), com precipitação média excedendo 100 mm durante a estação chuvosa. No período de

estudo, as médias de precipitação (70 mm) foram discrepantes das médias históricas, com uma estação seca bastante prolongada na região (Fig. 1).

As temperaturas médias mensais oscilam durante o ano, variando em torno de 18°C durante o inverno (abril a setembro) e excedendo 22°C nos meses mais quentes (outubro a fevereiro). Essas condições possibilitam classificar a vegetação estudada como Floresta Estacional Submontana (IBGE 2012). Os dados climatológicos foram obtidos na Estação Climatológica de Lençóis - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados de fotoperíodo foram obtidos do *Astronomical Applications Department of the U.S. Naval Observatory* (http://aa.usno.navy.mil/data/docs/RS_OneYear.php) e as informações de insolação através do site (<http://aom.giss.nasa.gov/srlocat.html>) (Fig. 1).

O trecho de floresta estudado localiza-se no município de Lençóis, 12°28'31''S e 41°23'14''W inserido no PNCD. A área é margeada por dois corredores perpendiculares desmatados para a passagem da rede de transmissão elétrica de alta tensão (aproximadamente 10 m de largura), implantado na década de 1960 e a rodovia BR 242, criada no mesmo período. A vegetação caracteriza-se pela presença de árvores emergentes com até 26 m de altura, como das espécies *Protiumheptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Maprouneaguianensis* Aubl., *Hirtellaglandulosa* Spreng. E *Aspidospermadiscolor* A. DC., estratificação pouco nítida, sub-bosque bem iluminado formado predominantemente por indivíduos jovens das espécies dos estratos superiores e espécies de Rubiaceae, Melastomataceae e Poaceae. As trepadeiras são abundantes, sendo raras espécies epífitas e hemiparasitas (Couto *et al.* 2011).

Estudos fenológicos

Foi utilizado como suporte para este estudo o levantamento florístico e fitossociológico realizado na área (Couto 2008). Nesse levantamento foram estabelecidas 30 parcelas permanentes aleatórias de 10 x 10 m, (0,3 ha), sendo 15 em área de borda (0 - 100m) e 15 parcelas no interior da floresta (>150m) em relação à rede elétrica. Neste estudo foram marcados todos os indivíduos arbustivos e arbóreos utilizando como critério o um diâmetro à altura do peito de $\geq 5,0$ cm.

Os indivíduos localizados ao longo das parcelas e no seu entorno foram selecionados para o acompanhamento fenológico. Foram consideradas todas as formas de vida de acordo com as famílias e espécies que apresentaram maior valor de

importância, abundância e frequência para a comunidade florestal. Foram preferencialmente acompanhados 5-10 indivíduos por espécies abrangendo indivíduos arbóreas, arbustivas, trepadeiras, ervas terrestre e epífita.

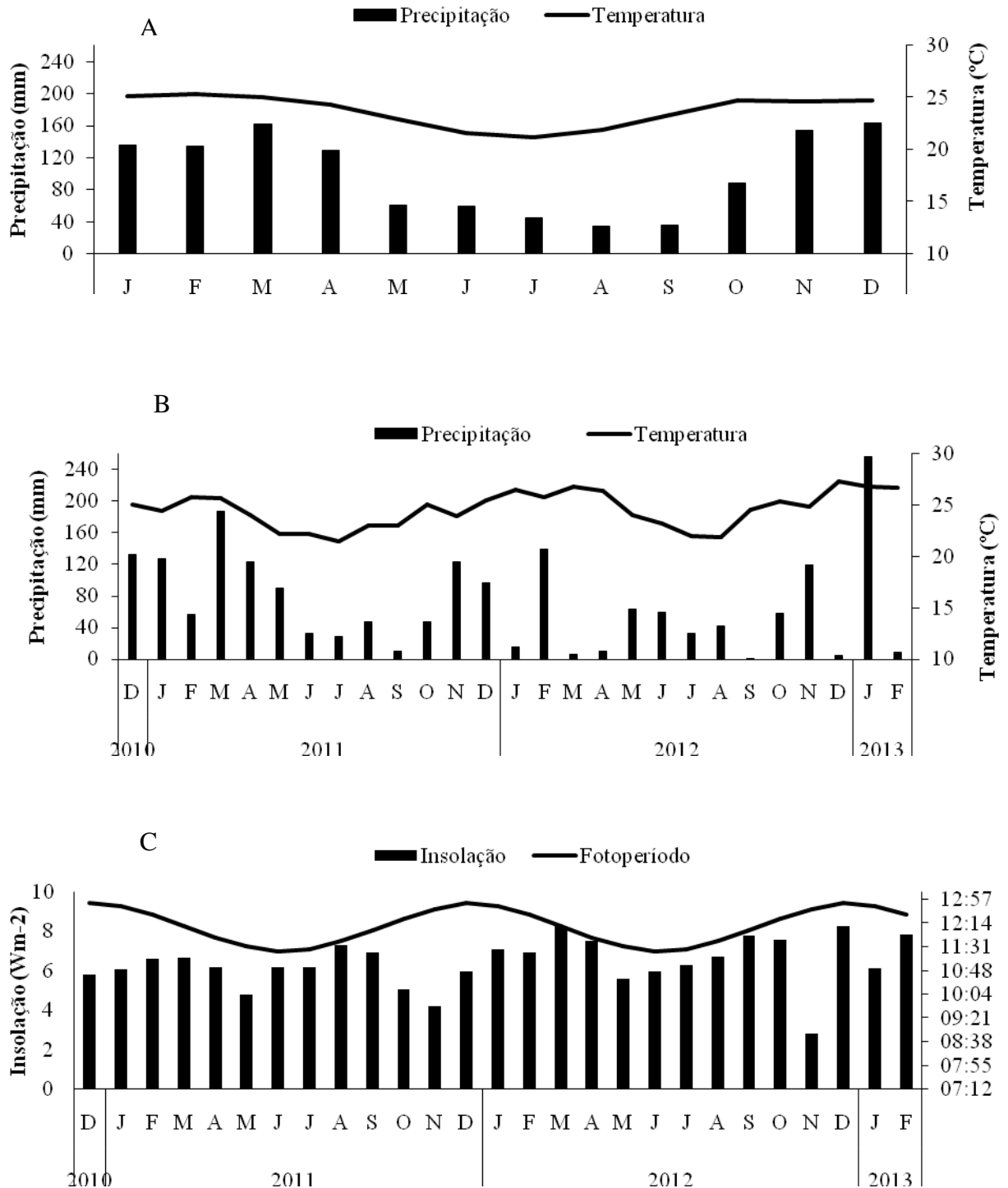


Figura1: Dados de precipitação pluviométrica, temperatura (INMET) e insolação e fotoperíodo (*Insolation at Specified Location (2013) e On line Photoperiod calculator*) para a região de Lençóis, Bahia, Brasil. A - Médias históricas de precipitação e temperatura referentes ao

período de 1962-2012. B - Precipitação total mensal e temperatura média mensal do período de estudo. C - Médias de Insolação e Fotoperíodo (2010-2013).

Os táxons estudados, quando em fase reprodutiva, foram coletados e herborizados seguindo a metodologia de Mori *et al.* (1989) e depositados no Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana (HUEFS). A identificação do material botânico baseou-se no sistema APGIII (2009) e foi realizada com a utilização de coleções botânicas do Herbário HUEFS e também por consultas a especialistas e literatura especializada.

Foram acompanhados 481 indivíduos, sendo 282 na borda (61 espécies) e 199 no interior (50 espécies) com 40 espécies em comum (Apêndice 1). As espécies acompanhadas representam 60,7% da composição florística da área, sem registro de epífitas para o interior (Couto *et al.* 2011). Utilizando-se os critérios adotados por Frankie *et al.* (1974) e Fournier&Charpantier (1975), foram realizadas observações mensais durante um período de vinte e seis meses (janeiro de 2011 a fevereiro de 2013) com auxílio de binóculo, registrando-se a presença e ausência de floração (botão e flor) e frutificação (frutos imaturos e maduros). Aplicando o índice de atividade (ou porcentagem de indivíduos) estimou-se a sincronia (Bencke &Morellato2002), a frequência e duração dos eventos fenológicos (Newstrom *et al.* 1994).

As espécies foram classificadas quanto às síndromes de polinização (anemofilia, cantarofilia, falenofilia, melitofilia, ornitofilia, psicofilia e zoofilia não especializada) e dispersão (anemocoria, autocoria e zoocoria) utilizando-se a terminologia de Faegri&van der Pijl (1976) e van der Pijl (1982), considerando observações de campo e dados da literatura (Oliveira& Gibbs 2000; Funchet *et al.* 2002; Pedroniet *et al.* 2002; Singer 2004; Lenza *et al.* 2005; Cara 2006; Cerqueira 2009; Gonçalves 2013).

Análise dos dados

A fim de analisar as diferenças na atividade fenológica da comunidade estudada, entre os ambientes de borda e interior, foi utilizado teste G (Zar1996). Para isto foi comparado percentual de indivíduos e espécies em cada fenofase bem como o índice de atividade em cada um dos dois ambientes da comunidade e para cada forma de vida (arbóreas, arbustivas, trepadeiras, ervas terrestre e epífita) (Cara 2006).

A regressão linear foi utilizada para avaliar a relação entre as fenofases e as variáveis ambientais: precipitação, temperatura, umidade, insolação e fotoperíodo, utilizando a proporção de espécies em cada fenofase para borda e interior e os dados

climáticos mensais do mês de observação (imediate) e dos 30 dias anteriores a atividade do evento. As análises foram realizadas no programa *BioEstat5.3* (Ayres *et al.* 2007).

Para estimar a ocorrência e intensidade da sazonalidade entre as fenofases reprodutivas para cada ambiente analisado e para cada forma de vida, foi utilizada a estatística circular através do programa *Oriana 4.02* (Kovach 2011), considerando os anos de 2011 e 2012 por haver o ciclo completo de 12 meses de observação. Neste procedimento, para cada ano de observação, foi calculada a frequência de indivíduos com ocorrência do evento fenológico para o total das espécies por mês; os meses foram convertidos em ângulos com intervalos de 30° para cada observação (0° = janeiro, 30° fevereiro até 330° = dezembro); foram calculados: ângulo médio (posteriormente convertido em data média), comprimento do vetor médio (r), desvio padrão circular. A significância do ângulo foi testada através do teste de Rayleigh (z) para a distribuição circular. Foram consideradas sazonais as fenofases reprodutivas cujo comprimento do vetor (r) foi maior do que 0,5, e o teste de Rayleigh significativo para a distribuição circular ($p < 0,05$). O teste F de Watson-Williams foi utilizado para comparar as datas médias de cada fenofase entre borda e interior os anos entre cada área (Morello *et al.* 2010).

Resultados

Fenologia reprodutiva na borda e no interior -As análises fenológicas revelaram que a floração e frutificação na borda e interior foram contínuas, assazonais, com baixa intensidade e assincrônicas para todas as fenofases (Tab. 1 e Fig. 2). Na área de borda houve maior número de indivíduos em botão ($G = 56,53$; GL 25; $p = 0,0003$) sem diferença interanual. Nas duas áreas a floração foi relacionada com precipitação, insolação e comprimento do dia (Tab. 2).

Fenologia e forma de vida na borda e no interior -A discrepância na distribuição de chuva entre os anos de observação em comparação ao registro histórico (Fig. 1) refletiu em uma sazonalidade expressiva. Esta sazonalidade foi indicada pela estatística circular para arbusto e erva terrestre em ambas as áreas e epífitas para a borda (Tab. 3). Árvores na borda e interior mostraram comportamento de floração e frutificação similar, contínuo, com baixa intensidade, assincrônico (Fig. 3A e Fig. 4A), e com sazonalidade marcada apenas para a fase de frutos maduro em 2012 (Tab. 3). A floração e frutificação nas demais formas de vida exibiram eventos fenológicos com proporção de indivíduo e espécies diferentes entre borda e interior (Fig. 3 e Fig. 4, Tab. 4).

No interior, arbustos apresentaram floração e frutificação anual regular com duração intermediária e pico de floração no período chuvoso, enquanto na borda não apresentou um padrão definido havendo diferença entre os anos de observação. No primeiro ano a floração foi contínua com frutificação anual, no segundo ano não houve frutificação e a floração apresentou intervalos grandes e irregulares entre os eventos (Fig. 3B e Fig. 4B). Ao comparar as trepadeiras, a floração e frutificação na borda, ocorreram ao longo dos anos sem sazonalidade marcada, enquanto que no interior as fenofases atingiram acima de 25% das espécies sendo sazonais com floração irregular de longa duração e frutificação intermediária (Fig. 3C e Fig. 4C).

As herbáceas apresentaram padrão inverso ao apresentado pelas trepadeiras. Em ambas as áreas as fenofases ocorreram acima de 20% dos indivíduos sendo sazonais com floração e frutificação com longa duração e discrepantes entre os anos de observação. (Fig. 3D e Fig. 4D). A análise de regressão mostrou relações entre as formas de vida e as variáveis ambientais, porém estas relações foram distintas nos ambientes de borda e interior (Tab. 5).

Fenologia reprodutiva e síndromes de polinização e dispersão—Proporções semelhantes no número de espécies por modos de polinização e dispersão foram encontradas na borda e no interior, com predominância de espécies melitófilas (52,5% na borda e 51% no interior) e zoocóricas (62,3% na borda e 62,7% no interior) (Apêndice 1). A melitofilia exibiu picos de atividade no verão, notando-se que, no interior, no período de julho a setembro houve aumento na proporção de espécies zoófilas não especializadas e queda das melitófilas, enquanto na borda ocorreu o inverso (Fig. 5 A e B). Esta inversão resultou em uma diferença significativa entre as áreas para a melitofilia ($G = 49,48$; GL 25; $p = 0,0025$). A maturação de diásporos zoocóricos mostrou padrão similar na borda e interior (Fig. 5). Na borda, espécies anemocóricas e autocóricas exibiram padrão contínuo de frutificação, enquanto no interior estas síndromes não frutificaram no período de maior estiagem de março a outubro de 2012, conferindo diferença significativa para a anemocoria entre os ambientes ($G = 40,49$; GL 25; $p = 0,026$).

Tabela 1: Estatística circular da frequência de indivíduos na borda e no interior da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

| Parâmetros estatísticos | Borda | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|----------|--------------------|----------|------------------------|----------|------------------------|----------|
| | Botões | | Flores | | Fruto imaturo | | Fruto maduro | |
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Número de observações | 268 | 337 | 194 | 148 | 252 | 201 | 96 | 34 |
| Vetor médio (μ) | 333,802° | 320,76° | 334,187° | 332,288° | 165° | 60,21° | 216,725° | 55,645° |
| Data média | 03/fev | 20/nov | 03/dez | 02/dez | 15/jun | 01/mar | 07/ago | 25/fev |
| Comp. médio do vetor (r) | 0,278 | 0,334 | 0,224 | 0,416 | 0,121 | 0,476 | 0,195 | 0,601 |
| Desvio padrão circular | 91,703° | 84,844° | 99,099° | 75,86° | 117,66° | 69,854° | 103,528° | 57,811° |
| Rayleigh (Z) | 20,683 | 37,611 | 9,741 | 25,642 | 3,715 | 45,462 | 3,667 | 12,284 |
| Rayleigh (p) | 1,04E-09 | < 1E-12 | 5,88E-05 | 7,31E-12 | 0,024 | < 1E-12 | 0,026 | 1,49E-06 |
| Watson-Williams (F) | F= 33,093; p= 8,70E-06 | | F= 1,814; p= 0,192 | | F= 8,835; p= 0,007 | | F= 22,456; p= 9,94E-05 | |
| | Interior | | | | | | | |
| | Botões | | Flores | | Fruto imaturo | | Fruto maduro | |
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Número de observações | 177 | 138 | 102 | 64 | 119 | 58 | 67 | 13 |
| Vetor médio (μ) | 345,706° | 357,637° | 38,413° | 12,459° | 179,036° | 39,203° | 197,829° | 53,645° |
| Data média | 15/dez | 27/dez | 08/fev | 13/jan | 29/jun | 09/fev | 19/jul | 23/fev |
| Comp. médio do vetor (r) | 0,170 | 0,402 | 0,086 | 0,344 | 0,252 | 0,316 | 0,336 | 0,448 |
| Desvio padrão circular | 107,921° | 77,379° | 126,782° | 83,742° | 95,101° | 86,97° | 84,632° | 72,577° |
| Rayleigh (Z) | 5,095 | 22,272 | 0,762 | 7,559 | 7,569 | 5,791 | 7,56 | 2,613 |
| Rayleigh (p) | 0,006 | 2,13E-10 | 0,467 | 5,22E-04 | 5,16E-04 | 0,003 | 5,21E-04 | 0,071 |
| Watson-Williams (F) | F= 2,599; p= 0,121 | | F= 4,912; p= 0,037 | | F= 33,972; p= 7,28E-06 | | F= 25,897; p= 4,25E-05 | |
| Watson-Williams (F) | Borda x Interior | | | | | | | |
| | Botões | | Flores | | Fruto imaturo | | Fruto maduro | |
| | F | p | F | p | F | p | F | p |
| 2011 | 6,967 | 0,015 | 6,84 | 0,016 | 15,523 | 6,98E-04 | 1,803 | 0,193 |
| 2012 | 3,777 | 0,065 | 2,2 | 0,152 | 4,037 | 0,057 | 3,139 | 0,09 |

Tabela 2: Resultado da Regressão linear entre a proporção de espécies e as variáveis ambientais precipitação, temperatura, umidade, insolação e fotoperíodo na borda e no interior da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Dados em sombreamento indica valores significativos $p < 0.05$. Grau de liberdade = 25

| | | Precipitação | Temperatura | Umidade | Insolação | Fotoperíodo |
|-----------------|---------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Borda | Botão | F= 0,7814; p= 0,6107 | F= 0,2597; p=0,6205 | F= 0,0338; p=0,8497 | F= 2,1057; p=0,1565 | F= 6,6079; p=0,0160 |
| | Flor | F= 5,0131; p=0,0328 | F= 0,5351; p=0,5220 | F= 1,3649; p=0,2530 | F= 4,8461; p=0,0355 | F= 6,9624; p=0,0138 |
| | Fruto imaturo | F= 0,5455; p=0,5263 | F= 0,6503; p=0,5667 | F= 11,9977; p=0,0023 | F= 2,3206; p=0,1373 | F= 0,3880; p=0,5459 |
| | Fruto maturo | F= 0,0324; p=0,8527 | F= 2,3305; p=0,1365 | F= 6,9766; p=0,0137 | F= 0,9264; p=0,6526 | F= 0,4205; p=0,5295 |
| Interior | Botão | F= 9,2387; p=0,0057 | F= 3,3026; p=0,0784 | F= 1,1854; p=0,2871 | F= 5,1722; p=0,0304 | F= 21,9119; p=0,0002 |
| | Flor | F= 9,5029; p=0,0052 | 1,1360; p=0,2974 | F= 14,6746; p=0,0011 | F= 6,3797; p=0,0176 | F= 8,6156; p=0,0072 |
| | Fruto imaturo | F= 5,9969; p=0,0208 | F=1,0891; p=0,3078 | F= 20,6959; p=0,0003 | F=3,2844; p=0,0792 | F= 0,0964; p=0,7566 |
| | Fruto maturo | F= 0,1436; p=0,7091 | F= 2,9724; p=0,941 | F= 11,5986; p=0,0026 | F= 1,3155; p=0,2619 | F= 1,1692; p=0,2904 |

Tabela 3: Resultados da estatística circular da frequência de indivíduos na borda e no interior por modo de vida da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. BT = botão; FL = flor; FI = fruto imaturo; FM = fruto maduro; N. = número de observações; μ = vetor médio; D. med.= Data média; r = Comprimento médio do vetor; Desv.p = Desvio padrão circular; Z= Rayleigh.***** = indica que o resultado não pode ser calculado.

| | | N. | μ | D. med. | r | Desv. p | (Z) | Rayleigh (p) | |
|----------------|----|------|-------|----------|--------|---------|----------|--------------|----------|
| Arbusto | BT | 2011 | 31 | 38,598° | 08/fev | 0,478 | 69,602° | 7,087 | 5,99E-04 |
| | | 2012 | 33 | 5,136° | 06/jan | 0,685 | 49,813° | 15,497 | 5,00E-08 |
| | FL | 2011 | 14 | 46,499° | 16/fev | 0,641 | 54,055° | 5,749 | 0,002 |
| | | 2012 | 5 | 30,964° | 31/jan | 0,834 | 34,509° | 3,479 | 0,021 |
| | FI | 2011 | 38 | 113,076° | 23/abr | 0,682 | 50,155° | 17,66 | 8,07E-09 |
| | | 2012 | 2 | 30° | 30/jan | 0,977 | 12,347° | 1,909 | 0,155 |
| | FM | 2011 | 10 | 162,626° | 13/jun | 0,894 | 27,13° | 7,991 | 5,68E-06 |
| | | 2012 | 0 | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** |
| Árvore | BT | 2011 | 157 | 329,639° | 29/nov | 0,387 | 78,906° | 23,562 | 5,85E-11 |
| | | 2012 | 281 | 305,008° | 04/nov | 0,31 | 87,75° | 26,918 | 2,04E-12 |
| | FL | 2011 | 101 | 330,941° | 30/nov | 0,431 | 74,296° | 18,796 | 6,87E-09 |
| | | 2012 | 121 | 328,446° | 28/nov | 0,399 | 77,671° | 19,261 | 4,31E-09 |
| | FI | 2011 | 166 | 206,777° | 27/jul | 0,079 | 129,211° | 1,027 | 0,358 |
| | | 2012 | 166 | 54,966° | 25/fev | 0,580 | 59,835° | 55,778 | < 1E-12 |
| | FM | 2011 | 70 | 245,774° | 06/set | 0,186 | 105,11° | 2,418 | 0,089 |
| | | 2012 | 29 | 60,414° | 01/mar | 0,669 | 51,372° | 12,98 | 5,32E-07 |
| Borda | BT | 2011 | 8 | 36,461° | 06/fev | 0,426 | 74,873° | 1,45 | 0,241 |
| | | 2012 | 6 | 30° | 30/jan | 0,977 | 12,347° | 5,728 | 2,33E-04 |
| | FL | 2011 | 5 | 334,107° | 04/dez | 0,535 | 64,06° | 1,432 | 0,25 |
| | | 2012 | 3 | 45° | 15/fev | 1 | ***** | 3 | 0,033 |
| | FI | 2011 | 19 | 213,765° | 04/ago | 0,573 | 60,439° | 6,245 | 0,001 |
| | | 2012 | 19 | 153,717° | 04/jun | 0,581 | 59,741° | 6,406 | 0,001 |
| | FM | 2011 | 3 | 135° | 16/mai | 1 | ***** | 3 | 0,033 |
| | | 2012 | 0 | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** |
| Erva terrestre | BT | 2011 | 45 | 258,69° | 18/set | 0,162 | 109,301° | 1,182 | 0,308 |
| | | 2012 | 6 | 315° | 19/nov | 1 | ***** | 6 | < 1E-12 |
| | FL | 2011 | 34 | 269,388° | 29/set | 0,335 | 84,79° | 3,805 | 0,021 |
| | | 2012 | 6 | 315° | 14/nov | 1 | ***** | 6 | < 1E-12 |
| | FI | 2011 | 20 | 352,21° | 22/dez | 0,457 | 71,705° | 4,177 | 0,014 |
| | | 2012 | 3 | 315° | 14/nov | 1 | ***** | 3 | 0,033 |
| | FM | 2011 | 4 | 330° | 30/nov | 0,489 | 68,581° | 0,955 | 0,412 |
| | | 2012 | 2 | 15° | 15/jan | 0,876 | 29,483° | 1,535 | 0,244 |
| Trepadeira | BT | 2011 | 27 | 282,901° | 13/out | 0,237 | 97,18° | 1,521 | 0,22 |
| | | 2012 | 12 | 348,435° | 18/dez | 0,377 | 80,033° | 1,705 | 0,184 |
| | FL | 2011 | 40 | 131,878° | 13/mai | 0,278 | 91,72° | 3,084 | 0,045 |
| | | 2012 | 13 | 315° | 15/nov | 0,368 | 80,994° | 1,762 | 0,173 |
| | FI | 2011 | 9 | 199,476° | 20/jul | 0,913 | 24,456° | 7,501 | 5,99E-06 |
| | | 2012 | 11 | 165° | 15/jun | 0,159 | 109,827° | 0,279 | 0,765 |
| | FM | 2011 | 9 | 257,374° | 16/set | 0,364 | 81,505° | 1,19 | 0,313 |
| | | 2012 | 3 | 300° | 30/out | 0,175 | 107,057° | 0,091 | 0,926 |

