



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA PRODUÇÃO DE  
LITEIRA EM FLORESTA TROPICAL NATIVA NA FLONA  
CAXIUANÃ-PA**

**BRUNO RAFAEL MIRANDA MATOS**

**Santarém, Pará  
Fevereiro, 2013**

**BRUNO RAFAEL MIRANDA MATOS**

**FEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA PRODUÇÃO DE  
LITEIRA EM FLORESTA TROPICAL NATIVA NA FLONA  
CAXIUANÃ-PA**

**DR. ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Processos de interação da biosfera e atmosfera.

**Santarém, Pará  
Fevereiro, 2013**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE  
AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS RONDON  
– UFOPA**

Matos, Bruno Rafael Miranda Matos.

Efeito da deficiência hídrica na produção de liteira em floresta tropical nativa na Flona Caxiuanã-Pa.

121p.

Dissertação de mestra – Área de Concentração em Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera. Universidade Federal do Oeste do Pará, 2013.

Orientador: Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa.

1. Liteira vegetal 2. Componentes da liteira 3. Correlação 4. Deficiência hídrica 5. Floresta Nacional de Caxiuanã.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela saúde, disposição e discernimento;

Aos meus pais, Jerusa Miranda Silva e Raimundo Estevam de Matos e, família, pelo apoio e incentivo;

À minha querida esposa: Ana Cristina Coelho Couto Matos, pelo carinho, amor e compreensão;

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), pela oportunidade de realização do mestrado e participação em projetos de pesquisa;

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia (PPGRNA), pela oportunidade de realização do mestrado;

Ao projeto LBA, sub-projeto ESECAFLOR, pela disponibilização dos dados da pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa, pela amizade, paciência e orientação durante este período;

Aos docentes dos PPGRNA, pela instrução e disponibilização de referências bibliográficas;

Ao Msc. Fábio Guerra Santos, pela amizade e apoio;

MATOS, Bruno Rafael Miranda. **Efeito da deficiência hídrica na produção de liteira em floresta tropical nativa na Flona Caxiuanã-Pa.** 2013. 121p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2013.

## RESUMO

Este trabalho avaliou o comportamento da produção de liteira vegetal total e, de seus componentes (folhas, galhos e flores/frutos), assim como, a relação entre estas variáveis tanto em condições naturais, como de escassez de precipitação na ordem de 50%. O estudo foi realizado em floresta nativa de terra firme no interior da Floresta Nacional de Caxiuanã, Estado do Pará. Foram mensuradas as produções mensais médias de liteira vegetal total acumulada e, de seus componentes, em duas parcelas de 1ha cada, durante os anos de 2004-2010. Também foram mensurados os totais de precipitação pluviométrica mensais na área de estudo para o mesmo período. A produção de liteira vegetal total acumulada foi de 5,52 e 4,43 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente, para as parcelas controle e tratamento, uma redução da ordem 24, 6% na produção de liteira florestal, quando submetida a deficiência hídrica induzida. A produção acumulada de folhas, galhos e flores/frutos foi de 3,66, 0,77 e 0,65t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>; 3,16, 0,62 e 0,37t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente, para as parcelas controle e tratamento, uma redução da ordem 15,82%, 24,19% e 75%, entre as produções dos componentes da liteira acumulada da parcela controle em relação à parcela tratamento. Os dados de totais de precipitação mensal apresentaram grande variabilidade, com desvio padrão e coeficiente de variação de 135,2 e 81,7%. A variável produção de liteira acumulada e, seus componentes, apresentaram comportamento sazonal anual, com os maiores e menores valores, ocorrendo entre os meses menos (junho a novembro) e mais chuvosos (dezembro a maio), respectivamente. A variável total de precipitação apresentou comportamento sazonal anual, com os maiores e menores valores, ocorrendo entre os meses de dezembro e maio e, entre junho a novembro, respectivamente. A linha de tendência que melhor ajustou-se aos dados das variáveis estudadas foi ao modelo polinomial do 5º grau, contudo, com altos graus e baixo grau de ajustamento, respectivamente, para a variável produção de liteira vegetal acumulada total ( $R^2 \geq 0,86$ ) e, totais de precipitação mensal ( $R^2 = 0,1702$ ). As duas variáveis apresentaram relação inversa, com maior intensidade para o componente flores/frutos. Aparentemente, o tratamento reduziu o grau de correlação entre as variáveis, precipitação e produção acumulada de folhas e flores/frutos e aumentou o grau de correlação para o componente da liteira total acumulada, galhos.

**Palavras-chave:** Liteira vegetal, Componentes da liteira, Correlação, Deficiência hídrica, Floresta Nacional de Caxiuanã.

MATOS, Bruno Rafael Miranda. **Efeito da deficiência hídrica na produção de liteira em floresta tropical nativa na Flona Caxiuanã-Pa.** 2013. 121p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Processos de Interação da Biosfera e Atmosfera - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2013.

## ABSTRACT

This study evaluated the performance of the overall plant litter production and its components (leaves, branches and flowers / fruits), as well as the relationship between these variables both in natural conditions such as scarcity of rainfall in the order of 50%. The study was conducted in native forest land within the National Forest Caxiuanã, State of Pará. Productions were measured monthly average total accumulated plant litter and its components in two plots of 1 ha each, during the years of 2004-2010. We also measured the total monthly rainfall in the study area for the same period. The production of vegetable total accumulated litter was 5.52 and 4.43 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, respectively for the control and treatment plots, a reduction of approximately 24,6% in the production of forest litter, when subjected to water stress induced. The accumulated production of leaves, twigs and flowers / fruits was 3.66, 0.77 and 0.65 t ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, 3.16, 0.62 and 0.37 t ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, respectively, for the control and treatment plots, a reduction of approximately 15.82%, 24.19% and 75%, among the productions of the components of accumulated litter the control plot in relation to treatment plot. The data of monthly precipitation totals showed great variability, standard deviation and coefficient of variation of 135.2 and 81.7%, respectively. The variable accumulated litter production and its components, showed annual seasonal pattern, with the highest and lowest values occurring between the months less (June to November) and wettest (December to May), respectively. The variable, total precipitation, presented annual seasonal behavior, with the highest and lowest values occurring between the months of December and May and between June and November, respectively. The trend line that best fit to the data of the variables studied was the model polynomial of 5th degree, however, with high grades and low grade adjustment, respectively, for the variable production of plant litter accumulated total ( $R^2 \geq 0,86$ ), and total monthly rainfall ( $R^2 = 0.1702$ ). The two variables were inversely with greater intensity for the component flowers / fruits. Apparently, the treatment reduced the degree of correlation between variables, precipitation and cumulative production of leaves and flowers / fruits and increased the degree of correlation for the component of the total accumulated litter, twigs.

**Keywords:** Plant litter, Components of litter, Correlation, Water deficiency, Caxiuanã National Forest.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
1.INTRODUÇÃO.....	8
1.1.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
1.2. OBJETIVOS.....	12
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	12
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2. CAPÍTULO I.....	14
3. CAPÍTULO II.....	34
4. CAPÍTULO III.....	76
5. SÍNTESE INTEGRADORA.....	108
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS.....	113
ANEXO A.....	114
ANEXO B.....	115

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã.....	32
Figura 2 - Painéis coletores de água, calhas de drenagem e trincheira.....	32
Figura 3 - Coletor de liteira.....	32
Figura 4 - Produção anual de liteira acumulada nas parcelas controle e tratamento.....	33
Figura 5 - Produção mensal de liteira acumulada nas parcelas controle e tratamento.....	33
Figura 6 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã.....	69
Figura 7 - Painéis coletores de água, calhas de drenagem e trincheira.....	70
Figura 8 - Coletor de liteira.....	71
Figura 9 - Produção anual acumulada de folhas nas parcelas controle e tratamento.....	72
Figura 10 - Produção anual acumulada de galhos nas parcelas controle e tratamento.....	73
Figura 11 - Produção anual acumulada de flores/frutos nas parcelas controle e tratamento.....	74
Figura 12 - Produção mensal dos componentes da liteira acumulada nas parcelas controle e tratamento.....	75
Figura 13 - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã.....	103
Figura 14 - Painéis coletores de água, calhas de drenagem e trincheira.....	104
Figura 15 - Pluviógrafo instalado no topo da torre.....	105
Figura 16 - Coletor de liteira.....	106
Figura 17 - Médias, indicadores de dispersão e equação de tendência .....	107

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A liteira ou serapilheira é um importante elemento dos ecossistemas florestais, compreendendo o material precipitado da superfície e dossel florestal no solo pelos organismos que compõem a biota. Este material inclui, principalmente, folhas, caules, frutos, sementes, flores e resíduos animais (DIAS e OLIVEIRA-FILHO, 1997). Este material pode servir como um bom indicador da capacidade de produção de uma floresta, podendo ser relacionada à disponibilidade de nutrientes, em função das necessidades nutricionais de uma dada espécie (FILHO et al., 2003).

A liteira atua na superfície do solo como um sistema, com entradas e saídas de matéria e energia, recebendo entradas via vegetação e, por sua vez, tendo saídas, com a decomposição e suprimento do solo e as raízes com nutrientes e matéria orgânica, sendo essencial na manutenção e restauração da fertilidade do solo em áreas em início de sucessão ecológica (EWEL, 1976).

A liteira de origem vegetal é constituída de diversos componentes, dentre os quais, destacam-se, as folhas, galhos, flores e frutos. Cada um dos componentes, apresenta diferentes composições químicas constitucionais e velocidades de decomposição, o que influencia diretamente nos processos de ciclagem de nutrientes das plantas para os solos (CIANCIARUSO et al., 2006), controlando as quantidades de nutrientes que retornam ao solo, constituindo-se em importante processo de controle da ciclagem de nutrientes (BARNES et al., 1997).

O componente da liteira, folhas, apresentam grande quantidade e variedade de nutrientes (Caldeira, 2002), além, de apresentarem rápida decomposição, diferentemente, do componente, galhos, devido, dentre outros fatores, à concentração de água e a relação carbono e nitrogênio dos materiais (XULUC-TALOSA, 2003; MARQUES, 2000).

A dinâmica dos ciclos biológicos dos ecossistemas florestais demonstra que a ciclagem de nutrientes possui um papel essencial na manutenção da produtividade deste tipo de ecossistema (HAAG, 1985), principalmente, nos solos amazônicos, caracterizados pela baixa fertilidade (JORDAN, 1985).

O estudo sobre a produção de liteira total, assim como, de seus componentes, é baseado na sua característica como “indicador de reação”, capaz de responder às alterações micrometeorológicas do ambiente (ARAÚJO et al., 2006), principalmente, à deficiência hídrica (DELITTI, 1995).

## 1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Liteira, serapilheira, serrapilheira ou folhedo é um importante componente do sistema florestal, sendo definido como o conjunto de detritos orgânicos, principalmente de origem vegetal, produzidos pela floresta (VIEIRA, 1988). Koehler (1989) define este componente, como sendo o material recém-caído, na parte superficial do piso da floresta, consistindo-se, sobretudo, de folhas, fragmentos de casca, galhos, flores, frutos e outras partes

Para Dias e Oliveira-Filho, (1997), a liteira, compreende o material precipitado no solo pela biota. Barbosa e Farias (2006), definem a liteira, como sendo a matéria orgânica de origem vegetal e animal que é depositada sobre o solo, sob diferentes estágios de decomposição, representando assim, uma forma de entrada e posterior incremento da matéria orgânica do solo, com aporte de nutrientes na forma inorgânica.

A liteira possui inúmeras funções, dentre as quais, destaca-se a interceptação das gotas de chuva, minimizando assim seus efeitos erosivos; armazenamento de água no solo, isolante térmico; redução da evaporação, manutenção de microclima estável na superfície do solo, produção de sombra, retenção de umidade, criando condições microclimáticas que influem na germinação de sementes e estabelecimento de plântulas (MORAES et al., 1999; KINDEL, 2001; FIGUEIRÓ, 2005). Esta, também desempenha papel essencial no crescimento das plantas, pois influencia nas propriedades físicas, biológicas e químicas dos solos, bem como aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo (GARAY; KINDEL, 2001).

A liteira de origem vegetal é constituída de diversos componentes, dentre os quais, destacam-se, as folhas, galhos, flores e frutos. Cada um deles apresenta diferentes composições químicas constitucionais e velocidades de decomposição, o que influencia diretamente nos processos de ciclagem de nutrientes das plantas para os solos (VIEIRA, 1988; DIAS e OLIVEIRA-FILHO, 1997; CIANCIARUSO et al., 2006).

Segundo Proctor (1983), a liteira pode ser classificada em liteira fina (que inclui material lenhoso com diâmetro até 2 cm) e liteira grossa (material lenhoso – galhos e troncos – com diâmetro superior a 2 cm).

A liteira grossa que é definida como o material lenhoso com diâmetro  $> 2$  cm, apresenta decomposição lenta, com alta concentração de carbono e baixa de nutrientes, sendo pouco estudada nos trópicos. A concentração de nutrientes, sobretudo dos cátions, como Ca e

Mg, na fração mais fina (2-10 cm diâmetro) da liteira grossa é considerável, embora menor do que em componentes da liteira fina, como as folhas (PAULETTO, 2006). Seu estoque na floresta intacta, na Amazônia brasileira, situa-se entre 2 e 4 t.ha-1.ano-1 (SUMMERS, 1998).

A liteira fina, por outro lado, além de ser um indicador direto da produtividade primária dos ecossistemas florestais e de ter importante papel na cobertura e proteção do solo, funciona como uma permanente e importante fonte de nutrientes para o solo florestal, principalmente, devido à sua rápida renovação e decomposição sobre o solo (JORDAN, 1985). Seu estoque na floresta intacta de terra firme, na Amazônia Central, situa-se entre 7 e 10 t.ha-1.ano-1, variando bastante de um ano para outro, dependendo da fenologia das espécies de árvores e, principalmente, dos padrões de precipitação pluviométrica, uma vez que há um forte controle sazonal da produção de liteira fina, com maiores produções sendo observadas nos períodos menos chuvosos do ano (LUIZÃO, 1989).

Estudos em diferentes localidades e ecossistemas florestais demonstram que os componentes da liteira, de maior produção, são as folhas, seguidas da produção de material lenhoso e órgãos reprodutivos (FILHO et al., 2003; MAMAN et al., 2007; SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2009; VIDAL, 2007).

As folhas, por exemplo, apresentam grande quantidade e variedade de nutrientes (CALDEIRA, 2002), além, de apresentarem rápida decomposição, diferentemente, do componente, galhos, devido, dentre outros fatores, à concentração de água e a relação carbono e nitrogênio do material (XULUC-TALOSA, 2003; MARQUES, 2000).

Estudos demonstram que a decomposição de liteira fina representa a maior entrada anual de nitrogênio (151 kg ha-1), de cálcio (37 kg ha-1) e de magnésio (14,2 kg ha-1) para o ecossistema florestal (BRINKMANN, 1989; LUIZÃO, 1989). Desta forma, a produção de liteira controla diretamente a quantidade de nutrientes que retornam ao solo e por esta razão se constitui em importante processo de controle da ciclagem de nutrientes (BARNES et al., 1997).

Nas florestas tropicais da Amazônia, especificamente, no Estado do Pará, grande parte dos solos é do tipo latossolo (IBGE, 2005), sendo solos cujas características encontravam-se fortemente relacionadas à intemperização e lixiviações intensas (KER, 1997). A pobreza nutricional de grande parte dos solos amazônicos destaca o papel da liteira, nos processos de ciclagem de nutrientes e na nutrição de solos com deficiência nutricional superficial (TOGNON, DEMATTÊ e DEMATTÊ, 1998).

A Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, está situada na porção inferior do Rio Anapu, entre os Rios Tocantins e Xingu, Amazônia Oriental, nos municípios de Melgaço e

Portel, Estado do Pará (MONTAG et al., 2008). A maior parte desta FLONA, aproximadamente 95%, é composta por ambientes de terra firme, principalmente, por florestas nativas. (LISBOA, SILVA E ALMEIDA, 1997).

A FLONA Caxiuanã, localizada entre os Oceanos Atlântico e Pacífico, está inserida numa região de forte influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (MARENGO, 1995). A ZCIT é a região de encontro entre os ventos úmidos (alísios) dos hemisférios Norte e Sul, que convergem em zonas de alta pressão, como a região equatorial (COHEN ET AL., 1995; REBOITA, 2010).

Na ZCIT é comum a ocorrência de anomalias climáticas regionais que têm ação direta sobre os regimes de precipitação da região Amazônica e, conseqüentemente, na região da FLONA Caxiuanã, dentre eles, o El Niño e La Niña. O El Niño associa-se ao aquecimento anômalo em grande-escala nas águas oceânicas sobre o Pacífico Equatorial centro-leste. Inversamente a La Niña, relaciona-se ao resfriamento anormal das águas oceânicas equatoriais sobre a bacia centro-leste (TRENBERTH, 1997).

Fenômenos como El Niño causam secas na Amazônia. E historicamente, o clima global vem apresentando mudanças como a maior frequência do fenômeno de El Niño. O aumento contínuo do efeito estufa, como projetado por todos os modelos climáticos na ausência de mudanças significantes nas emissões antropogênicas mundiais, implica em eventos de El Niño que serão mais frequentes e, provavelmente, mais severos (FEARNSIDE, 2006).

O estudo da produção de liteira aplicado no monitoramento de áreas é baseado no seu potencial como “indicador de reação”, capaz de responder às modificações do ambiente (MACHADO, RODRIGUES e PEREIRA, 2008).

A liteira pode ser usada para acompanhar as alterações nas condições ambientais ou para monitorar tendências através do tempo, proporcionando a previsão de mudanças no ambiente e diagnosticando a causa do problema ambiental (ARAUJO et al., 2006; MACHADO, RODRIGUES e PEREIRA, 2008).

Vários fatores ambientais (bióticos e abióticos) podem afetar a produção de liteira, tais como: tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, decíduosidade, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo. Dependendo das características de cada ecossistema um determinado fator pode prevalecer sobre os demais (FILHO et al., 2003). Segundo Moraes e Delitti (1999), o padrão de produção de liteira é influenciado, primariamente, pela deficiência hídrica.

O padrão de produção de liteira citado por Moraes e Delitti (1995), foi observado em vários estudos, em diversificadas localidades e ecossistemas, onde a produção da liteira, assim como, de seus componentes apresentou uma tendência de sazonalidade, com as maiores e menores produções, ocorrendo em meses de pouco e alta disponibilidade hídrica (NEPSTAD et al., 2002; SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2009).

Considerando o exposto, é de grande relevância o estudo dos padrões de produção da liteira vegetal em condições naturais e de deficiência hídrica, para contribuir com o entendimento dos efeitos de uma seca prolongada em florestas tropicais amazônicas.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVOS GERAIS**

- Avaliar os efeitos da deficiência hídrica na produção de liteira vegetal acumulada de uma floresta tropical nativa localizada na Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã-PA;
- Avaliar os efeitos da deficiência hídrica na produção dos componentes da liteira vegetal acumulada em floresta tropical nativa na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA;
- Avaliar a relação entre a produção de liteira vegetal acumulada, bem como, dos seus componentes e os totais de precipitação em floresta tropical nativa na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar a normalidade dos dados de produção total da liteira vegetal acumulada, em condições naturais e de deficiência hídrica;
- Comparar as produções totais da liteira vegetal acumulada, mensalmente e anualmente, em condições naturais e de deficiência hídrica;
- Verificar a normalidade dos dados de produção dos componentes da liteira vegetal acumulada, em condições naturais e de deficiência hídrica;
- Comparar as produções dos componentes da liteira vegetal acumulada, mensalmente e anualmente, entre os meses do ano, em condições naturais e de deficiência hídrica;

- Ajustar, possíveis modelos de tendência, ao comportamento das produções dos componentes da liteira vegetal acumulada, em condições naturais e de deficiência hídrica;
- Verificar a normalidade dos dados de totais de precipitação, em condições naturais e de deficiência hídrica;
- Comparar os totais de precipitação entre os meses do ano, em condições naturais e de deficiência hídrica;
- Ajustar, possíveis modelos de tendência, ao comportamento dos totais de precipitação, em condições naturais e de deficiência hídrica;
- Avaliar a existência e tipo de relação entre os totais de precipitação e produção de liteira vegetal total, assim como, de seus componentes, em condições naturais e de deficiência hídrica.

## **CAPÍTULO I**

# **EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA PRODUÇÃO TOTAL DE LITEIRA VEGETAL EM FLORESTA TROPICAL NATIVA NA FLONA CAXIUANÃ-PA\***

**Bruno Rafael Miranda Matos**

**Antonio Carlos Lôla da Costa**

\*Revista Brasileira de Biociências - ISSN 1980-4849 (on-line)

## **EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA PRODUÇÃO TOTAL DE LITEIRA VEGETAL EM FLORESTA TROPICAL NATIVA NA FLONA CAXIUANÃ-PA**

RESUMO – As florestas amazônicas estão estabelecidas, geralmente, em solos pobres em nutrientes, o que as torna intensamente dependes dos processos de ciclagem de nutrientes para a sua manutenção. Alterações climáticas estão ocorrendo com maior intensidade e frequência em todo o mundo e, especificamente na Amazônia (FEARNSIDE, 2006). Alterações climáticas como o El Niño, causam secas na Amazônia, afetando diretamente a produção e manutenção deste ecossistema florestal. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos da deficiência hídrica induzida na produção de matéria orgânica vegetal depositada no solo da floresta (liteira). O estudo foi realizado em floresta nativa de terra firme, localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã, Estado do Pará, durante os anos de 2004 a 2010, coletando-se e medindo-se mensalmente, as produções de liteira acumulada em duas parcelas de 1ha, sendo que uma foi submetida a deficiência hídrica da ordem de 50% e, outra foi mantida como controle. A produção de liteira acumulada para o período de estudo, foi de 5,52 e 4,43 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente, para as parcelas controle e tratamento, uma redução da ordem 24,60% na produção de liteira florestal, quando submetida a deficiência hídrica induzida. Observou-se tendência de sazonalidade anual de produção de liteira acumulada, com as maiores produções ocorrendo nos meses de junho a novembro e, as menores produções ocorrendo nos meses de dezembro a maio. A deficiência hídrica prolongada reduziu e homogeneizou os resultados de produção de liteira acumulada e indicou que a floresta após certo período, adaptou-se ao estresse hídrico, restabelecendo sua produção a níveis próximos aos anteriormente observados, mas sempre inferiores, gerando um ciclo de retroalimentação negativo.

Palavras-chave: Produção de liteira, Deficiência hídrica e Floresta Nacional de Caxiuanã.

***EFFECT OF WATER STRESS ON THE TOTAL PRODUCTION OF VEGETABLE  
LITTER PRODUCTION IN NATIVE FOREST IN FLONA CAXIUANÃ-PA***

*ABSTRACT – The Amazon forests are established, generally on nutrient-poor soils, making them intensely depend on nutrient cycling processes for maintenance. Climate changes are occurring with greater frequency and intensity around the world, and specifically in the Amazon (FEARNSIDE, 2006). Climate changes such as El Niño, causing droughts in the Amazon, directly affecting the production and maintenance of this forest ecosystem. Thus, the present study aimed to evaluate the effects of water stress induced in the production of vegetable organic matter deposited on the forest floor (litter). The study was conducted in native forest land division, located in Caxiuanã National Forest, state of Para, during the years 2004 to 2010, collecting and measuring monthly productions of litter accumulated in two plots of 1 ha, being that one of them was subjected to a water stress in the order of 50%, and another was kept as a control. The production of litter accumulated for the period of study was 5.52 and 4.43 t.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, respectively for the control and treatment plots, a reduction of approximately 24.60% in the production of litter forest, when subjected to water stress induced. There was a tendency for seasonal annual production of litter accumulated, with the highest yields occurring in the months from June to November, and the lowest yields occurring in the months from December to May. The water stress reduced and homogenized the results of accumulated litter production and indicated that the forest after a certain period, has adapted to water stress, restoring its production to levels close to those previously observed, but always lower, creating a negative feedback loop.*

*Keywords: Production of litter, Water and deficit and Caxiuanã National Forest.*

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas, em grande parte, estão estabelecidas em solos pobres em nutrientes minerais, o que torna sua manutenção dependente dos ciclos geoquímico, bioquímico e biogeoquímico. Desse modo, os nutrientes no processo de ciclagem passam do meio biótico para o abiótico e vice-versa, sendo esse processo denominado de equilíbrio dinâmico (SELLE, 2007).

Na Amazônia Brasileira, especificamente, no Estado do Pará, grande parte dos solos é do tipo latossolo (IBGE, 2005). Latossolo (Latosol) deriva de “laterite” e “solum”, ambos de origem latina, significando, respectivamente, tijolo ou conotando material altamente intemperizado e, solo, sendo solos cujas características encontravam-se fortemente relacionadas à intemperização e lixiviações intensas, são profundos e de coloração relativamente homogênea com matizes avermelhadas e/ou amareladas (KER, 1997).

