

## TEORES E ESTOQUES DE NUTRIENTES EM COMPARTIMENTOS DE ÁRVORES EM FLORESTAS PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

Gleyciane da Rocha REBOUÇAS<sup>1</sup>  
João Baptista Silva FERRAZ<sup>2</sup>  
Alex de Sousa TRINDADE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bolsista Iniciação Científica INPA-PAIC/FAPEAM;  
<sup>2</sup>Orientador CDAM/INPA; <sup>3</sup>Colaborador UniNilton Lins

### INTRODUÇÃO

Mudanças de uso do solo, como, por exemplo, exploração florestal e agricultura reduzem os estoques de nutrientes e biomassa arbórea (Silveira 2012; Keller *et al.* 2003). No caso da exploração florestal os troncos das árvores representam a maior parte da biomassa arbórea acima do solo com, aproximadamente, 50% desta. Essa biomassa é composta principalmente por 48,5 dag kg<sup>-1</sup> C, 0,33 dag kg<sup>-1</sup> N, 0,049 mg g<sup>-1</sup> Mg e 0,097 mg g<sup>-1</sup> Ca (Ferraz *et al.* 1997; Silva 2007). As folhas, por outro lado, apresentam altos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) (Ferraz *et al.* 1997). O crescimento vegetal depende da matéria orgânica formada pela decomposição de componentes vegetais mortos (serapilheira) (Ferreira *et al.* 2001). Esse material é a principal fonte de N, P, Ca e Mg para as plantas (Pauletto 2006). A ciclagem desses nutrientes que permite as plantas superarem as restrições nutricionais características dos Latossolos da região (Ferreira *et al.* 2001; Quesada *et al.* 2011). Assim as árvores são levadas a desenvolver estratégias de obtenção e acúmulo de nutrientes como, por exemplo, associação com fungos e bactérias e alocação de nutrientes em compartimentos específicos (Ferraz *et al.* 2012; Souza 2012; Caldeira *et al.* 1997). Em capoeiras espera-se que o crescimento mais rápido dos vegetais nesses locais leve um acúmulo maior de nutrientes nas folhas (Miller 1995). Em florestas primárias, os maiores estoques de nutrientes estão nos troncos (Poggiani e Schumacher 2000). Nesse contexto o objetivo desse estudo é investigar as diferentes estratégias de acúmulo de biomassa e nutrientes em florestas primária e secundária.

### MATERIAL E MÉTODOS

**Locais de estudo** - Os levantamentos foram realizados em bancos de dados em três ambientes: 1) uma floresta primária, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST- ZF2- INPA) (Ferraz *et al.* 1997); 2) Uma floresta secundária de 23 anos, na área EEST- ZF2- INPA, entre o km 21 e 24, na margem esquerda da estrada vicinal (02° 38' 38.0" S e 60° 09' 49.9" W), abrangendo um total de cinco hectares. Seu preparo constou de limpeza no ano de 1981, seguido de corte, reflorestamento e abandono da área no ano de 1982 (Pinto 2008); e a 3) Uma floresta secundária de 14 anos, na área EEST- S8 - INPA, está localizada entre os km 45 e 48, em sua margem esquerda, (02° 35' 18.7" S e 60° 02' 37.3" W). Seu preparo ocorreu nos meses de julho a outubro de 1991, queima a 3 de novembro do mesmo ano e logo em seguida abandonada (Pinto 2008). A área de estudo é uma floresta ombrófila densa. (IBGE 2012). Os solos desse sítio foram identificados como Latossolo Amarelo (Ferraz *et al.* 1998).

**Determinação da biomassa dos compartimentos arbóreos** - Foram selecionados 30 indivíduos arbóreos na floresta primária e 33 indivíduos nas duas florestas secundárias, com DAP ≤ 30 cm. A biomassa das árvores foi dividida nos seguintes compartimentos: tronco, galhos grossos (Ø ≥ 10 cm), galhos finos (Ø < 10 cm) e folhas. Cada compartimento foi pesado separadamente. Também foram retiradas amostras desses

compartimentos para determinação do teor de água, que foi usado para transformar a biomassa fresca em seca.

