



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**LAURA SUÉLLEN LISBOA FERREIRA**

**O EFEITO DA TOPOGRAFIA E MICROCLIMA NA FLORÍSTICA E ESTRUTURA  
DE ÁRVORES E NA PRODUÇÃO DE LITEIRA EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA  
DENSE NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM – PARÁ**

**2012**

**LAURA SUÉLLEN LISBOA FERREIRA**

**O EFEITO DA TOPOGRAFIA E MICROCLIMA NA FLORÍSTICA E ESTRUTURA  
DE ÁRVORES E NA PRODUÇÃO DE LITEIRA EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA  
DENSE NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ecossistemas Amazônicos.

Orientação: Dr. José Henrique Cattanio

Coorientação: Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim.

**BELÉM – PARÁ**

**2012**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

F383e Ferreira, Laura Suellen Lisboa

O efeito da topografia e microclima na florística e estrutura de árvores e na produção de liteira em uma floresta ombrófila densa na Amazônia Oriental/ Laura Suéllen Lisboa Ferreira; Orientador: José Henrique Cattanio; Coorientador: Mário Augusto Gonçalves Jardim- 2012.

79fl.: il.

Dissertação (mestrado em ciências ambientais) – Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2012.

1. Floresta primária. 2. Índice de valor de importância. 3. Riqueza de espécies. 4. Produção de liteira. 5. Sazonalidade. 6. Caxiuanã. I.Cattanio, José Henrique, *orient.* II.Jardim, Mário Augusto Gonçalves, *coorient.* III. Universidade Federal do Pará. IV.Título.

CDD 22º ed.:577.3409811

---

**LAURA SUÉLLEN LISBOA FERREIRA**

**O EFEITO DA TOPOGRAFIA E MICROCLIMA NA FLORÍSTICA E ESTRUTURA  
DE ÁRVORES E NA PRODUÇÃO DE LITEIRA EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA  
DENSA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito:

Banca examinadora:

---

Prof. Francisco de Assis Oliveira - Membro  
Doutor em Ciências (Geologia e Geoquímica)  
Universidade Federal Rural da Amazônia

---

Prof. Steel Silva Vasconcelos - Membro  
Doutor em Recursos e Conservação Florestais  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

---

Prof. Leonardo Deane de Sá - Membro  
Doutor em Astrophysique  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

---

Prof. José Henrique Cattanio – Orientador  
Doutor em Agronomia  
Univesidade Federal do Pará

Dedico este trabalho aos meus pais, **Rosângela Lisboa Ferreira** e **Oswaldo Dias Ferreira**, aos meus irmãos **Leonardo Ricelli Lisboa Ferreira** e **Leandro Renan Lisboa Ferreira** e a todos aqueles que estiveram presentes nessa etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus pela vida e força que me engrandece a cada dia, Ele com todo o seu amor e misericórdia me deu capacidade e oportunidade de concluir esse trabalho.

Ao orientador Dr. José Henrique Cattanio pela orientação nesses três anos de curso de mestrado.

Á Universidade Federal do Pará (UFPA), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Oriental pelo curso de mestrado.

Á Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES pela concessão de bolsa no período de Agosto de 2009 à Fevereiro de 2011.

Aos projetos Cenários para a Amazônia e Universal/CNPq (Processo nº 472112/2007-4) pelo financiamento das viagens a campo e na compra dos equipamentos utilizados na pesquisa.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi pela concessão do uso do laboratório de ecologia vegetal para a triagem do material de liteira coletado em campo.

Ao IBAMA, pela disponibilidade dos dados de sua estação automática na Floresta Nacional de Caxiuanã.

Ao Dr. Mario Augusto Gonçalves Jardim pela co-orientação.

Aos membros da banca, Dr. Francisco de Assis Oliveira, Dr. Steel Silva Vasconcelos e Dr. Leonardo Deane de Sá pelo aceite do convite de participar da avaliação desse trabalho científico.

À coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Dra. Maria Aurora Mota pelo grande incentivo e apoio na conclusão desse trabalho.

Aos técnicos do Museu Paraense Emílio Goeldi, Júlio Melo Luiz Carlos Lobato, pela ajuda na triagem do material de liteira e identificação do material botânico, respectivamente.

Aos auxiliares de campo, pelo apoio em todas as viagens de coletas na Grade do Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia (PPBio) e pelo carinho e amizade.

Aos meus familiares pelo apoio incondicional e ao meu namorado George Colares Silva Filho pelo apoio, amor, carinho, paciência, confiança e amizade que tem me dedicado.

Aos amigos de classe de mestrado, especialmente a Priscila Sanjuan de Medeiros pela amizade e companhia nas viagens de campo.

A todas as pessoas ou instituições que direta ou indiretamente colaboraram com o meu trabalho.

“Feliz é o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire entendimento.”

(Provérbios 3: 13)

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da topografia e microclima (temperatura e precipitação) na florística e estrutura de árvores e produção de liteira em uma floresta ombrófila densa na Floresta Nacional de Caxiuana. Na grade de 25 km<sup>2</sup> do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBIO), foram escolhidas três áreas (A, B e C) onde foram demarcadas parcelas de 10 x 100 m, seguindo um mesmo perfil topográfico (baixio, intermediário e platô). Nestas parcelas, foram identificados todos os indivíduos arbóreos com DAP  $\geq$  10 cm para realização da fitossociologia, levando em consideração os parâmetros absolutos e relativos da densidade, frequência e dominância, calculando assim, o índice de valor de importância (IVI). Os dados micrometeorológicos de temperatura foram obtidos a partir de datalogger Hobo Pro v2 e os dados de precipitação foram coletados pela estação automática do IBAMA. Foram encontradas 124 espécies, distribuídas em 33 famílias botânicas. As famílias mais ricas em número de espécies foram Sapotaceae (17), Chrysobalanaceae (10), Lecythidaceae (10) e Caesalpiniaceae (8). As famílias mais abundantes em número de indivíduos foram Sapotaceae (65), Chrysobalanaceae (52) e Caesalpiniaceae (40). A área apresentou pequena diversidade florística constatada pelo baixo Índice de Diversidade de Shannon ( $H' = 3.16$ ) e alta uniformidade nas proporções indivíduos/espécies dentro da comunidade vegetal, devido ao grau de equitabilidade de Pileou ( $J' = 0,94$ ). Não houve diferenças significativas na riqueza e diversidade de árvores em relação aos platôs, intermediários e baixios, assim como, na densidade de espécies e área basal dos indivíduos. Não houve uma nítida separação na composição de espécies de árvores (DAP  $\geq$  10 cm) entre as parcelas amostradas na condição topográfica de platô, intermediário e baixio. A família com maior IVI foi Sapotaceae para a topografia de baixio e intermediário, e Lecythidaceae para o platô e as espécies com maior IVI para as três topografias foram *Lecythis idatimon*, *Rinoria guianensis* e *Eschweilera coriacea*. A média na produção de liteira total nas nove parcelas foi de 758,59 kg ha<sup>-1</sup>. Não houve diferença significativa na produção de liteira em relação à topografia e as temperaturas média e máxima, entretanto o mesmo não aconteceu em relação à precipitação e a temperatura mínima, onde houve diferença significativa. A fração foliar (73,55%) foi a mais representativa na composição de liteira, seguida de galhos (24,98%), frutos (3,88%) e flores (3,85%). A produção de flores e frutos não apresentou diferença significativa com a

topografia. Não houve relação entre produção de flores com a precipitação e temperatura. Já, a produção de frutos apresentou diferenças significativas com a precipitação e temperatura máxima e mínima. A topografia não apresentou influência na florística e estrutura de árvores e na produção de liteira nas nove parcelas estudadas, porém a variação na precipitação e temperatura apresentou forte influência na produção de liteira total e na produção de frutos.

Palavras-Chave: Floresta Primária. Índice de valor de importância. Riqueza de espécies. Produção de liteira. Sazonalidade. Caxiuanã.

## ABSTRACT

The object this study was to study the effect of topography and microclimate (temperature and precipitation) in the floristic and structure of trees and litter production in a tropical rain forest in the National Forest Caxiuanã. In the grade of 25 km<sup>2</sup>PPBio, three areas were chosen (A, B and C) where plots were established 10 x 100 m, following the same topographic profile (lowland, intermediate and plateau). These plots, we identified all trees with DBH  $\geq$  10 cm for the realization of phytosociologic, taking into account the parameters of absolute and relative density, frequency and dominance, thus calculating the index value of importance (IVI). Micrometeorological temperature data were obtained from connected data logger Hobo Pro v2 and precipitation data were collected by the automatic station of IBAMA. We found 124 species in 33 plant families. The richest families in number of species were Sapotaceae (17), Chrysobalanaceae (10), Lecythidaceae (10) and Caesalpiniaceae (8). The most abundant families in number of individuals were Sapotaceae (65), Chrysobalanaceae (52) and Caesalpiniaceae (40). The area showed little floristic diversity evidenced by the low Shannon Diversity Index ( $H' = 3.16$ ) and high uniformity in the proportions individuals/species within the plant community, given the degree of evenness of Pileou ( $J' = 0,94$ ). There were no significant differences in richness and diversity of trees in relation to the plateaus, intermediate and lowland, as well as the density of species and basal area individuals. No there was a clear separation in the composition of tree species (DBH  $\geq$  10 cm) between the plots sampled in the plateau topographic condition, intermediate and lowland. The family with the highest IVI was Sapotaceae for the topography of lowland and intermediate, and Lecythidaceae for the plateau and species with higher IVI for three topographies were *Lecythis idatiomon*, *Rinoria guianensis* and *Eschweilera coriacea*. The average production of total litter in the nine plots was 758.59 kg ha<sup>-1</sup>. There was no significant difference in the production of litter in relation to topography and medium temperature and maximum temperature, but in relation to rainfall and minimum temperature there was differences. The leaf fraction (73,55%) was the most representative in the composition of litter, followed by branches (24,98%), fruits (3,88%) and flowers (3,85%). The flower production and fruits showed no significant relationship with the topography. No relationship was found in flower production with rainfall and temperature, but the fruits production

showed significant differences with precipitation and maximum temperature and minimum. The topography does not influence the floristic and structure of trees and litter production in the nine studied plots, but the variation in precipitation and temperature had a strong influence on litter production total and fruit production.

Keywords: Primary Forest. Index value of importance. Species richness. Litter production. Seasonality. Caxiuanã.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

		p
Figura 1 -	Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. Em destaque a localização da Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn) situada a 30 km da Grade do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). Fonte: Adaptada do Museu Paraense Emílio Goeldi.....	33
Figura 2 -	Esquemática dos locais onde foram distribuídas as parcelas de 10 X 100 m em cada perfil de declividade da floresta ombrófila densa de terras baixas divididos em regiões de platô, intermediário e baixio na grade do PPBio, Caxiuanã.....	34
Figura 3 -	Esquema da posição dos instrumentos dentro das parcelas estudadas, na Grade do PPBio, Caxiuanã, Pará.....	37
Figura 4 -	Média e desvio padrão da riqueza (A) e diversidade (B) de espécies em relação aos platôs, intermediários e baixios na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	39
Figura 5 -	Ordenação das parcelas amostradas na floresta ombrófila densa de terras baixas na Floresta Nacional de Caxiuanã, usando o índice de similaridade de Sorensen e tendo como método de ligação o vizinho mais próximo aos tipos de topografia (P= platô, L= intermediário e B= baixio).....	42
Figura 6 -	Média e desvio padrão da área basal (A) e densidade (B) de espécies em relação aos platôs, intermediários e baixios na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	43
Figura 7 -	Coletores de liteira, usados neste estudo.....	53
Figura 8 -	Variação mensal da produção total de liteira nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	55
Figura 9 -	Variação da produção de liteira em relação à topografia (platô, intermediário e baixio) nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	56

Figura 10 -	Variação mensal da produção total de liteira nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã em relação a temperatura.....	59
Figura 11 -	Produção mensal de liteira e a sua partição em folhas, flores, frutos e galhos, nas nove parcelas etudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã, no período de agosto de 2009 a julho de 2010.....	60
Figura 12 -	Variação mensal da produção de flores nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	61
Figura 13 -	Variação da produção de flores em relação à topografia (platô, intermediário e baixio) nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	62
Figura 14 -	Variação mensal da produção de frutos nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	63
Figura 15 -	Variação da produção de frutos em relação à topografia (platô, intermediário e baixio) nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.....	64

**LISTA DE TABELAS**

	p
Tabela 1 - Índice de valor de importância (IVI) para as famílias em diferentes topografias na Floresta Nacional de Caxiuanã....	45
Tabela 2 - Espécies, com as respectivas famílias, em ordem decrescente do Índice de Valor de Importância (IVI), Dominância (Dom. Rel.), Densidade (Den. Rel.) e Frequência (Fre. Rel.) em relação aos baixios, intermediários e platôs na Floresta Nacional de Caxiuanã...	46

## SUMÁRIO

		p
1	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	17
2	<b>PERGUNTAS</b>	<b>20</b>
3	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
3.1	GERAL.....	21
3.2	ESPECÍFICOS.....	21
4	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
4.1	MICROCLIMA.....	22
4.2	FLORÍSTICA DE CAXIUANÃ.....	23
4.3	PRODUÇÃO DE LITEIRA.....	25
5	<b>FLORÍSTICA E ESTRUTURA DE ÁRVORES DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS EM RELAÇÃO À TOPOGRAFIA NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....</b>	<b>29</b>
5.1	INTRODUÇÃO.....	29
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
5.2.1	Área de estudo.....	31
5.2.2	Análise de dados.....	34
5.2.3	Coleta de dados micrometeorológicos.....	37
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.3.1	Dados florísticos.....	38
5.3.2	Riqueza, diversidade e composição de espécies em relação à topografia.....	39
5.3.3	Densidade e área basal das árvores em relação à topografia.....	42
5.3.4	Parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal da comunidade.....	44
6	<b>PRODUÇÃO DE LITEIRA EM RELAÇÃO À TOPOGRAFIA E A FATORES MICROCLIMÁTICOS EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....</b>	<b>50</b>
6.1	INTRODUÇÃO.....	50

6.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	52
6.2.1	Distribuição dos coletores de liteira.....	52
6.2.2	Coleta de amostras.....	53
6.2.3	Análise dos dados.....	54
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
6.3.1	Produção de liteira.....	55
6.3.2	Variação na produção de liteira e topografia.....	56
6.3.3	Variação da produção de liteira e microclima.....	57
6.3.4	Variação da produção de liteira e suas frações.....	59
7	CONCLUSÕES.....	65
	REFERÊNCIAS.....	66

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais apresentam a maior riqueza de espécies e a maior complexidade estrutural do mundo (GENTRY, 1982). As variações na composição e na estrutura das florestas tropicais estão relacionadas com os aspectos físicos do ambiente (GENTRY, 1995); além de fatores climáticos como, precipitação, umidade atmosférica, velocidade dos ventos e radiação solaros quais afetam os processos de reprodução, crescimento e dispersão das plantas (CLELAND et al., 2007). A riqueza de espécies, a complexidade estrutural e a dinâmica das florestas tropicais estão correlacionadas positivamente com o total de precipitação anual (GENTRY 1982). Segundo Medina (1996), a estrutura da comunidade muda, ao longo de um gradiente de precipitação, em termos de altura da comunidade, densidade de cobertura do solo, proporção de árvores e arbustos e ocorrência de epífitas, lianas e hemiparasitas.

A Amazônia é uma região tropical com alta diversidade biológica e água superficial, onde a floresta interage fortemente com a atmosfera, rios e lagos (DAVIDSON; ARTAXO, 2004). As plantas estão interligadas com a sazonalidade do habitat, sendo que agentes físicos desencadeiam em algumas espécies o processo de reprodução e dispersão. As espécies e os ecossistemas estão sendo influenciados por mudanças no ambiente (CLEAND et al., 2007). Experimentos de mudanças climáticas globais têm documentado a influência do aumento da temperatura e alteração na precipitação sobre a fenologia de plantas em diferentes ecossistemas (ARFT et al., 1999; FERRAZ et al., 1999; CLEAND et al., 2006). A fenologia descreve eventos biológicos repetitivos das plantas, em nível de população ou comunidade, procurando relacionar esses eventos com fatores bióticos e abióticos (FERRAZ et al., 1999).

A floresta tropical densa de terra firme, que cobre a maior parte da região e que se situa predominantemente sobre solos de baixa fertilidade química natural (JORDAN, 1985; FERNANDES, 1997), deve sua sobrevivência e produtividade à sua alta diversidade vegetal, composta por espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo. Essas espécies têm uma baixa demanda por nutrientes minerais e dependem, então, de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta (JORDAN, 1985). A reciclagem da matéria

orgânica depende fortemente da atividade biológica que, em condições naturais na floresta, é muito favorecida pela temperatura e umidade apropriadas da região.

A ciclagem de nutrientes depende principalmente da deposição do material de liteira no solo. A deposição de liteira varia durante o ano com as estações climáticas, contribuindo juntamente com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das águas da chuva (LIMA, 1987; OLIVEIRA, 1987). Através de um gradiente vertical de decomposição, a liteira é responsável pelo armazenamento de água no solo, bem como pelo aumento das taxas de infiltração e condicionamento dos fluxos superficiais (OLIVEIRA, 1987).

A produção de liteira depende da produtividade (produção primária) da comunidade vegetal, tendo como fatores determinantes o clima (como mencionado acima), e também a fertilidade do solo, sua capacidade de retenção de água, bem como a composição florística da floresta (FACELLI; PICKET, 1991; VIBRANS; SEVEGNANI, 2000).

Além da importância na determinação da produção de liteira, os estudos florístico e fitossociológico também são importantes para fornecer informações qualitativas, que ajudam a conhecer as funções das diferentes espécies de plantas na comunidade, bem como os habitats preferenciais de cada uma delas. Variações de solos e relevo, associados às condições hidrológicas, são determinantes para os diferentes tipos característicos de cobertura vegetal na região amazônica (PIRES, 1973).

As características edáficas e topográficas também são fatores responsáveis pela dissimilaridade entre comunidades vegetais na Amazônia (GENTRY, 1988; GUILLAUMET, 1987; TUOMISTO et al., 1995). Outros autores observaram que, mesmo entre parcelas muito próximas, pode ocorrer baixa similaridade em florestas de terra firme (CAMPBELL et al., 1986; FERREIRA; PRANCE, 1998).

A região de Caxiuanã possui uma multiplicidade de ecossistemas (LISBOA; SILVA; ALMEIDA, 1997). A Floresta de terra firme é o ecossistema mais extenso e diverso da Estação Científica Ferreira Penna e a riqueza específica desse ecossistema mostra-se mais elevada quando comparada a outros (ALMEIDA; LISBOA; SILVA, 1993; ALMEIDA et al., 1997; LISBOA; SILVA; ALMEIDA, 1997).

A flora da região de Caxiuanã comparada com outras áreas conservadas como as florestas neotropicais apresenta, a nível de famílias botânicas, semelhanças bem descritas e estabelecidas na literatura. E as diferenças baseiam-

se, principalmente, na predominância de algumas famílias, em diversidade de espécies arbóreas (LISBOA; SILVA; ALMEIDA, 1997).

A interação da ocorrência e do crescimento de espécies florestais com características edáficas ou climáticas tem sido uma preocupação permanente de pesquisadores. No entanto, poucos estudos são direcionados para a investigação conjunta da vegetação e de variáveis ambientais climáticas que sustentam estes ecossistemas, cujo entendimento é de grande importância para compreensão da dinâmica de um ecossistema florestal.

## 2 PERGUNTAS

- Existe diferença na florística e estrutura de árvores em diferentes níveis topográficos?
- Existe diferença na produção de liteira em relação à topografia?
- As variações micrometeorológicas de precipitação e temperatura estão influenciando a produção de liteira?
- As variações micrometeorológicas de precipitação e temperatura estão influenciando a fenologia das árvores?

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Avaliar o efeito da topografia e do microclima na florística e na estrutura de árvores e na produção de liteira em uma floresta ombrófila densa de terras baixas na Floresta Nacional de Caxiuanã.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Comparar a riqueza, diversidade e composição de espécies de árvores em relação aos platôs, intermediários e baixios na Floresta Nacional de Caxiuanã;
- Comparar a densidade e área basal de espécies de árvores em relação aos platôs, intermediários e baixios na Floresta Nacional de Caxiuanã;
- Comparar a produção total de liteira em relação aos platôs, intermediários e baixios na Floresta Nacional de Caxiuanã;
- Correlacionar a produção total de liteira com grandezas micrometeorológicas, tais como precipitação e temperatura.
- Determinar a variação da produção de liteira nas frações flores e frutos, como inferência indireta de padrão fenológico.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 MICROCLIMA

O microclima refere-se ao clima na escala e no nível do organismo (ACIESP, 1997). Na floresta o microclima é caracterizado primeiramente pela modificação na luz que penetra através do dossel. A energia radiante é atenuada pela presença das folhas; quanto mais ampla a área foliar, menor a energia que chega ao sub-bosque. Ao longo do perfil vertical, altera-se conseqüentemente a temperatura, a luminosidade e a umidade do ar (POGGIANI; STAPE; GONÇALVES, 1998).