A pobreza nutricional dos solos amazônicos destaca o papel da liteira, que é definida como a matéria orgânica de origem vegetal e animal que é depositada sobre o solo, sob diferentes estágios de decomposição, representando assim, uma forma de entrada e posterior incremento da matéria orgânica do solo (BARBOSA e FARIAS, 2006), com aporte de nutrientes na forma inorgânica. Desta forma, a liteira apresenta um importante papel na ciclagem de nutrientes e na nutrição de solos com deficiência nutricional superficial, como alguns solos da Amazônia (TOGNON, DEMATTÊ e DEMATTÊ, 1998).

Vários fatores bióticos e abióticos afetam a produção de liteira, tais como: tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, decíduosidade, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo. Dependendo das características de cada ecossistema um determinado fator pode prevalecer sobre os demais (FILHO et al., 2003).

Historicamente, o clima global vem apresentando mudanças como, por exemplo, a maior frequência do fenômeno de El Niño. O fenômeno El Niño causa secas na Amazônia. Eles também conduzem à perda de carbono de ecossistemas de floresta em pé, mesmo na ausência de fogo. A mudança continuada no equilíbrio entre anos El Niño, quando a floresta perde carbono, e os anos do tipo "normal" e de La Niña, quando a floresta pode ganhar carbono, implica em uma perda, em longo prazo, de quantias grandes de carbono (FEARNSIDE, 2006).

O aumento contínuo do efeito estufa, como projetado por todos os modelos climáticos na ausência de mudanças significantes nas emissões antropogênicas mundiais, implica em eventos de El Niño que são mais frequentes e, provavelmente, mais severos (FEARNSIDE, 2006).

Eventos de El Niño, se prolongados, podem ter forte influência na produção de liteira vegetal e, conseqüentemente, na manutenção da fertilidade e umidade dos solos das florestas tropicais amazônicas. Desta forma, este estudo objetivou avaliar os efeitos da deficiência hídrica prolongada na produção de liteira vegetal acumulada de uma floresta tropical nativa localizada na Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã-PA.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de Estudo**

A área de estudo, região de Caxiuanã, está situada na porção inferior do rio Anapu, entre os rios Tocantins e Xingu, Amazônia Oriental, nos municípios de Melgaço e Portel (Estado do Pará), onde se situa a FLONA de Caxiuanã, com limites Norte de 01° 37' S/ 051° 19' W e 01° 54' S/ 051° 58' W e, limites Sul de 2° 15' S/51° 15' W e 2° 15' S/51° 56' W (MONTAG et al., 2008), localizada a 400 km da cidade de Belém, capital do estado do Pará (Figura 1).

A maior parte da área, aproximadamente 95%, é composta por ambientes de terra firme. No entanto, a floresta apresenta outros ambientes como a várzea e igapó (LISBOA, SILVA E ALMEIDA, 1997). Este ambiente apresenta uma arquitetura florestal constituída de árvores emergentes (40 a 50 m), dossel (30 a 35 m) e subdossel (20 a 25 m). A floresta apresenta diversidade considerável e grandes árvores, como o Angelim-vermelho (*Dinizia excelsa*), Angelim-rajado (*Marmaroxylon racemosum*), Tauari (*Couratari guianensis*), Tanimbuca (*Buchenavia grandis*), Pitaíca (*Swartzia racemosa*), Cumaru (*Dipteryx odorata*), dentre outras (SILVA et al., 2009).

A geologia da região de Caxiuanã é representada por sedimentos lateritizados da formação Alter do Chão, que foram truncados no Terciário e posteriormente até o nível do horizonte caulínítico. A drenagem principal está representada pela baía de Caxiuanã e seu rio formador, o Anapu. Na área, predominam latossolos amarelos desenvolvidos sobre perfis lateríticos truncados e ocupando as partes mais elevadas do terreno, enquanto solos hidromórficos ocupam as porções mais baixas. As ocorrências de solos ricos em matéria orgânica, conhecidos como terra preta arqueológica (TPA), ocupam as áreas mais elevadas. (ALMEIDA, LISBOA E SILVA, 1993; LEMOS et al., 2009).

O clima da região é caracterizado como tropical úmido, do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen (MORAES et al., 1997). Os maiores totais de precipitação índices de precipitação ocorrem entre dezembro e maio e, os menores índices de precipitação ocorrem entre junho a novembro. A temperatura média anual do ar é de 26 °C e a umidade relativa média anual é de aproximadamente 80%. A direção do vento predominante é de Nordeste (SILVA et al., 2009).

A Floresta Nacional de Caxiuanã é banhada pelas baías de Caxiuanã e dos Botos (COSTA et al., 1997).

## **2.2. Desenho Experimental**

A presente pesquisa integra o Experimento em Grande Escala da Biofesra – Atmosfera na Amazônia (LBA), que tem como objetivo principal o entendimento das alterações nos ciclos da água, de carbono e nutrientes, e os balanços de energia solar, em função das modificações verificadas na cobertura vegetal da região, e ainda, do subprojeto Estudo da Seca da Floresta (ESECAFLORE), que visa estudar o impacto da seca prolongada nos fluxos de água e gás carbônico em uma floresta tropical amazônica.

Em sua estrutura física o subprojeto ESECAFLORE é constituído de duas parcelas de 1 (um) hectare cada (controle e tratamento), divididas em 100 subparcelas de 10 x 10 m cada.

Na parcela tratamento, foi feita a exclusão de, aproximadamente, 50% da água da chuva. A exclusão da água da chuva neste experimento foi feita com a utilização de 6.000 painéis coletores de água (base de madeira e revestimento de plástico), instalados a uma altura de 1,5 a 4 m acima do solo, com calhas de drenagem e com abertura de 4 (quatro) trincheiras de 100 m de comprimento, por 0,6 m de largura e 2 m de profundidade cada (Figura 2). Essas trincheiras foram abertas no solo para impedir o movimento lateral da água. A parcela controle (parcela em condições naturais) foi mantida como controle experimental.

A área basal das florestas das parcelas controle e tratamento, foram de 32,29m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e de 32,13 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o que sugeriu certa homogeneidade das árvores de ambas as parcelas (CHAGAS et al., 2012).

### **2.3. Coleta de Dados**

A produção de liteira vegetal acumulada foi quantificada nas duas parcelas, pelo método das armadilhas para recolher detritos vegetais - litter trap (Figura 3). Foram utilizados em cada área, 20 coletores de formato circular, totalizando 40 coletores. O coletor utilizado para este experimento foi de forma circular, com área de 1 m<sup>2</sup>, em base de arame galvanizado e tela de nylon de 2 mm de malha. A malha utilizada evita que a água da chuva fique parada, maximizando o escoamento da água e minimizando a deterioração do material vegetal.

Para a coleta de liteira acumulada foram sorteadas aleatoriamente 20 subparcelas de 10 x 10 m, dentro de cada parcela. No centro de cada subparcela sorteada foram fixados os coletores a altura de aproximadamente 40 cm acima do solo na parcela controle. Já na parcela tratamento os coletores foram suspensos por 3 (três) amarrações de fios de nylon.

As coletas de liteira acumulada foram realizadas, mensalmente, de janeiro de 2004 a dezembro de 2010 (sete anos), sendo que as medidas mensais de liteira acumulada corresponderam à parte da produção de liteira do mês de coleta e parte da produção de liteira do mês anterior ao mês de coleta.

Foram recolhidas manualmente todas as frações da liteira dos coletores, limpando-se toda a tela, em seguida, foram colocados em sacos de papel, e posteriormente em sacos plásticos, bem acondicionados para serem levados ao laboratório do campo experimental. No laboratório experimental (Flona Caxiuanã), os sacos plásticos e de papel foram abertos e a água acumulada sobre as folhas foi escoada para secar primeiramente em condições ambientais. Quando necessário, o material era colocado em uma estufa com lâmpadas acesas (40-60 °C), por um período de 24 a 36 horas, até ser levado ao laboratório para a secagem completa em estufa.

No laboratório de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), o material vegetal foi colocado em novos sacos de papel para serem colocados em estufa a 80 °C, por um período de 48 horas, até obter massa constante. Em seguida, a massa do material foi mensurada em balança semi-analítica com precisão de 0,01g. A pesagem era feita por coletor e por parcela.

#### **2.4. Análise dos Dados**

Para a análise dos dados foi utilizado o software BioStat 5.3 (AYRES e JUNIOR, 2007), utilizando-se o teste *D'Agostinho* para verificar a normalidade dos dados coletados e, a ANOVA ou *teste F* (amostras pareadas), para comparação das produções médias mensais e

anuais de liteira acumulada, nas e entre, as parcelas controle e tratamento, funcionando como “remédio” para a pseudorepitação dos dados (MILLAR e ANDERSON, 2004), considerando que o desenho experimental aplicado, impossibilitou a independência dos dados amostrais, em termos temporais e espaciais (pseudorepitação temporal e espacial).

O nível de confiança utilizado para os testes aplicados foi de 95%.

### 3. RESULTADOS

A produção média mensal de liteira acumulada, na parcela controle, variou de 96,7 a 1150,1 Kg.ha<sup>-1</sup>, apresentando um valor médio mensal de  $459,9 \pm 135,32$  Kg.ha<sup>-1</sup>, o que representou um valor total para o período de estudo de 5,52 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de liteira. Já na parcela tratamento, a produção mensal de liteira acumulada variou de 79,5 a 914,0 Kg.ha<sup>-1</sup>, apresentando um valor médio mensal de  $369,3 \pm 85,85$  Kg.ha<sup>-1</sup>, o que representou um valor total para o período de estudo de 4,43 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de liteira.

Verificou-se, por meio do teste de D’Agostinho, que as médias mensais de produção de liteira acumulada das parcelas controle e tratamento, apresentaram distribuição normal (Controle -  $D = 0,2775$ ,  $p > 0,05$ ; Tratamento -  $D = 0,2786$ ,  $p > 0,05$ ). E que a produção mensal média de liteira acumulada na parcela controle foi significativamente maior se comparada à produção mensal média de liteira acumulada na parcela tratamento ( $F = 28,3512$ ,  $p < 0,0001$ ).

Quando se comparou as médias de produção anual de liteira acumulada das parcelas controle (5,52 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) e tratamento (4,43 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), observou-se que houve uma redução absoluta de 24,60% na produção média anual da parcela tratamento em relação à parcela controle.

Observou-se que as produções anuais médias de liteira acumulada da parcela controle foram superiores, quando comparadas às produções da parcela tratamento ( $F = 15,6194$ ;  $p = 0,0029$ ). Essa superioridade manifestou-se por meio dos percentuais: 7,44%, 25,36%,

31,43%, 35,20 e 27,9%, 5,58% e 14%, respectivamente, para os anos de 2004 a 2010 (Figura 4).

Na parcela controle, observou-se que as produções anuais médias de leiteira acumulada dos anos de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2010 ( $0,0212 \leq F \leq 0,8625$ ;  $0,5949 \leq p \leq 0,9999$ ), foram iguais e, que as produções dos anos de 2008 e 2009, diferiram entre si e entre os demais anos ( $3,3021 \leq F \leq 43,4734$ ;  $p \leq 0,0298$ ).

Na parcela tratamento, observou-se que a produção anual média de leiteira acumulada do ano de 2004 foi igual, apenas, a do ano de 2010 ( $F = 1,06$ ;  $p = 0,4625$ ); que as produções dos anos de 2005, 2006, 2007, foram iguais entre si ( $0,3588 \leq F \leq 0,6014$ ;  $0,7827 \leq p \leq 0,9392$ ), que a produção do ano de 2008 foi diferente dos demais anos ( $3,1229 \leq F \leq 48,6916$ ;  $p \leq 0,0359$ ), que a produção do de 2009 foi igual à produção dos anos de 2006 e 2007 ( $0,0298 \leq F \leq 1,552$ ;  $0,2385 \leq p \leq 0,8654$ ) e, que a produção do ano de 2010 foi igual também à produção dos anos de 2006 e 2007 ( $0,4563 \leq F \leq 1,5422$ ;  $0,2416 \leq p \leq 0,8629$ ), mas diferente da produção do ano de 2009 ( $F = 30,2945$ ;  $p < 0,0001$ ).

Ainda na Figura 4, comparando-se as produções anuais médias de leiteira acumulada da parcela controle em relação à parcela tratamento, observaram-se diferenças significativas nas produções dos anos de 2005, 2006, 2007, 2008 e 2010 ( $4,5578 \leq F \leq 16,2376$ ;  $p \leq 0,0443$ ) e, que as produções dos anos de 2004 ( $F = 0,5619$ ;  $p = 0,8116$ ) e 2009 ( $F = 1,6623$ ;  $p = 0,2059$ ), foram iguais.

Na Figura 5, observou-se que as maiores produções mensais médias de leiteira acumulada foram observadas entre os meses de junho a novembro, enquanto que, as menores produções foram observadas entre os meses de dezembro a maio. O resultado obtido foi corroborado pela ANOVA, obtendo-se diferenças significativas entre as produções mensais médias dos meses dos períodos citados ( $4,5463 \leq F \leq 10,5379$ ;  $0,0068 \leq p \leq 0,0446$ ).

Ainda na Figura 5, comparando-se as produções mensais médias de liteira acumulada da parcela controle em relação à parcela tratamento, observaram-se diferenças significativas entre as produções dos meses junho, julho, setembro, outubro e dezembro ( $4,8371 \leq F \leq 76,2201$ ;  $0,0005 \leq p \leq 0,0389$ ).

As maiores produções mensais médias de liteira acumulada ocorreram nos meses de julho e agosto, para as parcelas tratamento e controle, respectivamente, e as menores produções mensais médias de liteira ocorreram no mês de dezembro, para ambas as parcelas (Figura 5).

Na Tabela 1, observamos que os índices de amplitude e dispersão foram sempre superiores na parcela controle, quando comparados à parcela tratamento.

#### **4. DISCUSSÃO**

As produções anuais médias de liteira acumulada obtidas neste estudo foram inferiores, em ambas as parcelas, comparando-se a resultados em outros estudos: floresta secundária avançada, Rio de Janeiro, com  $6,9 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (BARBOSA e FARIAS, 2006); floresta estacional decidual, Rio Grande do Sul, com  $7,76 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (CUNHA et al., 1993); floresta de transição Amazônia-Cerrado, Mato Grosso, com  $6,56 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (SILVA et al., 2007); floresta tropical nativa, Pará, com  $6,3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (tratamento) e, com  $5,8 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (controle) (NEPSTAD et al., 2002); floresta ombrófila densa, da mesma área deste estudo, com  $8,87 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (controle) e, com  $6,64 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  (tratamento) (SILVA et al. 2009).

Em ambas as parcelas, a inferioridade dos resultados obtidos no presente estudo, quando comparados a outros estudos, pode ser atribuída, dentre outros fatores, ao maior tempo de estudo (sete anos).

Na parcela controle, o maior tempo de estudo pode ter influenciado na obtenção resultados mais homogêneos, pois como se utilizaram de maior número de dados brutos, pode

ter ocorrido minimização da influência de dados considerados anormais (outliers), que segundo Barnett e Lewis (1995), são originados, dentre outros fatores a erros amostrais.

Na parcela tratamento, o maior tempo de estudo pode ter influenciado na obtenção de resultados inferiores a outros estudos, pois no caso, a deficiência hídrica proporcionada pelo tratamento, agiu por maior tempo sobre a floresta, reduzindo gradativamente as produções anuais de liteira acumulada, devido à adaptação da população florestal ao estresse ambiental (SILVA et al., 2002).

A deficiência hídrica proporcionada pelo tratamento reduziu significativamente a produção anual média de liteira acumulada em relação à parcela controle, devido, principalmente, as alterações de processos metabólicos vegetais, como; fechamento estomático, crescimento, transpiração, fotossíntese, produção de biomassa, dentre outros (SINGH-SANGWAN, FAROOQI e SANGWAN, 1994; PORTES, ALVES e SOUZA, 2006). A redução citada foi da ordem de 24,60%, o que indicou a possibilidade de ocorrência de adaptação do ecossistema florestal para compensar as perdas hídricas do sistema (BARBOSA e FARIAS, 2006; SANTOS E CARLESSO, 1998).

Os resultados obtidos neste estudo, convergiram com quase a totalidade dos resultados obtidos nos outros estudos citados, exceto, ao estudo realizado na Floresta Nacional do Tapajós, por Nepstad et al. (2002), onde a produção de liteira foi maior na parcela tratamento quando compara à parcela controle.

A divergência entre os resultados de Nepstad et al. (2002) e, este estudo, pode ser explicada, em parte, pelo tempo de exposição e a intensidade da deficiência hídrica do tratamento dos estudos. Enquanto que na Flona Tapajós, o tempo foi de janeiro-agosto de 2000 e janeiro/maio de 2001, a exclusão hídrica no tratamento foi entorno de 60%. Já na Flona de Caxiuanã, o tempo foi de janeiro-dezembro de 2004-2010 e, a exclusão hídrica do tratamento foi entorno de 50%.

Em estudos de curto prazo, como de Nepstad et al. (2002), o ecossistema florestal pode reagir de forma mais intensa ao primeiro ano de exposição ao tratamento, como um mecanismo de resistência a deficiência hídrica, denominado por Santos e Carlesso (1999), como “evitar”. Esta relação pode ser observada também neste estudo, onde a maior produção anual de liteira do estudo, ocorreu na parcela tratamento, no ano de 2004, primeiro ano de estudo, e foi de  $610,2 \text{ Kg.ha}^{-1}$  (Figura 4).

A taxa percentual de diferença entre a produção anual média de liteira acumulada da parcela controle em relação à parcela tratamento elevou-se consideravelmente, a partir do segundo ano de exposição ao tratamento, partindo de 7,44% em 2004, para 25,36%, 31,43%, 35,20 e 27,9%, respectivamente, nos anos de 2005 a 2008 (Figura 4). Esse período de elevação da taxa percentual, aparentemente, indicou ser o um período para o ecossistema florestal adaptar-se a deficiência hídrica e reiniciar seu restabelecimento a níveis próximos à condição normal (LARCHER, 2000; LOPES et al., 2011).

O início do restabelecimento do ecossistema florestal após contato com o tratamento, aparentemente, ocorreu no ano de 2009, coincidindo com redução da taxa percentual de diferença entre a produção anual média de liteira acumulada da parcela controle em relação à parcela tratamento, a níveis semelhantes ao ano inicial, partindo de 27,9 em 2008, para 5,58% em 2009 (Figura 4).

A hipótese do restabelecimento do ecossistema florestal pode ser corroborada pela igualdade estatística entre as produções anuais de liteira acumulada dos anos de 2004 e 2010 e, de 2006, 2007 e 2009, na parcela tratamento e, dos anos de 2004 e 2009 entre ambas as parcelas; ou seja, a partir do ano de 2009, o ecossistema florestal iniciou a elevação da produção de liteira acumulada a níveis próximos dos anteriormente observáveis como em relação à própria “testemunha”, estabelecendo um cenário de retroalimentação negativa, o que

levou o sistema aberto (floresta), em termos de disponibilidade hídrica e produção de liteira, a uma condição mais estável (BOZELLI et al., 2010).

A comparação entre estudos de produção de liteira, sob deficiência hídrica de diferentes períodos de coleta é dificultosa, pois se verificou nesta pesquisa, que o tratamento agiu efetivamente sobre a produção de liteira já a partir do segundo ano de submissão (2005) e, que o tempo de exposição ao tratamento tem grande influência nos resultados.

Quando se analisou a produção mensal média de liteira acumulada, em ambas as parcelas (Figura 5), observou-se a ocorrência de tendência de sazonalidade anual na produção, com as maiores produções ocorrendo em meses típicos do período seco da região e, as menores produções ocorrendo em meses típicos do período chuvoso da região (OLIVEIRA et al., 2011). A tendência observada foi semelhante aos resultados obtidos em outros estudos em florestas do ecossistema amazônico (NEPSTAD et al., 2002; SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2009).

Aparentemente, a redução na pluviosidade, característica do período seco da região, aliada ao efeito do tratamento (deficiência hídrica), ocasionaram as significativas diferenças entre as produções mensais médias de liteira acumulada, principalmente, nos meses típicos do período seco da região (junho, julho, setembro e outubro).

Na Figura 5 e Tabela 1, observamos que o tratamento alterou a tendência do ciclo sazonal anual, reduzindo o ciclo em termos temporais e de amplitude. Na parcela tratamento, quando comparada à parcela controle, houve antecipação do pico de produção de liteira em um mês e um “achatamento” da linha de tendência de sazonalidade que foi validado pelos menores índices de mínimo, máximo e de amplitude total para a parcela tratamento.

Por fim, considerando que os índices de amplitude e dispersão dos dados (Tabela 1), foram sempre superiores na parcela controle, percebeu-se que o tratamento reduziu e homogeneizou a produção de liteira acumulada, pois os indivíduos do ecossistema florestal

responderam de formas diferenciadas a deficiência hídrica, dependendo do grau de suas tolerâncias (SILVA et al., 2003).

## **5. CONCLUSÃO**

O maior tempo de estudo influencia na obtenção de resultados mais homogêneos e inferiores, quando comparados a trabalhos com tempos de estudo inferiores.

A deficiência hídrica provocada pela exclusão de parte da água das chuvas reduziu significativamente a produção anual média de liteira acumulada, na ordem de 24,60%.

Os resultados de produção de liteira acumulada estão diretamente relacionados ao tempo de exposição e intensidade da deficiência hídrica em que o ecossistema florestal está submetido. Desta forma, estudos tematicamente similares devem padronizar suas metodologias ou desenvolver mecanismos de comparação que levem em consideração as diferenças metodológicas.

O ecossistema florestal apresentou maior produção de liteira acumulada no primeiro ano de estudo, devido à inexistência de deficiência hídrica no ano anterior a exposição ao tratamento.

O ecossistema florestal apresentou, para o tempo de estudo, uma espécie de “ciclo de retroalimentação”, que se iniciou com a deficiência hídrica, gerando, ano a ano, produções de liteira acumulada cada vez menores e, reiniciando-se com a adaptação do ecossistema a deficiência hídrica e, conseqüente elevação da produção de liteira acumulada a níveis semelhantes, mas inferiores ao inicial.

A produção de liteira acumulada apresentou tendência de sazonalidade durante o ano, com as maiores e menores produções ocorrendo nos meses característicos do período seco e chuvoso da região, respectivamente.

A deficiência hídrica gerada pelo tratamento afetou a tendência do ciclo sazonal de produção de liteira acumulada durante o ano, alterando seus valores tanto na quantidade, como no tempo.

## 6. REFERÊNCIAS

- 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**, Botânica, v. 9, n. 1, p. 99-188, 1993.
- AYRES, M.; JÚNIOR, M. A. BioEstat: **Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Bio-Médicas**. Belém-PA, 2007. 230 p.
- BARBOSA, J. H. C; FARIAS, S. M. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 461-476, 2006.
- BARNETT, V.; LEWIS, T. **Outliers in statistical data**. Chichester: John Wiley, 1995. p. 400-410.
- BOZELLI, R. L. (Org.); SANTOS, L. M. F. (Org.); LOPES, A. F. (Org.); LOUREIRO, C. F. B. (Org.). **Curso de Formação de Educadores Ambientais: A experiência do Projeto Pólen**. Macaé: NUPEM/UFRJ, v. 1, 2010. p. 93-96.
- CHAGAS, G. F. B.; SILVA, V. P. R.; COSTA, A. C. L.; DANTAS, V. A.; Impactos da redução da pluviometria na biomassa aérea da Floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.1, 2012.
- COSTA, M. L.; MORAES, E. L.; BEHLING, H.; M. MELO, J. C. V.; SIQUEIRA, S. N. V. M.; KERN, D. C. **Os sedimentos de fundo da baía de Caxiuanã**. In: P.L.B. LISBOA (Org.): Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p. 121-137.
- CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v.. 36, n. 3, 2006.
- FILHO, A. F.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de solos**, 2005. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br>>. Acesso em: abr. 2012.
- KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

LARCHER, W. Plantas sob estresse. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. p. 341-430.

LEMOS, V. P.; COSTA, M. L.; GURJÃO, R. S.; KERN, D. C.; MESCOUTO, C. S. T.; LIMA, W. T. S.; VALENTIM, T. L. Comportamento do arsênio em perfis de solo do Sítio Ilha de Terra de Caxiuanã-Pará. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 62, n. 2, 2009.

LISBOA, P. L. B.; SILVA, A. S. L.; ALMEIDA, S. S. **Florística e estrutura dos ambientes**. In: LISBOA, P. L. B. (Org.). Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p. 163-193.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SILVA, M. R.; SAAD, J. C. C.; LOPES, C.F. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* VS. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, v. 35, n.1, p. 31-39, 2011.

MILLAR, R. B.; ANDERSON, M.J. Remedies for pseudoreplication. **Fisheries Research**, v. 70, p. 397-407, 2004.

MONTAG, L. F. A.; FREITAS, T. M. S.; WOSIACKI, W. B.; BARTHEM, R. B. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará - Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Naturais, v. 3, n.1, p. 11-34, 2008.

