

APORTE DE SERRAPILHEIRA AO SOLO EM ESTÁGIOS SUCESSIONAIS FLORESTAIS NA RESERVA BIOLÓGICA DE POÇO DAS ANTAS, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Jose Henrique Cerqueira Barbosa¹ & Sérgio Miana de Faria²

RESUMO

(Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil) Foram definidos mosaicos de fitofisionomias temporais em sistemas tropicais de baixada localizados na REBIO de Poço das Antas, RJ - Brasil. A serrapilheira foi quantificada com coletas quinzenais e determinada sua concentração de nutrientes via fração foliar em intervalos bimestrais. A floresta avançada apresentou o maior aporte de $6,9 \pm 1,1 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ total, o estágio intermediário com $5,5 \pm 0,5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ total e para o plantio $3 \pm 0,7 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ total. As concentrações via serrapilheira (fração foliar) dos nutrientes N, P, K e Ca foram maiores com o uso de *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze nos reflorestamentos, demonstrando ser esta uma espécie de potencial elevado quanto ao conteúdo nutricional à recomposição de ecossistemas. Sua estratégia de renovação foliar ocorre sob o ritmo perenifólio, com maior contribuição na estação chuvosa e sincronizado a fase reprodutiva. A magnitude de transferência dos nutrientes na fração foliar para os estágios estudados segue a ordem de concentração: $P < K < Mg < Ca < N < C$. Não foram encontradas diferenças significativas quanto as concentrações de entrada dos nutrientes entre as estações nos estágios estudados. **Palavras-chave:** Serrapilheira, floresta tropical, Mata Atlântica, nutrientes e *Mimosa bimucronata*.

ABSTRACT

(Litter-fall input on successional forest gaps of temporal fitofisionoms on Biological Reserve of Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brazil) Gaps of temporal fitofisionoms were defined on lowland tropical systems localized in the Biologic Reserve of Poço das Antas RJ – Brazil. The litter-fall was quantificated by each fifteen days and was determinated the nutrient concentration of foliar fraction each two months. The oldest forest had the major litter-fall, $6.9 \pm 1.1 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ total as the other fractions, when compared with the intermediate age forest with $5.5 \pm 0.5 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ total. The plantation had the lowest values, $3.0 \pm 0.7 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ total. The foliar litter-fall concentration of N, P, K, Ca nutrients were bigger for *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze crop, showing then the great ecosystems nutritional recomposition potential of this specie with foliar renovation strategy occurs under perenifolial rhythm, mostly in the rain season synchronized to the reproduction phase. The transference rate of the nutrients in the studied foliar fraction follows this concentration order: $P < K < Mg < Ca < N < C$.

Key words: Litter-fall, tropical forest, Atlantic Forest, nutrients, and *Mimosa bimucronata*.

INTRODUÇÃO

Compreender os processos dinâmicos que envolvem a matéria orgânica do solo entre diferentes estágios sucessionais florestais, representa de forma valiosa, investigar o complexo e necessário rumo a obtenção de medidas mitigadoras que atendam a relação custo x benefício para os sistemas explorados e impactados sob diferentes graus de perturbação pelo “Homem Moderno” (Franco & Campello

1997). A utilização de técnicas de plantio é uma medida mitigatória e que devidamente estudada, pode atender a opção de baixo custo e ser ecologicamente funcional, visando a recuperação de áreas impactadas.

A serrapilheira constitui-se de matéria orgânica de origem vegetal e animal que é depositada sobre o solo, sob diferentes estágios de decomposição, representando assim, uma forma de entrada e posterior incremento da matéria orgânica do solo.

Artigo recebido em 02/2005. Aceito para publicação em 01/2006.

¹UFRRJ - Instituto de Agronomia - Depto. Solos, km 47 da antiga rodovia Rio-São Paulo, Itaguaí, RJ, 23851-970; jose-henrique.barbosa@mma.gov.br

²EMBRAPA/Agrobiologia, Cx. postal 74.505, km 47 da antiga rodovia Rio-São Paulo, Itaguaí, RJ, 23851-970, sdefaria@cnpab.

A matéria orgânica controla muitas das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, caracterizando-se como um fator-chave à manutenção de sistemas florestais e controle de processos erosivos, como o fornecimento de substâncias agregantes ao solo, determinando uma estrutura mais estável à ação das chuvas (Facelli & Pickett 1991).

A acumulação de serrapilheira intercepta luz, sombreando sementes e plântulas e reduzindo a amplitude térmica do solo. Ao reduzir a temperatura do solo e ao criar uma barreira à difusão do vapor d'água, a serrapilheira reduz a evaporação do solo. Ao contrário, pode também reduzir a disponibilidade de água, retendo uma considerável proporção de água da chuva que chegaria ao solo. Pode ainda impedir a chegada de algumas sementes e dificultar o crescimento de plântulas (Facelli & Pickett 1991).

Florestas tropicais conseguem crescer em substratos pobres em nutrientes somente a partir da manutenção dos mesmos sob altos níveis de biomassa, através de mecanismos de conservação, produzindo um ciclo de nutrientes relativamente otimizador ou fechado com pequenas quantidades (Herrera *et al.* 1978). Florestas as quais crescem em substratos mais férteis, exibem ciclos de nutrientes mais dinâmicos (Baillie 1989). Plantios florestais ou recentes florestas secundárias, geralmente representam ecossistemas em crescimento na formação da taxa de entrada de nutrientes via decomposição da serrapilheira, suplementada pela deposição seca e úmida; necessárias para a manutenção do bioma (Bruijnzeel 1989 *apud* Bruijnzeel 1991).

Os nutrientes entram no sistema através da chuva (deposição úmida), deposição de poeira, aerossóis e serrapilheira (deposição seca), pela fixação do nitrogênio por meio de microrganismos e exceto ao mesmo, pelo intemperismo de rochas. E a exportação, através da lixiviação (escorrimento superficial), volatilização via combustão da

biomassa e tantas outras formas de erosão (Vitousek & Sanford 1986). O maior reservatório de nutrientes sobre o solo é a biomassa epígea (Andrade 1997; Myers *et al.* 1994; Proctor 1987; Rosén 1990 e Schlittler 1990). Porém para biomas como o cerrado a maior biomassa se encontra como hipógea.

Quando a entrada de nutrientes via serrapilheira localizados na fração foliar sob florestas que se apresentem a partir do estágio médio de recomposição vegetal, demonstra ser de menor conteúdo nutricional ao mesmo tempo que o solo apresenta menores estoques. É esperado que a vegetação realize uma economia de nutrientes como medida compensatória. Ou, exporte uma serrapilheira com características de maior velocidade de decomposição sobre o solo, a fim de torná-los prontamente disponíveis, quanto mais avançado e complexo for o sistema. Numa outra visão, pode ser esperado que o material de menor velocidade de decomposição represente uma estratégia contra os processos lixiviadores dos nutrientes. Será que podemos até o momento analisar a superioridade ou a independência de um fator sobre o outro? A necessidade de associarmos e entendermos os efeitos sinérgicos demonstrados pela complexidade dos diferentes eventos dinâmicos que atuam na ciclagem biogeoquímica da matéria orgânica do solo, em especial à serrapilheira; pode ser compreendida como base na recuperação e manutenção de ecossistemas florestais, utilizada como diferentes estratégias mitigadoras implantadas em projetos conservacionistas e/ou de recuperação; a fim de permitir uma resposta mais rápida frente aos problemas potenciais de degradação, que rapidamente estão destruindo os ecossistemas do bioma Mata Atlântica sem um conhecimento prévio de parâmetros indispensáveis a seu adequado manejo.

