



## Dinâmica da massa seca e propriedades químicas da liteira em *Virola surinamensis* e floresta sucessional na Amazônia oriental

### *Dynamics of dry mass and chemical properties of litter in Virola surinamensis and successional forest in eastern Amazon*

Beatriz Cordeiro Costa<sup>1\*</sup>, Patrícia Mie Suzuki<sup>2</sup>, Walmer Bruno Rocha Martins<sup>3</sup>, Vanda Maria Sales de Andrade<sup>4</sup>, Francisco de Assis Oliveira<sup>5</sup>

**Resumo:** Com a expansão das atividades antrópicas, a floresta tropical amazônica tem sofrido intensas transformações. Após a retirada da vegetação há o abandono desses ecossistemas possibilitando a resiliência natural. Com o intuito de acelerar este processo, é realizado o plantio de diversas espécies nativas para favorecer a ciclagem de nutrientes, com o acúmulo de liteira. Portanto, objetivou-se comparar a deposição de massa seca e as propriedades químicas em floresta em estágio sucessional de desenvolvimento (FSU) e plantio de *Virola surinamensis* Rol. (Ward.) (VSU). O experimento foi conduzido na região dos tabuleiros costeiros, na Amazônia oriental, sendo as coletas realizadas quinzenalmente durante três anos. O estudo evidenciou que o ecossistema FSU houve maior quantidade ( $p < 0,05$ ) no estoque de liteira em relação ao VSU. Os resultados da acumulação da liteira foram  $7,94 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e  $6,30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no FSU e VSU, respectivamente. Quanto às propriedades químicas do material depositado, o teor e conteúdo de K e Mn no FSU foram maiores comparando-se ao VSU. Para o Ca e o Mg os teores foram superiores no VSU, entretanto o conteúdo não diferiu entre os dois ecossistemas. Para o FSU o teor e conteúdo de Fe foram menores, enquanto que para estas mesmas variáveis, Cu e Zn pouco divergiram na floresta e no monocultivo. O acúmulo de liteira e a maioria do conteúdo de nutrientes apresentam valores superiores em floresta sucessional devido à diversidade florística e estrutural das espécies envolvidas.

**Palavras-chave:** Aporte de serapilheira; Diversidade florística; Ecossistema sucessional; Estoque de cátions.

**Abstract:** With the expansion of anthropogenic activities, the Amazon Rain Forest has suffered sweep changes. After the removing of vegetation, there is an abandonment of the ecosystems, allowing a natural resilience. In order to accelerating this process, it is performed the planting of several native species, to promote the nutrient cycling with the deposition of litter fall. Therefore, the objective of this research is to compare the dry mass deposition and the chemical properties in a successional forest ecosystem (FSU) and in *Virola surinamensis* Rol. (Ward.) (VSU) ecosystem. The experiment was conducted in the coastal tableland of lower in eastern Amazon, and the litter samples taken every two weeks for three years. The study showed that the FSU forest floor were significantly higher ( $p < 0.05$ ) than the VSU in the stock of litter. The results of forest floor accumulation was  $7.94 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  and  $6.30 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  to FSU and VSU, respectively. About chemical properties of litter, K and Mn concentration and content were higher than VSU. To Ca and Mg the concentration was superior in VSU, but the content was not different to two ecosystems. The content and concentration of Fe in FSU, were smaller, and to the same variables, Cu and Zn were not different in the forest and in the monoculture. The deposition of litter and great of elements content showed higher values to successional forest ecosystem because of structural and floristic diversity of species.

**Key words:** Deposition of litter; Floristic diversity; Successional ecosystem; Exchange bases.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 19/08/2016; aprovado em 11/02/2017

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém; (91) 32462360, [biacordeirocosta@gmail.com](mailto:biacordeirocosta@gmail.com)

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, [patty-mie@hotmail.com](mailto:patty-mie@hotmail.com)

<sup>3</sup>Doutorando em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, [walmerbruno@yahoo.com.br](mailto:walmerbruno@yahoo.com.br)

<sup>4</sup>Doutora em Agrometeorologia, Universidade Federal Rural da Amazônia, [vandaandrade.ufra@gmail.com](mailto:vandaandrade.ufra@gmail.com)

<sup>5</sup>Doutor em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal Rural da Amazônia, [fdeassis.lab@gmail.com](mailto:fdeassis.lab@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

O grande cenário o qual vem sendo conduzida a floresta amazônica, devido a ação antrópica, nas últimas décadas, vem mostrando grandes modificações principalmente pelas atividades agrícolas, abertura de estradas e sobretudo pela expansão da pecuária extensiva (ROSA et al., 2013). Com o tempo, após o abandono desses ecossistemas em diferentes estágios de alteração, o processo de restauração natural tem se tornado comum. Aliado a isso, os plantios de espécies nativas e exóticas para enriquecimento vêm crescendo continuamente neste cenário, visando tornar as florestas mais produtivas e biodiversas novamente (SOUZA et al., 2010).