MORAES, J. C.; COSTA, J. P. R.; ROCHA, E. J. P.; SILVA, I. M. O. **Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio Caxiuanã**. In: LISBOA, P. L. B. (Org.). Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p. 85-95.

NEPSTAD, D. C.; MOUTINHO, P.; DIAS-FILHO, M. B.; DAVIDSON, E.; CARDINOT, G.; MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R.; VIANNA, N.; CHAMBERS, J; RAY, D.; GUERREIROS, J. B.; LEFEBVRE, P.; STERNBERG, L.; MOREIRA, M.; BARROS, L.; ISHIDA, F. Y.; TOHLVER, I. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of Amazon Forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, 2002.

OLIVEIRA, L. L.; CUNHA, A. C.; COSTA, A. C. L.; COSTA, R. F. Sazonalidade e interceptação da chuva na Floresta Nacional em Caxiuanã - Amazônia Oriental. **Scientia Plena**, v. 7, n. 10, 2011.

PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit effect photosynthetic in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understory and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 4, p. 491-512, 2006.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Relações água-solo-plantas-atmosfera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1999.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 231-246, 2003.

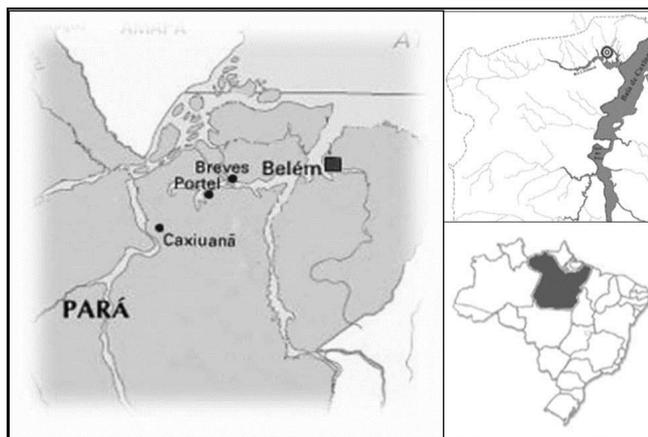
SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serrapilheira no cerrado e floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.

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

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 Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 573-582, 2009.

SINGH-SANGWAN, N.; FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, R. S. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. **New Phytol**, v. 128, p.173-179, 1994.

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos da região da floresta amazônica e do cerrado do Brasil. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 3, p. 173-187, 1998.



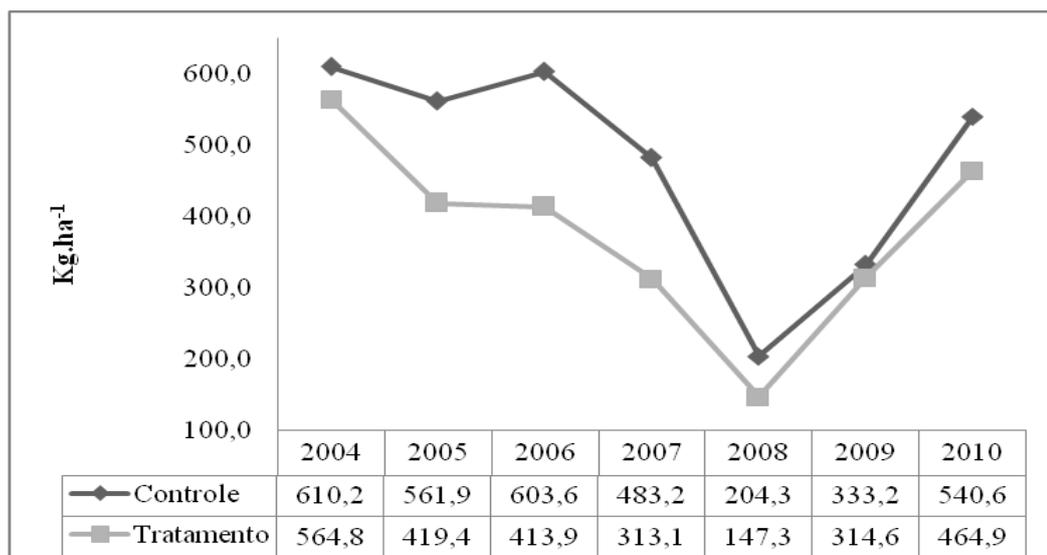
**Figura 1** - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã.



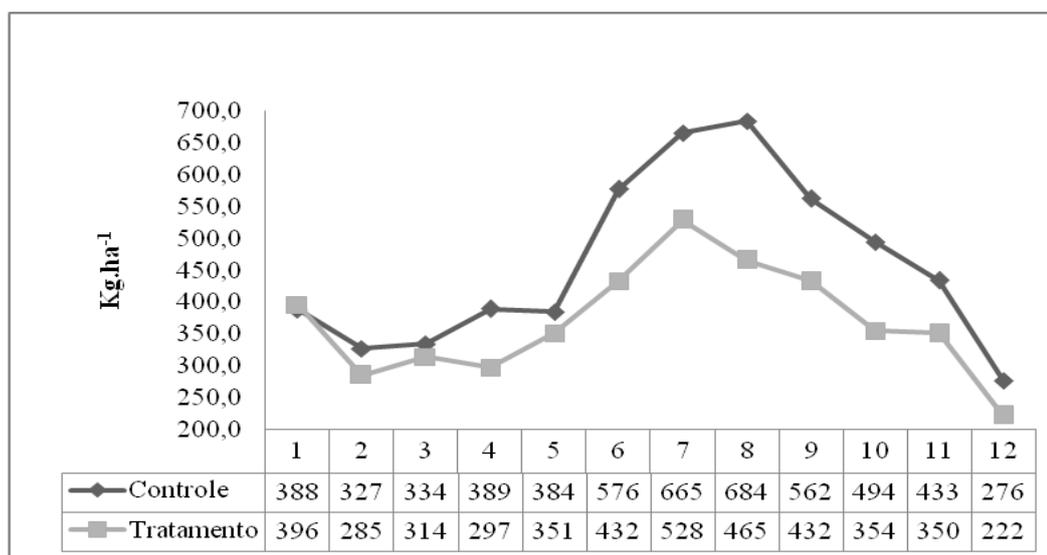
**Figura 2** – Painéis coletores de água, calhas de drenagem e trincheira.



**Figura 3** – Coletor de littera.



**Figura 4** – Produção anual de liteira acumulada nas parcelas controle e tratamento (Kg.ha<sup>-1</sup>).



**Figura 5** – Produção mensal de liteira acumulada nas parcelas controle e tratamento (Kg.ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 1** – Índices de amplitude e dispersão dos dados mensais de liteira acumulada.

Índice	Controle	Tratamento
Mínimo	96,73	79,46
Máximo	1150,11	914,02
Amplitude Total	1053,38	834,56
Variância	66434,32	37461,45
Desvio Padrão	257,7486	193,5496
Erro Padrão	29,7622	22,4997
Coefficiente de Variação	54,91%	51,40%

## CAPÍTULO II

# EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA PRODUÇÃO DOS COMPONENTES DA LITEIRA VEGETAL EM FLORESTA TROPICAL NATIVA NA FLONA CAXIUANÃ-PA\*

**Bruno Rafael Miranda Matos**

**Antonio Carlos Lôla da Costa**

**EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA PRODUÇÃO DOS  
COMPONENTES DA LITEIRA VEGETAL EM FLORESTA  
TROPICAL NATIVA NA FLONA CAXIUANÃ-PA**

**BRUNO RAFAEL MIRANDA MATOS**

**ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA**

**EFFECT OF WATER STRESS IN PRODUCTION OF COMPONENTS OF  
VEGETABLE LITTER IN NATIVE TROPICAL FOREST IN FLONA CAXIUANÃ-  
PA**

**ABSTRACT:** *The organic material (plant / animal), litter, deposited on the soil of the Amazon rainforest has great relevance in the maintenance of soil fertility Amazon because not only replenish nutrients, also acts as a protective layer on them. The plant litter is a cluster of components, among which stand out the leaves, twigs, flowers and fruits, each of these components has different chemical constitutions, which implies higher or lower decomposition rate and consequently , more or less soil nutrition. Understanding trends quantitative and qualitative production of components of plant litter are of fundamental importance to the expansion of knowledge about the nutritional dynamics in Amazonian forests. Thus, the present study aimed to evaluate the effects of prolonged*

drought stress in the production of components of plant litter in native tropical forest in Caxiuanã National Forest, PA. The study was conducted in native forest land division, located in Caxiuanã National Forest, State of Para, during the years 2004 to 2010, collecting and measuring monthly productions of litter accumulated on two plots of 1 ha, one of which was subjected to water deficit of 50% and another was kept as control. The accumulated production of leaves, twigs and flowers / fruits for the study period was 3.66, 0.77 and 0.65 t. ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, 3.16, 0.62 and 0.37 t. ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, respectively, for the control and treatment plots, a reduction of around 15.82%, 24.19% and 75%, among the productions of the components of accumulated litter portion control in relation to the portion treatment. There was a tendency of seasonality in monthly and annual production of litter accumulated, both adjusting well to polynomial trendlines high grade ( $\geq 6^\circ$  degrees), with the highest yields occurring in the first and final years of study and in July, and the lowest yields occurring in the middle years of the study and, in February, April and December. Water stress treatment affected intensely, the accumulated production of leaves and flowers/fruits, especially the latter, due to the high dependence productive, this component, and the reproductive phenology, which is closely related to water availability in the ecosystem.

**Keywords:** *Components of litter, Water deficiency and Caxiuanã National Forest.*

**RESUMO:** O material orgânico (vegetal/animal), liteira, depositado no solo das florestas tropicais amazônicas tem grande relevância na manutenção da fertilidade dos solos amazônicos, pois não só repõem nutrientes, mas também funciona como uma camada protetora dos mesmos. A liteira vegetal é um aglomerado de componentes, dentre os quais, destacam-se as folhas, galhos, flores e frutos, sendo que cada um destes componentes apresenta distintas constituições químicas, o que implica na menor ou maior velocidade de decomposição e, por conseqüência, maior ou menor nutrição dos solos. O entendimento sobre as tendências quantitativas e qualitativas de produção dos componentes da liteira vegetal são de fundamental importância para a ampliação do conhecimento sobre a dinâmica nutricional em florestas amazônicas. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos da deficiência hídrica prolongada na produção dos componentes da liteira vegetal em floresta tropical nativa na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. O estudo foi realizado em floresta nativa de terra firme, localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã, Estado do Pará, durante os anos de 2004 a 2010, coletando-se e medindo-se mensalmente, as produções de liteira acumulada em duas parcelas de 1ha, sendo que uma foi submetida a

deficiência hídrica da ordem de 50% e, outra foi mantida como controle. A produção acumulada de folhas, galhos e flores/frutos para o período de estudo, foi de 3,66, 0,77 e 0,65t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>; 3,16, 0,62 e 0,37t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, respectivamente, para as parcelas controle e tratamento, uma redução da ordem 15,82%, 24,19% e 75%, entre as produções dos componentes da liteira acumulada da parcela controle em relação à parcela tratamento. Observou-se tendência de sazonalidade anual e mensal na produção de liteira acumulada, ambas, ajustando-se bem às linhas de tendência polinomiais de grau elevado (5° grau), com as maiores produções ocorrendo nos primeiros e últimos anos de estudo e, no mês de julho; e as menores produções ocorrendo nos anos centrais do estudo e, nos meses de fevereiro, abril e dezembro. A deficiência hídrica do tratamento afetou intensamente a produção acumulada de folhas e flores/frutos, principalmente, este último, devido à grande dependência produtiva, deste componente, à fenologia reprodutiva e, que guarda estreita relação com disponibilidade hídrica no ecossistema.

**Palavras-chave:** Componentes da liteira, Deficiência hídrica e Floresta Nacional de Caxiuanã.

## 1. INTRODUÇÃO

A liteira é um importante componente do sistema florestal e compreende o material precipitado no solo pela biota. Este material inclui principalmente folhas, galhos, frutos, sementes, flores e resíduos animais (Dias & Oliveira-Filho, 1997). Este componente tem grande relevância na ciclagem de nutrientes dos ecossistemas, recebendo entradas via vegetação e, por sua vez, decompondo-se e suprindo o solo e as raízes com nutrientes e matéria orgânica, sendo essencial na proteção e restauração da fertilidade do solo (Luizão, 2007).

As florestas tropicais úmidas amazônicas são ecossistemas, que na maioria das vezes, estão estabelecidas em solos de baixa fertilidade natural (IBGE, 2012). Desta forma, a produção de liteira e, sua posterior decomposição, constitui-se como um processo que viabiliza a transferência de matéria orgânica, nutrientes e energia da vegetação para o solo, e o seu reaproveitamento pela biota (Delitti, 1995), possibilitando a manutenção de níveis mínimos de fertilidade dos solos amazônicos para a manutenção do ecossistema florestal.

A liteira de origem vegetal é constituída de diversos componentes, dentre os quais, destacam-se, as folhas, galhos, flores e frutos. Cada um deles apresenta diferentes composições químicas constitucionais e velocidades de decomposição, o que influencia diretamente nos processos de

ciclagem de nutrientes das plantas para os solos (Cianciaruso et al., 2006).

As folhas, por exemplo, apresentam grande quantidade e variedade de nutrientes (Caldeira, 2002), além, de apresentarem rápida decomposição, diferentemente, do componente, galhos, devido, dentre outros fatores, à concentração de água e a relação carbono e nitrogênio do material (Xuluc-Talosa, 2003; Marques, 2000).

Em vários estudos, em diversificadas localidades e ecossistemas, observou-se que a produção da liteira total, assim como, de seus componentes, apresenta uma tendência de sazonalidade produtiva, com as maiores e menores produções, ocorrendo em meses de pouco e alta disponibilidade hídrica (Nepstad et al., 2002; Silva et al., 2007; Silva et al., 2009).

O estudo da liteira, assim como, de seus componentes é baseado na sua característica como "indicador de reação", capaz de responder às alterações micrometeorológicas do ambiente (Araújo et al., 2006), principalmente, à deficiência hídrica (Delitti, 1995).

Face ao exposto, este trabalho objetivou avaliar os efeitos da deficiência hídrica prolongada na produção dos componentes da liteira vegetal acumulada em floresta tropical nativa na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de Estudo**

A área de estudo, região de Caxiuanã, está situada na porção inferior do Rio Anapu, entre os Rios Tocantins e Xingu, Amazônia Oriental, nos municípios de Melgaço e Portel (Estado do Pará), onde se situa a FLONA de Caxiuanã, com limites Norte de 01° 37' S/ 051° 19' W e 01° 54' S/ 051° 58' W e, limites Sul de 2° 15' S/51° 15' W e 2° 15' S/51° 56' W (Montag et al., 2008), localizada a 400 km da cidade de Belém, capital do Estado do Pará (Fig. 6).

A maior parte da área, aproximadamente 95%, é composta por ambientes de terra firme. No entanto, a floresta apresenta outros ambientes como a várzea e igapó (Lisboa, Silva & Almeida, 1997). Este ambiente apresenta uma arquitetura florestal constituída de árvores emergentes (40 a 50 m), dossel (30 a 35 m) e subdossel (20 a 25 m). A floresta apresenta diversidade considerável e grandes árvores, como o Angelim-vermelho (*Dinizia excelsa*), Angelim-rajado (*Marmaroxylon racemosum*), Tauari (*Couratari guianensis*), Tanimbuca (*Bucheniavia grandis*), Pitaíca (*Swartzia racemosa*), Cumaru (*Dipteryx odorata*), dentre outras (Silva et al., 2009).

A geologia da região de Caxiuanã é representada por sedimentos lateritizados da formação Alter do Chão, que foram truncados no Terciário e posteriormente até o nível do horizonte caulínítico. A drenagem principal está representada pela baía de Caxiuanã e seu rio formador, o Anapu. Na área, predominam latossolos amarelos desenvolvidos sobre perfis lateríticos truncados e ocupando as partes mais elevadas do

terreno, enquanto solos hidromórficos ocupam as porções mais baixas. As ocorrências de solos ricos em matéria orgânica, conhecidos como terra preta arqueológica (TPA), ocupam as áreas mais elevadas. (Almeida, Lisboa & Silva, 1993; Lemos et al., 2009).

O clima da região é caracterizado como tropical úmido, do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen (Moraes et al., 1997). Os maiores índices de precipitação ocorrem entre dezembro e maio e, os menores índices de precipitação ocorrem entre junho a novembro. A temperatura média anual do ar é de 26 °C e a umidade relativa média anual é de aproximadamente 80%. A direção do vento predominante é de Nordeste (Silva et al., 2009).

A Floresta Nacional de Caxiuanã é banhada pelas baías de Caxiuanã e dos Botos (Costa et al., 1997).

## **2.2. Desenho Experimental**

A presente pesquisa integra o Experimento em Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia (LBA), que tem como objetivo principal o entendimento das alterações nos ciclos da água, de carbono e nutrientes, e os balanços de energia solar, em função das modificações verificadas na cobertura vegetal da região, e ainda, do subprojeto Estudo da Seca da Floresta (ESECAFLOR), que visa estudar o impacto da seca prolongada nos fluxos de água e gás carbônico em uma floresta tropical amazônica.

Em sua estrutura física o subprojeto ESECAFLOR é constituído de duas parcelas de 1 (um) hectare cada (controle e tratamento), divididas em 100 subparcelas de 10 x 10 m cada.

Na parcela tratamento, foi feita a exclusão de, aproximadamente, 50% da água da chuva. A exclusão da água da chuva neste experimento foi feita com a utilização de 6.000 painéis coletores de água (base de madeira e revestimento de plástico), instalados a uma altura de 1,5 a 4 m acima do solo, com calhas de drenagem e com abertura de 4 (quatro) trincheiras de 100 m de comprimento, por 0,6 m de largura e 2 m de profundidade cada (Fig. 7). Essas trincheiras foram abertas no solo para impedir o movimento lateral da água. A parcela controle (parcela em condições naturais) foi mantida como controle experimental.

A área basal das florestas das parcelas controle e tratamento, foram de  $32,2898\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$  e de  $32,1292\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, o que sugeriu certa homogeneidade das árvores de ambas as parcelas (Chagas et al., 2012).

### **2.3. Coleta de Dados**

A produção de liteira vegetal foi quantificada nas duas parcelas, pelo método das armadilhas para recolher detritos vegetais - litter trap (Fig. 8). Foram utilizados em cada área, 20 coletores de formato circular, totalizando 40 coletores. O coletor utilizado para este experimento foi de forma circular, com área de  $1\text{ m}^2$ , em base de arame galvanizado e tela de nylon de 2 mm de malha. A malha utilizada evita que

a água da chuva fique parada, maximizando o escoamento da água e minimizando a deterioração do material vegetal.

Para a coleta de liteira vegetal foram sorteadas aleatoriamente 20 subparcelas de 10 x 10 m, dentro de cada parcela. No centro de cada subparcela sorteada foram fixados os coletores a altura de aproximadamente 40 cm acima do solo na parcela controle. Já na parcela tratamento os coletores foram suspensos por 3 (três) amarrações de fios de nylon. As coletas do material na floresta foram realizadas mensalmente, de janeiro de 2004 a dezembro de 2010 (sete anos).

As coletas de liteira vegetal foram realizadas, mensalmente, de janeiro de 2004 a dezembro de 2010 (sete anos), sendo que as medidas mensais de liteira vegetal corresponderam à parte da produção mês de coleta e, parte da produção do mês anterior ao mês de coleta, sendo denominada de liteira acumulada.

Foram recolhidas manualmente todas as frações da liteira acumulada dos coletores, limpando-se toda a tela, em seguida, foram colocados em sacos de papel, e posteriormente em sacos plásticos, bem acondicionados para serem levados ao laboratório do campo experimental. No laboratório experimental (Flona Caxiuanã), os sacos plásticos e de papel foram abertos e a água acumulada sobre as folhas foi escoada para secar primeiramente em condições ambientais. Quando necessário, o material era colocado em uma estufa com lâmpadas

acesas (40-60 °C), por um período de 24 a 36 horas, até ser levado ao laboratório para a secagem completa em estufa.

No laboratório de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), o material vegetal foi colocado em novos sacos de papel para serem colocados em estufa a 80 °C, por um período de 48 horas, até obter massa constante. Em seguida, as massas do material foram separadas nos componentes: folhas, galhos ( $\emptyset$  = 1 cm) e flores/frutos e miscelâneas e, mensuradas em balança semi-analítica com precisão de 0,01g, por coletor, por componente e por parcela.

Devido à reduzida massa e/ou ausência de dados do componente miscelânea na maioria das parcelas, utilizou-se, neste estudo, apenas os dados de massas dos demais componentes.

#### **2.4. Análise dos Dados**

Para a análise dos dados foi utilizado o software BioStat 5.3, usando-se o teste D'Agostinho para verificar a normalidade dos dados coletados e, o teste de Friedman (amostras pareadas), para avaliar a existência de diferenças e comparar as produções médias anuais e mensais dos componentes da liteira acumulada, nas e entre as parcelas, equivalendo a uma Análise de Variância - ANOVA (Ayres & Junior, 2007).

A análise pareada dos dados funcionou como "remédio" para a pseudorepitação dos dados (Millar & Anderson, 2004), considerando que o desenho experimental aplicado,

impossibilitou a independência dos dados amostrais, em termos temporais e espaciais (pseudorepetição temporal e espacial).

Para verificar as tendências comportamentais das produções dos componentes da liteira acumulada, utilizou-se o teste de ajustamento de curvas (exponencial, linear, logarítmica, polinomial, potência e média móvel), tomando-se por base para a definição do melhor ajustamento, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (Ayres & Junior, 2007).

O nível de confiança utilizado para os testes aplicados foi de 95%.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Produções dos componentes da liteira acumulada**

Os valores mínimos, máximos e médios de produção mensais dos componentes da liteira total, assim como, o totais de produção dos componentes para todo o período de estudo foram sempre superiores na parcela controle se comparados a parcela tratamento (Tab. 2).

#### **3.2. Teste de Normalidade dos dados**

Verificou-se, por meio do teste de D'Agostinho, que as médias mensais de produção acumulada, da parcela controle, de folhas e galhos, apresentaram distribuição anormal ( $D = 0,2703$ ,  $p < 0,05$ ;  $D = 0,2718$ ,  $p < 0,05$ , respectivamente) e, de flores/frutos apresentaram distribuição normal ( $D = 0,2802$ ,  $p \geq 0,05$ ). Já na parcela tratamento, as médias mensais de produção acumulada, de folhas, galhos e flores/frutos

apresentaram distribuição anormal ( $D = 0,2729$ ,  $p < 0,05$ ;  $D = 0,2493$ ,  $p < 0,01$ ;  $D = 0,27$ ,  $p < 0,05$ , respectivamente).

Considerando a anormalidade dos dados e, a dificuldade na transformação dos mesmos, aplicou-se o teste não paramétrico de Friedman, para verificar a existência de diferenças entre as produções mensais e anuais dos componentes da liteira acumulada (AYRES E JUNIOR, 2007).

### **3.3. Teste de médias (Teste de Friedman)**

Verificou-se, por meio do teste de Friedman, a existência de diferenças entre as produções mensais dos componentes da liteira acumulada nas e, entre, as parcelas ( $Fr = 280,476$ ,  $p < 0,0001$ ).

Na parcela controle, a produção mensal média acumulada de folhas, foi significativamente maior se comparada às produções de galhos ( $p < 0,05$ ) e flores/frutos ( $p < 0,05$ ), que foram iguais entre si ( $p > 0,05$ ).

Na parcela tratamento, a maior produção mensal média acumulada foi a de folhas, seguida de galhos e de flores/frutos, todas, estatisticamente diferentes entre si (valores de  $p < 0,05$ ).

Quando se comparou as produções médias mensais acumuladas de folhas, galhos e flores/frutos de todos os anos, da parcela controle em relação à parcela tratamento, observou-se que as produções dos componentes folhas e galhos foram iguais ( $p > 0,05$ ) entre as parcelas e, que as produções de flores/frutos

da parcela tratamento foram significativamente menores do que na parcela controle (valores de  $p < 0,05$ ).

### **3.4. Comportamento anual da produção dos componentes da liteira acumulada**

Comparando-se as produções anuais médias acumuladas de folhas da parcela controle, observou-se que houve diferença significativa entre as produções das amostras ( $Fr = 32,5714$ ;  $p < 0,0001$ ). As produções anuais que divergiram significativamente foram as produções dos anos de 2004 com 2007, 2004 com 2008, 2005 com 2007, 2005 com 2008, 2007 com 2010 e 2008 com 2010 (valores de  $p < 0,05$ ), sendo que as maiores produções ocorreram nos anos de 2010, 2004, 2005, 2006, 2009, 2007 e 2008, respectivamente (Fig. 9).

