

Biomassa, macronutrientes e carbono Orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES.

Biomass, macronutrients and organic carbon in the litter in a section of submontane seasonal semideciduous forest, E.S.

Tiago de Oliveira Godinho¹, Marcos Vinicius Winckler Caldeira²,
Jônio Pizzol Caliman³, Luiz Carlos Prezotti⁴, Luciano Farinha Watzlawick⁵,
Humberto Carlos Almeida de Azevedo⁶ e José Henrique Tertulino Rocha⁷

Resumo

O presente estudo teve por objetivos quantificar o aporte anual de serapilheira, macronutrientes e carbono orgânico em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, no Município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), verificar a variação temporal de deposição de serapilheira e macronutrientes; e investigar a existência de correlações entre as variáveis climáticas e características estruturais da vegetação e a produção de serapilheira. A amostragem da serapilheira depositada foi realizada em 12 parcelas de área fixa (20 m x 50 m), sendo as mesmas distribuídas de forma sistemática no campo, totalizando 1,2 ha de área amostrada. Em cada uma das 12 parcelas foram distribuídos cinco coletores de forma sistemática, totalizando 60 coletores, onde foi realizada a coleta mensal do material depositado sobre os coletores. Após a coleta, as amostras foram levadas imediatamente para o laboratório, onde foram separadas nas frações folhas/miscelâneas e galhos. Determinaram-se os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e carbono orgânico (C_{org}). O estudo da deposição de serapilheira na floresta foi analisado segundo o delineamento em blocos casualizado, com 12 tratamentos (meses do ano) e 12 repetições (para efeito de cálculo, os coletores na parcela foram unidos, formando 1,25 m² de coleta, e cada parcela tornou-se um bloco). A deposição de serapilheira mostrou-se sazonal, com maiores produções ocorrendo no final da estação seca, produzindo no decorrer de um ano 9,3 Mg ha⁻¹, sendo a fração de maior deposição a folhas/miscelâneas, que representou 89,0% da deposição total. Observou-se pequena variação nos teores de macronutrientes no decorrer do ano, sendo o cálcio e o fósforo respectivamente o macronutriente encontrado em maior e menor teor e conteúdo em todas as frações do estudo. Ocorreu um retorno total de 506,62 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de macronutrientes.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes; mata nativa; retorno de macronutrientes.

Abstract

This study aimed at quantifying the annual production of litter, macronutrients and organic carbon in a section of Submontane Seasonal Semideciduous Forest in the municipality of Cachoeiro de Itapemirim (ES); checking the temporal variation of litter and macronutrients; and investigating the correlations between climatic variables and vegetation structure and litter production. A sampling of deposited litter was taken in 12 fixed area plots (20 m x 50 m), and was distributed systematically in the field, totaling 1.2 ha of sampled area. In each of the 12 plots five collectors were distributed in a systematic way with a total of 60 collectors, which were collected monthly for material deposited in the collectors. After collection, samples were

¹Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Doutorando em Recursos Florestais. USP – Universidade de São Paulo – ESALQ - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais. Pesquisador INCAPER, BR 101 Norte, Km151, Caixa Postal 62, 29915-140, Linhares, ES. E-mail: godinhoto@hotmail.com

²Professor Doutor. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Alto Universitário, s/n. CP 16, Alegre, E.S. CEP: 29500-000 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: caldeiaromv@pq.cnpq.br

³Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciência Florestal, bolsista CNPQ. UFV - Universidade Federal de Viçosa. Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa/MG. E-mail: jpcaliman@gmail.com

⁴Pesquisador Doutor. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Rua Afonso Sarlo, n° 160, Bento Ferreira, Vitória, E.S. CEP: 29052-010. E-mail: prezotti@incaper.es.gov.br

⁵Professor Doutor. UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste. Setor de Ciências Agrárias e Ambientais. Rua Salvador Renna, Padre Salvador, n° 875, Santa Cruz, Guarapuava, PR. CEP: 85015-430 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: luciano.watzlawick@pq.cnpq.br

⁶Graduando em Engenharia Agrônoma, UFES - Universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciências Agrárias, Alto Universitário, s/n. Caixa Postal: 16, Alegre, E.S. CEP: 29500-000. E-mail: hcazevedo.agro@gmail.com

⁷Mestrando em Recursos Florestais, bolsista CAPES. USP – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP, Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP. E-mail: rocha.jht@gmail.com

taken immediately to the laboratory where they were separated into fractions of leaves/miscellaneous and branches. The levels of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S) and organic carbon (OC) were determined. The study of the deposition of litter in the forest was analyzed according to the randomized block design, with 12 treatments (months of the year) and 12 repetitions (for calculation purposes, the collectors in the plot were united, totaling 1.25 m² of collection, and each portion became a block). The deposition of litter was found to be seasonal, with higher production occurring at the end of the dry season, producing in the course of one year 9.3 Mg ha⁻¹ being the largest fraction of deposition leaves/miscellaneous, which represented 89.0% of the total deposition. For litter there was little variation in the levels of macronutrients throughout the year; and calcium and phosphorus, respectively, were the nutrients found in highest and lowest levels in all fractions of the study. There was a total return of 506.62 kg ha⁻¹.year⁻¹ of macronutrients.

Keywords: nutrient cycling; native stands; return of macronutrients.

INTRODUÇÃO

De acordo com Olson (1963), serapilheira é a camada de resíduos orgânicos que se acumulam sobre o solo dos ecossistemas florestais, sendo constituídos por folhas, gravetos, ramos, caules, frutos, flores, sementes, partes vegetais não identificadas, além de corpos e dejetos de animais. A serapilheira desempenha dois dos maiores papéis nos ecossistemas florestais: primeiro, a queda de serapilheira é parte inerente do ciclo de nutrientes, e segundo, a serapilheira forma uma camada protetora na superfície do solo que regula as condições microclimáticas (SAYER, 2005; CALDEIRA *et al.*, 2010; CALDEIRA *et al.*, 2008).

De acordo com Golley *et al.* (1978) e Vitousek e Sanford (1986) fazem parte do processo de ciclagem de nutrientes a deposição, acúmulo e decomposição do material vegetal. A deposição é o processo pelo qual a serapilheira do sistema vegetal se deposita na superfície do solo (CUEVAS; MEDINA, 1986; CALDEIRA *et al.*, 2010; CALDEIRA *et al.*, 2008).

A quantidade de serapilheira aportada ou acumulada varia em função da tipologia vegetal e da condição climática. Vários fatores, abióticos e bióticos, afetam a produção de serapilheira, como tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, herbivoria, deciduidade, estágio sucessional, evapotranspiração, disponibilidade hídrica e características do solo (BRUN *et al.*, 2001; CALDEIRA *et al.*, 2008; FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003).

A produção de serapilheira é considerada como o mais importante fluxo do ciclo do carbono no solo, movimentando nutrientes da vegetação para o solo, onde podem se acumular nos horizontes orgânicos ou serem incorporados ao solo mineral e, assim, podem ser reaproveitados pela vegetação (DELITTI, 1984; KÖNIG *et al.*, 2002). Em estudo realizado por Watzlawick *et al.* (2012) em uma Floresta Ombrófila Mista Montana no Paraná, os autores relatam que mais de 85% da

biomassa total e do carbono orgânico total estão estocados na estrutura vegetal acima do solo, sendo o estoque total de carbono orgânico de 104,7 Mg ha⁻¹, demonstrando a importância da manutenção e preservação desses ecossistemas naturais como forma de manutenção desse estoque de carbono orgânico fixado na biomassa vegetal. Para Vital *et al.* (2004), é através da produção de serapilheira que ocorre parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal, sendo ela considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação (nutrientes) para o solo (CALDEIRA *et al.*, 2010; CALDEIRA *et al.*, 2008).

Trabalhos relacionados com a produção e acúmulo de serapilheira fornecem subsídios para um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes. Além disso, permitem a geração de informações que ajudem na escolha de espécies florestais para a formação de maciços, através da sazonalidade, da quantidade e da qualidade da serapilheira produzida, quando suas características químicas e físicas forem relevantes para a melhoria do solo e da cadeia alimentar resultante dos detritos por elas gerados (CALDEIRA *et al.*, 2008).