Além dos produtos oriundos dos ecossistemas florestais amazônicos, os serviços ecossistêmicos são importantes e necessários para o bem-estar dos seres vivos, dentre eles, a ciclagem de nutrientes através da liteira tem sido alvo de inúmeros estudos nos trópicos (BECKER et al., 2015; WANG'ONDU et al., 2014). Em diversas condições ambientais dentro da interação solo-planta-atmosfera, a liteira corresponde à matéria orgânica total depositada no solo, sendo originada principalmente de folhas, ramos, galhos, frutos e flores (LUIZÃO, 2007), os quais ao caírem se decompõem e fornecem nutrientes para o solo (GARTNER; CARDON, 2004).

Esse processo é fundamental para compreensão do sistema biogeoquímico e manutenção dos ecossistemas florestais (PARSONS et al., 2014), sobretudo em zonas tropicais em que a precipitação média e as temperaturas são elevadas e a fertilidade natural dos solos – é baixa (SCHUBART et al., 1984). Com isso, o controle da disponibilidade de nutrientes e regulação biótica em ecossistemas alterados torna-se um importante e complexo mecanismo de retroalimentação que varia de acordo com a composição das espécies vegetais, as condições climáticas e a interação entre elas (BILBY; HEFFNER, 2016).

A produção de liteira em florestas tropicais é elevada quando comparada a florestas temperadas (ZHANG et al., 2014), principalmente nos estágios sucessionais iniciais (AKÉ-CASTILLO et al., 2006). Seu equilíbrio dinâmico ocorre quando os ecossistemas estão atingindo um estágio clímax de desenvolvimento florestal. Essa transição altera o fluxo deposicional de liteira e propicia o crescimento da atividade biológica, aumentando a taxa de oxidação da matéria orgânica, resultando na redução de liteira acumulada na superfície do solo (LOPES et al., 2009).

Devido ao grande interesse dos estudos referentes ao fluxo de liteira em ecossistemas na Amazônia (ALMEIDA et al., 2015), é necessário que haja maior verificação da contribuição em diferentes regimes de uso do solo. Em igapó e várzea a *Virola surinamensis* (Ward.), ou popularmente conhecida como Ucuúba, tem grande importância econômica devido ao seu potencial genético e à baixa densidade da madeira, tornando-a uma espécie vulnerável, segundo o site do Reflora Brasil (CNCFlora, 2012).

Na tentativa de explicação e entendimento dessas diferenças foi examinada a hipótese de que o ecossistema em estágio sucessional proporciona um aumento na produção de liteira e elementos químicos. Isso pode ser explicado em decorrência da predominância de espécies pioneiras de rápido crescimento, o que ocasiona intensa concorrência por recursos – principalmente radiação solar – permitindo a morte de indivíduos e com isso, a contínua ciclagem de nutrientes

(CHAZDON, 2012). Dessa forma, objetivou-se comparar a deposição de massa seca de liteira e as propriedades químicas em floresta sucessional de desenvolvimento (FSU) e plantio de *Virola surinamensis* (VSU).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em um ecossistema de FSU (1°18'6"S, 48°26'35"W) e plantio de VSU (1°18'14"S, 48°26'47"W), localizados na região dos tabuleiros costeiros de interflúvio do baixo rio Benfica, entre os rios Ananí e Piraíba, no município de Belém, estado do Pará. Essas áreas de estudos apresentam histórico de exploração madeireira seletiva dos remanescentes de florestas primárias. Modificado com o início das atividades silviculturais da empresa florestal Eidai do Brasil Madeiras S.A. com plantios de espécies nativas, como *Virola surinamensis* para produção de madeira.

O clima da região é Afi (Köppen), com ausência de estação seca definida e precipitação do mês menos chuvoso – mês de outubro – igual ou superior a 60 mm. A precipitação média anual varia de 2.500 a 3.000 mm (ALVARES, 2013).