Tabela 3: Continuação

| | | | N, | μ | D. med. | r | Desv. p | (Z) | Rayleigh (p) | |
|----------------|--------|------|-----------|----------|----------------|----------|----------------|------------|---------------------|----------|
| Interior | BT | 2011 | 14 | 37,458° | 07/fev | 0,826 | 35,454° | 9,546 | 5,39E-06 | |
| | | 2012 | 17 | 23,171° | 23/jan | 0,837 | 34,152° | 11,917 | 7,97E-07 | |
| | FL | 2011 | 7 | 60° | 29/fev | 0,633 | 54,783° | 2,806 | 0,055 | |
| | | 2012 | 6 | 75° | 16/mar | 0,292 | 89,902° | 0,512 | 0,619 | |
| | FI | 2011 | 17 | 99,641° | 10/abr | 0,637 | 54,408° | 6,9 | 5,26E-04 | |
| | | 2012 | 9 | 160,893° | 11/jun | 0,421 | 75,415° | 1,592 | 0,208 | |
| | FM | 2011 | 8 | 142,911° | 23/mai | 0,459 | 71,472° | 1,688 | 0,188 | |
| | | 2012 | 2 | 225° | 15/ago | 1 | ***** | 2 | 0,137 | |
| | Árvore | BT | 2011 | 113 | 2,273° | 02/jan | 0,218 | 100,001° | 5,372 | 0,005 |
| | | | 2012 | 108 | 347,634° | 17/dez | 0,318 | 86,689° | 10,945 | 1,76E-05 |
| | | FL | 2011 | 51 | 63,965° | 05/mar | 0,297 | 89,283° | 4,498 | 0,011 |
| | | | 2012 | 49 | 15,997° | 16/jan | 0,318 | 86,755° | 4,949 | 0,007 |
| | | FI | 2011 | 85 | 188,24° | 09/jul | 0,364 | 81,482° | 11,248 | 1,30E-05 |
| | | | 2012 | 40 | 40,979° | 11/fev | 0,444 | 72,982° | 7,896 | 2,68E-04 |
| FM | | 2011 | 47 | 195° | 16/jul | 0,353 | 82,708° | 5,85 | 0,003 | |
| | | 2012 | 9 | 64,423° | 05/mar | 0,754 | 43,018° | 5,122 | 0,003 | |
| Erva terrestre | BT | 2011 | 39 | 257,451° | 17/set | 0,585 | 59,351° | 13,337 | 5,20E-07 | |
| | | 2012 | 3 | 315° | 14/nov | 1 | ***** | 3 | 0,033 | |
| | FL | 2011 | 28 | 278,768° | 13/out | 0,609 | 57,062° | 10,385 | 1,15E-05 | |
| | | 2012 | 3 | 315° | 14/nov | 1 | ***** | 3 | 0,033 | |
| | FI | 2011 | 5 | 165° | 15/jun | 0,607 | 57,26° | 1,842 | 0,162 | |
| | | 2012 | 2 | 360° | 30/dez | 0,977 | 12,347° | 1,909 | 0,155 | |
| | FM | 2011 | 5 | 165° | 15/jun | 0,607 | 57,26° | 1,842 | 0,162 | |
| | | 2012 | 2 | 360° | 30/dez | 0,977 | 12,347° | 1,909 | 0,155 | |
| Trepadeira | BT | 2011 | 11 | 87,808° | 29/mar | 0,622 | 55,814° | 4,259 | 0,011 | |
| | | 2012 | 10 | 13,854° | 14/jan | 0,677 | 50,563° | 4,59 | 0,007 | |
| | FL | 2011 | 16 | 132,986° | 14/mai | 0,417 | 75,741° | 2,787 | 0,059 | |
| | | 2012 | 6 | 13,064° | 13/jan | 0,669 | 51,404° | 2,683 | 0,062 | |
| | FI | 2011 | 8 | 199,872° | 21/jul | 0,744 | 44,024° | 4,433 | 0,007 | |
| | | 2012 | 6 | 357,626° | 28/dez | 0,282 | 91,128° | 0,478 | 0,639 | |
| | FM | 2011 | 7 | 274,629° | 04/out | 0,803 | 37,987° | 4,51 | 0,006 | |
| | | 2012 | 0 | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** | ***** | |

Tabela 4: Teste G entre a proporção de espécies e a proporção de indivíduos por forma de vida entre borda e interior da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Valores significativos $p < 0,05$. Graus de liberdade = 25

| Proporção de espécie | | Botão | Flor | Fruto imaturo | Fruto maduro |
|-------------------------|---|----------|----------|---------------|--------------|
| Arbusto | G | 355,3971 | 154,1631 | 218,9576 | 61,8265 |
| | p | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Árvore | G | 48,7891 | 76,7853 | 46,3662 | 51,1442 |
| | p | 0,003 | < 0,0001 | 0,0058 | 0,0015 |
| Erva terrestre | G | 341,1276 | 142,0243 | 322,3351 | 118,0826 |
| | p | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Trepadeira | G | 127,6448 | 110,7659 | 86,2792 | 58,7568 |
| | p | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0002 |
| Proporção de indivíduos | | | | | |
| Arbusto | G | 100,136 | 133,7399 | 119,0431 | 52,7836 |
| | p | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,001 |
| Árvore | G | 34,4977 | 36,0149 | 28,1362 | 18,4598 |
| | p | 0,0977 | 0,0714 | 0,3016 | 0,8223 |
| Erva terrestre | G | 501,759 | 292,3586 | 463,0175 | 108,2278 |
| | p | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |
| Trepadeira | G | 286,6844 | 219,8377 | 250,8972 | 70,526 |
| | p | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 | < 0,0001 |

Tabela 5: Resultado da Regressão linear entre a proporção de espécies e as variáveis ambientais precipitação, temperatura, umidade, insolação e fotoperíodo na borda e no interior por forma de vida na floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Dados em sombreamento refere-se a valores significativos $p < 0.05$. GL = 25. Arb. = arbusto; Arv. = árvore; Epi. = epífita; Erv. = erva terrestre; Trep. = trepadeira.

| | | Precipitação | Temperatura | Umidade | Insolação | Fotoperíodo | |
|-----------------|---------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Borda | Arb. | Botão | F= 9,955; p = 0,005 | F= 0,449 p = 0,516 | F= 3,064; p = 0,089 | F= 5,323; p = 0,028 | F= 5,997; p = 0,021 |
| | | Flor | F= 4,463; p = 0,043 | F= 3,324; p = 0,078 | F= 1,207; p = 0,283 | F= 0,182; p = 0,677 | F= 6,793; p = 0,014 |
| | | Fruto Imaturo | F = 1,590; p = 0,217 | F= 3,324; p = 0,078 | F= 14,544; p = 0,001 | F= 3,141; p = 0,086 | F = 0,766; p = 0,600 |
| | | Fruto maduro | F= 0,083; p = 0,773 | F= 3,702; p = 0,063 | F= 6,985; p = 0,014 | F= 1,436; p = 0,241 | F= 4,410; p = 0,044 |
| | Arv. | Botão | F= 0,051; p = 0,817 | F= 0,217; p = 0,650 | F= 0,646; p = 0,565 | F= 1,042; p = 0,319 | F= 4,663; p = 0,039 |
| | | Flor | F = 3,998; p = 0,054 | F= 1,950; p = 0,172 | F= 0,071; p = 0,788 | F= 2,619; p = 0,115 | F= 10,650; p = 0,003 |
| | | Fruto Imaturo | F= 1,747; p = 0,196 | F= 0,150; p = 0,704 | F= 7,715; p = 0,010 | F = 1,467; p = 0,235 | F= 0,667; p = 0,573 |
| | | Fruto maduro | F= 0,003; p = 0,953 | F= 1,046; p = 0,318 | F= 3,207; p = 0,083 | F= 0,046; p = 0,826 | F= 0,0003; p = 0,984 |
| | Epi. | Botão | F= 0,267; p = 0,616 | F= 2,605; p = 0,116 | F= 0,674; p = 0,575 | F= 0,523; p = 0,517 | F= 7,469; p = 0,011 |
| | | Flor | F= 0,031; p = 0,855 | F= 0,326; p = 0,580 | F= 1,493; p = 0,232 | F= 0,215; p = 0,651 | F= 1,719; p = 0,199 |
| | | Fruto Imaturo | F= 1,658; p = 0,208 | F= 4,130; p = 0,051 | F= 0,259; p = 0,621 | F= 1,108; p = 0,303 | F= 25,942; p = 0,0001 |
| | | Fruto maduro | F= 0,628; p = 0,558 | F= 0,050; p = 0,819 | F= 1,989; p = 0,168 | F= 0,014; p = 0,901 | F = 0,477; p = 0,503 |
| Erv. | Botão | F= 0,166; p = 0,689 | F= 0,380; p = 0,549 | F= 0,007; p = 0,933 | F= 0,027; p = 0,866 | F= 0,309; p = 0,590 | |
| | Flor | F= 1,206; p = 0,283 | F= 1,106; p = 0,304 | F= 0,033; p = 0,852 | F= 0,268; p = 0,615 | F= 0,277; p = 0,609 | |
| | Fruto Imaturo | F= 0,011; p = 0,916 | F= 0,004; p = 0,951 | F= 0,109; p = 0,743 | F = 2,379; p = 0,133 | F= 0,960; p = 0,662 | |
| | Fruto maduro | F= 0,231; p = 0,640 | F= 0,024; p = 0,874 | F= 4,937; p = 0,034 | F= 15,943; p = 0,001 | F = 1,617; p = 0,214 | |
| Trep. | Botão | F= 2,212; p = 0,147 | F = 0,049; p = 0,822 | F= 0,517; p = 0,514 | F= 1,606; p = 0,215 | F= 0,964; p = 0,663 | |
| | Flor | F= 6,701; p = 0,015 | F= 0,259; p = 0,621 | F= 7,663; p = 0,010 | F= 4,634; p = 0,039 | F= 0,014; p = 0,901 | |
| | Fruto Imaturo | F= 0,660; p = 0,570 | F= 3,661; p = 0,063 | F= 1,344; p = 0,257 | F= 0,268; p = 0,615 | F= 5,632; p = 0,025 | |
| | Fruto maduro | F= 0,072; p = 0,787 | F= 0,750; p = 0,601 | F= 0,0002; p = 0,985 | F= 0,093; p = 0,760 | F= 0,779; p = 0,610 | |
| Interior | Arb. | Botão | F= 12,874; p = 0,002 | F= 7,675; p = 0,010 | F= 2,177; p = 0,149 | F= 0,782; p = 0,611 | F= 33,393; p < 0,0001 |
| | | Flor | F= 2,580; p = 0,118 | F= 0,998; p = 0,671 | F= 3,745; p = 0,062 | F= 0,204; p = 0,659 | F= 2,664; p = 0,112 |
| | | Fruto Imaturo | F= 0,498; p = 0,506 | F = 0,001; p = 0,980 | F= 0,313; p = 0,587 | F= 0,313; p = 0,587 | F= 0,325; p = 0,580 |
| | | Fruto maduro | F = 0,098; p = 0,755 | F= 2,539; p = 0,121 | F= 2,052; p = 0,162 | F= 0,728; p = 0,594 | F= 2,829; p = 0,102 |

Tabela 5 (continuação)

| | | Precipitação | Temperatura | Umidade | Insolação | Fotoperíodo |
|-------|---------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| Arv. | Botão | F= 4,876; p = 0,035 | F= 1,901; p = 0,178 | F= 1,056; p = 0,316 | F= 5,864; p = 0,022 | F= 13,559; p = 0,002 |
| | Flor | F= 7,270; p = 0,012 | F= 1,987; p = 0,169 | F= 11,168; p = 0,003 | F= 1,985; p = 0,168 | F= 11,610; p = 0,003 |
| | Fruto Imaturo | F= 2,784; p = 0,105 | F= 1,551; p = 0,223 | F= 13,677; p = 0,001 | F= 0,682; p = 0,578 | F= 0,281; p = 0,607 |
| | Fruto maduro | F= 0,292; p = 0,599 | F= 4,233; p = 0,048 | F= 10,019; p = 0,004 | F= 0,285; p = 0,604 | F= 2,163; p = 0,151 |
| Erv. | Botão | F= 1,400; p = 0,247 | F= 6,414; p = 0,017 | F= 0,551; p = 0,529 | F= 0,909; p = 0,648 | F= 2,258; p = 0,143 |
| | Flor | F= 0,699; p = 0,583 | F= 2,236; p = 0,145 | F= 0,099; p = 0,753 | F= 1,285; p = 0,268 | F= 0,349; p = 0,567 |
| | Fruto Imaturo | F= 0,507; p = 0,509 | F= 1,434; p = 0,241 | F= 5,185; p = 0,030 | F= 7,232; p = 0,012 | F= 0,158; p = 0,697 |
| | Fruto maduro | F= 0,507; p = 0,509 | F= 1,434; p = 0,241 | F= 5,185; p = 0,030 | F= 7,232; p = 0,012 | F= 0,158; p = 0,697 |
| Trep. | Botão | F= 5,226; p = 0,030 | F= 4,127; p = 0,051 | F= 0,370; p = 0,555 | F= 1,799; p = 0,189 | F= 4,158; p = 0,050 |
| | Flor | F= 0,664; p = 0,571 | F= 0,028; p = 0,863 | F= 5,223; p = 0,030 | F= 7,003; p = 0,014 | F= 0,001; p = 0,971 |
| | Fruto Imaturo | F= 0,337; p = 0,573 | F= 3,153; p = 0,085 | F= 3,297; p = 0,079 | F= 1,563; p = 0,221 | F= 1,463; p = 0,237 |
| | Fruto maduro | F= 1,725; p = 0,199 | F= 1,633; p = 0,211 | F= 0,069; p = 0,789 | F= 0,002; p = 0,966 | F= 0,779; p = 0,610 |

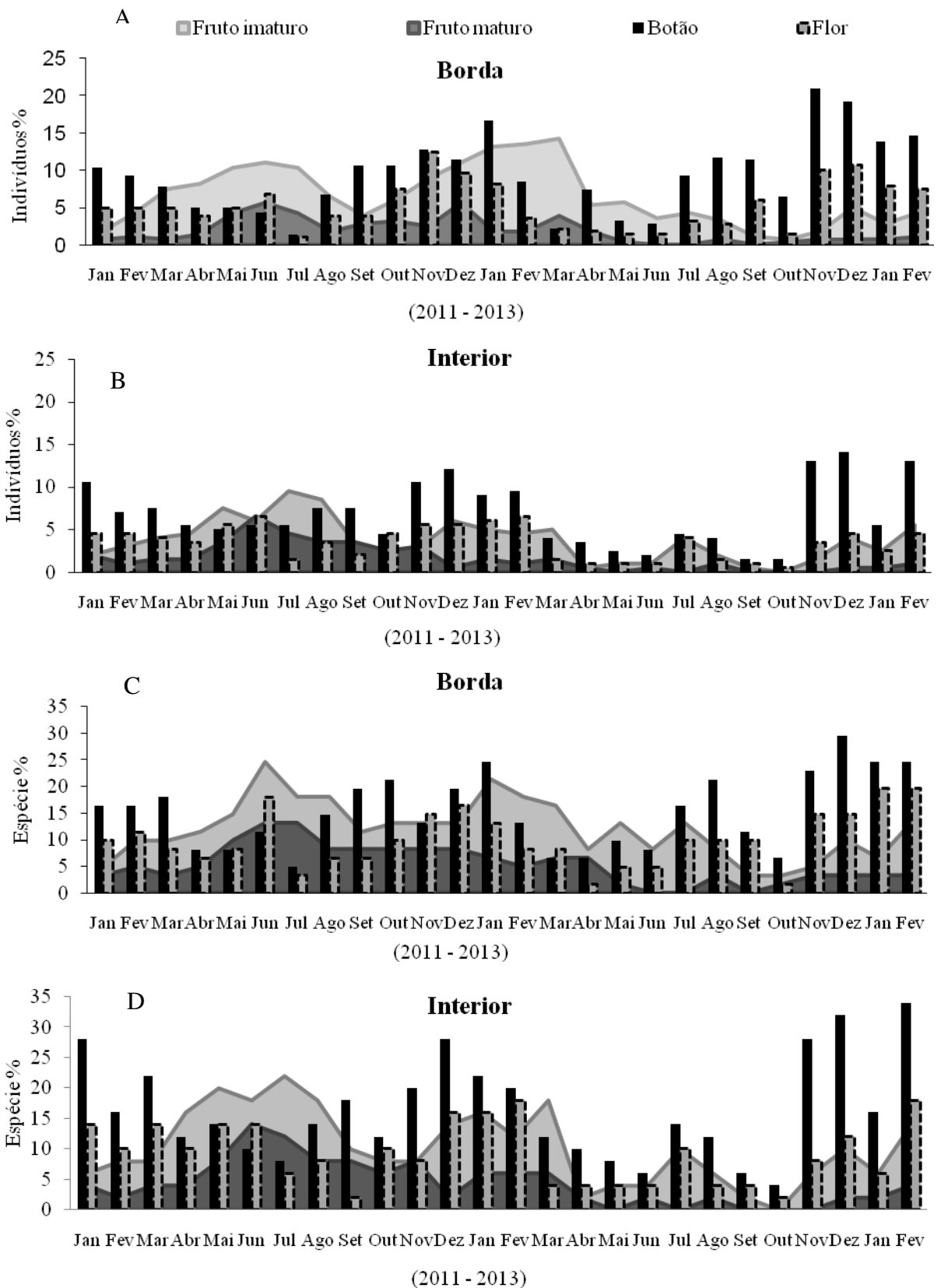


Figura 2: Fenologia reprodutiva na borda e no interior da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Frequência de indivíduos (A e B). Frequência de espécie (C e D).

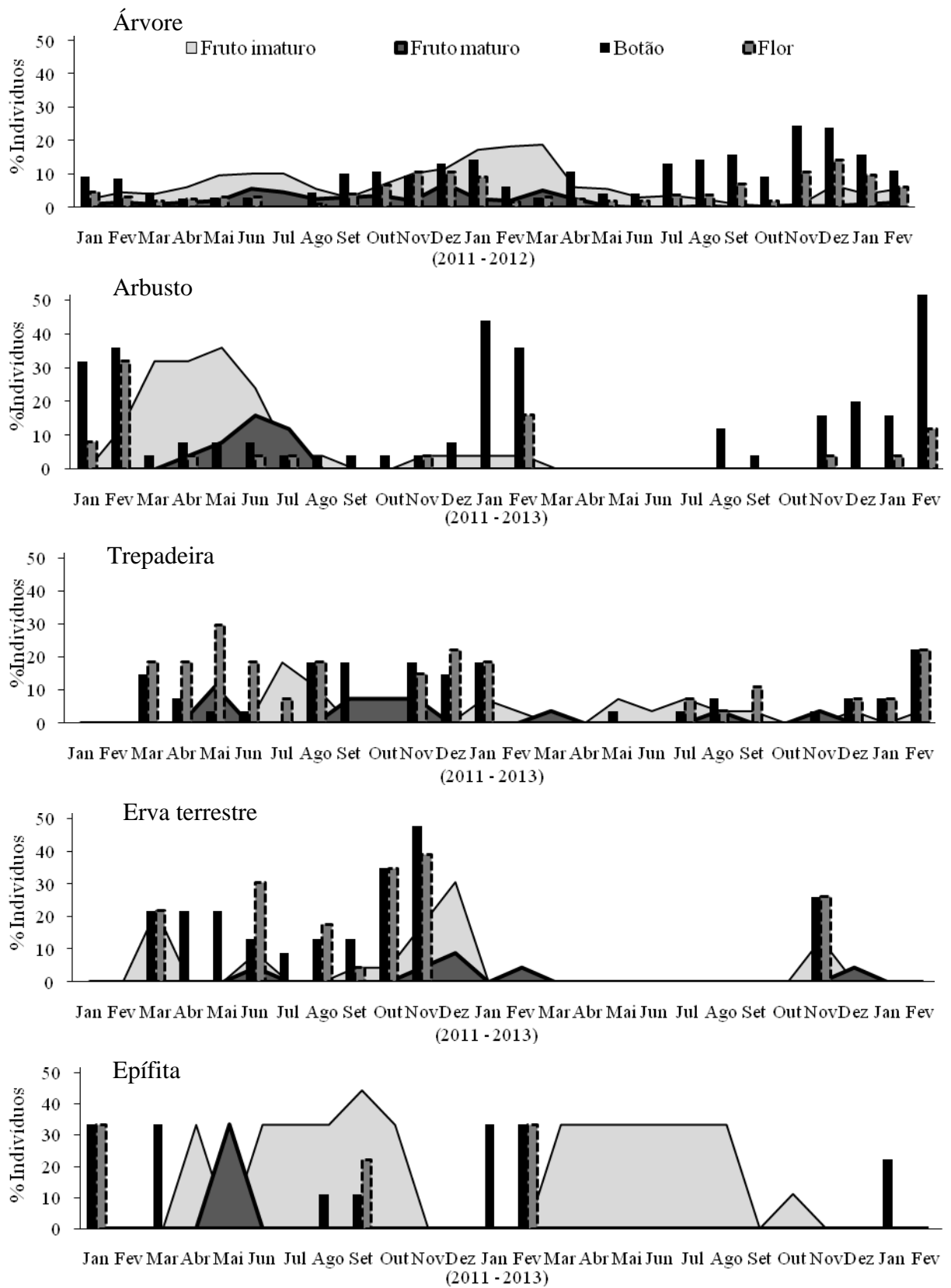


Figura 3: Fenologia reprodutiva na borda da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Proporção de indivíduos para árvore, arbusto, trepadeira, erva terrestre e epífita.

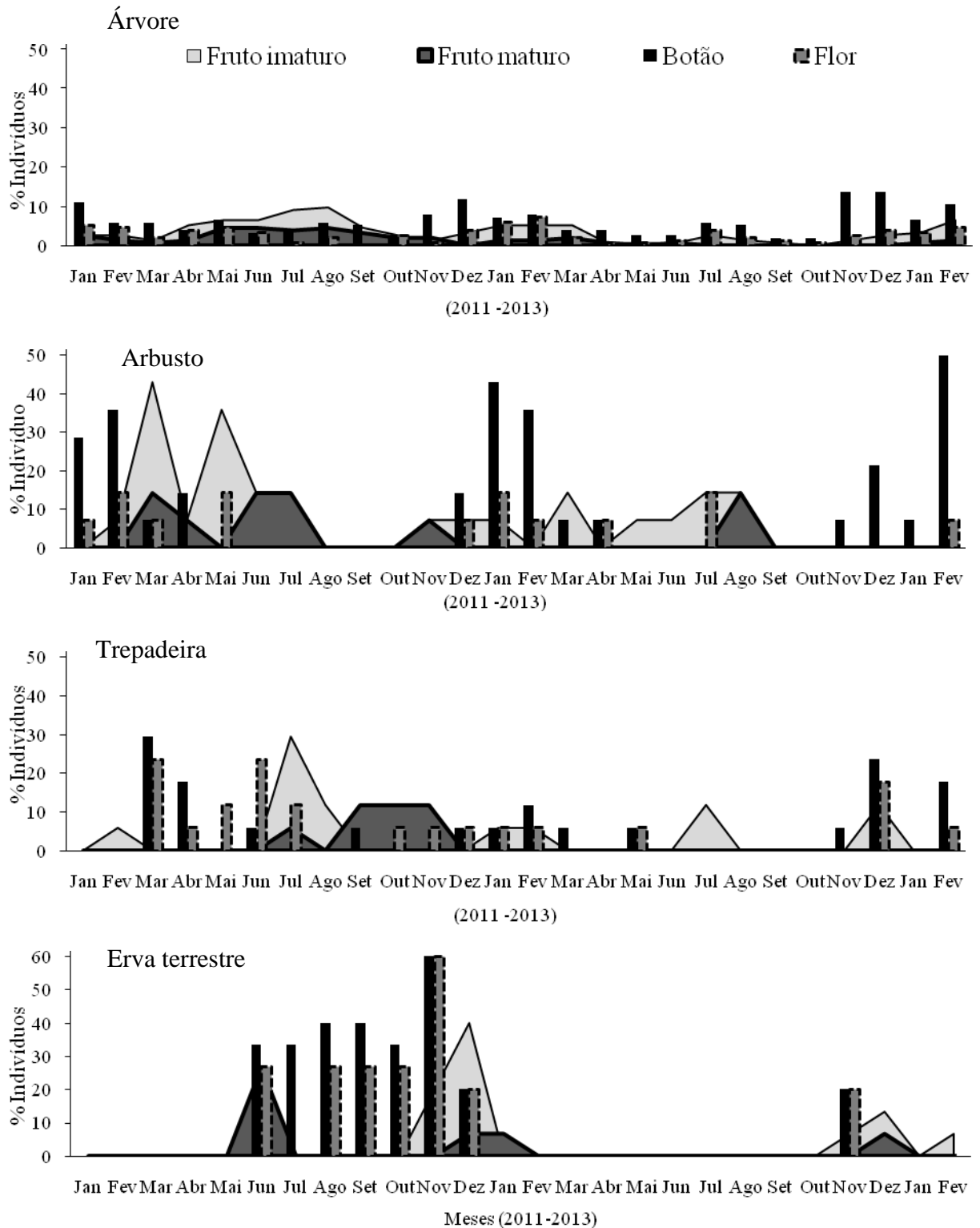


Figura 4: Fenologia reprodutiva no interior da floresta estacional submontana, Chapa Diamantina, Bahia – Brasil. Proporção de indivíduos para árvore, arbusto, trepadeira, erva terrestre.