Por meio dessas avaliações, pode-se obter um conjunto de informações que podem contribuir para um melhor conhecimento do bioma e funcionar também como ferramenta no planejamento do manejo a ser adotado, principalmente em regiões fortemente antropizadas e em via de degradação, a fim de gerar conhecimento básico para futuros trabalhos visando a sua recuperação. Nesse contexto, este estudo teve por objetivos quantificar o aporte anual de serapilheira, macronutrientes e carbono orgânico em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, no Município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), verificar a variação temporal de deposição de serapilheira e macronutrientes; e investigar a existência de correlações entre as variáveis climáticas e características estruturais da vegetação e a produção de serapilheira.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Cafundó que está situada na Fazenda Boa Esperança, no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES (Figura 1), localizada em cotas de 100 a 150 m de altitude (IBGE, 1987). A RPPN Cafundó possui 517 hectares (Latitude 20°43'S - Longitude 41°13'W).

O clima da região na qual foi realizado o estudo enquadra-se, de acordo com a classificação de Köppen, no tipo Cwa, apresentando chuva mal distribuída ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média das mínimas do mês mais frio é de 11,8°C, e a média das máximas do mês mais quente de 34°C (PEZZOPANE *et al.*, 2004). O índice médio pluviométrico anual é de 1293 mm (INCAPER, 2012).

Na Figura 2 são apresentados os dados de precipitação e temperatura média do ar da Estação Meteorológica de Alegre, ES, obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia. A distância da estação meteorológica para a RPPN Cafundó é de aproximadamente 30 km.

A RPPN Cafundó está inserida no domínio do Bioma Mata Atlântica, na Fitofisionomia

Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 1992). Em seu interior estão presentes fragmentos florestais com diferentes graus de antropização, tendo seus limites florestais com extensas regiões de pastagens. Quanto à ocupação do solo na região do estudo, predominam as áreas de pastagens, plantios de café e cana com remanescentes florestais nativos localizados principalmente nos topos de morros.

Em estudo realizado por Archanjo *et al.* (2012), referente à vegetação arbórea na área do presente estudo, os autores encontraram uma composição florística de 255 espécies, 152 gêneros e 54 famílias. O índice de diversidade (H') foi de 4,13. Os valores de área basal ($33,02 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e densidade (1823 ind ha^{-1}) foram próximos aos de outras florestas estacionais semidecíduais da região Sudeste. As espécies com maior valor de importância (VI) foram *Astronium concinnum* (Engl.) Schott, *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima e *Neoraputia alba* (Nees & Mart.) Emmerich ex Kallunki. O remanescente florestal é composto predominantemente por espécies secundárias tardias, caracterizando-se como um fragmento bem preservado, que detém alta diversidade de espécies e com uma flora arbórea peculiar, ressaltando a importância desta área para conservação na região sul do Espírito Santo. Os dados das densidades absolutas,

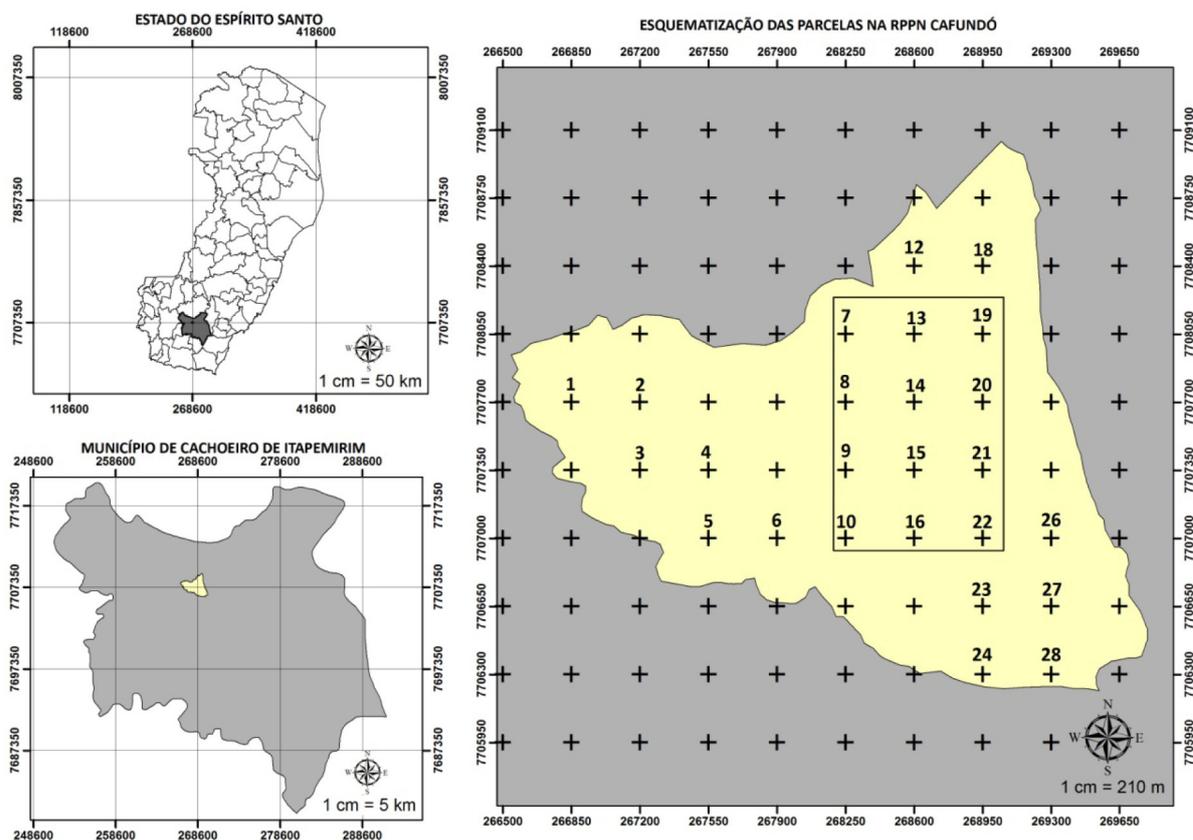


Figura 1. Mapa de localização e esquema das parcelas na RPPN Cafundó.
Figure 1. Location map and layout of the fields in RPPN Cafundó.

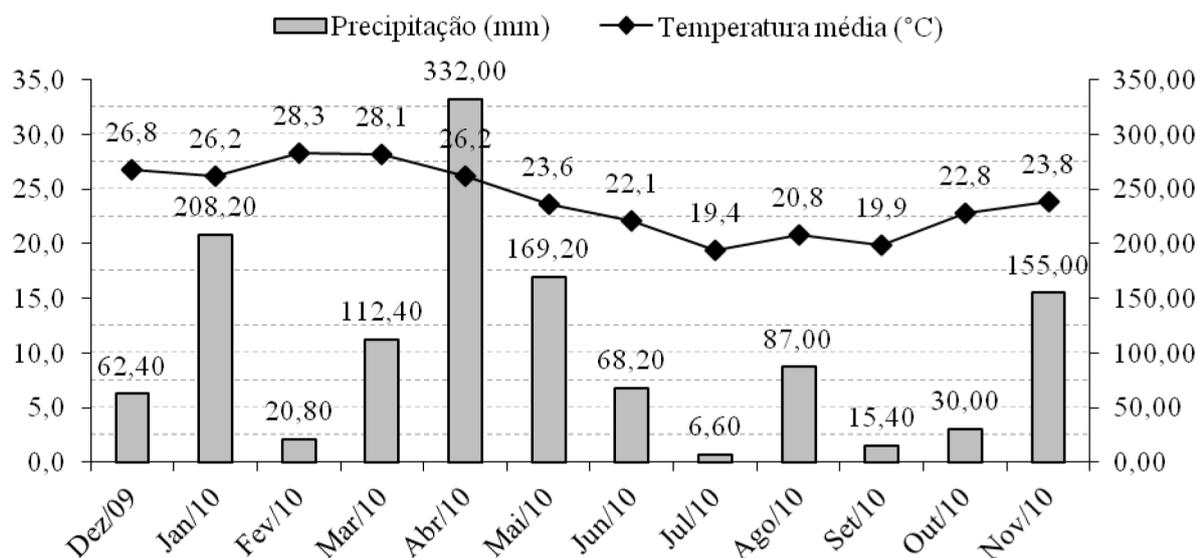


Figura 2. Dados de precipitação e temperatura média do ar no período do presente estudo.
Figure 2. Data of precipitation and average air temperature in the period of this study.