O clima e a vegetação têm uma estreita relação e isso pode ser evidenciado pela coincidência entre zonas climáticas e biomas. A variação da intensidade da radiação solar determina em grande parte a variação do clima no espaço geográfico e no tempo (PILLAR, 1995). Além de afetar o balanço de radiação das superfícies a radiação solar também influencia as condições de temperatura, movimentação do ar e disponibilidade hídrica para as plantas. A luz do sol usada diretamente pelas plantas na síntese de compostos orgânicos é praticamente a única fonte de toda a energia que circula através dos organismos em ecossistemas, além de estimular processos de diferenciação de tecidos e órgãos (PILLAR, 1995). Há também uma estreita relação entre clima e solo, pois os processos de formação dos solos, como intemperismo da rocha matriz e transporte de partículas e nutrientes são em grande parte determinados pelo clima (PILLAR, 1995).

A presença de folhas na floresta funciona como um “filtro” na interceptação de luz solar: a luz que atinge as folhas mais altas da copa difere tanto em intensidade como em espectro daquela que atinge as folhas das plantas mais próximas ao solo. Logo, a quantidade de luz que chega ao solo de uma floresta depende das espécies presentes e da densidade das sucessivas camadas abaixo do dossel (SILVA, 2004).

Além da luz, o calor exerce um importante papel sobre a vida das plantas, influenciando no seu crescimento, fisiologia e fenologia (KOLM, 2001). A temperatura no interior de florestas tropicais pode ser até 7 a 10°C menor que fora dela, o que pode ter uma grande importância biológica (JACOBS, 1988). O dossel arbóreo, a vegetação do sub-bosque e a liteira reduzem os extremos de temperatura pela interceptação de ondas longas de radiação e mantêm um maior conteúdo de umidade na superfície do solo (JACOBS, 1988).

Outro fator importante é a umidade, a qual altera as propriedades térmicas do solo, isto é, solos secos não são bons condutores de calor. A remoção do dossel da floresta pelo corte pode alterar drasticamente os níveis de umidade do solo. Ocorre uma perda de água do solo pelo aumento da evaporação, e esta perda depende da densidade do dossel e da quantidade e padrão de precipitação (PRITCHETT; WELLS, 1978).

Na floresta, segundo Oliveira et al. (2000), os raios solares são absorvidos por reflexões múltiplas dentro do dossel e menos radiação térmica perde-se da superfície. Próximo da copa das árvores a rugosidade da cobertura vegetal cria um fluxo de ar turbulento que se mistura com as camadas de ar adjacentes, proporcionam o resfriamento do dossel.

#### 4.2 FLORÍSTICA DE CAXIUANÃ

A Floresta Nacional de Caxiuaná foi criada em 1961, de acordo com o Código Florestal de 1965 (Lei 4.771) abrangendo uma área de 200.000ha no Estado do Pará (RYLANDS; BRANDON, 2005). A área foi cedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) ao Museu Paraense Emílio Goeldi, por um período de 30 anos, visando à pesquisa científica.

O local foi sugerido para a criação da Floresta Nacional (FLONA) a partir dos inventários da Missão FAO, entre 1956 e 1961, que identificaram dados estruturais e de riqueza das florestas da região. Foram identificadas aproximadamente mil espécies vegetais, entre árvores, ervas, lianas, palmeiras e epífitas, a grande maioria destas espécies foram registradas nas florestas densas de terra firme (LISBOA; SILVA; ALMEIDA, 1997).

Um dos primeiros inventários da vegetação realizados na região de Caxiuaná foi feito por Almeida; Lisboa; Silva (1993), os autores inventariaram árvores a partir de 10 cm de diâmetro, em 4 hectares de floresta em Caxiuaná, onde identificaram 338 espécies, distribuídas em 55 famílias botânicas; destas espécies 230 foram consideradas raras.

Anos mais tarde, Ilkiu-Borges et al. (2002) fizeram uma análise da diversidade florística e da estrutura da vegetação em 9 hectares de floresta de terra firme da estação Científica Ferreira Penna. Ilkiu-Borges et al. (2002) identificaram 644

espécies, em relação à estrutura da floresta a maioria dos indivíduos apresentaram DAP entre 10-20 cm, altura entre 10-20 m e área basal total de 296m<sup>2</sup>.

Um ano depois, Almeida; Thales (2003) realizaram um mapeamento dos tipos de vegetação dos ambientes naturais e antropizados da Estação Científica Ferreira Penna. Os autores indentificaram seis tipologias vegetais de porte florestal e não florestal, incluindo vegetação aquática e de origem antrópica. A tipologia mais representativa é a Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, ocupando 80-85% da área da Estação Científica Ferreira Penna.

Esta tipologia são florestas de elevada diversidade, com riqueza entre 150 a 180 espécies de árvores por hectare. A estrutura vertical apresenta sub-bosque de boa visibilidade, onde a camada do dossel é fechada, situada entre 30 e 35 m de altura. A estrutura horizontal apresenta árvores com grandes diâmetros entre 45 e 60 cm. A área basal média é cerca de 40 m<sup>2</sup>. A maioria dos solos é do grupo latossolo amarelo, ácidos e de textura arenoargilosa. As espécies características são: Angelim vermelho (*Dinizia excelsa*), maçaranduba (*Manilkara huberi*), acapu (*Vouacapoua americana*), tauari (*Couratari guianensis*) dentre outras.

Dentro dessa tipologia Almeida; Thales (2003) descreveram sub-tipologias como baixios constituída de pequenos canais que cortam a floresta com desnível de até 5 m, que pode ser parcialmente inundado ou encharcado durante as fortes chuvas do inverno amazônico; as áreas intermediárias entreo platô e o baixio. Pode ser uma faixa muito estreita nas partes mais inclinadas da topografia, ou pode ter dezenas de metros nas partes mais suaves; e os platôs constituídos da parte plana do terreno.

Silva; Almeida; Rosário (2003) estudaram a composição florística dos tipos de vegetação encontrados na região de Caxiuanã e identificaram 1054 espécies, destas a maioria foram espécies arbóreas, seguida de ervas e cipós. Na Floresta Ombrófila Densa de Terra firme, as famílias mais representativas foram Sapotaceae, Leguminosae, Chrysobalanaceae, Lecythydaceae, Burseraceae e Lauraceae. Entre as espécies destacaram-se *Vouacapoua americana* Aubl., *Dinizia excelsa* Duck, *Eschweilera coriacea* (A.P.DC.) Mart. Ex Berg, *Lecythis idatimon* Aubl., *Eschweilera grandiflora* (Aubl.) Sandw. e *Protium tenuifolium* (Engl.) Engl.

Ferreira et al. (2005) estudaram diferenças na riqueza, estrutura e composição de espécies arbóreas em uma floresta de igapó e de várzea na Estação

Científica Ferreira Penna. Os autores destacaram a maior riqueza e menor área basal na floresta de igapó em comparação a floresta de várzea.

Amaral; Almeida; Costa (2009) em um estudo na floresta primária em Caxiuanã e floresta explorada em Portel, registraram em um hectare de floresta somente para a região de Caxiuanã uma riqueza de 186 espécies. As cinco espécies com maior Índice de Valor de Importância na região foram: *Eschweilera coriacea* (Lecythidaceae), *Rinorea guianensis* (Violaceae), *Eschweilera collina* (Lecythidaceae), *Lecithis idatimon* (Lecythidaceae) e *Vouacapoua americana* (Caesalpiniaceae).

Em um estudo de multi-escala de comparação da composição de árvores em diferentes florestas de terra firme na Amazônia, incluindo a região de Caxiuanã, Coronado et al. (2009) destacaram a espécie *Eschweilera coriacea* (Lecythidaceae) como uma das espécies mais abundantes na região de Caxiuanã, assim como em Manaus e no distrito peruano de Jenaro Herrera. Os autores também citaram a importância de se analisar dados florísticos em nível de espécie para melhor definir padrões florísticos e para a compreensão da importância dos fatores ambientais para a variação florística dentro da Amazônia.

#### 4.3 PRODUÇÃO DE LITEIRA

A liteira composta por folhas, ramos, flores, frutos, e fragmentos de casca passa por um processo de ciclagem biogeoquímica após sua decomposição, liberando nutrientes que são reutilizados para o crescimento da floresta (POGGIANI, 1981). De acordo com Cole; Rapp (1980), a decomposição do material de liteira é a principal via de transferência de Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Cálcio ao solo da floresta e o potássio é devolvido principalmente pela precipitação interna.

Vários fatores afetam a quantidade de resíduos que caem da parte aérea das plantas e formam a liteira, como o clima, o solo, as características genéticas da espécie e a idade. O estoque de liteira pode ser regulada pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição. Dessa forma, quanto maior a quantidade desse material que cai e quanto menor sua velocidade de decomposição, maior será a quantidade de liteira (KOLM, 2001).

De acordo com Bray; Gorham (1964) há certa relação entre a quantidade de liteira depositada anualmente e a idade das árvores. Em geral se observa um aumento na deposição da liteira até a idade que as árvores atingem a maturidade ou fecham as suas copas. Após essa idade pode ocorrer um ligeiro decréscimo ou uma estabilização.

Os solos amazônicos são quimicamente pobres (HERRERA et al., 1978). Logo, a elevada biomassa florestal é mantida por meio de uma eficiente ciclagem biogeoquímica, incluindo mecanismos de reciclagem e conservação de nutrientes necessários à demanda nutricional da vegetação (SILVA et al., 2007). A elevada taxa de deposição de matéria orgânica na superfície do solo contribui para a manutenção de condições de temperatura e umidade favoráveis à atividade microbiana relacionada à decomposição em ecossistemas florestais (COLLOZI-FILHO; ANDRADE; BALOTA, 2001; DAVIDSON et al., 2000; DAVIDSON; JANSSENS, 2006; DIAS, 2006; PEÑA et al., 2005).

Segundo Vitousek; Sanford (1986), a produção de liteira é o processo responsável pela maior transferência de nutrientes da biomassa vegetal para o solo, pois a deposição desse material e a sua conseqüente decomposição disponibilizam nutrientes às plantas, tornando o fluxo de liteira para o solo responsável por significativo impacto nos ciclos biogeoquímicos globais, regionais e locais (SILVER; MIYA, 2001).

Caufield (1984) relatou que em um estudo na Amazônia Venezuelana, três quartos dos nutrientes estavam na biomassa (plantas vivas e árvores em si), 17% na camada de húmus e liteira e apenas 8% no solo mineral. A liteira constitui um importante elo de ligação entre o ciclo de carbono e a ciclagem de nutrientes, transferindo os elementos presentes nas plantas para o solo (Sizer, 1992). Assim, essa camada pode ser considerada uma importante fonte de nutrientes para a floresta, devendo ser aproveitada ao máximo pelas raízes.

Na floresta de terra firme da Amazônia central, a maior produção de liteira fina se dá no período menos chuvoso, de junho a outubro, enquanto que a maior parte da decomposição ocorre durante a estação chuvosa (LUIZÃO; SCHUBART, 1987). As folhas, que representam 70% do total da liteira, são de rápida decomposição. A liteira produzida anualmente ( $8,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) proporciona uma entrada de 3880 kg de

carbono, 151 kg de nitrogênio, 3 kg de fósforo, 16 kg de enxofre, 15 kg de potássio, 37 kg de cálcio e 14 kg de magnésio, para o solo de uma floresta de platô sobre Latossolo Amarelo na região de Manaus (LUIZÃO, 1989). Além destes elementos químicos a floresta cicla uma quantidade significativa de outros elementos da liteira, nutrientes ou não, principalmente de silício e de alumínio, mostrando, então, uma forte relação entre a atividade biológica e a composição mineral dos solos da floresta de terra firme (LUCAS et al., 1993).

Na região de Caxiuanã, Metcalfe et al. (2008) fizeram medidas de umidade do solo, temperatura do solo, carbono e nitrogênio na superfície do solo, queda de liteira e liteira remanescente de solo, raízes finas, crescimento de raízes, respiração do solo e índice de área foliar. Os autores têm o fim de comparar melhor tamanho de amostras para o estudo de crescimento de biomassa em regiões da Amazônia.

Quesada et al. (2009) fizeram um estudo de revisão dos tipos de solos da Amazônia com referência às parcelas da Rede Amazônica de Inventários Florestais (RAINFOR), nas quais se insere Caxiuanã. Os autores descreveram características físicas e morfológicas do solo, além de perfis de cátions e carbono. Os autores observaram maior quantidade de carbono na superfície do solo do que no subsolo, havendo um declínio na quantidade de carbono com a profundidade; isso segundo os autores deve-se à entrada de matéria orgânica na floresta a partir da liteira. O estudo mostrou a importância da liteira no ciclo do carbono.

Phillips et al. (2009) estudando dentro da RAINFOR, verificaram forte relação na dinâmica da biomassa vegetal com as mudanças no clima, especificamente o estresse hídrico ocorrido como consequência da seca de 2005. Nas mesmas parcelas permanentes do Projeto RAINFOR, Aragão et al. (2009) mediram a produção primária líquida (NPP) na superfície do solo através da produção de liteira fina, produção de galhos e produção de biomassa lenhosa grossa, sendo que os autores observaram maior contribuição da camada de liteira fina na produtividade primária líquida total nas florestas estudadas.

Chave et al. (2010), em uma revisão de vários estudos publicados sobre os principais determinantes da variabilidade espacial e temporal na produção de liteira em florestas de terra firme na Amazônia, incluindo a região de Caxiuanã, verificaram uma relação significativa positiva entre a sazonalidade na produção de liteira com a sazonalidade das chuvas; os autores também citaram que cerca de um terço do total

de produção primária líquida produzida nas florestas é investido na produção de folhas, galhos e órgão reprodutivos das plantas.

## **5 FLORÍSTICA E ESTRUTURA DE ÁRVORES DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS EM RELAÇÃO À TOPOGRAFIA NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

As comunidades vegetais são importantes para a identificação e a definição dos limites dos ecossistemas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). A análise da vegetação é de grande importância para conhecimento de causas e efeitos ecológicos em uma determinada área, já que a vegetação, de acordo com Matteucci; Colma; Miranda (1982) é o resultado da ação dos fatores ambientais sobre o conjunto interagente das espécies que coabitam uma determinada área. Logo, a comunidade vegetal reflete o clima, as propriedades do solo, a disponibilidade de água, os fatores bióticos e os fatores antrópicos.

Segundo Whittaker (1975) uma comunidade é constituída por diferentes tipos de populações que interagem umas com as outras. Para Kent; Coker (1992), uma comunidade de plantas pode ser definida como uma coleção de espécies que crescem juntas em um determinado ambiente, mostrando uma definida associação ou afinidade entre ambos. Para estes autores, a idéia de associação é muito importante, pois implica que a ocorrência de certas espécies crescendo juntas é determinada pelo ambiente.

Para descrever uma vegetação é necessário conhecer os atributos de composição, estrutura e funcionamento (KENT; COKER, 1992). Para Matteucci; Colma; Miranda (1982), a vegetação pode ser descrita por características florísticas, em que as espécies presentes são identificadas; e por características fisionômicas ou estruturais, baseadas na morfologia externa, na forma de vida, na estratificação e na altura das espécies presentes.

Conforme Sampaio; Mayo; Barbosa (1996), nenhum parâmetro fitossociológico isolado fornece uma idéia ecológica clara da comunidade ou das populações vegetais, os parâmetros fitossociológicos podem caracterizar formações e suas subdivisões e suprir informações sobre estágios de desenvolvimento das populações, distribuição de recursos ambientais entre populações, possibilidades de utilização dos recursos vegetais, etc. A quantidade e qualidade dessas

informações fitossociológicas dependem dos parâmetros usados e da extensão espacial e temporal dos estudos.

Os estudos florísticos e estruturais desenvolvidos na Amazônia têm demonstrado que os ambientes florestais de terra firme, ou seja, as florestas de platô e vertente, apresentam alta diversidade, representada por poucos indivíduos de cada espécie (AMARAL, 1996; LIMA-FILHO et al., 2001; OLIVEIRA, 1997; PORTO et al., 1976; PRANCE; RODRIGUES; SILVA, 1976) e alta dissimilaridade florística entre parcelas adjacentes (CAMPBELL et al., 1986; FERREIRA; PRANCE, 1998).

Alguns fatores edafo-climáticos têm sido citados como possíveis responsáveis pela alta diversidade de plantas na Amazônia (CLINEBELL et al., 1995; GENTRY, 1988; STEEGE et al., 2000). Outros autores relacionam maior riqueza de espécies à dinâmica natural de mortalidade de árvores; florestas com altas taxas de mortalidade e recrutamento seriam mais diversificadas (PHILLIPS et al., 1994).

Essa alta diversidade de plantas na Amazônia também deve-se à heterogeneidade das condições do solo na região, que frequentemente é associada à topografia, exercendo uma notável influência sobre a composição, a estrutura e os padrões de diversidade da floresta (PELLISSIER; DRAY; SABATIER, 2001). A topografia da Amazônia é fortemente correlacionada com a textura do solo (CHAUVEL; LUCAS; BOULET, 1987), e estes fatores são os maiores condicionantes da distribuição de espécies vegetais e da estrutura de suas comunidades, em escala local e regional (KUBOTA; MURATA; KIKUZAWA, 2004; LIEBERMAN et al., 1985).

Segundo Almeida; Lisboa; Silva (1993) a região de Caxiuanã apresenta uma elevada diversidade, dada pela concentração de espécies raras. Os autores citam que a abundância ou raridade de algumas espécies podem estar relacionadas a aspectos fitogeográficos, taxonômicos e evolutivos, os quais devem ser considerados na escala de análise, pois uma espécie pode ser rara em um local e abundante em outro.

Estudos florísticos em áreas de terra firme e outros em florestas alagadas em Caxiuanã foram reportados por Ferreira et al. (2005) e Ferreira; Almeida; Silva (2011), porém poucos estudos levaram em consideração a influência da topografia

na florística e estrutura da floresta ombrófila densa de terras baixas. A obtenção e a padronização dos atributos de diferentes ambientes florísticos e fisionômicos são atividades básicas para a conservação e preservação, possibilitando a proposição de modelos mais adequados de manejo às florestas de terra firme na Amazônia, onde áreas protegidas são escassas e/ou menos eficientemente cuidadas.

Portanto, este trabalho teve como objetivo identificar e comparar a riqueza, a diversidade e a composição de espécies, assim como a densidade e a área basal de árvores em relação à topografia na Floresta Nacional de Caxiuanã.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Área de estudo

A Floresta Nacional de Caxiuanã (FLONA de Caxiuanã) compreende uma área de 330 mil hectares, gerenciada pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), nas seguintes coordenadas 1°42'30"S e 51°31'45"W. Localiza-se nos municípios de Melgaço (30%) e Portel (70%) a 400 km de Belém (Pará), entre a Ilha do Marajó e o rio Xingú (Figura 1). A drenagem principal da região de Caxiuanã é constituída pelo Rio Anapu, formador da baía de Caxiuanã. Segundo a classificação elaborada por SIOLI (1984), a baía de Caxiuanã corresponde à categoria "rios de águas pretas" (COSTA et al., 2002).

O Clima é do tipo *Ami* segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical úmido. Climatologicamente existem dois períodos bastante distintos nessa região: um período úmido ou chuvoso, que compreende os meses de janeiro, fevereiro e março e um período seco, que compreende os meses de setembro, outubro e novembro (SUDAM 1984). A temperatura média nos meses de agosto de 2009 a julho de 2010 ficou em torno de 25 e 26°C, e a precipitação em torno de 500 mm.

O tipo de vegetação mais comum na região de Caxiuanã é a floresta tropical úmida de terra firme que ocupa 85% de toda a área da Flona. Outros tipos de vegetação encontrados são mata de várzea, áreas de vegetação savanóide, além de ambientes aquáticos, como igapós, igarapés, lagos e baías (ALMEIDA; LISBOA; SILVA, 1993).

O relevo da FLONA é plano, levemente ondulado, ou seja, com elevação do terreno variando entre 19 a 47 metros (MIRANDA-SANTOS et al., 2007). Possui solos do tipo Latossolo Amarelo de origem terciária, com textura argilo-arenosa, ácidos, profundos e oligotróficos (ALMEIDA; LISBOA; SILVA, 1993).