Comparando-se as produções anuais médias acumuladas de folhas da parcela tratamento, observou-se que houve diferença significativa entre as produções das amostras ( $Fr = 31,9375$ ;  $p < 0,0001$ ). As produções anuais que divergiram significativamente foram as produções dos anos de 2004 com 2007, 2004 com 2008, 2005 com 2008, 2007 com 2010 e 2008 com 2010 (valores de  $p < 0,05$ ), sendo que as maiores produções ocorreram nos anos de 2004, 2010, 2005, 2009, 2006, 2007 e 2008, respectivamente (Fig. 9).

Comparando-se as produções anuais médias acumuladas de galhos da parcela controle, observou-se que houve diferença significativa entre as produções das amostras ( $Fr = 15,25$ ;  $p =$

0,0184). No entanto, a comparação entre as produções anuais não permitiu a identificação de diferenças significativas entre as mesmas (valores de  $p > 0,05$ ) (Fig. 10).

Comparando-se as produções anuais médias acumuladas de galhos da parcela tratamento, observou-se que houve diferença significativa entre as produções das amostras ( $Fr = 30,3750$ ;  $p < 0,0001$ ). As produções anuais que divergiram significativamente foram as produções dos anos de 2004 com 2006, 2004 com 2007, 2004 com 2008, 2004 com 2009, e 2007 com 2010 (valores de  $p < 0,05$ ), sendo que as maiores produções ocorreram nos anos de 2004, 2010, 2005, 2009, 2006, 2008 e 2007, respectivamente (Fig. 10).

Comparando-se as produções anuais médias acumuladas de flores/frutos da parcela controle, observou-se que houve diferença significativa entre as produções das amostras ( $Fr = 20,9643$ ;  $p = 0,0019$ ). As produções anuais que divergiram significativamente foram as produções dos anos de 2004 com 2007, 2005 com 2007 e 2005 com 2008 (valores de  $p < 0,05$ ), sendo que as maiores produções ocorreram nos anos de 2005, 2004, 2010, 2006, 2007, 2009 e 2008, respectivamente (Fig. 11).

Comparando-se as produções anuais médias acumuladas de flores/frutos da parcela tratamento, observou-se que houve diferença significativa entre as produções das amostras ( $Fr = 26,3661$ ;  $p = 0,0002$ ). As produções anuais que divergiram significativamente foram as produções dos anos de 2004 com

2007, 2004 com 2008, 2007 com 2010 e 2008 com 2010 (valores de  $p < 0,05$ ), sendo que as maiores produções ocorreram nos anos de 2010, 2004, 2005, 2009, 2006, 2007 e 2008, respectivamente (Fig. 11).

Quando se comparou as produções médias dos componentes da liteira acumulada, paralelamente entre os anos e, entre às parcelas, observou-se que as produções anuais dos componentes folhas e galhos e flores/frutos foram estatisticamente iguais (valores de  $p > 0,05$ ).

Os dados de produções médias anuais de todos os componentes da liteira acumulada apresentaram para o período do estudo, um comportamento semelhante ao apresentado para os dados de produção anual média de liteira total acumulada, tanto na parcela controle ( $y = -0,655x^5 + 10,91x^4 - 50,98x^3 + 35,52x^2 + 89,41x + 472,9$ ;  $R^2 = 0,998$ ), como na parcela tratamento ( $y = -2,117x^5 + 40,95x^4 - 287,4x^3 + 920,7x^2 - 1439,1x + 1280$ ;  $R^2 = 0,999$ ), com um ajustamento mais próximo às linhas de tendência não lineares do tipo polinomial de 5° grau.

### **3.5. Comportamento mensal da produção dos componentes da liteira acumulada**

Comparando-se as produções mensais médias dos componentes da liteira acumulada, em ambas as parcelas, observou-se que apenas a produção de folhas diferiu significativamente, tanto na parcela controle ( $Fr = 34,0165$ ;  $p = 0,0004$ ), como na parcela tratamento ( $Fr = 32,5055$ ;  $p = 0,0006$ ). Na parcela

controle, a produção do mês de abril foi menor que a produção do mês de julho ( $p < 0,05$ ). Já na parcela tratamento, a produção do mês de fevereiro foi menor que a produção do mês de julho e, a produção do mês de julho foi maior que a produção do mês de dezembro (valores de  $p < 0,05$ ). (Fig. 12).

As produções mensais médias acumuladas de galhos e flores/frutos foram iguais durante todos os meses do ano, tanto na parcela controle (galhos - Fr = 3,9670,  $p = 0,9709$ ; flores/frutos - Fr = 13,5824,  $p = 0,2570$ ), como na parcela tratamento (galhos - Fr = 7,6923,  $p = 0,7406$ ; flores/frutos - Fr = 4,5824,  $p = 0,9497$ ).

Os dados de produções médias mensais acumuladas do componente, folha, apresentaram para o período do estudo, uma tendência comportamental semelhante ao apresentado para os dados de produção mensal média de liteira total acumulada, tanto na parcela controle ( $y = 0,065x^5 - 1,623x^4 + 10,61x^3 + 2,657x^2 - 125,5x + 356,6$ ;  $R^2 = 0,881$ ), como na parcela tratamento ( $y = 0,021x^5 - 0,317x^4 - 2,898x^3 + 62,45x^2 - 245,3x + 426,5$ ;  $R^2 = 0,860$ ), com um ajustamento mais próximo às linhas de tendência não lineares polinomiais do 5º grau.

Comparando-se as produções acumuladas de folhas, galhos e flores/frutos entre os meses do ano, paralelamente, entre as parcelas, observou-se que as produções de folhas do mês de fevereiro, agosto e outubro foram maiores na parcela controle do que na parcela tratamento; a produção de galhos do mês de agosto foi maior na parcela controle do que na parcela

tratamento e, as produções de flores/frutos dos meses de novembro e dezembro foram maiores na parcela controle do que na parcela tratamento ( $F_r = 5,1429$ ,  $p = 0,0233$ ; para os meses citados) (Fig. 12).

### **3.6. Centralidade e Dispersão dos dados brutos**

As médias e desvios padrões das produções mensais dos componentes da liteira acumulada, de todo o período de estudo, foram sempre superiores na parcela controle se comparados à parcela tratamento. No entanto, as reduções das médias e desvios na parcela tratamento, quando comparadas à parcela controle, elevaram os coeficientes de variação das produções mensais acumuladas nos componentes galhos e flores/frutos da parcela tratamento em relação à parcela controle (Tab. 3).

## **4. DISCUSSÃO**

Comparando-se as médias de produção anual dos componentes da liteira acumulada para o período de estudo nas parcelas, observou-se que as produções dos componentes folhas, galhos e flores/frutos (Fig. 9, 10 e 11), representaram aproximadamente 72,05%, 15,16% e 12,79% da produção de liteira total acumulada, da parcela controle e, 76,14%, 14,94% e 8,91% da produção de liteira total acumulada da parcela tratamento.

O componente da liteira acumulada de maior produção, em termos absolutos, foi o de folhas, seguida de galhos e flores/frutos, em ambas as parcelas. Esta relação produtiva entre os componentes da liteira, também foi observada em

outros estudos em diferentes localidades e ecossistemas florestais (Filho et al., 2003; Maman et al., 2007; Silva et al., 2007; Silva et al., 2009; Silva et al., 2009; Vidal, 2007), indicando ser uma relação padrão generalizado em ecossistemas florestais.

Os órgãos vegetais com menor teor de lignificação (folhas, flores/frutos), apresentam maior percentual de água em suas composições e, conseqüentemente, maior intensidade metabólica (Menezes et al., 2006), são geralmente os órgãos vegetais menos perenes, pois não só são responsáveis pelo equilíbrio termo e hídrico vegetal, como também, apresentam em suas estruturas, nutrientes minerais de pouca mobilidade dentro do vegetal, associados à lignificação das paredes celulares, como o Cálcio (Silva e Menezes, 2001; Caldeira, Schumacher & Rodrigues, 2002). Estas características, de folhas e flores/frutos, as tornam, fisiologicamente, muito mais suscetíveis ao processo de abscisão.

A análise fisiológica aponta para uma tendência de maior produção de liteira de folhas e flores/frutos em relação à de galhos (órgão com menor teor de água). No entanto, do ponto de vista fenológico, os órgãos reprodutivos de espécies arbóreas de dossel de florestas úmidas (flores/frutos), apresentam períodos de picos de produção, sazonais e, diferentes dos períodos de picos de produção de galhos e folhas, pois concorrem pelos mesmos recursos nutritivos (Fassola, 1999; Bulhão e Figueiredo, 2002) e, ainda, por serem órgãos

vegetativos de maior percentagem de biomassa em relação à flores/frutos (Higuchi et al., 1998), apresentaram maior percentual produtivo ao longo do ano.

Outro fator que pode ter influenciado na relação de produção dos componentes da liteira acumulada obtida, foi à elevada idade do ecossistema florestal estudado, o que gerou um cenário de intensa competição entre as copas das árvores por luz solar, implicando em desramas naturais dos galhos mais baixos para acelerar o crescimento vertical das árvores (Fonseca, 1979; Schilling et al., 1998), influenciando no aumento da produção do componente de liteira, galhos.

Quando se comparou as médias de produção anual dos componentes da liteira acumulada para o período de estudo, paralelamente, entre as parcelas (Fig. 9, 10 e 11), observou-se que as produções dos componentes folhas, galhos e flores/frutos da parcela controle, foram aproximadamente 15,82%, 24,194% e 75% maiores, em termos absolutos, quando comparadas as produções dos mesmos componentes na parcela tratamento.

A superioridade, absoluta, das produções médias anuais dos componentes da liteira acumulada da parcela controle, em relação à parcela tratamento (Fig. 9, 10 e 11), pode ser explicada fisiologicamente. A simulação de uma seca prolongada, proporcionada pelo tratamento, alterou processos fisiológicos dos indivíduos florestais, forçando o ecossistema a adaptar-se a nova condição hídrica (Larcher, 2000; Batista

et al., 2008), através de mecanismos de compensação de perda hídrica, como por exemplo, a diminuição da área foliar, por meio de redução do tamanho/massa das folhas e fechamento estomático (Dutra et al., 2012; Farias et al., 2008).

A diferenciação estatística das produções acumuladas de galhos e frutos, apenas na parcela tratamento, assim como, a diferenciação estatística, entre as produções acumuladas de flores/frutos entre ambas as parcelas, indicou que a deficiência hídrica, aparentemente reduziu de forma mais intensa, a produção de órgãos reprodutivos do que de órgãos vegetativos, devido, principalmente, à alteração de padrões fenológicos reprodutivos, pela possível inibição das atividades meristemáticas de muitas espécies (Borchert, 1996; Singhe Kushwaha, 2006).

O padrão de diferenciação estatística entre as produções anuais da liteira total acumulada e, de seus componentes, durante o estudo, indicou que a produção de liteira total acumulada, assim como, de seus componentes, apresentou um padrão temporal não sazonal, mas com certa tendência, que de acordo com Ehlers (2009), nestes casos, é recomendado o ajuste a uma linha de tendência polinomial, que apresentou melhor ajustamento ao polinômio de 5° grau ( $R^2 > 0,97$ ), em ambas as parcelas (Fig. 9, 10 e 11).

A linha de tendência obtida (polinômio de grau elevado) apresenta comportamento tipicamente flutuante, com "picos" e "vales" de produção ao longo dos anos, que são regulados pelo

grau do polinômio obtido (Varga, 2009). Estas flutuações podem ser causadas por diversos fatores, dentre os quais, pode-se destacar a ação da fenologia das espécies de árvores e, principalmente, os padrões de precipitação pluviométrica da área de estudo (Luizão, 2007).

Fenômenos climáticos, como o El Niño, podem causar oscilações consideráveis nos índices pluviométricos anuais na Amazônia (Fearnside, 2006). Desde o ano de 1877, sabe-se que as ocorrências anuais de fenômenos El Niño, são intermitentes e contínuas, sendo que nos últimos anos, a frequência de ocorrência está cada vez maior (Fearnside, 2006; INPE, 2013) e, pode ser uma das explicações para o padrão flutuante da produção de liteira acumulada e seus componentes obtidos neste estudo.

Os resultados estatísticos obtidos para produção mensal dos componentes da liteira acumulada, em cada parcela, indicaram que o único componente da liteira que apresentou tendência padronizada de sazonalidade entre os meses do ano, em ambas as parcelas, foi o de folhas. Apresentando, comportamento produtivo não linear semelhante ao obtido para a produção anual (polinomial do 5° grau). No entanto, com menores ajustamentos a linha de tendência obtida para a produção anual ( $R^2 > 0,97$ ), o que indicou uma dificuldade de obtenção um padrão de tendência claro e bem definido, o que pode ser explicado pelas mais frequentes e intensas variações meteorológicas, principalmente, de séries temporais de

precipitação, entre os meses, do que entre os anos (Lima, Marques & Lima, 2005).

Em ambas as parcelas, os menores e maiores produções acumuladas do componente folha, ocorreram em meses, caracteristicamente, do período chuvoso (fevereiro, abril e dezembro) e seco (julho) do local de estudo (Silva et al., 2009).

As produções acumuladas dos componentes galhos e flores/frutos, em ambas as parcelas, diferentemente, do componente folha, não apresentaram diferenças entre as produções nos meses do ano, indicando que, o componente que reage de forma mais imediata às alterações meteorológicas mensais, especialmente, a deficiência hídrica, é o de folhas; resultado este, que pode ser corroborado, pela redução em suas médias e de seus coeficientes de variação na parcela tratamento (Tab. 2) e, explicado pelo fato de serem as folhas, o principal órgão responsável pela regulação hídrica vegetal, através dos estômatos (Larcher, 2000).

O padrão de diferenciação estatística entre as produções mensais dos componentes da liteira total acumulada, entre as parcelas, indicou que a produção dos componentes da liteira, é afetada de forma diferenciada ao longo dos meses pela deficiência hídrica. Os componentes que reagiram mais meses, ao longo do ano, primeiramente, foi o das folhas, que apresentou diferenciação entre as produções dos meses de

fevereiro, agosto e outubro, seguido do de flores/frutos (novembro e dezembro) e de galhos (agosto).

Os padrões diferenciados de reação dos componentes da liteira acumulada à deficiência hídrica causada pelo tratamento, nos meses do ano, podem ser explicados, no caso das folhas, pela maior e contínua produção durante todos os meses do ano em relação aos demais componentes (Werneck et al., 2001; Silva et al., 2009; Filho et al., 2003; Maman et al., 2007; Silva et al., 2007; Silva et al., 2009; Silva et al., 2009; Vidal, 2007); no caso das flores/frutos, pela sazonal ocorrência de período reprodutivo de grande número de espécies arbóreas de diferentes estratos de florestas úmidas, durante o final do período seco e início do chuvoso, com picos principalmente, em dezembro (Muniz, 2008) e, no caso dos galhos, pelo ressecamento do órgão, ocasionado pelo baixa disponibilidade de água, devido a estiagem e, desrama natural ocasionada, principalmente, por grande intensidade de ventos, ambas as causas, características dos meses de período seco (junho a novembro) para a área de estudo (Silva, 2009).

## **5. CONCLUSÃO**

A maior produção anual dos componentes da liteira acumulada durante o estudo, na área de pesquisa, foi a de folhas, seguida da de galhos e flores/frutos, em ambas as parcelas.

A deficiência hídrica gerada pelo tratamento alterou os percentuais produtivos dos componentes da liteira acumulada,

aumentando o de folhas e reduzindo os de galhos e flores/frutos.

As alterações das produções dos componentes da liteira acumulada, assim como, de seus percentuais em relação à liteira total acumulada são mecanismos de adaptação do ecossistema a nova condição hídrica do ambiente.

Aparentemente, além da deficiência hídrica, outros fatores apresentam grande relevância para a sazonalidade da produção dos componentes da liteira acumulada, assim como, de seus percentuais em relação à liteira total acumulada, tais como a fenologia reprodutiva das espécies arbóreas dos diversos estratos da floresta e a competição por luz solar.

A deficiência hídrica gerada pelo tratamento, aparentemente, afetou de forma mais intensa, os órgãos reprodutivos (flores/frutos) do que os órgãos vegetativos (folhas e galhos) devido à marcante dependência da fenologia reprodutiva das espécies florestais à sazonalidade hídrica.

A produção anual de liteira total acumulada, assim como, de seus componentes, apresentaram tendências produtivas oscilantes, como muitos "picos" e "vales" de produção, que se ajustam fortemente a linhas de tendência polinomiais de elevado grau (5° grau;  $R^2 > 0,97$ ).

O único componente da liteira total acumulada, que apresentou respostas imediatas às alterações meteorológicas de curto prazo (mensais), foi o de folhas.

A produção mensal de liteira total acumulada, assim como, de seus componentes, apresentaram tendências produtivas mais oscilantes que a produção anual, com mais "picos" e "vales" de produção, o que foi manifestado pelos menores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da produção mensal (0,881 - Controle; 0,860 - Tratamento) do que da produção anual ( $> 0,97$ ).

O único componente da liteira acumulada que apresentou significativa tendência de sazonalidade produtiva durante o ano, tanto na parcela controle como na parcela tratamento, foi o de folhas, com as maiores e menores produções ocorrendo no período seco e chuvoso da região de estudo, respectivamente.

Aparentemente, dos componentes da liteira total acumulada, os que mais respondem em termos produtivos e de tempo, à deficiência hídrica gerada pelo tratamento, são os componentes com maior presença de água em suas constituições (folhas e flores/frutos).

As tendências de produção da liteira total acumulada obtidas, assim como, de seus componentes são apenas indicativos e devem ser corroboradas em estudos de longo prazo.

## **6. REFERÊNCIAS**

- Almeida, S. S.; Lisboa, P. L. B.; Silva, A. S. L.** 1993. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica "Ferreira Penna", em Caxiuanã (Pará). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Botânica 9: 99-188.

- Araujo, R. S.; Piña-Rodrigue, F. C. M.; Machado, M. R.; Pereira, M. G.; Frazão, F. J.** 2006. Aporte de serrapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. *Floresta e Ambiente* 12: 15 - 21.
- Ayres, M.; Júnior, M. A.** 2007. *BioEstat: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Bio-Médicas*. Belém-PA: 230 p.
- Batista, C. U. N.; Medri, M. E.; Bianchini, E.; Medri, C.; Pimenta, J. A.** 2008. Tolerância à inudação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. *Acta Botânica Brasilica* 22: 91-98.
- Borchert, R.** 1996. Phenology and Flowering Periodicity of Neotropical Dry Forest Species: Evidence from Herbarium Collections. *Journal of Tropical Ecology* 12: 65-80.
- Bulhão, C. F.; Figueiredo, P. S.** 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 361-369.
- Caldeira, M. V. W.; Schumacher, M. V.; Rodrigues, L. M.** 2002. Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas e nos galhos em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. (acácia-negra). *Boletim de Pesquisa Florestal* 45: 69-88.
- Chagas, G. F. B.; Silva, V. P. R.; Costa, A. C. L.; Dantas, V. A.** 2012. Impactos da redução da pluviometria na biomassa aérea da Floresta Amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16.
- Cianciaruso, M. V.; Pires, J. S. R.; Delitti, W. B. C.; Silva, E. F. L. P.** 2006. Produção de serrapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 20: 49-59.
- Costa, M. L.; Moraes, E. L.; Behling, H.; M. Melo, J. C. V.; Siqueira, S. N. V. M.; Kern, D. C.** 1997. Os sedimentos de

fundo da baía de Caxiuanã. In: P.L.B. LISBOA (Org.): Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi 121-137.

- Deliti, W. B. C.** 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: Instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. *Oecologia Brasiliensis* 1: 469-486.
- Dias, H.C.T.; Oliveira-Filho, A.T.** 1997. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. *Revista Árvore* 21: 11-26.
- Dutra, C. C; Prado, E. A. F.; Paim, L. R.; Scalons, S. P. Q.** 2012. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. *Semina: Ciências Agrárias* 33: 2657-2668.
- Ehlers, R. S.,** 2009. Apostila Análise de Séries Temporais. UFPR 5ª edição.
- Farias, C. H. A.; Fernandes, P. D.; Azevedo, H. M.; Neto, J. D.** , 2008. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12: 356-362.
- Fassola, H. E.** 1999. Observaciones sobre la producción de frutos y semillas en plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Montecarlo: INTA, EEA (Informe final: 1993-1998).
- Fearnside, P. M.** 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica* 36: 395-400.
- Filho, A. F.; Moraes, G. F.; Schaaf, L. B.; Figueiredo, D. J.** 2003. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do estado do Paraná. *Ciência Florestal* 13: p. 11-18.
- Fonseca, S. M.** 1979. Implicações técnicas e econômicas na utilização da desrama artificial. Circular Técnica do Instituto de Pesquisas e estudos Florestais 46.

**Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R. J.; Minette, L.; Biot, Y.** 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica* 28: 153-166.

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).** Mapa sistemático, 2012. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/fisico/unidades\\_federacao/pa\\_fisico.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/fisico/unidades_federacao/pa_fisico.pdf)>. Acesso em: jan. 2013.

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).** Ocorrência de El Niño, 1877-2010. Disponível em: <[http://enos.cptec.inpe.br/tab\\_elnino.shtml](http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml)>. Acesso em: jan. 2013.

**Larcher, W.** 2000. Plantas sob estresse. In: Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima 341-430.

**Lemos, V. P.; Costa, M. L.; Gurjão, R. S.; Kern, D. C.; Mescouto, C. S. T.; Lima, W. T. S.; Valentim, T. L.** 2009. Comportamento do arsênio em perfis de solo do Sítio Ilha de Terra de Caxiuanã-Pará. *Revista Escola de Minas* 62.

**Lima, M. I. P.; Marques, A. C.; Lima, J. L. M. P.** 2005. Análise de tendência de precipitação anual e mensal no período 1900-2000, em Portugal Continental. *Territorium*, p. 11-18.

**Lisboa, P. L. B.; Silva, A. S. L.; Almeida, S. S.** 1997. Florística e estrutura dos ambientes. In: LISBOA, P. L. B. (Org.). *Caxiuanã*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi 163-193.

**Luizao, F. J.** 2007. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e Cultura* 59.

**Maman, A. P.; Silva, C. J.; Sguarezi, E. M.; Bleich, M. E.** 2007. Produção e acúmulo de serapilheira e decomposição foliar em mata de galeria e cerradão no sudoeste de Mato Grosso. *Revista de Ciências Agro-Ambientais* 5: 71- 84.

- Marques, T. C. L. L. S. M.; Vascelos, C. A.; Pereira Filho, I.; França, G. E.; Cruz, J. C.** , 2000. Envolvimento de Dióxido de Carbono e Mineralização de Nitrogênio em Latossolo Vermelho-Escuro com Diferentes Manejos. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35: 581-589.
- Menezes, C. H. S. G.; Lima, L. H. G. M.; Lima, M. M. A.; Vidal, M. S.** 2006. Aspectos genéticos e moleculares de plantas submetidas ao déficit hídrico. Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas 10: 1039-1072.
- Millar, R. B.; Anderson, M.J.** 2004. Remedies for pseudoreplication. Fisheries Research 70: 397-407.
- Montag, L. F. A.; Freitas, T. M. S.; Wosiacki, W. B.; Barthem, R. B.** 2008. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará - Brasil). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais 3: 11-34.
- Moraes, J. C.; Costa, J. P. R.; Rocha, E. J. P.; Silva, I. M. O.** 1997. Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio Caxiuanã. In: LISBOA, P. L. B. (Org.). Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi 85-95.
- Muniz, F. H.** 2008. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. Acta Amazônica 38.
- Nepstad, D. C.; Moutinho, P.; Dias-Filho, M. B.; Davidson, E.; Cardinot, G.; Markewitz, D.; Figueiredo, R.; Vianna, N.; Chambers, J.; Ray, D.; Guerreiros, J. B.; Lefebvre, P.; Sternberg, L.; Moreira, M.; Barros, L.; Ishida, F. Y.; Tohlver, I.** , 2002. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of Amazon Forest. Journal of Geophysical Research 107.
- Schilling, A. C.; Schneider, P. R.; Haselein, C. R.; Finger, C. A. G.** 1998. Influência de diferentes intensidades de desrama sobre a porcentagem de lenho tardio e quantidade de nós da madeira de primeiro desbaste de *Pinus elliottii* Engelman. Ciência Florestal 8: 115-127.