As formações vegetacionais de baixada na REBIO de Poço das Antas, representam um valioso centro de estudos para a Floresta Atlântica. Nesta área conservada e protegida,

a escolha dos fragmentos florestais se deu através dos pré-requisitos: a) atender de forma prática e segura a tomada dos resultados, b) representar estágios sucessionais florestais bastante característicos dos ecossistemas ameaçados do bioma mata atlântica e, c) ser protegida por legislação ambiental específica; representando assim sítios de estudos prioritários.

Para averiguar a entrada de serrapilheira e seu conteúdo nutricional, foram determinados os objetivos:

(1) Investigar a produção de serrapilheira total e de suas frações isoladas, como folhas, galhos, material reprodutivo e refugo e

(2) Análise dos macronutrientes: C, N, P, K, Ca e Mg e relação C/N na fração foliar da serrapilheira aportada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo encontra-se na Reserva Biológica de Poço das Antas (REBIO), localizada no município de Silva Jardim (22°30' e 22°33'S, 42°15' e 42°19'W), estado do Rio de Janeiro, com área de 5.267 ha (IBDF 1981), situada em extensa planície. Os diferentes estágios florestais estudados perfazem juntos aproximadamente um terço da Reserva.

Os fragmentos representam formações florestais secundárias de 40 anos e outra de 20 sob solo Hidromórfico cinzento álico textura argilosa - Glei Húmico. E ainda como estágio inicial um campo antrópico com plantio misto de três anos sob solo aluvial álico textura argilosa, onde foi acompanhado o aporte específico de Maricá, *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze - Leguminosae Mimosoideae.

Clima

De acordo com a classificação de Thornthwaite (1948), o clima é do tipo A' B2, megatérmico, úmido, sem déficit hídrico; com índice de evapotranspiração potencial superior a 1.140 mm A', umidade efetiva de 51,5 (B2) e o índice de aridez de 0,072 (r). A comunidade vegetal passa de janeiro até junho por excedente hídrico de 460 mm e 250 mm a partir de meados de agosto até dezembro. Nos meses de menor precipitação de junho a agosto, apesar da evapotranspiração real ser praticamente idêntica a evapotranspiração potencial, há retirada d'água de 23 mm no solo, havendo uma deficiência no mês de agosto, em que a precipitação-evapotranspiração resultou em um valor de (-17), alterando em 1 mm de evapotranspiração real. Estes

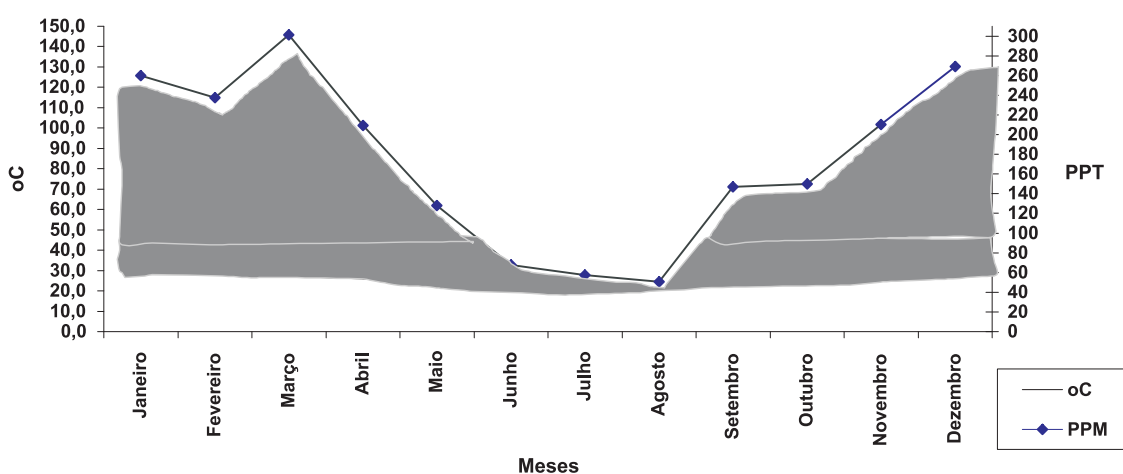


Figura 1 - Diagrama climático entre janeiro de 1987 a dezembro de 1997 (11 anos) da REBIO de Poço das Antas.

resultados sugerem um pequeno déficit hídrico nesse mês, sem estação seca definida, havendo uma reposição de 23 mm neste mesmo mês. O valor final da evapotranspiração potencial é de 1.378 mm

e evapotranspiração real de 1.377 mm. Denotando-se um decréscimo na curva de precipitação no período de junho a agosto, o que não chega a ser considerado um período seco.

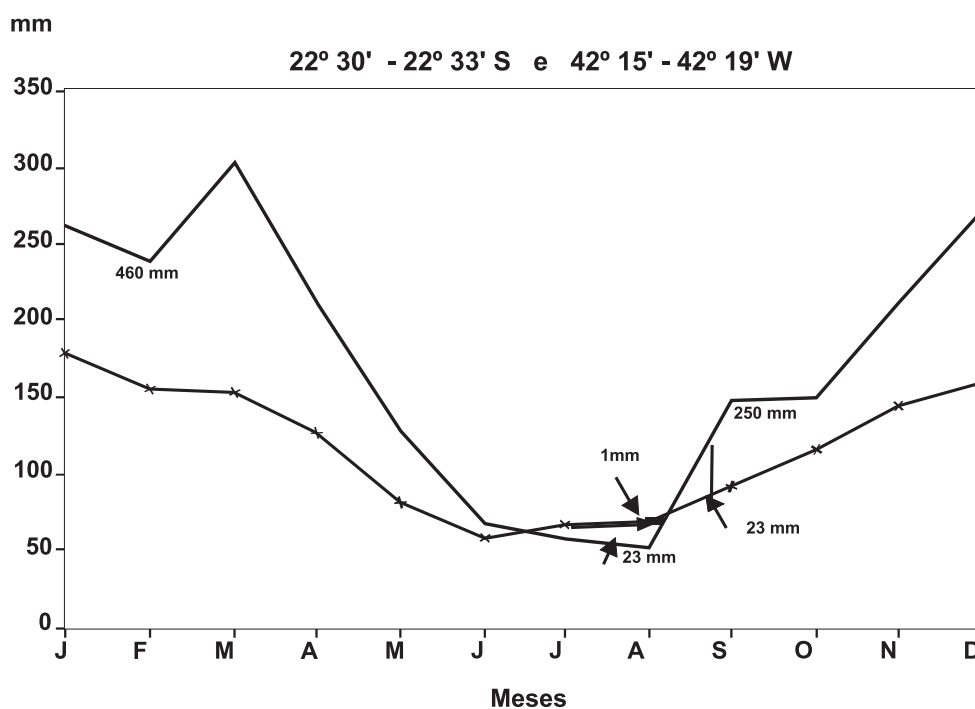


Figura 2 - Balanço hídrico entre janeiro de 1987 a dezembro de 1997 (11 anos) da REBIO de Poço das Antas.