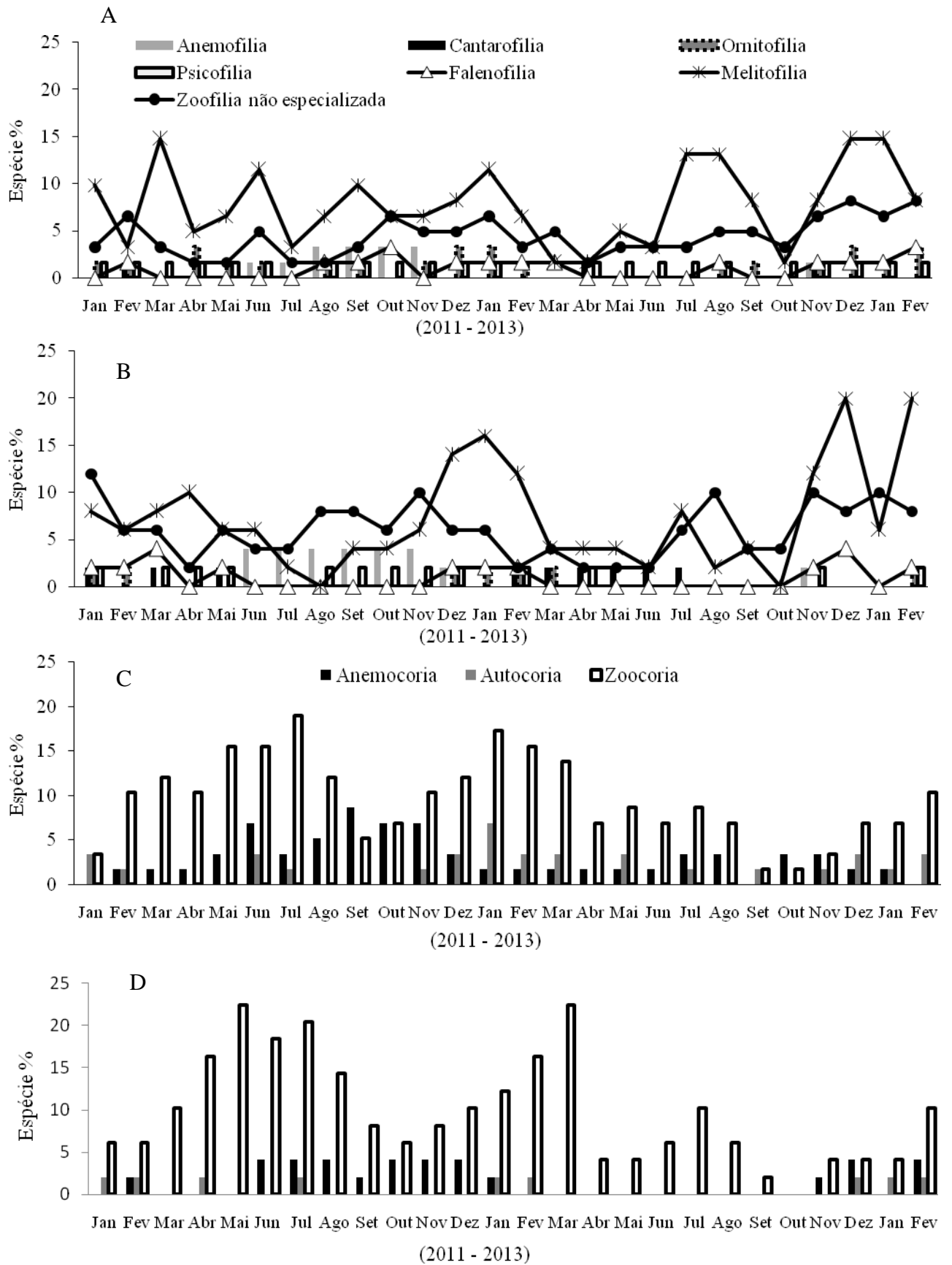


Figura 5: Síndrome de polinização e dispersão registradas na borda (A e C) e no interior (B e D) da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil.

Discussão

Em florestas sujeitas a um clima sazonal espera-se que as fenofases ocorram em períodos curtos e bem definidos, com maior sincronia entre as espécies (Morellato *et al.* 2000). A floresta estudada está localizada em uma região com regime hídrico histórico tipicamente sazonal com invernos secos e verões chuvosos, Entretanto, esta sazonalidade não provocou um comportamento sazonal na vegetação, o padrão contínuo foi similar entre os ambientes de borda e interior da floresta.

As análises de regressão apontaram que não apenas a precipitação, mas a umidade relativa do ar, o comprimento do dia e a insolação diária exercem influência na expressão fenológica da vegetação. Estas variáveis ambientais apresentam pequena amplitude de variação sazonal, refletindo no comportamento contínuo da comunidade, principalmente porque o expressivo componente arbóreo é pouco afetado em relação à borda e interior.

Outro aspecto é que a maioria das espécies são melitófilas não especializadas, espécies que apresentam alta frequência relativa na área (Couto, dados não publicados – Capítulo 1), o que leva a investir em floração com pouca intensidade e de forma contínua, visto que a distribuição espacial das árvores em uma floresta tropical tem relação direta com a interação planta – polinizador (Yamamoto *et al.* 2007).

Muitos estudos apontam que as diversas modificações advindas da fragmentação podem influenciar nos padrões de polinização e dispersão, promovendo mudanças nas características reprodutivas das espécies (Galetti *et al.* 2003; Cara 2006; Ishino *et al.* 2012). Desta forma esperava-se que os efeitos de borda afetassem a fenodinâmica das plantas, causando alterações nos padrões de atividade e intensidade reprodutiva na comunidade e que a distribuição das síndromes de polinização e dispersão fossem diferentes entre o interior e a borda. Foram encontradas algumas diferenças estatísticas na distribuição das síndromes, mas em geral os padrões de floração e frutificação e as características predominantes só divergem quando avaliados por forma de vida.

Estratégias fenológicas distintas são observadas entre as formas de vida (Ramírez 2002; Marques *et al.* 2004), diferença também observada ao comparar as formas de vida em relação a distribuição espacial dos indivíduos na vegetação (borda x interior). Verificou-se que, em relação à proporção de espécies por fenofase (botão, flor, fruto imaturo e maturo), arbustos, árvores, ervas e trepadeiras são significativamente diferentes entre borda e interior, não sendo possível comparar epífitas por não ocorrerem no interior. Excetuando o componente arbóreo que apresentou padrão similar

para floração e frutificação entre borda e interior, as demais formas de vida apresentaram padrões distintos com expressiva sazonalidade, uma das sugestões argumentadas por Murcia (1995) para explicar essa semelhança no componente arbóreo, é que as espécies estejam fisiologicamente de forma similar na borda e no interior resultando na fenodinâmica similar.

Como no segundo ano de observação houve um período de estiagem prolongada e a floração arbustiva na borda tem relação com a precipitação e a frutificação com umidade, acredita-se que a borda foi mais suscetível as variações climáticas expressando o comportamento fenológico distinto entre os arbustos na borda e interior. Nosso estudo corrobora com Iversen *et al.* (2009), ao verificar que a mesmas espécies arbustivas apresentaram padrões fenológicos diferentes quando em ambientes distintos, ou seja, alterações ambientais propiciarão o desenvolvimento de diferentes habilidades, sendo o efeito de borda um fator preponderante para o comportamento fenológico na comunidade arbustiva.

Ao analisar as trepadeiras o padrão observado na borda é divergente dos diversos estudos que investigaram trepadeiras herbáceas ou lenhosas em florestas. Geralmente observa-se pico de floração na transição da estação seca para a úmida e picos de frutificação no final da estação seca (Gentry 1991; Morellato e Leitão-Filho 1996; Mikich & Silva 2001). No entanto, Gentry (1974) verificou que a variação no período de floração reduz a competição pela disponibilização de recursos aos polinizadores, podendo enquadrar neste aspecto o padrão adotado pelas espécies presentes na borda da floresta estudada.

Ao avaliar a comunidade, a predominância da entomofilia era esperada, as abelhas constituem importantes agentes polinizadores tanto na borda quanto no interior das florestas (Yamamoto *et al.* 2007). De acordo com Bawa (1990), em florestas neotropicais as abelhas são o grupo de polinizadores mais importantes e em geral, diversos estudos em florestas tropicais têm encontrado o predomínio de melitofilia, ressaltando sua importância para as comunidades (Frankie 1974; Arroyo *et al.* 1982; Ramirez 1988; van Dulmen 2001).

As abelhas são agentes polinizadores sensíveis ao efeito de fragmentação e sua consequente perda de habitat, o que implica no fracasso da polinização das espécies arbóreas dependentes destes vetores de pólen para a sua reprodução (Cara 2006). Portanto, a predominância de espécies melitófilas observadas no presente estudo reforça a importância da conservação dos remanescentes florestais.

Ao comparar áreas de borda e interior da vegetação quanto à dispersão, estudos indicam que espécies anemocóricas e autocóricas têm sido encontradas em maior proporção em áreas de vegetação mais aberta e nas margens das matas, associadas à presença de frutos secos deiscentes com sementes aladas e aerodinâmicas ou com os próprios frutos indeiscentes e aerodinâmicos (Drezner *et al.* 2001; Yamamoto *et al.* 2007; Jara-Guerrero *et al.* 2011). No presente estudo, borda e interior apresentaram proporção semelhante no número de espécies por síndrome de dispersão e no padrão de frutificação com predominâncias de espécies zoocóricas, diferença significativa foi observada na ocorrência de anemocoria ao longo dos meses com maior frequência na borda.

A semelhança na distribuição das síndromes de dispersão entre borda e interior pode variar quando analisadas distintamente entre os estratos, já que padrões fenológicos são distintos entre eles. Em geral a predominância de espécies zoocóricas em detrimento das demais síndromes é um padrão observado em florestas tropicais com baixa sazonalidade climática, enquanto o predomínio de anemocoria é observado em florestas de clima seco (Reznik *et al.* 2012).

Reznik *et al.* (2012) levantaram a hipótese que em bordas há predominância de espécies pioneiras não tolerantes a sombra e redução na abundância de árvores emergentes, de grandes sementes e tolerantes a sombra, acarretando que as diferenças entre borda e interior não se deem no aumento de anemocoria nas bordas, mas de espécies com frutos zoocóricos pequenos, associados a dispersão por aves pequenas, em detrimento de frutos associados a mamíferos ou aves com abertura bucal grande.

Tal diferença não foi constatada no presente estudo, assim acredita-se que os efeitos de bordas lineares seriam menores que os efeitos observados em áreas com maior distância entre os fragmentos florestais como observado por Laurance *et al.* (2006). Estudos desenvolvidos com populações apontam que as espécies respondem de forma distinta ao ambiente em que vivem, havendo espécies que não apresentam variação na sua fenologia quando expostas a bordas lineares (Cunningham 2000; Athayde & Morellato 2014; Pires *et al.* 2014). No presente estudo, nas espécies arbóreas a fenologia reprodutiva e as síndromes de polinização e dispersão não foram suscetíveis ao efeito de borda linear, mas o mesmo não se observou em arbustos, ervas e trepadeiras. Desta forma o estudo revela que apesar do componente arbóreo não sofrer alterações significativas, as demais formas de vida têm sua fenodinâmica afetada pelo processo de fragmentação florestal devido à implementação de bordas lineares.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) o apoio financeiro para realização do projeto, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a concessão da licença de pesquisa, ao apoio do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana e a Fundação Chapada Diamantina a hospedagem e a ajuda no trabalho de campo durante toda pesquisa.

Referencia Bibliográfica

- APG.2009.The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** 161:105–121.
- Aguilar R. & Galetto L. 2004.Effects of forest fragmentation on male and female reproductive success in *Cestrum parqui* (Solanaceae).**Oecologia**138: 513–20.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. 2014.Köppen’s climate classification map for Brazil.**Meteorologische Zeitschrift** 6(22): 711–728.
- Arroyo, M.T.; Primack, R. & Armest, J. 1982.Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of central Chile. I. Pollination mechanisms and altitudinal variation. **American Journal of Botany** 69: 82-97.
- Athayde, E.A. & Morellato, L.P.C. 2014.Anthropogenic edges, isolation and the flowering time and fruit set of *Anadenanthera peregrina*, a cerrado savanna tree **International Journal of Biometeorology** 58:443–454
- Ayres, M., Ayres, J.R.M., Ayres, D.L., Santos, A.A.S. 2007. **Bioestat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.
- Barroso, G.M.; Morim, M.P.; Peixoto, A.L. & Ichaso, C.L.F. 1999. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV. 443p.
- Bawa K.S. 1990.Plant-pollinator interactions in tropical rain forests.**Annual Review of Ecology and Systematics** 21: 399-422.
- Bencke, C.S.C. e Morellato, L.P.C.2002.Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação.**Revista Brasileira de Botânica**25(3): 269-275.

- Burkey, T.V. 1993. Edge effects in seed and egg predation at two neotropical rainforest sites. **Biological Conservation** 66: 139-143.
- Cara, P.A.A. 2006. **Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na floresta atlântica ao norte do Rio São Francisco**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Cerqueira, C.O. 2009. **Fenologia, caracteres morfológicos foliares e dispersão em uma floresta montana, Serra da Bacia, Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.
- Couto, A.P.L. 2008. **Composição florística e estrutura de uma floresta estacional submontana, Parque Nacional da Chapada Diamantina, Lençóis, Bahia, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, Bahia.
- Couto, A.P.L., Funch, L.S. & Conceição, A.A. 2011. Composição florística e fisionomia de floresta estacional semidecíduasubmontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia** 61(2): 391-405.
- Cunningham SA. 2000. Effects of Habitat Fragmentation on the Reproductive Ecology of four plant species in Mallec Woodland. **Conservation Biology** 14: 758-768.
- Drezner, T.D.; Fall, P.L. & Stromberg, J.C. 2001. Plant distribution and dispersal mechanisms at the Hassayampa River Preserve, Arizona, USA. **Global Ecology & Biogeography** 10: 205-217.
- Eça-Neves, F.F.E Morellato, L.P.C. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botânica Brasilica** 18(1): 99-108.
- Faegri K & Van der Pijl, L. 1976. **The principles of pollination ecology**. 2.ed. Oxford: Pergamon Press.
- Fournier, L.A. & Charpantier, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba** 25:45-48.
- Frankie, G.W., Baker, H.G. & Opler, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology** 62:881-913.

- Fuchs, E.J.; Lobo, J.A. & Quesada, M. 2003. Effects of Forest Fragmentation and Flowering Phenology on the Reproductive Success and Mating Patterns of the Tropical Dry Forest Tree *Pachira quinata*. **Conservation Biology**. 17(1): 149–157.
- Funch, L.S.; Funch, R.R. & Barroso, G.M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica** 34: 40-50.
- Funch, L.S.; Funch, R.R.; Harley, R.; Giulietti, A.M.; Queiroz, L.P.; França, F.; Melo, E.; Gonçalves, C.N. & Santos, T. 2005. Florestas estacionais semidecíduais. Pp: 181-193. *In*: Juncá, F.A.; Funch, L. & Rocha, W. (ed.). **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Funch, L.S.; Rodal, M.J.N. & Funch, R.R. 2008. Floristic aspects of the forests of the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Pp 193-220. *In*: W. Thomas & E.G. Briton (eds.). **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil**. New York, Springer & NYBG Press
- Galetta, M.; Alves-Costac, C.P. & Cazetta, E. 2003. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. **Biological Conservation** 111: 269–273.
- Girão L.C.; Lopes A.V.; Tabarelli M. & Bruna E.M. 2007. Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. **PLoS ONE** 2(9): e908. 2007 doi:10.1371/journal.pone.0000908
- Gentry, A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica** 6:64-68.
- Gentry, A.H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. *In* F. E. Putz and H. A. Mooney (Eds.). **The biology of vines**, pp. 3-52. Cambridge Univ. Press, Cambridge. England.
- Gonçalves, C.S. 2013. **Traços florais e filogenia em espécies lenhosas do cerrado** Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.
- IBGE. 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª edição. Rio de Janeiro.
- Ishino, M.N.; DeSibio, P.R. & Rossi, M.N. 2012. Edge effect and phenology in *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae), a typical plant of the Brazilian Cerrado **Brazilian Journal Biology** 72: 587-594.

- Iversen, M.; Brathen, K.A.; Yoccoz, N.G. & Ims, R.A. 2009. Predictors of plant phenology in a diverse high-latitude alpine landscape: growth forms and topography. **Journal of Vegetation Science** 20: 903–915.
- Jara-Guerrero, A.; De La Cruz, M.; & Mendez, M. 2011. Seed dispersal spectrum of woody species in south Ecuadorian dry forests: environmental correlates and the effect of considering species abundance. **Biotropica** 43: 722-730.
- Kovach W. Oriana v. 4. 02. Published by Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K. 2011.
- Laurance, W.F.; Ferreira, L.V.; Merona, J.M.R. e Laurance, S.G. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of amazonian tree communities. **Ecology**, 79(6), pp. 2032–2040.
- Laurance, W.F.; Rankin-DE-Merona, J.M.; Andrade, A.; Laurance, S.G.; D'Angelo S.; Lovejoy T.E. & Vasconcelos, H.L. 2003. Rain-forest fragmentation and the phenology of Amazonian tree communities. **Journal of Tropical Ecology** 19: 343-347.
- Laurance W.F.; Nascimento H.E.M.; Laurance S.G.; Andrade A.; Fearnside P.M.; Ribeiro J.E.L.; Chave J. & Muller-Landau, H. 2006. Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology** 87: 469-482.
- Laurance, W.F.; Goosem, M.E Laurance, S.G.W. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution** 24(12): 659-669
- Lenza, E. & Oliveira, P.E. 2005. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28(1): 179-190.
- Lieth, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. Phenology and seasonality modeling. Pp. 3-19. H. Lieth (ed.). **Ecological Studies** 8. Springer-Verlag, Berlin.
- Marques, M.C.M.; Roper, J.J.E.; Salvalaggio, A.P.B. 2004. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology** 173: 203–213.
- Mikich, S.B. & Silva, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**. 15(1): 89-113.
- Morellato, P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1996. Reproductive Phenology of Climbers in a Southeastern Brazilian Forest. **Biotropica** 28(2): 180-191.

- Morellato P.C.; Talora D.C.; Takahashi A.; Bencke C.C.; Romera E.C. & Zipparro V. B. 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica** 32: 811–823.
- Morellato, L.P.C.; Alberti, L.F. & Hudson, I.L. 2010. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. Pp. 357-371. In: Keatley, M. & Hudson, I.L. (eds.) **Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis**. New York, Springer.
- Mori, S.A.; Silva, L.A.M.; Lisboa, G. & Coradin, L. 1989. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. CEPEC/CEPLAC, Ilhéus.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** 10: 58-62.
- Neves, F.F.E. & Morellato, L.P.C. 2004. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botanica Brasilica**. 18(1): 99-108.
- Newstrom, L.E.; Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** 26: 141-159.
- Olander, L.P.; Scatena, F.N; Silver, W.L. 1998. Impacts of disturbance initiated by road construction in a subtropical cloud forest in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, **Forrest Ecology Management**. 109: 33–49.
- Oliveira, P.E, & Gibbs, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plantas in a cerrado community of Central Brazil. **Flora** 195:311–329.
- Pedroni, F.; Sanchez, M. & Santos, F.A.M. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera angsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 25(2): 183-194.
- Pires, J.P.A.; Silva, A.G. & Freitas, L. 2014. Plant size, flowering synchrony and edge effects: What, how and where they affect the reproductive success of a Neotropical tree species. **Austral Ecology** 39: 328–336.
- Ramirez, N. 1988. Biología de polinización en una comunidad arbustiva tropical de la Alta Guayana Venezolana. **Biotropica** 21: 319-330.
- Ramirez, N. 2002. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the Venezuelan central plain. **American Journal of Botany** 89(5): 836–842.

- Reznik, G.; Pires, J.P.A. & Freitas, L. 2012. Efeito de bordas lineares na fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em um remanescente de Mata Atlântica. **Acta Botanica Brasilica** 26(1): 65-73.
- Rubim, P.; Nascimento, H.E.M. & Morellato, L.P.C. 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 24(3): 756-764.
- SINGER R.B. 2004. **Orquídeas brasileiras e abelhas**. Texto e fotos. www.webbee.org.br. Acessado em 06/08/2014.
- Van Der Pijl, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd edition. Springer-Verlag, Berlin. 215 p.
- Van Dulmen, A. Pollination and phenology of flowers in the canopy of two contrasting rain forest types in Amazonia, Colombia. **Plant Ecology** 153: 73–85, 2001.
- Williams-Linera, G. & Meave J. 2002. Pp: 407-431. Patrones fenológicos. In: Guariguata, M.R. & Kattan, G.H. (eds.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Libro Universitario Regional, Costa Rica.
- Yamamoto, L.F.; Kinoshita, L.S. & Martins, F.R. 2007. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 21(3): 553-573.
- Zar J.H. 1996. **Biostatistical Analysis**. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall.

Apêndice 1: Famílias e espécies acompanhadas no estudo fenológico na borda e no interior da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil em ordem alfabética por família com seus respectivos hábito, síndrome de polinização e dispersão, ambiente em que ocorrem e *vouche* testemunho. Arv. = árvore; Arb. = arbusto; Trep. = trepadeira; Erv. = erva terrestre; Epi. = epífita; Ane. = Anemofilia; Cant. = cantarofilia; Fale. = Falenofilia; Mel. = Melitofilia; Orn.= Ornitofilia; Psic. = Psicofilia; Zoo. nesp.= Zoofilia não especializada; DA= Dados ausentes; Anemo. = Anemocoria; Auto. = Autocoria; Zooc. = Zoocoria; B = borda; I = interior; HUEFS = Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana.

| Família/Espécie | Hábito | Polinização | Dispersão | Ambiente | HUEFS |
|---|--------|-------------|-----------|----------|--------|
| ACANTHACEAE | | | | | |
| <i>Ruellia affinis</i> (Nees) Lindau | Trep. | Orn. | Auto. | B | 120568 |
| ANACARDIACEAE | | | | | |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | 120582 |
| <i>Tapirira</i> sp. | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B | |
| ANNONACEAE | | | | | |
| <i>Guatteria oligocarpa</i> Mart. | Arv. | Cant. | Zooc. | B/I | 120563 |
| APOCYNACEAE | | | | | |
| <i>Aspidosperma discolor</i> A. DC. | Arv. | Fale. | Anemo. | B/I | |
| <i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson | Arv. | Fale. | Anemo. | B/I | 120542 |
| <i>Temnadenia violacea</i> (Vell.) Miers | Trep. | Mel. | Anemo. | I | 120590 |
| Apocynaceae indeterminada | Trep. | DA | Anemo. | I | 186306 |
| BIGNONIACEAE | | | | | |
| Bignoniaceae indeterminada 1 | Trep. | Mel. | Anemo. | B/I | 186312 |
| BROMELIACEAE | | | | | |
| <i>Tillandsia usneoides</i> L. | Epi. | Orn. | Anemo. | B | |
| BURSERACEAE | | | | | |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March. | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 120540 |
| CHRYSOBALANACEAE | | | | | |
| <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng. | Arv. | Psic. | Zooc. | B/I | 120549 |
| CYPERACEAE | | | | | |
| <i>Cyperus</i> sp. | Erv. | Ane. | Anemo. | B/I | 186305 |
| <i>Rhynchospora</i> sp. | Erv. | Ane. | Anemo. | B/I | 120532 |
| DILLENACEAE | | | | | |
| <i>Davilla rugosa</i> Poir. | Trep. | Mel. | Auto. | B/I | 120537 |
| EUPHORBIACEAE | | | | | |
| <i>Aparistimum cordatum</i> (A. Juss.)Baill | Arv. | Mel. | Auto. | B/I | |
| <i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 186328 |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | Arv. | Zoo. nesp. | Auto. | B | 120551 |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers. ex Benth | Arv. | Zoo. nesp. | Auto. | B/I | 120556 |
| FABACEAE | | | | | |
| <i>Andira fraxinifolia</i> Benth. | Arv. | Mel. | Zooc. | B | |
| <i>Bauhinia funchiana</i> A.Vaz | Arb. | Fale. | Auto. | B/I | |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 120575 |

