

Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas

Everton José ALMEIDA^{1,2*}, Flávio LUIZÃO³, Domingos de Jesus RODRIGUES^{1,2}

¹ Universidade Federal do Mato Grosso, Acervo Biológico da Amazônia Meridional, Av. Alexandre Ferronato, 1200, Setor Industrial, CEP 78577-267, Sinop, MT, Brasil

² Instituto Nacional de Ciências e Tecnologia de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica – INCT-CENBAM/CNPq/MCT.

³ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa LBA/INPA, Av. André Araujo, 2936, Manaus, AM, Brasil.

* Autor correspondente: everton.florestal@gmail.com

RESUMO

A capacidade de reaproveitamento de nutrientes pela floresta está ligada à produção e decomposição da serrapilheira, sendo estes processos essenciais para manutenção da floresta, especialmente em regiões de solos nutricionalmente pobres. Intervenções humanas na floresta como a extração seletiva de madeira, podem ter fortes impactos sobre esses processos. Os objetivos deste trabalho foram estimar a produção de serrapilheira e avaliar a influência de fatores ambientais (área basal da vegetação, densidade de plantas, abertura de dossel, atributos físico-químicos do solo) e antrópicos (idade pós-exploração e área basal explorada) sobre esta produção, em áreas de floresta intactas e exploradas no sul da Amazônia, norte do estado de Mato Grosso. Este estudo foi conduzido em cinco áreas e a produção média anual de serrapilheira foi de 10,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, superior aos valores geralmente encontrados para a floresta amazônica. Houve diferença entre a produção de serrapilheira entre as áreas de estudo. Os efeitos do histórico de exploração madeireira e da intensidade de exploração não foram significativos sobre a produção de serrapilheira. Foi observado o efeito da área basal da vegetação e da densidade de árvores sobre a produção de serrapilheira, destacando a importância das características da vegetação local para a produção de serrapilheira. Este estudo demonstrou que áreas de transição entre Amazônia-Cerrado tendem a apresentar uma maior produção de serrapilheira que regiões típicas de Cerrado e Amazônia, e estas são informações importantes para uma melhor compreensão da dinâmica de ciclagem de nutrientes e carbono nestas regiões de transição.

PALAVRAS-CHAVE: Floresta de transição, ciclagem de nutrientes, corte seletivo, Manejo florestal.

Litterfall production in intact and selectively logged forests in southern of Amazonia as a function of basal area of vegetation and plant density

ABSTRACT

Nutrient recycling in the forest is linked to the production and decomposition of litter, which are essential processes for forest maintenance, especially in regions of nutritionally poor soils. Human interventions in forest such as selective logging may have strong impacts on these processes. The objectives of this study were to estimate litterfall production and evaluate the influence of environmental factors (basal area of vegetation, plant density, canopy cover, and soil physicochemical properties) and anthropogenic factors (post-management age and exploited basal area) on this production, in areas of intact and exploited forest in southern Amazonia, located in the northern parts of Mato Grosso state. This study was conducted at five locations and the average annual production of litterfall was 10.6 Mg ha⁻¹ year⁻¹, higher than the values for the Amazon rainforest. There were differences in litterfall productions between study locations. Effects of historical logging intensity on litterfall production were not significant. Effects of basal area of vegetation and tree density on litterfall production were observed, highlighting the importance of local vegetation characteristics in litterfall production. This study demonstrated areas of transition between the Amazonia-Cerrado tend to have a higher litterfall production than Cerrado and Amazonia regions, and this information is important for a better understanding of the dynamics of nutrient and carbon cycling in these transition regions.

KEYWORDS: Transition forest, nutrient cycling, selective logging, forest management.

INTRODUÇÃO

A capacidade de reaproveitamento de nutrientes pela floresta está ligada à produção e decomposição da serrapilheira (Bray e Gorham 1964; Luizão 2007; Sanches *et al.* 2008). Estes processos são especialmente importantes em florestas que se desenvolvem em solos de baixa fertilidade química natural, como é o caso de grande parte dos solos amazônicos (Quesada *et al.* 2011). A ciclagem de nutrientes é essencial para a manutenção das florestas e o conhecimento regional das fases desse processo é necessário para o manejo e conservação destas florestas (Luizão 2007), pois a grande extensão e a diversidade fitofisiológicas tem dificultado a caracterização dos padrões de produção de serrapilheira (Sanches *et al.* 2008) na Amazônia.

Os fatores edáficos e da vegetação são considerados melhores preditores das variações da produção de serrapilheira em escala local (Aragão *et al.* 2009; Fyllas *et al.* 2009) do que os fatores climáticos (Facelli e Pickett 1991; Delitti 1995). Atividades antrópicas, como exploração de madeira, também podem contribuir para a variação na produção de serrapilheira, pois alteram a estrutura e composição florística local (Silva *et al.* 1995; Oliveira 2005), afetando o volume e a qualidade da serrapilheira produzida. A sua avaliação permite entender quais as consequências desta atividade na produção de serrapilheira local e avaliar o status da floresta pós-exploração.

Vários estudos sobre a produção de serrapilheira e a ciclagem de nutrientes têm sido realizados no bioma amazônico (e.g. Silva e Lobo 1982; Luizão *et al.* 1989; Barlow *et al.* 2007). Entretanto, como a Amazônia pode ser dividida em até 26 regiões fenológicas (Silva *et al.* 2013), evidenciando a grande heterogeneidade deste bioma (Davidson *et al.* 2012), e como a maioria destes trabalhos foi pontual, feito apenas em florestas intactas, a generalização destes resultados para todo o bioma torna-se inadequada. Portanto, estudos ecossistêmicos em regiões amazônicas com escassez de informações, como a zona de transição Amazônia-Cerrado (Selva *et al.* 2007; Silva *et al.* 2007, Sanches *et al.* 2008) são ainda necessários para a compreensão dos processos de produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. Além disso, estudos em regiões com altos índices de desmatamento e, conseqüentemente, com alterações rápidas e contínuas na estrutura da floresta devem ser priorizados para entender quais são os efeitos destas alterações em curto e longo prazo sobre a produção de serrapilheira.