Tabela 1. Valores médios por parcela para a produção de serapilheira e os dados das densidades absolutas, dominâncias absolutas e riquezas referentes à vegetação arbórea da RPPN Cafundó realizados por Archanjo *et al.* (2012)

Table 1. Mean values per stands for litter production and data of absolute density, absolute dominance and richness related to woody vegetation of RPPN Cafundó conducted by Archanjo *et al.* (2012)

Parcela	Produção de serapilheira (kg ha ⁻¹)			Densidade absoluta	Dominância absoluta	Riqueza
	Folhas/Miscelâneas	Galhos	Total			
7	6.876,64	866,96	7.743,60	1400	23,551	27
8	7.486,80	2.515,12	10.001,92	2100	47,987	64
9	8.561,04	529,12	9.090,16	1770	56,080	25
10	8.525,04	765,20	9.290,24	1580	30,162	63
13	9.609,52	1.058,32	10.667,84	1520	47,587	54
14	7.202,48	953,52	8.156,00	1620	40,051	51
15	6.702,20	728,84	7.431,04	2190	25,565	57
16	7.666,56	840,32	8.506,88	1730	35,099	50
19	6.492,64	1.203,28	7.695,92	1550	26,267	37
20	9.300,40	994,96	10.295,36	1770	28,961	64
21	10.172,96	1.385,12	11.558,08	1700	25,935	30
22	10.006,32	779,12	10.785,44	1700	23,245	47

dominâncias absolutas e das riquezas das parcelas utilizadas para o presente estudo, de acordo com o estudo realizado por Archanjo *et al.* (2012), são apresentados na Tabela 1.

O solo da RPPN Cafundó de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006) é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado (Tabela 2).

Coleta e processamento da serapilheira

A amostragem da serapilheira depositada foi realizada em 12 das 25 parcelas demarcadas para o estudo florístico e fitossociológico referentes à vegetação arbórea, realizado por Archanjo *et al.* (2012), totalizando 1,2 hectares de área amostrada, sendo as 12 parcelas representativas da área de estudo. A autora utilizou o

método de amostragem de parcelas de área fixa de 20 m x 50 m, as quais estão distribuídas de forma sistemática no campo.

Em cada parcela foram distribuídos cinco coletores de serapilheira, alocados de forma sistemática dentro da parcela, sendo um próximo a cada vértice e o último, no centro. Estes foram construídos em estrutura de madeira de formato quadrado com 0,5 m x 0,5 m e 0,75 m de altura do solo, com telas de nylon, em malha de 2 mm, totalizando 60 coletores. Realizaram-se coletas mensais da serapilheira depositada sobre os coletores no período de dezembro de 2009 a novembro de 2010.

Em campo, a serapilheira depositada sobre cada coletor foi colocada, separadamente, em sacos plásticos devidamente identificados. Após a coleta, as amostras foram levadas ime-

Tabela 2. Atributos químicos do solo na profundidade de 0 - 20 cm das parcelas na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Table 2. Soil chemical attributes at a depth of 0 - 20 cm of the plots in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Parcela	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³						
7	4,8	3	57	10	1,0	0,4	0,6	3,6	1,6	2,2	5,2
8	5,9	6	56	13	3,6	0,7	0,0	1,2	4,4	4,4	5,6
9	6,0	9	120	17	7,7	1,7	0,0	2,0	9,8	9,8	11,8
10	5,9	6	65	9	2,7	0,8	0,0	1,4	3,7	3,7	5,1
13	6,3	18	72	11	2,6	0,6	0,0	1,2	3,4	3,4	4,6
14	6,7	33	59	9	3,2	0,4	0,0	0,9	3,8	3,8	4,7
15	6,3	5	32	8	3,2	0,6	0,0	1,2	3,9	3,9	5,1
16	6,7	7	75	10	4,9	1,1	0,0	1,0	6,2	6,2	7,2
19	5,2	3	66	13	1,5	0,4	0,3	2,7	2,1	2,4	4,9
20	5,8	3	62	8	2,1	0,6	0,0	2,0	2,9	2,9	4,9
21	5,7	3	82	10	3,2	1,0	0,0	2,4	4,5	4,4	6,8
22	6,1	3	81	10	4,0	1,2	0,0	1,4	5,4	5,4	6,9

Parcela	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	%			g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³				
7	31	27	0,1	26	30	1,1	96	34	0,4	0,30
8	78	0	0,1	24	45	5,7	22	157	0,6	0,26
9	83	0	0,1	45	31	7,9	171	133	1,1	0,55
10	72	0	0,1	26	45	4,9	120	76	0,7	0,29
13	74	0	0,1	24	49	3,2	65	148	0,6	0,27
14	82	0	0,1	16	49	13,0	15	175	0,9	0,34
15	76	0	0,1	21	45	5,3	71	144	0,6	0,26
16	86	0	0,1	26	44	4,5	23	176	0,5	0,47
19	44	12	0,1	21	40	1,3	74	40	0,6	0,47
20	59	0	0,1	19	44	4,7	73	83	0,7	0,33
21	65	0	0,1	34	39	5,6	82	132	0,5	0,41
22	79	0	0,1	32	44	6,7	14	136	0,5	0,66

pH em água - Relação 1:2,5; P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich-1; Ca - Mg - Al - Extrator KCL - 1mol.L⁻¹; H + Al - Correlação com pH SMP; B - Extrator água quente; SB - Soma de bases trocáveis; t - Capacidade de troca catiônica efetiva; T - Capacidade de troca catiônica a pH 7 (CTC); V - Índice de saturação em bases; m = Índice de saturação em alumínio; ISNa - Índice de saturação em sódio; MO - Matéria orgânica (C.org x 1,724); P-rem - Fósforo remanescente ou de equilíbrio.

diatamente para o Laboratório, onde foram separadas nas frações folhas/miscelâneas e galhos como descrito a seguir: folhas/miscelâneas: fração da serapilheira constituída de folhas verdes, secas e/ou em estado de decomposição, material reprodutivo, frutos e demais materiais vegetais, os quais não se podiam identificar a origem; e galhos: parte da serapilheira constituída apenas de galhos e casca.

Cabe ressaltar que se optou em separar o material somente em duas frações, pois o mesmo era coletado em estado avançado de decomposição, o que dificultava a identificação. O material coletado e já separado nas frações dos cinco coletores de cada parcela foi unido formando uma amostra composta por parcela em cada mês, para que fossem realizadas as análises químicas do material. Para a determinação do peso seco das amostras de serapilheira depositada, o material foi transferido para sacos de papel pardos devidamente identificados, colocado em estufa

de circulação e renovação de ar a 65°C até alcançar peso constante, e posteriormente foram pesados obtendo-se assim o peso seco do material. E em seguida foram trituradas em moinho do tipo Wiley, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas em frascos de vidros para subsequente análise química (TEDESCO *et al.*, 1995; MIYAZAWA *et al.*, 1999).

Macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira

As análises dos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e do carbono orgânico (C_{org}) da serapilheira depositada foram realizadas conforme metodologia descrita por Embrapa (2009). O conteúdo dos macronutrientes e carbono orgânico contidos na serapilheira e transferidos para o solo via deposição foi estimado pela Equação 1 (CUEVAS; MEDINA 1986):

$$QNT = [Nutriente] \times BSD \quad (1)$$

Em que: QNT = Conteúdo de nutrientes transferidos para o solo; [Nutriente] = Teor do nutriente na serapilheira (g kg^{-1}); BSD = Biomassa seca da serapilheira depositada (kg ha^{-1}).

Análises estatísticas

O estudo da produção de serapilheira, teores e conteúdos dos macronutrientes na floresta foi analisado segundo o delineamento em blocos casualizado, com 12 tratamentos (meses do ano) e 12 blocos (para efeito de cálculo, os coletores na parcela foram unidos, formando $1,25 \text{ m}^2$ de coleta, e cada parcela foi considerada um bloco).

Os dados obtidos de biomassa (serapilheira), teor e conteúdo dos macronutrientes e carbono orgânico foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade de variâncias (Box-Cox). Quando os dados não apresentaram homogeneidade de variâncias foi aplicada a transformação recomendada pelo software. Atendendo a pressuposição da homogeneidade das variâncias procedeu-se com o teste F e quando significativo realizou-se o teste de Scott-Knott no nível de 5% de probabilidade, para comparação das médias.

Para avaliar a influência de fatores climáticos na produção de serapilheira e conteúdo de nutrientes aportados ao longo do período de estudo, foi calculada a matriz de correlação de Spearman entre a produção mensal de serapilheira, conteúdo de nutrientes, temperatura média do ar e precipitação mensal. Por meio de análise de regressão lineares, não lineares, simples e múltiplas, investigaram-se as relações entre a produção de serapilheira e os parâmetros da estrutura da vegetação: densidade absoluta, dominância absoluta e riqueza. Foi utilizado o software SAS 9.2 para testar as pressuposições, efetuar o teste F e as análises de correlação e regressão, já o teste de Scott-Knott foi efetuado no software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção e variação temporal da serapilheira

Os valores da produção de serapilheira apresentaram variabilidade espacial devido à composição florística e às diferentes características edáficas da área de estudo assim como uma variabilidade temporal associada à dinâmica dos processos de produção e de sazonalidade. Segundo Archanjo *et al.* (2012), a área apresenta várias espécies vegetais pertencentes a diferentes famílias, que possuem aspectos morfológicos e

fenológicos distintos e uma distribuição espacial igualmente distinta. Isso pode contribuir para gerar tal variabilidade espacial na produção da serapilheira, comprovada pela análise estatística que demonstrou diferença entre os blocos (parcelas).