Segundo Amaral et al. (2009) as florestas de Caxiuanã apresentam subtipologias, sendo elas:

- a) zona de baixio: constituída de pequenos canais que cortam a floresta com desnível de até 5 m, que pode ser parcialmente inundada ou encharcada durante as fortes chuvas do inverno amazônico (janeiro a maio). Nesta zona o diferencial em relação as zonas de vertente e platô é a maior umidade do solo, solo mais arenoso e maior abertura do dossel;
- b) zona de vertente: constituída da parte inclinada entre o platô e o baixio. Pode ser uma faixa muito estreita nas partes mais inclinadas da topografia ou pode ter dezenas de metros nas partes mais suaves. Esta zona apresenta condições intermediárias entre o platô e o baixio, tanto em termos de abertura do dossel, como de umidade e textura do solo, sendo que neste trabalho será denominada intermediário;
- c) zona de platô: constituída da parte plana do terreno. Os platôs em Caxiuanã estendem-se por dezenas de hectares com um sub-bosque de boa visibilidade devido à baixa densidade de plantas nestes estratos.

As coletas foram realizadas em uma grade de 25 km<sup>2</sup> do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), localizado a aproximadamente 30 km da Estação Científica Ferreira Pena (Figura 1).

Na grade do PPBio foram previamente escolhidos três pontos de coleta. Esses pontos foram escolhidos de acordo com as variações na altura topográfica do terreno, como descrito por Amaral et al. (2009), tais como, zonas de platô, zonas de intermediário (vertente) e zonas de baixio.

Para a coleta de dados de vegetação arbórea foram estabelecidas três parcelas de 10 X 100 m em cada ponto de coleta, uma no platô, outra no intermediário e outra no baixio. Dentro de cada parcela foram identificadas com

auxílio de um técnico em botânica todas as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP)  $\geq 10$  cm (Figura 2). Com uma fita métrica foram medidos o diâmetro das árvores e a altura.

Figura 1 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. Em destaque a localização da Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn) situada a 30 km da Grade do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). Fonte: Adaptada do Museu Paraense Emílio Goeldi.

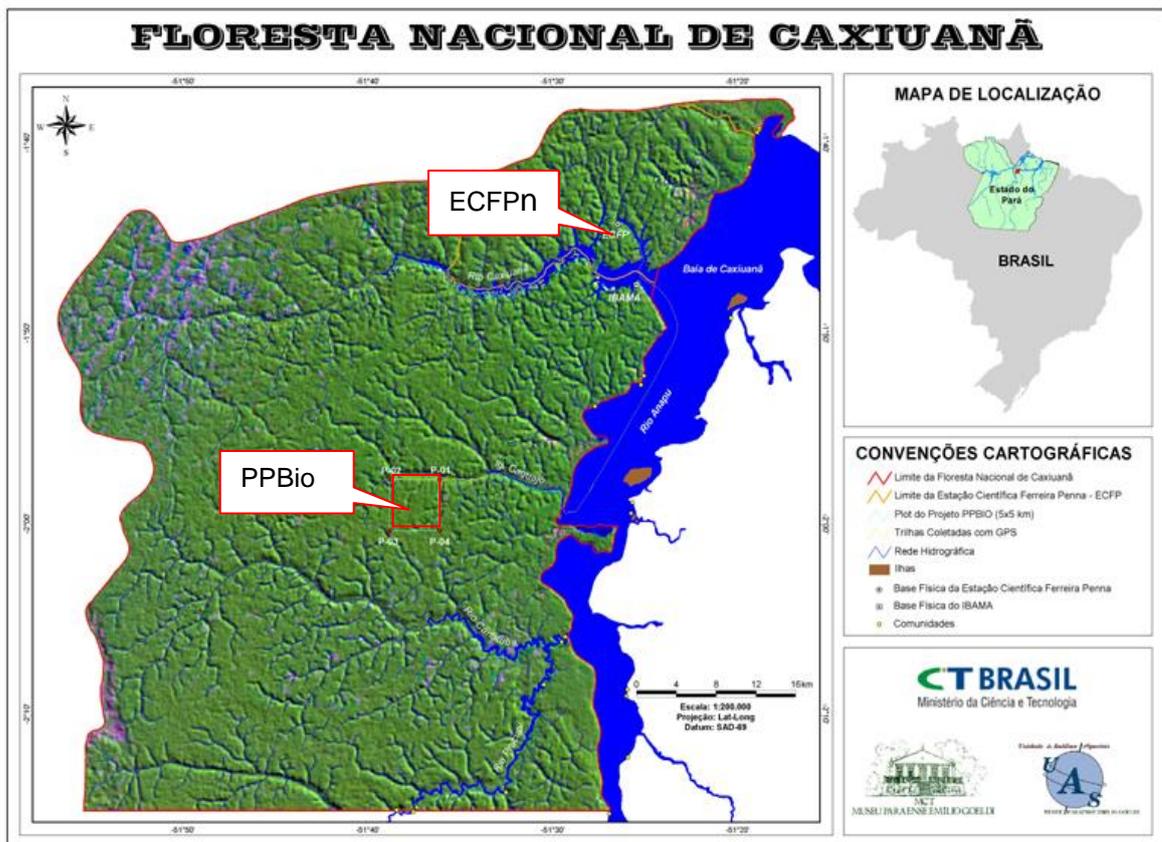
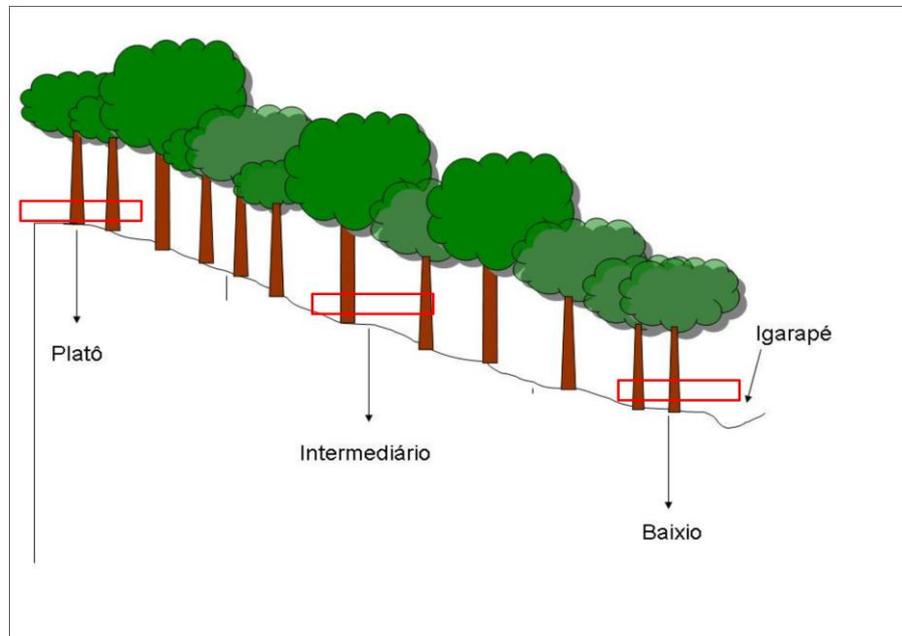


Figura 2 - Esquemática dos locais onde foram distribuídas as parcelas de 10 X 100 m em cada perfil de declividade da floresta ombrófila densa de terras baixas divididos em regiões de platô, intermediário e baixio na grade do PPBIO, Caxiuanã.



O sistema de classificação botânico utilizado neste estudo foi o mesmo usado por Cronquist (1981).

### 5.2.2 Análise de dados

Os dados de vegetação foram analisados com o software Mata Nativa 3 para obtenção dos Índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e equabilidade de Pielou ( $J'$ ).

Foi feito o teste de normalidade para investigar a distribuição dos dados e posteriormente para verificar as diferenças na riqueza e diversidade de espécies e na densidade e área basal (variáveis dependentes) das árvores em relação à topografia (fator). Foi utilizada a análise de variância (oneway). O programa usado foi o Statistica 8.0.

A equação formulada é a seguinte:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Equação 1

Onde,  $y_{ij}$  é a variável dependente (riqueza, diversidade, densidade e área basal);  $\tau_i$  é o tratamento que são os tipos de topografia;  $\mu$  é a média geral;  $e_{ij}$  é o efeito do  $i$ -ésimo tratamento.

Para testar a diferença na composição de espécies das parcelas entre o platô, o intermediário e o baixo foi efetuada a análise de agrupamento (cluster analysis), usando o índice de similaridade de sorensen e como medida de ligação o vizinho mais próximo. O programa usado foi o PC-ORD versão 4.

Para a análise fitossociológica foi utilizada a metodologia proposta por Matteucciet al. (1982) levando em consideração os seguintes parâmetros:

Densidade absoluta - Este parâmetro expressa o número de indivíduos de um táxon com relação a uma unidade de área (Equação 2).

$$DA_t = n_t S / A \quad \text{Equação 2}$$

Onde  $DA_t$  é densidade absoluta do táxon  $t$ ,  $n_t$  o número de indivíduos do táxon  $t$ ,  $S$  a área da parcela e  $A$  a área amostral total.

Densidade relativa ( $DR_t$ ) - A densidade relativa ( $DR_t$ ), que é expressa em porcentagem, é a relação entre o número de indivíduos de um determinado táxon ( $n_t$ ) e o número de indivíduos de todos os táxons ( $N$ ), representada (Equação 3).

$$DR_t = 100 n_t / N \quad \text{Equação 3}$$

Freqüência absoluta do táxon ( $FA_t$ ) - Este parâmetro expressa a relação entre o número de parcelas em que determinado táxon ocorre ( $P_t$ ) e o número total de parcelas amostradas ( $P$ ) (Equação 4).

$$FA_t = 100 P_t / P \quad \text{Equação 4}$$

Freqüência relativa do táxon ( $FR_t$ ) - Esta freqüência (Equação 5) é o valor percentual calculado para  $FA_t$  de cada táxon em relação à freqüência total ( $FT$ ), que é o somatório de todos as  $FA_t$  (Equação 6).

$$FR_t = 100 \cdot FA_t / FT \quad \text{Equação 5}$$

$$FT = \sum_{i=1}^s FA_t$$

Equação 6

Onde  $s$  é o número de táxons encontrados considerando todas as unidades amostrais.

Dominância absoluta do táxon ( $DoA_t$ ) - A dominância absoluta do táxon foi calculada com base na área basal, sendo utilizadas as seguintes fórmulas (Equação 7, 8 e 9).

$$G_i = p^2 / 4\pi$$

Equação 7

$$G_t = \sum_{i=1}^n G_i$$

Equação 8

$$DoA_t = 100 \cdot G_t \cdot S / A$$

Equação 9

Onde  $p$  é o perímetro da base de cada indivíduo do táxon  $t$ ,  $G_i$  área basal de cada indivíduo do táxon  $t$ ,  $G_t$  a área basal total do táxon  $t$ ,  $n$  o número de indivíduos do táxon  $t$ ,  $S$  a área da parcela e  $A$  a área total de todas as parcelas.

Dominância relativa do táxon ( $DoR_t$ ) - Este parâmetro foi calculado por (Equação 10).

$$DoR_t = 100 \cdot DoA_t / DoT$$

Equação 10

Onde  $DoA_t$  é a dominância absoluta do táxon  $t$  e  $Do_t$  a dominância total considerando o somatório das  $DoA_t$  de todos os táxons.

Índices de valor de importância (IVI $_t$ ) - O índice de valor de importância, que teoricamente expressa a importância ecológica do táxon no ambiente é fornecido pela Equação 11.

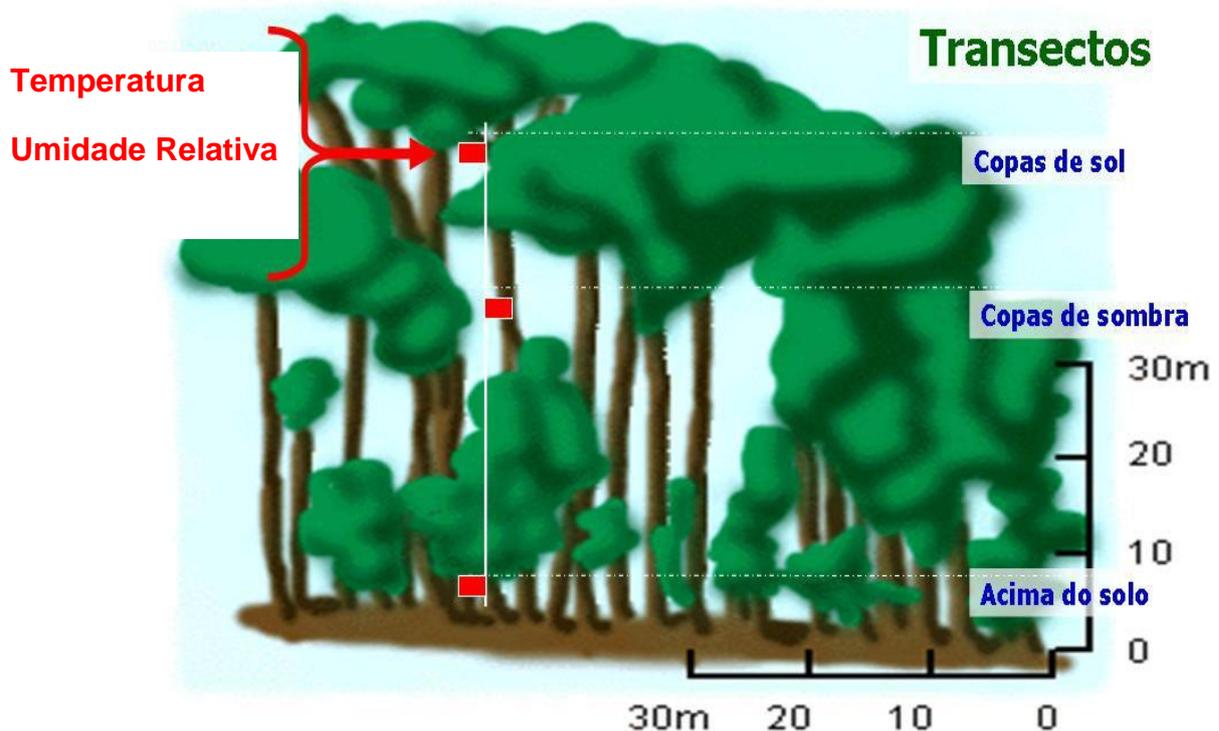
$$IVI_t = FR_t + DR_t + DoR_t$$

Equação 11

### 5.2.3 Coleta de dados micrometeorológicos

Os dados micrometeorológicos foram coletados através de (gravadores“datalogger”Hobo Pro v2),nas parcelas selecionadas, onde foram atachados emárvores com altura de 12 metros, para coleta automática de dados de temperatura (°C) e umidade relativa (%) a cada cinco minutos. Esses aparelhos foram distribuídos em três alturas distintas (copa de sol com 12 m de altura, copa de sombra com oito m de altura e acima do solo com 10 cm de altura) (Figura 5); em três tratamentos (platô, intermediário e baixo) (Figura 3).

Figura 3 - Esquema da posição dos instrumentos dentro das parcelas estudadas, na Grade do PPBio, Caxiuanã, Pará.



Neste trabalho também foram utilizados dados de precipitação coletados pela estação automática do IBAMA, localizada na FLONA de Caxiuanã, no período de julho de 2009 a julho de 2010.

## 5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.3.1 Dados florísticos

Foram identificadas no total das nove parcelas estudadas, platô, intermediário e baixo 124 espécies, distribuídas em 33 famílias botânicas. As famílias mais ricas em número de espécies foram Sapotaceae (17 espécies), Chrysobalanaceae (10 espécies), Lecythidaceae (10 espécies) e Caesalpiniaceae (8 espécies). As famílias mais abundantes em número de indivíduos foram Sapotaceae (65 indivíduos), Chrysobalanaceae (52 indivíduos) e Caesalpiniaceae (40 indivíduos).

Os resultados diferiram em número de espécies de outros estudos realizados na mesma região, como os de Peçanha Júnior et al. (2009) que em duas parcelas de um hectare do projeto ESECAFLOR (Estudo da Seca na Floresta) registraram 165 espécies (DAP  $\geq$  10 cm), distribuídas em 41 famílias; Almeida; Lisboa; Silva (1993) que identificaram 338 espécies (DAP  $\geq$  10 cm) em 4 hectares de floresta na Estação Científica Ferreira Penna; e Amaral; Almeida; Costa (2009) que registraram 186 espécies (DAP  $\geq$  10 cm) em um hectare de floresta primária na FLONA de Caxiuanã.

O menor número de espécies amostradas nesse estudo em comparação aos estudos de Peçanha Júnior et al. (2009); Almeida; Lisboa; Silva (1993) e Amaral; Almeida; Costa (2009) é devido a menor área de amostragem desse estudo, que foi de 0,9 hectare de floresta, enquanto os estudos dos autores acima foram em áreas com mais de um hectare. Além disso, esse estudo levou em consideração as diferenças na topografia, e isso pode ter influenciado na menor riqueza de espécies.

As parcelas estudadas apresentaram pequena diversidade florística constatada pelo baixo Índice de Diversidade de Shannon ( $H' = 3,16$ ). Segundo Knight (1975) o índice de Shannon-Wiener para florestas tropicais normalmente varia de 3,83 a 5,85, sendo valores considerados altos para qualquer tipo de vegetação.

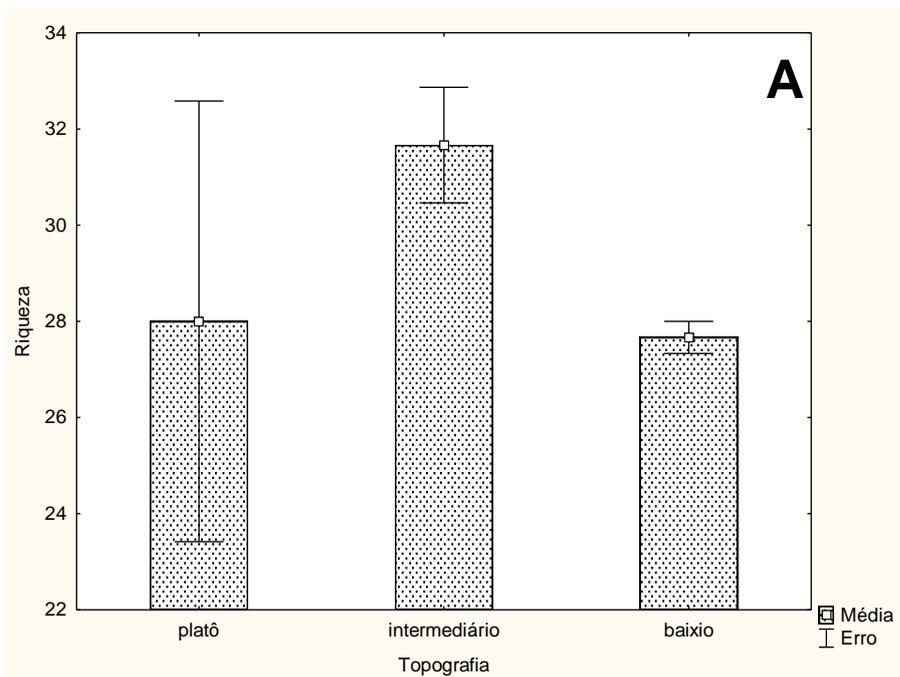
Os valores de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) neste estudo foram baixos comparados a outros estudos em floresta de terra firme como os de Alvez; Miranda (2008) em Almeirim, no Pará ( $H' = 4,25$ ); Espírito-Santo et al. (2005) na Floresta Nacional de Tapajós, no Pará ( $H' = 4,44$ ); e Amaral; Almeida; Costa (2009) realizados na FLONA de Caxiuanã, no Pará ( $H' = 4,72$ ). O grau estimado de equabilidade de

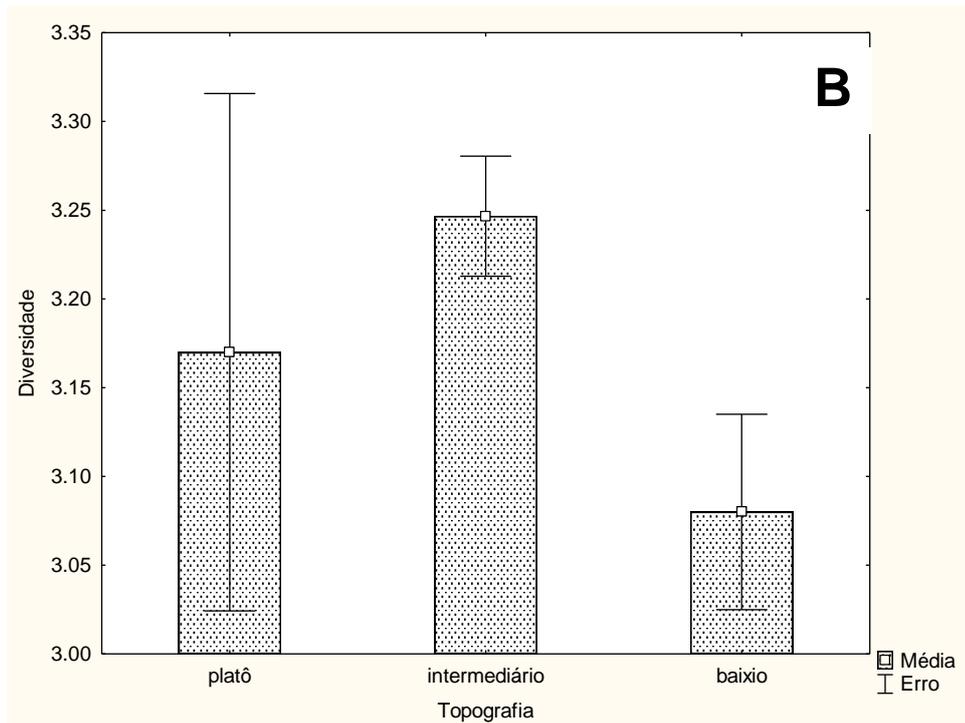
Pileou ( $J' = 0,94$ ) neste estudo sugere alta uniformidade nas proporções indivíduos/espécies dentro da comunidade vegetal. Esse índice de equabilidade pertence ao intervalo  $[0,1]$ , onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

### 5.3.2 Riqueza, diversidade e composição de espécies em relação à topografia

A riqueza ( $F = 0,65$ ,  $p = 0,55$ ) e a diversidade ( $F = 0,82$ ,  $p = 0,48$ ) de árvores nesse estudo não variaram significativamente de acordo com a topografia (Figura 4). Esse resultado pode ser devido a influencia do mesmo tipo de solo para as plantas, isto é, apesar das diferenças topográficas, o tipo de solo é o mesmo para os platôs, intermediários e baixios.