Os objetivos deste trabalho foram estimar a produção de serrapilheira e avaliar a influência de fatores ambientais (área basal da vegetação, densidade de plantas, abertura de dossel, atributos físico-químicos do solo) e antrópicos (idade pós-exploração e área basal explorada) sobre esta produção, em áreas de floresta intactas e exploradas no sul da Amazônia, norte do estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As coletas foram realizadas no período de julho de 2012 a junho de 2013 em cinco módulos que fazem parte da rede de pesquisas ecológicas de longa duração do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), distribuídos no sul da Amazônia, estado de Mato Grosso (Figura 1). Três módulos (I, II e III) estão localizados em áreas de florestas que foram exploradas seletivamente em 2002, 1995 e 1981, módulos I, II e III, respectivamente. A exploração da madeira nos módulos I e II seguiram os princípios do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS – mais detalhes, veja Decreto Nº 1.282/1994) e foram realizadas durante dois anos a partir do início da exploração. Os métodos utilizados foram os mesmos para as duas áreas, realizados pela mesma equipe de exploração. Informações referentes ao volume explorado não foram disponibilizadas. No módulo III, a exploração foi restrita à espécie *Swietenia macrophylla* King. (Mogno), e, nessa área, não existem indícios de grandes perturbações. Esses módulos estão localizados no município de Cláudia/MT (Fazenda Continental: Módulo I: 11°34'S, 55°17'W; Módulo II: 11°35'S, 55°17'W, e Fazenda Iracema: Módulo III: 11°39'S, 55°04'W).

Os outros dois módulos estão localizados em áreas de floresta intacta, localizadas nos municípios de Cotriguaçu (Fazenda São Nicolau: 09°52'S, 58°13'W: módulo IV), e Novo Mundo (Parque Estadual do Cristalino: 9°28'S 55°50'W: Módulo V). Nesses módulos, não foi verificado qualquer vestígio de extração de madeira.

A vegetação nos módulos I, II e III é típica de floresta Amazônica semidecídua e composta por espécies características de floresta de transição Amazônia-Cerrado, como *Tovomita schomburgkii* Planch. & Triana, *Protium sagotianum* Marchand (Amescla), e *Brosimum lactescens* S. Moore (Leiteiro) (Priante-Filho *et al.* 2004). No módulo IV, a vegetação é formada por floresta ombrófila aberta (Veloso *et al.* 1991), e o módulo V apresenta vegetação com características de transição entre Floresta Ombrófila e Floresta Estacional. Espécies típicas do bioma Amazônia, como *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Castanha), *Swietenia macrophylla* King., e *Mesilaurus itauba* Meissn (Itaúba) são frequentemente encontradas em todas as áreas estudadas, e o sub-bosque, em geral apresenta plantas das famílias Melastomataceae, Rubiaceae, Burseraceae, Lauraceae, Clusiaceae e Arecaceae (Vilela-Santos, dados não publicados).

O solo difere entre as áreas de estudo, com predominância do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico nos módulos I, II e III (RADAMBRASIL 1980), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e álico (módulo IV) e Neossolo Quartzênicos e Argissolo Vermelho-Amarelo no módulo V (SEMA 2009).

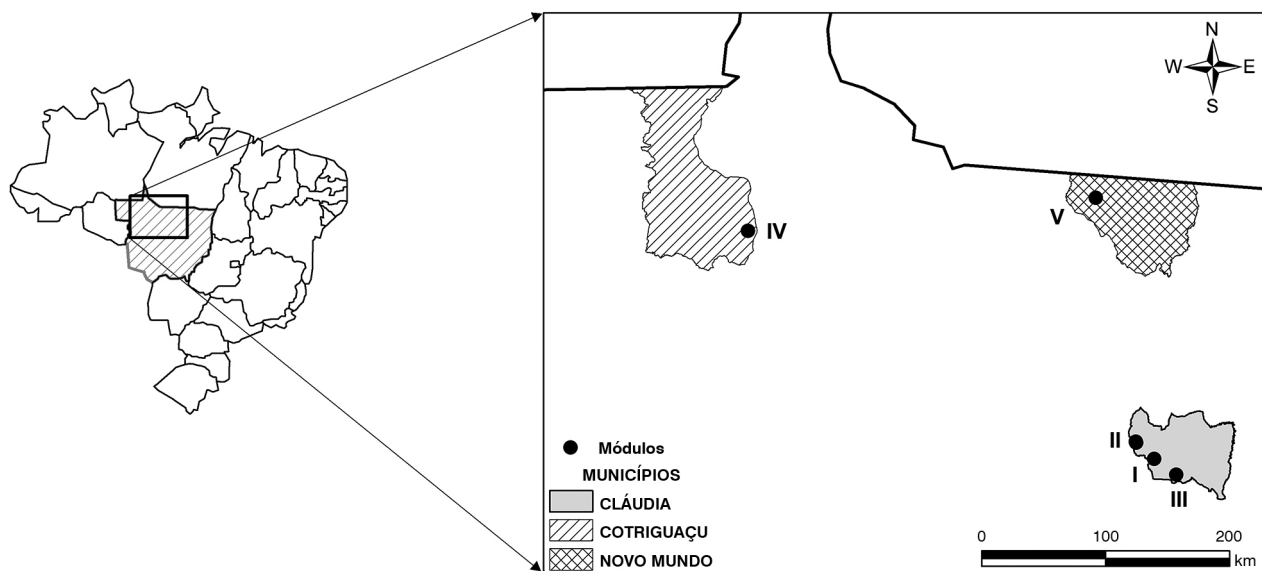


Figura 1. Distribuição dos módulos PPBio no sul da Amazônia, estado de Mato Grosso. Módulos I (11°34'S, 55°17'W), II (11°35'S, 55°17'W) e III (11°39'S, 55°04'W) – Florestas Exploradas em 2002, 1995 e 1981, respectivamente; Módulos IV (09°52'S, 58°13'W) e V (9°28'S 55°50'W) - Floresta Intacta.

Todas estas classes de solo apresentam baixa fertilidade natural e alto teor de acidez, característicos de regiões amazônicas (Vitousek e Sanford 1986).

O clima da região varia pouco entre as áreas de estudo, sendo classificado como Am: quente e úmido, com chuvas do tipo monçônico, uma transição entre o clima equatorial super-úmido (Af) da Amazônia e o tropical úmido (Aw) do Planalto Central, conforme o sistema de classificação de Köppen (Alvares *et al.* 2014). A região é caracterizada por duas estações bem definidas, a chuvosa, que ocorre de outubro a abril e concentra 80% do volume de chuva; e a seca, que ocorre de maio a setembro, com meses apresentando uma precipitação abaixo de 60 mm. A temperatura média anual é de 24 °C e a precipitação anual varia de 2.000 mm (módulos I, II e III) a 2.400 mm nos módulos IV e V (Vourlitis *et al.* 2004).

Coleta de Dados

Os módulos de estudo são compostos por um sistema de trilhas de 1x3 km, totalizando 3 km². Em cada intersecção de trilhas foi instalada uma parcela amostral (40x250 m), totalizando oito parcelas por módulo, distantes 1 km entre si. Todas as parcelas amostrais seguem a curva de nível do terreno a fim de minimizar a variação interna das características do solo e da topografia local (metodologia RAPELD modificada por Magnusson *et al.* 2005).