A característica estrutural da vegetação não influenciou a deposição das frações e o total da serapilheira depositada (Tabela 1) fato que foi evidenciado devido à ausência de significância dos modelos de regressões testados. Diferentemente do presente estudo, Moraes *et al.* (1999) estudando uma área de floresta atlântica e de restinga na Ilha do Cardoso, SP, verificaram menor produção de serapilheira na floresta de restinga, onde o volume de biomassa era inferior, como reflexo da menor abundância de indivíduos por hectare e um dossel mais baixo.

A ausência de extremos climáticos (períodos prolongados de frio intenso e seca), aliada à diversidade florística nessa região, permite que a floresta produza serapilheira durante todo o ano, mas com considerável variação entre os meses, conforme pode ser observado na Figura 3.

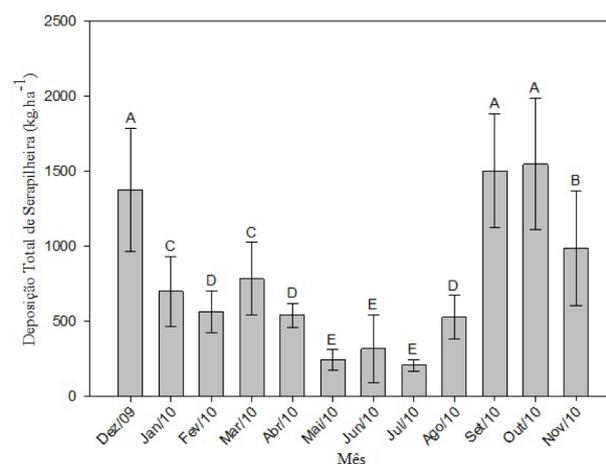


Figura 3. Variação temporal da produção de serapilheira na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Barras verticais indicam o desvio padrão. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Figure 3. Temporal variation of litter production in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Vertical bars indicate the standard deviation. Columns followed by the same letter do not differ at 5% probability by Scott-Knott test.

A deposição de serapilheira apresentou-se sazonal, com picos máximos em dezembro, setembro e outubro, cujos meses correspondem ao final do período de seca e de menores temperaturas do ar. Os valores mínimos de deposição foram nos meses de maio, junho e julho, início da estação de seca e de menores temperaturas do ar.

O padrão de deposição de serapilheira em florestas tropicais sempre é muito discutido em artigos que tratam deste tema. Observa-se que em muitas florestas há uma tendência de maior deposição ao final ou durante os períodos mais secos, como resposta da vegetação à estacionalidade climática, porém esta característica está mais restrita às formações florestais semidecíduais ou decíduais (FERNANDES *et al.*, 2007; KÖNIG *et al.*, 2002; PINTO *et al.*, 2008; 2009; VITAL *et al.*, 2004).

De acordo com Larcher (2000), se o solo estiver com baixa umidade devido a uma diminuição na precipitação pluviométrica, essa situação desencadeará o processo de abscisão foliar, que tem como início do processo o transporte do ácido abscísico (ABA), o qual provoca o fechamento dos estômatos. Além disso, o aumento no grau de desidratação em função da baixa umidade pode ocasionar a senescência precoce da folha e separação da mesma do vegetal.

As florestas localizadas em regiões que apresentam duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, tendem a atingir um pico de deposição foliar no final da estação seca como estratégia de minimização dos efeitos da escassez de água (DELITTI, 1984). Entretanto, Santos *et al.* (1984) propuseram a hipótese de que alguns parâmetros vitais à manutenção dos ecossistemas terrestres não são afetados por variações

climáticas que diferem das condições normais, possuindo estratégias adquiridas através de um processo evolutivo das comunidades vegetais.

Na Tabela 3, vê-se que a deposição de todas as frações e do total depositado não se correlacionou de forma significativa com a precipitação mensal e temperatura média do ar. Talvez seja necessário o uso de mais variáveis climáticas, como por exemplo, a ocorrência de tempestades no local, velocidade de ventos e direção, como também um período maior de observação (VOGEL *et al.*, 2007). Outro aspecto importante está relacionado ao local onde foram coletadas as informações climáticas, como no caso do presente estudo, que a estação encontra-se a 30 km de distância da área de estudo. O ideal seria a instalação de uma estação no próprio local do experimento e a continuidade da pesquisa num período maior (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003; VOGEL *et al.*, 2007).

Em estudo realizado por Schlittler *et al.* (1993) em uma Floresta Mesófila Semidecídua, no Pontal do Paranapanema, SP, os autores relatam a ausência de correlação entre a precipitação e a queda de serapilheira. E Vogel *et al.* (2007) estudando uma Floresta Estacional Decidual, em Itaara, RS, não encontraram correlação significativa entre produção de serapilheira as variáveis ambientais temperatura média e precipitação mensal.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis meteorológicas, produção de serapilheira e conteúdo de nutrientes na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.
Table 3. Spearman correlation coefficient between the meteorological variables, litter production and nutrient content in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

	F/M	Ga	T	Pp	Temp	N
F/M	1,000	0,832 ^{0,0008*}	0,999 ^{<0,0001}	-0,139 ^{0,6646}	0,259 ^{0,4159}	0,979 ^{<0,0001}
Ga		1,000	0,832 ^{0,0008}	0,076 ^{0,8122}	0,476 ^{0,117}	0,881 ^{0,0002}
T			1,000	-0,139 ^{0,6646}	0,259 ^{0,4159}	0,979 ^{<0,0001}
Pp				1,000	0,388 ^{0,2116}	-0,111 ^{0,7292}
Temp					1,000	0,350 ^{0,2643}
N						1,000
	P	K	Ca	Mg	S	C _{org.}
F/M	0,993 ^{<0,0001}	0,739 ^{0,0060}	0,993 ^{<0,0001}	0,937 ^{<0,0001}	0,979 ^{<0,0001}	0,999 ^{<0,0001}
Ga	0,853 ^{0,0004}	0,577 ^{0,0490}	0,825 ^{0,0010}	0,748 ^{0,0051}	0,762 ^{0,0040}	0,832 ^{0,0008}
T	0,993 ^{<0,0001}	0,739 ^{0,0060}	0,993 ^{<0,0001}	0,937 ^{<0,0001}	0,979 ^{<0,0001}	0,999 ^{<0,0001}
Pp	-0,153 ^{0,6331}	-0,420 ^{0,1737}	-0,174 ^{0,5868}	-0,251 ^{0,4299}	-0,202 ^{0,5273}	-0,139 ^{0,6646}
Temp	0,238 ^{0,4560}	0,029 ^{0,9267}	0,220 ^{0,4907}	0,178 ^{0,5786}	0,224 ^{0,4837}	0,259 ^{0,4159}
N	0,972 ^{<0,0001}	0,683 ^{0,0144}	0,972 ^{<0,0001}	0,916 ^{<0,0001}	0,944 ^{<0,0001}	0,979 ^{<0,0001}
P	1,000	0,746 ^{0,0053}	0,986 ^{<0,0001}	0,930 ^{<0,0001}	0,972 ^{<0,0001}	0,993 ^{<0,0001}
K		1,000	0,781 ^{0,0027}	0,879 ^{0,0002}	0,788 ^{0,0023}	0,739 ^{0,0060}
Ca			1,000	0,951 ^{<0,0001}	0,986 ^{<0,0001}	0,993 ^{<0,0001}
Mg				1,000	0,951 ^{<0,0001}	0,937 ^{<0,0001}
S					1,000	0,979 ^{<0,0001}
C _{org.}						1,000

F/M: biomassa da fração/miscelâneas; Ga: biomassa da fração galhos; T: total de serapilheira depositada; Pp: precipitação; Temp: temperatura média do ar; N; conteúdo de nitrogênio aportado; P: conteúdo de fósforo aportado; K: conteúdo de potássio aportado; Ca: conteúdo de cálcio aportado; Mg: conteúdo de magnésio aportado; S: conteúdo de enxofre aportado e C_{org.}: conteúdo de carbono orgânico aportado. * Significância do teste.