Os solos são classificados em Latossolo Amarelo distrófico (LAd) no ecossistema de VSU e Latossolo Amarelo distrófico endoconcrecionário (LAdc) no ecossistema FSU respectivamente, com características químicas semelhantes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Propriedades químicas dos solos na profundidade de 0,20 m nos ecossistemas de plantio de *Virola surinamensis* (VSU) e floresta em estágio sucessional de desenvolvimento (FSU). Onde: CTC: Capacidade de troca catiônica.

Atributos químicos	Unidade	Ecossistemas	
		VSU	FSU
pH	H <sub>2</sub> O	4,60	4,35
	KCl	4,45	4,05
Ca	cmol.c.dm <sup>-3</sup>	0,03	0,03
Mg		0,02	0,02
K		0,03	0,02
Na		0,03	0,03
S		0,10	0,09
Al		1,26	1,26
H		9,65	3,57
CTC		11,01	4,92
V		0,90	2,05
M		%	92,95
C	3,17		3,17
N	0,27		0,27
P	mg.dm <sup>-3</sup>		2,94
C:N		11,80	11,75

O plantio de VSU foi realizado em espaçamento 5 x 5 m (400 árvores.ha<sup>-1</sup>), apresentando 26 anos de idade. O sub-bosque do VSU teve predominância de *Pariaria campestris* (Poaceae) e pioneiras como *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) e *Vismia guianensis* (Hypericaceae).

O FSU apresenta idade de 30 anos pós intervenção antrópica e é constituído por aproximadamente 109 espécies florestais por hectare, com DAP (diâmetro a altura do peito de 1,30 m do nível do solo) maior que 10 cm. A elevada diversidade de espécies é evidenciada pelos valores dos índices de Shannon-Winer (H' = 4), equabilidade de Pielou (J

= 0,85) e Simpson (C = 0,03), sendo consistentes com ecossistemas de alta diversidade na região (VIEIRA, 1996).

As dez espécies com os maiores índices de valor de importância (IVI%) foram *Pourouma guianensis* Aubl. (24,46); *Couratari oblongifolia* Ducke & R.Knuth (16,44); *Fagara guianensis* Lam. (7,77); *Symphonia globulifera* L.f. (6,44); *Protium polybotrium* (Turcz) Engl. (6,08); *Coussarea paniculata* M. Vahl Standl. (5,66); *Sterculia pruriens* (Aubl.) K. Schum (5,62); *Inga alba* (Sw.) Willd (5,62); *Cecropia obtusa* Tréc. (5,29) e *Byrsonima crispera* A. Juss. (4,72).

A coleta da liteira foi realizada quinzenalmente entre junho de 1996 e maio de 1999, totalizando 3 anos de experimento. Os coletores possuíam 1 m<sup>2</sup> e altura de 0,10 m, suspensos a 0,3 m da superfície do solo. As amostras foram secas a 70 °C em estufa de circulação forçada até obtenção de massa constante, após 72 horas. Depois de secas, amostras de liteira foram triadas em duas frações: não-lenhosa (folha, flor, semente, fruto e miscelânea) e lenhosa (ramos e galhos).

As amostras foram moídas em moinho Willey, com uso de malha de 1,0 mm e armazenadas em frascos de vidro. Foram retiradas subamostras de 0,5 g para análise química dos elementos K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn. A extração desses elementos foi realizada com digestão úmida (sistema aberto) utilizando-se o extrator duplo-ácido HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> (MIYAZAWA et al., 1999).

Os elementos Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn foram determinados a partir do extrato, por meio de espectrofotometria de absorção atômica e o K por fotometria de chama (MIYAZAWA et al., 1999). A transferência de nutrientes para o solo foi realizada pela multiplicação das concentrações médias dos elementos pelos valores de massa seca da liteira.

O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados, com medidas repetidas no tempo. Cada ecossistema continha 4 blocos e 5 repetições de coletores de liteira deposicional. Com isso, os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de D'Agostino e em seguida à análise de variância (ANOVA) e em caso de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste "t" de Student a 5% de probabilidade de erro. Para as análises estatísticas e elaboração de gráficos utilizou-se respectivamente o software SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 10.0 e SigmaPlot 10.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deposição total de liteira no solo foi maior no FSU, com média de 7,94 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto que o VSU alcançou o valor médio de 6,30 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2.** Deposição total de liteira nos ecossistemas de *Virola surinamensis* (VSU) e floresta sucessional (FSU) na região dos tabuleiros costeiros do baixo rio Benfica, estuário guajarinó na Amazônia oriental.