A produção de serrapilheira foi determinada com o uso de coletores quadrangulares, com área de 0,25 m², construídos com tela de nylon com malha de 2 mm, formando uma bolsa de 15 cm de profundidade para o acúmulo da serrapilheira

produzida. Oitenta coletores foram instalados em 40 parcelas (dois coletores por parcela), distribuídas nos cinco módulos.

A serrapilheira coletada mensalmente foi armazenada em sacos plásticos, etiquetada e processada no laboratório da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/Sinop). A secagem do material foi realizada em estufa à temperatura constante de 65 °C por 72 horas. Posteriormente, o material foi separado em frações: **folhas**, **galhos finos** (diâmetro ≤ 2 cm), **material reprodutivo** (flores, frutos e sementes) e **resíduos** (material vegetal não identificado e partes de animais e/ou dejetos). Cada fração foi pesada separadamente em balança digital de precisão (Modelo SSR600, Bel Engineering, Monza, Itália) para determinar sua contribuição na produção total de serrapilheira. A produção total foi obtida através do somatório das quatro frações, representando, assim, a produção mensal de serrapilheira por coletor. A produção anual da serrapilheira foi obtida através do somatório da produção mensal dos coletores, e foi registrada em Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para permitir a comparação com outros estudos.

A abertura de dossel (AD) foi medida com o auxílio de um esferodensímetro côncavo (modelo C, Robert E Lemmon, Forest Densimeters, Bartlesville, USA) em cinco pontos equidistantes dentro da parcela, referindo-se à incidência de luz que chega ao solo da floresta. Em cada ponto foram realizadas quatro medidas nas direções cardeais (Norte-Sul e Leste-Oeste). A média dos pontos foi multiplicada por 1.04 (fator de correção do aparelho) gerando o valor da abertura de dossel (%) por parcela. As medidas foram realizadas pelo mesmo operador entre 10 e 14 h, horário de maior incidência dos raios solares no sub-bosque da floresta.

Os dados da estrutura da vegetação por parcela foram cedidos pela equipe da vegetação, conforme protocolo de amostragem do PPBio (<http://ppbio.inpa.gov.br>). Foram utilizados os dados referentes à densidade de plantas (DP) e à área basal da vegetação (ABV) das parcelas amostradas. A área basal da vegetação foi obtida pela equação: $ABV = \sum(\pi \cdot d^2)/4$ em que: ABV corresponde à Área Basal da vegetação ($m^2 \text{ ha}^{-1}$), π corresponde à 3,141593 e d corresponde ao DAP (diâmetro à altura do peito, em m) de cada indivíduo mensurado.

Em cada parcela foram coletadas cinco amostras de solo na profundidade de 0-10 cm, distanciadas 50 m entre si. As amostras coletadas em cada parcela foram misturadas, formando uma amostra composta. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e enviadas para laboratório de análise de solo, para determinar a textura e composição química (proporção de argila, areia e silte, macro e micronutrientes) conforme protocolo da EMBRAPA (1999).

Para verificar a interferência da exploração seletiva de madeira na produção de serrapilheira nas áreas dos módulos I, II e III, foi utilizada a variável área basal explorada (ABE) como indicadora de perturbação. O volume explorado em cada área seria a melhor variável para indicar a intensidade da exploração, contudo, essa informação não foi disponibilizada pelos proprietários. A implantação dos módulos de amostragem padronizadas a partir de 2009 com metodologia diferente à aplicada para o manejo da área nos diferentes anos de exploração, dificulta a precisão das informações sobre a intensidade de exploração. Desta forma, optou-se pela utilização da ABE, calculada a partir da mensuração do diâmetro da base das árvores exploradas (tocos) em cada parcela. Com a obtenção destes diâmetros foi possível calcular a área basal explorada (ABE), aplicando-se a mesma equação descrita para área basal da vegetação (ABV).

Análise Estatística

A ANOVA com teste de Tukey *a posteriori* ($\alpha=5\%$) foi usada para detectar diferenças na produção de serrapilheira entre as áreas estudadas. A normalidade dos dados e a homocedasticidade das variâncias foram testadas pelos teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. A produção de serrapilheira foi relacionada com as variáveis da vegetação, do solo e da perturbação antrópica através da análise de regressão múltipla. Os dados foram padronizados pelo escore z ($z = (x_i - \bar{x})/\sigma$), que se baseia na diferença entre o valor observado e a média dos valores ($x_i - \bar{x}$), em razão do desvio padrão dos valores observados (σ). Esta padronização elimina o efeito da escala e permite melhor comparação dos dados (Magnusson e Mourão 2005).

Os módulos de estudo foram divididos em dois conjuntos: o primeiro formado por Florestas Exploradas (FE= módulos I, II e III) e o segundo, por Florestas Intactas (FI= módulos IV e V). Esta divisão foi realizada para avaliar os efeitos da perturbação antrópica nas áreas de floresta explorada.

A redução da dimensionalidade dos dados físico-químicos do solo para cada conjunto de dados foi realizada através da Análise de Componentes Principais (PCA) devido à multicolinearidade entre eles (Fyllas *et al.* 2009). O primeiro eixo (PCA1) da ordenação (que capturou a maior parte da variação) foi usado nas análises de regressão múltipla, representando as características físico-químicas do solo. A PCA mostra a importância de cada variável (físico-química do solo) na composição do eixo. Os outros dados apresentaram distribuição normal, no teste de normalidade de Shapiro Wilk.

A colinearidade entre as variáveis foi testada através do teste de correlação de Spearman, onde variáveis com valores acima de 0,4 foram excluídas do modelo. Para o conjunto FE, a abertura de dossel teve alta colinearidade com o eixo PCA1 (0,67) e a densidade de plantas com ABE (0,53) e foram excluídas do modelo. Desta forma, o modelo para avaliar a produção de serrapilheira em FE (modelo 1) usou como variáveis independentes a área basal da vegetação (ABV), o PCA1 (características físico-químicas do solo) e a área basal explorada (ABE).

No conjunto FI, a ABV teve alta colinearidade com PCA1 (0,5) e a abertura de dossel com a densidade de plantas (0,71) e foram excluídas do modelo. Portanto, o modelo 2, proposto para avaliar a produção de serrapilheira em FI utilizou como variáveis independentes a densidade de plantas e o PCA1. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Core Team 2013).

RESULTADOS

A média da produção anual de serrapilheira das cinco áreas, para o ciclo hidrológico 2012/2013, foi de 10,6 Mg $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 1). A produção anual total de serrapilheira foi significativamente maior (ANOVA $F_{4,39}=5,431$; $p<0,01$) no módulo IV (floresta intacta sobre solo argiloso, com 13,2 Mg $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) do que no módulo II (sobre solo muito arenoso, >70% de areia) ($p=0,005$), mas não diferiu significativamente dos outros três módulos ($p=0,23$; $p=0,2$; $p=0,13$, respectivamente; Figura 2). Não houve diferença significativa na produção de serrapilheira entre as três áreas exploradas (ANOVA $F_{2,21}=1,736$ $p=0,2$; Figura 2).