Figura 4 – Média e desvio padrão da riqueza (A) e diversidade (B) de espécies em relação aos platôs, intermediários e baixios na Floresta Nacional de Caxiuanã.





Diferentemente desse estudo, Valencia et al. (2004) encontraram diferenças na composição de espécies entre parcelas em topografias altas e baixas do que entre parcelas no mesmo nível topográfico. Tello (1995) e Ribeiro et al. (1999) afirmam existir uma heterogeneidade fisionômica entre regiões de baixo e platô, decorrente das diferenças na diversidade edáfica dessas áreas. Homeier et al. (2010) afirmam que a riqueza de espécies é influenciada pelos gradientes altitudinais e topográficos existentes na área em estudo.

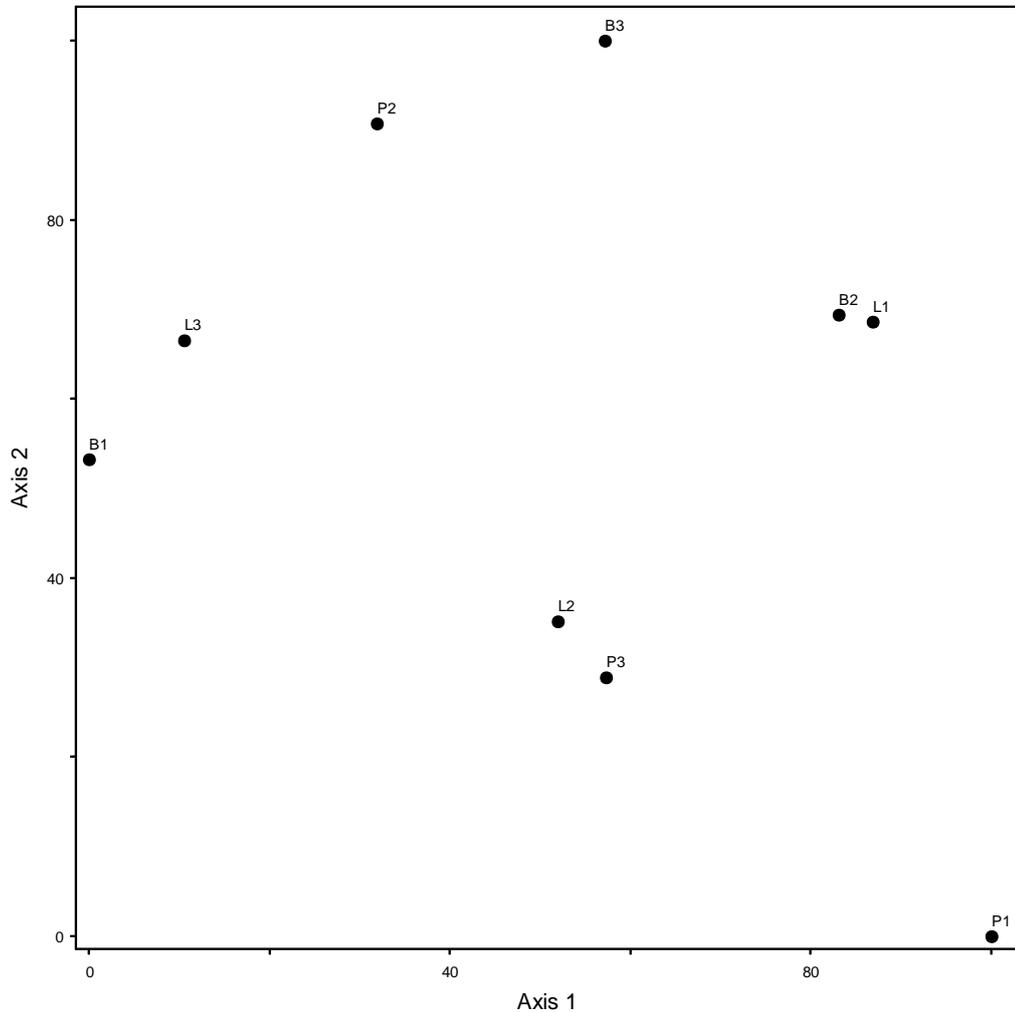
Essa diferença nos resultados pode ser explicada pelo maior detalhamento na declividade do terreno e no maior tamanho da área de amostragem no estudo de Valencia et al. (2004). Segundo Valencia et al. (2004) algumas espécies respondem fortemente ao tipo de solo, que pode variar com a topografia, enquanto outras espécies são generalistas, isto é, não respondem as diferenças ao tipo de solo. Porém a abundância de cada espécie é limitada pela variação do solo.

Outros fatores, além do gradiente topográfico, influenciam na riqueza de espécies, tais como, precipitação e nutrientes no solo (HUSTON, 1980; GENTRY, 1982). Além disso, existe uma correlação positiva entre a diversidade de espécies e a estabilidade dos sistemas florestais (WHITTAKER; WILLIS; FIELD, 2001; TILMAN et al., 2001).

Não houve uma nítida separação na composição de espécies de árvores (DAP  $\geq$  10 cm) entre as parcelas amostradas nas condições topográficas de platô, intermediário e baixo na floresta ombrófila densa de terra baixa (floresta de terra firme) consideradas nesse estudo (Figura 5). Segundo Philip (1998) as propriedades do solo com maior probabilidade de influenciar a composição de espécies em florestas tropicais são disponibilidade de fósforo, drenagem, retenção de água, disponibilidade de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Esses fatores estão relacionados com as propriedades químicas e físicas do solo, principalmente de drenagem, que são afetadas pela posição topográfica, fator testado nesse estudo. Observaram-se diferenças na composição de espécies entre as parcelas, porém não foi possível agregar diferenças na composição de espécies entre as topografias. Ou seja, não há uma nítida separação na composição das espécies, comuns em regiões de platôs, intermediários e baixios.

Segundo Phillip (1998) existe uma necessidade de estudos que estabeleçam os requisitos nutricionais, de drenagem e de água para cada espécie, configurando assim experimentos de campo que estabeleçam causa e efeito.

Figura 5 – Ordenação das parcelas amostradas na floresta ombrófila densa de terras baixas na Floresta Nacional de Caxiuanã, usando-se o índice de similaridade de Sorensen e tendo como método de ligação o vizinho mais próximo aos tipos de topografia (P= platô, L= intermediário e B= baixo).

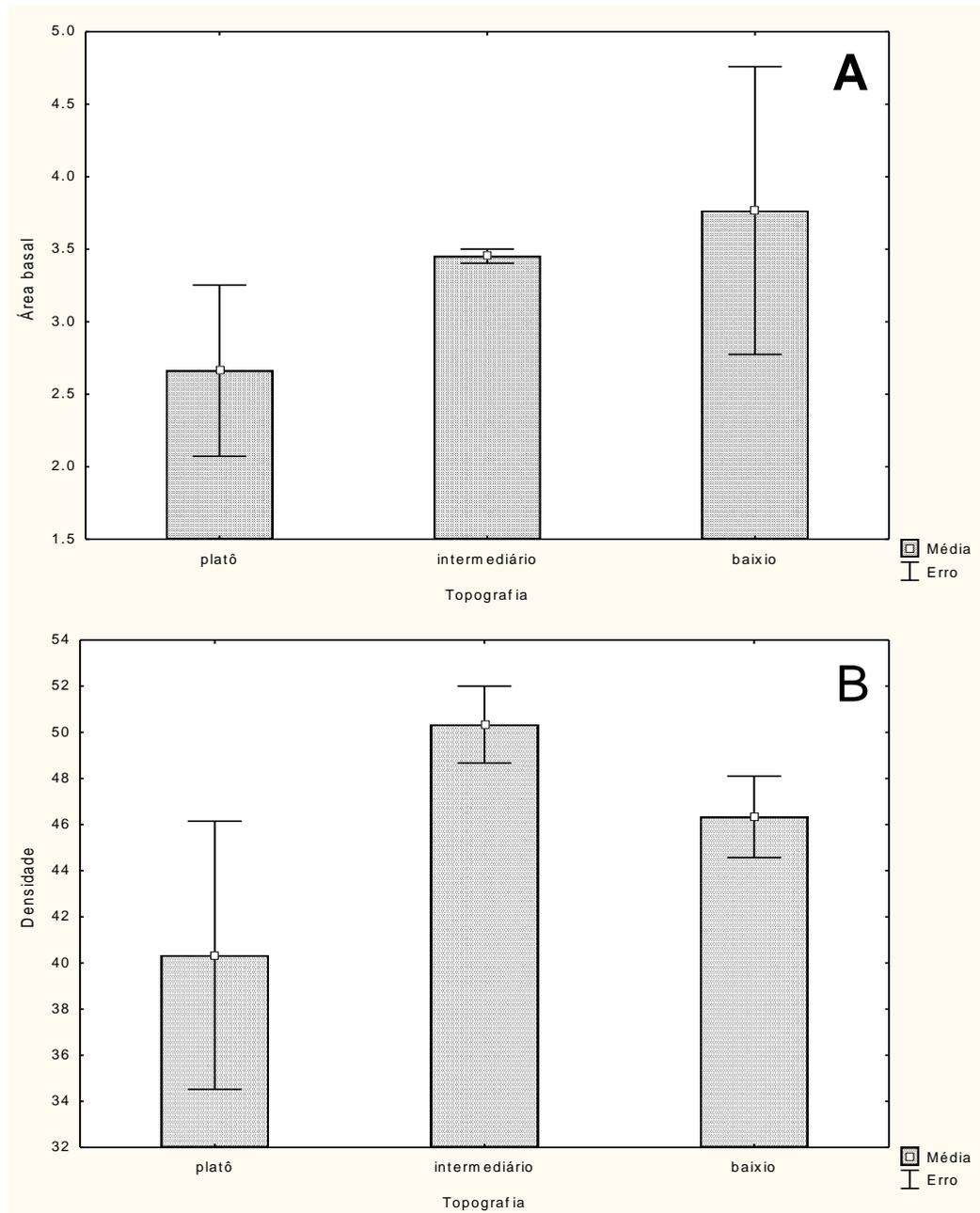


### 5.3.3 Densidade e área basal das árvores em relação à topografia

A relação da densidade ( $F= 1,91$ ,  $p= 0,23$ ) e área basal ( $F= 0,72$ ,  $p= 0,52$ ) não apresentou diferenças significativas entre o platô, intermediário e baixo na região de Caxiuanã (Figura 6). Isso pode ser explicado pelo fato da área de estudo apresentar uma homogeneidade no tipo de solo, apesar das diferenças topográficas, pois o programa PPBio foi criado com o objetivo de se ter uma área mais homogênea possível.

Appolinário; Oliveira-Filho; Giuilherme (2005) também não constatarem diferenças significativas na densidade ( $F= 1,27$ ,  $p= 0,33$ ) e área basal ( $F= 3,51$ ,  $p= 0,07$ ) de árvores entre áreas de platô e baixo em floresta tropical no Estado de Minas Gerais.

Figura 6 – Média e desvio padrão da área basal (A) e densidade (B) de espécies em relação aos platôs, intermediários e baixios na Floresta Nacional de Caxiuanã.



Valencia et al. (2004), em um estudo de distribuição de espécies de árvores e variação de habitat na Amazônia, no leste do Equador, constataram diferenças na

densidade e área basal de espécies arbóreas em relação a regiões mais altas e baixas. As diferenças nos resultados podem ser devido ao maior detalhamento na declividade dos terrenos, ao maior tamanho amostral (25 hectares) da área de estudo, na estratificação das formas de vida e à diferença dos tipos de solo conforme mencionado no estudo de Valencia et al. (2004), pois o mesmo, foi realizado em uma floresta de várzea com características similares às de Caxiuanã.

#### **5.3.4 Parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal da comunidade arbórea**

A família com maior índice de valor de importância foi Sapotaceae para a topografia de baixio e intermediário, e Lecythidaceae para o platô (Tabela 1). Em relação às cinco famílias mais importantes nas três topografias estudadas apenas na quinta posição é que existe uma diferença na topografia intermediária, ou seja, nesta topografia a quinta família mais importante foi Violaceae e nas outras duas foi Burseraceae.

As famílias Celastraceae, Opiliaceae e Ebenaceae só foram encontradas nas topografias de baixio, sendo que Anacardiaceae, Meliaceae, Simarubaceae, Bignoniaceae e Sapindaceae foram encontradas apenas na topografia intermediária, e Caryocaraceae, Quiinaceae, Sterculiaceae, Clusiaceae, Linaceae nas topografias de platô. Ilkiu-Borges et al. (2002); e Amaral; Almeida; Costa (2009) também destacaram as famílias Sapotaceae e Lecythidaceae com maior índice de valor de importância na região de Caxiuanã.

Apesar das condições diferenciadas das áreas de estudo dos inventários florísticos realizados na Amazônia como os de TELLO (1995); TERBORGH; ANDRESEN (1998); FERREIRA; PRANCE (1999); MATOS; AMARAL (1999); LIMA-FILHO et al. (2001); OLIVEIRA; AMARAL (2004) e OLIVEIRA et al. (2008), as famílias Sapotaceae e Lecythidaceae também destacaram-se entre as dez mais importantes nesses estudos.

Tabela 1: Índice de valor de importância (IVI) para as famílias em diferentes topografias na Floresta Nacional de Caxiuanã.

	Famílias	Topografia		
		Baixio	Intermediário	Platô
1	Sapotaceae	74,06	51,85	52,97
2	Lecythidaceae	50,63	49,64	63,27
3	Chrysobalanaceae	43,79	35,69	26,75
4	Caesalpiniaceae	29,80	31,03	22,38
5	Burseraceae	17,09	6,98	18,21
6	Violaceae	12,70	20,35	10,00
7	Myristicaceae	9,89	2,27	4,59
8	Mimosaceae	7,73	9,85	10,43
9	Euphorbiaceae	7,35	12,49	6,37
10	Celastraceae	7,21		
11	Fabaceae	6,98	4,40	5,39
12	Cecropiaceae	6,86	3,28	
13	Humiriaceae	4,60	10,10	6,40
14	Elaeocarpaceae	4,33	5,51	3,43
15	Moraceae	3,64	4,48	11,82
16	Opiliaceae	3,08		
17	Myrtaceae	2,13	8,11	
18	Ebenaceae	2,09		
19	Rubiaceae	2,04		9,89
20	Annonaceae	2,00	4,73	6,66
21	Lauraceae	2,00	9,09	17,14
22	Anacardiaceae		9,20	
23	Olacaceae		6,99	3,30
24	Meliaceae		3,79	
25	Apocynaceae		3,22	5,18
26	Simarubaceae		3,15	
27	Bignoniaceae		1,92	
28	Sapindaceae		1,87	
29	Caryocaraceae			4,37
30	Quiinaceae			3,62
31	Sterculiaceae			3,39
32	Clusiaceae			2,29
33	Linaceae			2,16

Analisando todas as topografias juntamente, *Lecythis idatimon* (22,73), *Rinoria guianensis* (18,50) e *Eschweilera coriacea*(18,30) apresentaram os maiores índices de valor de importância (IVI) (Tabela 2).

Tabela 2: Espécies, com as respectivas famílias, em ordem decrescente do Índice de Valor de Importância (IVI), Dominância (Dom. Rel.), Densidade (Den. Rel.) e Frequência (Fre. Rel.) em relação aos baixios, intermediários e platôs na Floresta Nacional de Caxiuana. (continuação)

Espécies	Famílias	Topografia	Dom. Rel. (%)	Den. Rel. (%)	Fre. Rel. (%)	IVI
<i>Lecythis idatimon</i>	Lecythidaceae	Baixio	5,40	13,77	3,57	22,73
<i>Vouacapoua americana</i>	Caesalpinaceae	Baixio	7,62	3,62	3,57	14,81
<i>Pouteria cladantha</i>	Sapotaceae	Baixio	4,83	4,35	3,57	12,74
<i>Rinoria guianensis</i>	Violaceae	Baixio	2,61	6,52	3,57	12,70
<i>Eschweilera amazonica</i>	Lecythidaceae	Baixio	1,95	5,07	3,57	10,60
<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	Baixio	1,73	5,07	3,57	10,37
<i>Parinari excelsa</i>	Chrysobalanaceae	Baixio	4,87	2,17	2,38	9,43
<i>Licania membranacea</i>	Chrysobalanaceae	Baixio	3,09	4,35	1,19	8,63
<i>Tetragastris panamensis</i>	Burseraceae	Baixio	3,69	2,17	2,38	8,25
<i>Pouteria gongrijpii</i>	Sapotaceae	Baixio	3,44	2,17	2,38	8,00
<i>Balizia pedicellaris</i>	Mimosaceae	Baixio	5,81	0,72	1,19	7,73
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Myristicaceae	Baixio	5,29	0,72	1,19	7,21
<i>Goupia glabra</i>	Celastraceae	Baixio	3,38	1,45	2,38	7,21
<i>Pourouma guianensis</i>	Cecropiaceae	Baixio	3,03	1,45	2,38	6,86
<i>Micropholis guianensis</i>	Sapotaceae	Baixio	2,09	2,17	2,38	6,64
<i>Rinorea guianensis</i>	Violaceae	Intermediário	4,68	10,60	3,23	18,50
<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	Intermediário	9,11	5,96	3,23	18,30
<i>Lecythis idatimon</i>	Lecythidaceae	Intermediário	6,03	5,30	3,23	14,56
<i>Pouteria anomala</i>	Sapotaceae	Intermediário	8,09	3,31	2,15	13,55
<i>Vouacapoua americana</i>	Caesalpinaceae	Intermediário	3,95	5,96	2,15	12,06
<i>Maclobium microcalyx</i>	Caesalpinaceae	Intermediário	3,46	3,31	3,23	10,00
<i>Pouteria cladantha</i>	Sapotaceae	Intermediário	2,50	3,97	3,23	9,70
<i>Manilkara bidentata</i>	Sapotaceae	Intermediário	5,70	1,32	2,15	9,17
<i>Lecythis jarana</i>	Lecythidaceae	Intermediário	5,88	1,32	1,08	8,28
<i>Licania octandra</i>	Chrysobalanaceae	Intermediário	1,50	3,97	2,15	7,62
<i>Astronium lecointei</i>	Anacardiaceae	Intermediário	5,61	0,66	1,08	7,34
<i>Micropholis acutangula</i>	Sapotaceae	Intermediário	2,86	1,99	1,08	5,92
<i>Licania gracilis</i>	Chrysobalanaceae	Intermediário	2,32	1,32	2,15	5,80
<i>Licania apetala</i>	Chrysobalanaceae	Intermediário	0,54	1,99	3,23	5,76
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	Mimosaceae	Intermediário	3,89	0,66	1,08	5,63
<i>Vouacapoua americana</i>	Caesalpinaceae	Platô	6,64	7,44	3,66	17,74
<i>Couratari stellaris</i>	Lecythidaceae	Platô	13,71	2,48	1,22	17,41
<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	Platô	7,94	4,96	3,66	16,56
<i>Lecythis idatimon</i>	Lecythidaceae	Platô	7,29	6,61	2,44	16,34
<i>Rinoria guianensis</i>	Violaceae	Platô	1,78	5,79	2,44	10,00
<i>Chimarrhis turbinata</i>	Rubiaceae	Platô	7,85	0,83	1,22	9,89
<i>Pouteria cladantha</i>	Sapotaceae	Platô	2,35	3,31	3,66	9,32
<i>Tetragastris panamensis</i>	Burseraceae	Platô	0,84	4,13	3,66	8,63
<i>Micropholis acutangula</i>	Sapotaceae	Platô	4,38	1,65	2,44	8,47

Tabela 2: Espécies, com as respectivas famílias, em ordem decrescente do Índice de Valor de Importância (IVI), Dominância (Dom. Rel.), Densidade (Den. Rel.) e Frequência (Fre. Rel.) em relação aos baixios, intermediários e platôs na Floresta Nacional de Caxiuanã. (conclusão)

Espécies	Famílias	Topografia	Dom. Rel. (%)	Den. Rel. (%)	Fre. Rel. (%)	IVI
<i>Manilkara bidentata</i>	Sapotaceae	Platô	2,52	3,31	2,44	8,27
<i>Tetragas trialtissima</i>	Burseraceae	Platô	1,30	2,48	3,66	7,44
<i>Ocotea glomerata</i>	Lauraceae	Platô	2,78	1,65	2,44	6,87
<i>Saccoglotis guianensis</i>	Humiriaceae	Platô	0,66	3,31	2,44	6,40
<i>Eschweilera amazonica</i>	Lecythidaceae	Platô	1,22	2,48	2,44	6,14
<i>Licania membranacea</i>	Chrysobalanaceae	Platô	2,57	1,65	1,22	5,44

Diferentemente desse estudo, Almeida; Lisboa; Silva (1993) e Maciel; Queiroz; Oliveira (2000) citaram as espécies *Manilkara amazonica*, *Goupia glabra*, *Eschweilera coriacea*, *Vouacapoua americana*, *Tetragastris panamensis* e *Rinoria guianensis* como as espécies com maior IVI para a FLONA de Caxiuanã. Ilkiu-Borges et al. (2002) também em estudo na região de Caxiuanã destacaram como as espécies mais importantes em função da densidade, as espécies *Rinoria guianensis*, *Lecythis idatimon*, *Tetragastris panamensis*, *Eschweilera coriacea* e *Eschweilera grandiflora*.