Apendice 1: continuação

| Família/Espécie | Hábito | Polinização | Dispersão | Ambiente | HUEFS |
|---|--------|-------------|-----------|----------|--------|
| FABACEAE | | | | | |
| <i>Hymenolobium janeirense</i> var. <i>stipulatum</i> (N. Mattos) Lima | Arv. | Mel. | Anemo. | B/I | |
| <i>Inga</i> sp. | Arb. | Fale. | Zooc. | B/I | |
| Leguminosae indeterminada 1 | Trep. | Psic. | Auto. | B/I | 186315 |
| LAURACEAE | | | | | |
| <i>Nectandra membranaceae</i> (Sw.) Griseb. | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | |
| <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | |
| <i>Ocotea dyospirifolia</i> (Meisn.) Mez | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B | |
| <i>Ocotea glomerata</i> (Ness.) Mez | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | 120580 |
| <i>Ocotea nitida</i> (Meisn.) Rohwer | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | 96130 |
| <i>Ocotea</i> sp.2 | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | |
| LECYTHIDACEAE | | | | | |
| <i>Eschweilera tetrapetala</i> Mori | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 110082 |
| MALPIGHIACEAE | | | | | |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth | Arv. | Mel. | Zooc. | I | 124625 |
| <i>Byrsonima sericea</i> DC. | Arv. | Mel. | Zooc. | I | 120554 |
| Malpighiaceae indeterminada 1 | Trep. | Mel. | Zooc. | B | |
| MARANTHACEAE | | | | | |
| <i>Monotagma plurispicatum</i> (Koern.) Schum | Erv. | Ane. | Anemo. | B/I | 120546 |
| MELASTOMATACEAE | | | | | |
| <i>Clidemia hirta</i> (L.) D. | Arb. | Mel. | Zooc. | I | |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana | Arb. | Mel. | Zooc. | B | 186325 |
| <i>Miconia holosericea</i> (L.) DC. | Arv. | Mel. | Zooc. | B | 120559 |
| <i>Miconia rimalis</i> Naudin. | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 120581 |
| MYRTACEAE | | | | | |
| <i>Calyptanthus lucida</i> DC. | Arv. | Mel. | Zooc. | B | |
| <i>Egenia laxa</i> DC. | Arv. | Mel. | Zooc. | B | |
| <i>Eugenia</i> sp. | Arv. | Mel. | Zooc. | B | |
| <i>Myrcia detergens</i> Miq. | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 96121 |
| <i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC. | Arv. | Mel. | Zooc. | B | |
| <i>Myrcia obovata</i> (Berg.) Niedz | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 120577 |
| <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) Mc Vaugh | Arv. | Mel. | Zooc. | I | 96112 |
| <i>Psidium brownianum</i> DC. | Arv. | Mel. | Zooc. | I | |
| ORCHIDACEAE | | | | | |
| <i>Campylocentrum micrathum</i> (Lindl.) Rolfe | Epi. | Mel. | Anemo. | B | |
| <i>Notylia</i> sp. | Epi. | Mel. | Anemo. | B | |
| <i>Vanilla</i> sp. | Epi. | Mel. | Anemo. | B | |
| PASSIFLORACEAE | | | | | |
| Passifloraceae indeterminada | Trep. | Mel. | Zooc. | I | 186310 |

Apendice 1: continuação

| Família/Espécie | Hábito | Polinização | Dispersão | Ambiente | HUEFS |
|---|--------|-------------|-----------|----------|--------|
| POACEAE | | | | | |
| <i>Ichinanthus bambusiflorus</i> (Trin.) Döll in Mart | Erv. | Ane. | Anemo. | B/I | 120569 |
| POLYGALACEAE | | | | | |
| <i>Polygala oxyphylla</i> DC | Erv. | Mel. | Zooc. | B | 96114 |
| RUBIACEAE | | | | | |
| <i>Malanea</i> sp. | Trep. | Mel. | Zooc. | B/I | 120579 |
| <i>Palicourea marcgravii</i> A. St.-Hil. | Arb. | Orn. | Zooc. | B/I | 120561 |
| <i>Psychotria barbiflora</i> DC. | Arb. | Mel. | Zooc. | B/I | 120530 |
| SALICACEAE | | | | | |
| <i>Casearia arborea</i> (Rich) Urban | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | 120571 |
| <i>Casearia commersoniana</i> Cambess. | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B | 120573 |
| SAPINDACEAE | | | | | |
| <i>Paullinia rhomboidea</i> Radlk | Trep. | Mel. | Zooc. | B/I | 120588 |
| SAPOTACEAE | | | | | |
| <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk. | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | 186332 |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | Arv. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | |
| <i>Micropholis gardneriana</i> (A.DC.) Pierre | Arv. | Mel. | Zooc. | B/I | 120578 |
| SMILACACEAE | | | | | |
| <i>Smilax</i> sp. | Trep. | Zoo. nesp. | Zooc. | B/I | 110078 |
| INDETERMINADA 1 | | | | | |
| Indeterminada 1 | Trep. | Mel. | Anemo. | B/I | 186309 |
| INDETERMINADA 2 | | | | | |
| Indeterminada 2 | Erv. | Mel. | DA | B | 186303 |
| INDETERMINADA 3 | | | | | |
| Indeterminada 3 | Trep. | Mel. | DA | B/I | 186308 |
| INDETERMINADA 4 | | | | | |
| Indeterminada 4 | Arv. | Mel. | Zooc. | I | |
| INDETERMINADA 5 | | | | | |
| Indeterminada 5 | Trep. | Mel. | Zooc. | B | 186322 |
| INDETERMINADA 6 | | | | | |
| Indeterminada 6 | Trep. | Mel. | DA | B | 186330 |
| INDETERMINADA 7 | | | | | |
| Indeterminada 7 | Trep. | Mel. | DA | I | 186319 |

CAPÍTULO III

FENOLOGIA VEGETATIVA, CARACTERES FOLIARES E DENSIDADE DA MADEIRA DE FLORESTA ESTACIONAL SUBMONTANA

Resumo

(Fenologia vegetativa, caracteres foliares e densidade da madeira de floresta estacional submontana) A fenologia é uma ferramenta importante para a compreensão da complexidade dos ecossistemas florestais. Seu registro sistemático fornece conhecimento sobre a dinâmica das comunidades e o seu desenvolvimento vegetativo permitindo a classificação da vegetação de acordo com a fenologia foliar. Assim, buscou-se desenvolver estudos fenológicos vegetativos de espécies arbóreas em um trecho de floresta estacional submontana na Chapada Diamantina, Bahia ($12^{\circ}28'31''\text{S}$ e $41^{\circ}23'14''\text{W}$), Brasil, e sua relação com a sazonalidade ambiental, densidade básica da madeira e caracteres estruturais das folhas. As observações fenológicas foram realizadas mensalmente durante 26 meses em 350 indivíduos arbóreos (39 espécies), sendo acompanhado brotamento e queda foliar. Mensurações de atributos foliares (espessura, massa seca de folha por unidade de área, suculência, densidade, razão de área foliar e fração de massa foliar), densidade e água de saturação da madeira foram realizadas nas estações seca e chuvosa (setembro/2012 e janeiro/2013) em 20 espécies. Foram feitas regressões entre as fenofases e as variáveis ambientais (precipitação, temperatura, umidade relativa, fotoperíodo e insolação), estatística circular e comparações dos atributos foliares e densidade de madeira entre a estação seca e chuvosa através do teste G e ANOVA. A ordenação das espécies em relação aos atributos foliares e de madeira foi avaliada pela Análise do Componente Principal (ACP). A vegetação foi perenifólia, com brotamento e queda foliar contínuos, com baixa intensidade e baixa sincronia, com pequena variação anual na fisionomia da vegetação, sendo os tipos perenifólios e perenifólios episódicos predominantes tanto em número de espécies quanto na sua abundância na vegetação. O brotamento foliar relaciona-se com precipitação e insolação e a queda com precipitação e umidade. Variação significativa entre as estações seca e chuvosa foram observadas na proporção de água de saturação da madeira, razão de área foliar e suculência da folha. ACP revelou maior variância para densidade da madeira (88,7%) e água de saturação (11,3%), agrupando a maioria das espécies com padrão fenológico perenifólios e perenifólios episódicos. Desta forma, o presente estudo constatou que os atributos foliares não apresentaram relevância em relação aos padrões fenológicos, não sendo bons descritores para a floresta estacional sempre verde e corrobora com a classificação das florestas brasileiras, ao verificar a ocorrência de florestas estacional sempre verde no Bioma Caatinga.

Palavras-chave: Fenologia foliar, floresta tropical sempre verde, sazonalidade climática

Abstract

(Vegetative phenology, leaf characters and wood density of submontane seasonal forest) Phenology is an important tool for understanding the complexity of forest ecosystems. Its systematic record provides knowledge on the dynamics of communities and their vegetative growth allowing classification of vegetation according to leaf phenology. Thus, we sought to develop vegetative phenological studies of tree species in a stretch of submontane seasonal forest in the Chapada Diamantina, Bahia (12°28'31 "S and 41°23'14"W), Brazil, and its relationship with environmental seasonality, Basic wood density and structural characters of the leaves. The phenological observations were made monthly for 26 months in 350 individual trees (39 species), accompanied budding and leaf fall. Measurements of leaf traits (thickness, dry dough sheet per unit area, juiciness, density, leaf area ratio and leaf mass fraction), density and wood water saturation were carried out in the dry and wet seasons (September / 2012 and January / 2013) in 20 species. Regressions were made between phenophases and environmental variables (precipitation, temperature, relative humidity, photoperiod and heat stroke), circular statistics and comparisons of leaf traits and wood density between the dry and rainy season through the G test and ANOVA. The species ordination in relation to leaf and wood attributes was evaluated by Principal Component Analysis (PCA). The vegetation was evergreen, with continuous budding and leaf fall, with low intensity and low sync with small annual variation in the physiognomy of the vegetation, and the perenifólios and perenifólios types episodic predominant both in number of species and in their abundance in the vegetation. The leaf bud is related to rainfall and sunshine and fall with precipitation and humidity. Significant variation between the dry and wet seasons were observed in the wood of water saturation ratio, leaf area ratio and leaf succulence. ACP showed greater variance for wood density (88.7%) and water saturation (11.3%), gathering most species with standard perenifólios phenological and episodic perenifólios. Thus, the present study found that the leaf traits showed no relevance to phenology, not being good descriptors for the seasonal evergreen forest and confirms the classification of Brazilian forests, to verify the occurrence of seasonal evergreen forests Biome Caatinga.

Keywords: Leaf phenology, tropical evergreen forest, seasonality

Introdução

Os trópicos abrigam 40% da formação vegetal que recobre o planeta, onde reside a maior diversidade de formações vegetais, com incomparável riqueza de sua biodiversidade (Cochrane 2011). Ao longo de décadas diversos sistemas de classificação foram propostos para melhor compreensão da vegetação (Ellenberg e Mueller-Dombois 1967; Velloso *et al.* 1991; Velloso 1992; Rizzini 1997; Oliveira-Filho 2009). Dentre as muitas formas de classificar a vegetação, o Sistema Fisionômico-Ecológico é amplamente utilizado, tendo como base as características geográficas, ecológicas e biogeográficas da vegetação. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publicou em 2012 o “Manual Técnico da Vegetação Brasileira”, versão ampliada e revisada da publicação de Velloso (1992) que busca atualizar as classificações com base em pesquisas científicas.

Um grande desafio para as pesquisas é o constante desmatamento sofrido pelos ecossistemas florestais que acarreta a fragmentação e tem provocado mudanças substanciais nos habitats, principalmente pela influência do meio não florestado adjacente a floresta e ao efeito de borda (Ishino *et al.* 2012).

Na busca de compreender e avaliar a biodiversidade e colaborar para evitar a destruição dos ecossistemas, os estudos ecológicos incluem investigações sobre a estrutura, diversidade e comportamento como a fenologia, ferramenta importante para a compreensão da complexidade dos ecossistemas florestais. Seu registro sistemático gera conhecimentos sobre a dinâmica das comunidades, fornecendo informações sobre o desenvolvimento vegetativo, permitindo a caracterização da fisionomia da vegetação (Morellato *et al.* 2000; White *et al.* 2003; Funch *et al.* 2008). Estudos que em comparação a fenologia reprodutiva são insipientes quando se trata de comunidades florestais.

Nas florestas tropicais os eventos fenológicos apresentam relações distintas com as variáveis ambientais, sendo pouco sensíveis a temperatura e mais susceptíveis a variação sazonal da precipitação (Chapman *et al.* 2005; Cleland *et al.* 2007). Desta forma, a variação na disponibilidade de água ao longo do ano que determina a existência de estações secas e chuvosas, tem sido considerada importante em estudos realizados nas regiões tropicais e subtropicais (Borchert 1994; Borchert 1998).

A compreensão da relação da fenodinâmica das plantas com a água pode ser auxiliada pela investigação dos atributos morfológicos foliares e da densidade da madeira, pois o período de crescimento e produção de folhas ocorre justamente nas

épocas em que há maior disponibilidade de água e de luminosidade para as plantas (Frankie *et al.*, 1974; Rosado 2006; Anderson *et al.* 2005).

As características morfológicas das folhas têm sido apontadas como importantes atributos a serem considerados na regulação do balanço hídrico (Abrams *et al.* 1994), podendo a espessura, suculência, massa de folha por unidade de área e densidade, estar relacionados com o padrão fenológico das espécies (Cerqueira 2009; Lima *et al.* 2012), bem como a densidade da madeira por estar diretamente relacionada com a capacidade de armazenar água e a sensibilidade ao estresse hídrico (Lima & Rodal 2010).

Na borda oriental da Chapada Diamantina, Bahia no Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) as florestas estão expostas a sazonalidade climática sendo classificadas segundo IBGE (2012) como florestas tropicais estacionais montanas ou submontanas semidecíduas. No entanto, estudos fenológicos que confirmem a classificação do padrão foliar dessas florestas ainda são insipiente (Funch *et al.* 2002; Cerqueira 2009) bem como estudos que investiguem atributos foliares e da madeira para melhor compreender esse comportamento.

Desta forma, o presente estudo buscou desenvolver estudos fenológicos vegetativos em espécies arbóreas em um trecho de floresta estacional submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, buscando responder as seguintes questões: (i) O comportamento fenológico foliar do componente arbóreo será convergente entre os ambientes borda e interior da floresta tal como foi encontrado para a fenologia reprodutiva? (ii) Como pode ser classificada a floresta estudada quanto à fenologia foliar? (iii) A sazonalidade ambiental influencia nos padrões foliares? (iv) Existe relação entre a densidade da madeira e os caracteres estruturais das folhas com os padrões fenológicos das principais espécies arbóreas da floresta? ?

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em um trecho de floresta, localizada no município de Lençóis, 12°28'31''S e 41°23'14''W, no Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, ocorrendo em relevo suave ondulado, em altitudes entre cerca de 400 a 600m, sobre latossolo vermelho-amarelo de textura argilosa e com pouca matéria orgânica (Funch *et al.* 2005).

O clima da região é do tipo Aw (Alvares *et al.* 2014), com máximo de chuvas no verão (novembro a janeiro) e um máximo secundário em março-abril, com verão

chuvoso e inverno seco. A pluviosidade varia entre 35 mm (julho a agosto) a 184 mm (dezembro), com precipitação média excedendo 100 mm durante a estação chuvosa. No período de estudo, as médias de precipitação foram discrepantes das médias históricas, com uma estação seca bastante prolongada na região (Fig. 1).

As temperaturas médias mensais oscilam durante o ano, variando em torno de 18°C durante o inverno (abril-setembro) e excedendo 22°C nos meses mais quentes (outubro-fevereiro). Essas condições possibilitam classificar a vegetação estudada como Floresta Estacional Submontana (FES, segundo IBGE 2012). Os dados climatológicos foram obtidos na Estação Climatológica de Lençóis - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados de fotoperíodo foram obtidos do *Astronomical Applications Department of the U.S. Naval Observatory* (http://aa.usno.navy.mil/data/docs/RS_OneYear.php) (Fig. 1).

A área é margeada por dois corredores perpendiculares desmatados para a passagem da rede de transmissão elétrica de alta tensão (aproximadamente 10m de largura), implantado na década de 1960 e a rodovia BR 242, criada no mesmo período. A vegetação caracteriza-se pela presença de árvores emergentes com até 26m de altura, como das espécies *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Maprounea guianensis* Aubl., *Hirtella glandulosa* Spreng. e *Aspidosperma discolor* A. DC., estratificação pouco nítida, sub-bosque bem iluminado formado predominantemente por indivíduos jovens das espécies dos estratos superiores e espécies de Rubiaceae, Melastomataceae e Poaceae. As trepadeiras são abundantes, sendo raras espécies epífitas e hemiparasitas (Couto *et al.* 2011).

Estudos fenológicos

Indivíduos arbóreos foram marcados para o acompanhamento fenológico com base no levantamento florístico e fitossociológico realizado na área (Couto 2008), ao longo de 30 parcelas aleatórias (10x10m), 15 parcelas localizadas na borda da floresta (0 - 100m) e 15 no seu interior (>150m) em relação à rede elétrica de alta tensão. Foram preferencialmente marcados 5-10 indivíduos por espécie, de acordo com as famílias e espécies que apresentaram maior valor de importância e abundância no número de indivíduos para a comunidade florestal.

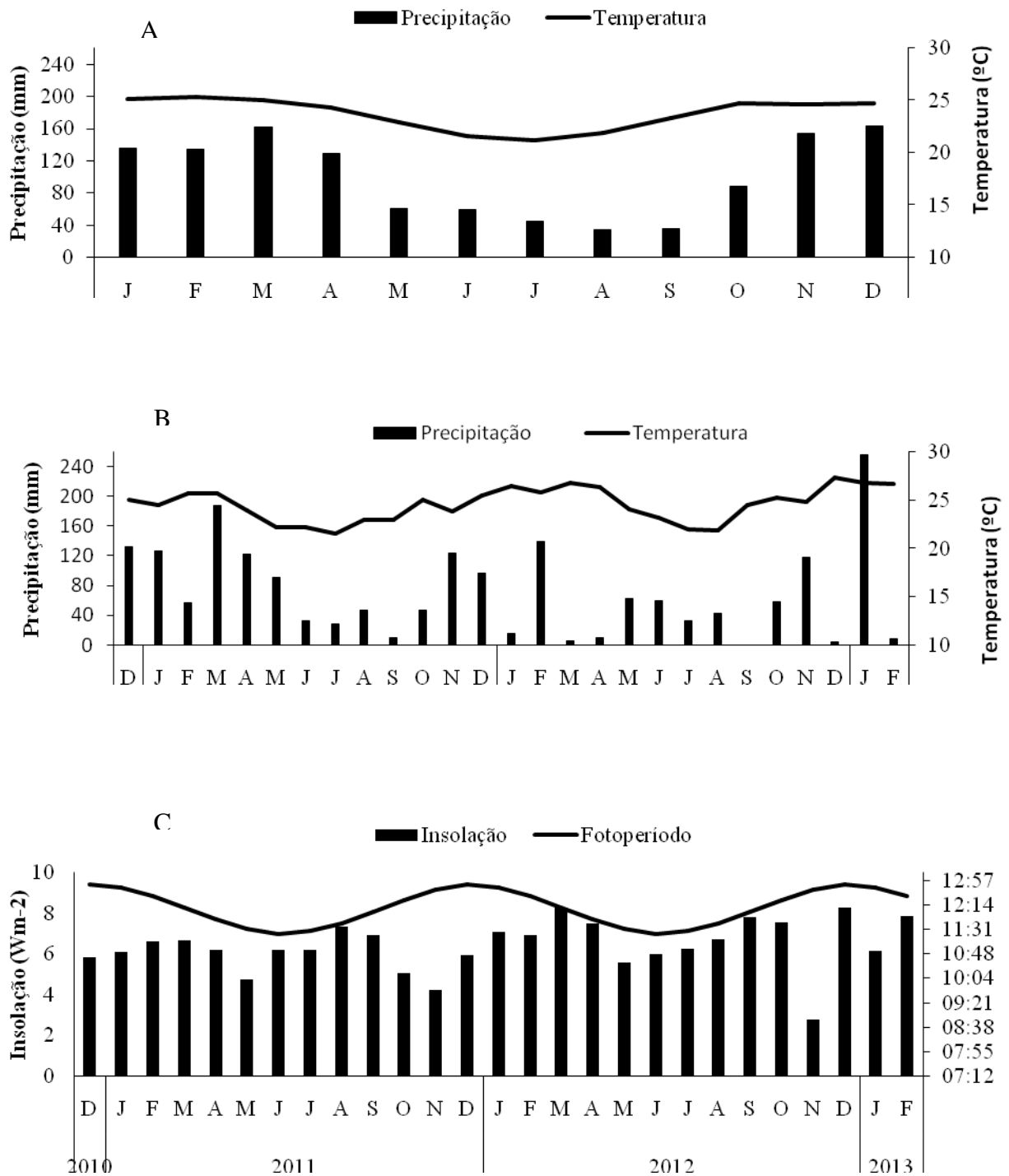


Figura1: Dados de precipitação pluviométrica, temperatura, umidade, insolação e fotoperíodo para a região de Lençóis, Bahia, Brasil. A - Médias históricas de precipitação e temperatura referentes ao período de 1962-2012. B - Precipitação mensal total, e temperatura média mensal. C - Médias mensais de Insolação e Fotoperíodo (2010-2013).

Os táxons estudados, quando em fase reprodutiva, foram coletados e herborizados seguindo a metodologia de Mori *et al.* (1989) e depositados no herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana (HUEFS). A identificação do material botânico foi realizada com a utilização de coleções botânicas do HUEFS e também por consultas a especialistas e literatura especializada. A classificação taxonômica baseou-se no sistema APGIII (2009). Foram acompanhados 350 indivíduos (39 espécies - Apêndice 1), representando 44% da composição florística da área (Couto *et al.* 2011). Utilizando-se os critérios adotados por Frankie *et al.* (1974) e Fournier & Charpentier (1975), foram realizadas observações mensais durante um período de vinte e seis meses com auxílio de binóculo, registrando-se a intensidade do brotamento e queda foliar seguido a metodologia de Fournier (1974). Os indivíduos acompanhados, distribuídos na borda e no interior da floresta, foram analisados previamente para verificar se o padrão fenológico foliar era convergente entre as áreas. Ao verificar que não houve variação se prosseguiu com os estudos para a comunidade arbórea sem distinção entre borda e interior.

Analisou-se a frequência, regularidade e duração dos eventos fenológicos (Newstrom *et al.* 1994), a sincronia, aplicando o método de índice de atividade (Bencke & Morellato 2002) e os padrões foliares de queda e brotamento adaptados de Frankie *et al.* (1974): perenifólias – com produção e perda contínua de pequenas quantidades de folhas, sem nenhuma concentração destas atividades; perenifólias episódicas – com produção e perda descontínua (episódicas) de folhas, com tendência a concentração em determinadas épocas do ano; decíduas e semidecíduas – com produção e perdas foliares marcadas em determinadas épocas do ano, com intensidade da queda foliar maior que 80% nas espécies decíduas e entre 50 e 80% nas semidecíduas.

Caracteres morfológicos

Dentre as espécies acompanhadas foram selecionadas as das famílias mais importantes em riqueza específica e valor de importância para a comunidade e algumas espécies adicionais pela sua importância florística (Couto 2008) totalizando 20 espécies para a verificação dos caracteres morfofuncionais: atributos foliares; razão de área foliar; fração de massa foliar e densidade da madeira. As coletas foram realizadas nos mesmos indivíduos nos meses de setembro/2012 (estação seca) e janeiro/2013 (estação chuvosa).

1. Atributos foliares

Para cada espécie selecionada foram coletadas 10 folhas maduras, totalmente expandidas, sem sinais de injúria, herbivoria ou senescência, estando estas localizadas sempre no subdossel da mata (área de sombra) de 5 indivíduos, totalizando 50 amostras de disco por espécie (N=50). Os atributos foliares: espessura (ESP), massa seca de folha por unidade de área (MFA), suculência (SUC) e densidade (DEN) seguiram a metodologia proposta por Rosado & De Mattos (2007).

Com o auxílio de um cortador de metal com área fixa conhecida foi retirado de cada folha um disco foliar. A região da nervura mediana foi evitada para reduzir possíveis variações na amostra. Os discos foram hidratados em água destilada por um período de 24 horas. Após a hidratação foi mensurada a espessura (mm) com um paquímetro digital ($\pm 0,01$ mm), e a massa saturada com uma balança eletrônica de precisão (0,001g). Posteriormente estes discos foram levados a estufa de ventilação forçada à 55 °C até alcançar a massa seca constante, considerando-se duas medidas seguidas com massas iguais – a primeira realizada 72 h após o início da secagem e as seguintes, com intervalos de seis horas. A partir destes valores, serão calculados:

- **SUC** (g.m^{-2}) = $(MS - MSD) / AD$
- **MFA** (g.m^{-2}) = MSD / AD
- **DEN** = MFA / ESP

Onde:

MS = massa saturada

MSD = massa seca dos discos

AD = área dos discos

2. Razão de área foliar (RAF) e fração de massa foliar (FMF)

Em dois indivíduos de cada espécie selecionada foram cortados dois ramos secundários (15cm) e posteriormente separados em caule e folhas. As folhas de cada ramo foram digitalizadas com um scanner de mesa a uma resolução de 300dpi, e a área total das folhas estimada a partir do *software ANATI QUANT* versão 2.0 (Aguilar *et al.* 2007).

