

PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM TOMÉ-AÇU, AMAZÔNIA ORIENTAL

Brancher¹, T.; Vasconcelos S. S.²; Capela, C.³; Kato, O. R.²

RESUMO: A deposição de serapilheira representa um elo fundamental no fluxo de carbono entre o meio físico e o biótico, conferindo ao ecossistema do qual faz parte maior estabilidade, variando de acordo com o seu estágio sucessional e o tipo de sistema utilizado. O objetivo deste trabalho consistiu em realizar um estudo do fluxo de carbono pela deposição de serapilheira de quatro sistemas agroflorestais (SAFs) com idades e composições diferentes, no município de Tomé-Açu, Pará. O fluxo de carbono foi medido na deposição de material formador de serapilheira no período de um ano. Os SAFs foram divididos em quatro categorias, denominados SAF 1, SAF 2, SAF 3 e SAF 4, sendo (SAF 1: cacau, açaí, bananeira e seringueira, 14 anos de idade, SAF 2: cacau, açaí, bananeira, seringueira, taperebá, paricá e macacaúba, 14 anos de idade, SAF 3: cupuaçu, açaí, teca e mogno, 9 anos de idade, SAF 4: cupuaçu, açaí e paricá, 9 anos de idade). Em cada sistema, foram instaladas quatro parcelas amostrais, e dentro das parcelas foram instalados coletores para medir a deposição de material formador de serapilheira. O SAF 4 teve a maior deposição de serapilheira anual entre todos os tratamentos. A produção mensal de serapilheira apresentou uma distribuição diferenciada ao longo do ano. A estação seca foi caracterizada pela maior produção de serapilheira em todos os tratamentos. A quantidade de carbono depositada via litterfall difere significativamente em sistemas agroflorestais com idades e composições diferentes. Existe também diferença significativa entre meses dentro de um mesmo tratamento.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais, serrapilheira, fluxo de carbono.

ABSTRACT: Litter production represents a key component in ecosystem carbon and nutrient cycling. In tropical ecosystems with tree components, such as agroforestry systems (AFS), there is a continuous production of litter throughout the year, whose total amount produced at different times depends on the type of system used. The objective of this study was to quantify monthly and annual litter production rates in AFS with different age and species composition in Tomé-Açu, in northeastern Pará State, eastern Amazonia. We studied four different agroforestry systems: (a) AFS 1: cocoa, açai, banana and rubber, 14 years old; (b) AFS 2: cocoa, açai, banana, rubber, taperebá, paricá and macacaúba, 14 years old; (c) AFS 3: cupuaçu, açai, teak and mahogany, 9 years old; and (d) AFS 4: cupuaçu, açai and paricá, 9 years old. The AFS 4 had the highest annual litterfall deposition among all treatments. The monthly production of litter was unevenly distributed throughout the year. The dry season was characterized by greater production of litter in all treatments. The amount of carbon deposited via litterfall in agroforestry systems differs significantly with different ages and compositions. There is also a significant difference between months within the same treatment.

Keywords: agroforestry systems, litter, carbon flux.

Introdução

A serapilheira representa a reserva central de elementos minerais e orgânicos em ecossistemas de florestas tropicais, onde os solos em geral são quimicamente pobres, e sua decomposição possibilita que os elementos liberados da biomassa vegetal retornem ao sistema (MARTIUS et al., 2004).

¹ Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Email: tobiasbrancher@yahoo.com.br

² Embrapa Amazônia Oriental.

³ Natura Inovação e Tecnologia de Produtos Ltda, Tecnologias Sustentáveis – Bioagricultura.

A importância de se avaliar a produção de serapilheira está na compreensão dos reservatórios e fluxos de nutrientes nos ecossistemas, os quais se constituem na principal via de fornecimento de nutrientes, por meio da mineralização dos restos vegetais, desempenhando importante papel na formação e manutenção da fertilidade do solo, bem como na oferta de matéria orgânica para a flora e fauna local (SOUZA; DAVIDE, 2001), já que uma vez depositada sobre o solo, a serapilheira protege-o contra a erosão, além de tornar-se fonte potencial de energia para as espécies consumidoras do ecossistema, ao participarem da ciclagem de nutrientes (OLIVEIRA, 1997).