Em um estudo de composição florística e parâmetros estruturais em floresta densa de terra firme na Amazônia, no Estado do Amazonas, Amaral; Matos; Lima (2000) destacaram a espécie *Eschweilera coriacea* com um alto índice de valor de importância (17,6). Os autores citaram as famílias Lecythidaceae, Burseraceae, Chrysobalanaceae, Caesalpiniaceae e Sapotaceae, como mais representativas, semelhante aos resultados encontrados nesse estudo, variando em ordem de dominância. Coronado et al. (2009) também destacaram a espécie *Eschweilera coriacea* (Lecythidaceae) como uma das espécies mais abundantes na região de Caxiuanã, assim como em Manaus e no distrito peruano de Jenaro Herrera. Viana et al. (2003) também citaram a espécie *Eschweilera coriacea* como uma das mais abundantes na mata de terra firme na região de Caxiuanã. Segundo Oliveira (2000) essa espécie é importante na composição florística e estrutura da floresta de terra firme na Amazônia.

Na região de baixio, as três espécies que apresentaram maiores valores de dominância relativa foram *Vouacapoua americana* (7,62%), *Balizia pedicellaris* (5,81%) e *Lecythis idatimon* (5,40%). Nesta mesma altura topográfica as espécies que se destacaram em relação à densidade relativa foram *Lecythis idatimon* (13,77%), *Rinoria guianensis* (6,52%), *Eschweilera amazonica* (5,07%) e *Eschweilera coriacea* (5,07%). Em relação à frequência relativa dentre os indivíduos encontrados nas parcelas as espécies *Lecythis idatimon*, *Rinoria guianensis*, *Eschweilera amazonica*, *Eschweilera coriacea*, *Pouteria cladantha*, *Vouacapoua americana* foram as mais freqüentes, com 3,57% cada. Com isto, para a topografia de baixio; as três espécies mais importantes foram *Lecythis idatimon* (22,73), *Vouacapoua americana* (14,81) e *Pouteria cladantha* (12,74).

A espécie *Vouacapoua americana* também apresentou alto valor de dominância em outros estudos, como o de Alvez; Miranda (2008), sobre análise estrutural de comunidades arbóreas de uma floresta amazônica de terra firme. Em Caxiuanã, Peçanha Junior et al. (2009) também encontraram o mesmo valor de índice de valor de importância para esta espécie (11,24), ficando a espécie atrás apenas de *Rinorea guianensis* (24,30).

Na topografia intermediária, as três espécies que apresentaram maiores valores de dominância relativa (Tabela 2) foram *Eschweilera coriacea* (9,11%), *Pouteria anomala* (8,09%) e *Lecythis idatimon* (6,03%). Nesta mesma altura topográfica as espécies que se destacaram em relação à densidade relativa foram *Rinoria guianensis* (10,60%), *Eschweilera coriacea* (5,96%) e *Vouacapoua americana* (5,96%). Em relação à frequência relativa dentre os indivíduos encontrados nas parcelas as espécies *Rinoria guianensis*, *Eschweilera coriacea*, *Lecythis idatimon*, *Pouteria cladantha*, *Macrolobium microcalyx*, *Licania apetala* foram as mais freqüentes, com 3,23% cada. Portanto, as espécies com maior índice de valor de importância foram *Rinorea guianensis* (18,50), *Eschweilera coriacea* (18,30) e *Lecythis idatimon* (14,56).

Na topografia de platô, as três espécies que apresentaram maiores valores de dominância relativa (Tabela 2) foram *Couratari stellaris* (13,71%), *Eschweilera coriacea* (7,94%), *Chimarrhis turbinata* (7,85%). Nesta mesma altura topográfica as espécies que se destacaram em relação à densidade relativa foram *Vouacapoua*

*americana* (7,44%), *Lecythis idatimon* (6,61%) e *Rinoria guianensis* (5,79%). Em relação à frequência relativa dentre os indivíduos encontrados nas parcelas as espécies *Vouacapoua americana*, *Eschweilera coriacea*, *Tetragastris panamensis*, *Pouteria cladantha* e *Tetragastri altissima* foram as mais frequentes, com 3,66% cada. As espécies com maior índice de valor de importância foram *Vouacapoua americana* (17,74), *Couratari stellata* (17,41) e *Eschweilera coriacea* (16,56).

## **6 PRODUÇÃO DE LITEIRA EM RELAÇÃO À TOPOGRAFIA E A FATORES MICROCLIMÁTICOS EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DE TERRAS BAIXAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

A produção de liteira representa uma parte importante do total de produção primária em florestas tropicais e é por meio dos mecanismos de transferência de nutrientes entre a vegetação e o solo que ocorrem os processos de grande importância na nutrição e na sustentabilidade de florestas que crescem em solos pobres em nutrientes, como as florestas de região tropical (VITOUSEK; SANFORD, 1986). No entanto, algumas espécies de árvores alteram a química da liteira, influenciando com isto na decomposição (ZOU et al., 1995), que por sua vez afeta a disponibilidade de nutrientes e os caminhos da sucessão (VITOUSEK; WALTER, 1989).

A liteira é um importante componente de um ecossistema florestal, o qual compreende o material depositado sobre o solo, que inclui principalmente folhas, flores, frutos, cascas, gravetos e também, em menor proporção, resíduos de animais (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1997). A partir da liteira pode se inferir indiretamente produção de flores e frutos. Assim, a precipitação, a temperatura, o fotoperíodo, a intensidade de radiação, a qualidade do solo, e a presença ou ausência de animais e predadores de flores, frutos, bem como os dispersores de sementes, encontram-se relacionados com as épocas de floração e frutificação das plantas, fenômeno conhecido como fenologia (PEDRONI et al., 2002).

Nas florestas tropicais a fenologia pode ser menos sensível à temperatura e mais sintonizada com as mudanças sazonais da precipitação (REICH, 1995; SANCHEZ-AZOFEIFA et al., 2003). As mudanças sazonais de precipitação são esperadas para ocorrer em conciliação com o aumento global da temperatura, mais pode variar de região para região (CUBASCH et al., 2001). Para áreas onde padrões de precipitação são fortemente influenciados pelo *El Niño* (Oscilação Sul), como a Amazônia, as mudanças no clima podem afetar a frequência e a intensidade de eventos fenológicos, afetando assim os padrões fenológicos e de produção de liteira dessas florestas (ASNER et al., 2000).

A formação da liteira reflete o equilíbrio entre a produção e a decomposição no sistema (OLSON, 1963). A liteira contribui para a interceptação das águas da chuva, por meio do amortecimento e conseqüente dispersão da energia cinética das gotas, minimizando os efeitos erosivos. A liteira é responsável pelo armazenamento de água no solo, bem como pelo aumento das taxas de infiltração e condicionamento dos fluxos superficiais (OLIVEIRA, 1987).

A ciclagem de nutrientes é um processo em que os elementos químicos circulam continuamente entre os organismos e o ambiente físico (RICKLEFS, 2003). Nos trópicos, a manutenção do ecossistema florestal é muito dependente da ciclagem de nutrientes presentes na matéria orgânica, devido à maior parcela desta e de alguns dos nutrientes minerais estarem na biomassa e não no solo (ODUM, 2001). Nesta região a maioria dos solos é altamente intemperizado e o estoque de nutrientes é relativamente baixo (NOVAIS; BARROS, 1997).

Dessa forma, o equilíbrio das florestas de terra-firme na Amazônia ocorre em conseqüência da eficiente e rápida reciclagem de nutrientes, pois os solos na maior parte da Amazônia são considerados quimicamente pobres em nutrientes e de baixa fertilidade (HERRERA et al., 1978). A decomposição da liteira é a principal via de transferência de matéria orgânica para o solo, mantendo o ciclo biogeoquímico (HERRERA et al., 1978; SCHUBART; FRANKEN; LUIZÃO, 1984; LUIZÃO, 2007).

Com o crescimento e o aumento da idade das árvores, inicia-se a queda de folhas, gravetos e partes reprodutivas para a formação da camada de liteira. A quantidade de liteira depositada pode variar dentro de um mesmo tipo de vegetação. Segundo Werneck; Pedralli; Gieseke (2001) a maioria dos ecossistemas florestais apresentam produção contínua de liteira durante todo o ano, sendo que a quantidade total produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação (LEITÃO-FILHO et al., 1993).

A variação estacional da deposição de liteira é um produto da interação entre a vegetação e o clima. Vários fatores abióticos influenciam na produção de liteira, tais como: energia radiativa, altitude, temperatura do ar, precipitação, disponibilidade hídrica, estoque de nutrientes no solo (PORTES; KOEHLER; GALVÃO, 1996), umidade do solo (BURGHOUTS; CAMPBELL; KODERMAN, 1994) e vento (DIAS; OLIVEIRA-FILHO, 1997). Dependendo das características de cada ecossistema um

determinado fator pode prevalecer sobre os demais. No entanto, Bray; Gorham (1964) e Mason (1980) afirmam que sem dúvida o clima é o mais importante, pois as temperaturas elevadas têm maior duração no período de crescimento e maior quantidade de insolação. Isso constitui um fator climático mais relevante para a produção de liteira.

A produção de liteira depende, segundo Facelli; Picket (1991), da produtividade (produção primária) da comunidade vegetal tendo como fatores determinantes o clima (precipitação), a fertilidade do solo, sua capacidade de retenção de água, bem como a composição florística da floresta. Outros fatores, como topografia, herbivoria e deciduidade também podem influenciar substancialmente a produção de liteira (VIBRANS; SEVEGNANI, 2000).

O estudo da ocorrência e do crescimento de espécies florestais com características edáficas ou climáticas tem sido uma preocupação permanente de pesquisadores (SILVA, 1993), especificamente os relacionados à dinâmica da biomassa vegetal. Alguns desses estudos já foram realizados na região de Caxiuanã, pela rede RAINFOR (METCALFE et al., 2008; ARAGÃO et al., 2009; PHILLIPS et al., 2009; SILVA et al., 2009a; CHAVE et al., 2010). Esses autores verificaram forte relação entre a dinâmica da biomassa vegetal e variáveis micrometeorológicas.

Diante disso, o estudo tem como objetivo determinar a variação na produção de liteira em nove parcelas do Projeto PPBio em relação à topografia e variáveis micrometeorológicas, bem como determinar a variação da produção de liteira nas frações flores e frutos, como inferência indireta de padrão fenológico.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi desenvolvido na mesma área descrita no Item 5.2.

### 6.2.1 Distribuição dos coletores de liteira

Para a coleta de dados de liteira foram estabelecidas três parcelas de 10 X 100 m em cada ponto de coleta, uma no platô, outra no intermediário e outra no baixio. Dentro de cada parcela foram distribuídos por sorteio, aleatoriamente 12

coletores de 0,25 m<sup>2</sup>, afim de estimar a produção de liteira na comunidade, totalizando 108 coletores.

Os coletores foram construídos de tubos de PVC, suspensos a uma altura de 25 cm do nível do solo (Figura 7).

Figura 7 - Coletores de liteira, usados neste estudo.



### 6.2.2 Coleta de amostras

As coletas foram realizadas mensalmente, no período de agosto de 2009 a julho de 2010, seguindo o protocolo de coleta de liteira do Projeto Tropical Ecology Assessment Monitoring (TEAM), um dos programas de pesquisa realizado em cooperação com o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), em Caxiuanã (FREITAS; ALMEIDA, 2003). O material, após ser coletado, foi colocado em sacos de papel, o qual foi identificado com um número e informação do local e data de coleta.

O material coletado foi seco em estufa a gás para posterior transporte para Belém. No laboratório de Ecologia vegetal do Museu Paraense Emílio Goeldi, o material foi levado à secagem em estufa a 65°C até atingir peso constante. A pesagem do material foi feita separadamente por coletor, posteriormente por fração e por parcela, em balança analítica com precisão de 0,001g. As frações utilizadas foram:

- a) foliar: constituindo de folhas e estípulas,
- b) galhos,
- c) flores: botões florais e flores,

- d) frutos: jovens e maduros, e
- e) miscelânea: material que não se pode identificar como sendo proveniente de uma das frações acima.

### 6.2.3 Análise dos dados

Foi feito o teste de normalidade para verificar a distribuição dos dados mensais. Em seguida procedeu-se a Análise de covariância, a fim verificar a relação na produção mensal de liteira (variável dependente) em relação à topografia (fator), levando em consideração o efeito da covariada precipitação mensal e temperatura mensal média, máxima e mínima, em nível de 5% de significância. Os testes foram feitos no programa Statistica 8.0.

A equação formulada é a seguinte:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(x_{ij} - \bar{x}_{..}) + \varepsilon_{ij} \quad \text{Equação 12}$$

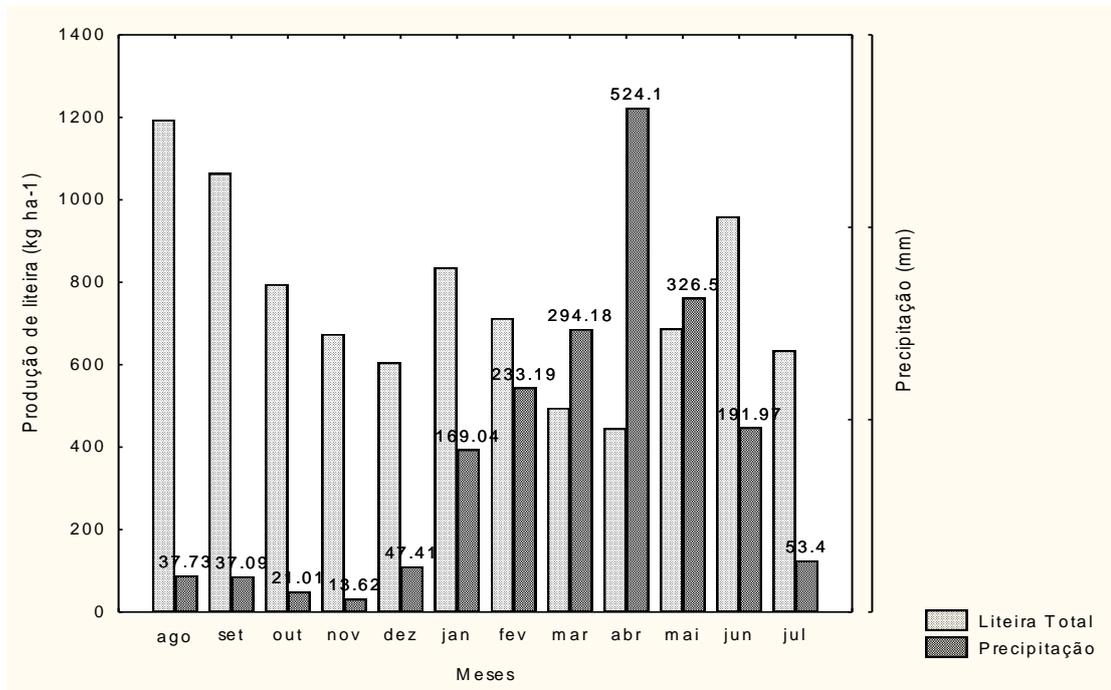
Onde,  $j$ -ésima observação tomada sobre o  $i$ -ésimo tratamento ou nível do fator simples;  $y_{ij}$  é a produção de liteira;  $\tau_i$  é o tratamento que são os tipos de topografia;  $x_{ij}$  é a covariada correspondente a  $y_{ij}$  que é a precipitação e temperatura. A covariada é uma variável conhecida, mas incontrollável que pode estar influenciando nos resultados;  $\mu$  média geral;  $\bar{x}_{..}$  média dos valores  $x_{ij}$ ;  $\beta$  coeficiente de regressão linear que indica a dependência de  $y_{ij}$  sobre  $x_{ij}$ ;  $\varepsilon_{ij}$  componente de erro aleatório;  $\tau_i$  efeito do  $i$ -ésimo tratamento.

## 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.3.1 Produção de liteira

A média na produção de liteira nas nove parcelas estudadas na grade do PPBio em Caxiuanã foi de 758,59 kg ha<sup>-1</sup>. Nas parcelas alocadas na região de baixo a média na produção foi de 758,77 kg ha<sup>-1</sup>, no intermediário foi de 720,11 kg ha<sup>-1</sup> e no platô foi de 786,66 kg ha<sup>-1</sup>. Foi constatada uma maior produção de liteira no mês de agosto de 2009, correspondente à estação menos chuvosa, enquanto a menor produção de liteira ocorreu no mês de abril de 2010, estação chuvosa (Figura 8).

Figura 8 – Variação mensal da produção total de leiteira nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã em relação à precipitação.



Na região de Caxiuanã, na Estação Científica Ferreira Penna, em duas parcelas de um hectare cada, uma parcela experimental, com exclusão da água da chuva e outra parcela controle, sem exclusão da água da chuva, Silva et al. (2009a) verificaram uma sazonalidade bem estabelecida na produção total de leiteira e sua fração foliar, reprodutiva e galho, com a ocorrência da maior produção nos meses com menor precipitação nas duas parcelas.