Fração	Ecossistema			
	VSU (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	(%)	FSU (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	(%)
Não lenhosa	5,04 ± 0,30 b	80,0	6,30 ± 0,30 a	77,1
Lenhosa	1,26 ± 0,20 b	20,0	1,82 ± 0,20 a	22,9
Total	6,30 ± 0,30 b	100,0	7,94 ± 0,40 a	100,0

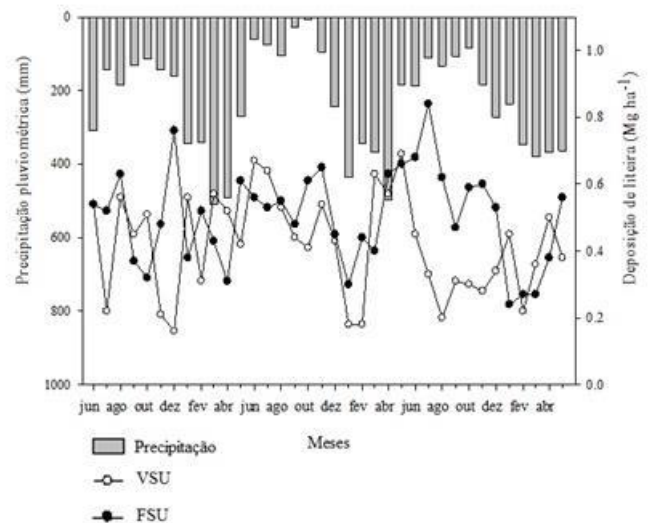
Valores na horizontal seguidas por letras desiguais diferem significativamente pelo teste t (p < 0,05).

Essa diferença de produtividade entre os ecossistemas pode estar associada à riqueza florística e diversidade estrutural do FSU, ocasionando maior produção de liteira em relação ao monocultivo (KOTOWSKA et al., 2016).

No VSU a partição da liteira não-lenhosa representou 80% do total depositado durante o experimento. No FSU a distribuição relativa dessas frações foi de 77,1% na liteira não-lenhosa e 22,9% na liteira lenhosa (Tabela 2). Essa característica é consistente com outros estudos realizados na Amazônia, em que a fração foliar, principal componente da liteira não-lenhosa, é a mais representativa nesses ecossistemas (SELVA et al., 2007; SANCHES et al., 2008; ALMEIDA et al., 2015).

A deposição do material orgânico variou com a sazonalidade, o que evidenciou a diminuição da liteira no período de maior precipitação pluviométrica – de janeiro a maio – e o maior fluxo no período de menor precipitação – de junho a dezembro. Entretanto, no período menos chuvoso de 1997, a deposição não foi elevada. Condição vivenciada com uma grande influência do fenômeno El Niño que segundo Carvalho (2013), foi um ano de El Niño forte. Com isso, houve redução das chuvas no período considerado chuvoso, o que, consequentemente, afetou a deposição desse material orgânico (Figura 1).

**Figura 1.** Variação mensal da precipitação pluviométrica e da liteira foliar durante 3 anos no ecossistema de floresta sucessional (FSU) e *Virola surinamensis* (VSU) na região dos tabuleiros costeiros do baixo rio Benfica no estuário guajarinó, Amazônia oriental (junho de 1996 a maio de 1999).



Em alguns períodos, percebe-se que a deposição de liteira entre os ecossistemas diverge consideravelmente, o que está atribuído a um padrão fenológico distinto, com sincronismo bem definido no ecossistema de VSU (Figura 1). Zalamea e González (2008) estudando o fluxo de liteira de 32 espécies de maneira individual na Costa Rica, observaram que cada espécie apresenta característica distinta de produção de liteira, mesmo em condições edafoclimáticas semelhantes.

Quanto às análises químicas, o teor e conteúdo de K no FSU foi superior ao VSU (Tabela 3). Atribui-se esse resultado à hipótese do efeito da maior diversidade estrutural e funcional que contribuiu para o enriquecimento desse elemento químico altamente móvel na planta (KIMMINS, 1997). Esses

resultados corroboram com os de Gama-Rodrigues et al. (2008) que encontraram maiores valores de K em ecossistemas mais diversos em espécies florestais. Além

disso, este elemento no VSU é retranslocado de modo mais eficiente pela planta antes da abscisão foliar para os órgãos vegetativos mais novos.