Como a abscisão de tecidos vegetais, além dos fatores climáticos e filogenéticos da planta, é influenciada por fatores pedológicos (umidade e aeração do solo, deficiência e toxicidade de constituintes minerais, salinidade e alcalinidade), poluentes atmosféricos, fogo, gravidade, insetos, microrganismos patogênicos, doenças, competição entre folhas novas e velhas (CALDEIRA *et al.*, 2008), o estabelecimento de padrões de deposição baseados em apenas um ou poucos fatores deve ser visto com cautela.

A floresta estudada na RPPN Cafundó produziu de dezembro de 2009 a novembro de 2010, um total de 9.268,54 kg ha⁻¹ de serapilheira, sendo que 8.216,88 kg ha⁻¹ foram devidos à contribuição da fração folhas/miscelâneas, e 1.051,66 kg ha⁻¹ da fração galhos, representando, respectivamente, 89% e 11% (Figura 4). Produção semelhante foi encontrada por Pezzatto e Wisniewski (2006) e Pinto *et al.* (2008, 2009), em Florestas Estacionais Semidecíduais, König *et al.* (2002) em Floresta Estacional Decidual e por Silva *et al.* (2009) em uma Floresta Amazônica.

Nesse tipo de estudo, também é importante verificar a contribuição das frações vegetais ao longo do período de estudo. A fração folhas/miscelâneas representou 89% da serapilheira total depositada, porcentagem essa que está de acordo com a maioria dos estudos de produção de serapilheira em florestas tropicais, os quais relatam uma maior contribuição das folhas ao total de serapilheira produzida. Apresentando comportamento semelhante ao obtido para a deposição total, a qual certamente foi influenciada pela deposição das folhas/miscelâneas, permitindo assim o emprego dessa fração como

indicador da produção de serapilheira em diferentes ecossistemas florestais, comprovado pela análise de correção que apresentou um $r=0,999$ a uma probabilidade de $<0,0001$ (Tabela 3). Este comportamento também foi observado por Köhler *et al.* (2008), em florestas tropicais secundárias da Costa Rica.

Do ponto de vista da ciclagem de nutrientes, as folhas representam a via mais rápida e mais rica para o retorno de nutrientes, o que configura uma estratégia das árvores na utilização de nutrientes para seu crescimento (CALDEIRA *et al.*, 2008; PINTO *et al.*, 2009). As folhas apresentam maiores teores da maioria dos nutrientes, por ser um tecido fisiologicamente mais ativo, e apresentam uma taxa de decomposição mais acelerada, por apresentarem uma alta superfície específica.

A contribuição da fração galhos foi de 11%, com picos máximos de queda no mês de dezembro, janeiro e março (estação chuvosa e quente), e em setembro, durante a estação seca e fria, e valor mínimo no mês de julho, mês esse que apresentou a menor precipitação durante o período de estudo (Figura 4). Porcentagem essa inferior à encontrada por Martins e Rodrigues (1999) em clareiras de uma Floresta Estacional Semidecidual que foi de 19% e por Pinto *et al.* (2009) que foram de 31 e 36 %, nas florestas iniciais e madura, respectivamente, em área de Floresta Estacional Semidecidual.

O comportamento de deposição da fração galhos foi semelhante aos encontrados para a fração folhas/miscelâneas e para o total depositado, apresentando um $r=0,832$ a uma probabilidade de 0,0008 para a correlação entre galhos e folhas e também entre galhos e o total depositado (Tabela 3). Os picos de material lenhoso

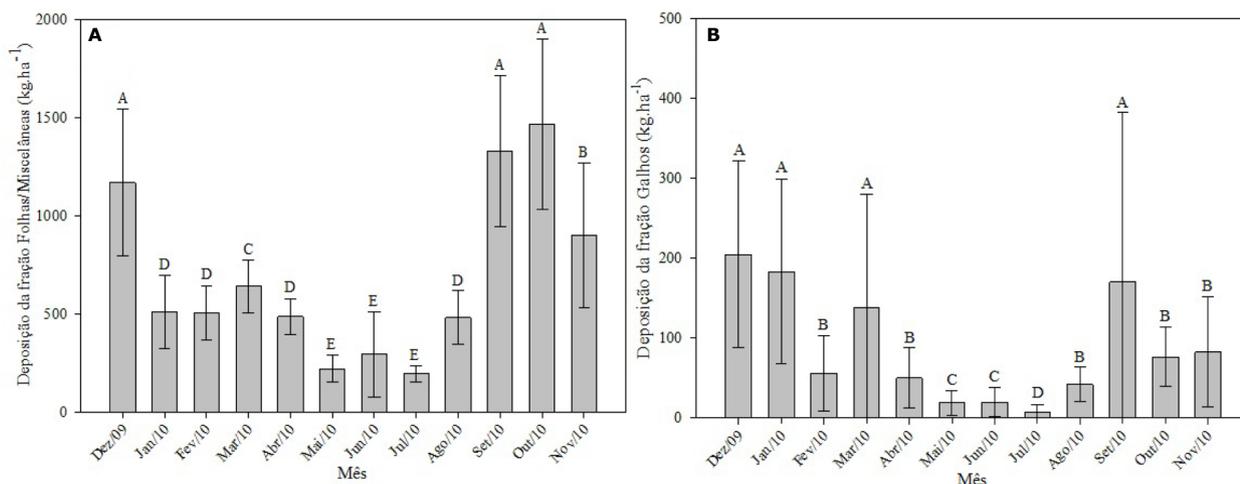


Figura 4. Variação temporal da deposição da fração (A) Folhas/Miscelâneas e (B) Galhos na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Barras verticais indicam o desvio padrão. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Figure 4. Temporal variation of the deposition of fractions (A) Leaves/Miscellaneous and (B) Branches in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES. Vertical bars indicate the standard deviation. Columns followed by the same letter do not differ at 5% probability by Scott-Knott test.

que contribuem para a formação da camada de serapilheira são na maioria das vezes atribuídos à ação das chuvas ou dos ventos (MARTINS; RODRIGUES, 1999) e são relatados por vários autores nas florestas tropicais.

Macronutrientes e Carbono Orgânico

Teor

A época do ano (meses) influenciou no teor dos nutrientes na serapilheira depositada, principalmente na fração folha/miscelâneas (Tabela 4). O teor dos nutrientes também apresentaram uma variação espacial, comprovada pela significância ($p < 0,001$) do teste F aos blocos (parcelas).

De um modo geral, os teores de N e P foram maiores no período de maior temperatura e precipitação (dezembro a junho), já o Ca e o

Mg apresentaram os maiores teores no período de menor precipitação e temperatura. O teor de K foi altamente influenciado pela precipitação mensal, sendo que seu maior teor foi obtido nos meses que apresentaram menores precipitações, comportamento este esperado, pois este elemento encontra-se nos vegetais principalmente na forma iônica, sendo, portanto altamente suscetível ao processo de lavagem (ARCOVA; CICCIO, 1987; VITAL *et al.*, 2004). O teor de carbono orgânico apresentou poucas variações em função do ano, portanto a relação C/N foi altamente dependente do teor de N, sendo então maior nos períodos mais secos. Outros autores (CUNHA *et al.*, 1993; SCHEER *et al.*, 2011) não observaram diferença significativa nos teores de nutrientes em função da época do ano.