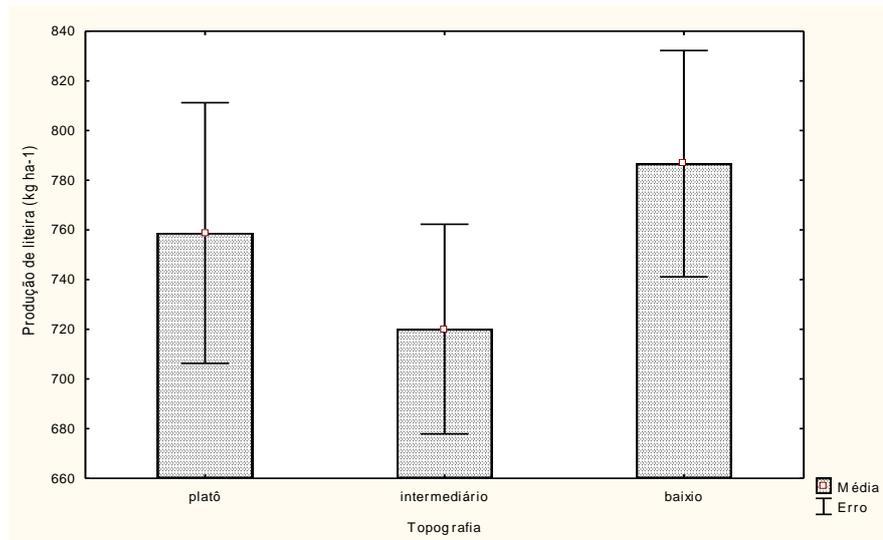
A variação mensal de leiteira na parcela controle no estudo de Silva et al. (2009a) foi de 777,70 kg ha<sup>-1</sup>, semelhante ao valor encontrado nesse estudo, enquanto na parcela experimental foi de 551,47 kg ha<sup>-1</sup>. Em outro experimento similar ao de Silva et al. (2009a) de exclusão de água na Floresta Nacional de Tapajós, Brando et al. (2008) também constataram maior produção de leiteira no período de menor precipitação.

### 6.3.2 Variação na produção de leiteira e topografia

Não houve diferença significativa na produção anual de leiteira em relação à topografia ( $F=1,36$ ,  $p= 0,27$ ) (Figura 9). Esse resultado pode ser devido a

homogeneidade na composição, densidade, área basal, riqueza e diversidade de espécies de árvores nas parcelas estudadas no baixo, intermediário e platô.

Figura 9 – Variação da produção de liteira em relação à topografia (platô, intermediário e baixo) nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.



Borém; Ramos (2002) registraram maior estoque de liteira nos terços médio e superior de uma toposequência de floresta. Segundo os autores, isso se deve ao maior conteúdo de nutrientes e de carbono orgânico apresentado por estas posições topográficas. Outra relação que os autores observaram foi que o terço inferior da toposequência pouco alterada apresentou valores de acumulação de liteira mais elevados que o terço médio e superior.

### 6.3.3 Variação da produção de liteira e microclima

A partir da análise de covariância observou-se que o fator que está influenciando na variação da produção de liteira é a precipitação ( $F= 4,75$ ;  $p= 0,03$ ) e não a topografia. Houve maior produção de liteira no período de menor precipitação.

Esse resultado é esperado para esse tipo de ecossistema, pois, segundo Golley et al. (1978), no ecossistema amazônico ocorre uma maior deposição de liteira no período seco. Delitti (1984) ressalta que a relação inversa entre a disponibilidade hídrica, que é menor no período de seca e a área foliar comum às

florestas tropicais, reflete uma importante estratégia de minimização dos efeitos da escassez de água, por meio de intensificação da queda de liteira na floresta. Segundo Silva et al. (2009a) essa maior quantidade de queda de liteira no período seco pode ser resultado do aumento da radiação solar durante esse período o que pode aumentar a produtividade primária em florestas tropicais, ou seja, as plantas mantêm suas folhas novas, descartando as folhas velhas, para maior eficiência na produtividade primária líquida.

A forte relação na variação da produção de liteira com a sazonalidade das chuvas também tem sido observada por outros estudos ao longo da Amazônia, como os de Luizão (1989), Malhi et al. (1998), Sousa (2004), Huete et al. (2006), e Chave et al. (2010).

O padrão sazonal das chuvas está influenciando na queda de liteira, como foi verificado no presente estudo, porém, segundo Rodriguez; Leitão-Filho (2001) a produção de liteira é contínua durante o ano, e a quantidade produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação considerada. Isso pode ser verificado através de um estudo feito por Silva et al. (2009b) em uma área de transição Amazônia-Cerrado no Norte do Mato Grosso, em que os autores não verificaram diferenças significativas na produção de liteira entre os períodos seco e chuvoso. Essa diferença na apresentação dos resultados pode ser explicada pela diferença de vegetação, como citado por Rodriguez; Leitão-Filho (2001).

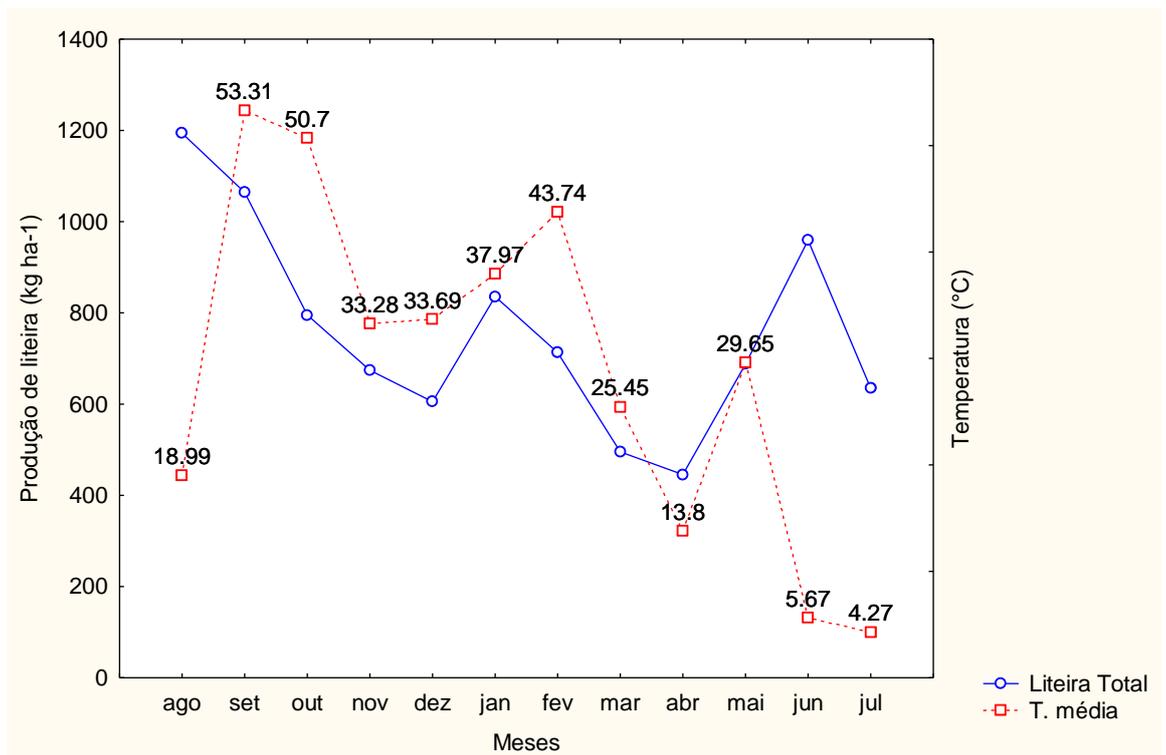
A maior deposição de material de liteira no período de seca, segundo Vital et al. (2004) e Almeida (2005) pode ser explicada pela ação conjunta dos ventos fortes e o déficit hídrico.

Borem; Ramos (2002) em um estudo sobre variação estacional e topográfica de liteira em fragmentos de floresta de mata Atlântica verificou um estoque total de liteira maior no fim do período seco, apresentando um decréscimo no fim do período chuvoso, demonstrando o caráter sazonal da floresta. Este fato deve-se, principalmente, ao aumento na produção de folhas, juntamente com um decréscimo na sua decomposição na estação seca. Spain; Feuvre (1987) afirma que esse fato está relacionado à sazonalidade da produção de liteira e à natureza do clima e dos organismos decompositores.

Diferença na produção de liteira entre período seco e período chuvoso esta relacionada à taxa de decomposição da liteira, e essa taxa em florestas tropicais, pode ser atribuída ao tipo de cobertura vegetal, à qualidade do material de liteira, à atividade da fauna do solo e às condições ambientais, especialmente temperatura e umidade (ANDERSON; PROCTOR; VALLACK, 1983; CÉSAR, 1993).

Não houve relação significativa da produção de liteira com a temperatura média mensal ( $F= 0,23$ ,  $p= 0,63$ ) (Figura 10), e em relação à temperatura máxima também não houve relação significativa ( $F= 1,62$ ,  $p= 0,21$ ), porém, quando relacionada com a temperatura mínima, houve uma diferença significativa na produção de liteira ( $F= 5,45$ ,  $p= 0,02$ ).

Figura 10 - Variação mensal da produção total de liteira nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã em relação a temperatura no período de agosto de 2009 à julho de 2010.

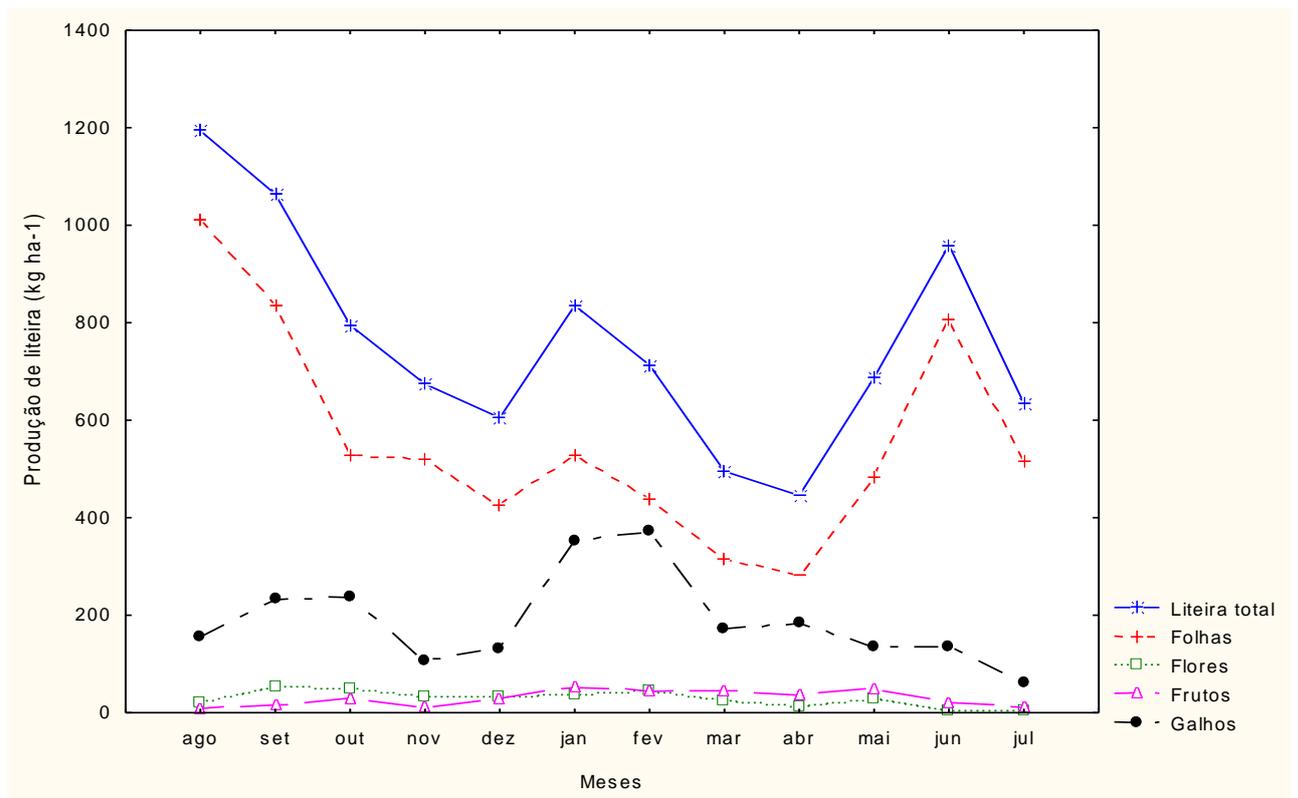


#### 6.3.4 Variação da produção de liteira e suas frações

Em relação à massa total nota-se que, do ponto de vista temporal, há uma constante queda de folhas, galhos, flores e frutos durante todo o ano (Figura 11). A

fração foliar (73,55%) foi a mais representativa na composição de liteira, seguida de galhos (24,98%), frutos (3,88%) e flores (3,85%).

Figura 11 – Produção mensal de liteira e a sua partição em folhas, flores, frutos e galhos, nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã, no período de agosto de 2009 a julho de 2010.

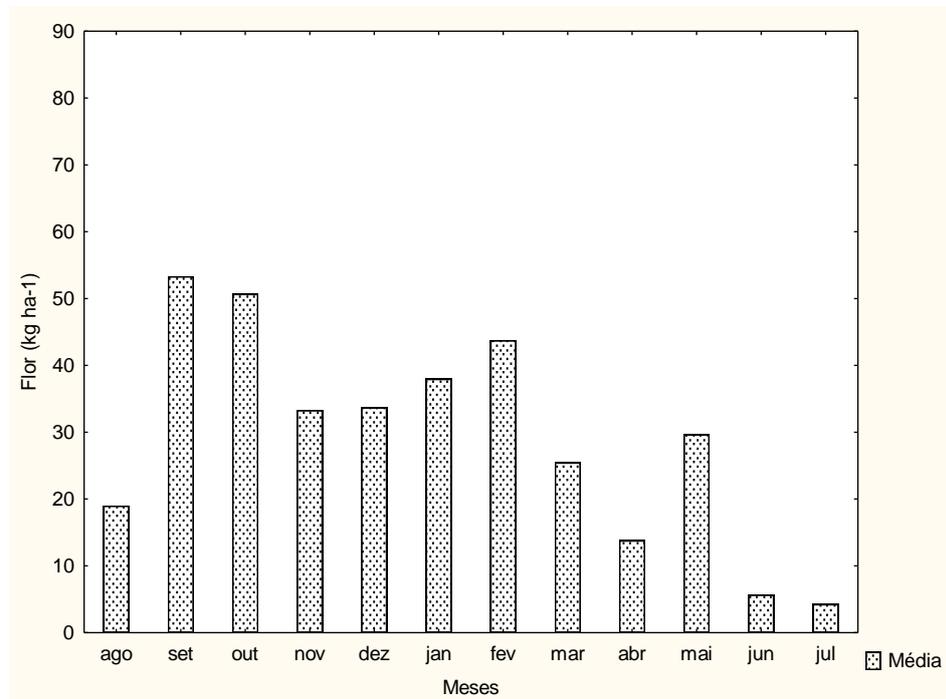


No período chuvoso um pico de produção ocorreu no mês de janeiro (835,60 kg ha<sup>-1</sup>), no qual foi registrada a segunda maior contribuição do ano da fração galhos (353,75 kg ha<sup>-1</sup>), que provavelmente é responsável pelo pico de produção de liteira.

Kolm (2001), Ribeiro (2001), Rodrigues; Leitão Filho (2001), Aratoet al.(2003) e Vital et al. (2004) relatam em seus trabalhos que a fração foliar é o componente principal e quantitativamente determinante de toda a liteira produzida. Portanto, o padrão de produção mensal dessa fração acompanha basicamente o padrão de produção mensal da liteira total.

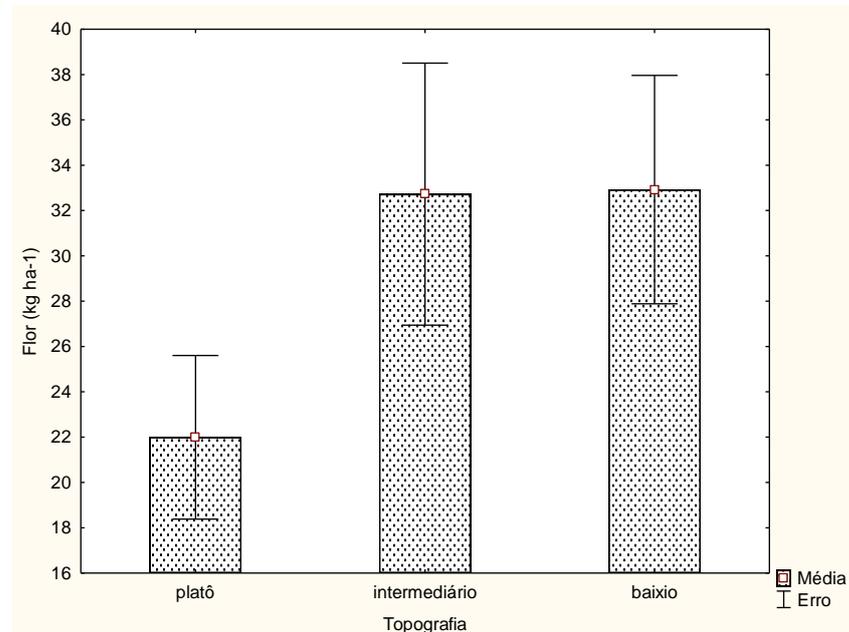
A média na produção de flores nas nove parcelas estudadas na grade do PPBio em Caxiuanã foi de  $29,21 \text{ kg ha}^{-1}$ , nas parcelas alocadas na região de baixo a média na produção foi de  $32,92 \text{ kg ha}^{-1}$ , no intermediário foi de  $32,73 \text{ kg ha}^{-1}$  e no platô foi de  $21,99 \text{ kg ha}^{-1}$ . Foi constatada uma maior produção de flores no mês de setembro e outubro de 2009 e a menor produção de flores ocorreu no mês de junho e julho de 2010 (Figura 12).

Figura 12 – Variação mensal da produção de flores nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.



Observou-se a presença de flores na produção total de liteira ao longo do período de estudo, comportamento esperado nas regiões tropicais, onde as espécies arbóreas apresentam flores tanto na estação seca, como na estação chuvosa. No estudo não se verificou relação significativa na produção de flores com a precipitação ( $F= 2,94$ ,  $p= 0,08$ ), também não foi observado relação com a topografia ( $F= 1,66$ ,  $p= 0,19$ ) (Figura 13). A produção de flores também não apresentou relação significativa com a temperatura.

Figura 13 – Variação da produção de flores em relação à topografia (platô, intermediário e baixo) nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuana.

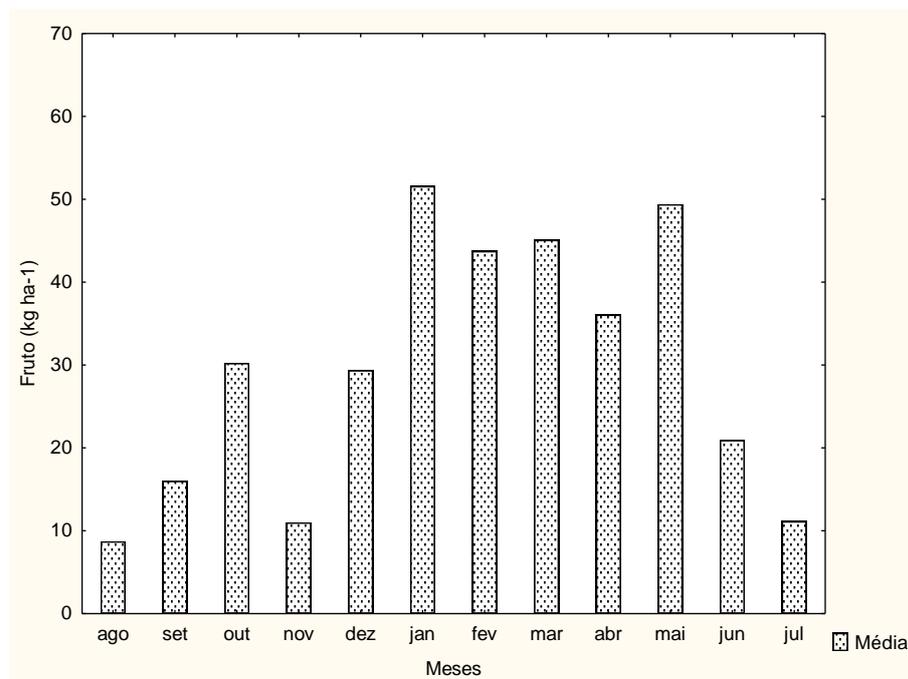


Os fatores abióticos são fortemente correlacionados com o florescimento de espécies, porém o que parece estar influenciando na produção de flores nesse estudo é a fisiologia dos indivíduos, como idade da planta. Os fatores abióticos podem limitar a época de floração de forma direta ou indireta, podendo afetar vetores de pólen (RATHCKE; LACEY, 1985) e para um estudo mais completo seria necessário estudar outros fatores bióticos como fisiologia da planta e vetores de pólen.

Segundo alguns autores (LANG, 1971; EVANS, 1975) três principais fatores físicos ambientais podem iniciar a floração, sendo estes, fotoperíodo, temperatura e precipitação. Nas florestas tropicais a floração é induzida pela precipitação, sendo que as chuvas aumentam a sincronia de floração em algumas populações de árvores tropicais (AUGSPURGER, 1983). Borchert (1983) mostrou que a floração em algumas espécies tropicais ocorre em resposta à diminuição do estresse hídrico. A floração seria então estimulada pela perda de folhas durante as chuvas. Entretanto a variação genética dentro de populações de plantas naturais é alta em algumas espécies (ABBOTT, 1976; AKEROYD; BRIGGS, 1983).