**Tabela 3.** Resultados comparativos do teor e conteúdo dos elementos químicos da liteira total dos ecossistemas de *Virola surinamensis* (VSU) e de floresta sucessional (FSU) de tabuleiros costeiros.

Ecossistema	Teor						
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
	g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>			
VSU	4,43 b	15,39 a	3,64 a	62,68 b	77,21 a	43,35	41,00
FSU	4,49 a	13,81 b	2,97 b	123,92 a	27,29 b	45,75	39,38

Ecossistema	Conteúdo						
	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
	kg ha <sup>-1</sup>						
VSU	18,48 b	57,96	13,08	0,21 b	0,30 a	0,12	0,12 b
FSU	25,56 a	58,08	13,80	0,50 a	0,15 b	0,17	0,15 a

Médias na vertical seguidas por letras desiguais diferem significativamente pelo teste t (p < 0,05).

O Ca e o Mg apresentaram teores superiores no VSU, no entanto, não diferiram do FSU quanto ao conteúdo (Tabela 3). Esses valores são superiores aos encontrados com a mesma espécie no município de Manaus-AM, Brasil (NEVES et al., 2001). Quanto aos micronutrientes, o Cu e o Zn pouco variaram (Tabela 3). Esses valores de Zn nos dois ecossistemas foram compatíveis com os resultados encontrados em florestas na Amazônia central (LUIZÃO, 1995).

Os resultados de produção de liteira e nutrientes estão próximos encontrados por outros trabalhos realizados em florestas tropicais (Tabela 4). Zhang et al. (2014) em uma extensa revisão sobre a produção de liteira pelo mundo, encontrou valor médio de 7,0 Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> para florestas tropicais. No entanto, a deposição de liteira, assim como de nutrientes, pode variar consideravelmente de um ano para o outro, e os fatores climáticos afetam diretamente esse padrão, principalmente a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica (LUIZÃO, 2007).

**Tabela 4.** Resultados comparativos de estimativas de deposição de liteira (Mg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>) e conteúdo de K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn (Kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>) na liteira total em diferentes ecossistemas de florestas tropicais naturais e plantadas.

Ecossistema / Local	Liteira (Mg ha <sup>-1</sup> )	Conteúdo (Kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )							Autor
		K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	
Ecossistema de Floresta Madura, Amazônia	8,0	28,00	115,00	15,90					Dantas e Phillipson, 1989
Ecossistema de Floresta Sucessional Jovem, Amazônia	5,0	37,00	106,00	12,60					Dantas e Phillipson, 1989
Ecossistema de Floresta Tropical Maracá, Amazônia	9,3	48,50	63,70	23,80					Scott et al. 1992
Ecossistema de Floresta de Campina Manaus, Amazônia	4,1	5,80	14,30	7,50	0,37	0,73	0,10	0,11	Luizão, 1995
Ecossistema de Campinarana Manaus, Amazônia	5,3	5,60	21,40	6,70	0,27	0,57	0,02	0,09	Luizão, 1995
Ecossistema de Floresta Tropical Manaus, Amazônia	5,3	9,40	14,20	9,10	0,86	1,14	0,03	0,13	Luizão, 1995
Ecossistema de Floresta Tropical Guiana Inglesa (Guyana)	5,3	16,20	55,00	12,50					Brouwer, 1996
Ecossistema de <i>Tapirira guianensis</i> Amazônia	4,8	9,30	93,60	12,90					Correa et al. 1997
Ecossistema de <i>Eucalyptus citriodora</i> , Amazônia	2,6	3,70	17,60	3,20					Correa et al. 1997
Ecossistema Florestal Sucessional (9 anos), Amazônia	4,5	6,60	41,30	10,50					Mochiutti et al. 2006
Ecossistema de <i>Sclerolobium paniculatum</i> (9 anos), Amazônia	9,6	5,60	26,40	10,00					Mochiutti et al. 2006
Ecossistema Floresta Sucessional (35 anos), Amazônia	7,9	25,56	58,08	13,80	0,50	0,15	0,17	0,15	Este estudo
Ecossistema de <i>Virola surinamensis</i> (30 anos), Amazônia	6,3	18,48	57,96	13,08	0,21	0,30	0,12	0,12	Este estudo