**Determinação dos teores de nutrientes** - O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl (Embrapa 2009). Para a determinação de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley até passarem por uma peneira com malha de 1 mm. As amostras moídas foram abertas em solução nitro-perclórica (3:1 vol.), num bloco digestor por aproximadamente, 12 h. O fósforo foi determinado pelo método de molibdato de amônio e posteriormente foi analisado espectrofotometricamente ( $\lambda = 660 \text{ nm}$ ), por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico (Embrapa 2009). Potássio, cálcio e magnésio foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa 2009).

**Análises estatísticas** - As análises descritivas desses dados foram realizadas no software Excel 2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados a distribuição dos teores de nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos em uma floresta primária e duas florestas secundárias. Em geral, as folhas apresentaram os maiores teores dos nutrientes dentre todos os compartimentos na floresta primária e secundária de 23 e 14 anos. Portanto, pode-se inferir que a folha é o principal componente na ciclagem de nutrientes, apesar de sua baixa participação porcentual na biomassa total. (Schumacher *et al.* 2003).

Tabela 1. Teores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg nos compartimentos arbóreos de espécies das florestas primária e secundária (município de Manaus - AM).

Comp		N	P	K	Ca	Mg
		g kg <sup>-1</sup>				
Floresta Primária n=33	T	2,94 ± 1,22	0,05 ± 0,02	0,86 ± 0,53	1,00 ± 0,84	0,49 ± 0,40
	GG	3,48 ± 1,47	0,08 ± 0,03	1,05 ± 0,47	1,18 ± 1,03	0,54 ± 0,43
	GF	16,33 ± 39,98	0,10 ± 0,13	9,51 ± 38,14	2,23 ± 3,03	1,26 ± 2,87
	F	16,30 ± 4,14	0,53 ± 0,22	6,16 ± 5,61	3,40 ± 2,24	1,96 ± 1,28
	X <sub>p</sub>	5,1	0,01	0,52	0,5	0,15
Floresta Secundária (14 anos) n=30	T	2,93 ± 0,85	0,09 ± 0,04	1,55 ± 0,81	2,10 ± 1,47	0,46 ± 0,20
	GG	-	-	-	-	-
	GF	5,86 ± 1,72	0,16 ± 0,06	3,25 ± 1,26	4,73 ± 2,84	0,85 ± 0,41
	F	20,52 ± 3,51	0,80 ± 0,25	6,71 ± 2,46	5,66 ± 2,47	2,27 ± 0,75
	X <sub>p</sub>	1,43	1,05	0,13	0,88	0,2
Floresta Secundária (23 anos) n=30	T	2,92 ± 0,68	0,07 ± 0,02	0,95 ± 0,49	1,17 ± 0,60	0,38 ± 0,18
	GG	-	-	-	-	-
	GF	5,60 ± 2,03	0,20 ± 0,14	1,95 ± 1,26	3,81 ± 2,40	0,76 ± 0,36
	F	20,32 ± 6,16	0,71 ± 0,32	4,74 ± 2,13	4,90 ± 2,40	2,45 ± 1,15
	X <sub>p</sub>	4,84	0,04	0,48	0,67	0,2

n= nº de espécies, ±= desvio padrão, X<sub>p</sub>= média ponderada (pela biomassa do compartimento), Comp= compartimento, T= tronco, GG= galho grosso, GF= galho fino, F= folha.