Em relação à variação da produção de frutos, a média nas nove parcelas estudadas na grade do PPBio em Caxiuanã foi de 29,44 kg ha<sup>-1</sup>. Nas parcelas alocadas na região de baixio a média na produção foi de 35,44 kg ha<sup>-1</sup>, no intermediário foi de 31,94 kg ha<sup>-1</sup> e no platô foi de 20,94 kg ha<sup>-1</sup>. Foi constatada uma maior produção de frutos no mês de janeiro de 2010, que é um mês da estação chuvosa, enquanto a menor produção de liteira ocorreu no mês de agosto de 2010, mês da estação menos chuvosa (Figura 14).

Figura 14 – Variação mensal da produção de frutos nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.

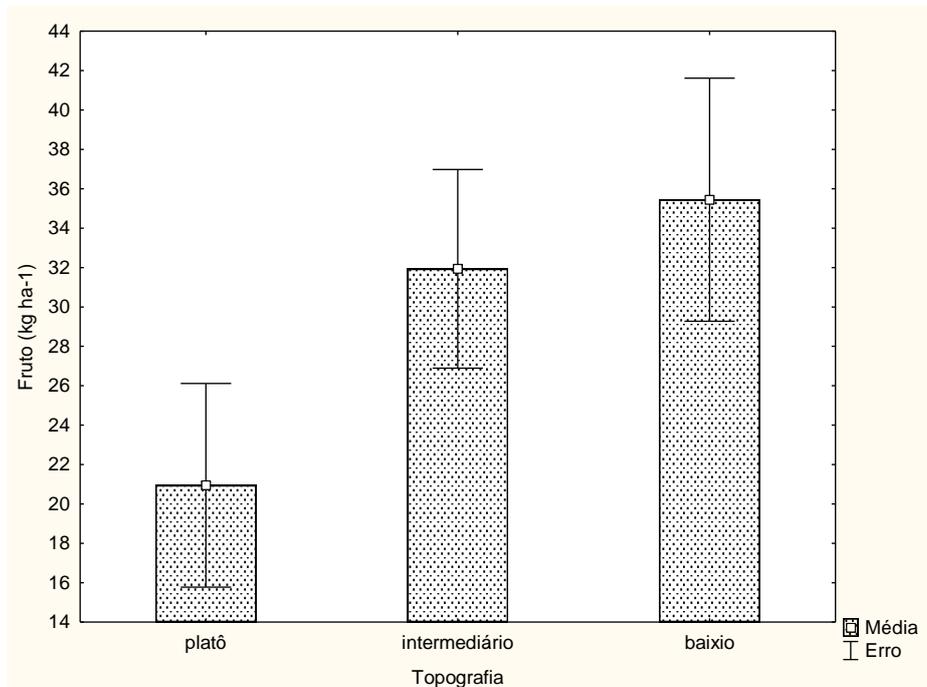


Não houve diferença significativa na produção de frutos em relação à topografia ( $F= 2,06$ ,  $p= 0,13$ ) (Figura 15), porém em relação à precipitação houve diferença altamente significativa na produção de frutos ( $F= 9,93$ ,  $p < 0,01$ ). Também houve diferenças altamente significativas na produção de frutos em relação à temperatura máxima ( $F= 12,05$ ,  $p= 0,001$   $p < 0,01$ ) e mínima ( $F= 8,59$ ,  $p < 0,01$ ).

A relação na produção de frutos em relação as mudanças sazonais das chuvas era esperado pelo fato de que em florestas tropicais sazonais algumas espécies de árvores amadurecem e liberam seus frutos no fim da estação seca,

quando os ventos alísios são fortes e quando muitas folhas caem (JANZEN, 1967; CROAT, 1969; PUTZ, 1979; LIEBERMAN, 1982; SMYTHE, 1970).

Figura 15 – Variação da produção de frutos em relação à topografia (platô, intermediário e baixo) nas nove parcelas estudadas na Grade do PPBio, na Floresta Nacional de Caxiuanã.



Essa estratégia pode minimizar o tempo em que as sementes ficarão no solo da floresta, antes de germinar no início da estação chuvosa (GARWOOD, 1983). Além disso, nas florestas sazonais tropicais há um grande número de espécies com dispersão zoocórica, e essas espécies apresentam um pico de maturação durante a estação chuvosa (JANZEN, 1967; KARR, 1976; TERBORGH, 1983) como uma estratégia de dispersão de sementes.

Estímulos ambientais podem instigar o início da maturação dos frutos, que também pode ser determinado por fatores internos que controlam a taxa de desenvolvimento dos frutos. Os fatores ambientais podem influenciar o amadurecimento secundariamente, influenciando nas taxas de metabolismo da planta (LACEY, 1980; THOMPSON, 1981). Bradley et al. (2011) afirmam que existe uma forte relação entre ciclo de radiação e precipitação com a fenologia de árvores na região Amazônica.

## 7 CONCLUSÕES

Não houve diferenças na riqueza e diversidade de espécies em relação ao platô, intermediário e baixo. No entanto, a composição de espécies foi diferente entre as parcelas, não havendo um agrupamento de espécies em relação às topografias, ou seja, a composição de espécies não teve uma nítida separação entre o platô, o intermediário e o baixo. A estrutura da vegetação arbórea das nove parcelas amostradas também não apresentou diferenças na densidade e área basal em relação às regiões de platô, intermediário e baixo.

A produção de liteira não apresentou uma correlação com a topografia, sendo que as médias das produções de liteira no período de estudo nas nove parcelas estudadas foram similares. O fator que esteve determinando a variação na produção de liteira ao longo de um ano foi a precipitação, sendo que o período de maior precipitação (período chuvoso) apresentou menor produção de liteira em relação ao período de menor precipitação (período seco).

A variação da temperatura média não apresentou relação com a variação da produção de liteira, porém nos meses de temperaturas mais baixas, como agosto e junho, houve um aumento significativo na produção de liteira.

A fração foliar foi a mais representativa na composição de liteira produzida, seguido dos galhos, frutos e flores. A produção de flores e frutos foi contínua durante o período de estudo, sendo que a produção de flores não apresentou uma relação significativa com a variação da precipitação e temperatura. Porém, a produção de frutos foi significativamente maior no período de maior precipitação e de maior variação nos picos de temperatura máxima e mínima. Isso mostra a forte relação entre a produção de frutos e a sazonalidade das chuvas e variações na temperatura.

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, R.J. Variation within common groundsel *Senecio vulgaris* L. I. Genetic response to spatial variations of the environment. **New Phytologist**, v. 76, n. 1, p. 153-164, 1976.
- ACIESP, **Glossário de ecologia**. 2 ed. São Paulo: ACIESP, 1997. 352p. (Academia de Ciências do Estado de São Paulo).
- AKERROYD, J.R.; BRIGGS, D. Genealogical studies of *Rumex crispus* L. I. Garden experiments using transplanted material. **New Phytologist**, v. 94, p. 309-323, 1983.
- ALMEIDA, E.D. **Retorno de nitrogênio e fósforo em floresta de transição no noroeste de Mato Grosso**. 2005. 75f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- ALMEIDA, S.S.; LISBOA, P.L.B.; SILVA, A.S.L. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica Ferreira Penna, em Caxiuanã (Pará). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, série Botânica, Belém, v. 9, n. 1, p. 93-128, 1993.
- ALMEIDA, S.S.; RIBEIRO, G.O.; PIRES, J.M.; LISBOA, P.L.B.; SILVA, A.S.L. Abundância, riqueza florística e similaridade em duas florestas de terra firme da Amazônia Oriental. In: LISBOA, P.L.B. (Org.). **Caxiuanã**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p.263-271.
- ALMEIDA, S.S.; THALES, M.C. Tipologias de vegetação da ECFPn, Caxiuanã, Município de Melgaço, Pará: uma primeira aproximação. In: MONTAG, L.F.A.; MASCHIO, G.F. (Ed.): **Estação Científica Ferreira Penna: Dez anos de pesquisa na Amazônia**. Caxiuanã, Belém: MPEG. 2003. CD-ROM. (Sessão I: Dez anos de pesquisa na Estação Científica Ferreira Penna, n. 6, CBO-003).
- ALVEZ, J.C.Z.O.; MIRANDA, I.S. Análise da estrutura de comunidade arbórea de uma floresta amazônica de Terra Firme aplicada ao manejo florestal. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 657-666, 2008.
- AMARAL, D.D.; ALMEIDA, S.S.; COSTA, D.C.T. Contribuições ao manejo florestal de espécies de valor madeireiro e não madeireiro na Floresta Nacional de Caxiuanã. In: LISBOA, P.L.B. (Org.) **Caxiuanã: Desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia**. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 2009, p. 199-221.
- AMARAL, I.L. **Diversidade florística em floresta de terra firme, na região do rio Urucu, AM**. 1996. 121f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 1996.
- AMARAL, I.L.; MATOS, F.D.; LIMA, J. Composição florística e parâmetros estruturais de um hectare de floresta densa de terra firme no rio Uatumã, Amazônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 3, p. 377-392, 2000.

ANDERSON, J. M.; PROCTOR, J.; VALLACK, H. W. Ecological studies in four contrasting lowland rain forest in GunungMulu National Park, Sarawak. III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. **Journal of Ecology**, v. 71, n. 3, p. 503-527, 1983.

APPOLINARIO, V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GUILHERME, F.A.G. Tree population and community dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 2, p. 347-360, 2005.

ARAGÃO, L.E.O.C.; MALHI, Y.; METCALFE, D.B.; SILVA-ESPEJO, J.E.; JIMÉNEZ, E.; NAVARRETE, D.; ALMEIDA, S.; COSTA, A.C.L.; SALINAS, N.; PHILLIPS, O.L.; ANDERSON, L.O.; BAKER, T.R.; GONSALVEZ, P.H.; HUAMÁN-OVALLE, J.; MAMANI-SOLÓRZANO, M.; MEIR, P.; MONTEAGUDO, A.; PEÑULA, M.C.; PRIETO, A.; QUESADA, C.A.; ROZAS-DÁVILA, A.; RUDAS, A.; JUNIOR, J.A.S.; VÁSQUEZ, R. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian Forests on contrasting soils. **Biogeosciences Discussions**, v. 6, p. 2441-2488, 2009.

ARATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H.S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa – MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

ARFT, A. M.; WALKER, M.D.; GUREVITCH, J.; ALATALO, J. M.; BRET-HARTE, M. S.; DALE, M.; DIEMER, M.; GUGERLI, F.; HENRY, G. H. R.; JONES, M. H.; HOLLISTER, R. D.; JÓNSDÓTTIR, I. S.; LAINE, K.; LÉVESQUE, E.; MARION, G. M.; MOLAU, U.; MØLGAARD, P.; NORDENHÄLL, U.; RASZHIVIN, V.; ROBINSON, C. H.; STARR, G.; STENSTRÖM, A.; STENSTRÖM, M.; TOTLAND, ORJAN; TURNER, P. L.; WALKER, L. J.; WEBBER, P. J.; WELKER, J. M.; WOOKEY, P. A Responses of tundra plants to experimental warming: Meta-analysis of the international tundra experiment. **Ecological Monographs**, v. 69, p.: 491-511, 1999.

ASNER, G.P.; TOWNSEND, A.R.; BRASWELL, B.H. Satellite observation of El Niño effects on Amazon forest phenology and productivity. **Geophysical Research Letters**, v. 27, p.: 981-984, 2000.

AUGSPURGER, C.K. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica**, v. 15, n. 4, p. 257-267, 1983.

BORCHERT, R. Phenology and Control of Flowering in Tropical Trees. **Biotropica**, v. 15, n. 2, p. 81-89, 1983.

BOREM, R.A.T. & RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serrapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, v. 8, n.2, p. 042-059, 2002.

BRADLEY, A.; CERARD, F.; BARBIER, N.; WEEDONS, G.P.; ANDERSON, HUNTINC FORD, C.; ARAGÃO, L.O.; ZELAZOWSKI, P.; ARAI, E. Relationships between phenology, radiation and precipitation in the Amazon region. **Global Change Biology**, v. 17, p. 2245-2260, 2011

BRANDO, P.M.; NEPSTAD, D.C.; DAVIDSON, E.A.; TRUMBORE, S.E.; RAY, D.; CAMARGO, P. Drought effects on litterfall, wood production and belowground carbon cycling in a Amazon forest: results of a throughfall reduction experiment. **Philosophical Transactions of the Royal society**, 2008.

BRAY, J.R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p. 101-57, 1964.

BURGHOUTS, T.B.A.; CAMPBELL, E.J.F.; KODERMAN, P.J. Effects of tree species heterogeneity of leaf fall in primary and logged dipterocarp forest in the UluSegana Forest Reserve, Sabah, Malasia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, p. 1-26, 1994.

CAMBPELL, D.C.; DALY, D.C.; PRANCE, G.T.; MACIEL, U.N. Quantitative ecological inventory of terra firme and varzea tropical forest on the rio Xingu, Brazilian Amazon. **Brittonia**, v. 38, n. 4, p. 369-393, 1986.

CASTILHO, C.V.; MAGNUSSON, W.E.; ARAÚJO, N.O.; LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J.; LIMA, A.P.; HIGUCHI, N. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n.1-3, p. 85-96, 2006.

CAUFIELD, C. In the Rainforest: Report from a strange, beautiful, imperiled world. Capítulo 4: BoundlessFertility, p. 61-81, 1984.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

CHAUVEL, A.; LUCAS, Y.; BOULET, R. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. **Experientia**, v. 43, n. 2, p. 234-241, 1987.

CHAVE, J.; NAVARRETE, D.; ALMEIDA, S.; ÁLVAREZ, E.; ARAGÃO, L.E.O.C.; BONAL, D.; CHÂTELET, P.; SILVA-ESPEJO, J.E.; GORET, J.Y.; VON HILDEBRAND, P.; JIMÉNEZ, E.; PATIÑO, S.; PEÑULA, M.C.; PHILLIPS, O.L.; STEVENSON, P.; MALHI, Y. Regional and seasonal patterns of litterfall in tropical South America. **Biogeosciences**, v. 7, p. 43-55, 2010.

CLEAND, E.E.; CHUINE, I.; MINZEL, A.; MOONEY, H.A.; SCHWARTZ, M.D. Diverse responses of phenology to global changes in a grassland ecosystem. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. U.S.A. v. 103, p.: 13720-13744, 2006.

CLEAND, E.E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H.A.; SCHWARTZ, M.D. Shifting plant phenology in response to global change. **Ecology and Evolution**, v. 22, n.7, p. 357-365, 2007.

CLINEBELL, R.R., PHILLIPS, O.L., GENTRY, A.H.; STARK, N.; ZUURING, H. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. **Biodiversity and Conservation**, v. 4, p. 56-90, 1995.

COLE, D.W.; RAPP, M. **Elemental cycling in forested ecosystems**. In: REICHLE, D.E. (Ed) Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge, England. ConbridfeUniversity Press, p. 341-409, 1980.

COLLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; BALOTA, E. L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 84-91, 2001.

CORONADO, E.N.H.; BAKER, T.R.; PHILLIPS, O.L.; PITMAN, N.C.A.; PENNINGTON, R.T.; MARTÍNEZ, R.V.; MONTEAGUDO, A.; MOGOLLÓN, H.; CARDOZO, N.D.; RÍOS, M.; GARCIA-VILLACORTA, R.; VALDERRAMA, E.; AHUITE, M.; HUAMANTUPA, I.; NEILL, D.A.; LAURANCE, W.F.; NASCIMENTO, H.E.M.; ALMEIDA, S.S.; KILLEEN, T.J.; ARROYO, L.; NÚÑEZ, P.; ALVARADO, L.F. Multi-scale comparison of tree composition in Amazonian terra firme Forest. **Biogeosciences**, v. 6, p. 2719-2731, 2009.

COSTA, M.L.; KERN, D.C.; BEBLING, H.; BORGES, M.S. Geologia. In: LISBOA, P.L.B. (Org.). **Caxiuana: populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 179-205, 2002.

CROAT, T. B. Seasonal flowering behavior in central Panama. **Annual Monografe Botanical Garden**, v. 56, p. 295-307, 1969.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. Nueva York: Columbia University Press, 1981.

CUBASCH, U. et al.; Projections of Future Climate Change. In: HOUGHTON, J.R. et al. (Eds.). Climate Change 2001: The Scinentific Basis. Contribution of Woeking Group I to the Third Assessment of the Intergovernmental Panel on climate Change. p.: 524-582, **Cambridge University Press**, 2001.

DAVIDSON, E.A.; ARTAXO, P. **Global Change Biology**, v. 10, p. 519–529, 2004.

DAVIDSON, E. A.; JANSSENS, I. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, v. 440, p. 165-173, 2006.

DAVIDSON, E. A.; VERCHOT, L.V.; CATTÂNEO, J.H.; ACKERMAN, I.L.; CARVALHO, J.E.M. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of Eastern Amazonia. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 53-69. 2000.

DELITTI, W.B.C. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii***. 1984. 305f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, USP, São Paulo, 1984.

DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T. Variação temporal e espacial da produção de liteira em uma área de Floresta Estacional Semidecídica Montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.

DIAS, J. D. **Fluxo de CO<sub>2</sub> proveniente da respiração do solo em áreas de floresta nativa da Amazônia**. 2006. 87f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ESPIRITO-SANTO, F.D.B.; SHIMABUKURO, Y.E.; OLIVEIRA, L.E.; ARAGÃO, C.; MACHADO, E.L.M. Análise da composição florística e fitossociológica da Floresta Nacional de Tapajós com apóio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 155-173, 2005.

EVANS, L.T. **Daylength and Flowering of Plants**. Menlo Park, Calif: Benjamin, 1975.122p.

FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v.57, p. 1-32, 1991.

FERNANDES, E.C.M. **Ciência e Cultura** - Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science, v. 49, p. 34-47, 1997.

FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W. & MAGALHÃES, L. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p.: 305-31, 1999.

FERREIRA, L.V.; ALMEIDA, S.S.; AMARAL, D.D.; PARION, P. Riqueza e composição de espécies da floresta de igapó e várzea da Estação Científica Ferreira Penna: subsídios para o plano de manejo da Floresta Nacional de Caxiuanã. **Pesquisas Botânica**, n. 56, p. 103-116, São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisa, 2005.

FERREIRA, L.V.; ALMEIDA, S.S.; ROSÁRIO, C.S. As áreas de inundação. In: LISBOA, P.L.B. (Org.). **Caxiuanã**, Belém, PA, Museu Paraense Emilio Goeldi, p. 195-212, 1997.

FERREIRA, L.V.; ALMEIDA, S.S.; SILVA, A.S. As vegetações sujeitas à influência da planície de inundação na Floresta Nacional de Caxiuanã. Colóquio Ecologia da Floresta Amazônica: Ambientes, Gente & Plantas. **Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, 2011.

FERREIRA, L.V.; PRANCE, G.T. Species richness and floristic composition in four hectares in the Jaú National Park in upland forests in Central Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, V. 7, p. 1349-1364, 1998.

FERREIRA, L. V.; PRANCE, G. T. Ecosystem recovery in terra firme forests after cutting and burning: a comparison on species richness, floristic composition and forest structure in the Jaú National Park, Amazonia. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 130, p. 97-110, 1999.

FREITAS, M.A.; ALMEIDA, S.S. O Protocolo de liteira do projeto TEAM/MPEG-Caxiuanã, sua importância e dados preliminares. In: MONTAG, L.F.A.; MASCHIO, G.F. (Eds.): **Dez anos de pesquisa na Amazônia**, Sessão I: Dez anos de pesquisa na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Belém, MPEG. Livro de Resumos Seminário, n. 6, CBO-012, 2003.

GARWOOD, N.C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: A community study. **Ecology Monograph**, v. 53, p. 159-181, 1983.

GENTRY, A.H. Patterns of neotropical plant species diversity. **Evolutionary Biology**, v. 15, p. 1-84, 1982.

GENTRY, A.H. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 75, p. 1-34, 1988.

GENTRY, A. H. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests. In BULLOCK, S.H.; MOONEY, S.H.A.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 146–194, 1995.

GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G. CHILD, G.I. & DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo, EPU-Ed USP, 256p, 1978.

GUILLAUMET, J.L. Some structural and floristic aspects of the forest. **Experientia**, v. 43, p. 241-251, 1987.

HERRERA, R.; JORDAN, C.F.; KLINGE, H.; MEDINA, E. Amazon ecosystems: Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciencia**, v. 3, p. 223-232, 1978.