Tabela 4. Teores médios dos macronutrientes, carbono orgânico e a relação C/N na fração Folhas/Miscelâneas e Galhos, na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Table 4. Average levels of macronutrients, organic carbon and C/N ratio in fraction Leaves/Miscellaneous and Branches in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Mês/ano	Folhas/miscelâneas							C _{org} %	C/N
	N	P	K	Ca	Mg	S	g kg ⁻¹		
Dez/09	19,50 ^C	0,97 ^B	3,96 ^E	20,40 ^C	2,57 ^C	1,07 ^C	53,70 ^A	27,64 ^B	
Jan/10	21,00 ^B	1,24 ^A	8,68 ^B	20,62 ^C	3,08 ^B	1,44 ^C	53,32 ^A	25,93 ^C	
Fev/10	23,08 ^B	1,14 ^A	10,78 ^A	25,51 ^A	3,61 ^A	1,75 ^A	52,54 ^B	24,33 ^C	
Mar/10	24,67 ^A	1,15 ^A	5,67 ^D	21,02 ^C	2,38 ^D	1,58 ^B	53,56 ^A	22,05 ^D	
Abr/10	21,58 ^B	1,05 ^A	4,56 ^E	20,75 ^C	2,82 ^C	1,65 ^A	54,33 ^A	25,65 ^C	
Mai/10	21,00 ^B	0,99 ^B	6,49 ^C	22,49 ^B	3,05 ^B	1,57 ^B	52,88 ^B	25,64 ^C	
Jun/10	21,92 ^B	1,19 ^A	10,17 ^A	23,65 ^B	3,78 ^A	1,73 ^A	53,46 ^A	24,76 ^C	
Jul/10	19,50 ^C	1,09 ^A	8,80 ^B	22,66 ^B	3,48 ^A	1,69 ^A	53,70 ^A	27,95 ^B	
Ago/10	19,00 ^C	0,99 ^B	10,59 ^A	23,05 ^B	3,51 ^A	1,72 ^A	52,88 ^B	28,02 ^B	
Set/10	16,75 ^D	0,87 ^C	11,08 ^A	22,68 ^B	3,38 ^A	1,61 ^B	53,36 ^A	32,35 ^A	
Out/10	16,58 ^D	0,83 ^C	9,19 ^B	26,33 ^A	3,81 ^A	1,56 ^B	52,93 ^B	32,24 ^A	
Nov/10	20,08 ^C	1,17 ^A	5,32 ^D	22,85 ^B	2,37 ^D	1,63 ^B	53,85 ^A	27,50 ^B	
Média	20,39	1,06	7,94	22,67	3,15	1,58	53,38	27,00	
s	2,36	0,13	2,59	1,87	0,52	0,18	0,50	3,02	
CV%	11,59	12,29	32,68	8,24	16,58	11,62	0,94	11,17	
Mês/ano	Galhos							C _{org} %	C/N
	N	P	K	Ca	Mg	S	g kg ⁻¹		
Dez/09	13,58 ^A	0,64 ^A	2,83 ^A	24,70 ^B	1,76 ^A	0,84 ^B	55,39 ^A	42,25 ^B	
Jan/10	14,92 ^A	0,71 ^A	3,28 ^A	29,28 ^A	1,62 ^A	0,90 ^B	54,77 ^A	38,59 ^B	
Fev/10	13,92 ^A	0,63 ^A	3,60 ^A	30,72 ^A	1,73 ^A	1,15 ^A	54,38 ^A	40,21 ^B	
Mar/10	12,67 ^B	0,53 ^B	2,43 ^B	26,84 ^B	1,68 ^A	1,11 ^A	54,67 ^A	44,08 ^B	
Abr/10	11,33 ^B	0,51 ^B	2,16 ^B	24,55 ^B	1,65 ^A	1,04 ^A	55,10 ^A	49,63 ^A	
Mai/10	12,67 ^B	0,57 ^B	1,87 ^B	30,55 ^A	1,51 ^A	0,97 ^A	53,61 ^A	42,99 ^B	
Jun/10	13,25 ^A	0,56 ^B	2,11 ^B	27,45 ^B	1,51 ^A	1,06 ^A	54,33 ^A	41,80 ^B	
Jul/10	12,92 ^B	0,60 ^A	1,86 ^B	30,42 ^A	1,50 ^A	1,05 ^A	54,23 ^A	42,54 ^B	
Ago/10	12,42 ^B	0,55 ^B	2,34 ^B	31,01 ^A	1,60 ^A	0,96 ^A	54,28 ^A	44,26 ^B	
Set/10	12,67 ^B	0,58 ^B	3,13 ^A	27,88 ^B	1,55 ^A	1,03 ^A	54,52 ^A	44,12 ^B	
Out/10	13,08 ^A	0,58 ^A	2,70 ^A	30,19 ^A	1,85 ^A	1,08 ^A	54,48 ^A	44,18 ^B	
Nov/10	11,17 ^B	0,56 ^B	2,08 ^B	26,65 ^B	1,45 ^A	1,05 ^A	54,77 ^A	50,25 ^A	
Média	12,88	0,59	2,53	28,35	1,62	1,02	54,54	43,74	
s	1,03	0,06	0,57	2,34	0,12	0,09	0,45	3,37	
CV%	7,96	9,54	22,70	8,24	7,56	8,61	0,83	7,70	

Tanto na fração folhas/miscelâneas quanto na fração galhos os macronutrientes que apresentaram o maior e menor teor foram, respectivamente, o Ca e P. A fração folhas/miscelâneas apresentou os maiores teores de N, P, K, Mg e S. A fração galhos apresentou os menores teores da maioria dos elementos determinados e a maior relação C/N.

O teor de macronutrientes nas frações estudadas apresentou a seguinte ordem decrescente: Ca > N > K > Mg > S > P. A ordem de quantificação dos teores dos nutrientes encontrada no presente estudo foi semelhante daquela encontrada por Gonçalves (2008), em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES, para a fração foliar e diferente da fração galho e da fração material reprodutivo/miscelânea, que foi a seguinte: Ca > N > Mg > K > S > P.

Conteúdo

A quantidade dos nutrientes transferidos ao solo via deposição de serapilheira são muito variáveis entre as florestas tropicais e dependem das características funcionais de cada elemento no metabolismo das plantas, da presença ou ausência de mecanismos de conservação de nutrientes, das condições edafoclimáticas, das exigências nutricionais das espécies, da parte da planta considerada, da fenologia, da época do ano, da composição florística, do estágio sucessional e da metodologia empregada na avaliação (CUEVAS; MEDINA, 1986; GOLLEY *et al.*, 1978; VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Na Tabela 5 observa-se a transferência anual de macronutrientes e carbono orgânico pela queda da fração folhas/miscelâneas. O retorno total de macronutrientes via fração folhas/miscelâneas foi de 456,36 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Já o conteúdo de carbono orgânico depositado via fração folhas/miscelâneas foi de 4.388,36 kg ha⁻¹ ano⁻¹, representando 88,41% do total depositado via serapilheira.

Para a fração folhas/miscelâneas, a ordem de transferência de macronutrientes foi: Ca > N > K > Mg > S > P. O conteúdo de nitrogênio na fração folhas/miscelâneas (158,24 kg ha⁻¹ ano⁻¹) foi bastante superior ao encontrado por Calvi *et al.* (2009) em Mata Atlântica para Floresta Secundária (33,59 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e para Floresta Secundária Antiga (33,92 kg ha⁻¹ ano⁻¹) em Santa Maria do Jetibá, ES e, inferior ao encontrado por Cunha *et al.* (1993), em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária (178,26 kg ha⁻¹ ano⁻¹) em Santa Maria, RS.

Para o fósforo o conteúdo na fração folhas/miscelâneas (8,25 kg ha⁻¹ ano⁻¹) apresentou-se superior ao encontrado por Calvi *et al.* (2009), em Mata Atlântica para Floresta Secundária (2,02 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e para Floresta Secundária Antiga (1,99 kg ha⁻¹ ano⁻¹), e inferior ao encontrado por Cunha *et al.* (1993), em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária (9,63 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Em relação ao conteúdo de potássio na fração folhas/miscelâneas (64,42 kg ha⁻¹ ano⁻¹) apresentou-se superior ao encontrado por Calvi *et al.* (2009), em Mata Atlântica para Floresta Secundária (6,41 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e para Floresta Secundária Antiga (9,87 kg ha⁻¹ ano⁻¹), e ao encontrado por Cunha *et al.* (1993), em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária (32,07 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Comparando-se o conteúdo de cálcio (187,32 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e de magnésio (25,62 kg ha⁻¹ ano⁻¹) do presente estudo, o conteúdo de cálcio apresentou-se inferior (225,26 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e o de magnésio foi semelhante (25,66 kg ha⁻¹ ano⁻¹), aos encontrados por Cunha *et al.* (1993), em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária.

Na Tabela 5, observa-se a transferência anual de macronutrientes pela deposição da fração galhos. O retorno total de macronutrientes via fração galhos foi de 50,26 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e o conteúdo de carbono orgânico depositado via fração galhos foi de 575,18 kg ha⁻¹ ano⁻¹, representando 11,59% do total depositado via serapilheira.

Para a fração galhos, a ordem de transferência de macronutrientes foi: Ca > N > K > Mg > S > P. Observa-se a mesma ordem de transferência dos macronutrientes na fração folhas/miscelâneas e na fração galhos. Para o conteúdo de nitrogênio na fração galhos (14,00 kg ha⁻¹ ano⁻¹), verifica-se valor superior ao encontrado por Calvi *et al.* (2009) em Mata Atlântica para Floresta Secundária (4,59 kg ha⁻¹ ano⁻¹), e para Floresta Secundária Antiga (6,24 kg ha⁻¹ ano⁻¹), em Santa Maria do Jetibá, ES e, inferior ao encontrado por Cunha *et al.* (1993) em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária (28,42 kg ha⁻¹ ano⁻¹) em Santa Maria, RS.