Os teores de **nitrogênio** foram maiores nas folhas em relação aos outros compartimentos. Esse nutriente também foi determinado em maiores teores dentre todos os demais nutrientes. Além disso, os maiores teores de nitrogênio foram determinados nas capoeiras (23 e 14 anos), o que está associado à intensa ciclagem de matéria orgânica e aos nutrientes (Luizão 2007; Selle 2007). Os teores de **fósforo** foram maiores nas folhas nos três ambientes, entretanto apresentam valores baixos comparados com os demais nutrientes o que

demonstra a não disponibilidade imediata no solo e na vegetação (Pinto 2008). Na floresta primária os maiores teores de **potássio** foram observados nos galhos finos, no entanto nas duas capoeiras (24 e 13 anos) os maiores teores foram encontrados nas folhas. Uma das principais funções do potássio é a manutenção do controle osmótico celular (Epstein e Bloom 2006). Para o cálcio os maiores teores foram observados nas folhas da floresta primária e secundária. O cálcio desempenha um papel fundamental na estabilidade e integridade da membrana celular (Hawkesford *et al.* 2012). Por sua vez, os maiores teores de **Magnésio** foram encontrados nas folhas nas florestas primária e secundárias de 23 e 14 anos, por ser um constituinte da clorofila (Epstein e Bloom 2006).

Ao se analisar a estratégia de alocação de biomassa nos compartimentos da floresta primária (Tabela 2), foi encontrada uma maior proporção de biomassa no tronco (65,3%) seguido pelos galhos grossos (19,3%), galhos finos (14%) e folhas (1,4%). Esses valores são corroborados por dois levantamentos em florestas de terra firme, em Manaus e Itacoatiara (AM), com maiores estoques no tronco (60-63%), diminuindo nos demais compartimentos: galhos grossos (18-19%), galhos finos (15-17%) e folhas (1-2%) (Silva 2007; Silveira 2012). Nas florestas secundárias de 23 e 14 anos, a distribuição seguiu o seguinte padrão: tronco (78,6 e 71,4%), galhos grossos (não existente), galhos finos (16,4 e 20,7 %) e folhas (5,0 e 7,9%), respectivamente. Dessa forma, tornam-se evidentes as diferenças de estratégia. Na primeira, o desenvolvimento avançado dos estratos florestais e a intensa competição por luz levam a necessidade de expansão da copa e, por consequência, o desenvolvimento de galhos grossos, que representam um quinto da biomassa total acima do solo (Silva 2007). Nas florestas secundárias, a “prioridade” é a proteção e aumento da fertilidade do solo. Assim, as árvores investem mais em órgãos temporários, que logo morrerão e formarão a matéria orgânica do solo, permitindo uma intensa ciclagem de nutrientes.

Tabela 2. Distribuição percentual dos estoques médios de biomassa e dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg nos compartimentos arbóreos de espécies das florestas primária e secundária.

	Comp.	Biomassa	N	P	K	Ca	Mg
Floresta Primária n=33	T	65,3	54,1	51,0	51,5	55,8	55,0
	GG	19,3	20,7	22,4	21,2	20,1	20,7
	GF	14,0	17,9	15,8	18,9	19,0	18,1
	F	1,4	7,3	10,8	8,4	5,1	6,2
Floresta Secundária (23 anos) n=30	T	78,6	53,2	52,4	56,3	58,4	58,5
	GG	-	-	-	-	-	-
	GF	16,4	22,0	18,6	26,2	29,0	22,2
	F	5,0	24,8	29,0	17,5	12,6	19,3
Floresta Secundária (14 anos) n=30	T	71,4	43,0	36,4	46,0	41,0	43,3
	GG	-	-	-	-	-	-
	GF	20,7	24,3	28,1	26,7	39,6	26,4
	F	7,9	32,7	35,5	27,3	19,4	30,3

n= n° de espécies, Comp= compartimento, T= tronco, GG= galho grosso, GF= galho fino, F= folha.