Além de representar um elo fundamental no fluxo de carbono entre o meio físico e o biótico, a serapilheira produzida pela vegetação confere ao ecossistema maior estabilidade, variando de acordo com o seu estágio sucessional (OLIVEIRA, op.cit.). Em ecossistemas tropicais com componentes arbóreos, como os sistemas agroflorestais (SAFs), ocorre uma produção contínua de serapilheira no decorrer do ano (WERNECK et al., 2001), cuja quantidade total produzida nas diferentes épocas depende do tipo de sistema utilizado (LEITÃO-FILHO et al., 1993).

As taxas de produção total de serapilheira podem ser influenciadas pelo porte da vegetação que compõe um sistema ecológico (SONGWE et al., 1988). Além disso, a quantidade de serapilheira depositada pode variar dentro de um mesmo tipo de vegetação, dependendo do grau de perturbação e manejo empregado nas áreas, bem como de fatores como a pluviometria e a época do ano (MARTINS; RODRIGUES, 1999).

O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de serapilheira de sistemas agroflorestais com diferentes idades e composição de espécies.

Metodologia

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na localidade de Quatro Bocas, município de Tomé-Açu, nordeste do Estado do Pará, Amazônia Oriental. A sede do município encontra-se nas coordenadas geográficas 2° 25' 00" S e 48° 09' 00" W. O clima é mesotérmico e úmido, com temperatura média anual de 25 °C e precipitação média anual de 2250 mm. O relevo é pouco acidentado e os solos são representados principalmente por Latossolo Amarelo Distrófico, Gleys pouco úmido eutrófico e distrófico e aluvial eutrófico e distrófico em associação. A vegetação original é Floresta Ombrófila Densa, atualmente alterada, com incidência de áreas de vegetação secundária (RODRIGUES et al., 2001).

O estudo foi realizado na propriedade rural do Sr. Toshihiko Takamatsu, em uma área previamente selecionada onde existem SAFs diversos, de idade e composição diferentes, denominados SAF 1, SAF 2, SAF 3 e SAF 4. Os dados referentes a cada SAF, considerado como tratamento neste estudo, como composição e número de espécies, idade, densidade e tamanho da parcela estão apresentados na Tabela 1. O açaí (*Euterpe oleracea*) é a única espécie presente em todos os tratamentos.

Coleta de Dados

Para avaliação da produção de serapilheira nos sistemas agroflorestais, foram demarcadas 4 parcelas em cada tratamento, totalizando 16 parcelas. As parcelas mediram 25 m x 25 m, com exceção do SAF 3, cujas parcelas mediram 36 m x 36 m, para que fosse possível incluir as duas espécies arbóreas presentes neste tratamento.

Em cada parcela, foram instalados cinco coletores de *litterfall* (Figura 1) com 1 m² de área de coleta (VASCONCELOS et al., 2008). Os coletores foram confeccionados com fio de arame liso e tela com malha de aproximadamente 2mm. De outubro de 2008 a setembro de 2009, o material depositado nos coletores foi recolhido a cada duas semanas e armazenado em sacos de papel. No Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas da EMBRAPA Amazônia Oriental, em Belém, as amostras foram secas ao ar e separadas em material lenhoso e não-lenhoso (frutos, sementes, folhas e flores), sendo as folhas separadas posteriormente do material não-lenhoso. O material de um dado coletor de duas coletas consecutivas foi reunido para compor uma amostra mensal, a qual foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65-70 °C por 48 h e pesada em balança digital com precisão de 0,01 g. Foi calculada a média mensal dos dados obtidos nos coletores de cada tratamento e a correspondente produção anual de serapilheira em cada tratamento. Para avaliação do fluxo de carbono, multiplicou-se a biomassa seca pelo fator 0,5, uma vez que esta biomassa contém aproximadamente 50% de carbono (MONTAGNINI; NAIR, 2004; IPCC, 2007).

Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (SAFs com diferentes arranjos de espécies e idades) e quatro repetições. A comparação entre SAFs permitiu avaliar o efeito da idade e diversidade de espécies no fluxo de carbono e a comparação entre meses permitiu avaliar o efeito do tempo na produção de serapilheira. Foi empregado o programa Sigma Stat versão 2.0 para a análise estatística dos dados. Os efeitos de tratamento, data de coleta e interação entre data de coleta e tratamento sobre a produção de serapilheira, foi testado com análise de variância de dois fatores com medidas repetidas. O teste Tukey foi utilizado para a comparação de médias.

Resultados e Discussão

O aporte de carbono por meio da deposição da serapilheira total foi (média ± erro padrão) 2,54 ± 0,35, 3,56 ± 0,56, 4,31 ± 0,66 e 7,34 ± 0,85 Mg C ha⁻¹, nos SAFs 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Os valores registrados neste estudo foram similares aos encontrados em floresta de terra firme na Amazônia Central por Luizão e Schubart (1986) e em uma floresta tropical úmida no Panamá por Wieder e Wright, (1995). Somente houve diferença significativa do SAF 4 em relação aos demais, que

não se diferenciaram entre si (Figura 2). O SAF 4 possui a mesma idade do SAF 3, porém com composição de espécies diferentes, o que indica ser este fator o mais preponderante na diferença de deposição de serrapilheira, devido à forte presença do componente arbóreo, neste caso o paricá (*Schizolobium amazonicum*).

Dentre as frações da serrapilheira, a que mais contribuiu para a produção total foi o material não-lenhoso (incluindo folhas, material reprodutivo e miscelânea), representando 86,7%, 95,8%, 95,1% e 85,3% do total nos SAFs 1, 2, 3 e 4, respectivamente. O material não-lenhoso, principalmente folhas, representa o compartimento mais importante na maioria dos estudos de produção de serrapilheira em florestas tropicais (BARNES et al., 1998), e essa fração depende principalmente das espécies e da idade das árvores (ZIMMERMANN et al., 2002). O percentual de contribuição da fração não-lenhosa em relação à serrapilheira total registrado neste estudo foi semelhante ao encontrado por Luizão e Schubart (1987), Oliveira (1997) e Martins e Rodrigues (1999). A fração que menos contribuiu para a produção total foi o material lenhoso, representando 13,3%, 4,2%, 4,9% e 14,7% do total nos SAFs 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A produção mensal de serrapilheira das frações folhas e material não-lenhoso apresentou uma distribuição diferenciada ao longo do ano (Figuras 3 e 4). Esta diferença está diretamente relacionada com a precipitação. A estação seca (outubro, novembro e dezembro de 2008 e julho, agosto e setembro de 2009) foi caracterizada pela maior produção de serrapilheira em todos os sistemas estudados, com um total aportado de cerca de 9 Mg C ha⁻¹, enquanto que na estação chuvosa (janeiro a junho de 2009) a soma não superou 6 Mg C ha⁻¹. Muito provavelmente a elevação da temperatura do ar e a redução da disponibilidade de água no solo durante a estação seca (BALIEIRO, 2002) acarretaram um estresse hídrico às espécies, que, em resposta, diminuíram sua superfície de transpiração, via queda de folhas. Estudos de produção de serrapilheira realizados por Luizão e Schubart (1987); Luizão (1989); Rodrigues et al. (2000); Vital et al. (2004) também mostraram máxima produção de serrapilheira no período de seca.

Os SAFs 1 e 2 apresentaram picos de deposição de carbono em folhas no fim da estação seca (novembro), enquanto que os SAFs 3 e 4 apresentaram picos em outubro (Figura 3). Os menores valores de deposição em folhas ocorreram em janeiro, março, maio e agosto para os SAFs 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Figura 3).