HOMEIER, J.; BRECKLE, S.W.; RUTGER, S.G.; ROLLENBECK, T.; LEUSCHNER, C. Tree diversity, forest structure and productivity along altitude and topographical gradients in a species-rich Ecuador montane rain forest. **Biotropica**, v. 42, n. 2, p. 140-148, 2010.

HUETE, A.R.; DIDAN, K.; SHIMABUKURO, Y.E.; RATANA, P.; SALESKA, S.R.; HUTYRA, L.R.; YANG, W.; NEMANI, R.R.; MYNENI, R. Amazon rainforests Green-up with in dry season. **Geophysical Research letters**, v. 33, p. L06405, 2006.

HUSTON, M.A. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests. **Journal of Biogeography**, v. 7, p. 147–157, 1980.

ILKIU-BORGES, A.L.; SILVA, A.S.L.; LISBOA, P.L.B.; LISBOA, R.C.L.; COSTA, D.C.T.; SANTOS, W.N.; ROSÁRIO, C.S. Diversidade florística e estrutura da mata de terra firme. In: LISBOA, P.L.B. (Org.). **Caxiuanã: Populações Tradicionais, Meio Físico & Diversidade Biológica**. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p. 235-261, 2002.

JACKSON, J. F. Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, St. Louis, v. 10, n. 1, p. 38-42, 1978.

JACOBS, M. **The tropical rain forest- a first encounter**. Berlin: Springer-Verlag, 295p., 1988.

JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the Dry Season in Central America. **Evolution**, v. 21, n. 3, p. 620-637, 1967.

JORDAN, C.F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation**. Wiley; New York, 190p., 1985.

KARR, J.R. Seasonality, resource availability, and community diversity in tropical bird communities. **The American Naturalist**, v.110, p. 973-94, 1976.

KENT, M.; COKER, P. Vegetation description and analysis: A practical approach. London: Wiley. Whittaker, 363p., 1992.

KNIGHT, D.H. A phytosociological analysis of species-rich tropical forest on Barro Colorado Island, Panama. **Ecological Monographs**, v. 45, p. 259-28, 1975.

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos**. 2001. 88f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP, 2001.

KUBOTA, Y.; MURATA, H.; KIKUZAWA, K. Effects of topographic heterogeneity on tree species richness and stand dynamics in a subtropical forest in Okinawa Island, southern Japan. **Journal of Ecology**, v. 92, n. 2, p. 230-240, 2004.

LACEY, E.P. The influence of hygroscopic movement on seed dispersal in *Daucus carota* (Apiaceae). **Oecologia**, v. 47, p. 100-114, 1980.

LANG, A. Physiology of flower initiation. In: RUHLAND, W. (Ed.) Encyclopedia of Plant Physiology, Berlin, p. 1380-1536, 1971.

LEITÃO-FILHO, H.F.; PAGANO, S.N.; CÉSAR, O.; TIMONI, J.L.; RUEDA, J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: EDUSP, 184 p., 1993.

LIEBERMAN, D. Seasonality and phenology in a dry forest in Ghana. **Journal Ecology**, v. 70, p. 791-806, 1982.

LIEBERMAN, M.; LIEBERMAN, D.; HARTSHORN, G.S.; PERALTA, R. Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. **Journal of Ecology**, v. 73, n. 2, p. 505-516, 1985.

LIMA, W. P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: Artpress, 114p., 1987.

LIMA FILHO, D.A.; MATOS, F.D.A.; AMARAL, I.L.; REVILLA, J.; COELHO, L.S.; RAMOS, J.F.; SANTOS, J.L. Inventário florístico de floresta ombrófila densa de terra firme, na região do Rio Urucu-Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, p. 565-579, 2001.

LISBOA, P.L.B., SILVA, A.S.L., ALMEIDA, S.S. Florística e estrutura dos ambientes. In: LISBOA P.L.B. (Org.). **Caxiuanã**, Belém, PA, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 163-194, 1997.

LUCAS, Y; LUIZÃO, F.J.; CHAUVEL, A.; ROUILLER, J.; NAHON, D. The relation between biological activity of the rain forest and the mineral composition of soils. **Science**, v. 260, p. 521- 523, 1993.

LUIZÃO, F.J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest. **Geological Journal**, v. 19, p. 407- 417, 1989.

LUIZÃO, F.J. Nutrient cycles in the Amazon: responses to environmental and climate change. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 31-36, 2007.

LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonian. **Experientia**, v. 43, p. 259-265, 1987.

MACIEL, M.D.N.M., QUEIROZ, W.T.D., OLIVEIRA, F.D.A. Parâmetros fitossociológicos de uma floresta tropical de terra firme na floresta nacional de Caxiuanã (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, p. 85-106, 2000.

MALHI, Y.; NOBRE, A.D.; GRACE, J.; KRUIJT, B.; PEREIRA, M.C.P.; CULF, A.; SCOTT, S. Carbondioxidetransfer over a Central Amazonianrain Forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, p. 31593-31612, 1998.

MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo: EPU, 63p., 1980.

MATOS, F.D.A.; AMARAL, I.L. Análise ecológica de um hectare em floresta ombrófila densa de terra-firme, estrada da várzea, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 29, p. 365-379, 1999.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A.; MIRANDA, F. **Metodologia para elestudio de lavegetacion. Program Regional de Desarrollo Científicos y Tecnológico**. 1982. Monografía (Graduação). Washington, D. C., 1982.

MEDINA, E. **Biodiversity and nutrient relations in savanna ecosystems: Interactions between primary producers, soil microorganisms, and soils.** In: SOLBRIG, O.T.; MEDINA, E.; SILVA, J.F. (Eds.). Biodiversity and savanna ecosystem process. Springer, Berlin Heidelberg, p. 45-57, 1996.

METCALFE, D.; MEIR, P.; ARAGÃO, L.E.O.C.; COSTA, A.; ALMEIDA, S.; BRAGA, A.; GONÇALVES, P.; ATHAYDES, J.; MALHI, Y.; WILLIAMS, M. Sample sizes for estimating key ecosystem characteristics in a tropical *terra firme* rainforest. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 558-566, 2008.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods of vegetation and ecology. New York: Willey. 1974.

MIRANDA-SANTOS, R.; GAVINA J. L.; THALES, M. Topografia de Caxiuanã. **I Seminário Científico do PPBio: Estratégias Científicas do Programa.** 22 a 15 de maio de 2007, Belém, Pará, 2007.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. **Sustainable agriculture and forestry production systems on acid soils: phosphorus as a case study.** In: MONIZ, A. C. (Eds.) Plant-soil interactions at low Ph: Sustainable agriculture and forestry productions. Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997, p. 314-320.

ODUM, E.P. **Fundamentos de ecologia**, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

OLIVEIRA, A.A. Inventários quantitativos de árvores em matas de terra firme: histórico com enfoque na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 30, n.4, p. 543-567, 2000.

OLIVEIRA, A.N.; AMARAL, I.L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 34, p. 21-34, 2004.

OLIVEIRA, A.N.; AMARAL, I.L.; RAMOS, M.B.P.; NOBRE, A.D.; COUTO, L.B.; SAHDO, R.M. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 627-642, 2008.

OLIVEIRA, J. A família Annonaceae. In: Lisboa, P.L.B. (Org.). Caxiuanã, Belém, PA, **Museu Paraense Emilio Goeldi**, p. 253-262, 1997.

OLIVEIRA, M.C.; COSTA, A.C.L.; COSTA, J.P.R.; PALHETA, M.C.P.; PEREIRA, M.G.P. Comportamento médio horário e mensal dos elementos meteorológicos sobre floresta, em Caxiuanã, Melgaço/PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: SBMet, 2000.p. 2441-2446.

OLIVEIRA R.R. **Produção e decomposição de serapilheira no Parque Nacional da Tijuca, RJ.** 1987. 107f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, RJ, 1987.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.

PAGANO, S. N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP: **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 3, p. 633-639, 1991.

PEÇANHA JUNIOR, F.B, MIRANDA, I.S., ALMEIDA, S.S.; SILVA, A.S.L. Diversidade arbórea e do banco de sementes em uma floresta primária da Amazônia oriental. In: LISBOA, P. L. B. (Org.) **Caxiuaná: Desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia.** Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p. 281-297, 2009.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M; SANTOS, F.A.M. Fenologia da Copaíba (*Copaiferalangs dorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p.: 183-194, 2002.

PELLISSIER, P.; DRAY, S.; SABATIER, D. Within-plot relationships between tree species occurrences and hydrological soil constraints: naexemple in French Guiana investigated trough canonical correlation analysis. **Plant Ecology**, v.162, n.2, p.143-156, 2001.

PEÑA, M. L. P.; MARQUES, R.; JAHNEL, M.C.; ANJOS, A. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. **Revista Floresta**, v.35, n. 1, p. 117-127. 2005.

PHILLIP, S. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter? **Ecology**, v. 79, p. 23-30, 1998.

PHILLIPS, O.L.; ARAGÃO, L.E.O.C.; LEWIS, S.L.; FISHER, J.B.; LLOYD, J.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, G.; MALHI, Y.; MONTEAGUDO, A.; PEACOCK, J.; QUESADA, C.A.; VAN DER HEIJDEN, G.; ALMEIDA, S.; AMARAL, L.; ARROYO, L.; AYMARD, G.; BAKER, T.R.; BÁNKI, O.; BLANC, L.; BONAL, D.; BRANDO, P.; CHAVE, J.; OLIVEIRA, A.C.A.; CARDOZO, N.D.; CZIMCZIK, C.I.; FELDPAUSCH, T.R.; FREITAS, M.A.; GLOOR, E.; HIGUCHI, N.; JIMÉNEZ, E.; LLOYD, G.; MEIR, P.; MENDOZA, C.; MOREL, A.; NEILL, D.A.; NEPSTAD, D.; PATIÑO, S.; PEÑUELA, M.C.; PRIETO, A.; RAMÍREZ, F.; SCHWARZ, M.; SILVA, J.; SILVEIRA, M.; THOMAS, A.S.; STEEGE, H.; STROOP, J.; VÁSQUEZ, R.; ZELAZOWSKI, P.; DÁVILA, E.A.; ANDELMAN, S.; ANDRADE, A.; CHÃO, K.J.; ERWIN, T.; FIORE, A.; HONORIO, E.C.; KEELING, H.; KILLEN, T.J.; LAURANCE, W.F.; CRUZ, A.P.; PITMAN, N.C.A.; VARGAS, P.N.; RAMÍREZ-ÂNGULO, H.; RUDAS, A.; SALOMÃO, R.; SILVA, N.; TERBORGH, J.; TORRES-LEZAMA, A. Drought sensitivity of the Amazon Rainforest. **Science**, v. 323, p. 1344-1347, 2009.

PHILLIPS, O.L.; HALL, P.; GENTRY, A.H.; SAWYER, S.A.; VÁSQUEZ, R. Dynamics and species richness of tropical rain forests. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, v. 91, p. 2805-2809, 1994.

PILLAR, V.P. **Clima e Vegetação**. Departamento de Botânica. UFRGS. 1995. Disponível em: <<http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>> Acesso em: dez. 2010.

PIRES, J.M. Tipos de vegetação da Amazônia. Publicações Avulsas, **Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 20, p. 129-202, 1973.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. In: PENEDO, W.R. (Ed.), **Gaseificação da madeira e carvão vegetal**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de MG. Série de publicações Técnicas, v.4, n.1, 1981.

POGGIANI, F.; STAPE, J.L.; GONÇALVES, J.L.M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n.31, p. 33-44, 1998.

PORTES, M.C.G.O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhagava- PR. **Floresta**, v. 26, n.1-2, p.3-10, 1996.

PORTO, M.L.; LONGHI, H.M.; CITADINI, V.; RAMOS, R.F.; MARIATH, J.E.A. Levantamento fitossociológico em área de "mata-de-baixio", na estação Experimental de Silvicultura Tropical, Manaus/AM. **Acta Amazonica**, V. 6, P. 301-318, 1976.

PRANCE, G.T.; RODRIGUES, W.A.; SILVA, M.F. Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme, km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara. **Acta Amazonica**, v. 6, p. 9-35, 1976.

PRITCHETT, W.L.; WELLS, C.G. Harvesting and site preparation increase nutrient mobilization. In: TIPPIN, T. (Ed.). A Symposium on Principles of maintaining productivity on prepared sites, New Orleans, LA: U.S. Forest Service and Southern Region of the Association of State College and University Research Organizations at Mississippi State University, 1978. **Anais**. New Orleans, L.A. 1978.

PUTZ, F.E. A seasonality in Malaysian tree phenology. **Malaysian Forester**, v. 42, p. 1-24, 1979.

QUESADA, C.A.; LLOOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T.R.; CZIMCZIK, C.; FYLLAS, N.M.; MARTINELLI, L.; NARDOTO, G.B.; SCHMERLER, J.; SANTOS, A.J.B.; HODNETT, M.G.; HERRERA, R.; LUIZÃO, F.J.; ARNETH, A.; LLOYD, G.; DEZZEO, N.; HILKE, I.; KUHLMAN, I.; RAESSLER, M.; BRAND, W.A.; GEILMANN, H.; MORAES FILHO, J.O.; CARVALHO, F.P.; ARAUJO FILHO, R.N.; CHAVES, J.E.; CRUZ JUNIOR, O.F.; PIMENTEL, T.P.; PAIVA, R. Chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences Discussions**, v. 6, p. 3923-3992, 2009.

RATHCKE, B.; LACEY, E.P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 179-214, 1985.

REICH, P.B. Phenology of tropical forest – patterns, causes, and consequences. **Canadian Journal Botany**, v. 73, p.: 164-174, 1995.

RIBEIRO, L. **O papel da serrapilheira na dinâmica de nutrientes do Landi da Moranga, Pantanal Mato-Grossense, Brasil**. 2001. 58f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 2. ed. São Paulo: Fapesp, 2001. 320p.

RYLANDS, A.B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 27-35, 2005.

SAMPAIO, E. V. S. B.; MAYO, S.J.; BARBOSA, M. R.V. Pesquisa Botânica Nordeste: Progresso e Perspectivas. Recife: SBB/Seção regional de Pernambuco. 1996.

SANCHEZ-AZOFEIFA, A. E.; KALACSKA, M.; QUESADA, M.; STONER, K.; LOBO, J.; ARROYO-MORA, P. **Tropical Dry Climates**. In: SCHWARTZ, M.D. (Ed.). Phenology: Na Intergration Environmental Science, p.: 121-138, Kluwer, 2003.

SCHUBART, H.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**, v. 2, n. 10, p. 26-32, 1984.

SILVA, A.S.L.; ALMEIDA, S.S.; ROSÁRIO, C.S. Flórmula fanerogâmica da Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn): caracterização dos ecossistemas e lista preliminar de espécies. In: MONTAG, L.F.A.; MASCHIO, G.F. (Eds.): Dez anos de pesquisa na Amazônia, Sessão I: **Dez anos de pesquisa na Estação Científica Ferreira Penna**, Caxiuanã, Belém, MPEG. Livro de Resumos Seminário, n. 6, CBO-007, 2003.

SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M.C.; LOBO, F.A.; NOGUEIRA, J.S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 543 – 548. 2007.

SILVA, C.J.; LOBO, F.A.; BLEICH, M.E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação de serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009b.

SILVA, J. G. M. da **Relação solo-vegetação como instrumento para o manejo da vegetação do cerrado no Triângulo Mineiro**. 1993. 121f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.

SILVA, M.F.F. **Produção anual de liteira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme na área do Rio Tocantins, Pará**. 1082. 78f. Dissertação (Mestrado) -. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia/Fundação Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 1982.

SILVA, R.M. **Influência de variáveis meteorológicas na produção e decomposição de liteira na estação científica Ferreira Penna, Caxiuanã, PA**. 2004. 81f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 2004.

SILVA, R.M.; COSTA, J.M.N.; RUIVO, M.L.P.; COSTA, A.C.L.; ALMEIDA, S.S. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 573-582, 2009a.

SILVER, W. L.; MIYA, R. K. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. **Oecologia**, v. 129, p. 407-419, 2001.

SIZER, N. C. **The Impact of Edge Formation on Regeneration and Litterfall in a Tropical Rain Forest Fragment in Amazonia**. 1992. 244f. Tese (Doutorado) - Universidade de Cambridge, Cambridge, 1992.

SMYTHE, N. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. **The American Naturalist**, v. 104, p. 25-35, 1970.

SOUZA, J.S. **Dinâmica espacial e temporal do fluxo de CO<sub>2</sub> do solo em floresta de terra firme na Amazônia central**. 2004. 62f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2004.

SPAIN, A.V.; LE FEUVRE, R.P. Breakdown of four litters of contrasting quality in a tropical Australian rainforest. **Journal of Applied Ecology**, v. 24, p. 279-288, 1987.

STEEGE, H.; SABATIER, D.; CASTELLANOS, H.; ANDEL, T.V.; DUIVENVOORDEN, J.; OLIVEIRA, A.A.; RENSKE, E.; LILWAH, R.; MAAS, P.; MORI, S. A regional perspective: Analysis of Amazonian floristic composition and diversity that includes a Guyana Shield. In: STEEGE, H. (Org.). *Plant Diversity in Guyana: White recommendations for a National Protected Areas Strategy*. The Tropenbos Foundation, Wageningen, p. 19-32, 2000.

SUDAM. **Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia**: Atlas climatológico da Amazônia brasileira. Belém., 1984.44p. (Publicação, 39).

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F.J.; WANDELLI, E.; FERNANDES, E.C.M. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 65, p. 33-42. 2005.

TELLO, J.C.R. **Aspectos fitossociológicos das comunidades vegetais de uma toposseqüência da Reserva Florestal Ducke do INPA**. 1995. 335f. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, 1995.

TERBORGH, J. **Five New World Primates**. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press. 260 p., 1983.

TERBORGH, J.; ANDRESEN, E. The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scales. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p. 645-664, 1998.

THOMPSON, N. Elaiosomes and fleshy fruits: phenology and selection pressures for ant-dispersed seeds. **The American Naturalist**, v. 117, p. 104-108, 1981.

TILMAN, D.; REICH, P.B., KNOPS, J.; WEDIN, D.; MOELKE, T.; LEHMAN, C. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. **Science**, v. 294, p. 843-845, 2001.

TUOMISTO, H.; RUOLOLAINEN, K.; KALLIOLA, R.; LINNA, A.; DANJOY, W.; RODRIGUEZ, Z. Dissecting Amazonian biodiversity. **Science**, v. 269, p. 63-66, 1995.

VALENCIA, R.; FOSTER, R.B.; VILLA, G.; CONDIT, R.; SVENNING, J.G.; HERNANDEZ, C.; ROMOLEROUX, K.; LOSOS, E.; MAGARD, E.; BALSLEV, H. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 214-229, 2004.

VÁZQUEZ-YANES, C., OROSCO-SEGOVIA, A., RINCON, E., SANCHEZ-CORONADO, M.E., HUANTE, R., TOLEDO, J.R.; BARRADAS, U.L. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. **Ecology**, v. 71, n. 5, p. 1952-1958, 1990.

VIANA, J. S.; ALMEIDA, S. S.; CONCEIÇÃO, C.; FERREIRA, E.; ALVES, N.E SILVA, R. Comparação estrutural e florística entre os ambientes de terra-firme e igapó do entorno da Estação Científica Ferreira Penna - ECFPn. In: MONTAG, L.F.A.; MASCHIO, G.F. (Eds.): Dez anos de pesquisa na Amazônia, Sessão I: Dez anos de pesquisa na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Belém, MPEG. Livro de Resumos Seminário, n. 6, CBO-001, 2003.

VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L. Produção de serapilheira em dois remanescentes de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau – SC. **Revista de Estudos Ambientais**, v.2, n.1, p. 103-116, 2000.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VITOUSEK, P.M.; SANFORD JR., R.L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 137-167, 1986.

VITOUSEK, P.M.; WALTER, L.R. Biological invention of *Myrica* in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation and ecosystem effects. **Ecological Monographs**, v. 59, p. 247-265, 1989.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. **Revista Brasileira de Botânica**, Belo Horizonte, Minas Gerais, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.

WHITTAKER, R. H. Communities and ecosystems. Library of Congress Cataloging in Publication Data. 20 edição. EUA, 1975.

WHITTAKER, R.J.; WILLIS, K.J.; FIELD, R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. **Journal of Biogeography**, v. 28, p. 453-470, 2001.

ZOU, X.; ZUCCA, C.P.; WALDE, R.B.; MCDOWELL, W.H. Long-term of deforestation on tree species composition and litter dynamics of a tropical rain forest in Puerto Rico. **Forest Ecology Management**, v. 78, p. 147-157, 1995.