Coletas de Serrapilheira

Cinco coletores de serrapilheira com dimensões de 50 cm × 50 cm foram alocados aleatoriamente em três parcelas (25 m × 50 m), totalizando 15 para cada área. Após a coleta quinzenal o material foi seco em estufa a 70 °C durante 24 horas. Depois triado em galhos, folhas, material reprodutivo composto por: frutos, sementes e flores e por último o refugo (material ≤ 2 mm de diâmetro de difícil identificação). Em seguida o material triado foi pesado e triturado em moinho tipo Wiley com malha ≤ 2 mm de diâmetro.

Análises Químicas

A análise química através de digestão nitro-perclórica dos nutrientes presentes na

fração foliar da serrapilheira, seguiu os métodos: P por espectrofotômetro de cor visível (Bataglia *et al.* 1983); K por fotometria de chama (Tedesco *et al.* 1985 *apud* Hungria *et al.* 1994); Ca e Mg através de espectrofotômetro de absorção atômica (Bataglia *et al.* 1983); C, método de Combustão Seca, utilizado pelo Ministério da Agricultura (EMBRAPA - SNLCS 1979) e N, método semimicro de Kjeldahl (Jones 1991; Bataglia *et al.* 1983 & Bremmer 1965). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Programa SAEG 50 da Fundação Arthur Bernardes - UFV.

RESULSTADOS E DISCUSSÃO**Dados climáticos**

Abril de 1996 a março de 1997 - O mês de julho demonstrou a menor temperatura média, com 20,2°C e a menor pluviosidade de 33,9 mm foi registrada no mês de junho. Enquanto a maior média foi encontrada para o mês de fevereiro, 30,8°C e o maior índice pluviométrico de 476,6 mm em janeiro.

A temperatura média de 25,4°C e o índice pluviométrico anual de 2.231 mm identificados no ano de estudo, não apresentaram diferença significativa quando comparado aos demais anos da série temporal de 10 anos entre abril de 1987 a março de 1997, ao serem analisados pelo teste Tukey a 5% de significância, com a média pluviométrica de 2.131 mm e temperatura média de 24,6°C. Demonstrando ser o ano estudado, um ano típico (Tabelas 1a e 1b).

Tabela 1a - Valores médios entre abril de 1996 a março de 1997 para temperatura mínima, média e máxima, bem como precipitação total.

	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Anual média	cv %
°C mínima	19.3	17.0	14.7		15.1	16.4	18.9	19.3	20.5	21.2	21.6	20.0	18,2 +- 1,6	14,1
°C média	27.1	23.6	22.2	20.2	21.4	22.8	25.6	26.2	28.8	28.8	30.8	27.5	25,4 +- 2,1	13,2
°C máxima	34.8	26.3	25.9	25.1	26.5	27.0	28.7	29.9	30.1	36.3	39.9	35.0	30,5 +- 3,1	16
	Total anual													
ppt	143.9	132.5	33.9	51.2	59.6	215.2	114.9	372.7	321	476.6	71.2	238.5	2.231,2	76,3

Valores médios anuais a partir de 12 repetições, erro-padrão (t- Student) com $p \leq 0,05$ e cv % entre as temperaturas e precipitações mensais. Os valores assinalados indicam a mínima e a máxima encontradas.

Valores médios anuais a partir de 10 repetições, erro-padrão (t- Student) com $p \leq 0,05$ e cv % entre as temperaturas e precipitações anuais. Os valores assinalados indicam a mínima e a máxima encontradas.

Tabela 1b - Valores médios entre a série temporal de abril de 1987 a março de 1997 (10 anos) para temperatura mínima, média e máxima, bem como precipitação total média.

	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Anual média	cv %
°C mínima	20.1	17.0	14.7	14.5	15.1	16.4	18.9	19.3	20.5	21.8	22.2	21.3	18,5 +- 0,6	16,5
°C média	26.1	22.6	20.4	21.0	21.2	22.7	24.6	25.8	26.6	28.3	28.6	27.3	24,6 +- 0,7	13
°C máxima	30.9	26.3	25.9	25.1	26.5	27.0	28.7	29.9	30.1	34.5	35.5	32.6	29,4 +- 1,4	13,9
	Total anual média													
ppt	211.4	137.1	73.2	61.9	46.1	155.7	151.6	210.3	269.4	265.5	240.7	308.1	2.131,1 +- 206	66,5

Aporte

A quantificação da serrapilheira aportada ao solo foi verificada quanto aos valores separados por frações e estágios florestais, e os mesmos são apresentados na Tabela 2.

Estimativa da média a partir de 15 amostras, seu erro-padrão (t - Student) com $p \leq 0,05$ e teste Tukey a 5% de significância entre os estágios. Letras diferentes indicam diferença significativa e cv % entre os estágios para cada fração através da Anova.

Tabela 2 - Aporte de serrapilheira em $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para os diferentes estágios sucessionais durante abril de 1996 a março de 1997, na REBIO de Poço das Antas.

BIOMASSA – SERRAPILHEIRA						
Área	Idade	Folhas	Galhos	Material Reprodutivo (flores, frutos e sementes)	Refugo	Aporte Total
Anos		Kg $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$				
FLORESTA	40	4.980,0 ± 649,5 a	1.255,8 ± 399,1 a	328,2 ± 119,2 b	310,2 ± 94,5 a	6.874,3 ± 1.070,8 a
FLORESTA	20	3.645,0 ± 368,8 b	987,2 ± 320,2 a	634,3 ± 200,2 a	212,7 ± 36,4 b	5.479,2 ± 520,5 b
PLANTIO	3	2.192,4 ± 507,4 c	504,4 ± 114,6 b	81,7 ± 25,7 c	247,0 ± 167,4 a	3.025,5 ± 738,4 c
CV %		25,5	18,9	44,1	22,5	29,1

Pela Tabela 2 verifica-se que as contribuições para as diferentes frações retornadas ao solo via serrapilheira em % e biomassa para a floresta avançada foram: 72,4% ($4.980,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) para a fração foliar, 18,3% ($1.255,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) galhos,

4,8% ($328,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) material reprodutivo e 4,5% ($310,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) refugo. O aporte total foi de $6.874,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, com maior aporte foliar sincronizado à fração reprodutiva e estação chuvosa, conforme é demonstrado na figura 3.