- Silva, A. V. C; Menezes, J. B.** 2001. caracterização físico-química da manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação de cloreto de cálcio pré-colheira e armazenamento refrigerado, *Scientia. Agricola.* v. 58, n.1.
- Silva, C. J; Sanches, L.; Bleich, M. E.; Lobo, F. A;** Nogueira, J. S. 2007. Produção de serrapilheira no cerrado e floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *Acta Amazônica* 37: 543-548.
- Silva, C. J; Lobo, F. A.; Bleich, M. E.; Sanches, L.** 2009. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. *Acta Amazônica* 39: 591-600.
- Silva, R. M; Costa, J. M. N.; Ruivo, M. L. P; Costa, A. C. L; Almeida, S. S.** 2009. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. *Acta Amazônica* 39: 573-582.
- Singh, K. P; Kushwaha, C. P.** 2006. Diversity of Flowering and Fruiting Phenology of Trees in a Tropical Deciduous Forest in India. *Annals of Botany* 97: 265-276.
- Varga, G.** 2009. Teste de Modelos Estatísticos para a Estrutura a Termo no Brasil. *RBE* 63: 361-394.
- Vidal, M. M.; Pivello, V. R.; Meirelles, S. T.; Metzger, J. P.** 2007. Produção de serrapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 521-532,
- Werneck, M.S.; Pedralli, G.; Gieseke, L.F.** 2001. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto. *Revista Brasileira de Botânica* 24.
- Xuluc-Talosa, F. J.; Vester, H. F. M.; Ramírez-Marcial, N.; Castellanos-Albores, J.; Lawrence, D.** 2003. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases

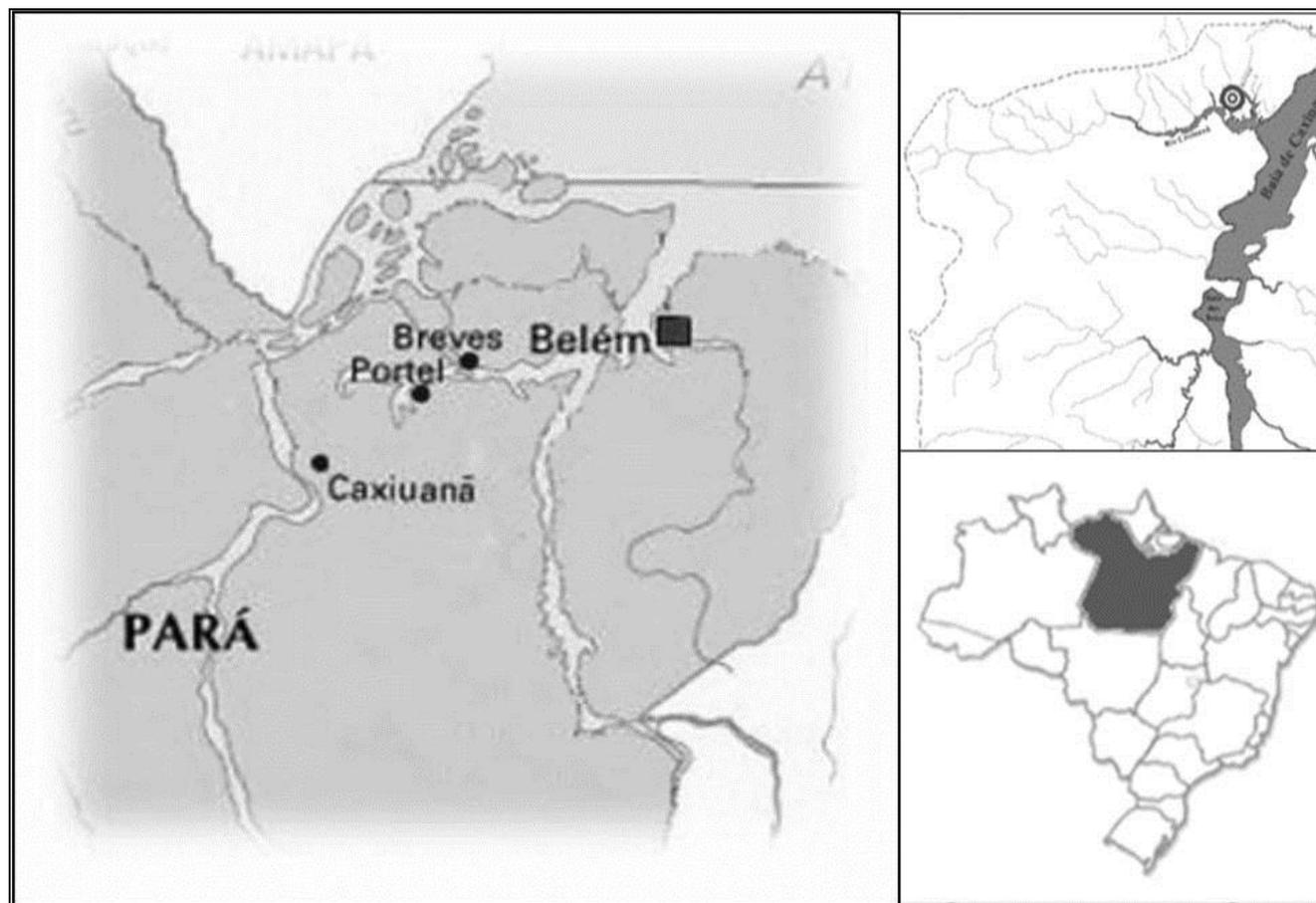
of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico.  
Forest Ecology and Management 174: 401-412.

**Tabela 2** - Produções acumuladas mensais e anuais dos componentes da liteira total.

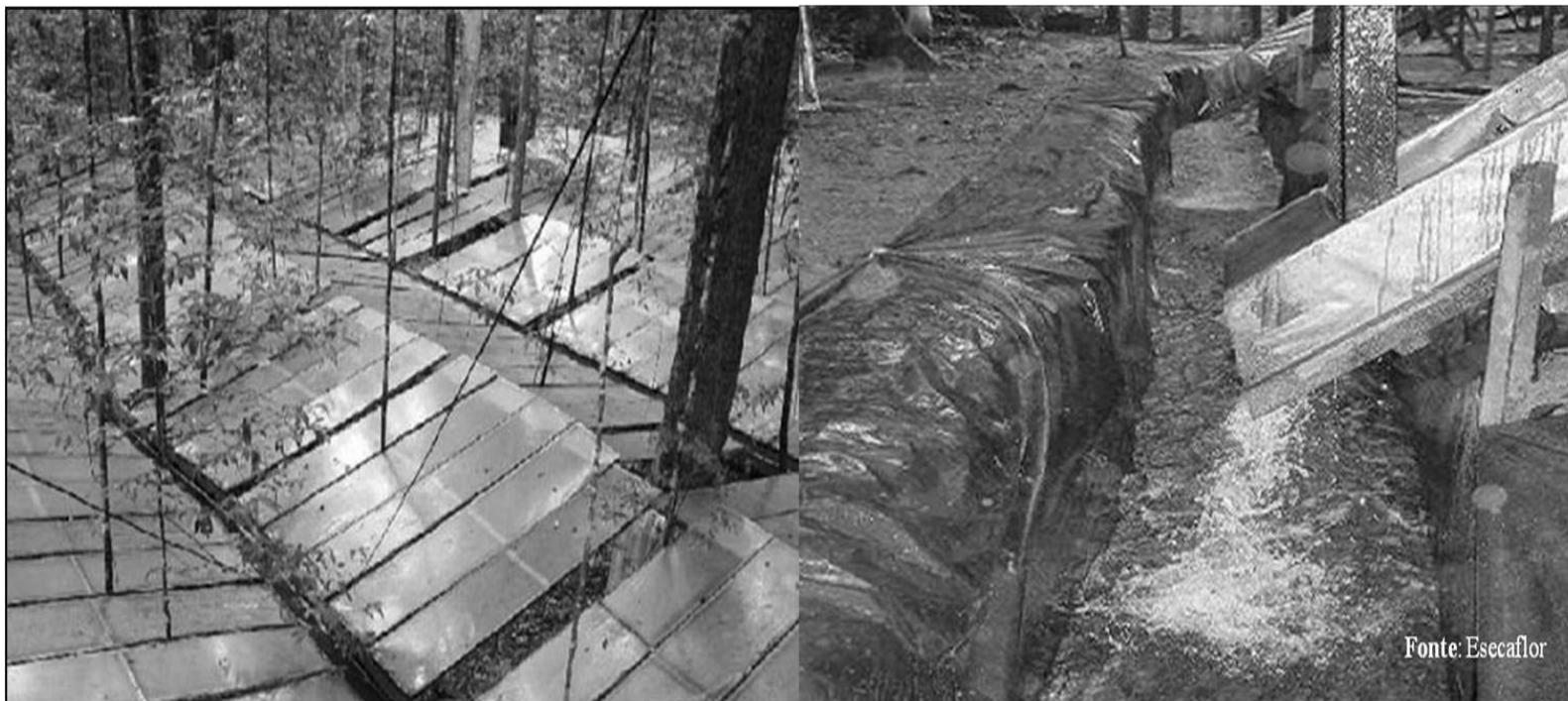
Parcela	Componente	Mínimo	Máximo	Médio	Total
		Kg.ha <sup>-1</sup> .mês			t.ha <sup>-1</sup> 1.ano <sup>-1</sup>
Controle	Folhas	196,7	499	305,9	3,66
	Galhos	48,9	91,9	63,9	0,77
	Flores/Frutos	22,8	91,7	54,4	0,65
Tratamento	Folhas	167,8	441,7	263,6	3,16
	Galhos	38,9	74,6	51,7	0,62
	Flores/Frutos	21	38,4	30,7	0,37

**Tabela 3** - Média e índices de dispersão das produções mensais dos componentes da liteira acumulada ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

	Controle			Tratamento		
	<i>Folhas</i>	<i>Galhos</i>	<i>Flores/Frutos</i>	<i>Folhas</i>	<i>Galhos</i>	<i>Flores/Frutos</i>
Média	330.82	68.67	57.07	282.92	53.00	31.76
Aritmética						
Desvio Padrão	190.48	44.00	44.13	148.14	40.95	26.50
Coeficiente de Variação	0.58	0.64	0.77	0.52	0.77	0.83



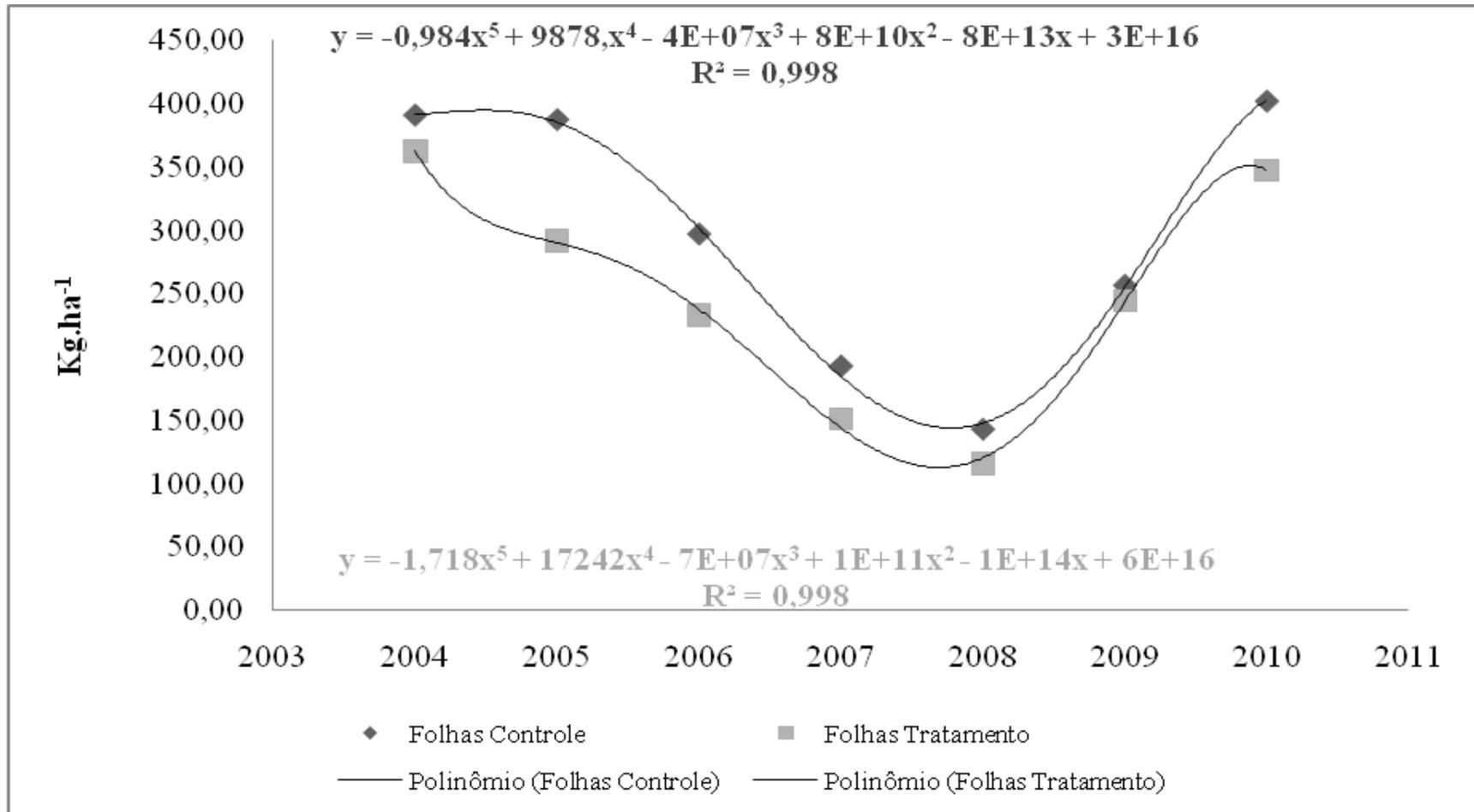
**Figura 6** - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã.



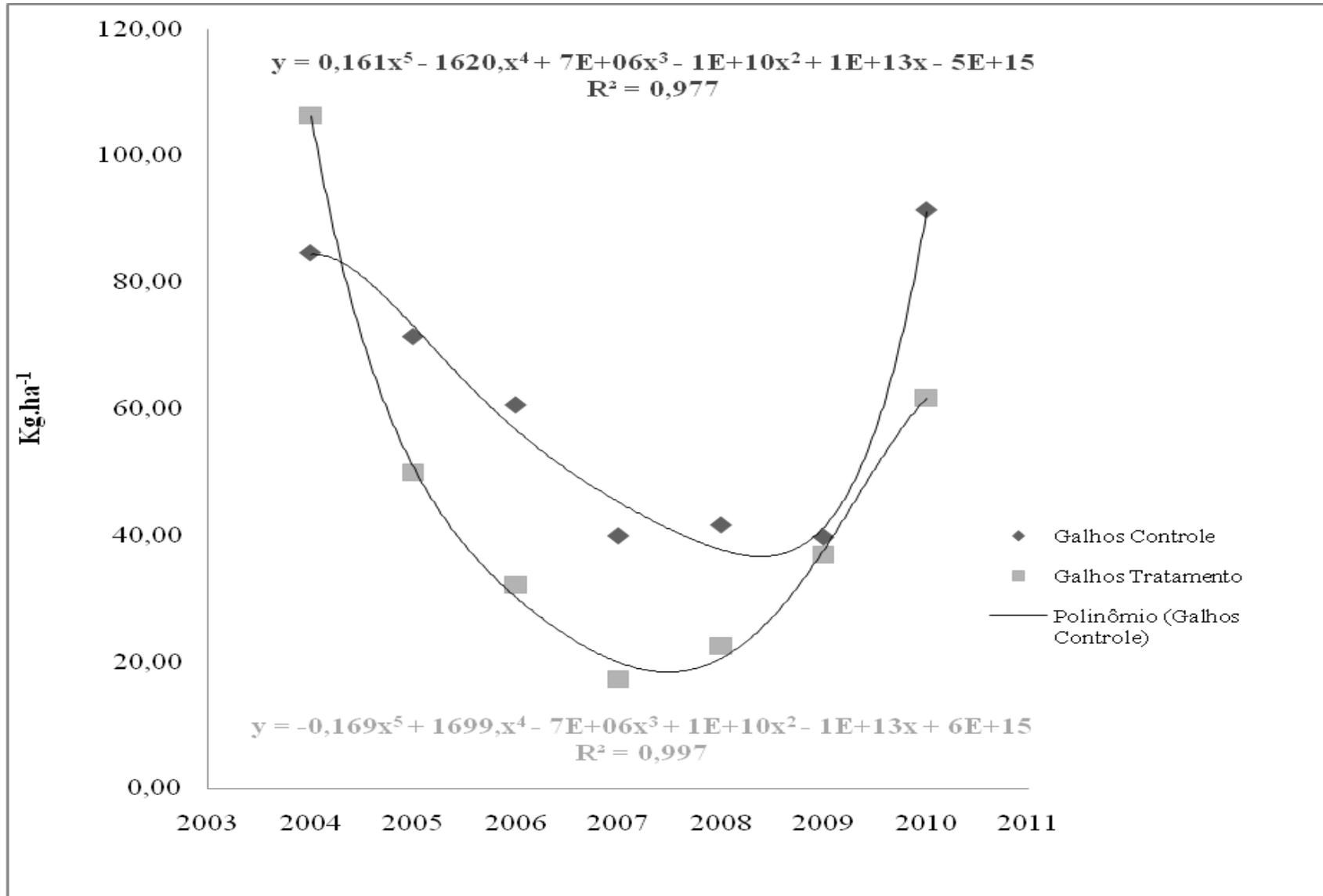
**Figura 7** - Painéis coletores de água, calhas de drenagem e trincheira.



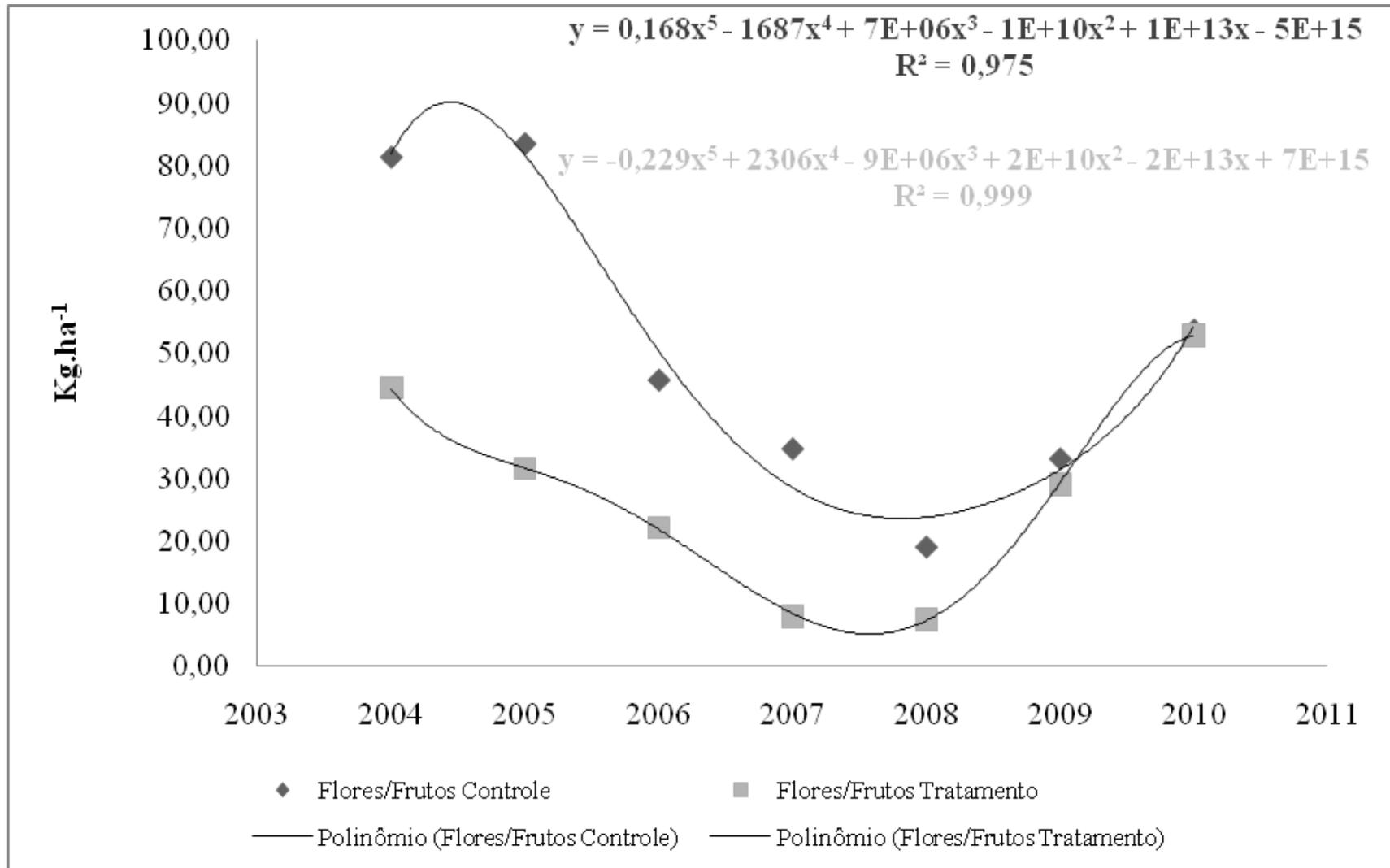
**Figura 8** - Coletor de liteira.



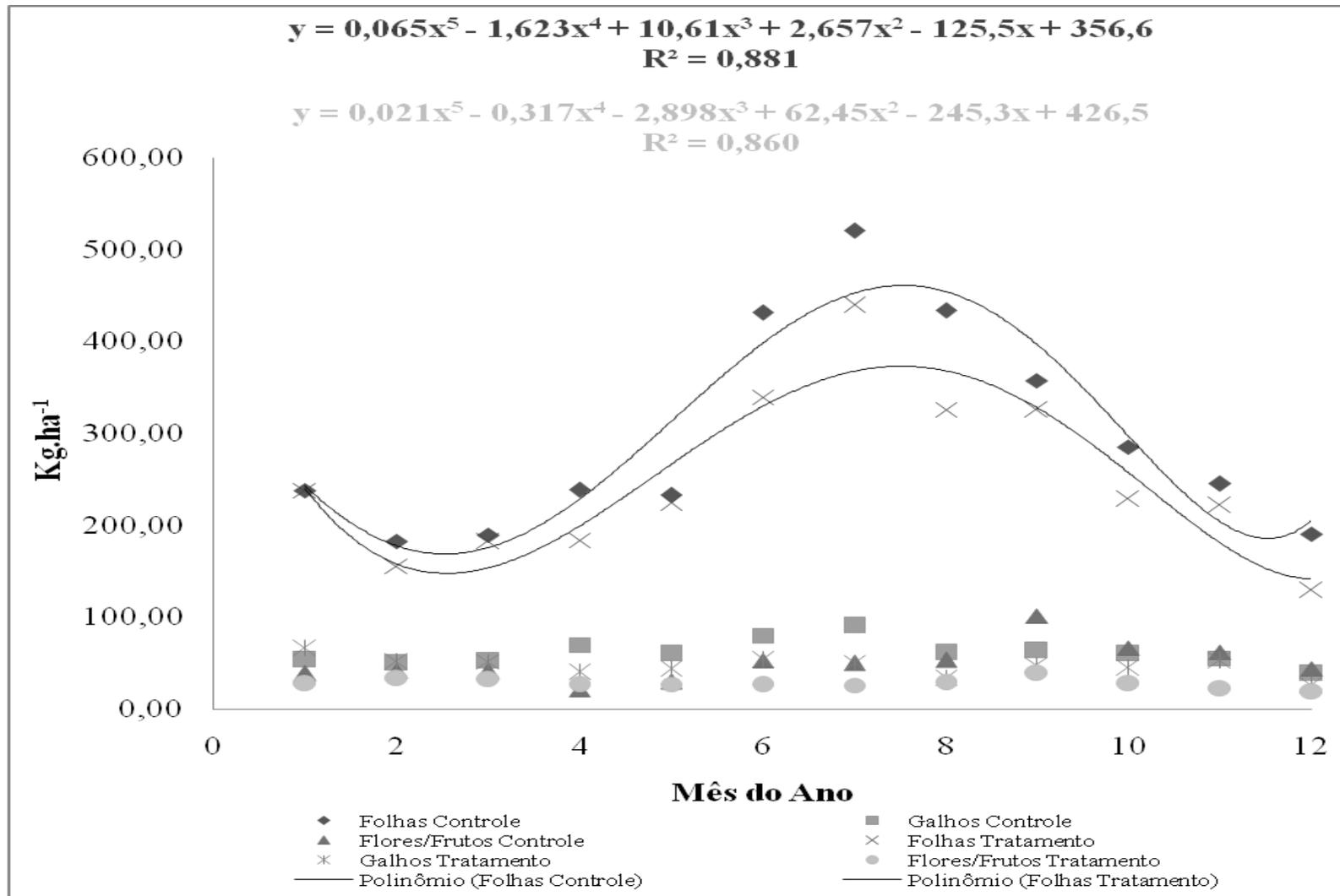
**Figura 9** - Produção anual acumulada de folhas nas parcelas controle e tratamento (Kg.ha<sup>-1</sup>).