Não houve efeito significativo de interação entre tratamento e tempo, porém os efeitos isolados de tratamento e data de coleta foram significativos (Tabela 2). A deposição de serrapilheira foliar (Figuras 3 e 4) e não-lenhosa nos tratamentos 1 e 2 foi significativamente menor do que nos tratamentos 3 e 4 ($p < 0,05$) no período analisado, o que indica que SAF mais jovens tiveram maior deposição de serrapilheira foliar e não lenhosa ao longo do período analisado, não sendo a composição um fator de diferença entre SAFs de mesma idade.

Conclusões

A quantidade de carbono depositada via produção de serapilheira (*litterfall*) difere significativamente em sistemas agroflorestais com idades e composições diferentes. Existe também diferença significativa entre meses dentro de um mesmo tratamento, o que indica que condições externas influem na deposição de carbono.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e espécies que compõem os sistemas avaliados

Tratamento	Nº espécies	Composição (espécies utilizadas)	Idade (anos)	Densidade (plantas .ha ⁻¹)	Dimensões da parcela (m)
1	4	açai (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.); bananeira (<i>Musa cavendishii</i> L.); cacau (<i>Theobroma cacao</i> L.) seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.).	14	1812	25x25
2	7	açai (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.); bananeira (<i>Musa cavendishii</i> L.); cacau (<i>Theobroma cacao</i> L.); macacaúba (<i>Platymiscium trinitatis</i> Benth.); paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke); seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.); taperebá (<i>Spondias mombin</i> L.).	14	1616	25x25
3	4	açai (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.); cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i> L.); mogno brasileiro (<i>Swietenia macrophylla</i> King); teca (<i>Tectona grandis</i> Lf)	9	1383	36x36
4	3	açai (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.); cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i> L.); paricá (<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke).	9	1392	25x25

Tabela 2: Quantidade média mensal de carbono e o erro padrão da estimativa na deposição de serapilheira, na fração folha, em Mg C ha⁻¹, no período de um ano de análise, entre outubro de 2008 e setembro de 2009.

Mês	Deposição de serapilheira foliar (Mg C ha ⁻¹ mês ⁻¹)								Total
	SAF 1		SAF 2		SAF 3		SAF 4		
out	0,14	± 0,02	0,19	±0,11	0,84	±0,38	1,05	±0,33	2,22 a
nov	0,26	± 0,08	0,55	±0,20	0,23	±0,10	0,47	±0,18	1,51 ab
dez	0,07	± 0,01	0,14	±0,01	0,38	±0,19	0,71	±0,25	1,29 ab
jan	0,03	±<0,01	0,27	±0,04	0,16	±0,14	0,53	±0,14	0,99 b
fev	0,05	±0,01	0,29	±0,09	0,05	±0,02	0,52	±0,20	0,91 b
mar	0,05	±0,01	0,08	±0,02	0,15	±0,08	0,37	±0,12	0,65 b
abr	0,10	±0,02	0,27	±0,15	0,21	±0,11	0,62	±0,19	1,21 ab
mai	0,14	±0,02	0,12	±0,01	0,04	±0,01	0,39	±0,03	0,68 b
jun	0,17	±0,02	0,24	±0,02	0,13	±0,02	0,37	±0,01	0,91 b
jul	0,20	±0,03	0,40	±0,09	0,28	±0,09	0,56	±0,26	1,43 ab
ago	0,15	±0,05	0,30	±0,04	0,41	±0,07	0,32	±0,09	1,18 ab
set	0,05	±0,01	0,09	±0,02	0,38	±0,08	0,36	±0,16	0,88 b
Total	1,40 B		2,94 B		3,26 B		6,26 A		13,86

*Letras maiúsculas indicam diferença entre tratamentos e minúsculas entre meses



Figura 1: Instalação dos coletores de *litterfall* em sistema agroflorestal.