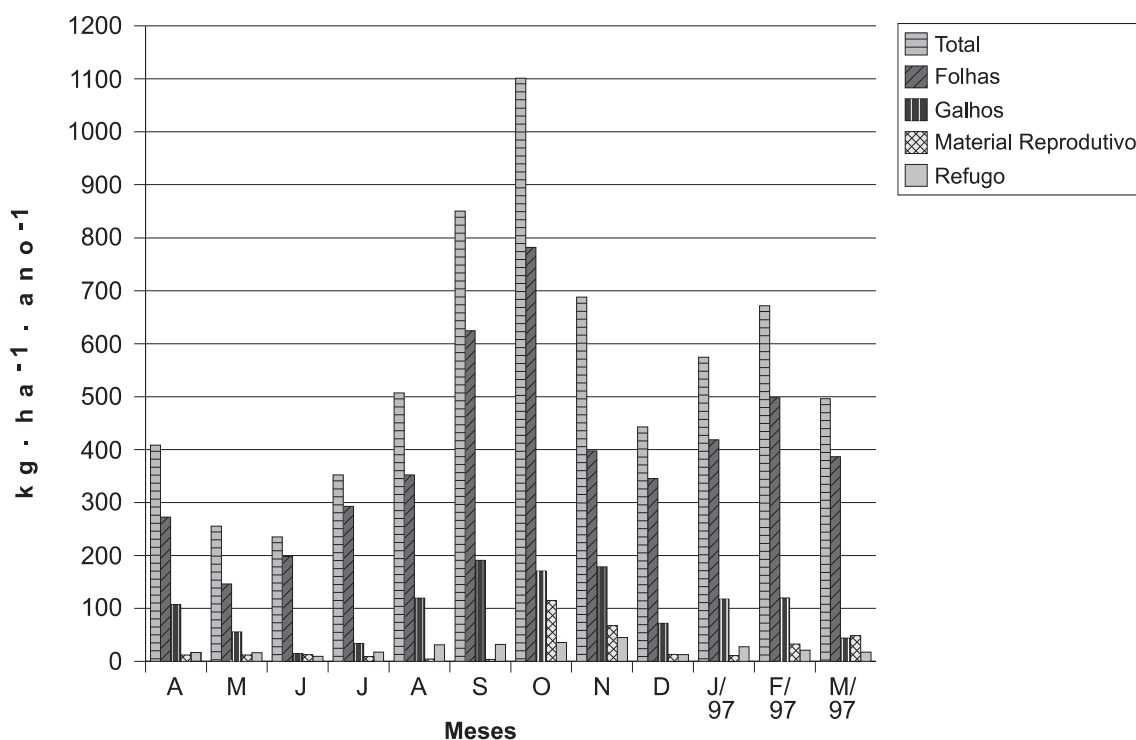


Figura 3 - Aporte de serrapilheira em $\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$ entre as diferentes frações em floresta de baixada (40 anos) na REBIO de Poço das Antas durante abril de 1996 a março de 1997.

As contribuições em % e biomassa para as diferentes frações do folhedeo na floresta intermediária foram: 66,5% (3.645,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹) para a fração foliar, 18% (987,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹) galhos, 11,6% (634,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹)

material reprodutivo, 3,9% (212,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹) refugo e com o aportado total de 5.479,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A maior contribuição foliar antecedeu a maior contribuição da fração reprodutiva e após o período de seca (Fig. 4).

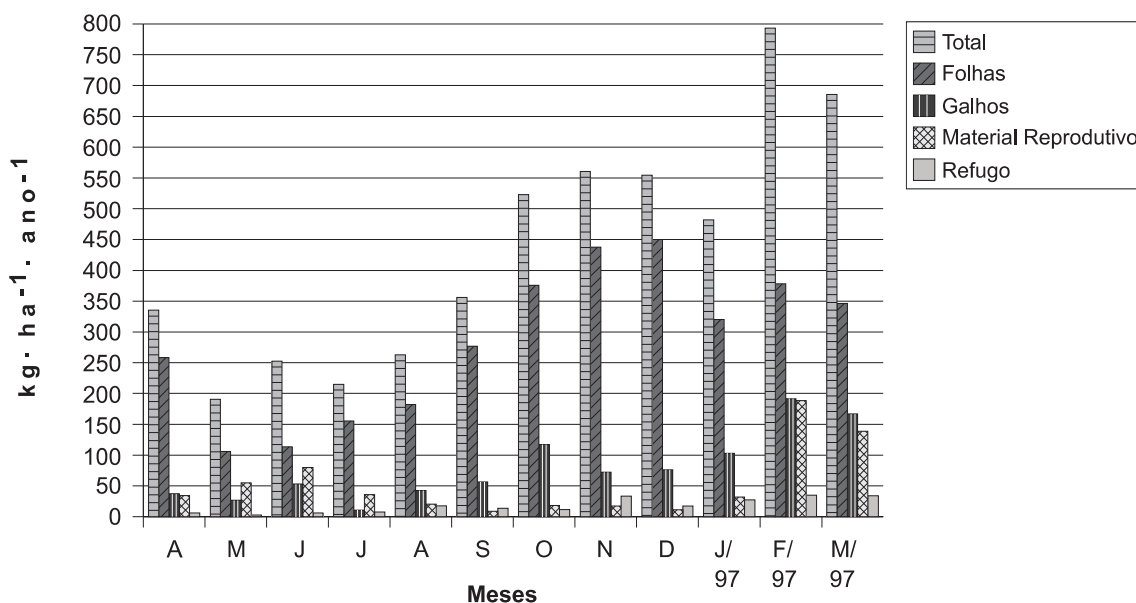


Figura 4 - Aporte de serrapilheira em kg ha⁻¹ mês⁻¹ entre as diferentes frações em Floresta de Baixada (20 anos) na REBIO de Poço das Antas durante abril de 1996 a março de 1997.

As contribuições em % e biomassa em reflorestamento de *Mimosa bimucronata* às frações obtiveram: 72,5% (2.192,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹) para a fração foliar, 16,7% (504,4 kg ha⁻¹ ano⁻¹) galhos, 2,7% (81,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹) material reprodutivo e 8,2% (247,0 kg ha⁻¹ ano⁻¹) para folhas de outras espécies associadas ao plantio de *Mimosa bimucronata*; o total aportado foi de 3.025,5 kg ha⁻¹ ano⁻¹, com fenologia do aporte similar à floresta avançada, onde o maior aporte está sincronizado à estação reprodutiva e chuvosa (Fig. 5).

A produtividade em diferentes regiões do globo foi até o presente, vastamente estudada e enfocada por diversos autores,

mas muito pouco levando-se em conta os diferentes estágios sucessionais em uma mesma fitofisionomia.