A fração folhas apresentou maior contribuição na produção total de serrapilheira em todos os módulos, representando 66,4% do total, seguida pelas frações galhos finos, material reprodutivo e resíduos (Tabela 2). A produção total de serrapilheira e suas frações variaram ao longo do período analisado (Figura 3). Durante o período seco (maio a setembro) houve um aumento na produção de serrapilheira total, fortemente influenciado pelo aumento na produção de folhas (Figura 3 A e B). A produção de material reprodutivo, galhos finos e resíduos concentrou-se entre os períodos de transição e início das chuvas (Figura 3 C, D e E). Durante o período com maior incidência de chuvas (novembro a fevereiro), observa-se uma menor produção de serrapilheira total, e de todas as suas frações.

Tabela 1. Produção de serrapilheira (média ± desvio padrão) por frações e total (Mg ha⁻¹ ano⁻¹) registrado nos cinco módulos de estudo, com oito parcelas por módulo. A localização dos módulos está descrita na Figura 1.

Módulo	Idade pós-exploração	Folhas	Galhos Finos	Mat. Reprodutivo	Resíduos	Total
I	12	6,84 ±1,83	1,96 ±0,82	1,09 ±0,54	0,68 ±0,26	10,6 ±2,83
II	19	6,00 ±1,08	1,54 ±0,52	0,52 ±0,30	0,53 ±0,24	8,59 ±1,90
III	33	7,09 ±1,33	2,21 ±0,91	0,67 ±0,46	0,52 ±0,11	10,5 ±2,42
IV	-	8,29 ±1,56	2,63 ±1,06	1,16 ±0,98	1,07 ±0,35	13,2 ±2,48
V	-	6,86 ±1,16	1,93 ±0,76	0,67 ±0,29	0,74 ±0,28	10,2 ±1,93
Média		7,02	2,05	0,82	0,71	10,6

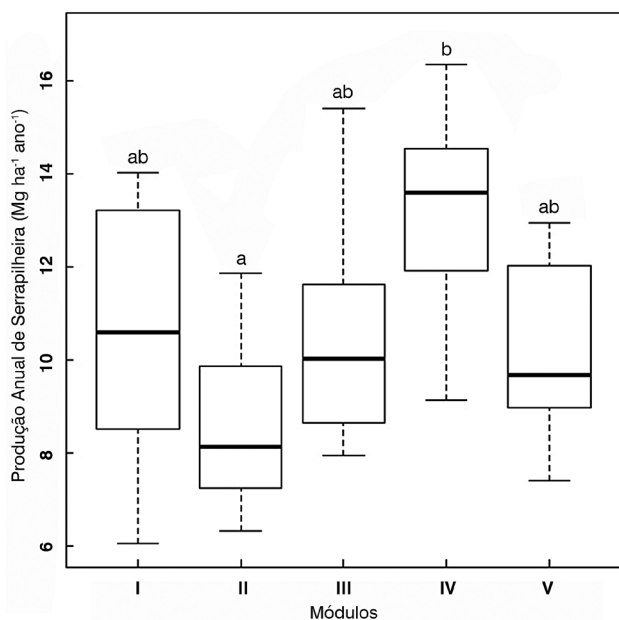


Figura 2. Produção de serrapilheira em ecossistemas florestais do norte do Mato Grosso. Módulos I, II e III – Florestas Exploradas em 2002, 1995 e 1981, respectivamente; Módulos IV e V - Floresta Intacta. A localização dos módulos está descrita na Figura 1. Letras minúsculas diferentes significam produção de serrapilheira estatisticamente diferente entre os módulos (Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 2. Contribuição de cada fração (%) para a produção total de serrapilheira nos módulos de estudo. A localização dos módulos está descrita na Figura 1.

Módulo	Idade pós-exploração	Folhas	Galhos Finos	Mat. Reprodutivo	Resíduos
I	12	64,5	18,5	10,3	6,7
II	19	69,9	17,9	6,05	6,15
III	33	67,5	21,1	6,40	5,00
IV	-	62,8	20,0	9,00	8,20
V	-	67,2	18,9	6,6	7,3
Média		66,4	19,3	7,7	6,7

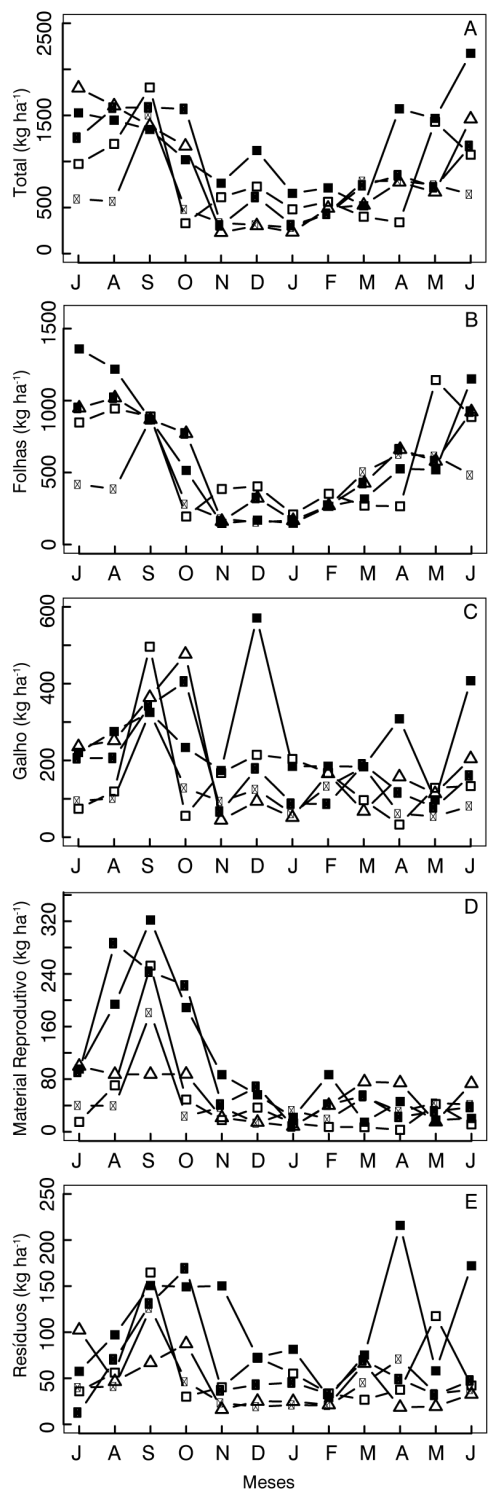


Figura 3. Produção mensal (kg ha⁻¹) de serrapilheira total (A), folhas (B), galhos finos (C), material reprodutivo (D) e resíduos (E) nos cinco módulos amostrados no sul da Amazônia, estado de Mato Grosso. Módulo I (círculo branco); Módulo II (círculo preto); Módulo III (triângulo branco); Módulo IV (quadrado preto) e Módulo V (quadrado branco). A localização dos módulos está descrita na Figura 1.