Os conteúdos de Ca nos dois ecossistemas não diferiram entre si e foram os que apresentaram maior concentração em relação aos outros cátions, com os maiores valores correspondentes aos meses de maior precipitação pluviométrica (Figura 1). Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Protill et al. (2009), em que o Ca correlacionou-se positivamente com a chuva no município de Paranaguá-PR, Brasil. Isso ocorre devido à sua baixa mobilidade em relação aos demais elementos e sua maior concentração no solo (VILLA et al., 2016). O retorno do Ca para o solo é importante como regulador do pH da superfície do perfil, proporcionando condições adequadas para o crescimento vegetal (VANLAUWE et al., 2005).

Os valores de teor e conteúdo do Mn foram maiores em FSU, o que foi consistente com os resultados em ecossistemas similares na Amazônia (LUIZÃO, 1995). Esse cátion tem mobilidade intermediária na planta, com local de acumulação preferencial na folha (LARCHER, 1975), o que explica em parte, a aderência do elemento à liteira do FSU (Tabela 3).

O conteúdo e teor de Fe no VSU ocorreu com superioridade em relação ao FSU, porém abaixo dos valores constatados na Amazônia ocidental (GOLLEY et al., 1980). A maior transferência de Fe na *V. surinamensis* pode indicar a chance dessa espécie ser acumuladora desse cátion (Tabela 4). A transferência deste elemento no VSU ocorre pela sua maior concentração na folha da *Virola* (LARCHER, 1975).

## CONCLUSÕES

Na avaliação da deposição da massa seca de liteira dos ecossistemas analisados, o VSU apresentou menor deposição total de liteira em relação ao FSU, devido à riqueza florística e diversidade funcional do mesmo.

A maior precipitação influenciou na menor deposição de liteira, com exceção do ano de 1997, que em análise as condições adversas do tempo e do clima ficou evidenciado a influência do fenômeno El Niño neste ano na deposição.

Quanto às propriedades químicas do material orgânico, constatou-se que o teor e conteúdo de K e Mn no FSU foram maiores quando comparados ao VSU, em razão da maior diversidade florística e estrutural da floresta sucessional.

Para o Ca e o Mg os teores foram superiores no VSU, entretanto o conteúdo não diferiu entre os dois ecossistemas. Para o FSU o teor e conteúdo de Fe foram menores, enquanto que para estas mesmas variáveis, Cu e Zn pouco divergiram na floresta e no monocultivo.

## REFERÊNCIAS

AKÉ-CASTILLO, J. A.; VÁZQUEZ, G.; LÓPEZ-PORTILLO, J. Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the Southern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia*, v.559, n.1, p.101-111, 2006.

ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. 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. *Acta Amazonica*, v.45, n.2, p.157-166, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, L. J.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate

classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

BECKER, J.; PABST, H.; MNYONGA, J.; KUZYAKOV, Y. Annual litterfall dynamics and nutrient deposition depending on elevation and land use at Mt. Kilimanjaro. *Biogeoscience*, v.12, p.5635-5646, 2015.

BILBY, R. E.; HEFFNER, J. T. Factors influencing litter delivery to streams. *Forest Ecology and Management*, v.369, n.1, p.29-37, 2016.

BROUWER, L. C. Nutrient cycling in pristine and logged tropical rain forest: a study in Guyana. Utrecht, Tropenbos Guyana. 1996. 224p. (Tropenbos Guyana Series 1)

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; PORPIRIO, A. C. S. Ocorrência de períodos secos da região de rio largo, Alagoas, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28, n.2, p.173-180, 2013.

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, v.7, n.3, p.195-218, 2012.

CNCFlora. *Virola surinamensis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Virola surinamensis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Virola_surinamensis)>. Acesso em 14 fevereiro 2017.

CORREA, C. A.; DIAS, A. C. C. P.; OLIVEIRA, F. de A. Fluxo de liteira e teores de nutrientes de *Tapirira guianensis* Aubl na Amazônia Oriental. *Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*, v.27, p.89-103, 1997.

DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian "terra firme" rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, v.5, p.27-36, 1989.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. *Revista Brasileira do Solo*, v.32, n.3, p.1165-1179, 2008.

GARTNER, T. B.; CARDON, Z. G. Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos Journal*, v.104, n.2, p.230-246, 2004.