Em relação ao fósforo o conteúdo na fração galhos (0,65 kg ha⁻¹ ano⁻¹), apresentou-se superior ao encontrado por Calvi *et al.* (2009), em Mata Atlântica para Floresta Secundária (0,37 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e para Floresta Secundária Antiga (0,40 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e inferior ao encontrado por Cunha *et al.* (1993) em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária (1,57 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

No tocante ao conteúdo de potássio na fração galhos (3,24 kg ha⁻¹ ano⁻¹) apresentou-se superior ao encontrado por Calvi *et al.* (2009), em Mata Atlântica para Floresta Secundária (0,94 kg ha⁻¹

ano⁻¹) e para Floresta Secundária Antiga (0,94 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e inferior ao encontrado por Cunha *et al.* (1993) em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária (5,68 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Tabela 5. Conteúdo médio de macronutrientes e carbono orgânico aportados via fração folhas/miscelâneas, galhos e total na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Table 5. Average content of macronutrients and organic carbon addition by fraction leaves/miscellaneous, branches and total in the Submontane Seasonal Semideciduous Forest, Cachoeiro de Itapemirim, ES.

Mês/ano	Folhas/miscelâneas						
	N	P	K	Ca	Mg	S	C _{org}
	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹						
Dez/09	22,79 ^{A*}	1,06 ^A	4,53 ^B	23,66 ^C	3,01 ^C	1,24 ^C	629,07 ^B
Jan/10	10,63 ^C	0,65 ^B	4,56 ^B	10,45 ^D	1,58 ^E	0,71 ^D	273,38 ^D
Fev/10	11,27 ^C	0,59 ^B	5,43 ^B	13,41 ^D	1,83 ^E	0,87 ^D	265,06 ^D
Mar/10	15,71 ^B	0,73 ^B	3,55 ^B	13,65 ^D	1,53 ^E	1,00 ^C	344,21 ^D
Abr/10	10,44 ^C	0,51 ^B	2,23 ^C	10,08 ^D	1,37 ^E	0,80 ^D	265,63 ^D
Mai/10	4,66 ^D	0,22 ^C	1,51 ^C	4,98 ^E	0,70 ^F	0,34 ^E	117,84 ^E
Jun/10	6,45 ^D	0,32 ^C	2,84 ^C	6,73 ^E	1,11 ^F	0,51 ^E	157,65 ^E
Jul/10	3,81 ^D	0,21 ^C	1,74 ^C	4,50 ^E	0,68 ^F	0,32 ^E	105,19 ^E
Ago/10	9,08 ^C	0,49 ^B	5,19 ^B	11,33 ^D	1,69 ^E	0,82 ^D	255,26 ^D
Set/10	21,82 ^A	1,15 ^A	14,35 ^A	29,99 ^B	4,50 ^B	2,11 ^A	712,69 ^A
Out/10	23,92 ^A	1,21 ^A	13,65 ^A	38,58 ^A	5,50 ^A	2,27 ^A	777,04 ^A
Nov/10	17,58 ^B	1,05 ^A	4,79 ^B	19,90 ^C	2,07 ^D	1,44 ^B	485,29 ^C
Total	158,24 (34,7)**	8,25 (1,8)	64,42 (14,1)	187,32 (41,1)	25,62 (5,6)	12,49 (2,7)	4.388,36
Mês/ano	Galhos						
	N	P	K	Ca	Mg	S	C _{org}
	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹						
Dez/09	2,66 ^{A*}	0,13 ^A	0,61 ^A	4,99 ^A	0,34 ^A	0,16 ^A	113,74 ^A
Jan/10	2,79 ^A	0,12 ^A	0,57 ^A	5,71 ^A	0,28 ^A	0,16 ^A	100,36 ^A
Fev/10	0,75 ^B	0,03 ^B	0,20 ^B	1,73 ^B	0,09 ^B	0,06 ^B	30,44 ^B
Mar/10	1,74 ^A	0,07 ^B	0,29 ^B	3,80 ^A	0,23 ^A	0,15 ^A	75,18 ^A
Abr/10	0,58 ^B	0,02 ^B	0,09 ^B	1,31 ^B	0,08 ^B	0,05 ^B	27,51 ^B
Mai/10	0,23 ^B	0,01 ^B	0,03 ^B	0,60 ^B	0,02 ^B	0,01 ^B	10,27 ^B
Jun/10	0,27 ^B	0,01 ^B	0,04 ^B	0,56 ^B	0,03 ^B	0,02 ^B	10,77 ^B
Jul/10	0,10 ^B	0,00 ^B	0,01 ^B	0,21 ^B	0,01 ^B	0,00 ^B	4,40 ^B
Ago/10	0,53 ^B	0,02 ^B	0,10 ^B	1,29 ^B	0,06 ^B	0,04 ^B	22,82 ^B
Set/10	2,25 ^A	0,12 ^A	0,86 ^A	4,96 ^A	0,26 ^A	0,19 ^A	92,38 ^A
Out/10	1,06 ^B	0,04 ^B	0,21 ^B	2,31 ^B	0,14 ^B	0,08 ^B	41,72 ^B
Nov/10	0,97 ^B	0,04 ^B	0,16 ^B	2,04 ^B	0,12 ^B	0,09 ^B	45,53 ^B
Total	14,00 [27,9]**	0,65 [1,3]	3,24 [6,4]	29,58 [58,9]	1,70 [3,4]	1,06 [2,1]	575,18
Mês/ano	Total						
	N	P	K	Ca	Mg	S	C _{org}
	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹						
Dez/09	25,46 ^{A*}	1,20 ^A	5,15 ^B	28,65 ^B	3,36 ^C	1,41 ^B	742,82 ^A
Jan/10	13,43 ^C	0,77 ^B	5,14 ^B	16,17 ^D	1,87 ^D	0,88 ^C	373,74 ^C
Fev/10	12,03 ^C	0,62 ^B	5,64 ^B	15,15 ^D	1,93 ^D	0,94 ^C	295,50 ^D
Mar/10	17,45 ^B	0,81 ^B	3,85 ^B	17,45 ^D	1,76 ^D	1,15 ^C	419,39 ^C
Abr/10	11,03 ^C	0,53 ^B	2,32 ^C	11,39 ^E	1,46 ^D	0,85 ^C	293,14 ^D
Mai/10	4,90 ^D	0,23 ^C	1,55 ^C	5,59 ^E	0,73 ^E	0,36 ^D	128,12 ^E
Jun/10	6,73 ^D	0,33 ^C	2,89 ^C	7,30 ^E	1,14 ^E	0,53 ^D	168,42 ^E
Jul/10	3,92 ^D	0,22 ^C	1,76 ^C	4,72 ^E	0,69 ^E	0,33 ^D	109,60 ^E
Ago/10	9,61 ^C	0,51 ^B	5,29 ^B	12,62 ^D	1,76 ^D	0,86 ^C	278,08 ^D
Set/10	24,08 ^A	1,28 ^A	15,22 ^A	34,96 ^A	4,77 ^B	2,31 ^A	805,08 ^A
Out/10	24,99 ^A	1,26 ^A	13,87 ^A	40,90 ^A	5,64 ^A	2,35 ^A	818,76 ^A
Nov/10	18,56 ^B	1,10 ^A	4,95 ^B	21,95 ^C	2,19 ^D	1,53 ^B	530,83 ^B
Total	172,24 {34,0}**	8,91 {1,8}	67,66 {13,3}	216,91 {42,8}	27,33 {5,4}	13,55 {2,7}	4.963,54

*Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott para cada fração e para o total. **Valores entre parênteses representam a porcentagem em relação ao conteúdo total de macronutrientes aportados via fração folhas/miscelâneas. **Valores entre colchetes representam a porcentagem em relação ao conteúdo total de macronutrientes aportados via fração galhos. **Valores entre chaves representam a porcentagem em relação ao conteúdo total de macronutrientes aportados via serapilheira.

Tabela 6. Conteúdo de macronutrientes aportados via serapilheira em algumas tipologias florestais.
Table 6. Content of macronutrients addition by litter in some forest types.