Folhas e caules foram colocados em estufa em torno de 55°C até alcançar a massa seca constante, considerando-se duas medidas seguidas com massas iguais – a primeira realizada 72 h após o início da secagem e as seguintes, com intervalos de seis horas. A partir dos valores de massa seca e área a FMF (g.g^{-1}) foi estimada pela

razão massa das folhas/massa total do ramo e a $RAF(\text{cm}^2.\text{g}^{-1})$ pela área total das folhas do ramo/ massa total do mesmo (Rosado 2006).

3. Densidade da madeira

A verificação do grau de densidade da madeira seguiu as análises propostas por Neves *et al.* (2010). De cada espécie selecionada foram escolhidos cinco indivíduos adultos dos quais foram coletados quatro discos amostrais (casca + alburno + cerne) com cerca de 5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, totalizando 20 discos amostrais. Cada disco foi mergulhado em água destilada por 72 horas para saturação, depois teve sua massa saturada ($M_{\text{sat.}}$) pesada.

Após essa etapa, cada peça foi mantida em repouso por 5 minutos para escorrer o excesso de água, em seguida, mergulhada em provetas graduadas de 250 ml para determinação do volume saturado da madeira (VS), pelo deslocamento do líquido provocado pela imersão da peça. Logo depois, cada peça foi seca em estufa de ventilação forçada, até atingir massa seca constante (MS) (Trugilho *et al.* 1990). A densidade básica da madeira (DBM g cm^{-3}) foi calculada considerando a relação MS/Vs (Trugilho *et al.* 1990) e para verificar a capacidade de retenção de água da madeira foi avaliado a de água de saturação ($QA_{\text{sat.}\%}$) considerando $QA_{\text{sat.}\%} = 100 (M_{\text{sat.}} - MS) / MS$ (Borchert 1994). A classificação da densidade da madeira seguiu os parâmetros de Borchert (1994), sendo considerada alta densidade valores $\geq 50 \text{ g/cm}^3$. Os dados de densidade e água de saturação foram calculados a partir da média dos valores obtidos para os indivíduos de cada espécie.

Análise dos dados

A regressão linear foi utilizada para avaliar a relação entre as fenofases e as variáveis ambientais: precipitação, temperatura, umidade, insolação e fotoperíodo, utilizando o índice de *Fournier* por fenofase e os dados climáticos mensais do mês de observação (imediate) e dos 30 dias anteriores a atividade do evento. A diferença na atividade fenológica da comunidade estudada, entre os anos de 2011 e 2012, foi testada pelo teste G (Zar 1996). Para isto foi comparado à intensidade do evento, a proporção de indivíduos e de espécies em brotamento e queda foliar (Cara 2006). As análises foram realizadas no programa *BioEstat 5.3* (Ayres *et al.* 2007).

Para estimar a ocorrência e intensidade da sazonalidade entre as fenofases vegetativas, foi utilizada a estatística circular através do programa *Oriana 4.02* (Kovach

2011). Neste procedimento, para cada ano de observação, foi calculada a frequência de indivíduos com ocorrência do evento fenológico para o total das espécies por mês; os meses foram convertidos em ângulos com intervalos de 30° para cada observação (0° = janeiro, 30° fevereiro até 330° = dezembro); foram calculados: ângulo médio (posteriormente convertido em data média), comprimento do vetor médio (r), desvio padrão circular. A significância do ângulo foi testada através do teste de Rayleigh (z) para a distribuição circular. Foram consideradas sazonais as fenofases reprodutivas cujo comprimento do vetor (r) foi maior do que 0,5, e o teste de Rayleigh significativo para a distribuição circular ($p < 0,05$) (Morellato *et al.* 2010; Rubim *et al.* 2010).

Para analisar os caracteres morfológicos quanto à variação temporal relacionada à disponibilidade hídrica (estações seca e chuvosa), os valores de cada espécie foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk, $p < 0,05$) e comparados pelo teste G, para os dados não paramétricos, e a análise de variância a um critério de classificação (*One way ANOVA*), para dados paramétricos, através do programa *BioEstat 5.3* (Ayres *et al.* 2007). A ordenação das espécies em relação aos atributos foliares e de madeira foi avaliada pela Análise do Componente Principal (ACP), para isso utilizou-se os valores médios entre a estação seca e chuva dos atributos PAST (Hammer *et al.* 2001).

Resultados

Fenologia foliar da comunidade arbórea - As análises fenológicas revelaram que a vegetação apresentou padrão perenifólio, assazonal, com queda foliar e brotamento contínuos, com baixa intensidade e com baixa sincronia, sem distinção entre borda e interior, assim como observado na fenologia reprodutiva (Capítulo II). Aumento no brotamento foi observado nos meses mais chuvosos e a queda foliar nos meses mais secos sem causar variação na fisionomia da comunidade (Fig. 2 e Tab. 1). As espécies analisadas (Apêndice 1) foram classificadas como perenifólia episódica (43,6%), perenifólia (25,6%) semidecídua (25,6%) decídua (5,1%).

Diferença interanual no brotamento e queda foliar foi observada através da intensidade, porcentagem de indivíduos e espécies (Tab. 2). O brotamento foliar foi relacionado com precipitação e insolação e a queda foi influenciada pela precipitação e umidade (Tab. 3).

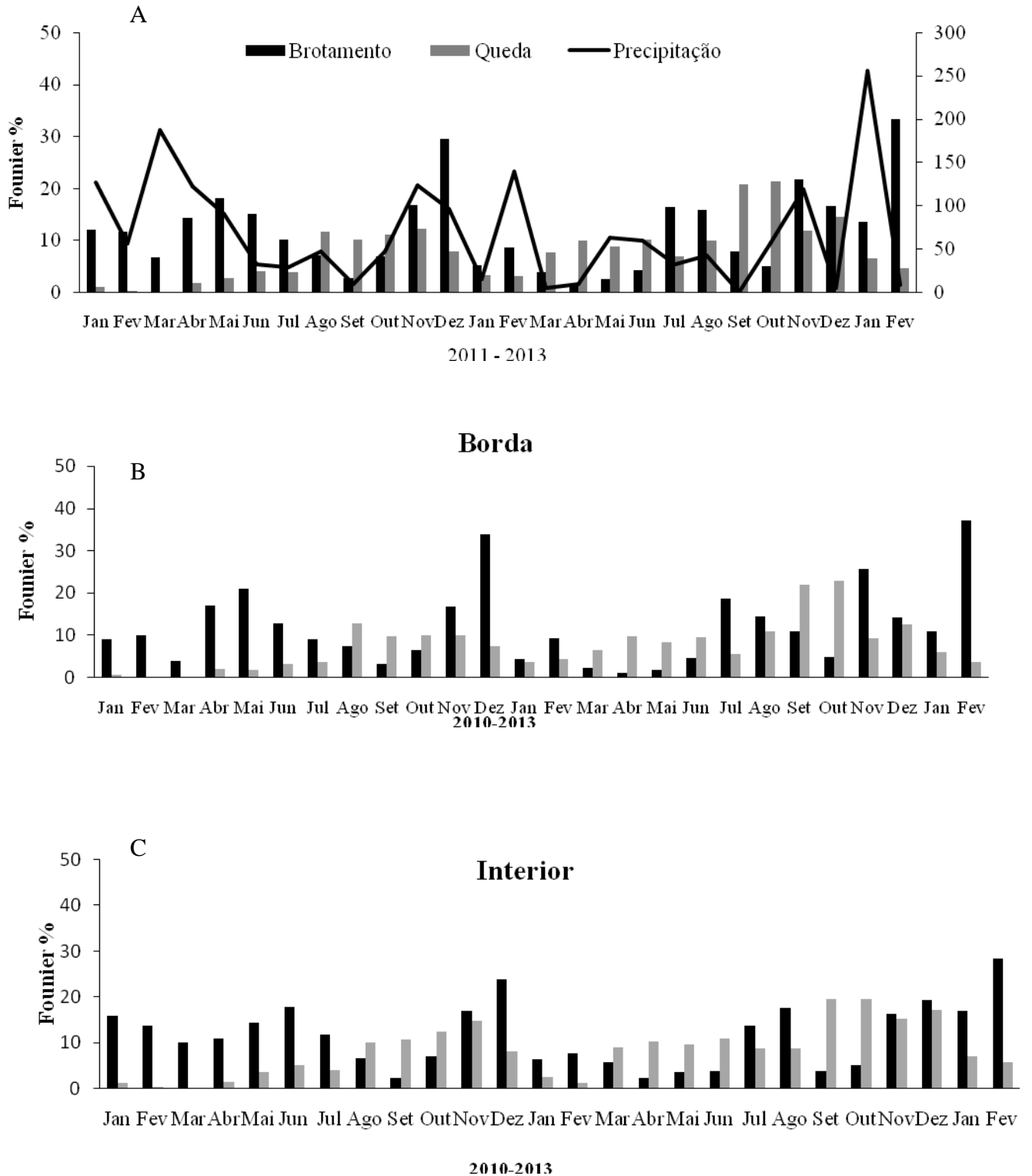


Figura 2: Fenologia vegetativa das espécies arbóreas na floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. A= Gráfico geral da comunidade arbórea. B = Comunidade arbórea da borda. C = Comunidade arbórea do interior.

Tabela 1: Resultados da estatística circular do índice de Fournier das espécies arbóreas da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil.

| Parâmetros estatísticos | Intensidade dos eventos fenológicos | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|----------|-------------------|----------|
| | Brotamento | | Queda foliar | |
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Número de observações | 152 | 110 | 67 | 129 |
| Vetor médio (μ) | 31.911° | 286.467° | 267.687° | 265.822° |
| Data média | 01/fev | 16/out | 27/set | 26/set |
| Comp. médio do vetor (r) | 0.145 | 0.298 | 0.529 | 0.256 |
| Desvio padrão circular | 112.635° | 89.13° | 64.655° | 94.561° |
| Rayleigh (Z) | 3.188 | 9.782 | 18.752 | 8.465 |
| Rayleigh (p) | 0.041 | 5.65E-05 | 7.18E-09 | 2.11E-04 |
| Watson-Williams (F) | F= 1.491; p= 0.235 | | F= 5.57; p= 0.028 | |

Tabela 2: Teste G entre os anos de 2011 e 2012 para brotamento e queda foliar entre o índice de *Fournier*, proporção de espécies e indivíduos da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Valores significativos $p < 0,05$. Graus de liberdade = 11.

| | Fournier | Número de indivíduos (%) | Número de espécies (%) |
|------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| Brotamento | G= 47,969; p < 0,0001 | G= 91,133; p < 0,0001 | G= 49,431; p < 0,0001 |
| Queda | G= 22,259; p= 0,0224 | G= 55,560; p < 0,0001 | G= 110,246; p < 0,0001 |

Tabela 3: Relação (regressão linear) entre o percentual de *Fournier* das espécies arbóreas e as variáveis ambientais precipitação, temperatura, umidade, insolação e fotoperíodo na floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Dados sombreados referem-se a valores significativos $p < 0,05$. Grau de Liberdade = 25. BR = brotamento; QF = Queda foliar

| | Precipitação | Temperatura | Umidade | Insolação | Fotoperíodo |
|----|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| BR | F= 12,98; p= 0,002 | F= 0,05; p= 0,822 | F= 2,45; p= 0,127 | F= 6,09; p= 0,020 | F= 1,84; p= 0,185 |
| QF | F= 5,64; p= 0,024 | F= 2,24; p= 0,144 | F= 10,56; p= 0,004 | F= 0,110; p= 0,741 | F= 2,67; p= 0,112 |

Caracteres foliares e densidade de madeira – A fração de massa foliar (FMF) variou entre 0,43 g.g⁻¹ (*Myrcia obovata*) a 0,98 g.g⁻¹ (*Protium heptaphyllum*), sendo que 85% das espécies apresentaram FMF superior a 0,70 g.g⁻¹ (Tab. 4), com diferença significativa entre o período seco e chuvoso em apenas três espécies. Em relação à Razão de Área Foliar (RAF) cerca de 70% das espécies apresentaram variação entre o período seco e chuvoso com redução significativa da área foliar entre os períodos (Tab. 4) Por exemplo: *Hirtella glandulosa* apresentou uma redução da razão de área foliar de 63,4% em comparação entre as estações. Analisando os caracteres foliares (Tab. 4), os valores obtidos para a espessura (ESP), massa foliar por unidade de área (MFA) e densidade (DEN), a maioria das espécies analisadas não sofreu variação entre o período seco e chuvoso. Apenas SUC foi observada variação em 35% das espécies.

A densidade da madeira variou a partir de 0,38 g/cm³ (*Himatanthus bracteatus*) a 0,83 g/cm³ (*Myrcia obovata*), sendo registrada alta densidade para 85% das espécies. As espécies *Himatanthus bracteatus*, *Miconia rimalis*, *Pogonophora schomburgkiana* e *Protium heptaphyllum* apresentaram diferença significativa na densidade entre o período seco e chuvoso (Tab. 4), já em relação à quantidade de água saturada os maiores percentuais foram observados no período seco com variação significativa entre os períodos em 70% das espécies. As espécies com as menores densidades de madeira apresentaram maior retenção de água, essa tendência foi observada especialmente nas espécies *Aparistimum cordatum*, *Protium heptaphyllum* e *Tapirira guianensis* e *Himatanthus bracteatus* que apresentaram acima de 120% de água em relação ao seu peso seco.

A Análise do Componente Principal (ACP) revelou maior variância para densidade da madeira (88,7%) e água de saturação (11,3%), agrupou a maioria das espécies com padrão fenológico perenifólios e perenifólios episódicos (Fig. 3). Os atributos foliares não apresentaram relevância com os padrões foliares.

Tabela 4: Valores médios de atributos foliares e densidade de madeira para 20 espécies arbóreas da floresta estacional submontana, Lençóis, Bahia – Brasil. Números entre parênteses identificam as espécies na análise do componente principal. PF= padrão fenológico, D= decíduo; P= perenifólio; PE= perenifólio episódico; SM= semidecíduo; DEN MAD= densidade da madeira (g/cm³); ÁGUA SAT.= água de saturação (%); FMF= fração de massa foliar (g.g⁻¹); RAF= razão de área foliar (cm².g⁻¹); ESP = espessura (mm); SUC = suculência foliar (g.cm²); MFA = massa de folha por unidade de área (g.cm²); DEN = densidade foliar (mg.mm⁻²); SC = período seco; CH= período chuvoso. * = apresentaram diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso (p < 0,05).

| Espécie | PF | DEN MAD | | ÁGUA SAT. | | FMF | | RAF | | ESP | | SUC | | MFA | | DEN | |
|--|----|---------|-------|-----------|---------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | SC | CH | SC | CH | SC | CH | SC | CH | SC | CH | SC | CH | SC | CH | SC | CH |
| <i>Byrsonima sericea</i> (2) | D | 0.68 | 0.57 | 99.72 | 105.29 | 0.74 | 0.52 | 25.29 | 10.27* | 0.232 | 0.209 | 0.016 | 0.015* | 0.012 | 0.011 | 0.053 | 0.054 |
| <i>Miconia rimalis</i> (10) | P | 0.62 | 0.73* | 110.07 | 83.80* | 0.76 | 0.85 | 38.18 | 14.53 | 0.108 | 0.121 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.007 | 0.076 | 0.060 |
| <i>Myrcia detergens</i> (12) | P | 0.77 | 0.79 | 67.69 | 74.74* | 0.65 | 0.84 | 20.48 | 12.40* | 0.209 | 0.224 | 0.015 | 0.015 | 0.009 | 0.011 | 0.044 | 0.052* |
| <i>Ocotea glomerata</i> (14) | P | 0.59 | 0.46 | 112.57 | 128.48* | 0.82 | 0.78 | 35.36 | 17.33* | 0.204 | 0.185 | 0.017 | 0.011 | 0.012 | 0.011 | 0.062 | 0.058 |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (17) | P | 0.64 | 0.74 | 109.75 | 72.50* | 0.78 | 0.74 | 31.01 | 13.79* | 0.161 | 0.174 | 0.014 | 0.011 | 0.01 | 0.011* | 0.063 | 0.062 |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (19) | P | 0.53 | 0.61* | 131.11 | 100.42* | 0.61 | 0.67 | 32.50 | 16.55* | 0.113 | 0.129 | 0.005 | 0.007* | 0.007 | 0.007 | 0.063 | 0.058 |
| <i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (3) | PE | 0.70 | 0.75 | 92.09 | 66.84* | 0.76 | 0.75 | 25.17 | 9.44 | 0.227 | 0.269 | 0.017 | 0.018* | 0.012 | 0.014 | 0.053 | 0.052 |
| <i>Eschweilera tetrapétala</i> (5) | PE | 0.63 | 0.66 | 91.50 | 82.82* | 0.77 | 0.77 | 25.58 | 10.65* | 0.224 | 0.234 | 0.014 | 0.013* | 0.012 | 0.013 | 0.052 | 0.054 |
| <i>Himatanthus bracteatus</i> (6) | PE | 0.38 | 0.43* | 165.58 | 157.91 | 0.57 | 0.62 | 37.10 | 15.25 | 0.189 | 0.156 | 0.014 | 0.017 | 0.005 | 0.006 | 0.028 | 0.042 |
| <i>Miconia holosericea</i> (9) | PE | 0.61 | 0.50 | 107.16 | 100.40* | 0.88 | 0.88 | 33.70 | 16.84 | 0.160 | 0.215 | 0.012 | 0.015 | 0.008 | 0.009 | 0.051 | 0.041 |
| <i>Micropholis gardneriana</i> (11) | PE | 0.79 | 0.68 | 86.49 | 81.28* | 0.75 | 0.75 | 26.04 | 12.54* | 0.173 | 0.174 | 0.01 | 0.011* | 0.009 | 0.010 | 0.052 | 0.060* |
| <i>Ocotea nítida</i> (15) | PE | 0.50 | 0.50 | 114.10 | 140.05* | 0.73 | 0.91 | 18.32 | 13.04* | 0.217 | 0.216 | 0.012 | 0.013 | 0.009 | 0.009 | 0.047 | 0.041 |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> (16) | PE | 0.56 | 0.64* | 91.48 | 86.31 | 0.71 | 0.77 | 53.13 | 22.01 | 0.169 | 0.172 | 0.01 | 0.011* | 0.006 | 0.006 | 0.039 | 0.038 |
| <i>Pouteria torta</i> (18) | PE | 0.67 | 0.54 | 93.35 | 107.48* | 0.58 | 0.70* | 30.24 | 15.73 | 0.137 | 0.150 | 0.012 | 0.010 | 0.007 | 0.008* | 0.052 | 0.053 |
| <i>Tapirira guianensis</i> (20) | PE | 0.42 | 0.40 | 180.08 | 161.13* | 0.59 | 0.42 | 19.15 | 10.25* | 0.141 | 0.208 | 0.011 | 0.013* | 0.006 | 0.010 | 0.046 | 0.049 |
| <i>Aparistimum cordatum</i> (1) | SM | 0.48 | 0.53 | 122.50 | 116.22* | 0.87 | 0.88 | 69.05 | 28.75* | 0.109 | 0.147 | 0.006 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.049 | 0.036 |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> (4) | SM | 0.72 | 0.72 | 101.41 | 74.98* | 0.51 | 0.46 | 24.50 | 8.96* | 0.119 | 0.132 | 0.009 | 0.012 | 0.009 | 0.011 | 0.078 | 0.085* |
| <i>Hirtella glandulosa</i> (7) | SM | 0.71 | 0.68 | 94.67 | 86.30 | 0.86 | 0.87 | 49.10 | 17.95* | 0.214 | 0.226 | 0.016 | 0.014 | 0.009 | 0.009 | 0.043 | 0.039 |
| <i>Maprounea guianensis</i> (8) | SM | 0.63 | 0.57 | 99.58 | 96.01 | 0.76 | 0.79 | 64.34 | 33.54 | 0.120 | 0.114 | 0.009 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.048 | 0.047 |
| <i>Myrcia obovata</i> (13) | SM | 0.81 | 0.83 | 71.03 | 64.47 | 0.78 | 0.43* | 35.06 | 11.81* | 0.123 | 0.115 | 0.009 | 0.004 | 0.007 | 0.005* | 0.058 | 0.046* |

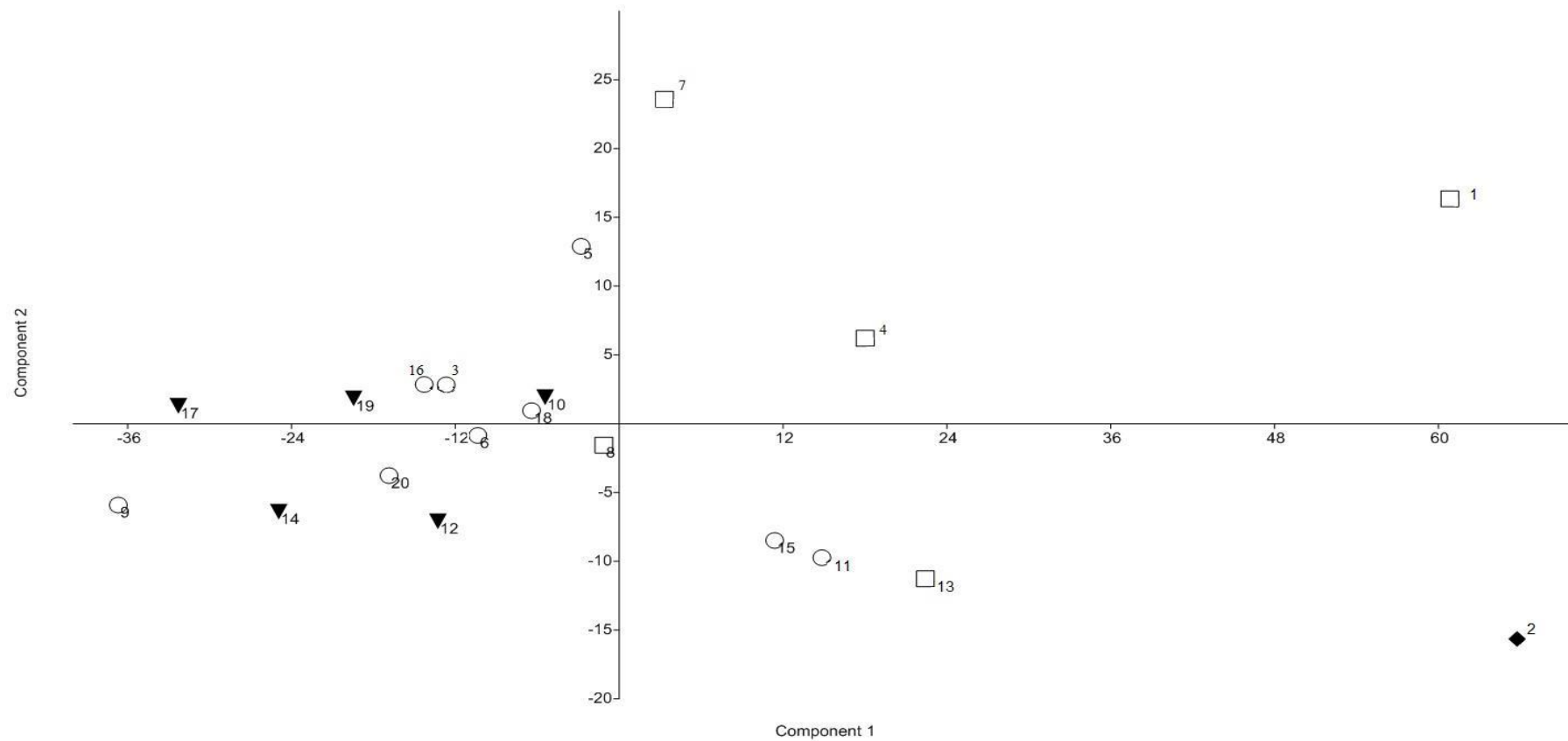


Figura 3: Distribuição de 20 espécies arbóreas no primeiro e segundo componente principal da floresta estacional submontana, Lençóis, Bahia – Brasil. Triângulos, círculos, quadrados e losango representam, respectivamente, espécies perenifólias, perenifólias episódica, semidecíduas e decíduas. A numeração indica as espécies conforme tabela 4.

Discussão

Com base no padrão fenológico vegetativo da comunidade sugere-se que a classificação da floresta seja atualizada. IBGE (2012) reconhece para a florística nordestina apenas as formações florestais estacionais como decíduas ou semidecíduas, terminologia também adotada por Funch *et al.* (2008). Para a face oriental da Chapada Diamantina – Bahia, Funch *et al.* (2009) reconhecem que as florestas estacionais perenifólias ocorrem ao longo das margens dos rios e nas encostas das montanhas, tendo no seu entorno, áreas de cerrado e caatinga.

No nosso estudo, as florestas estacionais submontanas na face oriental da Chapada Diamantina caracterizou-se como uma floresta tropical estacional submontana sempre verde por não haver variação na fisionomia florestal. Mesmo com a variação interanual significativa no brotamento e queda foliar e a ocorrência de espécies decíduas e semidecíduas (30,7%), a predominância de espécies perenifólias e perenifólias episódicas resultou no padrão contínuo de produção de folhas na comunidade. Assim ampliar-se-ia a classificação do IBGE (2012) que considera floresta estacional sempre verde apenas para a florística amazônica. Estas ocorreriam no Estado de Mato Grosso e se estende por toda a região da Bacia Sedimentar dos Parecis, parte das depressões do Guaporé, do Paraguai, do Araguaia e do Planalto de Tapirapuã (IBGE 2012).