Em todos os estágios estudados a contribuição da fração foliar encontrada na serrapilheira anual, demonstrou proporções próximas a 70% do total aportado. O mesmo foi encontrado em outras florestas tropicais por (Andrade 1997; Brina *et al.* 1998; Dias 1997; Klinge & Rodrigues 1968; Linera & Tolome 1996; Mello & Porto 1994; Morellato 1987; O'Neill & De Angelis 1980; Prazeres *et al.* 1998; Sanchez & Sada 1993; Veneklaas 1991, entre muitos outros).

Quando analisadas correlações de precipitação e temperatura com o valor aportado sobre o solo às diferentes frações, bem como o total de serrapilheira; os resultados demonstram que os sistemas

em expansão respondem mais a precipitação quando comparados ao sistema avançado, enquanto este último, é mais influenciado pela temperatura (Tabela 3).

Tabela 3 - Correlações de precipitação e temperatura média às diferentes frações e total de serrapilheira aportada ao solo.

Correlações para a Floresta Avançada (40anos)					
Precipitação mensal					
Aporte mensal	Total	Folhas	Galhos	Material Reprodutivo	Refugo
Correlação	0,17	0,09	0,33	0,07	0,33
Temperatura média					
Correlação	0,22	0,21	0,2	0,27	0,08
Correlações para a Floresta Intermediária (20anos)					
Precipitação mensal					
Aporte mensal	Total	Folhas	Galhos	Material Reprodutivo	Refugo
Correlação	0,48	0,59	0,78	0,55	0,56
Coef. Det. %	61	35	62		
Regressão y =	234,35 + 1,07 x	189,08 + 0,51 x	22,22 + 0,31 x		
Temperatura média					
Correlação	0,43	0,3	0,38	0,42	0,27
Correlações para o Campo Antrópico – Plantio (3 anos)					
Precipitação mensal					
Aporte mensal	Total	Folhas	Galhos	Material Reprodutivo	Refugo
Correlação	0,52	0,49	0,26	0,7	0,62
Coef. Det. %				49	38
Regressão y =				- 4,89 + 0,06 x	- 4,41 + 0,13 x
Temperatura média					
Correlação	0,25	0,26	0	0,51	0,25

A partir da interpretação concomitante dos dados climáticos e da produtividade de serrapilheira em áreas de baixada na REBIO de Poço das Antas, é proposto o conceito de que a maior queda das folhas ocorre regulada pela menor oferta de água para a vegetação. Ou seja, como é na estação inverno (entre os meses de maio a agosto) que o índice pluviométrico é o menor quando comparado as demais estações do ano, a vegetação uma vez exposta a períodos secos prolongados, por

necessitar de um recurso que se torna escasso, acaba por permitir a abscisão foliar, representando assim uma estratégia para minimizar a menor disponibilidade de água, já que com menos folhas a necessidade de água para a vegetação acaba por ser menor.

Sanchez & Sada (1993) estudando a Floresta Tropical localizada em áreas de baixada no México encontraram a maior queda das folhas sincronizada ao período de menor pluviosidade para a estação outono. Já na

Floresta da Tijuca, RJ – Brasil, (Oliveira *et al.* 1993) ao estudarem a queda de folhas, identificaram dois picos de produção de serrapilheira como sendo os meses de junho e julho na estação inverno e dezembro e fevereiro na estação verão, ambos como o período sincronizado a menor taxa pluviométrica. Dias (1997), encontrou na Floresta Estacional

Semidecídua Montana localizada em Lavras, MG – Brasil, a maior produtividade de serrapilheira à estação primavera, enquanto Leitão-Filho (1993), ao estudar a Mata Atlântica de Cubatão, SP – Brasil, determinou como período, o verão; períodos estes também sincronizados aos meses de menor pluviosidade nas regiões estudadas.

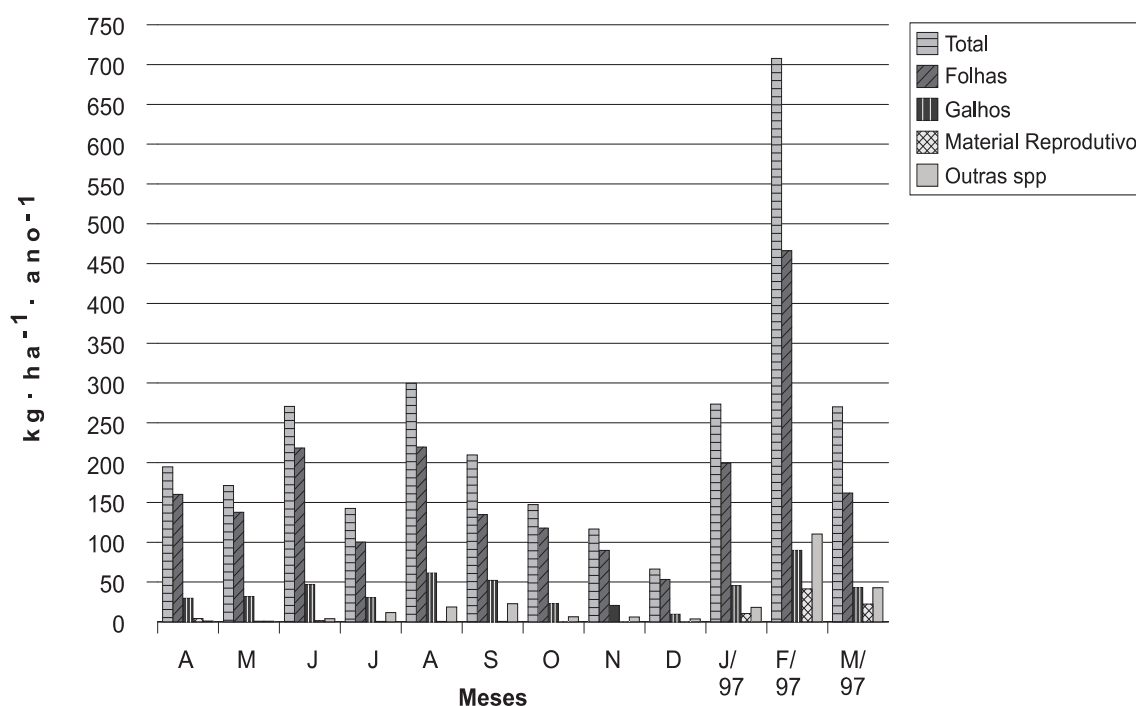


Figura 5 - Aporte de serrapilheira em $\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$ entre as diferentes frações em Campo Antrópico (3 anos), na REBIO de Poço das Antas durante abril de 1996 a março de 1997.

Teor de nutrientes da serrapilheira

Foram detectadas para o plantio maiores concentrações médias anuais em g kg^{-1} de N ($14,95 \pm 0,95$), P ($0,9 \pm 0,1$), K ($5,5 \pm 0,5$) e Ca ($21,0 \pm 6,7$), e maiores na estação chuvosa. Já o Mg apresentou maiores concentrações em valores absolutos à floresta avançada na estação seca ($2,5 \pm 0,2$). A magnitude da transferência dos nutrientes encontrados na fração foliar aos estágios

florestais, seguiu a relação de concentração: $P < K < Mg < Ca < N < C$, (Tabela 4).