As características físico-químicas do solo variaram entre os módulos estudados (Tabela 3). O primeiro eixo da ordenação obtido pela análise de Componentes Principais (PCA1) explicou 31,7% e 44,7 % da variação entre os componentes físico-químicos do solo para os módulos dos conjuntos FE e FI, respectivamente. Para FE, as variáveis que tiveram maior influência na formação do eixo, foram relacionadas com a qualidade físico-química do solo, enquanto em FI, as variáveis mais influentes foram relacionadas aos aspectos químicos do solo (Tabela 4). Em ambos os eixos, observa-se uma relação inversa entre o eixo e as variáveis do solo, indicando que valores negativos do eixo correspondem à maior qualidade física e química dos solos em questão (Tabela 4).

O modelo proposto para o conjunto FE não foi significativo para explicar a variação na produção de serrapilheira ($r=0,14$; $p=0,11$). A variável área basal explorada, que representa a perturbação antrópica, e a PCA1 envolvendo as áreas exploradas não apresentaram efeitos significativos ($p=0,51$ e $p=0,21$, respectivamente) sobre a produção de serrapilheira. Entretanto, a área basal da vegetação afetou negativamente a produção de serrapilheira ($p=0,03$; Figura 4).

O modelo 2, testado para o conjunto FI, foi significativo ($r^2=0,30$; $p=0,04$), com a densidade de plantas afetando negativamente a produção de serrapilheira ($p=0,016$; Figura 5). O eixo PCA1 (representando a qualidade do solo) não afetou significativamente a produção de serrapilheira ($p=0,2$).

Tabela 3. Características físico-químicas do solo (média \pm desvio padrão) nos módulos de estudo. Módulos I, II e III – Florestas Exploradas em 2002, 1995 e 1981, respectivamente; Módulos IV e V - Floresta Intacta. A localização dos módulos está descrita na Figura 1.

Mod	P		Ca	Mg	Al	CTC	S. Bases	Argila	Areia	Silte
	(mg dm ⁻³)									
I	1,62 \pm 0,85	25,7 \pm 3,15	1,69 \pm 1,23	0,39 \pm 0,22	1,04 \pm 0,14	10,71 \pm 2,38	18,61 \pm 9,74	50,2 \pm 7,09	39,4 \pm 6,67	10,4 \pm 2,07
II	1,93 \pm 0,66	23,2 \pm 0,85	0,85 \pm 0,47	0,39 \pm 0,27	1,00 \pm 0,09	11,1 \pm 1,80	1,85 \pm 0,57	25,9 \pm 2,10	71,5 \pm 1,69	2,60 \pm 0,74
III	1,40 \pm 0,30	23,4 \pm 5,60	0,25 \pm 0,09	0,13 \pm 0,07	1,00 \pm 0,09	14,0 \pm 2,25	3,04 \pm 0,69	37,9 \pm 4,19	52,6 \pm 5,68	9,5 \pm 2,39
IV	4,22 \pm 0,95	20,5 \pm 4,08	0,45 \pm 0,17	0,26 \pm 0,7	0,40 \pm 0,12	8,85 \pm 1,15	8,97 \pm 3,97	31,0 \pm 0,85	59,4 \pm 9,62	9,6 \pm 1,77
V	2,77 \pm 2,57	43,9 \pm 9,31	2,07 \pm 3,22	0,69 \pm 0,61	0,58 \pm 0,43	8,23 \pm 2,96	28,4 \pm 21,9	43,1 \pm 9,26	45,9 \pm 9,10	11,0 \pm 1,51

Tabela 4. Contribuição das variáveis físico-químicas do solo para a formação do eixo de ordenação (PCA) para os conjuntos FE (Florestas Exploradas) e FI (Florestas Intactas), CTC = Capacidade de Troca Catiônica. Valores destacados em negrito representam variáveis com maior contribuição para a formação do eixo.

Variáveis do solo	Contribuição para o Eixo (PCA1)	
	FE	FI
Argila	0,36	-0,15
Areia	-0,39	0,09
Fósforo	-0,01	-0,26
Potássio	0,16	-0,14
Saturação Alumínio	-0,40	0,28
CTC	0,03	-0,28
Saturação Bases	0,38	-0,28
Cálcio	0,27	-0,37
Magnésio	0,10	-0,37
Alumínio	0,03	0,23
Zinco	-0,35	-0,34
Cobre	-0,37	-0,10
Ferro	0,09	-0,16
Manganês	-0,10	-0,35
Boro	-0,15	-0,06
Enxofre	0,00	-0,19

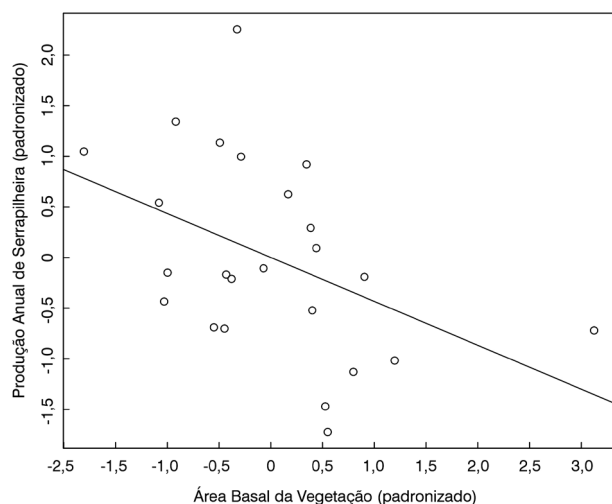


Figura 4. Relação entre Área Basal da Vegetação (ABV) e a produção anual de serrapilheira, nas áreas exploradas no Sul da Amazônia, estado de Mato Grosso. A localização dos módulos está descrita na Figura 1. A informação “padronizado” contida entre parênteses no rótulo dos eixos X e Y indica que os dados passaram por padronização pelo escore z. A linha representa o sentido da relação entre as variáveis, e esta relação é significativa ($p=0,03$).