**Figura 10** - Produção anual acumulada de galhos nas parcelas controle e tratamento (Kg.ha<sup>-1</sup>).



**Figura 11** - Produção anual acumulada de flores/frutos nas parcelas controle e tratamento.



**Figura 12** - Produção mensal dos componentes da liteira acumulada nas parcelas controle e tratamento.

### **CAPÍTULO III**

**RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E PRODUÇÃO DE  
LITEIRA EM CONDIÇÕES NATURASIS E DE DEFICIÊNCIA  
HÍDRICA, EM FLORESTA TROPICAL NATIVA NA FLONA  
CAXIUANÃ-PA\***

**Bruno Rafael Miranda Matos  
Antonio Carlos Lôla da Costa**

**RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E PRODUÇÃO DE LITEIRA EM CONDIÇÕES NATURASIS E DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA, EM FLORESTA TROPICAL NATIVA NA FLONA CAXIUANÃ-PA**

**BRUNO RAFAEL MIRANDA MATOS**

**ANTONIO CARLOS LÔLA DA COSTA**

***RELATIONSHIP BETWEEN RAINFALL AND LITTER PRODUCTION, IN NATURAL CONDITIONS AND WATER STRESS IN RAIN FOREST IN FLONA Caxiuanã-PA***

**ABSTRACT** - The Amazon tropical forest ecosystems are highly dependent on nutrient cycling processes, to maintain the fertility of their soils. In this context, the organic material precipitated in the forest soil, litter, is of fundamental importance for the establishment and development of vegetation and the physiological point of view, is correlated with water availability, which is directly related to variable rainfall. The understanding of the existence and intensity of the relationship between variables, litter production and precipitation, is fundamental to understanding the implications of a prolonged drought in the Amazonian forest ecosystems. Thus, the present study aimed to evaluate the existence and strength of the relationship between the variables precipitation and litter production, both in natural conditions and water stress in native rainforest in Caxiuanã National Forest, PA. The study was conducted in native forest land division, located in Caxiuanã National Forest, state of Para, during the years 2004 to 2010, collecting and measuring monthly, monthly precipitation totals and the productions of litter accumulated in two plots of 1 ha, and one of the plots

was subjected to water deficit of 50%, and the other was kept as a control. The data of monthly precipitation totals showed great variability, standard deviation and coefficient of variation of 135.2 and 81.7%, respectively, showing a normal distribution, and monthly values significantly higher in the months of December, January, February, March, April and May and lowest in the months of June, July, August, September, October, and November. The best fit of the data to models of precipitation trend was applied to model the 5th degree polynomial, however, with low degree of adjustment ( $R^2 = 0.1702$ ). The variables, total precipitation and litter production, showed an inverse relationship, and this relationship was mainly displayed for component flowers / fruits. Apparently, the treatment reduced the degree of correlation between variables, precipitation and cumulative production of leaves and flowers / fruits, and increased the degree of correlation for the component of the total accumulated litter, twigs.

**Keywords:** Correlation, Litter, Precipitation, Water deficiency and Caxiuanã National Forest

**RESUMO** - Os ecossistemas florestais tropicais da Amazônia são altamente dependentes dos processos de ciclagem de nutrientes, para a manutenção da fertilidade de seus solos. Neste contexto, o material orgânico precipitado no solo florestal, liteira, é de fundamental importância para o estabelecimento e desenvolvimento da vegetação e, do ponto de vista fisiológico, apresenta relação com disponibilidade hídrica, que é diretamente relacionada à variável, precipitação. A compreensão sobre a existência e intensidade da relação entre as variáveis, produção de liteira e precipitação, é fundamental para o entendimento das implicações de uma seca

prolongada nos ecossistemas florestais amazônicos. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar a existência e intensidade da relação entre as variáveis precipitação e produção de liteira, tanto em condições naturais como de deficiência hídrica, em floresta tropical nativa na Floresta Nacional de Caxiuanã-Pa. O estudo foi realizado na Floresta Nacional de Caxiuanã, Estado do Pará, durante os anos de 2004 a 2010, coletando-se e medindo-se mensalmente, os totais de precipitação mensais e, as produções de liteira acumulada em duas parcelas de um ha, sendo que uma das parcelas foi submetida à deficiência hídrica da ordem de 50% e, outra foi mantida como controle. Os dados de totais de precipitação mensal apresentaram grande variabilidade, com desvio padrão e coeficiente de variação de 135,2 e 81,7%, respectivamente, apresentando distribuição normal e, valores mensais, significativamente, maiores nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio e, menores, nos meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro. O melhor ajustamento dos dados de precipitação aos modelos de tendência aplicados foi ao modelo polinomial do 5° grau, contudo, com baixo grau de ajustamento ( $R^2 = 0,1702$ ). As variáveis, totais de precipitação e produção de liteira, apresentaram relação inversa, sendo que, esta relação foi, principalmente, visualizada para o componente flores/frutos. Aparentemente, o tratamento reduziu o grau de correlação entre as variáveis, precipitação e produção acumulada de folhas e flores/frutos e aumentou o grau de correlação para o componente da liteira total acumulada, galhos.

**Palavras-chave:** Correlação, Liteira, Precipitação, Deficiência hídrica e Floresta Nacional de Caxiuanã.

## 1. INTRODUÇÃO

A liteira é um importante componente do sistema florestal e compreende o material precipitado no solo florestal pela biota. Este material inclui, principalmente, folhas, caules, frutos, sementes, flores e resíduos animais (Dias & Oliveira-Filho, 1997). Além de indicar a capacidade produtiva da floresta (Filho et al., 2003), intercepta luz, reduz a amplitude térmica do solo, reduz a evaporação e controla muitas das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Facelli & Pickett, 1991).

Os ecossistemas florestais tropicais da Amazônia apresentam grande dependência dos processos de ciclagem de nutrientes da matéria orgânica, pois grande parte dos solos, desta região, são altamente intemperizados e com baixa disponibilidade de nutrientes (Novais & Barros, 1997; IBGE, 2012). Nestas regiões, a liteira, apresenta-se como uma das principais formas de entrada de nutrientes no ecossistema, sendo fundamental para a manutenção e crescimento das espécies florestais (Silva, 1984).

O estudo da produção de liteira aplicado no monitoramento de áreas é baseado no seu potencial como "indicador de reação", capaz de responder às modificações do ambiente (Machado, Rodrigues & Pereira, 2008). A liteira pode ser usada para acompanhar as alterações nas condições ambientais ou para monitorar tendências através do tempo, proporcionando a previsão de mudanças no ambiente e diagnosticando a causa do problema ambiental (Araujo et al., 2006; Machado, Rodrigues & Pereira, 2008).

Em outros estudos, em diversificadas localidades e ecossistemas, observou-se que a produção da liteira total, assim como, de seus componentes, apresenta uma tendência de sazonalidade, com as maiores e menores produções, ocorrendo em meses de pouco e alta disponibilidade hídrica (Nepstad et al., 2002; Silva et al., 2007; Silva et al., 2009).

Segundo Delitti (1995), o padrão de produção de liteira é influenciado, primariamente, pela deficiência hídrica, indicado pela ocorrência de picos de queda na estação seca. A deficiência hídrica nos ecossistemas florestais tropicais está diretamente correlacionada, dentre outros fatores, a variável precipitação (Heinemann & Stone, 2009).

Avaliar a relação entre a produção de liteira vegetal acumulada, bem como, dos seus componentes e os totais de precipitação em floresta tropical nativa na Floresta Nacional de Caxiuanã-Pa.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de Estudo**

A área de estudo, região de Caxiuanã, está situada na porção inferior do Rio Anapu, entre os Rios Tocantins e Xingu, Amazônia Oriental, nos municípios de Melgaço e Portel (Estado do Pará), onde se situa a FLONA de Caxiuanã, com limites Norte de 01° 37' S/ 051° 19' W e 01° 54' S/ 051° 58' W e, limites Sul de 2° 15' S/51° 15' W e 2° 15' S/51° 56' W (Montag et al., 2008), localizada a 400 km da cidade de Belém, capital do Estado do Pará (Fig. 13).

A maior parte da área, aproximadamente 95%, é composta por ambientes de terra firme. No entanto, a floresta apresenta outros ambientes como a várzea e igapó (Lisboa, Silva & Almeida, 1997). Este ambiente apresenta uma arquitetura florestal constituída de árvores emergentes (40 a 50 m), dossel (30 a 35 m) e subdossel (20 a 25 m). A floresta apresenta diversidade considerável e grandes árvores, como o *Angelim-vermelho* (*Dinizia excelsa*), *Angelim-rajado* (*Marmaroxylon racemosum*), Tauari (*Couratari guianensis*), Tanimbuca (*Bucheniavia grandis*), Pitaíca (*Swartzia racemosa*), Cumaru (*Dipteryx odorata*), dentre outras (Silva et al., 2009).

A geologia da região de Caxiuanã é representada por sedimentos lateritizados da formação Alter do Chão, que foram truncados no Terciário e posteriormente até o nível do

horizonte caulinitico. A drenagem principal está representada pela baía de Caxiuanã e seu rio formador, o Anapu. Na área, predominam latossolos amarelos desenvolvidos sobre perfis lateríticos truncados e ocupando as partes mais elevadas do terreno, enquanto solos hidromórficos ocupam as porções mais baixas. As ocorrências de solos ricos em matéria orgânica, conhecidos como terra preta arqueológica (TPA), ocupam as áreas mais elevadas. (Almeida, Lisboa & Silva, 1993; Lemos et al., 2009).

O clima da região é caracterizado como tropical úmido, do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen (Moraes et al., 1997). Os maiores totais de precipitação ocorrem entre dezembro e maio e, os menores índices de precipitação ocorrem entre junho a novembro. A temperatura média anual do ar é de 26 °C e a umidade relativa média anual do ar é de aproximadamente 80%. A direção do vento predominante é de Nordeste (Silva et al., 2009).

A Floresta Nacional de Caxiuanã é banhada pelas baías de Caxiuanã e dos Botos (Costa et al., 1997).

## **2.2. Desenho Experimental**

A presente pesquisa integra o Experimento em Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia (LBA), que tem como objetivo principal o entendimento das alterações nos ciclos da água, de carbono e nutrientes, e os balanços de energia solar, em função das modificações verificadas na cobertura vegetal da região, e ainda, do subprojeto Estudo da Seca da Floresta (ESECAFLOR), que visa estudar o impacto da seca prolongada nos fluxos de água e gás carbônico em uma floresta tropical amazônica.

Em sua estrutura física o subprojeto ESECAFLOR é constituído de duas parcelas de 1 (um) hectare cada (controle e tratamento), divididas em 100 subparcelas de 10 x 10 m cada.

Na parcela tratamento, foi feito a exclusão de, aproximadamente, 50% da água da chuva. A exclusão da água da

chuva neste experimento foi feita com a utilização de 6.000 painéis coletores de água (base de madeira e revestimento de plástico), instalados a uma altura de 1,5 a 4 m acima do solo, com calhas de drenagem e com abertura de 4 (quatro) trincheiras de 100 m de comprimento, por 0,6 m de largura e 2 m de profundidade cada (Fig. 14). Essas trincheiras foram abertas no solo para impedir o movimento lateral da água. A parcela controle (parcela em condições naturais) foi mantida como controle experimental.

A área basal das florestas das parcelas controle e tratamento, foram de 32, 2898m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> e de 32,1292m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o que sugeriu certa homogeneidade das árvores de ambas as parcelas (Chagas et al., 2012).

## **2.3. Coleta de Dados**

### **2.3.1. Precipitação**

Os dados referentes à precipitação foram coletados continuamente acima do dossel das árvores através de um pluviógrafo do tipo CSI Model CS700-L Rain Gage, com 200 mm de diâmetro de funil e capacidade de "basculante" de até 100 mm/hora (Fig. 15). A frequência de coleta foi horária, sendo as médias mensais obtidas através destas informações.

### **2.3.2. Produção de liteira**

A produção de liteira vegetal foi quantificada nas duas parcelas, pelo método das armadilhas para recolher detritos vegetais - litter trap (Fig. 16). Foram utilizados em cada área, 20 coletores de formato circular, totalizando 40 coletores. O coletor utilizado para este experimento foi de forma circular, com área de 1 m<sup>2</sup>, em base de arame galvanizado e tela de nylon de 2 mm de malha. A malha utilizada evita que a água da chuva fique parada, maximizando o escoamento da água e minimizando a deterioração do material vegetal.

Para a coleta de liteira vegetal foram sorteadas aleatoriamente 20 subparcelas de 10 x 10 m, dentro de cada parcela. No centro de cada subparcela sorteada foram fixados

os coletores a altura de aproximadamente 40 cm acima do solo na parcela controle. Já na parcela tratamento os coletores foram suspensos por 3 (três) amarrações de fios de nylon. As coletas do material na floresta foram realizadas mensalmente, de janeiro de 2004 a dezembro de 2010 (sete anos).

As coletas de liteira vegetal foram realizadas, mensalmente, de janeiro de 2004 a dezembro de 2010 (sete anos), sendo que as medidas mensais de liteira vegetal corresponderam à parte da produção mês de coleta e, parte da produção do mês anterior ao mês de coleta, sendo denominada de liteira acumulada.

Foram recolhidas manualmente todas as frações da liteira acumulada dos coletores, limpando-se toda a tela, em seguida, foram colocados em sacos de papel, e posteriormente em sacos plásticos, bem acondicionados para serem levados ao laboratório do campo experimental. No laboratório experimental (Flona Caxiuanã), os sacos plásticos e de papel foram abertos e a água acumulada sobre as folhas foi escoada para secar primeiramente em condições ambientais. Quando necessário, o material era colocado em uma estufa com lâmpadas acesas (40-60 °C), por um período de 24 a 36 horas, até ser levado ao laboratório para a secagem completa em estufa.

No laboratório de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), o material vegetal foi colocado em novos sacos de papel para serem colocados em estufa a 80 °C, por um período de 48 horas, até obter massa constante. Em seguida, as massas do material foram separadas nos componentes: folhas, galhos ( $\emptyset = 1$  cm) e flores/frutos e miscelâneas e, mensuradas em balança semi-analítica com precisão de 0,01g, por coletor, por componente e por parcela.

Devido à reduzida massa e/ou ausência de dados do componente miscelânea na maioria das parcelas, utilizou-se, neste estudo, apenas os dados de massas dos demais componentes.

## **2.4. Análise dos Dados**

Para a análise dos dados foi utilizado o software BioStat 5.3, utilizando-se o teste D'Agostinho para verificar a normalidade dos dados coletados e, considerando que o desenho experimental aplicado no estudo não possibilitou a independência dos dados amostrais dos tratamentos, foi utilizado o teste t de Student (amostras pareadas), para comparação entre os totais de precipitação da área de estudo (Ayres & Junior, 2007), funcionando como um remédio para a interdependência dos dados, ou seja, pseudorepetição (Millar & Anderson, 2004).

Para verificar as tendências comportamentais dos totais de precipitação mensal, utilizou-se o teste de ajustamento de curvas (exponencial, linear e polinomial), tomando-se por base para a definição do melhor ajustamento, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (Ayres & Junior, 2007).

Para avaliar a existência e o tipo de relação entre os totais de precipitação e as produções médias mensais acumuladas da liteira total, assim como, de seus componentes, nas parcelas, utilizou a Correlação Linear de Pearson (Ayres & Junior, 2007). E para verificar a magnitude de dependência entre as variáveis, utilizou-se a Análise de Regressão, com ajustamento de curvas à associação entre a variável independente (total de precipitação mensal) e a variável dependente (liteira acumulada total e de seus componentes) (Ayres & Junior, 2007).

O nível de confiança utilizado para os testes aplicados foi de 95%.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Comportamento mensal da precipitação**

Devido às lacunas de dados de totais de precipitação em alguns horários, dias e/ou meses do período de estudo, utilizou-se apenas os dados dos meses completos, ou seja, os meses que tiveram medidas de totais de precipitação em todos

os horários do dia e dias do mês. Desta forma, a análise anual do comportamento dos totais de precipitação, tornou-se inviável.

Os elevados valores dos indicadores de dispersão dos dados de totais de precipitação mensal demonstraram que os valores de precipitação mensal têm intensa e ampla variação ao longo do estudo, na área de estudo (Tab. 4).

As médias e indicadores de dispersão dos dados de totais de precipitação mensal ao longo do período de estudo, demonstrou existir certa tendência de sazonalidade mensal desta variável, com meses, geralmente, de maior ou menor produção (Fig. 17).

Nota-se, na Fig. 17, que os valores mensais de totais de precipitação são mais elevados nos meses de dezembro a maio e, mais reduzidos, nos meses de junho a novembro. E que, os maiores e menores desvios e amplitudes de dispersões dos dados, ocorrem entre os meses de dezembro a janeiro e, junho a novembro, respectivamente.

Verificou-se, por meio do teste de D'Agostinho, que os dados de totais de precipitação mensal apresentaram distribuição normal ( $D = 0,2767$ ,  $p > 0,05$ ). Desta forma, foi possível aplicar o teste paramétrico  $t$  de Student, amostras pareadas (Ayres & Junior, 2007).

Os testes estatísticos relativos aos dados de totais de precipitação mensais demonstraram que o valor do mês de janeiro foi superior ao do mês de agosto ( $t = 2,75$ ;  $p = 0,0353$ ) e, que o valor do mês de fevereiro foi inferior e superior aos meses de março e setembro, respectivamente ( $t = -2,5744$ ,  $p = 0,0411$ ;  $t = 3,0040$ ,  $p = 0,0287$ ).

O valor precipitação total do mês de março foi superior aos valores dos meses de junho ( $t = 3,6021$ ,  $p = 0,0113$ ), julho ( $t = 4,0671$ ,  $p = 0,0134$ ), agosto ( $t = 5,1091$ ,  $p = 0,0072$ ), setembro ( $t = 5,9318$ ,  $p = 0,0020$ ) e outubro ( $t = 6,8928$ ,  $p = 0,0031$ ) e, que o valor do mês de abril foi superior aos

valores dos meses de junho ( $t = 4,0301$ ,  $p = 0,0050$ ), julho ( $t = 4,5423$ ,  $p = 0,0100$ ), agosto ( $t = 9,3117$ ,  $p = 0,0004$ ), setembro ( $t = 6,5024$ ,  $p = 0,0006$ ), outubro ( $t = 4,9403$ ,  $p = 0,0039$ ), novembro ( $t = 3,8882$ ,  $p = 0,0088$ ) e dezembro ( $t = 2,6675$ ,  $p = 0,0279$ ).

O valor de precipitação total do mês de maio foi superior aos valores dos meses de junho ( $t = 4,3636$ ,  $p = 0,0111$ ), agosto ( $t = 7,8965$ ,  $p = 0,0078$ ), setembro ( $t = 8,3288$ ,  $p = 0,0018$ ), outubro ( $t = 3,1059$ ,  $p = 0,0449$ ), novembro ( $t = 3,8790$ ,  $p = 0,0152$ ) e dezembro ( $t = 5,1683$ ,  $p = 0,0070$ ) e, que o valor do mês de junho foi superior aos valores dos meses de julho ( $t = 2,1462$ ,  $p = 0,0492$ ), agosto ( $t = 4,9079$ ,  $p = 0,0022$ ), setembro ( $t = 4,1624$ ,  $p = 0,0030$ ) e outubro ( $t = 3,5575$ ,  $p = 0,0118$ ).

O valor de precipitação total do mês de julho foi superior aos valores dos meses de agosto e setembro ( $t = 4,6359$ ,  $p = 0,0049$ ;  $t = 2,7961$ ,  $p = 0,0245$ ) e, que os valores dos meses de agosto, setembro e outubro foram inferiores ao valor do mês de dezembro ( $t = -3,8819$ ,  $p = 0,0089$ ;  $t = -3,4904$ ,  $p = 0,0087$ ;  $t = -2,7134$ ,  $p = 0,0365$ ).

O ajustamento de curvas demonstrou que a linha de tendência que melhor ajustou-se aos dados brutos de totais de precipitação mensal foi a polinomial do 5° grau. No entanto, o grau de ajustamento, indicado pelo coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,170$ ), foi considerado baixo (Fig. 17).

### **3.2. Correlação entre liteira acumulada e precipitação**

Na parcela controle, todos os coeficientes de Pearson ( $r$ ), para a associação entre os totais de precipitação mensais e as produções mensais acumuladas da liteira total, assim como, de seus componentes, foram negativos. No entanto, apenas as correlações entre totais de precipitação e as produções acumuladas dos componentes flores/frutos ( $p=0,0194$ ) e liteira total ( $p=0,0396$ ), foram significativas (Tab. 5).

Na parcela tratamento, os coeficientes de Pearson ( $r$ ), foram negativos, para a associação entre os totais de precipitação mensais e as produções mensais acumuladas de folhas e de liteira total e, positivos, para a associação entre os totais de precipitação mensais e as produções mensais acumuladas de galhos e flores/frutos. No entanto, nenhuma das correlações obtidas foi significativa, em termos estatísticos (Tab. 5).

### **3.3. Análise de regressão**

O ajustamento de curvas demonstrou que a linha de tendência que melhor definiu a dependência das produções de liteira mensal acumulada total e de seus componentes ( $Y$ ) em relação aos totais de precipitação ( $X$ ), em ambas as parcelas, foi a polinomial de 6° grau. No entanto, os graus de ajustamento, indicados pelos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), foram considerados baixos ( $\leq 0,2326$ ) (Tab. 6).

## **4. DISCUSSÃO**

A intensa irregularidade da distribuição mensal/anual de precipitação (Tab. 4), já foi observada em outras pesquisas, no mesmo estado e local deste estudo (Moraes et al., 2005; Oliveira et al., 2008; Silva et al., 2009; Santos et al., 2011). Os regimes de precipitação têm como característica a variabilidade espacial e temporal e, são modulados por sistemas dinâmicos de microescala, mesoescala e grande escala (Santos et al., 2011; Silva e Nery, 2012).

O clima de uma região pode ser determinado por fatores, denominados controles climáticos, que atuam tanto na escala global como na regional. Dentre estes fatores, destacam-se a circulação geral da atmosfera (CGA), a topografia local, a natureza da cobertura vegetal, o ciclo hidrológico e a influência de correntes oceânicas se a região for costeira (Molion, 1987).

Em micro-escala, a cobertura vegetal pode ter pequena influência nas quantidades de precipitação locais, pois

dependendo do tipo de vegetação há maior ou menor intensidade dos processos de evapotranspiração, o que implica em variações nas umidades do ar e, conseqüentemente, na probabilidade de ocorrência de precipitação local (Tucci e Clarke, 1997). No entanto, o principal mecanismo que atua tanto na microescala, como na mesoescala, na região Amazônica, são as células convectivas, que produzem precipitação intensa e pequena duração de distribuição aleatória (Molion, 1987).

Na macroescala, os principais mecanismos que influenciam nos regimes de precipitação na Amazônia, são os sistemas de alta pressão, que dominam a circulação da América do Sul, com centro na Bolívia; Zona de Convergência Intertropical no Atlântico; frentes frias da região sul e a circulação da brisa do mar na costa norte do Brasil (Marengo, 1995).

Também existem, anomalias climáticas regionais que têm ação direta sobre os regimes de precipitação mensais e anuais, como na região Amazônica e, conseqüentemente, na região e local deste estudo, os fenômenos climáticos El Niño e La Niña. O El Niño associa-se ao aquecimento anômalo em grande-escala nas águas oceânicas sobre o Pacífico Equatorial centro-leste. Inversamente a La Niña, relaciona-se ao resfriamento anormal das águas oceânicas equatoriais sobre a bacia centro-leste (Trenberth, 1997).

Fenômenos climáticos como o El Niño e La Niña, além de afetarem os quantitativos de precipitação, afetam também sua distribuição (Souza et al., 2009), o que pode ter forte influência nas variações mensais de precipitação, conforme Tab. 4.

Padrões sazonais de precipitação semelhantes aos obtidos neste estudo (Fig. 17), já foram observados em outras pesquisas para a área de abrangência deste estudo ((Moraes et al., 2005; Oliveira et al., 2008; Silva et al., 2009; Santos et al., 2011) e, segundo Marengo & Hastenrath (1993), são

resultado, principalmente, da flutuação da Zona de Convergência do Intertropical (ZCIT).

A ZCIT é a região de encontro entre os ventos úmidos (alísios) dos hemisférios Norte e Sul, que convergem em zonas de alta pressão, como a região equatorial, área de abrangência deste estudo, acarretando em aumentos de precipitação (Cohen et al., 1995; Reboita, 2010). As flutuações na localização da ZCIT são ocasionadas pelo movimento de translação da Terra em torno do Sol e a inclinação do eixo da Terra em relação ao Sol, o que gera um padrão sazonal de precipitação pela inibição e intensificação de correntes convectivas (Souza et al., 2000), como o Norte do Brasil (Marengo & Hastenrath, 1993) e, conseqüentemente, a área deste estudo.

As médias e a dispersão dos dados de totais de precipitação mensais (Fig. 17) e os resultados do teste t de Student, deste estudo, demonstraram a existência de tendência de sazonalidade anual de precipitação, com meses, caracteristicamente, mais chuvosos (dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril, maio) e, menos chuvosos (junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro), padrão este, já observado em outros estudos no mesmo Estado e local, desta pesquisa (Moraes et al., 2005; Santos et al., 2011).