Tipologia Florestal	N	P	K	Ca	Mg	Ref.	
							kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
Floresta Estacional Semidecidual	172,24	8,91	67,66	216,91	27,33	Este estudo	
Floresta Estacional Semidecidual	217,76	11,55	52,79	199,80	38,80	Vital <i>et al.</i> , 2004	
Floresta Estacional Semidecidual (10 anos)	165,5	5,4	50,1	88,9	29,1	Toledo <i>et al.</i> , 2002	
Floresta Estacional Semidecidual (50 anos)	218,9	5,8	67,4	107,7	37,6		
Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Inicial)	137,09	4,52	16,58	89,37	20,85	Pinto <i>et al.</i> , 2009	
Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Madura)	179,79	7,87	45,49	179,28	26,19		
Floresta Estacional Decidual	206,68	11,20	37,75	269,15	29,84	Cunha <i>et al.</i> , 2003	
Mata Atlântica	Floresta Secundária	38,18	2,39	7,35	-	-	Calvi <i>et al.</i> , 2009
	Floresta Secundária Antiga	40,16	2,39	10,81	-	-	
Floresta Tropical Úmida	-	8,6	128,7	239,7	22,2	Golley <i>et al.</i> , 1978	
Floresta Baixo Montana Úmida	-	2,6	90,6	97,7	32,9		

Analisando-se o conteúdo de cálcio (29,58 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e de magnésio (1,70 kg ha⁻¹ ano⁻¹) do presente estudo, observa-se que os valores foram inferiores aos encontrados por Cunha *et al.* (1993) (43,89 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e 4,18 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de cálcio e de magnésio, respectivamente) em Floresta Estacional Decidual para Floresta Secundária.

Na Tabela 5, observa-se a transferência anual de macronutrientes pela queda de serapilheira, sendo a mesma de 506,62 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A ordem de transferência de macronutrientes via serapilheira foi respectivamente: Ca > N > K > Mg > S > P, semelhante à apresentada pela fração folhas/miscelâneas e pela fração galhos.

A transferência de macronutrientes via serapilheira apresentou um padrão de deposição semelhante ao padrão de produção da serapilheira total. As maiores quantidades anuais de nutrientes foram depositadas no final da estação seca e de menores temperaturas e, as menores quantidades foram depositadas no início da estação seca e de menores temperaturas, como se pode verificar na Tabela 5. De acordo com a Tabela 6, verifica-se que os valores encontrados para os conteúdos de macronutrientes aportados via serapilheira corroboram aos encontrados em outros trabalhos.

CONCLUSÕES

A deposição de serapilheira total mostrou-se sazonal, com as maiores produções ocorrendo ao final de estação seca.

A floresta estudada produziu durante doze meses um total de 9,3 Mg ha⁻¹ de serapilheira, consistindo a fração de maior deposição a Folhas/Miscelâneas, que representou 89,0% da deposição total.

O teor de nutrientes na serapilheira depositada apresentou variação temporal (entre os meses do ano) e espacial (entre as parcelas analisadas).

O padrão sazonal de aporte de nutrientes ao solo foi determinado principalmente pelo padrão de deposição de fitomassa de Folhas/Miscelâneas.

O Ca e o P foram respectivamente os macronutrientes encontrados em maior e menor teor e conteúdo em todas as frações do estudo. O retorno total de macronutrientes via serapilheira foi de 506,62 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Aos proprietários da Reserva Cafundó, em especial ao Luiz Soares Nascimento. Ao chefe do Centro Serrano do INCAPER, José Mauro de Sousa Balbino e ao responsável pelo Laboratório de Análises de Solos e Plantas do INCAPER, Luiz Carlos Prezotti, pela concessão das análises de tecido vegetal e solo. Aos amigos que pude fazer no laboratório, João, Carlos, Alvim e Ézio, suas ajudas foram essenciais para a realização desse trabalho. A Fíbria S/A e a CAPES pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHANJO, K.M.P.A.; SILVA, G.F.; CHICHORRO, J.F.; SOARES, C.P.B. Estrutura do componente arbóreo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. *Floresta*, Curitiba, v.42, n.1, p.145-160, 2012.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Fluxo de nutrientes através da precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, São Paulo, v.41, n.1, p.37-58, 1987.

- BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VACCARO, S.; SPATHELE, P. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.9, n.2, p.277-285, 2001.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; VIEIRA, M.; GONÇALVES, E.O.; GODINHO, T.O. Ciclagem de nutrientes, via deposição e acúmulo de serapilheira, em ecossistemas florestais. In: CHICHORRO, J.F.; GARCIA, G.O.; BAUER, M.O.; CALDEIRA, M.V.W. (Eds.). *Tópicos em ciências florestais*. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2010. cap.2, p.57-82.
- CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. **Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.29, n.1, p.53-68, 2008.
- CALVI, G.P.; PEREIRA, M.G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de Floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.19, n.2, p.131-138, 2009.
- CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian Forest ecosystems. I. Nutrient flux in the fine litterfall and efficiency of nutrient utilization. *Oecologia*, Berlin, v.68, n.2, p.466-472, 1986.
- CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Nutrient cycling in a seasonal deciduous forest with special respect to the mineral content produced by the litter fall. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.3, n.1, p.36-64, 1993.
- DELITTI, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v.1, p.469-486. 1984.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.
- FERNANDES, M.E.B.; NASCIMENTO, A.A.M.; CARVALHO, M.L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de Mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. *Revista Árvore*, Viçosa, v.31, n.5, p 949-958, 2007.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação Estacional da Deposição de Serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista Localizada no Sul do Paraná. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.13, n.1, p.11-18, 2003.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, D.L.; DUEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida**. São Paulo: EPU - Editora da USP, 1978. 256p.
- GONÇALVES, M.A.M.. **Avaliação da serapilheira em fragmento de floresta atlântica no sul do estado do Espírito Santo**. 2008. 85p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Projeto RADAM. Folha SE 24 Rio Doce**. Rio de Janeiro: IBGE, 1987. 540 p. v.2.
- INCAPER. **Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural**. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/caracterizacao/cacho_itap_carac.php> Acesso em: 15 jan. 2012.
- KÖHLER, L.; HÖLSCHER, D.; LEUSCHNER, C. High litterfall in old-growth and secondary upper montane forest of Costa Rica. *Plant Ecology*, Dordrecht, v.199, n.2, p.163-173, 2008.
- KÖNIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.4, p.429-435, 2002.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.

- MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Produção de serapilheira de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.3, p.405-412, 1999.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W.J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. p.171-223.
- MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.C.; VUONO, Y.S. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.1, p.9-16, 1999.
- OLSON, J.S. Energy-storage and balance of producers and decomposers in ecological-systems. **Ecology**, Washington, v.44, n.2, p.322-331, 1963.
- PEZZATTO, A.W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da Floresta Estacional Semidecidual no Oeste da Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v.36, n.1, 2006.
- PEZZOPANE, J.E.M.; SANTOS, E.A.; ELEUTÉRIO, M.M.; REIS, E.F.; SANTOS, A.R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p.151-158, 2004.
- PINTO, S.I.C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C.T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.4, p.653-663, 2009.
- PINTO, S.I.C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C.T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.3, p.545-556, 2008.
- SANTOS, P.F.; ELKINS, N.Z.; STEINBERGER, Y.; WHITFORD, W.G. A comparison of surface and buried *Larrea tridentata* leaf litter decomposition in North American hot deserts. **Ecology**, Washington, v.65, n.1, p.278-284, 1984.
- SAYER, E.J. Using experimental manipulation to access the role of leaf litter in functioning of Forest ecosystems. **Biological Reviews**, Cambridge, v.81, n.1, p.1-31, 2005.
- SCHEER, M.B.; GATTI, G.A.; WISNIEWSKI, C. Nutrient fluxes in litterfall of a secondary successional alluvial rain Forest in Southern Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, San José, v.59, n.4, p.1869-1882, 2011.
- SCHLITTLER, F.H.M.; DE MARTINS, G.; CESAR, O. Produção de serapilheira na floresta do Morro do Diabo, Pontal do Paranapanema – SP. **Naturalia**, São Paulo, v.18, p.135-147, 1993.
- SILVA, R.M.; COSTA, J.M.N.; RUIVO, M.L.P.; COSTA, A.C.L.; ALMEIDA, S.S. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuana, Pará. **Acta amazonica**, Manaus, v.39, n.3, p.573-582, 2009.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ed. Porto alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TOLEDO, L.O.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C.E.G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.2, p.9-16, 2002.
- 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. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, 2004.
- VITOUSEK, P.M.; SANFORD J.R., R.L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.17, p.137-167, 1986.
- VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P.; VUADEN, E. Avaliação da devolução de serapilheira em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.3, p.187-196, 2007.
- WATZLAWICK, L.F.; CALDEIRA, M.V.W. ; VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V. ; GODINHO, T.O. ; BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n.95, p. 353-362, 2012.

Recebido em 05/03/2012
Aceito para publicação em 25/01/2013