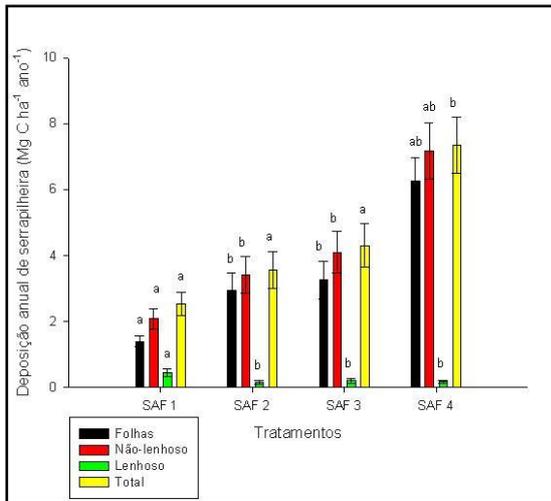


Figura 2: Deposição anual de carbono em diferentes frações de serrapilheira em sistemas agroflorestais com idades e composições diferentes em Tomé-Açu, Pará, (SAF 1: cacau, açai, bananeira e seringueira, 14 anos de idade, SAF 2: cacau, açai, bananeira, seringueira, taperebá, paricá e macacaúba, 14 anos de idade, SAF 3: cupuaçu, açai, teca e mogno, 9 anos de idade, SAF 4: cupuaçu, açai e paricá, 9 anos de idade). Dados são média \pm erro padrão (n=20). Letras diferentes indicam diferença significativa entre SAFs, para uma determinada fração de serrapilheira, ao nível de 5% pelo teste Tukey.

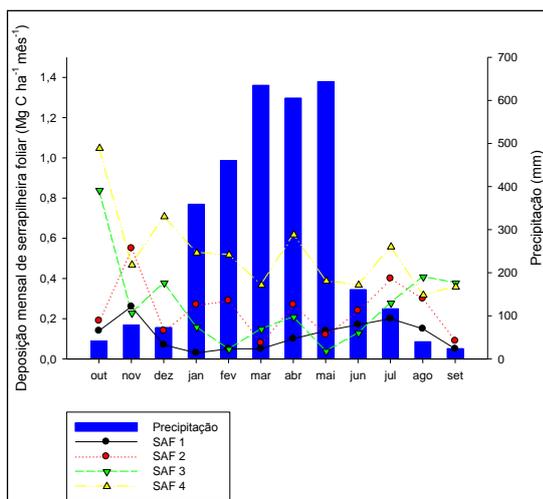


Figura 3: Deposição mensal de serrapilheira foliar x precipitação mensal em sistemas agroflorestais com idades e composições diferentes em Tomé-Açu, Pará, (SAF 1: cacau, açai, bananeira e seringueira, 14 anos de idade, SAF 2: cacau, açai, bananeira, seringueira, taperebá, paricá e macacaúba, 14 anos de idade, SAF 3: cupuaçu, açai, teca e mogno, 9 anos de idade, SAF 4: cupuaçu, açai e paricá, 9 anos de idade). Dados são média (n=20). Foram omitidas as barras de erro para melhor visualização dos dados.

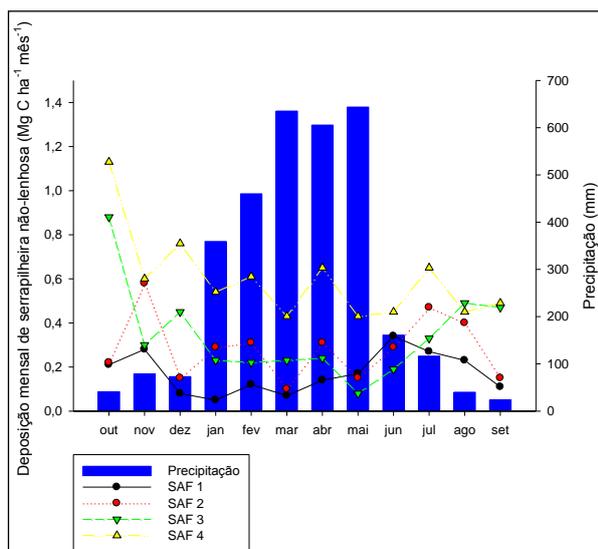


Figura 4: Deposição mensal de serapilheira não-lenhosa x precipitação mensal em sistemas agroflorestais com idades e composições diferentes em Tomé-Açu, Pará, sendo SAF 1 (cacau, açai, bananeira e seringueira, 14 anos de idade), SAF 2 (cacau, açai, bananeira, seringueira, taperebá, paricá e macacaúba, 14 anos de idade), SAF 3 (cupuaçu, açai, teca e mogno, 9 anos de idade) e SAF 4 (cupuaçu, açai e paricá, 9 anos de idade). Dados são média (n=20). Foram omitidas as barras de erro para melhor visualização dos dados.