GOLLEY, F. B.; YANTKO, J.; RICHARDSON, T.; KLINGE, H. Biogeochemistry of tropical forests: 1. The frequency distribution and mean concentration of selected elements in a forest near Manaus. Brazil. *Tropical Ecology*, v.21, n.1, p.59-70, 1980.

KOTOWSKA, M. M.; LEUSCHNER, C.; TRIADIATI, T.; HERTEL, D. Conversion of tropical lowland forest reduces nutrient return through litterfall and alters nutrient use efficiency and seasonality of net primary production. *Oecologia*, v.180, n.2, p.601-618, 2016.

- KIMMINS, J. P. *Forest Ecology: a foundation for sustainable management*. Upper Saddle River. Prentice Hall, 1997. 596p.
- LARCHER, W. *Physiological Plant Ecology*. 1 ed. Berlin: Springer-Verlag. 1975. 502p.
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; LOBATO, F. A. O.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. *Boa Vista, Revista Agro@mbiente*, v.3, n.2, p.72-79, 2009.
- LUIZÃO, F. J. *Ecological Studies in contrasting forest types in central Amazonia*. Stirling. University of Stirling, 1995. 298p.
- LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças climáticas. *Ciência e Cultura*, v.59, n.3, p.31-36, 2007.
- MARTORANO, L. G.; PERREIRA, L. C.; CÉZAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (KÖPPEN) e Deficiência Hídrica (THORNTHWHITE, MATHER). Belém, SUDAM/EMBRAPA, SNLCS. p.53, 1993.
- MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JUNIOR, N. J. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de taxi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.52, p.3-20, 2006.
- NEVES, E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.43, p.47-60, 2001.
- PARSONS, S. A.; CONGDON, R. A.; LAWLER, I. R. Determinants of the pathways of litter chemical decomposition in a tropical region. *New Phytologist*, v.203, n.3, p.873-882, 2014.
- PROTIL, C. Z.; MARQUES, R.; PROTIL, R. M. Variação sazonal e redistribuição de bioelementos de quatro espécies arbóreas em três tipologias florestais de Floresta Atlântica do Paraná. *Floresta*, Curitiba, v.39, n.3, p.699-717, 2009.
- ROSA, I. M. D.; PURVES, D.; JÚNIOR, C. S.; EWERS, R. M. Predictive modelling of deforestation in the Brazilian Amazon. *Plos One*, v.8, n.10, 2013.
- SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. *Journal of Geophysical Research*, v.113, n.4, p.1-9, 2008.
- SCHUBART, H. O. R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F. J. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, v.2, n.10, p.26-32, 1984.
- SCOTT, N. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil: II. Litter and nutrient cycling. *Journal of Ecology*, v.80, n.4, p.705-717, 1992.
- SELVA, E. C.; COUTO, E. G.; JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J. Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of the southern Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, v.23, n.3, p.329-335, 2007.
- SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. *Acta Amazônica*, v.40, n.1, p.127-134, 2010.
- VANLAUWE, B.; AIHOU, K.; TOSSAH, B. K.; DIELS, J.; SANGINGA, N.; MERCKX, R. Senna siamea trees recycle Ca from a Ca-rich subsoil and increase the topsoil pH in agroforestry systems in the West African derived savanna zone. *Plant and Soil*, v.269, n.1, p.285-296, 2005.
- VIEIRA, I. C. G. *Forest succession after shifting cultivation in eastern Amazonia*. Stirling, University of Stirling. 1996. 210 p.
- VILLA, E. B.; PEREIRA, M. G.; ALONSO, J. M.; BEUTLER, S. J.; LELES, P. S. S. Aporte de serapilheira e nutrientes em áreas de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. *Floresta e Ambiente*, v.23, n.1, p.90-99, 2016.
- WANG'ONDU, V. W.; BOSIRE, J. O.; KAIRO, J. G.; KINYAMARIO, J. I.; MWAURA, F. B.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N. *Restoration Ecology*, v.22, n.6, p.824-831, 2014.
- ZHANG, H.; YUAN, W.; DONG, W.; LIU, S. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. *Ecological Complexity*, v.20, p.240-247, 2014.
- ZALAMEA, M.; GONZÁLEZ, G. Leaf fall phenology in a subtropical wet forest in Puerto Rico: from species to community patterns. *Biotropica*, v.40, n.3, p.295-304, 2008.