A precipitação é considerada importante para os eventos fenológicos nas florestas tropicais (Borchert 1994; Reich 1995; Borchert 1998; Itioka & Yamauti 2004), nosso estudo evidenciou que além da precipitação, a umidade e a insolação exercem influência no comportamento vegetativo das espécies. Van Schaik *et al.* (1993) aponta que a relação com a insolação ocorre em ambientes que a limitação hídrica não é severa, assim o período de maior insolação pode propiciar emergência de folhas novas. O fotoperíodo, no entanto, não interferiu na perda e produção foliar, exercendo grande influência apenas na atividade reprodutiva da comunidade em estudo (Capítulo II). Nesta perspectiva além da insolação a água passa a ser um regulador importante para o desenvolvimento vegetativo, no entanto, em florestas tropicais, o desenvolvimento foliar está em grande parte sob controle interno como variação cambial, controle estomático, densidade da madeira etc., e não apenas pelo controle ambiental (Worbes *et al.* 2013).

A capacidade de reter água no caule e a variação na razão da área foliar entre as estações chuvosas e secas, bem como a diferença na suculência foliar nas espécies perenifólias episódicas, permitiram inferir que as plantas avaliadas apresentam

estratégias para ultrapassar os períodos em que ocorre déficit hídrico no ambiente. Essa evidência já foi investigada e comprovada em estudos desenvolvidos em florestas secas e ambientes semiáridos (Reich & Borchert 1984; Lima *et al.* 2012; Neves 2013).

A maioria das espécies que apresentaram alta densidade na madeira e variação significativa água de saturação foram perenifólias e perenifólias episódicas, espécies que mantiveram suas folhas mesmo no período seco, ao contrário das árvores com alta densidade de florestas tropicais secas que não conseguem manter as suas folhas (Borchert 1994). Desta forma, é possível inferir que essas espécies com alta densidade da madeira e capacidade de saturação elevada são capazes de rapidamente captarem a água após as chuvas e assim recuperarem a possibilidade de produzir novas folhas ou apresentam um bom mecanismo de controle da condutância estomática auxiliando na manutenção da copa foliar.

Embora as variações de características foliares sejam reconhecidas como indicadores para inferir sobre a sensibilidade de uma comunidade a alterações na disponibilidade de recursos e/ou condições ambientais ao longo do tempo (Rosado & De Mattos 2007), nossos resultados indicaram que condições de seca e chuva não provocaram alterações nas características estruturais das folhas da maioria das espécies avaliadas. Desta forma, os caracteres foliares não foram bons descritores para a floresta estacional sempre verde analisada, aspecto evidenciado na análise do componente principal. Esses resultados podem ser atribuídos ao ambiente onde as espécies se encontram: floresta tropical estacional submontana, com solo rico em matéria orgânica e serrapilheira abundante (Funch *et al.* 2005), o que reduziria o déficit hídrico.

Variações neste tipo de características são frequentes em ambientes com baixa disponibilidade de recursos como as restingas, cuja vegetação está sujeita a flutuações na disponibilidade de água e nutrientes condicionada pela baixa capacidade de retenção dos solos arenosos (Araújo *et al.* 2004; De Mattos *et al.* 2004). Além disso, Garnier *et al.* (2001) reconhece que respostas morfológicas a variações temporais dependem da amplitude dessas variações, devendo-se levar em consideração também as peculiaridades de cada espécie e sua sensibilidade a esse tipo de variação ambiental.

Algumas espécies apresentaram uma tendência a aumentar, principalmente, a SUC e DEN, no período seco, espécies, em sua maioria, perenifólia e perenifólia episódica, características que refletem maior capacidade de armazenamento de água nas folhas, sendo consideradas fontes utilizáveis de água no período seco (Lamont e Lamont 2000). Os atributos que são indicativos do custo como a construção da folha em termos

de moléculas de carbono (MFA, ESP), sendo o maior investimento em células de parênquima, fibras, parede celular, etc., não foram alterados entre os períodos de observação. Atributos dessa natureza podem estar associados à disponibilidade de luz e nutrientes (Taiz & Zeiger 2013) e estão associados à época da expansão foliar.

Observou-se menor valor para a RAF no período chuvoso em comparação ao período seco para todas as espécies analisadas, esta variação foi o contrário do observado por Cerqueira (2009), em que as espécies apresentaram redução no período seco em comparação ao período chuvoso. Analisando no gráfico de precipitação o período da coleta (jan/13), este foi precedido por um período seco mais rigoroso do que a média histórica da região, sendo um indicativo que a quantidade de chuva pode alterar o restabelecimento das folhas.

A RAF é a medida da dimensão do aparelho assimilador, servindo como parâmetro apropriado para as avaliações de efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais. Este parâmetro expressa a área foliar útil para a fotossíntese. É um componente morfofisiológico, pois é a razão entre a área foliar (área responsável pela absorção de luz e CO₂) e a massa seca total (resultado da fotossíntese líquida) (Rodrigues *et al.* 1993). Mas estudos têm apontado que a redução no tamanho das folhas pode estar relacionada não apenas com déficit hídrico, mas também com temperaturas e deficiência nutricional dos solos (Halloy & Mark 1996; Boeger *et al.* 2004; Pinto 2008) o que torna necessários estudos mais detalhadas para conclusões mais precisas.

Desta forma, o presente estudo concluiu que a fenologia foliar foi convergente entre borda e interior como encontrada para a fenologia reprodutiva. Os atributos foliares não apresentaram relevância em relação aos padrões fenológicos, não sendo bons descritores para a floresta estacional sempre verde. Bem como, constatou-se que a vegetação estudada pode ser classificada como floresta tropical estacional submontana sempre verde, sendo os tipos perenifólios e perenifólios episódicos predominantes, a fisionomia da vegetação não expressou a sazonalidade ambiental. Assim, corrobora com a classificação das florestas brasileiras, ao constatar a ocorrência de florestas estacional sempre verde no Bioma Caatinga.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) o apoio financeiro para realização do

projeto, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a concessão da licença de pesquisa, ao apoio do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana e a Fundação Chapada Diamantina a hospedagem e a ajuda no trabalho de campo durante toda pesquisa.

Referencia Bibliográfica

- Abrams, M.D.; Kubiske, M.E. & Mostoller, S.A. 1994. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf in contrasting temperate tree species. **Ecology** 75(1): 123-133.
- Aguiar, T.V., Sant'anna-Santos, B.F., Azevedo, A.A. & Ferreira, R.S. 2007. ANATI QUANTI: software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 4, p. 649-659.
- Almeida, L.P. de, Alvarenga, A.A. de; Castro, E.M. de; Zanela, S.M.; Vieira, C.V. 2004. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**34(1): 83- 88.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 6(22): 711–728.
- Anderson, D.P.; Nordheim, E.V.; Moermond, T.C.; Gone Bi, Z.B. & Boesch, C. 2005. Factors influencing tree phenology in Taï National Park, Côte d'Ivoire. **Biotropica** 37(4): 631–640.
- APG III. 2009. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** 161:105–121.
- Araujo, D.S.D.; Pereira, M.C.A. & Pimentel, M. 2004. Flora e estrutura de comunidades na Restinga de Jurubatiba - Síntese dos conhecimentos com enfoque especial para a Formação Aberta de *Clusia*. In: Rocha, C.F.D.; Esteves, F. A. & Scarano, F. R. (ed) **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba. Ecologia, história natural e conservação**. São Carlos, RiMa Editora.
- Ayres, M., Ayres, J.R.M., Ayres, D.L., Santos, A.A.S. 2007. **Bioestat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências Bio-médicas**. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.

- Bencke, C.S.C. e Morellato, L.P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica** 3(25): 269-275.
- Boeger, M.R.T., Alves, L.C., Negrelle, R.R.B. 2004. Leaf morphology of 89 tree species from a lowland tropical rain forest (Atlantic Forest) in South Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 47(6): 933-943.
- Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forests trees. **Ecology** 75:1437-1449.
- Borchert, R. 1998. Responses of tropical trees to rainfall seasonality and its long-term changes. **Climatic Change** 39: 381-393.
- Borchert, R.; Renner, S.S.; Calle, Z.; Navarrete, D.; Tye, A.; Gautier, L.; Spichiger, R. & Vonhildebrand, P. 2005. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. **Nature** 433: 627-629.
- Cara, P.A.A. 2006. **Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na floresta atlântica ao norte do Rio São Francisco**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Cerqueira, C.O. 2009. **Fenologia, caracteres morfológicos foliares e dispersão em uma floresta montana, Serra da Bacia, Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.
- Chapman, C.A.; Chapman, L.J.; Struhsaker, T.T.; Zanne, A.E.; Clark, C.J. & Poulsen, J.R. 2005. A long-term evaluation of fruiting phenology: importance of climate change. **Journal of Tropical Ecology** 21:31–45.
- Cleland, E.E.; Chuine, I.; Menzel, A.; Mooney, H.A. & Schwartz, M.D. 2007. Shifting plant phenology in response to global change. **TRENDS in Ecology and Evolution** 22(7): 357-365.
- Cochrane, M.A. 2011. The past, present, and future importance of fire in tropical rainforests Mark B. Bush, John R. Flenley, and William D. Gosling (Editors) **Tropical Rainforest Responses to Climatic Change**. Second Edition Pringer e Praxis Publishing
- Couto, A.P.L. 2008. **Composição florística e estrutura de uma Floresta Estacional Submontana, Parque Nacional da Chapada Diamantina, Lençóis, Bahia,**

- Brasil.** Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.
- Couto, A.P.L.; Funch, L.S. & Conceição, A.A. 2011. Composição florística e fisionomia de floresta estacional semidecídua submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia** 61(2): 391-405.
- De Mattos, E.A.; Braz, M.I.G.; Cavalin, P.O.; Rosado, B.H.P.; Gomes, J.M.; Martins, L.S.T. & Arruda, R.C.O. 2004. Variação espacial e temporal em parâmetros fisioecológicos de plantas In: Rocha, C.F.D.; Esteves, F. A. & Scarano, F. R. (ed) **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba. Ecologia, história natural e conservação.** São Carlos, RiMa Editora.
- Ellenberg, H.; Mueller-Dombois, D. 1967. **A key to raunkiaer plant life-forms with revised subdivisions.** Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rübel, Zurich: ETH, 37: 56-73.
- Fournier, L.A. & Charpentier, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba** 25: 45-48.
- Frankie, G.W., Baker, H.G. & Opler, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology** 62:881-913.
- Funch, L.S.; Funch, R.R. & Barroso, G.M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica** 34: 40-50.
- Funch, L.S. Funch, R.R.; Harley, R.; Giulletti, A.M.; Queiroz, L.P.; França, F.; Melo, E.; Gonçalves, C.N. & Santos, T. 2005. Florestas estacionais semidecíduais. Pp. 181-193. In Juncá, F.A.; Funch, L. & Rocha, W. (ed.) **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Funch, L.S.; Rodal, M.J.N. & Funch, R.R. 2008. Floristic aspects of the forests of the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Pp 193-220. In: W. Thomas & E.G. Briton (eds.). **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil.** New York, Springer & NYBG Press
- Funch, R.; Harley, R.; Funch, L.S. 2009. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil. **Biota Neotropica** 9: 1-10.

- Garnier, E.; Laurent, G.; Bellmann, A.; Debain, S.; Berthelie, P.; Ducout, B.; Roumet, C. & Navas, M.-L. 2001 Consistency of species ranking based on functional leaf traits. **New Phytologist** 152: 69–83
- Halloy, S.R.P. & Mark, A.F. 1996. Comparative leaf morphology spectra of plant communities in New Zealand, the Andes and the European Alps. **Journal of the Royal Society of New Zealand** 26 (1): 41-78.
- Hammer, O; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 1-9 http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. 2001
- Ishino, M.N.; De Sibio, P.R. & Rossi, M.N. 2012. Edge effect and phenology in *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae), a typical plant of the Brazilian Cerrado **Brazilian Journal Biology** 72: 587-594.
- Itioka, T. & Yamauti, M. 2004. Severe drought, leafing phenology, leaf damage and lepidopteran abundance in the canopy of a Bornean aseasonal tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 20:479–482.
- Kovach W. Oriana v. 4. 02. Published by Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K. 2011.
- Lamont, B. & Lamont, H. 2000. Utilizable water in leaves of 8 arid species as derived from pressure-volume curves and chlorophyll fluorescence. **Physiologia Plantarum** 110: 64-71.
- Lima A. L. A. & Rodal, M.J.N. 2010 Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal Arid Environ** 74:1363–1373.
- Lima, A.L.A. 2010. **Tipos funcionais fenológicos em espécies lenhosas da Caatinga, Nordeste do Brasil**. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife – PE.
- Lima, A.L.A.; Sampaio, E.V.S.B.; Castro, C.C.; Rodal, M.J.N.; Antonino, A.C.D. & Melo, A. L. 2012. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees** DOI 10.1007/s00468-012-0735-2
- Mikich, S.B. & Silva, S.M. 2001. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasilica** 15(1): 89-113.

- Morellato P.C.; Talora D.C.; Takahashi A.; Bencke C.C.; Romera E.C. & Zipparro V. B. 2000. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica** 32: 811–823.
- Morellato, L.P.C.; Alberti, L.F. & Hudson, I.L. 2010. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. Pp. 357-371. In: Keatley, M. & Hudson, I.L. (eds.) **Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis**. New York, Springer.
- Mori, S. A.; Silva, L. A. M.; Lisboa, G. & Coradin, L. 1989. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. CEPEC/CEPLAC, Ilhéus
- Neves, S.P.S. 2013. **Análise de vegetação em mosaico de savana, transição e floresta tropical sazonalmente seca (FTSS) na Chapada Diamantina, Brasil: florística, fenologia e aspectos ecofisiológicos**. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana. Bahia.
- Neves, E.L.; Funch, L.S.& Viana, B.F. 2010. Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 1(33): 155-166.
- Hiscox J.D. & Israelstam G.F. 1979. Different methods of chlorophyll extraction. **Canadian Journal of Botany** 57:1332-1332.
- Miranda, L.A.P.; Vitória, A.P. & Funch, L.S. 2011. Leaf phenology and water potential of five arboreal species in gallery and montane forests in the Chapada Diamantina; Bahia; Brazil. **Environmental and Experimental Botany** 70: 143–150.
- Oliveira-Filho, A.T. 2009. Classificação das fitofisionomias da América do Sul Cisandina Tropical e Subtropical: proposta de um novo sistema – prático e flexível – ou uma injeção a mais de caos? **Rodriguésia** 60 (2): 237-258.
- Pinto, A.F.M. 2008. **Comparação de tributos morfo-fisiológicos em plantas lenhosas de um campo de altitude, Itatiaia, RJ**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.
- Rego, G.M. & Possamai, E. 2006. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal Colombo** 53: 179-194.
- Reich P.B. & Borchert R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the Lowlands of Costa Rica. **Journal Ecology** 72:61–74.

- Reich, P.B.; Walters, M.B. & Ellsworth, D.S. 1992. Leaf life span in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. **Ecological Monographs** 62:365-392
- Rodrigues, J.D.; Rodrigues, S.D.; Pedras, J.F.; Delachiave, M.E.A.; Boaro, C.S.F. & Ono, E.O. 1993. Diferentes níveis de cálcio e o desenvolvimento de plantas de estilosantes (*Stylosanthes guyanensis* (Aubl.) Sw. cv "Cook"). **Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)** 50(2): 166-175.
- Rosado, B.H.P. 2006. **A importância da inclusão de diferentes dimensões de variação de características morfo-fisiológicas e de crescimento para o entendimento dos padrões de dominância de plantas de restinga.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Rosado B.H.P. & De Mattos E.A. 2007. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. **Acta Botanica Brasilica** 21: 741-752.
- Rosado, B.H.P. & De Mattos, E.A. 2007. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 21(3): 741-752
- Rosado, B.H.P. & De Mattos E.A. 2010. Interspecific variation of functional traits in a CAM-tree dominated sandy coastal plain. **Journal of Vegetation Science** 21: 43-54.
- Rizzini, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia de Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos.** Âmbito Cultural Edições Ltda.
- Rivera, G.; Elliott, S.; Caldas, L.S. Nicolassi, G.; Coradin, V.T.R. & Borchert R. 2002. Increasing day-length spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. **Trees** 16:445-456.
- Rubim, P.; Nascimento, H.E.M. & Morellato, L.P.C. 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 24(3): 756-764.
- Van Schaik, C.P., Terborgh, J.W., and Wright, S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics** 24:353-377.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2013. **Fisiologia Vegetal.** 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed. 954 p.

- Trugilho, P.F.; Silva, D.A.; Frazão, F.J.L. & Matos, J.L.M. 1990. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta Amazônica** 20: 307-319.
- Velloso H. P.; Rangel-Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. São Paulo: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE.
- Velloso H.P. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Rio de Janeiro.
- Wellburn A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal Plant Physiology** 144: 307-313.
- White, M. A.; Brunsell, N. & Schwartz, M.D. 2003 Vegetation Phenology in Global Change Studies Chapter 7.1 Pp: 453 - 466 In: Schwartz, M. (Ed.) **Phenology: An Integrative Environmental Science**. London: Kluwer Academic Publishers
- Worbes, M.; Blanchart, S. & Fichtler, E. 2013. Relations between water balance, wood traits and phenological behavior of tree species from a tropical dry forest in Costa Rica — a multifactorial study **Tree Physiology** 33: 527–536 doi:10.1093/treephys/tpt028 2013
- Zar, J.H. 1996. **Bioestatistical analysis**. Prentice-Hall, New Jersey

Apêndice 1: Famílias e espécies arbóreas acompanhadas no estudo fenológicos na floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil em ordem alfabética por família com seus respectivos padrão de deciduidade foliar e vouche testemunho. HUEFS = Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana; * espécies selecionadas para o estudo morfofuncional.

| Família/Espécie | Padrão de deciduidade | HUEFS |
|--|-----------------------|--------|
| ANACARDIACEAE | | |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl * | Perenifólio episódico | 120582 |
| <i>Tapirira</i> sp. | Perenifólio | |
| ANNONACEAE | | |
| <i>Guatteria oligocarpa</i> Mart. | Semidecíduo | 120563 |
| APOCYNACEAE | | |
| <i>Aspidosperma discolor</i> A. DC. | Perenifólio episódico | |
| <i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson * | Perenifólio episódico | 120542 |
| BURSERACEAE | | |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March. * | Perenifólio | 120540 |
| CHRYSOBALANACEAE | | |
| <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng. * | Semidecíduo | 120549 |
| EUPHORBIACEAE | | |
| <i>Aparistimum cordatum</i> (A. Juss.)Baill * | Semidecíduo | |
| <i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke* | Perenifólio episódico | 186328 |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. * | Semidecíduo | 120551 |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers. ex Benth * | Perenifólio episódico | 120556 |
| FABACEAE | | |
| <i>Andira fraxinifolia</i> Benth. | Decíduo | |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. * | Semidecíduo | 120575 |
| <i>Hymenolobium janeirense</i> var. <i>stipulatum</i> (N. Mattos) Lima | Semidecíduo | |
| INDETERMINADA | | |
| Indeterminada 1 | Perenifólio | |
| LAURACEAE | | |
| <i>Nectrandra membranaceae</i> (Sw.)Griseb. | Semidecíduo | |
| <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez | Perenifólio episódico | |
| <i>Ocotea dyospirifolia</i> (Meisn.) Mez | Perenifólio episódico | |
| <i>Ocotea glomerata</i> (Ness.) Mez * | Perenifólio | 120580 |
| <i>Ocotea nitida</i> (Meisn.) Rohwer * | Perenifólio episódico | 96130 |
| <i>Ocotea</i> sp. | Perenifólio | |
| LECYTHIDACEAE | | |
| <i>Eschweilera tetrapetala</i> Mori * | Perenifólio episódico | 110082 |
| MALPIGHIACEAE | | |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth | Perenifólio episódico | 124625 |
| <i>Byrsonima sericea</i> DC. * | Decíduo | 120554 |
| MELASTOMATAACEAE | | |
| <i>Miconia holosericea</i> (L.)DC. * | Perenifólio episódico | 120559 |
| <i>Miconia rimalis</i> Naudin. * | Perenifólio | 120581 |

Apêndice 1: continuação

| Família/Espécie | Padrão de deciduidade | HUEFS |
|--|-----------------------|--------|
| MYRTACEAE | | |
| <i>Calyptanthes lucida</i> DC. | Perenifólio episódico | |
| <i>Egenia laxa</i> DC. | Perenifólio episódico | |
| <i>Eugenia</i> sp. | Perenifólio episódico | |
| <i>Myrcia detergens</i> Miq.* | Perenifólio | 96121 |
| <i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC. | Semidecíduo | |
| <i>Myrcia obovata</i> (Berg.) Niedz.* | Semidecíduo | 120577 |
| <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) Mc Vaugh | Semidecíduo | 96112 |
| <i>Psidium brawniannum</i> DC. | Perenifólio episódico | |
| SALICACEAE | | |
| <i>Casearia arborea</i> (Rich) Urban | Perenifólio | 120571 |
| <i>Casearia commersoniana</i> Cambess. | Perenifólio | 120573 |
| SAPOTACEAE | | |
| <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.* | Perenifólio episódico | 186332 |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.* | Perenifólio | |
| <i>Micropholis gardneriana</i> (A.DC.) Pierre* | Perenifólio episódico | 120578 |

CAPÍTULO IV

EFEITO DA BORDA LINEAR NA DIVERSIDADE FUNCIONAL EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SUBMONTANA

Resumo

(Efeito da borda linear na diversidade funcional em uma floresta estacional submontana) A fragmentação florestal causa muitas mudanças físicas e biológicas resultando na perda de habitat e na insularização das populações, e o efeito de borda está entre as consequências mais evidentes desse processo. Buscou-se comparar o ambiente de borda linear e interior em um fragmento de floresta estacional submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil (12°28'31''S e 41°23'14''W), verificando a variação nos grupos funcionais e na diversidade funcional entre os ambientes. Criou-se uma matriz de traços funcionais para a borda e interior incluindo aspectos fenológicos, estruturais e reprodutivos. Os grupos funcionais foram definidos por *Cluster analysis* com distância de Gower e calculados os índices *Functional richness* (FRic), *Functional divergence* (FDiv), *Functional evenness* (FEve), *Functional dispersion* (FDis). ANOVA e regressão linear foram usadas para avaliar os índices entre áreas. Os principais grupos funcionais formados na borda e no interior foram semelhantes, definidos com base na forma de vida, estrato e síndromes de polinização e dispersão. Das espécies co-ocorrentes (40 espécies) 22,5% pertencem a grupos funcionais distintos devido a diferentes padrões fenológicos. Os índices de diversidade funcional apresentaram valores médios superiores para a borda, exceto FRic que foi superior no interior da floresta. Estes não foram alterados pela distância das parcelas com a borda. Alterações foram observadas no interior em relação à riqueza de espécie e ao índice de *Shannon - Wiener* apenas para FRic. A diversidade funcional é semelhante na borda e no interior da floresta, evidenciada pela comparação dos índices, espécies co-ocorrentes e a formação dos grupos funcionais, mas o maior índice obtido no interior para a riqueza funcional reflete a perda biológica ocasionada pela instalação da borda, aspecto evidenciado pela maior abundância de *Eschweilera tetrapetala* Mori no interior, espécie endêmica das florestas submontanas da região.

Palavras-chave: Bordas artificiais, fragmentação florestal, grupo funcional

Abstract:

(Linear edge effect in the functional diversity in a seasonal submontane forest) Forest fragmentation causes many physical and biological changes resulting in habitat loss and insularization of populations, and the edge effect is among the most obvious consequences of this process. We sought to compare the linear edge environment and interior in a fragment of submontane seasonal forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil (12°28'31 "S and 41°23'14"W), checking the variation in functional groups and diversity functional between environments. It has created an array of functional features for edge and interior including phenological aspects, structural and reproductive. The functional groups were defined by cluster analysis with distance Gower and calculated indexes Functional richness (Fric), Functional divergence (FDiv), Functional evenness (FEve), Functional dispersion (FDis). ANOVA and linear regression were used to evaluate the rates between areas. The main functional groups formed on the edge and inside were similar, defined based on the way of life, and stratum pollination and dispersal syndromes. Of co-occurring species (40 species) 22.5% belong to different functional groups due to different growth patterns. The functional diversity indices showed higher mean values for the edge, except that Fric was higher inside the forest. These were not changed by the distance of the plots with the edge. Changes were observed inside in relation to species richness and Shannon - Wiener only for Fric. Functional diversity is similar on the edge and inside the forest, as evidenced by comparing the indices, co-occurring species and the formation of functional groups, but the highest rate obtained inside for functional wealth reflects the biological loss caused by the edge of the installation, aspect evidenced by the greater abundance of *Eschweilera tetrapetala* Mori inside, an endemic species of submontane forests of the region.