As concentrações de C, N, P, K e Mg não demonstraram diferenças significativas a todos os estágios entre as estações. Sendo o Ca diferente apenas no plantio (maior na chuvosa), devido a elevada variação dos valores encontrados nas repetições. O P apresentou a menor concentração entre todos os nutrientes averiguados.

Tabela 4 - Comparações dos nutrientes estudados na serrapilheira (fração foliar) entre os estágios e dentro às diferentes estações.

CONCENTRAÇÃO FOLIAR em g. kg ⁻¹						
SISTEMA	IDADE	Média Anual ± Erro Padrão	CV %	ESTAÇÕES		
				SECA	CHUVOSA	
Carbono						
Floresta Avançada	40	497,62 ± 5,53 a	2,2	490,5 ± 9,0	NS	504,7 ± 3,6
Floresta Intermediária	20	497,92 ± 4,75 a	1,9	499,8 ± 3,4	NS	496,1 ± 29,5
Reflorestamento	3	501,13 ± 7,99 a	3,2	512,6 ± 6,2	NS	489,7 ± 20,9
Nitrogênio						
Floresta Avançada	40	10,30 ± 0,39 b	7,8	10,1 ± 0,6	NS	10,0 ± 1,7
Floresta Intermediária	20	10,67 ± 0,72 b	13,5	10,7 ± 2,1	NS	10,7 ± 0,4
Reflorestamento	3	14,95 ± 0,95 a	12,7	14,1 ± 2,8	NS	15,8 ± 3,9
C/N						
Floresta Avançada	40	50,00 ± 2,00 a	8,0	49,0 ± 3,0	NS	51,0 ± 8,0
Floresta Intermediária	20	47,00 ± 3,00 a	13,5	47,0 ± 9,0	NS	46,0 ± 4,0
Reflorestamento	3	34,00 ± 2,00 b	13,4	37,0 ± 7,0	NS	31,0 ± 7,0
P						
Floresta Avançada	40	0,50 ± 0 b	10,0	0,5 ± 0	NS	0,5 ± 0,2
Floresta Intermediária	20	0,40 ± 0,10 b	40,0	0,5 ± 0,1	NS	0,3 ± 0,4
Reflorestamento	3	0,90 ± 0,10 a	25,7	0,8 ± 0,4	NS	1,0 ± 0,6
K						
Floresta Avançada	40	2,42 ± 0,32 b	26,3	2,7 ± 1,1	NS	2,2 ± 0,4
Floresta Intermediária	20	1,89 ± 0,36 b	38,6	2,2 ± 1,8	NS	1,6 ± 0,4
Reflorestamento	3	5,46 ± 0,51 a	18,8	2,5 ± 1,7	NS	5,7 ± 1,7
Ca						
Floresta Avançada	40	8,30 ± 1,20 b	29,1	8,3 ± 1,2	NS	8,3 ± 1,1
Floresta Intermediária	20	6,61 ± 0,84 b	25,4	6,6 ± 2,0	NS	6,7 ± 1,3
Reflorestamento	3	21,03 ± 6,66 a	28,2	20,4 ± 4,6	S	21,6 ± 24,3
Mg						
Floresta Avançada	40	2,50 ± 0,20 a	17,8	2,7 ± 0,3	NS	2,4 ± 0,6
Floresta Intermediária	20	2,30 ± 0,10 a	8,4	2,3 ± 0,5	NS	2,4 ± 0,5
Reflorestamento	3	2,20 ± 0,10 a	6,3	2,2 ± 0,4	NS	2,2 ± 0,1

Estimativa da média ± seu erro padrão (t - Student com $p \leq 0,05$), $n = 9$ (estações) e 18 (anual), teste Tukey a 5 % de significância entre os estágios, letras diferentes indicam diferença.

Concentrações anuais dos nutrientes retornados ao solo

As concentrações anuais encontradas para o N em ambos os estágios florestais, foram maiores que a encontrada no plantio com ($32,9 \pm 7,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), sendo o N, com exceção do C, o nutriente de maior aporte ao solo via fração foliar quando comparado aos demais nutrientes, seguido logo após pelo Ca. O plantio apresentou maiores aportes anuais em P, K e Ca quando comparado a floresta intermediária.

Os totais aportados de C, N e Mg são maiores nos estágios florestais quando comparados ao plantio. Menor deposição de

K na floresta intermediária entre todos os estágios, e maiores na floresta avançada para N, P, Ca e Mg, (Tabela 5).

Anualmente, são depositados via serrapilheira na floresta de baixada avançada, cerca de $49,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $41,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, $12,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg e $2,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Para a floresta em estágio intermediário foram encontrados $39,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $24,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, $6,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, $8,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg e $1,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Já para o plantio de *Mimosa bimucronata*, $32,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $38,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, $12,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, $4,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg e $1,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de P.

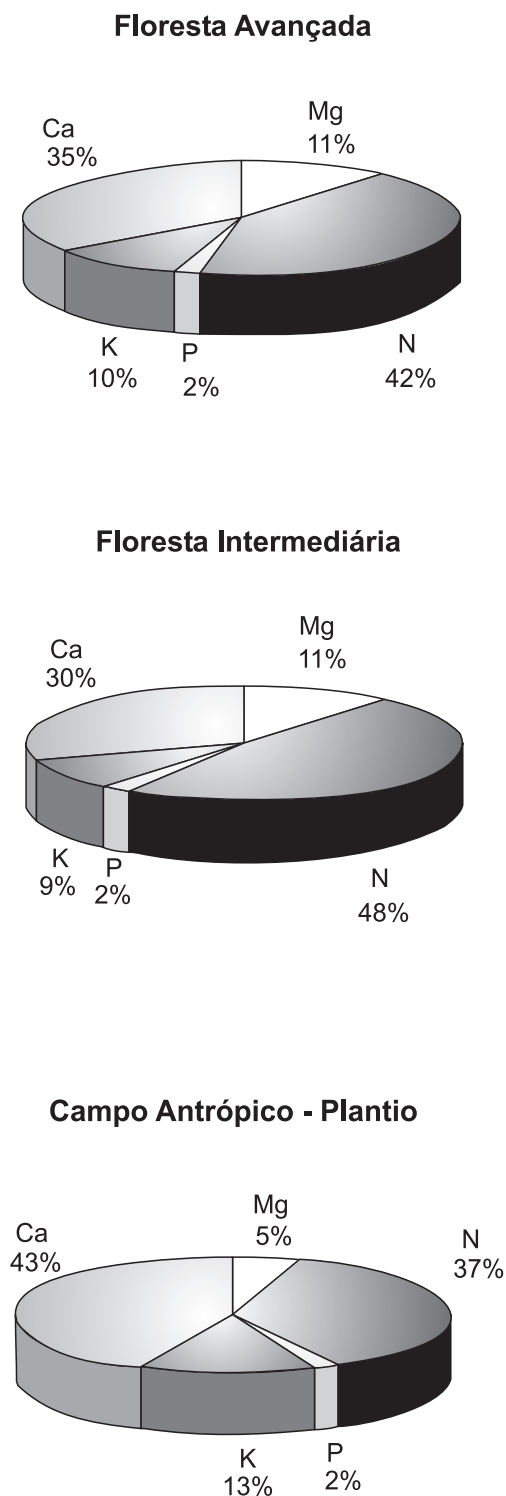
Tabela 5: Aporte ao solo via serrapilheira (fração foliar) em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em diferentes estágios sucessionais encontrados na REBIO de Poço das Antas.