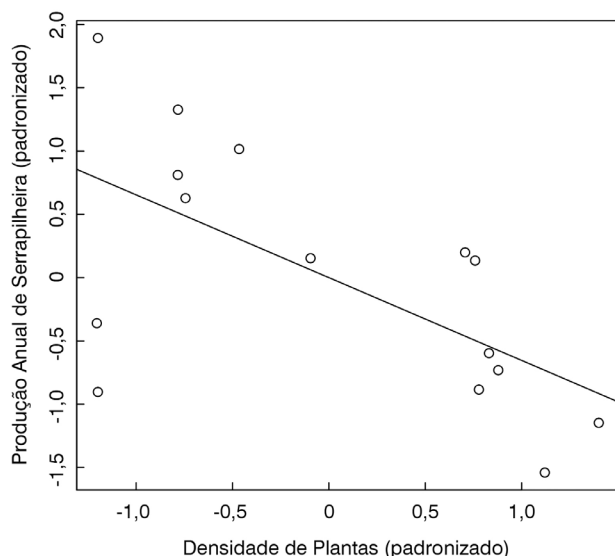


Figura 5. Relação entre a densidade de plantas e a produção anual de serrapilheira em áreas intactas no sul da Amazônia, estado de Mato Grosso. A localização dos módulos está descrita na Figura 1. A informação “padronizado” contida entre parênteses no rótulo dos eixos X e Y indica que os dados passaram por padronização pelo escore z. A linha representa o sentido da relação entre as variáveis, e esta relação é significativa ($p=0,016$).

DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho mostram uma maior produção de serrapilheira nas áreas de transição entre Amazônia-Cerrado do que a encontrada em outros estudos desenvolvidos na Amazônia (Tabela 5). A maior produção de serrapilheira nessas regiões pode estar associada ao regime de chuva local e, principalmente, aos impactos gerados pela deficiência hídrica (Sanches *et al.* 2008; Valentini *et al.* 2008). Contudo, estudos ecofisiológicos identificaram que as florestas que se desenvolvem em regiões com sazonalidade climática acentuada, apresentam mecanismos para minimizar os impactos do déficit hídrico (*e.g.* sistema radicular profundo; Vourlitis *et al.* 2008), e, desta forma, o aumento na produção de serrapilheira na seca poderia estar associado à estratégia desenvolvida por algumas espécies que realizam a troca de folhas durante o período seco para minimizar o ataque de herbívoros (Murali e Sukmar 1993; Kursar e Coley 2003) e não somente em resposta à deficiência hídrica. Outra hipótese para o aumento da produção de serrapilheira na seca é a obtenção da máxima eficiência fotossintética durante o período de máxima radiação solar (período seco) com a renovação das folhas neste período (Kim *et al.* 2012). Estes argumentos mostram como uma abordagem ecofisiológica em ambientes de transição poderia auxiliar no conhecimento dos efeitos do regime pluviométrico, da herbivoria e dos processos ecofisiológicos que contribuem para a produção de serrapilheira.

Tabela 5. Produção de serrapilheira ($Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) registrado em trabalhos desenvolvidos no bioma Amazônia. A numeração em algarismos romanos escrita após o local indica os módulos de pesquisa do presente estudo.

Local	Região Amazônica	Produção ($Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)	Referência
Manaus/AM	Central	8,25	Luizão (1989)
Manaus/AM	Central	8,40	Martius <i>et al.</i> (2004)
Manaus/AM	Central	7,42	Luizão e Schubart (1987)
Cláudia/MT (I)	Meridional	10,6	Presente estudo
Cláudia/MT (II)	Meridional	8,59	Presente estudo
Cláudia/MT (III)	Meridional	10,5	Presente estudo
Cotriguaçu/MT(IV)	Meridional	13,2	Presente estudo
N. Mundo/MT (V)	Meridional	10,2	Presente estudo
Juruena/MT	Meridional	11,8	Selva <i>et al.</i> (2007)
Maracá/RR	Norte	9,28	Scott <i>et al.</i> (1992)
Maracá/RR	Norte	9,07	Villela e Proctor (1999)
Belém/PA	Oriental	7,30	Silva e Lobo (1982)
Santarém/PA	Oriental	9,70	Smith <i>et al.</i> (1998)
Almerim/PA	Oriental	10,9	Barlow <i>et al.</i> (2007)

O padrão de produção das frações que compõem a serrapilheira, em relação ao período seco e chuvoso corrobora vários estudos (Luizão 1989; Sanches *et al.* 2008; Silva *et al.* 2007). Seguindo a hipótese da interferência da deficiência hídrica sobre a produção de serrapilheira, pode-se explicar as diferenças observadas na produção de cada fração. O pico de produção da fração folha no período seco é apontado como uma estratégia desenvolvida por muitas espécies, para minimizar a perda de água por evapotranspiração (Silva *et al.* 2007; Sanches *et al.* 2009). O padrão observado para a fração material reprodutivo pode estar ligado à adaptação de muitas espécies à sazonalidade climática local, com florescimento e/ou frutificação ocorrendo no final da estação seca e início da estação chuvosa, onde existem condições mais propícias à germinação das sementes e ao desenvolvimento de plântulas (Muniz 2008). O padrão de produção observado na fração galhos finos, possivelmente está associado à energia mecânica imposta pelo vento durante as chuvas, aliada ao ganho de peso dos galhos pelo encharcamento, facilitando assim sua queda e, conseqüentemente, aumentando sua produção no início das chuvas (Bray e Gorham 1964; Martins e Rodrigues 1999). O ressecamento e morte dos galhos finos durante a estação seca

também podem contribuir para a queda dos mesmos com o início das chuvas.

A produção de serrapilheira nas áreas de transição também foram superiores aos resultados obtidos em áreas de Cerrado. A produção de serrapilheira registrada por alguns trabalhos no cerrado variou de 2 a 7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Cianciaruso *et al.* 2006; Giácomo *et al.* 2012; Silva *et al.* 2007). Haridasan (2000) afirma que o cerrado tem uma baixa produção de serrapilheira (2 a 8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), com variações em função da fitofisionomia predominante. Estas informações, referentes ao maior volume de produção de serrapilheira em áreas de transição Amazônia-Cerrado, podem ser importantes para ações de prevenção e controle de incêndios, pois possibilita uma melhor estimativa sobre o volume de material combustível presente na floresta. Este aumento na produção de serrapilheira, principalmente durante o período seco aumenta a inflamabilidade da floresta (Nepstad *et al.* 2004), potencializando os efeitos nocivos dos incêndios florestais, visto que a região de transição não é tão adaptada ao regime do fogo quanto o Cerrado.

Dentre as variáveis testadas, a área basal da vegetação (ABV) e a densidade de plantas foram as que apresentaram efeitos significativos sobre a produção de serrapilheira, para os conjuntos FE e FI, respectivamente. Estas variáveis estão ligadas à estrutura da floresta, evidenciando que alterações nestas características podem causar modificações na produtividade da floresta.