Key words: Functional group, forest fragmentation; artificial edges

Introdução

A fragmentação florestal propicia a criação abrupta de bordas nos ecossistemas que podem modificar severamente as condições microclimáticas locais como o aumento da temperatura e da velocidade do vento, variação na umidade do solo e do ar e aumento da luz. Como consequência ocorrem mudanças físicas e biológicas resultando na perda de habitat, na insularização das populações, aumento da mortalidade das espécies, promove o estabelecimento de espécies adaptadas às perturbações e o maior recrutamento ou menor mortalidade de espécies tolerantes a luz, junto à borda. As florestas tornam-se cada vez mais fragmentadas e com porções reduzidas, dispersão e migração são interrompidas, o limite da vegetação é alterado, núcleos protegidos ficam expostos a condições externas, os quais provocam uma erosão progressiva na biodiversidade (Murcia 1995; Tabarelli *et al.* 1999; Laurance *et al.* 2006).

Na busca da compreensão de padrões de diversidade nessas comunidades degradadas, ecólogos têm proposto descrever as comunidades vegetais a partir da composição de espécies, abundância, análise no padrão de distribuição, conexão de padrões com as variáveis ambientais. Todavia, a partir da década de 1990 vem se verificando a importância de investigar padrões de riqueza levando em consideração funções que as espécies desempenham na comunidade (Pillar *et al.* 2003; Mason *et al.* 2005). A abordagem funcional da biodiversidade marca uma mudança de foco da ecologia, uma alternativa para superar as limitações das descrições baseadas em *checklist* é essencial para estudos e previsões das consequências das mudanças climáticas globais na vegetação e nos processos ecológicos (Pillar *et al.* 2003).

A informação de que espécies tenham funções específicas dentro de ecossistemas tem levado pesquisadores a propor que a dinâmica de ecossistemas pode ser mais facilmente entendida através do agrupamento de espécies distintas em grupos ou tipos funcionais (Díaz *et al.* 2003). A classificação e quantificação do número de grupos funcionais (riqueza funcional) é a medida de diversidade funcional mais comum, sendo a mais antiga e amplamente utilizada em estudos de comunidades (Solbrig 1994, Díaz & Cabido 2001; Cianciaruso *et al.*, 2009; Petchey *et al.* 2009; Pla *et al.* 2012).

A partir desta perspectiva, tem crescido na última década, de forma exponencial, os trabalhos que abordam essa temática, o que demonstra a sua importância nos estudos ecológicos (Díaz & Cabido 2001; Cianciaruso *et al.*, 2009; Petchey *et al.* 2009; Pla *et al.* 2012; Song *et al.* 2014; Zhang *et al.* 2014). Isto levou as diversas definições e abordagens, sendo consenso que a diversidade funcional é um importante componente

da biodiversidade, definida como ‘o valor e a variação das espécies e de suas características que influenciam o funcionamento das comunidades’ (Tilman 2001).

Existem diversos métodos e índices para o cálculo da diversidade funcional (Song *et al.* 2014). Estes índices diferem em propriedades matemáticas, nos recursos que eles utilizam sua ênfase na localização ou dispersão de medidas, na consideração de características únicas ou múltiplas, na inclusão de abundâncias nos valores traço e nos componentes funcionais (riqueza, divergência e regularidade) (Mason *et al.* 2005; Mouchet *et al.* 2010; Casanoves *et al.* 2011).

A diversidade funcional tem sido utilizada para descrever diferentes comunidades (Mason *et al.* 2005) como a microbiana (Griffiths *et al.* 1997), a animal (Pearson 2001; Bremner *et al.* 2003) e a vegetal (Petchey *et al.* 2004) e em diferentes aspectos como gradientes de altitude (Lomolino 2001; Zhang *et al.* 2014), ocorrência de fogo (Müller *et al.* 2007; Loiola *et al.* 2010), fatores climáticos e edáficos (Pakeman *et al.* 2009). No entanto, há uma carência de estudos que verifiquem o impacto do efeito borda na formação de grupos funcionais e na diversidade funcional da comunidade avaliando as diferentes formas de vida lenhosas e herbáceas, principalmente considerando a crescente degradação dos ecossistemas florestais e a criação de bordas, que levam a condições adversas o que poderia selecionar estratégias funcionais diferenciadas.

Sendo assim, o presente estudo se propôs a comparar o ambiente de borda linear (Murcia 1995) e interior de uma floresta, respondendo as seguintes questões: (i) Quais são os principais grupos funcionais na floresta estacional submontana e como estes variam entre borda e interior da vegetação? (ii) Existe variação significativa na diversidade funcional entre borda e interior em relação à riqueza e diversidade de espécies? (iii) Espécies co-ocorrentes nas duas áreas ocuparão grupos funcionais distintos?

Metodologia

Área de estudo

O trecho de floresta estudado localiza-se no município de Lençóis, 12°28’31’’S e 41°23’14’’W, no Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, ocorrendo em relevo suave ondulado, em altitudes entre cerca de 400 a 600 m, sobre latossolo vermelho-amarelo de textura argilosa e com pouca matéria orgânica (Funch *et al.* 2005).

O clima da região é do tipo Aw (Alvares *et al.* 2014), com máximo de chuvas no verão (novembro a janeiro) e um máximo secundário em março-abril, com verão chuvoso e inverno seco. A pluviosidade varia entre 35 mm (julho a agosto) a 184 mm (dezembro), com precipitação média excedendo 100 mm durante a estação chuvosa. No período de estudo, as médias de precipitação foram discrepantes das médias históricas, com uma estação seca bastante prolongada na região. As temperaturas médias mensais oscilam durante o ano, variando em torno de 18°C durante o inverno (abril a setembro) e excedendo 22°C nos meses mais quentes (outubro a fevereiro). Essas condições possibilitam classificar a vegetação estudada como Floresta Estacional Submontana (IBGE 2012).

A área é margeada por dois corredores perpendiculares desmatados para a passagem da rede de transmissão elétrica de alta tensão (aproximadamente 10 m de largura), implantado na década de 1960 e a rodovia BR 242, criada no mesmo período. A vegetação caracteriza-se pela presença de árvores emergentes com até 26 m de altura, como *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Maprounea guianensis* Aubl., *Hirtella glandulosa* Spreng. e *Aspidosperma discolor* A. DC., estratificação pouco nítida, sub-bosque bem iluminado formado predominantemente por indivíduos jovens das espécies dos estratos superiores e espécies de Rubiaceae, Melastomataceae e Poaceae. As trepadeiras são abundantes, sendo raras espécies epífitas e hemiparasitas (Couto *et al.* 2011).

Levantamento das espécies

Foi utilizado como suporte para este estudo o levantamento florístico e fitossociológico realizado por Couto (2008). No qual foram estabelecidas 30 parcelas de 10 x 10 m, (totalizado 0,3 ha), sendo 15 em área de borda (0 - 100m) em relação à rede elétrica (borda linear) e 15 parcelas no interior da floresta (>150m). Neste estudo foram marcados todos os indivíduos arbustivos e arbóreos utilizando como critério o diâmetro à altura do peito de $\geq 5,0$ cm em parcelas aleatorizadas propiciando distâncias diferentes em relação à borda linear.

Os indivíduos localizados ao longo das parcelas e no seu entorno foram selecionados para o estudo funcional. Foram consideradas todas as formas de vida de acordo com as famílias e espécies que apresentaram maior valor de importância, abundância e frequência para a comunidade florestal abrangendo espécies arbóreas, arbustivas, trepadeiras, ervas terrestre e epífita.

Os táxons estudados, quando em fase reprodutiva, foram coletados e herborizados seguindo a metodologia de Mori *et al.* (1989) e depositados no herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana. A identificação do material botânico foi feita por comparação com exemplares do HUEFS e por especialistas.

Estudo funcional

Para o estabelecimento dos Grupos Funcionais (GF) utilizou-se as características obtidas com os estudos fenológicos reprodutivos (Capítulo II) e os estudos fitossociológicos (Couto 2008). Foi montada uma matriz com características categóricas binárias e contínuas, estabelecendo os traços funcionais das espécies acompanhadas para a borda e o interior (Tab. 1).

A partir da conversão da matriz funcional em uma matriz numérica procedeu-se com a definição dos grupos funcionais por meio de análise de agrupamento (*Cluster analysis*) com agrupamento hierárquico (*hierarchical clustering*) por meio da distância Gower (Pla *et al.* 2012). A correlação cofenética foi calculada, proposta por Bussab *et al.* (2003) como uma medida de concordância entre os agrupamentos obtidos e a matriz de distâncias original. As análises foram realizadas no programa PAST (Hammer *et al.* 2001).

Para o estudo da Diversidade Funcional (DF) optou-se pelos índices *Functional richness* (FRic), *Functional divergence* (FDiv), *Functional evenness* (FEve), *Functional dispersion* (FDis). Os cálculos foram desenvolvidos no programa FDiversity <http://www.fdiversity.nucleodiversus.org> (Casanoves *et al.* 2011) a partir de uma matriz parcela x espécie x traço funcional, incluindo a abundância de cada espécie por parcela.

Análise estatística

Diferenças na diversidade funcional foram avaliadas pela análise de variância a um critério de classificação (*One way ANOVA*). A regressão linear foi utilizada para avaliar a relação dos índices de diversidade funcional com a distância até a rede de transmissão elétrica, riqueza de espécie (número de espécies - S) e diversidade Shannon - Wiener (H') de cada parcela. As análises foram realizadas através do programa *BioEstat 5.3* (Ayres *et al.* 2007).

Tabela 1: Características funcionais usadas para a descrição das espécies vegetais na borda e no interior de um trecho de floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

| | Traços funcionais | Descrição dos traços na matriz |
|-----------------------|------------------------------------|---|
| Aspectos estruturais | Formas de vida | Árvore (1), arbusto (2), trepadeira (3), erva terrestre (4), epífita (5); |
| | Estrato | Dossel (1), subdossel (2) |
| Aspectos fenológicos | Fenologia foliar | Perene (1); semidecídua (2) decídua (3), afila (4) |
| | Fenologia reprodutiva | |
| | Sincronia | Não sincrônico (1), sincronia baixa (2), sincronia alta (3) |
| | Frequência | Contínua (1), subanual (2), anual (3) supra-anual (4) |
| | Regularidade | Ausência de regularidade (0) Regular (1) |
| | Duração | Curta (1), intermediária (2), longa (3) |
| Aspectos reprodutivos | Síndromes de dispersão | Zoocórica (1), anemocórica (2), autocórica (3) |
| | Síndromes de polinização | Anemofilia (1); cantarofilia (2), falenofilia (3), melitofilia (4), ornitofilia (5), psicofilia (6), zoofilia não especializada (7) |
| | Quanto à consistência do pericarpo | Ausência de fruto Carnoso (0), Presença de fruto carnosos (1) |

Resultados

Foram analisadas 61 espécies na borda e 50 espécies no interior da floresta (Apêndice 1), sendo 40 espécies comuns. A borda apresentou correlação cofenética de 0,79 e o interior 0,82. Os principais grupos funcionais formados na borda e no interior através do *Cluster analysis* foram definidos com base na forma de vida e estrato (Tab.2).

A análise do agrupamento revelou que existem dois principais grupos funcionais na borda, o primeiro grupo (G1) com 47 espécies e o segundo (G2) com 13 espécies (Fig. 1). Avaliando os traços funcionais reconhecemos que G2 é formado por trepadeiras, arbustos, ervas e epífitas perenes do subdossel com frutos secos. G1 inclui arbustos, árvores e trepadeiras, a maioria localizada no dossel, perene com frutos

carneiros. A avaliação do dendograma permitiu a diferenciação entre as 47 espécies do primeiro grupo em quatro subgrupos (SG), SG1 separa-se dos demais por fazer parte do subdossel, unindo-se ao SG2 pela dispersão e tipo do fruto, SG3 e SG4, são predominantemente melitófilas, e se diferenciam pela forma de vida (Tab. 2). Uma espécie permaneceu isolada dos quatro subgrupos, sendo uma árvore decídua autocórica com o fruto seco (espécie 17, Fig. 1).

Tabela 2: Caracterização dos grupos funcionais vegetais na borda e no interior de um trecho de floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

| Grupo (G) | Subgrupo (SG) | Número de espécies | Características predominantes | |
|-----------|---------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Borda | G1 | SG1 | 3sp | Arbustos, subdossel, floração e frutificação anual, zoocoria e fruto carnoso. |
| | G1 | SG2 | 26sp | Árvores, dossel, perene, fenofase reprodutiva supra anual, zoocoria e com fruto carnoso. |
| | | SG3 | 10sp | Trepadeira, dossel, perene, fenofases reprodutivas com alta sincronia, melitófilas. |
| | | SG4 | 8sp | Árvores, dossel, perene, fenofase reprodutiva anual zoocoria e anemocoria, frutos secos. |
| | G2 | SG5 | 2sp | Trepadeiras e arbustos, subdossel, perene, fenofases com duração intermediária, anemocoria, fruto seco. |
| | | SG6 | 11sp | Ervas e epífitas, subdossel, perenes, melitofilia e anemofilia, frutos secos. |
| Interior | G1 | SG1 | 8sp | Árvore, dossel, fenofase reprodutiva anual com duração intermediária, melitofilia, fruto seco. |
| | | SG2 | 9 sp | Trepadeira, dossel, perene, fenofases reprodutivas com alta sincronia, melitofilia, fruto seco. |
| | | SG3 | 15 sp | Árvores, dossel, perene, fenofases reprodutivas com baixa sincronia, zoocoria, fruto carnoso. |
| | G2 | SG4 | 7 sp | Árvore, dossel, semidecídua, fenofases reprodutivas anual com duração intermediária, melitofilia, zoocoria, fruto carnoso. |
| | | SG5 | 6 sp | Arbusto, subdossel, fenofases reprodutivas anual com duração intermediária, zoocoria, fruto carnoso |
| | | SG6 | 4sp | Erva, subdossel, perene, anemofilia, anemocoria e fruto seco. |

Cluster analysis para o interior demonstrou dois grandes grupos funcionais, o primeiro com 39 espécies agrupados em quatro subgrupos e o segundo com 10 espécies divididas em dois aglomerados (Fig. 2). Assim como na borda, os grupos se distinguiram pela forma de vida, G1 inclui as árvores e trepadeiras que compõem o dossel, SG1 e SG2 diferenciam - se pela frequência e sincronia dos eventos fenológicos, enquanto SG3 e SG4 pelo padrão de decíduidade. G2 foi formado por ervas e arbustos agrupados por fazerem parte do subdossel diferenciando-se principalmente pela síndrome de polinização, dispersão e tipo do fruto (Tab. 2). Considerando as espécies co-ocorrentes na borda e no interior, 77,5% ocuparam o mesmo grupo funcional, algumas espécies do SG2 da borda formaram um grupo distinto no interior (SG4).

Os índices de diversidade funcional (Tab. 3) apresentaram valores médios superiores para a borda, exceto a Riqueza funcional (FRic), valores sem diferença significativa entre as áreas. Os índices de diversidade não foram alterados pela distância com a borda linear (rede de transmissão elétrica). Alterações foram percebidas em relação à riqueza de espécie (S) e índice de *Shannon - Wiener* (H') apenas no interior para FRic (Tab.4).

Tabela 3: Índices de diversidade funcional na borda e no interior de um trecho de floresta estacional submontana, Bahia, Brasil. FRic, FDiv, FEve e Fdis referem-se a riqueza funcional, divergência funcional, regularidade funcional, dispersão funcional. FRic, FDiv, FEve e Fdis referem-se a riqueza funcional, divergência funcional, regularidade funcional, dispersão funcional

| | FRic | FDiv | FEve | FDis |
|----------|---------------|-------------|-------------|------------|
| Borda | 0.003 ± 0.004 | 0.80 ± 0.04 | 0.75 ± 0.07 | 2.46 ± 0.3 |
| Interior | 0.14 ± 0.3 | 0.77 ± 0.06 | 0.74 ± 0.06 | 2.36 ± 0.3 |

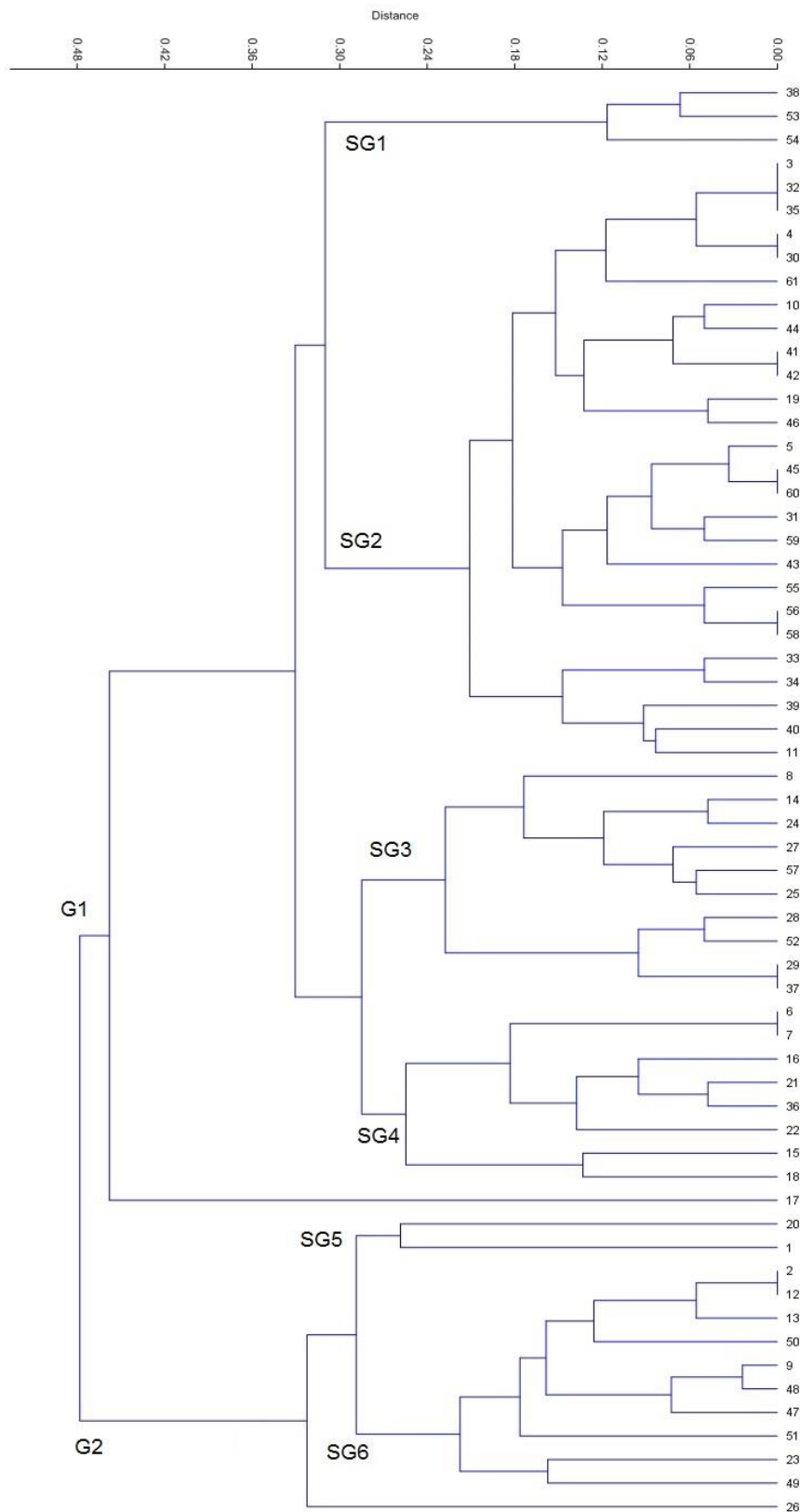


Figura 1: Grupos funcionais vegetais na borda da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Grupos definidos pela distância de *Gower* com espécies numeradas conforme Apêndice 1. G = grupo; SG = subgrupo.

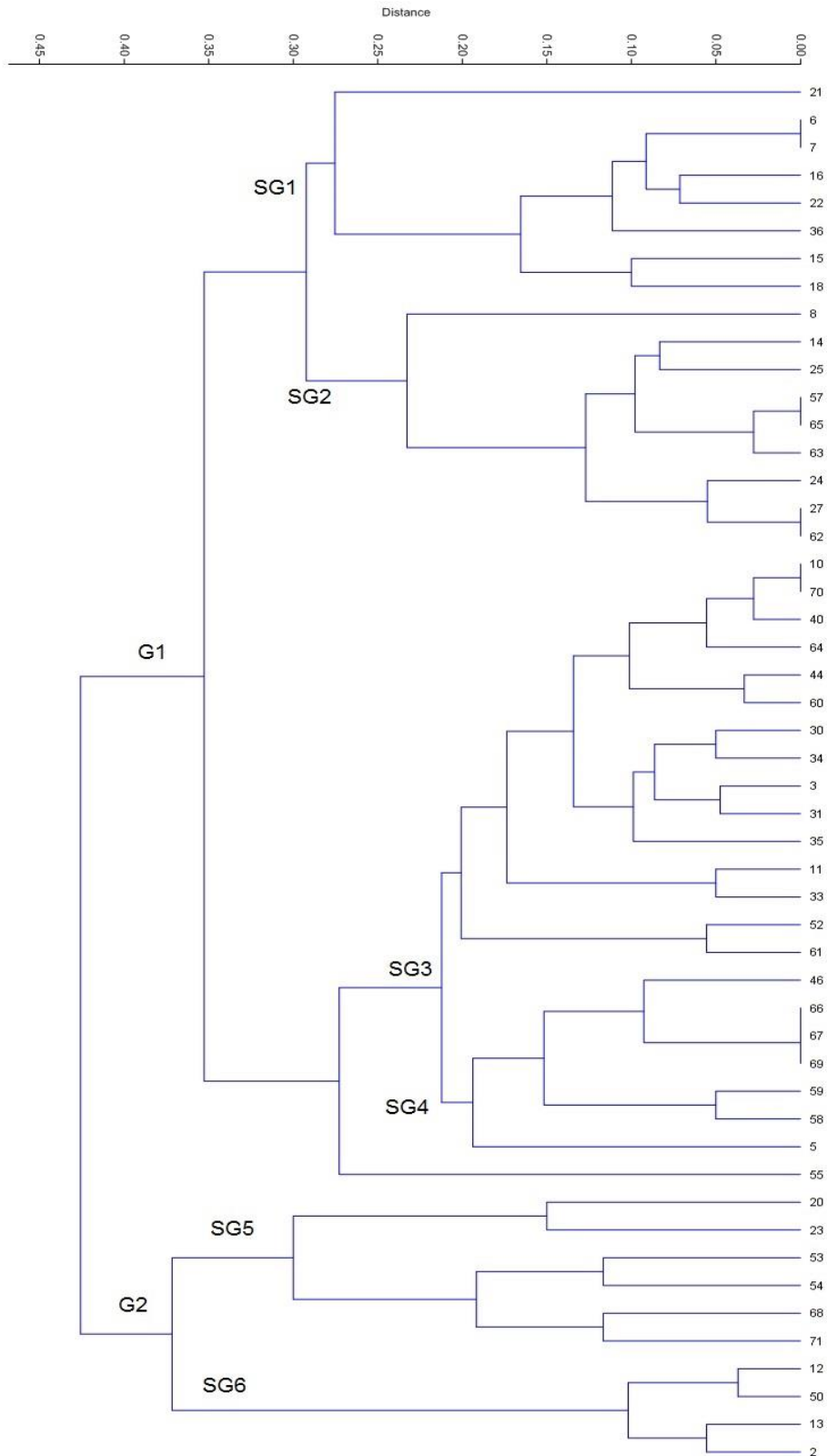


Figura 2: Grupos funcionais vegetais no interior da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Grupos definidos pela distância de *Gower* com espécies numeradas conforme Apêndice 1. G = grupo; SG = subgrupo.

Tabela 4: Relação (regressão linear) entre os índices de diversidade e a distância das parcelas a borda linear, riqueza de espécie (S) e índice de Shannon (H') na borda e no interior da floresta estacional submontana, Chapada Diamantina, Bahia – Brasil. Dados em negrito refere-se a valores significativos $p < 0.05$. FRic, FDiv, FEve e Fdis referem-se a riqueza funcional, divergência funcional, regularidade funcional, dispersão funcional.

| | | Distância com a rede elétrica | | |
|----------|------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | | Riqueza de espécie | Índice de Shannon |
| Borda | FRic | F= 0.0006; p = 0.9790 | F= 2.564; p = 0.1349 | F= 1.4668; p = 0.2503 |
| | FEve | F= 0.6337; p = 0.5519 | F= 1.621; p = 0.2277 | F= 0.7045; p = 0.5763 |
| | FDiv | F= 3.0623; p = 0.1052 | F= 0.5654; p = 0.5264 | F= 0.2855; p = 0.6087 |
| | FDis | F= 0.8224; p = 0.6127 | F= 0.2559; p = 0.6274 | F= 0.0307; p = 0.8581 |
| Interior | FRic | F= 0.391; p = 0.5514 | F= 5.8423; p = 0.0347 | F= 8.901; p = 0.0133 |
| | FEve | F= 2.4546; p = 0.1457 | F= 0.1604; p = 0.6981 | F= 0.4109; p = 0.5416 |
| | FDiv | F= 0.2035; p = 0.6643 | F= 2.1496; p = 0.1710 | F= 1.2775; p = 0.2847 |
| | FDis | F= 0.4385; p = 0.5285 | F= 0.0875; p = 0.7696 | F= 0.3961; p = 0.5488 |

Discussão

O efeito de borda na formação de grupos funcionais não foi expressivo. Grupos semelhantes foram formados na borda e no interior indicando que as espécies podem desempenhar funções ecológicas semelhantes nos ambientes, apresentando respostas similares aos fatores ambientais. Considerando as espécies co-ocorrentes na borda e no interior as espécies que se reuniram em grupos distintos, refletem as peculiaridades dos aspectos fenológicos como sincronia, regularidade e duração que variam entre populações intraespecíficas (Santos 2007; Vale *et al.* 2011)..