A dispersão dos dados de totais de precipitação mensais durante todo o período de estudo, assim como, a melhor linha de tendência ajustada aos dados de dispersão, polinomial do 5° ( $R^2 = 0,170$ ) (Fig. 17), demonstraram haver elevada oscilação anual dos valores de totais de precipitação, resultado este, que já foi observado em outros estudos (Nobre e Shukla, 1996; Moraes et al., 2005; Souza et al., 2009) e, pode ser explicada em maior escala, dentre outras causas, pela ocorrência de processos superficiais, frentes frias e, anomalias das temperaturas superficiais nas regiões tropicais dos oceanos Atlântico e Pacífico, implicando na manifestação de eventos

como El Niño e La Niña (Uvo et al., 1998; RonchaiL et al., 2002; Marengo, et al., 2008).

Os resultados de dispersão e ajustamento de curvas para os dados de totais de precipitação identificaram claramente, a existência de elevada oscilação temporal dos quantitativos da variável precipitação. Todavia, os elevados indicadores de dispersão obtidos para os dados de precipitação (Tab. 4), implicaram no baixo grau de ajustamento dos dados as linhas de tendência aplicadas, sendo que, o modelo polinomial do 5º grau ( $R^2 = 0,1702$ ), foi o que melhor se ajustou (Fig. 16).

O baixo grau de ajustamento das linhas de tendência aos dados de precipitação indicou que a precipitação, pode não ter um padrão temporal bem definido, em virtude, principalmente, das constantes mudanças em micro, meso e macro escalas climáticas (Marengo, 1995) ou, que os modelos de linhas de tendências aplicados, neste estudo, podem não ser os mais apropriados para a definição da tendência da variável estudada, pois segundo Carvalho, Vieira & Grego (2009), existem na literatura, outros modelos muito utilizados para estimação de precipitação, como o esférico e gaussiano, que apresentaram boa precisão de estimativa. No entanto, os mesmo autores, destacam a importância da obtenção de equações de estimativa para cada área de estudo.

Independentemente do grau de ajustamento das variáveis, precipitação e produção de liteira, a um modelo, observou-se, assim como, em outras pesquisas em diferentes localizações do Estado do Pará (Nepstad et al., 2002; Cianciaruso et al., 2006; Silva et al., 2009), que em condições naturais (controle), as variáveis, totais de precipitação e produção de liteira e, seus componentes, apresentam relação inversa, ou seja, a medida que uma variável aumenta, a outra diminui e, vice-versa. Esta relação foi, principalmente, visualizada para o componente flores/frutos, devido à significância de sua correlação (Tab. 5).

A maior e, significativa, associação entre os totais de precipitação e o componente da liteira total acumulada, flores/frutos, pode ser explicada, principalmente, pela dependência da produção destes componentes da produção de folhas, ou seja, as flores são formadas pela diferenciação da folhas e, os frutos, são oriundos da diferenciação das flores (Aguiar, 2012). Além disso, outro fator que pode ter grande influência na associação obtida é a fenologia reprodutiva das espécies florestais presentes na área de estudo, pois cada espécie, responde de modo diferenciado às condições ambientais, dentre as quais, a precipitação (Fassola, 1999; Bulhão & Figueiredo, 2002).

Na parcela tratamento, diferentemente, da parcela controle, observou-se relações diretas e inversas, entre os totais de precipitação e a produção de liteira e, seus componentes, o que apenas sugere, devido a não significância de suas correlações (Tab. 5), que a deficiência hídrica, intensificou a competição por recursos entre os indivíduos florestais, afetando seus metabolismos e, podendo ter implicado em alteração das reações produtivas, destes indivíduos, em resposta a variável precipitação (Larcher, 2000; Batista et al., 2008).

A hipótese de alteração reativa da produção dos indivíduos florestais pode ser corroborada pela redução das associações entre os totais de precipitação e as produções de liteira total acumulada e, dos seus componentes folhas e flores/frutos ( $r$  mais próximos de zero) e, pelo aumento da associação entre os totais de precipitação e o componente da liteira total acumulada, galhos na parcela tratamento ( $r$  mais distante de zero) (Tab. 5).

Apesar da obtenção de associações inversas e diretas, entre a variável precipitação e produção de liteira total acumulada e, seus componentes, para ambas as parcelas, até mesmo, com associações inversas significativas (Tab. 5), os

graus de ajustamento, representados pelos coeficientes de correlação de Pearson, foram considerados baixos ( $\leq 31,43\%$ ), o que implicou na obtenção de equações de predição da produção de liteira acumulada, de pouca precisão ( $R^2 \leq 0,2326$ ), assim como, em outra pesquisa na mesma área deste estudo (Silva et al., 2009) .

As dificuldades na obtenção de uma equação de predição de produção de liteira em função da precipitação podem ser explicadas pela dependência da variável, produção de liteira, de outras variáveis diferentes da precipitação, tais como: tipo de vegetação, latitude, altitude, temperatura do ar, estágio sucessional, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes do solo, umidade do solo e vento (Dias & Oliveira Filho, 1997; Silva et al., 2009).

## **5. CONCLUSÃO**

Os totais mensais de precipitação apresentaram variabilidade temporal semelhante à tendência sazonal da região de estudo, com meses, caracteristicamente, de maior precipitação (dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio) e, de menor precipitação (junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro).

A variabilidade temporal dos totais de precipitação, na área de estudo, assim como, os testes de ajustamento de curvas, demonstraram que a tendência da variável precipitação é muito oscilante e que, ou esta tendência não é bem definida ou os modelos de tendência aplicados neste estudo, foram insatisfatórios para definir com precisão o comportamento desta variável.

As variáveis, totais de precipitação e produção de liteira acumulada e, seus componentes, apresentam relação inversa. Esta relação foi, principalmente, visualizada para o componente flores/frutos.

A deficiência hídrica reduziu o grau de correlação entre as variáveis, precipitação e produção de liteira total

acumulada e os componentes folhas e flores/frutos. E aumentou o grau de correlação entre as variáveis, precipitação e produção acumulada do componente, galhos.

Devido à variabilidade irregular dos dados, tanto de precipitação, como de produção de liteira acumulada e, seus componentes, as correlações e equações de predição obtidas para a estimativa da produção liteira em função da precipitação, foram insatisfatórias, indicando que existem, outras variáveis, envolvidos nesta estimativa.

## 6. REFERÊNCIAS

- Aguiar, C..** Botânica para Ciências Agrárias e do Ambiente. Instituto Politécnico de Bragança 1.
- Almeida, S. S.; Lisboa, P. L. B.; Silva, A. S. L.** 1993. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica "Ferreira Penna", em Caxiuanã (Pará). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Botânica 9: 99-188.
- Araujo, R. S.; Piña-Rodrigue, F. C. M.; Machado, M. R.; Pereira, M. G.; Frazão, F. J.** 2006. Aporte de serrapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. Floresta e Ambiente 12: 15-21.
- Ayres, M.; Júnior, M. A.** 2007. BioEstat: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Bio-Médicas. Belém-PA 230 p.
- Batista, C. U. N.; Medri, M. E.; Bianchini, E.; Medri, C.; Pimenta, J. A.** 2008. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. Acta Botânica Brasilica 22: 91-98.
- Bulhão, C. F.; Figueiredo, P. S.** 2002. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. Revista Brasileira de Botânica 25: 361-369.
- Carvalho, J. R. P.; Vieira, S. R.; Grego, C. R.** 2009. Comparação de métodos para ajuste de modelos de semivariograma da

precipitação pluvial anual. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 13:443-448.

**Chagas, G. F. B.; Silva, V. P. R.; Costa, A. C. L.; Dantas, V. A.** 2012. Impactos da redução da pluviometria na biomassa aérea da Floresta Amazônica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 16.

**Cianciaruso, M. V.; Pires, J. S. R.; Delitti, W. B. C.; Silva, E. F. L. P.** 2006. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. Acta Botânica Brasilica 20: 49-59.

**Cohen, J. C. P.; Silva Dias, M. A. F.; Nobre, C. A.** 1995. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. Monthly Weather Review 123: 3163-3174.

**Costa, M. L.; Moraes, E. L.; Behling, H.; M. Melo, J. C. V.; Siqueira, S. N. V. M.; Kern, D. C.** 1997. Os sedimentos de fundo da baía de Caxiuanã. In: P.L.B. LISBOA (Org.): Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi 121-137.

**Fassola, H. E.** 1999. Observaciones sobre la producción de frutos y semillas en plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze 1993-1998.

**Dias, H.C.T.; Oliveira-Filho, A.T.** 1997. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. Revista Árvore 21: 11-26.

**Facelli, J. M.; Pickett, S. T. A.** 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. The Botanical Review, 57: 1-32.

**Filho, A. F.; Ferreira, G.M.; Budant, L.S.; Figueiredo, D.J.** 2003. Avaliação estacional da deposição da serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. Ciência Florestal 13:11-18.

**Heinemann, A. B.; Stone, L. F.** 2009. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e rendimento de quarto cultivares de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 39: 134-139.

**Instituto Brasileiro DE Geografia E Estatística (IBGE).** Mapa sistemático, 2012. Disponível em:< [ftp ://geof tp.ibge.gov.br/mapeamento sistematico/banco dados georeferenciado recursos naturais/amazonia legal/](ftp://geof tp.ibge.gov.br/mapeamento sistematico/banco dados georeferenciado recursos naturais/amazonia legal/)>. Acesso em: jan. 2013.

**Larcher, W.** 2000. Plantas sob estresse. In: LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rimap. 341-430.

**Lemos, V. P; Costa, M. L.; Gurjão, R. S.; Kern, D. C.; Mescouto, C. S. T; Lima, W. T. S.; Valentim, T. L.** 2009. Comportamento do arsênio em perfis de solo do Sítio Ilha de Terra de Caxiuanã-Pará. *Revista Escola de Minas* 62.

**Lisboa, P. L. B.; Silva, A. S. L.; Almeida, S. S.** 1997. Florística e estrutura dos ambientes. In: LISBOA, P. L. B. (Org.). *Caxiuanã*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi 163-193.

**Machado, M. R.; Piña-Rodrigues, F. C. M.; Pereira, M. G.** 2008. Produção de serrapilheira como indicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. *Revista Árvore* 32: 143-151.

**Marengo, J.; Hastenrath, S.** 1993. Case studies of extreme climatic events in the Amazon Basin. *Journal of Climate* 6: 617-627.

**Marengo, J.** 1995. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. *International Journal of Climatology* 15: 995-1010.

**Marengo, J.A.; Nobre, C. A.; Tomasella, J.; Oyama, M. D.; Oliveira, G. S.; Oliveira, R.; Camargo, H.; Alves, L. M.; Brown, I. F.**

2008. "The Drought of Amazonia in 2005". Journal of Climate 21: 495 -516.

**Molion, L. C. B.** 1987. Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismo de Precipitação. Revista Brasileira de Meteorologia 2: 107-117.

**Millar, R. B.** 2004. ANDERSON, M.J. Remedies for pseudoreplication. Fisheries Research 70: 397-407.

**Montag, L. F. A.; Freitas, T. M. S.; Wosiacki, W. B.; Barthem, R. B.** 2008. Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará - Brasil). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais 3: 11-34.

**Moraes, J. C.; Costa, J. P. R.; Rocha, E. J. P.; Silva, I. M. O.** 1997. Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio Caxiuanã. In: LISBOA, P. L. B. (Org.). Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi 85-95.

**Moraes, B. C; Costa, J. M. N; Costa, A. C. L; Costa, M. H.** 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. Acta Amazônica 35.

**Nepstad, D. C.; Moutinho, P.; Dias-Filho, M. B.; Davidson, E.; Cardinot, G.; Markewitz, D.; Figueiredo, R.; Vianna, N.; CHAMBERS, J; RAY, D.; GUERREIROS, J. B.; LEFEBVRE, P.; Sternberg, L.; Moreira, M.; Barros, L.; Ishida, F. Y.; Tohlver, I.** 2002. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of Amazon Forest. Journal of Geophysical Research 107.

**Nobre, P.; Shukla, J.** 1996. Variations of SST, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. Journal of Climate 9: 2464 - 2479.

- Novais, R. F.; Barros, N. F.** 1997. Sustainable agriculture and forestry production systems on acid soils: phosphorus as a case study. In: Moniz, A. C. et al. (Eds.) Plant-soil interactions at low Ph: Sustainable agriculture and forestry productions. Brazilian Soil Science Society 314-320.
- Oliveira, L. L.; Costa, R. F.; Sousa, F. A. S.; Costa, A. C. L.; Braga, A. P.** 2008. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. Acta Amazônica 38: 723-732.
- Reboita, M. S.; Gan, M. A.; Da Rocha, R. P.; Ambrizzi, T.** 2010. Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia 25: 185 - 204.
- Ronchail, J.; Cochonneau, G.; Molinier, M.; Guyot, J.; Chaves, A. G. M.; Guimaraes, V.; Oliveira, E.** 2002. Interannual rainfall variability in the Amazon Basin and sea-surface temperatures in the Equatorial Pacific and the Tropical Atlantic Oceans. International Journal of Climatology 22: 185-204.
- Santos, S. R. Q; Silva, R. B. C.; Barreto, P. N.; Nunes, H. G. G. C.; Rodrigues, R. S.; Campos, T. L. O. B.** 2011. Regime térmico e hídrico do solo para área de floresta tropical em anos de El Niño e La Niña, Caxiuanã-PA: Estudo de caso. Revista Brasileira de Meteorologia 26: 367-374
- Silva, C. J; Sanches, L.; Bleich, M. E.; Lobo, F. A; Nogueira, J. S.** 2007. Produção de serrapilheira no cerrado e floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. Acta Amazônica 37: 543-548.
- Silva, M.F.F.** 1984. Produção anual de liteira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme. Tucuruí, Pa. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi 1: 111-158.
- Silva, D. F. S.; Nery, J. T.** 2012. Variabilidade espacial e temporal da chuva na unidade de gerenciamento do Pardo. Revista Geonorte 2: 1079-1089.
- Silva, R. M; Costa, J. M. N.; Ruivo, M. L. P; Costa, A. C. L; Almeida, S. S.** 2009. Influência de variáveis meteorológicas na

produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. Acta Amazônica 39: 573-582.

**Souza, E. B.; Kayano, M. T.; Tota, J; Pezzi, L; Fisch, G; Nobre, C.** 2000. On the influences of the El Niño, La Niña and atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1988. Acta Amazônica 30: 305-318.

**Souza, E. B; Lopes, M. N. G.; Rocha, E. J. P.; Souza, J. R. S.; Cunha, A. C.; Silva, R. R.; Ferreira, D. B. S.; Santos, D. M.; Carmo, A. M. C.; Sousa, J. R. A.; Guimarães, P. L.; Mota, M. A. S.; Makino, M.; Senna, R. C.; Sousa, A. M. L.; Mota, G. V.; Kuhn, P. A. F.; Souza, P. F. S.; Vitorino, M. I.** 2009. Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no período chuvoso: Observações e simulações regionais com o REGCM3. Revista Brasileira de Meteorologia 24: 111-124.

**Trenberth K. E.** 1997. The definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society 78: 2771-2777.

**Tucci, C. E. M.; Clarke, R. T.** 1997. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 2: 135-152.

**Uvo, C. R.; Repelli, C. A.; Zebiak, S. E.; Kushnir, Y.** 1998. "The relationship between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation". Journal of Climate 11: 551-562.

**Tabela 4** - Média e indicadores de dispersão dos totais de precipitação mensais (mm).

<i>Indicadores</i>	<i>Totais de Precipitação Mensal</i>
Mínimo	0,0000
Máximo	518,0000
Amplitude Total	518,0000
Média Aritmética	165,4219
Desvio Padrão	135,2180
Coefficiente de Variação	81,74%

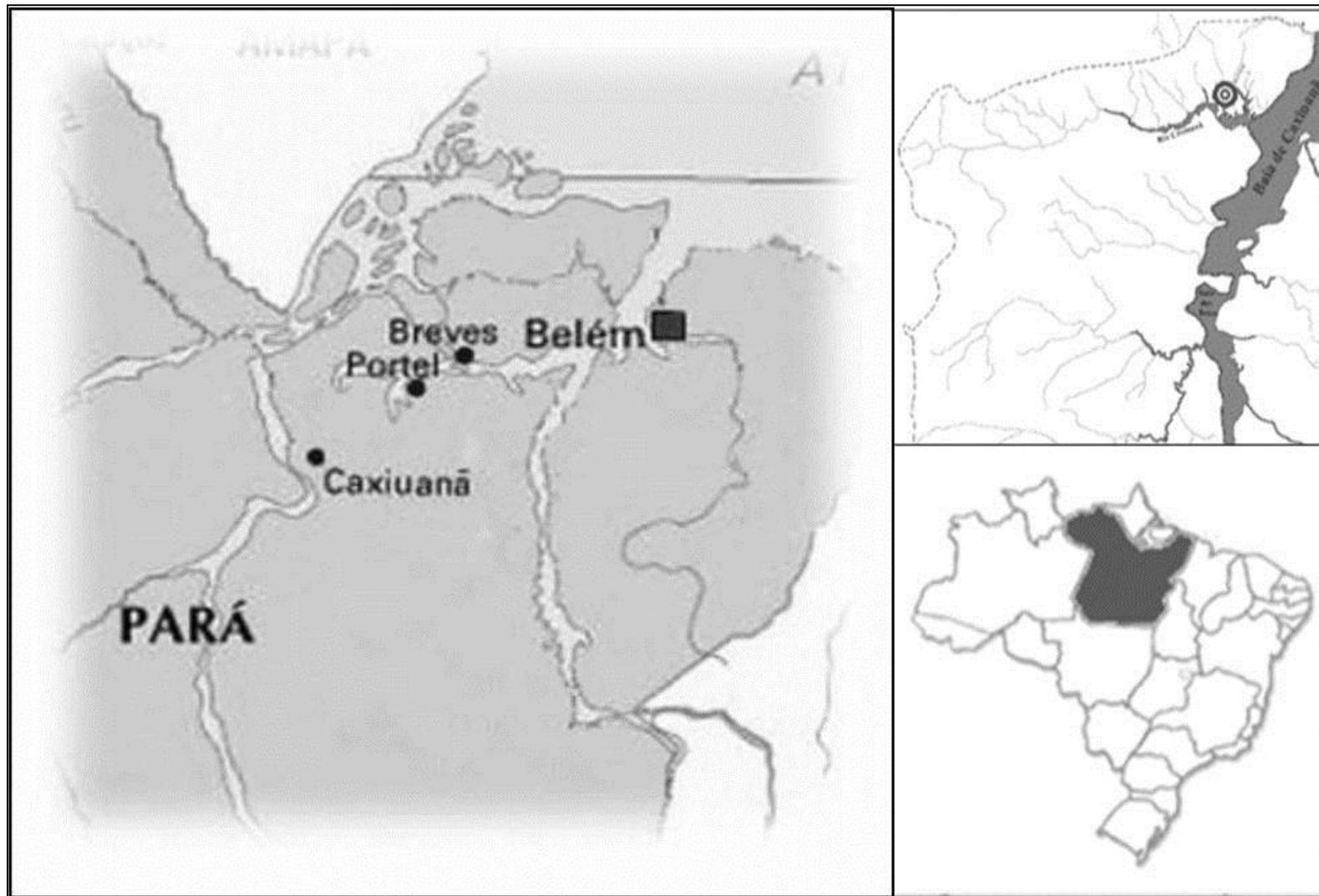
**Tabela 5** - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os valores mensais de produção acumulada total de liteira e de seus componentes com os totais de precipitação mensais, para ambas as parcelas.

<b>CONTROLE</b>				
	<i>Folhas</i>	<i>Galhos</i>	<i>Flores/Frutos</i>	<i>Liteira Total</i>
Precipitação	-0.2513	-0.0155	-0.3143*	-0.2782*
<b>TRATAMENTO</b>				
	<i>Folhas</i>	<i>Galhos</i>	<i>Flores/Frutos</i>	<i>Liteira Total</i>
	-0.1811	0.1629	0.0947	-0.1274

\*Correlação significativa ao nível de 5%.

**Tabela 6** - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e equações de regressão para a associação entre os totais de precipitação mensais (x) e os valores mensais de produção acumulada total de liteira e de seus componentes (y), para ambas as parcelas.

Parcela	Componente	$R^2$	Equação
Controle	Folhas	0,1207	$y = -5E-12x^6 + 7E-09x^5 - 4E-06x^4 + 0,001x^3 - 0,1192x^2 + 5,8249x + 262,25$
	Galhos	0,1556	$y = -1E-12x^6 + 2E-09x^5 - 9E-07x^4 + 0,0002x^3 - 0,0133x^2 + 0,0582x + 71,777$
	Flores/Frutos	0,1392	$y = -5E-13x^6 + 9E-10x^5 - 5E-07x^4 + 0,0002x^3 - 0,0231x^2 + 1,6095x + 37,872$
	Liteira Total	0,1572	$y = -7E-12x^6 + 1E-08x^5 - 6E-06x^4 + 0,0015x^3 - 0,1623x^2 + 6,7498x + 465,65$
Tratamento	Folhas	0,1236	$y = -5E-12x^6 + 7E-09x^5 - 4E-06x^4 + 0,001x^3 - 0,1239x^2 + 6,7487x + 168,64$
	Galhos	0,188	$y = -2E-12x^6 + 4E-09x^5 - 2E-06x^4 + 0,0005x^3 - 0,0544x^2 + 2,6085x + 3,5798$
	Flores/Frutos	0,2326	$y = -1E-12x^6 + 2E-09x^5 - 1E-06x^4 + 0,0002x^3 - 0,0249x^2 + 0,8712x + 21,913$
	Liteira Total	0,1629	$y = -9E-12x^6 + 1E-08x^5 - 7E-06x^4 + 0,0018x^3 - 0,2044x^2 + 9,4597x + 259,42$



**Figura 13** - Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã.



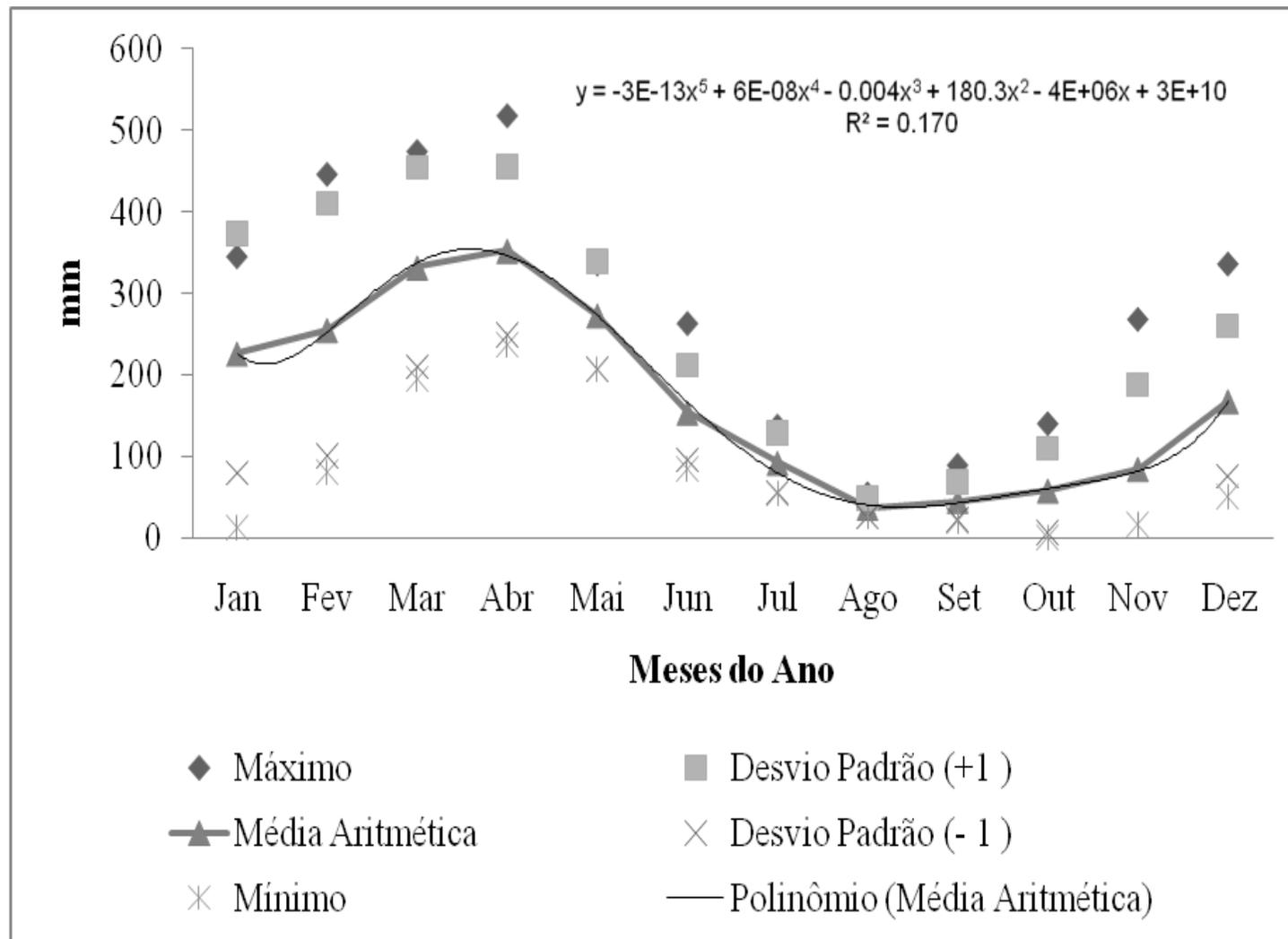
**Figura 14** - Painéis coletores de água, calhas de drenagem e trincheira.