Referências

BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; FONTES, R.L.F.; DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C. Accumulation and distribution of aboveground biomass and nutrients under pure and mixed stands of *Pseudosamanea guachapele* Dugand and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Journal of Plant Nutrition*, v.25, p.2639-2654. 2002.

BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; Denton, S.R.; Spurr, S.H. *Forest ecology*. New York: Editora John Wiley, 1998. 774p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change*. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 25 de abril de 2009.

LEITÃO-FILHO, H.F.; PAGANO, S.N.; CESAR, O.; TIMONI, J.L.; RUEDA, J.J. 1993. *Ecologia da mata atlântica em Cubatão, SP*. EDUNESP/EDUNICAMP, São Paulo. 1993. 86p.

LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. *Experientia*, v. 43, n. 3, p. 259 – 64. 1987.

LUIZÃO, F.J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. *GeoJournal*, v.19, n.4, p. 407-417. 1989.

LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. *Acta Limnol. Bras*, n.1, p. 575-600. 1986.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no Município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, v.22, n. 3, p. 405-412. 1999.

MARTIUS, C., HOFER, H., GARCIA, M.V.B., ROMBKE, J. ; HANAGARTH, W. Litterfall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. *Nutr.Cycl.Agroecos*, n.68, p.137-154. 2004.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. New York, *Agroforestry Systems*. v.61, p.281-295. 2004.

OLIVEIRA, R.E. *Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba-SP: Silvigênese e ciclagem de nutrientes*. 1997. 85f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo. 1997.

RODRIGUES, T. F. Zoneamento agroecológico de Tomé-Açu, PA. Belém, Embrapa, 2001. 81p.

RODRIGUES, W.A.; KLINGE, H.; FITTKAU, E.J. Estrutura e funcionamento de um ecossistema florestal amazônico de terra firme junto à *Reserva Florestal Walter Egler*, município de Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil. *Acta Biol. Par.*, v. 29, n.1, 2, 3, 4, p. 219-243. 2000.

SONGWE, N.C., FASEHUN, F.E., OKALI, D.U.U. Litterfall and productivity in a tropical rain forest, southern Bankundu forest, Cameroon. *Journal Tropical Ecology*. V.4, p.25-37. 1988.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptussaligna*) em áreas de mineração de bauxita. *Cerne*, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-113. 2001.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ARAUJO, M. M.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CARVALHO, C. J. R.; STAUDHAMMER, C. L.; OLIVEIRA, F. A.. Effects of seasonality, litter removal and dry-season irrigation on litterfall quantity and quality in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 24, p. 1-12. 2008.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A. FRANKEN, W. K. FONSECA, R. C. B. Produção de Serapilheira e Ciclagem de Nutrientes de Uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. Sociedade Brasileira de Investigações Florestais. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800. 2004.

WERNECK, M. S., PEDRALLI, G. & GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. *Revista Brasileira de Botânica*. v. 24, p.195-198. 2001.

WIEDER, K.; WRIGHT, J.S. Tropical forest litter dynamics and dry season irrigation on Barro Colorado island, Panama. *Ecology*, v.76, n.6, p. 1971-1979. 1995.

ZIMMERMANN, S.; BRAUN, S.; CONEDERA, M.; BLASER, P. Macronutrient inputs by litterfall as opposed to atmospheric deposition into two contrasting chestnut forest stands in southern Switzerland. *Forest Ecology and Management*, n161: p289-302. 2002.