Estudos apontam que a fragmentação expõe as espécies a novas condições ambientais promovendo mudanças nos traços reprodutivos das espécies. Elas percebem o ambiente de forma diferente e respondem de forma distinta, refletindo nos padrões diversos entre borda e interior. (Girão *et al.* 2007; Cara 2006; Reznik *et al.* 2012)

A diversidade funcional variou entre borda e interior de forma não significativa, o que permite afirmar que o efeito da borda linear foi pouco expressivo na alteração da diversidade funcional. Mesmo se tratando de diferenças não significativas, mudanças na estrutura da floresta e na composição das espécies, como a criação de bordas, implica em alterações simultâneas na diversidade funcional e no funcionamento do ecossistema (Lohbeck *et al.* 2012).

Devido ao impacto da borda linear na composição florística, diversidade e abundância das espécies (Couto *et al.* dados inéditos - capítulo I), considerando que quanto maior for a proximidade com a borda, maior será a exposição aos efeitos de

borda (Pohlman *et al.* 2007), esperava-se que os índices de diversidade funcional variassem em relação a distância com a rede elétrica de transmissão (borda linear). Esta variação não foi observada, a regressão linear demonstrou que a distância da borda com as unidades de amostragens não interferem na diversidade funcional, o que leva a constatar que o efeito da borda linear é menos severo do que as bordas que expõe as florestas a campos abertos (Paciência & Prado 2005; Ribeiro *et al.* 2009; Reznik *et al.* 2012). A proximidade entre as áreas cortadas pela rede elétrica pode minimizar as variações ambientais, mantendo a umidade e reduzido o estresse a que as plantas estariam expostas caso o ambiente não florestado fosse um campo aberto.

A borda apresentou índices mais elevados de diversidade funcional em comparação ao interior, refletindo a sutil distinção na composição florística. Em geral é esperado que a diversidade funcional relacione-se de forma positiva com a diversidade de espécie, pois cada nova espécie adicionada ao ecossistema não só contribuirá para a diversidade de espécies, mas também poderá contribuir para a diversidade funcional, assumindo que o conjunto de traços funcionais de cada nova espécie ainda não está presente na comunidade (Lohbeck *et al.* 2012). Em uma comunidade, não existem duas espécies com exatamente os mesmos traços funcionais, quando traços suficientes são selecionados. Assim, o maior número de espécies em uma comunidade reflete em um maior conjunto de caracteres funcionais e em uma maior diversidade funcional. (Mason *et al.*, 2005; Casanoves *et al.* 2011; Zang *et al.*, 2014).

A riqueza funcional (FRic) relacionou-se com a riqueza específica e com a diversidade do ecossistema. Considerando que alterações ambientais intervêm nesses aspectos (Couto *et al.* dados inéditos - capítulo I), a riqueza funcional seria diretamente atingida pela fragmentação. FRic expressa à proporção do volume funcional ocupado pela espécie na comunidade baseado no valor do traço funcional (Mouchet *et al.* 2010, Casanoves *et al.*, 2011) bem como, representa com precisão a mudança na dimensão do espaço funcional (Mouchet *et al.* 2010), desta forma, mudanças na estrutura da comunidade, como borda lineares, causaria impacto na diversidade funcional, mesmo que os índices FEve, FDiv e FDis não sejam suscetíveis.

Um ponto relevante a ser considerado é o tempo de implantação da borda linear, borda recém-criada pode ser estruturalmente homogênea ou muito semelhante ao interior da floresta (Holanda *et al.* 2010). A rede elétrica de alta tensão que estabelece a borda linear na floresta estacional investigada tem cerca de 50 anos, este tempo poderia ser suficiente para que ocorressem alterações na comunidade ou para que a floresta

tenha restabelecido um equilíbrio em relação as alterações ocorridas. Considerando o estudo de Chazdon (2012), fragmentos de 15-50 anos a partir de uma perturbação ambiental, ainda passam por várias mudanças, incluindo o efeito de borda, o poderia indicar o quanto a vegetação ainda pode estar sucessível ao efeito da borda linear.

A diversidade funcional é semelhante na borda e no interior da floresta, evidenciada pela comparação dos índices, espécies co-ocorrentes e a formação dos grupos funcionais, mas o maior índice obtido no interior para a riqueza funcional reflete a perda biológica ocasionada pela instalação da borda, aspecto evidenciado pela maior abundância de *Eschweilera tetrapetala* Mori no interior, espécie endêmica das florestas submontanas da região.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) o apoio financeiro para realização do projeto, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a concessão da licença de pesquisa, ao apoio do Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Estadual de Feira de Santana e a Fundação Chapada Diamantina a hospedagem e a ajuda no trabalho de campo durante toda pesquisa.

Referencia Bibliográfica

- Ayres, M., Ayres, JR. M., Ayres, D.L. & Santos, A.A.S. 2007. **Bioestat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências Bio-médicas**. Sociedade Civil Mamirauá, Belém.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 6(22): 711–728.
- Bremner, J.; Rogers, S.I. & Frid, C.L.J. 2003. Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems: a comparison of approaches. **Ecology Progress** 254: 11-/25.
- Barroso, G.M.; Morim, M.P.; Peixoto, A.L. & Ichaso, C.L.F. 1999. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV. 443p.
- Bencke, C.S.C. e Morellato, L.P.C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica** 25 (3): 269-275

- Bussab W.O & Morettin P.A. 2003. **Estatística Básica**. 5 ed. São Paulo: Saraiva.
- Cara, P.A.A. 2006. **Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e a dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na floresta atlântica ao norte do Rio São Francisco**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Casanoves, F.; Pla, L.; Di Rienzo, J.A.; Díaz, S. 2011. Fdiversity: a software package for the integrated analysis of functional diversity, *Methods in Ecology and Evolution* 2(3): 233–237.
- Cerqueira, C.O. 2009. **Fenologia, caracteres morfológicos foliares e dispersão em uma floresta montana, Serra da Bacia, Palmeiras, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.
- Chazdon, R.L. 2012. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais 7(3): 195-218.
- Cianciaruso, M.V.; Silva, I.A. & Batalha, M.A. 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**. 9(3): 093-103.
- Couto, A.P.L. 2008. **Composição florística e estrutura de uma floresta estacional submontana, Parque Nacional da Chapada Diamantina, Lençóis, Bahia, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, Bahia.
- Couto, A. P. L.; Funch, L.S. & Conceição, A.A. 2011. Composição florística e fisionomia de floresta estacional semidecíduasubmontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia** 61(2): 391-405.
- Díaz, S. & Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends Ecology Evolution** 16(8): 646-655.
- Díaz, S.; Symstad, A.J.; Chapin, F.S. III; Wardle, D.A. & Huenneke, L.F. 2003. Functional diversity revealed by removal experiments. **Trends in Ecology and Evolution** 18:140-146.
- Fournier, L.A. & Charpentier, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba** 25: 45-48.

- Frankie, G.W., Baker, H.G. & Opler, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology** 62: 881-913.
- Funch, L.S.; Funch, R.R. & Barroso, G.M. 2002. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica** 34: 40-50.
- Girão, L.C.; Lopes, A.V.; Tabarelli, M. & Bruna, E.M. Changes in Tree Reproductive Traits Reduce Functional Diversity in a Fragmented Atlantic Forest Landscape. **PLoS ONE** 2(9): e908. 2007 doi:10.1371/journal.pone.0000908
- Gonçalves, C.S. 2013. **Traços florais e filogenia em espécies lenhosas do cerrado**. Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.
- Griffiths, B.S.; Ritz, K. & Wheatley, R.E. 1997. Relationship between functional diversity and genetic diversity in complex microbial communities. pp. 1-/9. In: Insam, H. & Rangger, A. (eds), **Microbial communities**. Springer-Verlag.
- Hammer, O; Harper, D.A.T. & Ryan, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 1-9 http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. 2001.
- Holanda, A. C.; Feliciano, A. P.; Marangon, L. C.; Santos, M. S.; Melo, C. L. S. M. S.; e Pessoa, M. M. L. 2010. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, 34(1): 103-114.
- Laurance, W.F.; Nascimento, H.E.M.; Laurance, S.G.; Andrade, A.C.; Fearnside, P.M.; Ribeiro, J.E.L. and Capretz, R.L. 2006. Rain Forest fragmentation and the proliferation of successional trees. **Ecology** 87(2): 469–482.
- Lenza, E. & Oliveira, P.E. 2005. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira Botânica** 28(1): 179-190
- Lepš, J.; Bello, F.; Lavorel, S. & Berman, S. 2006. Quantifying and interpreting functional diversity of natural communities: practical considerations matter. **Preslia** 78: 481–501.
- Lohbeck, B. M.; Poortera, L.; Pazb, H.; Plac, L.; van Breugeld, M.; Martínez-Ramosb, M. & Bongersa, F. 2012. Functional diversity changes during tropical forest succession. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** 14:89–96

- Loiola, P.P.; Cianciaruso, M.V.; Silva, I.A. & Batalha, M.A. 2010. Functional diversity of herbaceous species under different fire frequencies in Brazilian savannas. **Flora** 205: 674–681.
- Lomolino, M.V. 2001. Elevation gradients of species diversity: historical and prospective views. **Global Ecology and Biogeography** 10: 3–13.
- Mason, N.W.H.; Mouillot, D.; Lee, W.G. & Wilson, J.B. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **Oikos** 111: 112 – 118.
- Mouchet, M.A.; Villeger, S.; Mason, N.W.H. & Mouillot, D. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. **Functional Ecology** 24: 867–876
- Mori, S.A.; Silva, L.A. M.; Lisboa, G. & Coradin, L. 1989. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. CEPEC/CEPLAC, Ilhéus.
- Müller, S.C.; Overbeck, G.E.; Pfadenhauer, J. & Pillar, V.D. 2007. Plant functional types of woody species related to fire disturbance in forest–grassland ecotones. **Plant Ecology** 189:1–14.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** 10: 58-62.
- Newstrom, L.E.; Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** 26: 141-159.
- Oliveira, P.E & Gibbs, P.E. 2000. Reproductive biology of woody plantas in a cerrado community of Central Brazil. **Flora**195: 311–329
- Paciência, M.L.B. & Prado, J. 2005. Effects of forest fragmentation on pteridophyte diversity in a tropical rain forest in Brazil. **Plant Ecology** 180: 87–104.
- Pakeman, R.J.; Lepš, J; Kleyer, M.; Lavorel, S.; Garnier, E. & The Vista consortium. 2009. Relative climatic, edaphic and management controls of plant functional trait signatures. **Journal of Vegetation Science** 20: 148–159,
- Pedroni, F.; Sanchez, M. & Santos, F.A.M. 2002. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffi* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 25(2): 183-194.
- Pearson, T.H. 2001. Functional group ecology in soft-sedimentmarine benthos: the role ofbioturbation. **Oceanography and Marine Biology**. 39: 233 – 267

- Petchey, O.L. & Gaston, K.J. 2002. Functional Diversity (FD), species richness, and community composition. **Ecology Letters** 5(3):402-411.
- Petchey, O.L. 2004. On the statistical significance of functional diversity. **Funct. Ecol.** 18(2):297-303.
- Petchey, O. L., Hector, A. & Gaston, K. J. 2004. How do different measures of functional diversity perform. **Ecology** 85: 847-857.
- Petchey, O.L.; O’Gorman, E.J. & Flynn, D.F.B. 2009. A functional guide to functional diversity measures. Chapter 4. In: Naeem, S., Bunker, D., Hector, A., Loreau, M. and Perrings, C (eds) **Biodiversity, Ecosystem Functioning, and Human Wellbeing: an Ecological and Economic Perspective**. Oxford: Oxford University Press
- Pillar, V.D. & Sosinski JR., E.E. 2003. An improved method for searching plant functional types by numerical analysis. **Journal of Vegetation Science** 14: 323-332.
- Pla, F.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J. 2012. Functional Groups. Chapter 2. Pp: 92 In: **Quantifying Functional Biodiversity**. Springer Briefs in Environmental Science, Springer, Berlin.
- Pohlman, C.L.; Turton, S.M. & Goosem, M. 2007. Edge effects of linear canopy openings on tropical rain forest understory microclimate. **Biotropica** 39: 62-71.
- RADAMBRASIL. 1981. Levantamento de recursos naturais. Folha SD.24 – Salvador. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro. 624p.
- Reznik, G.; Pires, J.P.A. & Freitas, L. 2012. Efeito de bordas lineares na fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em um remanescente de Mata Atlântica. **Acta Botanica Brasilica** 26(1): 65-73.
- Ribeiro, M.T.; Ramos, F.N. & Santos, F.A.M. 2009. Tree structure and richness in an Atlantic Forest fragment: distance from anthropogenic and natural edges. **Revista Árvore** 33(6): 1123-1132.
- Santos, F.R.C. 2007. **Fenologia de espécies arbóreas do dossel e sub - dossel em um fragmento de mata atlântica semi-decídua em Caratinga, Minas Gerais, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Singerr. B. 2004. Orquídeas brasileiras e abelhas. Texto e fotos. www.webbee.org.br acesso em 05/06/2014

- Song, Y.; Wang, P.; Li, G. & Zhou, D. 2014. Relationships between functional diversity and ecosystem functioning: A review. **Acta Ecologica Sinica** 34: 85–91.
- Solbrig, O.T. 1994. Plant traits and adaptive strategies: their role in ecosystem function. Pp: 97-116 In: Schulze, E. D.; Mooney, H. A. (Orgs.) **Biodiversity and ecosystem function**. Berlin: Springer-Verlag.
- Vale V.S.; Dorneles M.C.; Schiavini I; Mendonça E.T.; Almeida C.G.; Silva, P.A.; Crespilho, R.F. 2011. Grupos funcionais e sua importância ecológica na vegetação arbórea em um remanescente florestal urbano, Uberlândia, MG. **Natureza on line** 9 (2): 67-75.
- Van Der Pijl, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd edition. Springer-Verlag, Berlin. 215p.
- Tabarelli, M.; Mantovani, W. & Peres, C.A. 1999. Effects of Habitat Fragmentation and Plant Guild structure in the Montane Atlantic Forest of Southeastern Brazil. **Biological Conservation** 91: 119-127.
- Tilman, D. 2001. Functional diversity. Pp. 109-120. In: Levin, S. A. **Encyclopedia of biodiversity**. San Diego: Academic Press,.
- Williams-Linera, G. & Meave J. 2002. Patrones fenológicos. Pp: 407-431. In: Guariguata, M. R. & Kattan, G. H. (eds.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Libro Universitario Regional, Costa Rica.
- Zhang J-T, Fan LH, Li M. 2012. Functional diversity in plant communities: theory and analysis methods. *African Journal of Biotechnology* 11: 1014–1022.
- Zhang, J.T.; Li, M. & Nie, E. 2014. Pattern of functional diversity along an altitudinal gradient in the Baihua Mountain Reserve of Beijing, China. **Brazilian Journal of Botany**. - DOI 10.1007/s40415-014-0047-4.2014.

Apêndice 1: Famílias e espécies ocorrentes em um trecho de floresta estacional submontana com respectivos hábitos, a numeração de identificação utilizada na classificação dos grupos funcionais evouche testemunho. MV = material vegetativo; * = espécies exclusivas na borda da vegetação; \$ = espécies exclusivas no interior da vegetação. HUEFS = Herbário da Universidade Estadual de Feira de Santana.

| Família/ Espécie | Hábito | NI | No voucher HUEFS |
|--|----------------|----|------------------|
| ACANTHACEAE | | | |
| <i>Ruellia affinis</i> (Nees) Lindau * | Trepadeira | 1 | 120568 |
| ANACARDIACEAE | | | |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl | Árvore | 3 | 120582 |
| <i>Tapirira</i> sp.* | Árvore | 4 | |
| ANNONACEAE | | | |
| <i>Guatteria oligocarpa</i> Mart. | Árvore | 5 | 120563 |
| APOCYNACEAE | | | |
| <i>Aspidosperma discolor</i> A. DC. | Árvore | 6 | |
| <i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson | Árvore | 7 | 120542 |
| <i>Temnadenia violacea</i> (Vell.) Miers \$ | Trepadeira | 63 | 120590 |
| Apocynaceae indeterminada \$ | Trepadeira | 62 | 186306 |
| BIGNONIACEAE | | | |
| Bignoniaceae indeterminada 1 | Trepadeira | 8 | 186312 |
| BROMELIACEAE | | | |
| <i>Tillandsia usneoides</i> L.* | Epífita | 9 | |
| BURSERACEAE | | | |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March. | Árvore | 10 | 120540 |
| CHRYSOBALANACEAE | | | |
| <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng. | Árvore | 11 | 120549 |
| CYPERACEAE | | | |
| <i>Cyperus</i> sp. | Erva terrestre | 12 | 186305 |
| <i>Rhynchospora</i> sp. | Erva terrestre | 13 | 120532 |
| DILLENIACEAE | | | |
| <i>Davilla rugosa</i> Poir. | Trepadeira | 14 | 120537 |
| EUPHORBIACEAE | | | |
| <i>Aparistimum cordatum</i> (A. Juss.)Baill | Árvore | 15 | |
| <i>Chaetocarpus echinocarpus</i> (Baill.) Ducke | Árvore | 16 | 186328 |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl.s Aubl.* | Árvore | 17 | 120551 |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers. ex Benth | Árvore | 18 | 120556 |
| FABACEAE | | | |
| <i>Andira micrantha</i> * | Árvore | 19 | |
| <i>Bauhinia funchiana</i> A.Vaz | | 20 | |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Árvore | 21 | 120575 |
| <i>Hymenolobium janeirense</i> var. <i>stipulatum</i> (N. Mattos) Lima | Árvore | 22 | |
| <i>Inga</i> sp. | Arbusto | 23 | |

Apêndice 1: continuação

| Família/ Espécie | Hábito | NI | No voucher HUEFS |
|---|----------------|----|---------------------|
| FABACEAE | | | |
| Fabaceae indeterminada 1 | Trepadeira | 24 | 186315 |
| LAURACEAE | | | |
| <i>Nectandra membranaceae</i> (Sw.) Griseb. | Árvore | 30 | |
| <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez | Árvore | 31 | |
| <i>Ocotea dyospirifolia</i> (Meisn.) Mez* | Árvore | 32 | |
| <i>Ocotea glomerata</i> (Ness.) Mez | Árvore | 33 | 120580 |
| <i>Ocotea nitida</i> (Meisn.) Rohwer | Árvore | 34 | 96130 |
| <i>Ocotea sp.2</i> | Árvore | 35 | |
| LECYTHIDACEAE | | | |
| <i>Eschweilera tetrapetala</i> Mori | Árvore | 36 | 110082 |
| MALPIGHIACEAE | | | |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth \$ | Árvore | 66 | 124625 |
| <i>Byrsonima sericea</i> DC. \$ | Árvore | 67 | 120554 |
| Malpighiaceae indeterminada 1* | Trepadeira | 37 | |
| AMARANTHACEAE | | | |
| <i>Monotagma plurispicatum</i> Koern.) Schum | Erva terrestre | 2 | 120546 |
| MELASTOMATACEAE | | | |
| <i>Clidemia hirta</i> (L.) D. \$ | Arbusto | 68 | |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana* | Arbusto | 38 | 186325 |
| <i>Miconia holosericea</i> (L.) DC. * | Árvore | 39 | 120559 |
| <i>Miconia rimalis</i> Naudin. | Árvore | 40 | 120581 |
| MYRTACEAE | | | |
| <i>Calyptanthes lucida</i> DC.* | Árvore | 41 | |
| <i>Egenia laxa</i> DC.* | Árvore | 42 | |
| <i>Eugenia sp.*</i> | Árvore | 43 | |
| <i>Myrcia detergens</i> Miq. | Árvore | 44 | 96121 |
| <i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.* | Árvore | 45 | |
| <i>Myrcia obovata</i> (Berg.) Niedz | Árvore | 46 | 120577 |
| <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) Mc Vaugh \$ | Árvore | 69 | 96112 |
| <i>Psidium brawnianum</i> \$ | Árvore | 70 | |
| ORCHIDACEAE | | | |
| <i>Campylocentrum micranthum</i> (Lindl.) Rolfe* | Epífita | 47 | |
| <i>Notylia sp.*</i> | Epífita | 48 | |
| <i>Vanilla sp.*</i> | Epífita | 49 | |
| PASSIFLORACEAE | | | |
| Passifloraceae indeterminada \$ | Trepadeira | 71 | 186310 |
| POACEAE | | | |
| <i>Ichnanthus bambusiflorus</i> (Trin.) Döll in Mart. | Erva terrestre | 50 | 120569 |
| POLYGALACEAE | | | |
| <i>Polygala oxyplylla</i> DC* | Erva terrestre | 51 | 96114 |

Apêndice 1: continuação

| Família/ Espécie | Hábito | NI | No voucher HUEFS |
|---|----------------|----|---------------------|
| RUBIACAE | | | |
| <i>Malanea</i> sp. | Trepadeira | 52 | 120579 |
| <i>Palicourea marcgravii</i> A. St.-Hil. | Arbusto | 53 | 120561 |
| RUBIACAE | | | |
| <i>Psychotria barbiflora</i> DC. | Arbusto | 54 | 120530 |
| SALICACEAE | | | |
| <i>Casearia arborea</i> (Rich) Urban | Árvore | 55 | 120571 |
| <i>Casearia commersoniana</i> Cambess.* | Árvore | 56 | 120573 |
| SAPINDACAE | | | |
| <i>Paullinia rhomboidea</i> Radlk | Trepadeira | 57 | 120588 |
| SAPOTACAEAE | | | |
| <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk. | Árvore | 58 | 186332 |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | Árvore | 59 | |
| <i>Micropholis gardneriana</i> (A.DC.) Pierre | Árvore | 60 | 120578 |
| SMILACACEAE | | | |
| <i>Smilax</i> sp. | Trepadeira | 61 | 110078 |
| INDETERMINADA 1 | | | |
| Indeterminada 1 | Trepadeira | 25 | 186309 |
| INDETERMINADA 2 | | | |
| Indeterminada 2* | Erva terrestre | 26 | 186303 |
| INDETERMINADA 3 | | | |
| Indeterminada 3 | Trepadeira | 27 | 186308 |
| INDETERMINADA 4 | | | |
| Indeterminada 4\$ | Árvore | 64 | |
| INDETERMINADA 5 | | | |
| Indeterminada 5* | Trepadeira | 28 | 186322 |
| INDETERMINADA 6 | | | |
| Indeterminada 6* | Trepadeira | 29 | 186330 |
| INDETERMINADA 7 | | | |
| Indeterminada 7 \$ | Trepadeira | 65 | 186319 |

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura da floresta estacional situado no Parque Nacional da Chapada Diamantina foi suscetível aos efeitos de borda linear, com variações na composição florística, diversidade e abundância das espécies. *Eschweilera tetrapetala* Mori, espécie endêmica das florestas submontanas da região, apresentou maior abundância no interior, demonstrando que o efeito da borda linear interferiu na distribuição da espécie endêmica.

A implementação de infraestruturas lineares trouxe impactos semelhantes àqueles advindos de bordas não lineares na estrutura da comunidade. Nos demais aspectos analisados (diversidade funcional, fenologia reprodutiva e as síndromes de polinização e dispersão) as variações foram sutis para a comunidade arbórea, provavelmente pela menor distância criada pelas estruturas lineares entre os fragmentos florestais. Mas o mesmo não ocorreu em relação a arbustos, ervas e trepadeiras, sendo estes mais suscetíveis.

Os atributos foliares não apresentaram relevância em relação aos padrões fenológicos foliares, não sendo bons descritores para a floresta estacional sempre verde.

Quanto à fenologia foliar, mesmo em um ambiente com sazonalidade ambiental, a floresta se demonstrou sem variação, mantendo a fisionomia da vegetação ao longo das estações secas e chuvosas. Tais aspectos corroboram com a classificação das florestas brasileiras, ao verificar a ocorrência de florestas estacionais sempre verde no Bioma Caatinga, até então não registradas pelo IBGE.