**Figura 15** - Pluviográfico instalado no topo da torre.



**Figura 16** - Coletor de liteira.



**Figura 17** - Médias, indicadores de dispersão e equação de tendência dos dados de totais de precipitação, durante o período de estudo.

## 5. SÍNTESE INTEGRADORA

As coletas de dados, em meses consecutivos e, nas mesmas parcelas, geraram um cenário de pseudorepetição temporal e espacial, impossibilitando a independência das amostras. Desta forma, recomenda-se a realização de outras pesquisas que mesquem dados amostrais de áreas diferentes.

A coleta de dados de produção de liteira acumulada total e, de seus componentes, foi realizada em diferentes dias dos meses, o que impossibilitou a obtenção da medida exata de liteira de cada mês, por isso, trabalhou-se neste estudo, com o termo liteira acumulada, que inclui liteira de parte do mês atual e parte do mês, imediatamente, anterior. Neste contexto, recomenda-se que na realização de novas pesquisas, o dia de coleta dos dados de liteira seja fixo e, preferencialmente, no primeiro dia de cada mês.

A frequência de coletas foi alterada durante o período de estudo, sendo mensal entre os anos de 2004 a 2007 e, quinzenal, entre para os anos de 2009 e 2010. Esta alteração de frequência na coleta de dados de liteira implicou em grandes dificuldades na padronização e análise dos dados, causando certas limitações ao presente estudo. Face ao exposto, recomenda-se que na realização de novas pesquisas, a frequência de coleta de dados seja fixa ou, que a alteração desta frequência, permita a padronização e análise dos dados.

A utilização da liteira acumulada no lugar da liteira mensal exata, limitou o alcance dos resultados de sazonalidade da variável produção de liteira acumulada e, de correlação desta variável com a variável precipitação.

A utilização de modelos fixos de tendência das variáveis, neste estudo, pode ter limitado o alcance dos resultados obtidos, pois as tendências destas variáveis podem se ajustar melhor a outros modelos de tendências ou, até mesmo, modelos mistos. Desta forma, recomendamos a utilização de softwares que permitam o desenvolvimento de modelos específicos para o comportamento de cada variável e, assim, obtenha-se resultados mais precisos.

Por fim, os resultados obtidos neste estudo e de outras pesquisas citadas, demonstram que a variável produção de liteira é dependente de muitos fatores ambientais, ou seja, é de grande valia o estudo integrado em pesquisas futuras, do maior número de variáveis relacionadas à produção de liteira, de forma a se obter resultados novos e mais precisos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, R. S.; PIÑA-RODRIGUE, F. C. M.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G.; FRAZÃO, F. J. Aporte de serrapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e Ambiente**, V.12, n.2, p. 15 - 21, 2006.
- BARBOSA, J. H. C; FARIAS, S. M. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 461-476, 2006.
- BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; DENTON, S.R.; SPURR, S.H. **Forest Ecology**. Oxford: John Wiley & Sons, 1997. p. 30-51.
- BRINKMANN, W.L.F. System propulsion of an Amazonian lowland forest: an outline. **Journal of Geology**, v. 19, p. 369-380, 1989.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RODRIGUES, L. M. Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas e nos galhos em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. (acácia-negra). **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 45, p. 69-88, 2002.
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, p. 3163-3174, 1995.
- DELITI, W. B. C. Estudos de ciclagem de nutrientes: Instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 469-486, 1995.
- DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v.21, n.1, p.11-26, 1997.
- EWEL, J.J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v.64, p. 293-308, 1976.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v.. 36, n. 3, 2006.

FIGUEIREDO FILHO, A.; FERREIRA, G.M.; BUDANT, L.S.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição da serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FILHO, A. F.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no Sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

GARAY, I. & KINDEL, A. **Diversidade funcional em fragmentos de Floresta Atlântica. Valor indicador das formas de húmus florestais**. In: GARAY, I. & DIAS, B., orgs. Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 350-368.

HAAG, H.P. 1985. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Fundação Cargill. Campinas, SP, Brasil. 1985. p. 13-19.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de solos**, 2005. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br>>. Acesso em: abr. 2012.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their Application in management and conservation**. John Wiley & Sons Chichester, 1985. p.130-145.

KINDEL, A. **A fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus**. 2001. 188p. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

KOEHLER, W. C. **Variação estacional de deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de Pinus taeda na região de Ponta Grossa – PR**. 1989. 138 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

LISBOA, P. L. B.; SILVA, A. S. L.; ALMEIDA, S. S. **Florística e estrutura dos ambientes**. In: LISBOA, P. L. B. (Org.). Caxiuanã. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p. 163-193.

LUIZÃO, F. J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest. **GeoJournal**, n. 19, p. 407–417, 1989.

MACHADO, M. R.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, M. G. Produção de serrapilheira como indicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.143-151, 2008.

MAMAN, A. P.; SILVA, C. J.; SGUAREZI, E. M.; BLEICH, M. E. Produção e acúmulo de serapilheira e decomposição foliar em mata de galeria e cerradão no sudoeste de Mato Grosso. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 5, p. 71- 84, 2007.

MARENGO, J. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. **International Journal of Climatology**, v. 15, p. 995-1010, 1995.

MARQUES, T. C. L. L. S. M.; VASCOCELOS, C. A.; PEREIRA FILHO, I.; FRANÇA, G. E.; CRUZ, J. C. Envolvimento de Dióxido de Carbono e Mineralização de Nitrogênio em Latossolo Vermelho-Escuro com Diferentes Manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 581-589, 2000.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 1, p. 09-16, 1999.

MONTAG, L. F. A.; FREITAS, T. M. S.; Wosiacki, W. B.; BARTHEM, R. B. OS PEIXES DA FLORESTA NACIONAL de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará - Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v. 3, p. 11-34, 2008.

NEPSTAD, D. C.; MOUTINHO, P.; DIAS-FILHO, M. B.; DAVIDSON, E.; CARDINOT, G.; MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R.; VIANNA, N.; CHAMBERS, J.; RAY, D.; GUERREIROS, J. B.; LEFEBVRE, P.; STERNBERG, L.; MOREIRA, M.; BARROS, L.; ISHIDA, F. Y.; TOHLVER, I. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of Amazon Forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, 2002.

PAULETTO, D. “**Estoque e produção de liteira grossa em floresta submetida ao manejo florestal no noroeste de Mato Grosso**”. Dissertação de mestrado. Inpa/Ufam. Manaus, AM. 85p. 2006.

PROCTOR, J. **In Tropical rain forest ecology**, S.L. Sutton, T.C. Whitmore, A.C. Chadwick, Eds. (Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 267-273. 1983.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.;2, DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 185-204, 2010.

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

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

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 Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 573-582, 2009.

SUMMERS, P.M. “**Estoque, decomposição e nutrientes da liteira grossa em floresta de terra firme na Amazônia central**”. Dissertação de mestrado, Inpa/- Ufam. Manaus, 103p. 1998.

TRENBERTH K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, p. 2771-2777, 1997.

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos da região da floresta amazônica e do cerrado do Brasil. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 3, p. 173-187, 1998.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serrapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, p. 521-532, 2007.

VIEIRA, L. S. **Manual de ciência do solo**. Editora Agronômica Ceres. Piracicaba, SP. p. 366-384p. 1988.

XULUC-TALOSA, F. J.; VESTER, H. F. M.; RAMÍREZ-MARCIAL, N.; CASTELLANOS-ALBORES, J.; LAWRENCE, D. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. **Forest Ecology and Management**, v. 174, n. 1-3, p. 401-412, 2003.

## **ANEXOS**

ANEXO A – Normas de submissão de artigos da Revista Brasileira de Biociências.

ANEXO B – Normas de submissão de artigos da Revista de Biologia Neotropical.

## ANEXO A

1. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista.
2. Os arquivos de texto dos documentos principal e suplementares estão em formato Microsoft Word (.DOC) ou RTF.
3. Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídos no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>), estão ativos e prontos para clicar.
4. O texto está em espaço duplo, usa Times New Roman, tamanho 12, e emprega itálico ao invés de sublinhar (exceto em endereços URL).
5. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para os Autores.
6. As figuras e tabelas não estão incluídas no texto do documento principal, mas em documentos suplementares, enviados separadamente. As figuras têm largura mínima de 970 pixels, para editoração em uma coluna, ou 2000 pixels, para editoração em duas colunas (largura de página), e qualidade compatível para publicação.
7. As legendas das figuras e tabelas estão no final do documento principal, logo após as referências.
8. Estou enviando, na forma de documento suplementar, lista de 4 (quatro) potenciais avaliadores, contendo nome completo e e-mail para contato, especialistas na área do meu manuscrito. Afirmando, também, que os avaliadores não são da mesma Instituição de origem dos autores do manuscrito.
9. Estou ciente que, no caso de submissão de documentos suplementares contendo figuras coloridas, as figuras, se impressas pela Revista Brasileira de Biociências, serão em uma versão em preto e branco, com a informação de que a versão colorida das figuras estará disponível on-line.
10. Estou ciente que, caso a submissão não satisfaça alguns dos itens anteriores, a mesma será arquivada, estando a sua avaliação impedida.
11. Como autor responsável pelo manuscrito, afirmo que todos os autores da "lista de autores" estão plenamente cientes da realização desta submissão e concordam com o conteúdo do manuscrito. Declaro, também, que fornecerei documento eletrônico contendo a concordância e a assinatura de todos os autores, caso o manuscrito seja aceito para publicação.
12. O(s) autor(es) concorda(m) que, se submetido em língua que não o português (inglês ou espanhol), a versão final do manuscrito (aceita) deverá passar por nova revisão da língua, às custas do(s) autor(es).

## ANEXO B

1. O manuscrito deve estar em um arquivo do tipo ".DOC" e ser formatado em papel A-4, fonte Courier, espaço duplo entre as linhas, com margem direita não justificada, e com páginas numeradas. Use o programa Microsoft Word 8.0 ou similares (por ex. Open Office).
2. O manuscrito pode ser redigido em português, inglês ou espanhol.
3. Resumo em inglês e em português.
4. Palavras Chave em inglês e em português.
5. Organizar o manuscrito na seguinte ordem:
  1. Título;
  2. Abstract, Key Words, Resumo, Palavras Chave;
  3. Texto (Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão);
  4. Agradecimentos (se houver);
  5. Referências;
  6. Tabelas;
  7. Legendas das figuras;
  8. Figuras.
6. Espécies novas devem ser ilustradas, preferencialmente desenhadas a nanquim. As imagens dos desenhos devem estar em alta resolução (300 dpi ou mais).
7. Título, Abstract, Key Words, Resumo, Palavras - Chave e Rodapé.
8. Na página de rosto devem constar:
  1. título do trabalho - Deve ser conciso e objetivo, dando uma idéia clara do conteúdo do trabalho;
  2. nome(s) do(s) autor(es) seguido(s) de número(s) para remissão ao rodapé;
  3. ABSTRACT, em inglês e em parágrafo único, no máximo com 200 palavras, e KEY WORDS em inglês, com as palavras-chaves dispostas em ordem alfabética e no máximo cinco;
  4. RESUMO em português também em parágrafo único, no máximo com 200 palavras, e PALAVRAS - CHAVE em português, com as palavras-chaves dispostas em ordem alfabética e no máximo cinco;
  5. rodapé com endereço profissional completo do(s) autor(es) e e-mail.

## Texto

9. Iniciar em uma nova página.
10. No corpo do texto, os nomes de gênero e de espécie devem ser escritos em itálico ou sublinhados. Os nomes científicos devem ser seguidos de autor, quando citados pela primeira vez no texto. Para os nomes científicos de animais, incluir o autor e a data de publicação.

11. Os títulos principais devem ser centralizados e com letras maiúsculas e em negrito. Os títulos secundários devem ser centralizados, com letras minúsculas e em negrito.
12. Toda e qualquer literatura citada no texto deve ser incluída na seção REFERÊNCIAS e vice-versa.
13. Todas as figuras e tabelas devem ser citadas no texto consecutivamente em ordem numérica.

#### Introdução

14. Deve conter uma visão clara e concisa de conhecimento atuais no campo específico do assunto tratado; apresentando claramente os problemas científicos e as justificativas do trabalho. Os objetivos devem estar claros e, sempre que possível, as hipóteses de trabalho, suas premissas e expectativas devem estar claras no texto.

#### Material e métodos

15. Deve conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho. Técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas.

#### Resultados e discussão

16. Devem apresentar de forma clara os resultados provenientes da seção "Material e Métodos". Podem ser acompanhados de tabelas e de figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas), estritamente necessárias à compreensão do texto. Dependendo da estrutura do trabalho, resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados. A discussão deve inserir os resultados do trabalho no respectivo campo do conhecimento, sendo uma dedução lógica dos resultados. Especulações devem ser evitadas.
17. Literatura deve ser citada no texto da seguinte forma:

No texto os autores das referências bibliográficas devem ser citados em minúsculas, seguido do ano, em ordem alfabética por nome dos autores e em ordem cronológica por cada autor. P. ex.: (Mendonça et al., 1998; Prance, 1987, 1990; Rizzini, 1979).
18. Para dois autores use o símbolo &. P. ex.: Robinson & Smith (1982). Autores de manuscritos aceitos para publicação mas ainda não publicados devem ser citados da seguinte forma: P. ex: Esteves (no prelo) ou (Esteves, no prelo). Materiais não publicados devem ser citados da seguinte forma: P. ex: Esteves (não publ.) ou Esteves (com. pess.).
19. Entre parênteses devem ser utilizados ponto e vírgula para separar as diferentes citações: P. ex: (Almeida, 1997; Cornell, 1985; Janzen, 1980).
20. Autores dos táxons de plantas e animais devem ser citados pela primeira vez quando usados no texto (os autores de taxa animais, seguidos do ano de publicação e família). Autores dos táxons de plantas devem ser abreviados segundo Authors of Plant Names (Brummit & Powell, 1992).

21. Os nomes de gêneros devem ser citados por extenso na primeira citação de um parágrafo novo.
22. Os herbários citados no texto devem ser abreviados de acordo com o Index Herbariorum (Regnum Veg. Vol. 120. 1990; <http://www.nybg.org/bsci/ih/>). Não é necessário citar esta publicação.
23. Notas de rodapé não são permitidas.
24. Números de um a dez devem ser escritos por extenso, exceto quando se tratar de medições ou descrições. Usar % e não “porcento”. Usar 7-7,3 e não 7,0-7,3.
25. Usar unidades de medidas apenas de modo abreviado e sem ponto. P. ex: 15 cm; 2,4 km.
26. A terminologia em Bioquímica deve seguir as instruções por autores do Biochemical Journal ou Journal of Biological Chemistry ou as normas IUPAC para nomenclatura de Bioquímica. Quando existirem discrepância entre as recomendações os editores seguirão as mais recentes publicações.
27. As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. P. ex: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV); Universidade Federal de Goiás (UFG).
28. Tratados taxonômicos, faunísticos e florísticos.
29. O nome de cada taxa novo deve ser posicionado na margem esquerda da página, deve ser em negrito e seguido do(s) nome(s) do(s) autor(es). P. ex: *Charidotis terenosensis* Buzzi, sp. nov. (Fig. 1).
30. Os tipos de espécies novas devem ser citados em um parágrafo separado depois da citação da espécie nova. P. ex: Tipo: BRASIL. Mato Grosso do Sul: Mun. Terenos, Fda. Mirante, 15 mar 2000, Koller s.n. (holótipo, DZUP). Se assume que o autor examinou os tipos citados no artigo. No caso em que os tipos citados não foram examinados pelo autor a abreviação da instituição deve ser seguida por “n.v.” P. ex: BRASIL. Goiás: Mun. Mineiros, Fda. Boa Vista, 23.IV.1997 (fl), P. Fernandez 1453 (holótipo, UB; isótipos, BR, F-n.v., K-n.v., NY).
31. Se no manuscrito for designado um lectótipo ou neótipo, isso deve ser esclarecido depois do símbolo da instituição onde é conservado. P. ex: (lectótipo, R, aqui designado). Se o lectótipo ou neótipo for previamente designado, indicar o autor e ano de publicação. P. ex: (lectótipo, R, designado por Delprete, 1999), incluído a referência na Literatura Citada.
32. O protólogo dos táxons vegetais novos deve ser constituído por uma curta diagnose ou uma curta descrição dos caracteres diagnósticos em latim.
33. Para cada espécie previamente aceita (não novamente descrita ou nova combinação) o nome é seguido por um parágrafo indentado onde o binômio é repetido e seguido em ordem cronológica pelos sinônimos homotípicos e as citações dos lugares de publicação e finalmente pela citação do tipo.

34. Os sinônimos heterotípicos deverão ser citados em parágrafos separados, em ordem cronológica de publicação e de forma similar a explicada anteriormente.
35. As referências bibliográficas botânicas nas seções de nomenclatura devem ser de acordo com o *Botanico-Periodicum-Huntianum* (BPH) ou *Taxonomic Literature 2* (TL-2).
36. Chaves de identificação devem ser identadas. Nomes de autores de taxa não devem aparecer. Os taxa da chave, se tratados no texto devem ser numerados seguindo a ordem alfabética. P. ex.:
  1. Ervas
  2. Flores alvas.....1. T. alba
  3. Flores amarelas.....2. T. aurea
  4. Arbustos
  5. Flores amarelas .....4. T. ovata
  6. Flores azuis
  7. Frutos globosos.....3. T. coriacea
  8. Frutos ovóides.....5. T. pubescens
37. Depois das descrições dos táxons, é possível incluir um curto parágrafo intitulado *Distribuição e Ecologia*, onde são brevemente explicados a área de distribuição, ecologia e fenologia (no caso de plantas).
38. Em trabalhos taxonômicos, faunísticos ou florísticos o material examinado deve ser citado, depois de "Espécimes adicionais examinados" ou "Espécimes selecionados examinados" (No caso que foram analisados muitos espécimes". Os dados dos espécimes devem ser citados na seguinte ordem: PAÍS. Estado: Município, localidade, data (fenologia em caso de plantas), coletor(es) número do(s) coletor(es), (sigla da instituição ou herbário). P. ex: BRASIL. Goiás: Mun. Mineiros, Parque Nacional das Emas, 22.I.1998 (fl), H. Ferreira 1537 (UFG).
39. As instituições botânicas ou herbários onde são depositadas as exsicatas são abreviadas segundo *Index Herbariorum*(<http://www.nybg.org/bsci/ih/ih.html>).
40. Os países devem ser citados de norte a sul, enquanto que as subdivisões principais dos países (e.g., Brasil: Estados; Peru: Departamentos) devem ser citados em ordem alfabética. P. ex: Brasil. Amazonas ..., Paraná ..., Tocantins ...
41. No caso de dois coletores, citar ambos. P. ex: J. A. Rizzo & H. Ferreira 12375 (UB).
42. No caso de mais de dois coletores, citar o primeiro seguido de et al. P. ex: Rizzo et al. 7321 (R).
43. Na citação dos espécimes estudados os meses devem ser abreviados com algarismos em números romanos: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI e XII.
44. No caso que foram examinados muitos espécimes, devem ser citados somente alguns espécimes representativos para cada área, e citar todos numa lista final, por ordem do sobrenome do coletor, seguido pelas iniciais do nome (Lista de Exsicatas, no caso de plantas). P. ex. Ducke, A., 1235).

45. Os trabalhos de anatomia, citologia, biologia molecular, bioquímica e etnobotânica devem citar as amostras voucher (amostras - testemunho).

#### Tabelas

46. As tabelas devem ser seqüencialmente numeradas, em arábico com numeração independente das figuras.
47. Cada tabela deve iniciar em uma página separada e deve ser em duplo espaço.
48. O título da tabela deve ser justificado à esquerda e em uma linha separada acima. A palavra “Tabela” deve conter numeração em arábico.
49. A literatura citada nas tabelas deve ser incluída nas Referências.

#### Legendas das figuras

50. As legendas das figuras devem ser apresentadas em folha à parte, no final do texto.
51. As legendas de cada figura devem ser organizadas numa frase só, com cada detalhe das figuras assinalados com letra maiúscula e explicado em forma sucinta. P. ex: Fig. 3. *Rubus brasiliensis* Mart. A. Ramo frutificado. B. Inflorescência. C. Estames. D. Estilete (A-B de Martius 2347, C-D deHoehne 673).
52. As amostras usadas para a realização da ilustração devem ser citados pelo coletor e numero da coleta.

#### Figuras

53. Todas as figuras devem ser seqüencialmente numeradas, em arábico com numeração independente das tabelas.
54. As ilustrações (fotografias, desenhos, gráficos e mapas) são denominadas figuras, que podem ser montadas em pranchas e numeradas consecutivamente e, na medida do possível, na ordem de chamada no texto.
55. As fotografias devem estar em alta resolução (300dpi ou mais) e em branco e preto.
56. As figuras e tabelas devem ser referidas no texto em caixa altas e baixas, de formas abreviadas e sem plural (Fig. e Tab.)
57. Todas as figuras e tabelas devem obrigatoriamente ter chamada no texto.
58. Todos os desenhos originais devem ser assinados pelo artista.
59. Ilustrações coloridas poderão ser aceitas para publicação na versão impressa desde que os autores concordem com o pagamento das despesas adicionais.No entanto, na versão on-line ilustrações ou figuras coloridas serão publicadas sem nenhum custo adicional.
60. Os detalhes das figuras devem ser assinalados em letra maiúscula.

61. As escalas devem ser colocadas na posição vertical ou horizontal. Ilustrações e Tabelas não devem ser incluídas no texto mas, sim, confeccionadas em folhas separadas e com a devida identificação; é facultativa a indicação de suas localizações no texto. Ao montar pranchas observar que o seu tamanho seja proporcional ao espelho da página (23x17,5 cm), de preferência não superior a duas vezes. Atentar para a estética do conjunto, não utilizando números ou letras de tamanho exageradamente grande ou, então, pequeno. Escolher um tamanho que, após a redução, seja claramente visível, sem sobressair às figuras. Isso se aplica também às letras ou números que forem inseridos nas fotos/desenhos/mapas (nomes das estruturas, abreviaturas etc.). A Comissão Editorial poderá fazer alterações ou solicitar aos autores uma nova montagem. Não misturar fotos e desenhos numa mesma prancha.

#### Agradecimentos

62. Os Agradecimentos devem ser sucintos, relacionados no final do trabalho, antes das Referências.

#### Referências

63. As referências devem seguir ordem alfabética usando o(s) sobrenome(s) do(s) autor(es) em minúsculas, em negrito. Cite apenas o número do volume. Não use o número do fascículo. Use vírgula para separar os nomes dos autores e não use ponto e vírgula. Cite o primeiro autor pelo sobrenome e após as iniciais dos nomes. Do segundo autor em diante use primeiro as iniciais do nome e após o sobrenome por extenso. Use o símbolo & antes de citar o último autor. Abrevie os títulos das fontes bibliográficas, sempre iniciando com letras maiúsculas.
64. Os títulos das revistas botânicas devem ser abreviados segundo o *Botanico-Periodicum-Huntianum* (B-P-H). Para outras revistas, optou-se pelo padrão de abreviaturas conforme lista publicada em *Current Contents - Journal Coverage as of January 1995*. Por não contarmos com uma lista oficial dos títulos nacionais, estes deverão ser abreviados conforme indicado no respectivo periódico.
65. Exemplos de citação de artigo, livro e capítulo de livro.
- Acioli, A. 1971. Nova praga de feijoeiro no Estado do Ceará *Chalcodermus* spp. (Coleoptera: Curculionidae). *Biológico* 37: 17-25.
- Ball, G.E. 1985. Reconstructed phylogeny and geographical history of genera of the tribe Galeritini (Coleoptera:Carabidae), p. 276-321. In G. E. BALL (ed.). *Taxonomy, Phylogeny and Zoogeography of Beetles and Ants*. Dordrecht, W. Junk Publishers.
- Chapman, R.F. 1982. *The insects structure and function*. 3rd ed., University Press, Cambridge, Harvard.
- Dale, D. 1988. Plant-mediated effects of soil mineral stresses on insects, p. 35-110. In: E.A. Heinrichs (ed.), *Plant stress-insect interactions*. Wiley, New York.
66. Dissertações, Teses, resumos ou anais de congressos não são aceitos como citações válidas.