APORTE AO SOLO VIA FRAÇÃO FOLIAR EM $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$							
ÁREA	C	N	P	K	Ca	Mg	(N + P + K + Ca + Mg)
FLORESTA (40 anos)	2.478,0+- 308,3	49,8+- 6,2	2,4+- 0,3	12,0+- 1,5	41,3+- 5,1	12,5+- 1,5	118
FLORESTA (20 anos)	1.814,8+- 183,6	39,0+- 3,9	1,4+- 0,1	6,9+- 0,7	24,1+- 2,4	8,4+- 0,8	80
PLANTIO (3 anos)	1.098,6+- 254,3	32,9+- 7,6	1,9+- 0,4	12,1+- 2,8	38,1+- 8,8	4,8+- 1,1	90

Médias a partir de 18 repetições e erro-padrão (t - Student) com $p \leq 0,05$.

Quando comparadas as porcentagens entre os diferentes nutrientes averiguados na deposição foliar da serrapilheira para cada um dos estágios estudados, conforme apresentado nas Figura 6, verificou-se que: o N apresenta maior retorno na floresta intermediária com 48%. O P com 2% em todos os estágios, demonstrando ser o nutriente mais limitante. K e Ca, 13 e 43 % respectivamente, ambos maiores no plantio, enquanto o Mg com 11%

em ambos os estágios florestais. Acredita-se a partir destes resultados que o plantio apresenta a menor eficiência quanto a absorção foliar dos nutrientes, caracterizando-se como o sistema mais “aberto” quanto a ciclagem de nutrientes quando comparado aos demais estágios. E que entre os estágios florestais, a floresta intermediária é a mais eficiente, demonstrando ser este o sistema mais “fechado”.



Figuras 6 - Porcentagens de retorno ao solo para os nutrientes averiguados na fração foliar para as florestas avançada, intermediária e campo antrópico.

Eficiência na utilização dos nutrientes

Neste estudo somente a concentração de Mg não foi verificada maior em *Mimosa bimucronata* quando comparada a encontrada nos estágios florestais. A concentração deste nutriente está relacionada aos pigmentos clorofilados, conotando uma maior produtividade primária em sistemas iniciais. Entretanto isto não foi verificado, o que pode estar relacionado a uma maior concentração deste elemento nas folhas dos estágios florestais, uma vez que a análise química se reportou a mistura de folhas de diferentes espécies, aumentando seu conteúdo nutricional quando comparado especificamente ao encontrado em *Mimosa bimucronata*, em valores absolutos; já quando comparada a concentração média entre os diferentes estágios, não foi verificada diferença significativa.

É de se esperar que estágios florestais secundários apresentem menores fluxos quanto às concentrações de entrada de nutrientes; a partir de uma maior eficiência econômica. Uma vez que através de uma maior biomassa epígea conseguem retranslocar e armazenar maiores concentrações entre os diferentes nutrientes antes da abscisão foliar (Vitousek 1984).

Os índices de eficiência no retorno de nutrientes ao solo são apresentados como a relação entre a quantidade de serrapilheira produzida e a quantidade de nutrientes nela contida, (Moraes 1993). Quando o índice apresenta-se menor, indica uma menor eficiência econômica na utilização desses nutrientes pela comunidade vegetal.

O maior índice de eficiência para o N (100), foi encontrado na floresta avançada, seguido pela floresta intermediária com 93 e por último o plantio com 67, enquanto ao analisarmos N + P + K + Ca + Mg, o melhor índice é apresentado pela floresta intermediária com 46, seguido pela floresta avançada com 42 e o plantio com 24.

Na estação chuvosa, o estágio intermediário encontra-se encharcado, o que acaba por contribuir para o aumento da

dissolução e da concentração de nutrientes em seu solo de caráter oligotrófico. E a partir de um maior esforço reprodutivo, determina assim uma estratégia em alocar nutrientes na própria biomassa vegetal quando se prepara para um

aumento de sua biomassa favorecido também pelo baixo potencial de exportação de nutrientes. Desta forma é explicado seu maior índice de eficiência nutricional, conforme é demonstrado na tabela 6.

Tabela 6 - Índice de eficiência na serrapilheira (fração foliar) entre os estágios florestais para os nutrientes averiguados.

Índice de Eficiência na Serrapilheira - Fração Foliar (ton. ha ⁻¹ ano ⁻¹ de Serrapilheira / kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ de Nutrientes)							
Área	C	N	P	K	Ca	Mg	Exceto C
Floresta Avançada	2	100	2075	415	121	398	42
Floresta Intermediária	2	93	2604	528	151	434	46
Plantio	2	67	1154	181	58	457	24

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados observados conclui-se que:

A estratégia da renovação foliar ocorre sob o ritmo perenifólio, seu aporte ao solo se dá de forma ininterrupta aos estágios de baixada estudados, sendo maiores na estação chuvosa e sincronizado a fase reprodutiva para a espécie *Mimosa bimucronata*.

Quando o fenômeno da falta d' água expõe a vegetação a um possível estresse hídrico, caracteriza-se o evento mais responsável e influenciador da queda de folhas nas florestas tropicais.

A floresta avançada apresentou o maior aporte total, $6,9 \pm 1,1$ ton ha⁻¹ ano⁻¹, quando comparada ao estágio intermediário com $5,5 \pm 0,5$ ton ha⁻¹ ano⁻¹ e $3,0 \pm 0,7$ ton ha⁻¹ ano⁻¹ para o plantio.

A fração folhas obteve um maior aporte, seguida das frações galhos, material reprodutivo e refugo respectivamente em kg ha⁻¹ ano⁻¹ em todos os estágios.

Não foi encontrada diferença significativa à composição nutricional na

fração foliar da serrapilheira entre as estações a todos os estágios.

As concentrações totais anuais médias de entrada dos nutrientes C, N e Mg em florestas avançada e intermediária são ambas maiores que as encontradas no plantio, enquanto para P, K e Ca (em kg ha⁻¹ ano⁻¹) foram encontradas menores na floresta intermediária.

A magnitude de transferência aos estágios intermediário e avançado segue a ordem de concentração: $P < K < Mg < Ca < N < C$, enquanto para o plantio, $K > Mg$.