Como os cálculos dos estoques são dominados pela biomassa dos compartimentos, os estoques dos nutrientes tendem a seguir o mesmo padrão de distribuição da biomassa, com maiores estoques no tronco. Para o **nitrogênio**, foi observado no tronco duas vezes maior do que nos galhos grossos e finos e 7 vezes maior do que nas folhas. Resultados semelhantes foram observados em floresta de terra firme no Pará (Johnson *et al.* 2001). Menores contribuições dos galhos finos (13 %) foram observadas em Roraima (Martinelli *et al.* 2000) e maiores das folhas (8-17 %) em Roraima (Martinelli e Almeida 2000) e no Amazonas (Silveira 2012),

apesar deste último ter considerado apenas as árvores comercialmente exploráveis ( $DAP \geq 50$  cm). Desta forma, este é o macronutriente mais exportado na exploração florestal, com estimativas variando entre 56 e 66,7 kg ha<sup>-1</sup> (Keller *et al.* 2003; Silveira 2012). Nas florestas secundárias de 23 e 14 anos o estoque de nitrogênio foi encontrado em maior proporção nos troncos (53,2-43%), seguido por galhos finos (22,0-24,3%) e as folhas (24,8-32,7%). Esses altos valores nas folhas podem ser explicados pela grande quantidade de biomassa nas folhas e pelos elevados teores de N nesse compartimento.

Analisando o **fósforo** na floresta primária, foi observada grande proporção de estoque no tronco, as folhas, no entanto é 5 vezes menor em relação ao tronco. Nas florestas secundárias o P apresentou maiores estoques no tronco e em seguida nas folhas. Para **potássio** notou-se maior estoque nos troncos comparados com os demais compartimentos, nas florestas secundárias os estoques de K foram maiores nos troncos. Para o **cálcio**, nas florestas primária e secundária, os maiores estoques foram encontrados nos troncos. Como cálcio tem uma função estrutural, sendo considerado de pouca mobilidade, não se observa realocação desse nutriente em grandes quantidades para órgãos mais jovens (Hawkesford *et al.* 2012). O mesmo repete para o Mg com grande quantidade de estoque no tronco e menor proporção de estoque observado nas folhas nos três ambientes. Diferente do cálcio, o magnésio é translocado das regiões maduras para as mais jovens da planta, com crescimento ativo que mostra um percentual de magnésio superior nas folhas em relação aos galhos finos na floresta secundária de 14 anos (Epstein e Bloom 2006).

## CONCLUSÃO

As folhas, apesar de apresentarem os maiores teores, a sua participação nos estoques de nutrientes é pequena. A biomassa é um fator decisivo para os estoques de nutrientes, por isso os troncos, apesar de terem os menores teores, apresentam os maiores estoques de nutrientes. O fato das capoeiras alocarem a maior parte dos nutrientes nas folhas e galhos reflete o intenso crescimento vegetativo nas áreas de reduzida cobertura vegetal. Já na floresta primária com árvores na fase madura e alta densidade de indivíduos a alocação de biomassa e nutrientes ocorre preferencialmente nos troncos.

## REFERÊNCIAS

- Caldeira, M.V.W.; Silva, E.M.R.; Franco, A.A.; Zanon, M.L.B. 1997. Crescimento de Leguminosas arbóreas em resposta a inoculação com fungos micorrizos arbusculares. *Ciência Florestal*, 7(1): 1-10.
- Embrapa. 2009. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2da ed. Embrapa. Revisada e ampliada Brasília. 627 p.
- Epstein, E.; Bloom, A.J. 2006. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2da ed, Editora planta, Londrina, PR. 404p.
- Ferraz, J.B.S.; Bastos, R.P.; Guimarães, G.P.; Reis, T.S.; Higuchi, N. 2012. A Floresta e o solo. In: Higuchi, M.I.G.; Higuchi, N. (2Ed). *A floresta Amazônica e suas múltiplas Dimensões: Uma proposta de educação ambiental*. V.1. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.101-121.
- Ferraz, J.; Otha, S.; Salles, P.C. 1998. Distribuição dos solos ao longo de dois transectos em floresta primária ao norte de Manaus (AM). In: Higuchi, N.; Campos, M.A.A.; Sampaio, P.T.B.; Santos, J. dos. *Pesquisas Florestais para Conservação da Floresta e Reabilitação de Áreas Degradadas da Amazônia*, p. 111-143.
- Ferraz, J.; Higuchi, N.; Santos, J.; Biont, Y.; Marques, F.; Baker, K.; Baker, R.; Hunter, I.; Proctor, J. 1997. Distribuição de nutrientes nas árvores e exportação de nutrientes pela exploração seletiva de madeira. In:

- Higuchi, N.; Ferraz, J.; Antony, L.; Luizão, F.; Luizão, R.; Biot, Y.; Hunter, I.; Proctor, J.; Ross, S. *Bionte: Biomassa e nutrientes florestais: Relatório final*. Manaus. 347p.
- Ferreira, S.J.; Crestana, S.; Luizão, F.J.; Miranda, S.A.F. 2001. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 31(3):381-396.
- Hawkesford, M.; Horst, W.; Kichey, Lambers, H.; Schojoening, J.; Moller, I.S.; White, P. 2012. Functions of macronutrientes. In: Marschner, P. (3Ed.) *Mineral nutrition of Higher plants*. Elsevier. p.135-178.
- IBGE. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2da ed. Rio de Janeiro, 271p.
- Johnson, C.M; Vieira, C.G; Zarin, D.J.; Frizano, J.; Johnson, A.H. 2001. Carbon and nutrient storage in primary and secondary forests in eastern Amazônia. *Forest Ecology and Management*, 147: 245-252.
- Keller, M.; Gregory, P.; Silva, N.; Palace, M. 2003. *Sustainability of selective logging of upland forests in the Brazilian Amazon: Carbon Budgets and remote sensing as tools for evaluation of logging effects*. Columbia University Press, New York. 39p.
- Luizão, F.J. 2007. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e Cultura*, 59(3): 31-36.
- Martinelli, L.A.; Almeida, S. 2000. Variation in nutrient distribution and potential nutrient losses by selective logging in a humid tropical forest of Rondônia, Brazil. *Biotropica*, 32: 597-613.
- Miller, H.G. 1995. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. *Plant and Soil*, 168/169: 225-232.
- Pauletto, D. 2006. *Estoque, produção e fluxo de nutrientes da liteira grossa em floresta submetida à exploração seletiva de madeira no Noroeste de Mato Grosso*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 78p.
- Pinto, F.R. 2008. *Estimativa dos estoques de biomassa e nutrientes em florestas secundárias na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- Poggiani, F.; Schumacher, M.V. 2000. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: Gonçalves, J.L.M.; Benedetti, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). Piracicaba, São Paulo, p. 287-308.
- Quesada, C.A.; Lloyd, J.; Anderson, L.O.; Fyllas, N.M.; Schwarz, M.; Czimezik, C.I. 2011. Soils of Amazonia with particular reference to the Rainfor sites. *Biogeosciences*, 8: 1415-1440.
- Schumacher, M.V.; Brun, J.E.; Rodrigues, L.M.; Santos, E.M. 2003. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, 27(6): 791-798.
- Silva, R.P. 2007. *Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus, AM*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 152p.
- Selle, G.L. 2007. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. *Bioscience journal*, 23(4): 29-39.
- Silveira, L.H.C. 2012. *Exportação de nutrientes pela exploração de madeiras comerciais em uma área de floresta amazônica de terra firme em Itacoatiara, AM*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Florestal/ Universidade de Brasília, Brasília, DF. 65p.
- Souza, L.A.G. 2012. *Leguminosas para adubação verde na terra firme e na várzea da Amazônia Central: um estudo em pequenas propriedades rurais em Manacapuru*. INPA. Manaus, Amazonas, 40p.