A produção de serrapilheira no conjunto FE foi afetada negativamente pela área basal da vegetação. No conjunto FE, parcelas com menor ABV apresentaram maior produção de serrapilheira, e esta tendência pode estar associada ao histórico de exploração: durante a exploração madeireira, ocorre uma diminuição na área basal da vegetação, a qual mostra um aumento gradual após a exploração, e parte deste aumento é resultado da substituição de espécies pioneiras por espécies secundárias e clímax (Silva *et al.* 1995). Além disso, espécies pioneiras se beneficiam da entrada de luz e da abertura de espaço ocasionada por uma menor área basal (Maciel *et al.* 2003; Oliveira 2005), estabelecendo-se nestes locais (Hirai *et al.* 2012) e modificando os padrões de produção de serrapilheira, por investir mais recursos na produção de folhas do que as espécies clímax nos primeiros anos de vida (Bazzaz e Pickett 1980). Dessa forma, áreas com menor área basal podem apresentar maior densidade de espécies pioneiras e, essas, por sua vez, contribuem para o aumento na produção de serrapilheira local. Isto pode ter ocorrido no presente trabalho, caracterizando uma relação indireta e negativa entre a área basal da vegetação e a produção de serrapilheira.

Para o conjunto FI constatou-se que parcelas com menor densidade de plantas apresentaram maior produção anual de serrapilheira. Áreas com menor densidade de plantas podem

apresentar estrutura vegetal vertical e horizontal mais simples, afetando a produção de serrapilheira. Essa simplificação da estrutura da floresta permite maior velocidade do vento no interior da floresta (Dias 2009), podendo causar a queda de galhos e folhas. O efeito do vento combinado com a baixa umidade do ar e altas temperaturas aumentam os níveis de evapotranspiração, acentuando os efeitos do estresse hídrico sobre a produção de serrapilheira (Martins e Rodrigues 1999). Além disso, parte da serrapilheira produzida na floresta pode ser interceptada pelo dossel (Couto-Santos e Luizão 2010), diminuindo o volume de serrapilheira que chega ao solo e subestimando a produção de serrapilheira em locais com dossel denso. Por outro lado, áreas mais abertas e com maior incidência de luz apresentam maior abundância de espécies pioneiras (Maciel *et al.* 2003; Oliveira 2005), que podem contribuir para o aumento da produção de serrapilheira. Portanto, áreas com menor densidade de plantas podem apresentar um dossel mais simplificado, maior abundância de espécies pioneiras e maior circulação de ar, e a combinação desses fatores pode contribuir para explicar a maior produção de serrapilheira observada neste estudo.

A variável área basal explorada, utilizada como indicadora da intensidade de exploração, não apresentou efeito significativo sobre a produção de serrapilheira no conjunto FE. Esperava-se que o efeito da intensidade de corte fosse perceptível, pelo menos na área de exploração mais recente (Módulo I, com 12 anos pós-exploração), visto que Oliveira (2005) constatou que áreas com maior área basal explorada apresentaram modificações significativas na estrutura da floresta e na composição florística, sendo seus efeitos perceptíveis até 21 anos após a perturbação antrópica. Áreas com exploração mais intensa apresentaram maior densidade de espécies pioneiras (Oliveira 2005) e sofreram alterações na estrutura e composição florística ocasionadas pela exploração de madeira, favorecendo o estabelecimento de espécies pioneiras após 13 anos da exploração da floresta (Silva *et al.* 1995). Talvez esta ausência de efeito da exploração possa ocorrer devido à baixa intensidade de exploração, ou mesmo por a área basal explorada não ser a melhor variável para expressar o efeito antrópico em áreas de corte seletivo de madeira. A baixa intensidade de exploração também poderia explicar a similaridade na produção de serrapilheira entre as áreas exploradas, pois, de acordo com Delitti (1995), o efeito de perturbações antrópicas sobre a produção de serrapilheira varia conforme a intensidade da perturbação e as características do ambiente perturbado.

Embora as variáveis edáficas não tenham apresentado um efeito significativo, a menor produção de serrapilheira observada no módulo II pode estar associada à característica física do solo, que neste módulo, tem textura muito arenosa (>70% de areia). De fato, alguns autores constataram que

florestas tropicais que se desenvolvem sobre solos arenosos são menos produtivas do que florestas que se estabelecem em solos argilosos (Vitousek e Sanford 1986; Magalhães *et al.* 1998).

CONCLUSÕES

Este estudo concluiu que áreas próximas que possuem condições ambientais similares, podem apresentar diferenças na produção de serrapilheira, e que a produção de serrapilheira em áreas de transição entre Amazônia-Cerrado é nitidamente maior do que nas áreas de Cerrado, mas também tende a ser superior as demais regiões amazônicas. A produção de serrapilheira não foi afetada significativamente pelos efeitos antrópicos, representados pela idade pós-exploração e a área basal explorada. Dentre as variáveis ambientais testadas, apenas a área basal da vegetação e a densidade de plantas afetaram a produção de serrapilheira nos conjuntos FE e FI, respectivamente, evidenciando a influência de características da vegetação sobre a produtividade da floresta. As variáveis do solo não exerceram influência significativa sobre a produção de serrapilheira, embora a diferença entre os módulos II e IV possa estar relacionada à textura do solo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa a EJA. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de produtividade em pesquisa à DJR, e apoio financeiro (CNPq - processos 569382/2008-4; 558225/2009-8; 457466/2012-0). Ao Fundo de Amparo a Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT – processo 300729/2010), pelo suporte financeiro, e à Fazenda São Nicolau e ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) pelo apoio e infraestrutura para realização deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G.. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22: 711-728.
- Aragão, L.E.O.C.; Malhi, Y.; Metcalfe, D.B.J.; Silva-Espejo, E.; Jiménez, E.; Navarrete, D.; *et al.* 2009. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. *Biogeosciences*, 6: 2759–2778.
- Barlow, J.; Gardner, T.A.; Ferreira, L.V.; Peres, C.A. 2007. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 247: 91-97.
- Bazzaz, F.A.; Pickett, S.T.A. 1980. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 287-310.
- Bray, J.R.; Gorham, E. 1964. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, 2: 101-157.
- 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 cerrado na Estação Ecológica de Jatá, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20: 49-59.
- Couto-Santos, F.R.; Luizão, F.J. 2010. Fine litter accumulation in Central Amazonian tropical rainforest canopy. *Acta Amazonica*, 40: 781- 786.
- Davidson, E.A.; Araújo, A.C.; Artaxo, P.; Balch, J.K.; Brown, I.F.; Bustamente, M.M.C.; *et al.* 2012. The Amazon basin in transition. *Nature*, 481: 321-328.
- Delitti, W.B.C. 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. *Oecologia Brasiliensis*, 1: 469-486.
- Dias, N.J.S. 2009. *Escoamento de ventos em floresta: estudo numérico de efeitos de heterogeneidade da cobertura florestal*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília/DF. 82p.
- EMBRAPA. 1999. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Brasília – DF, 1ª Ed. 371p.
- Facelli, J.M.; Pickett, S.T.A. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review*, 57:1-32.
- Fyllas, N.M.; Patiño, S.; Baker, T.R.; Nardoto, G.B.; Martinelli, L.A.; Quesada, C.A. *et al.* 2009. Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: phylogeny, soils and climate. *Biogeosciences*, 6: 2677-2708.
- Giácomo, R.G.; Pereira, M.G.; Machado, D.L. 2012. Aporte e decomposição de serrapilheira em áreas de cerrado e mata mesofítica na estação ecológica de Pirapitinga–MG. *Ciência Florestal*, 22: 669-680.
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12: 54-64.
- Hirai, E.H.; Carvalho, C.J.R.; Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P.; Queiroz, W.T. 2012. Efeito da exploração florestal de impacto reduzido sobre a regeneração natural em uma floresta densa de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. *Scientia Forestalis*, 40: 306-315.
- Kim, Y.; Knox, R.G.; Longo, M.; Medvigy, D.; Hutyrak, L.R.; Pyle, E.H.; *et al.* 2012. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. *Global Change Biology*, 18: 1-11.
- Kursar, T.A.; Coley, P.D. 2003. Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31: 929-949.
- Luizão, F.J. 1989. Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest. *GeoJournal*, 19: 407-417.
- Luizão, F.J. 2007. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e Cultura*, 59: 31-35.
- Luizão, F.J.; Schubart, H.O.R. 1987. Litter production and decomposition in a terra firme forest of Central Amazonia. *Experientia*, 43: 259-265.
- Maciel, M.N.M.; Watzlawick, L.F.; Schoeninger, E.R.; Yamaji, F.M. 2003. Classificação ecológica das espécies arbóreas. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 1: 69-78.