As concentrações de entrada dos nutrientes: C, N, P, K e Ca em g kg⁻¹ de serrapilheira (fração foliar) no estágio inicial com o uso de *Mimosa bimucronata* demonstraram-se elevadas, e esta planta como uma espécie favorável a recomposição de áreas degradadas, caracterizando-se como de potencial elevado às taxas utilizadas na expansão de sistemas. Em virtude de sua relação C/ N, seu conteúdo nutricional, através da decomposição é liberado de forma mais lenta.

Comparações do aporte total e foliar demonstraram a floresta avançada com o maior índice de eficiência de nutrientes para o nitrogênio. Enquanto que a floresta intermediária provavelmente através de sua estratégia reprodutiva, aloca os nutrientes na biomassa e minimiza “as perdas” através de seu alto índice de eficiência na exportação dos demais nutrientes via serrapilheira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado; a EMBRAPA por disponibilizar suas dependências para moagem e análises químicas do material, ao Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro em especial à pesquisadora Tânia Sampaio por disponibilizar o Laboratório de Sementes para triagem, secagem e pesagem do material, ao IBAMA por autorizar as coletas na REBIO de Poço das Antas - RJ e aos senhores Fortunato F. Barbosa, Joaquina de S. C. Barbosa e Fabiano C. Barbosa pelo incentivo na condução deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. G. 1997. Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 165p.
- Baillie, I. C. 1989. Soil characteristics and mineral nutrition of tropical wooded ecosystems. *In*: Proctor, J. (ed). Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford. Pp. 15-26.
- Bataglia, O. C.; Furlani, A. M. C.; Teixeira, J. P. F.; Furlani, P. R.; Gallo, J. R. 1983. Métodos de análise química de plantas. Boletim Técnico, 78. IAC, Campinas, 48p.
- Bremmer, J. M. 1965. Total nitrogen. *In*: Black, C. A.; Evans, D. D.; White, J. L.; Ensminger, L. E. & F. E. Clark (eds.). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Inc., Madison. Pp. 1149-1237.
- Brina, A. E. & Filho, J. P. L. 1998. Produção e conteúdo de nutrientes na serrapilheira em mata mesófila associada a afloramentos calcários em Minas Gerais, Brasil. *In*: Congresso Nacional de Botânica, XLIX. Anais, Salvador. Pp. 310-311.
- Bruijnzeel, L. A. 1991. Nutrient input-output budgets of tropical forest ecosystems: a review. *Journal of Tropical Ecology* 7: 1-24.
- Dias, H. C. T. 1997. Fenologia de quatro espécies arbóreas e variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma floresta estacional semidecídua montana em Lavras - MG. *Revista Árvore*, 21(1): 1-50.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1979. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro. Manual de métodos de análises de solo. RJ. SNLCS, v.1.
- Facelli, J. M. & Pickett, S. T. A. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review*, 57(1): 1-32.
- Franco, A. A. & Campello, E. F. C. 1997. Importância da qualidade da serrapilheira na sucessão vegetal em áreas de recuperação na Amazônia. *In*: Encontro brasileiro sobre substâncias húmicas, II. São Carlos – SP. Anais. Editores Nadislau Martin Neto, Carlos Clemente Cerri e Wanderley J. De Melo. Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária. São Carlos: EMBRAPA – CNPDIA, 208p.
- Herrera, R.; Jordan, D. F.; Klinge, H. & Medina, E. 1978. Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciência* 3: 223-232.

- Hungria, M. & Araújo, R. S. 1994. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola; EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, CNP de Soja. EMBRAPA-SPI, Brasília, 542p.
- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1981. Plano de manejo da Reserva Biológica de Poço das Antas. Doc. Téc. n.º. 10. IBDF, Brasília, 94p.
- Jones Jr., J. B. 1991. Kjeldahl method for nitrogen determination. Micro-macro publishings, Athens, GA, 78p.
- Klinge, H. & Rodrigues, W. 1968. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. I. Litterfall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazoniana* 1: 303-310.
- Koeppen, W. 1948. Climatologia; versão para o espanhol de Pedro R. Hendrichs Pérez. México, Fondo de Cultura Econômica, 469p.
- Leitão-Filho, H. F. 1993. Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP). Editora Univ. Est. Paulista, Campinas (Natura Naturata). Pp.144-163.
- Linera, G. W. & Tolome, J. 1996. Litterfall, temperate and tropical dominant trees, and climate in a mexican lower montane forest. *Biotropica* 28(4b): 649-656.
- Mello, R. S. P. & Porto, M. L. 1994. Produção de serrapilheira em comunidades florestais do Morro do Pinhal, Parobé, RS. *In: Congresso Nacional de Botânica, XLV. Anais, São Leopoldo. P. 40.*
- Moraes, R. M. 1993. Ciclagem de nutrientes minerais em Mata Atlântica de Encosta e mata sobre Restinga, na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP: Produção de serapilheira e transferência de nutrientes. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 151p.
- Morellato-Fonzar, L. P. C. 1987. Estudo comparativo de fenologia e dinâmica de duas formações florestais na Serra do Japi, Jundiá, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 232p.
- Myers, R. J. K.; Palm, C. A.; Cuevas, E.; Gunatilleke, I. U. N. & Brossard, M. 1994. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. *The biological Management of Tropical Soil Fertility. P. L. Woomer & M. J. Swift, Pp. 81-116.*
- Oliveira, R. R. & Lacerda, L. D. 1993. Produção e composição química da serrapilheira na Floresta da Tijuca (RJ). *Revista Brasileira de Botânica* 16(1): 93-99.
- O'Neill, R. V. & De Angelis, D. L. 1980. Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems. *In: Reichle, D. L. (ed.). Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge, Cambridge Univ. Pr. Pp. 441-449.*
- Prazeres, S. M.; Silva, M. F. A.; Nazário, F. G. G. & Souza, C. M. R. 1998. Produção, acúmulo e decomposição de serapilheira da vegetação escleromorfa (Cerradão) e subxerófila (Carrasco) na Chapada do Araripe. Crato - CE. *In: Congresso Nacional de Botânica, XLIX. Anais, Salvador. Pp. 312-313.*
- Rosén, K. 1990. Keynote paper: measuring nutrient input to terrestrial ecosystems. *In: Harrison, A. F.; Ineson, P. & Heal, O. W. (eds.). Nutrient cycling in terrestrial ecosystems. Field methods, application and interpretation. Elsevier Applied Science. Pp. 1-10.*
- Sanchez, J. A. & Sada, S.G. 1993. Litterfall dynamics in a mexican lowland tropical rain forest. *Tropical Ecology* 34 (2): 127-142.
- Schlitter, F. H. M. 1990. Fitossociologia e ciclagem de nutrientes na floresta tropical do Parque Estadual do Morro do Diabo (Região do Pontal do Paranapanema, SP). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 279p.

- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.* 94: 38-55.
- Veneklaas, E. J. 1991. Litterfall and nutrients fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Tropical Ecology* 7: 319-336.
- Vitousek, P. M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65(1): 285-298.
- Vitousek, P. M. & Sanford, R. L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 137-167.