- Magalhães, L.M.S.; Blum, W.E.H.; Higuchi, N.. 1998. Relações entre o solo e a floresta no estabelecimento de unidades de paisagens florestais na Amazônia (1). *Floresta e Ambiente*, 5: 89-103.
- Magnusson, W.E.; Lima, A.P.; Luizão, R.; Luizão, F.J.; Costa, F.R.C.; Castilho, C.V. *et al.* 2005. RAPELD: A modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotropica*, 5: 19-24.
- Magnusson, W.E.; Mourão, G.M. 2005. *Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e as análises*. Editora Planta, Londrina, 2005, 138p.
- Martins, S.V.; Rodrigues, R.R. 1999. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 22: 405-412.
- Martius, C.; Höfer, H.; Garcia, M.V.B.; Römbke, J.; Hanagarth, W. 2004. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68: 137-154.
- Muniz, F.H. 2008. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. *Acta Amazonica*, 38: 617-626.
- Murali, K.S.; Sukumar, R. 1993. Leaf flushing phenology and herbivory in a tropical dry deciduous forest, southern India. *Oecologia*, 94:114-119.
- Nepstad, D.; Lefebvre, P.; Silva, U.L.; Tomasella, J.; Schlesinger, P.; Solórzano, L.; *et al.* 2004. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global Change Biology*, 10: 704-717.
- Oliveira, L.C. 2005. *Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 183p.
- Priante-Filho, N.; Vourlits, G.L.; Hayashi, M.M.S.; Nogueira, J.S.; Campelo Jr., J.H.; Nunes, P.C.; *et al.* 2004. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. *Global Change Biology*, 10: 863-876.
- Quesada, C. A.; Lloyd, J.; Anderson, L. O.; Fyllas, N. M.; Schwarz, M.; Czimczik, C.I.. 2011. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8: 1415-1440.
- Radam Brasil, Folha SC 21. 1980. *Juruena, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. (Levantamento de Recursos Naturais, 20). Rio de Janeiro: DNPM. 460p.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.r-project.org/>.
- Sanches, L.; Valentini, C.M.A.; Biudes, M.S.; Nogueira, J.S. 2009. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:183-189.
- Sanches, L.; Valentini, C.M.A.; Pinto Júnior, O.B.; Nogueira, J.S.; Vourlitis, G.L.; Biudes, M.S. *et al.* 2008. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. *Journal of Geophysical Research*, 113: 1-9.
- Scott, D.A.; Proctor, J.; Thompson, J. 1992. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 80: 705-717.
- Selva, E.C.; Couto, E.G.; Johnson, M.S.; Lehmann, J. 2007. Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of the southern Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 329-335.
- SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2009. *Plano de manejo do Parque Estadual do Cristalino Volume I: diagnóstico ambiental e socioeconômico*. 130p.
- 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 Amazonica*, 37: 543-548
- Silva, F.B.; Shimabukuro, Y.E.; Aragão, L.E.O.C.; Anderson, L.O.; Pereira, G.; Cardozo, F.; *et al.* 2013. Corrigendum: Large-scale heterogeneity of Amazonian phenology revealed from 26-year long AVHRR/NDVI time-series. *Environmental Research Letters*, 8: 1-12.
- Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P.; Lopes, J.C.A.; Almeida, B.F.; Costa, D.H.M., Oliveira, L.C.; *et al.* 1995. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. *Forest Ecology and Management*, 71: 267-274.
- Silva, M.F.F.; Lobo, M.G.A. 1982. Nota sobre deposição de matéria orgânica em floresta de terra firme, várzea e igapó. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 56: 1-13.
- Smith, K.; Gholz, H.L.; Oliveira, F.A. 1998. Litterfall and nitrogen-use efficiency of plantations and primary forest in the eastern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 109: 209-220.
- Valentini, C.M.A.; Sanches, L.; Paula, S.R.; Vourlitis, G.L.; Nogueira, J.S.; Pinto Jr., O.B.; *et al.* 2008. Soil respiration and aboveground litter dynamics of a tropical transitional forest in northwest Mato Grosso, Brazil. *Journal of Geophysical Research*, 113: 1-11.
- Veloso, H.P., Rangel-Filho, A.L.R.; Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal*. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 123p.
- Villela, D.M.; Proctor, J. 1999. Litterfall mass, chemistry, and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. *Biotropica*, 31: 198-211.
- Vitousek, P.M.; Sanford, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17: 137-167.
- Vourlitis, G.L.; Filho, N.P.; Hayashi, M.M.S.; Nogueira, J.S.; Raiter, F.; Hoegel, W.; Campelo Jr., J.H. 2004. Effects of meteorological variations on the CO₂ exchange of a Brazilian transitional tropical forest. *Ecological Applications*, 14: 89-100.
- Vourlitis, G.L.; Nogueira, J.S.; Lobo, F.A.; Sendall, K.M.; Paulo, S.B.; Dias, C.A.A.; *et al.* 2008. Energy balance and canopy conductance of a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon Basin. *Water Resources Research*, 44: 1-14.

Recebido em 02/06/2014

Aceito em 28/11/2014