

Determinação e identificação dos teores de macronutrientes nas espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista Montana/ General Carneiro, Paraná

Determination and identification content macronutrients in the tree species in a Mixed Araucaria Forest/ General Carneiro, Paraná

Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹
Renato Marques²
Luciano Farinha Watzlawick³
Ronaldo Viana Soares⁴

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar o teor e o conteúdo de macronutrientes nas espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista Montana, General Carneiro, Paraná utilizando 20 unidades amostrais primárias de 12 m x 12 m (UAP). Nas UAPs foram cortadas e medidas todas as árvores com DAP $\geq 10,0$ cm para a determinação de biomassa acima do solo, bem como para a determinação dos macronutrientes. Das espécies amostradas que tinham mais de três exemplares, foram selecionadas três (maior, médio e menor DAP) e das que tinham menos de três, todos foram usados para a determinação do teor de macronutrientes nos componentes da biomassa acima do solo. Os teores de macronutrientes apresentaram variações entre as espécies estudadas. Não foram constatadas relações entre as espécies de maior IVI (Índice de Valor de Importância) e seus teores de macronutrientes.

1 Dr. Engenheiro Florestal; Prof. do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste; e-mail: caldeiramv@yahoo.com.br

2 Dr. Engenheiro Florestal; Prof. do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná; Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial do CNPq; e-mail: rmarques@ufpr.br

3 Dr. Engenheiro Florestal; Prof. do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; e-mail: luciano.watzlawick@pq.cnpq.br

4 Dr. Engenheiro Florestal; Prof. do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; e-mail: rvsoares@floresta.ufpr.br

Recebido para publicação em 06/03/2006 e aceito em 10/01/2007

O conteúdo total de macronutrientes na biomassa acima do solo (DAP \geq 10,0 cm) foi, em ordem decrescente, K > N > Ca > Mg > P > S.

Palavras-chave: Floresta com araucária; macronutrientes; espécies arbórea.

Abstract

The main objective of this study was to quantify the macronutrients in the tree species in a Ombrófila Mista Montana Forest located in General Carneiro county, state of Paraná, Brazil, through 20 primary sample plots of 12 m x 12 m. In the UAPs all the trees with DHB \geq 10.0 cm were cut and measured to determine the above-ground biomass, as well as to determine the macronutrients. It was selected three sampled species had more than three samples (largest, average and smallest DHB) and from those had less than three, all of them were used to determine the macronutrients level in the biomass components. The macronutrients level showed changes among the studied species. It wasn't detected relationship between species with a elevated Importance Value Index (IVI) and their macronutrients level. The total content of macronutrients in the above-ground biomass (DAP \geq 10.0 cm) was K > N > Ca > Mg > P > S in a decreasing order.

Key words: Mixed araucaria forest; macronutrients; tree species.

Introdução

O conhecimento sobre o teor, bem como sobre a distribuição dos nutrientes, nos componentes das árvores é fundamental para estabelecer estratégias de amostragem com a finalidade de estudar a nutrição, ciclagem e exportação de nutrientes em espécies florestais (CALDEIRA, 1998). Segundo Kimmins (1987), para manter a produtividade em qualquer sítio é necessário determinar a duração do ciclo ecológico, o período necessário para que o sítio recupere as condições antes da exploração ou uma adequada adubação. Isso só será possível através de um balanço nutricional da

quantificação dos nutrientes no sítio, das exportações através de colheita, fogo, erosão e da reposição natural, ou seja, deposições atmosféricas, mineralização e fixação biológica de nitrogênio.

A determinação do teor de nutrientes nos componentes das árvores, segundo Montagnini e Sancho (1994), juntamente com a determinação de biomassa, podem ser utilizadas como indicadores dos impactos ambientais potenciais das árvores e da colheita florestal sobre os nutrientes no sítio, permitindo, assim, segundo Drumond et al. (1997b), a adoção de estratégias de manejo que possam levar à redução da perda de nutrientes.

Para Duvigneaud (1974), a determinação do teor de nutrientes nas diversas partes do vegetal permite calcular a mineralomassa em função da fitomassa estimada e o monitoramento da decomposição da serapilheira fornece dados essenciais sobre a liberação de nutrientes para o solo da floresta.

O armazenamento dos nutrientes nos componentes da biomassa acima do solo é função da distribuição da biomassa produzida e do teor de nutrientes nos diversos tecidos e órgãos da planta (VAN DEN DRIESSCHE, 1974; CALDEIRA, 1998). As variações em relação à distribuição da biomassa em função da idade das árvores e as diferenças nos teores dos nutrientes de cada componente irão refletir na variação da quantidade de nutrientes totais em cada componente da árvore (VAN DEN DRIESSCHE, 1974).

Conforme Kimmins (1987), o estoque de nutrientes na biomassa acima do solo aumenta das florestas boreais para as tropicais. Os diferentes teores de nutrientes observados nas espécies florestais arbóreas podem ser atribuídos às características genéticas pertinentes a cada espécie e também às condições edáficas onde se encontram estabelecidas (SCHUMACHER, 1995; CALDEIRA, 1998).

A raridade de trabalhos sobre a dinâmica de nutrientes em florestas naturais deve-se à dificuldade na coleta de dados, devido à complexidade ambiental destas formações, custos elevados para a realização de estudos, grande número de pessoas necessárias ao desenvolvimento dos trabalhos e falta de metodologia adequada.

Nesse sentido, a literatura mundial mostra poucos trabalhos relacionados com quantificação de biomassa e nutrientes em florestas naturais. Dentre os mais atuais está o de Rodríguez Jiménez (1988) em uma Floresta Pluvial Tropical em Buenaventura, Colômbia e Drumond et al. (1997a, 1997b) na Mata Atlântica, Mata Alta com bambuzóides e graminóides, em Minas Gerais.

O presente estudo teve como objetivo analisar o teor, bem como o conteúdo de macronutrientes na biomassa acima do solo ($DAP \geq 10,0$ cm) em espécies da Floresta Ombrófila Mista Montana, estabelecida em General Carneiro, Paraná.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma propriedade das Indústrias Pedro N. Pizzatto, localizada no município de General Carneiro, Paraná, que fica no extremo sul do estado, fazendo divisa com o estado de Santa Catarina. General Carneiro está localizada na interseção das coordenadas geográficas $26^{\circ} 43' 00$ latitude S e $51^{\circ} 24' 35$ longitude W de Greenwich, com altitude aproximada de 1000 m a.n.m. (PARANÁ, 1987). A área da fazenda onde foi desenvolvido o trabalho é de aproximadamente de 4.570 ha.

Pela classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), ou seja, temperado com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas, sem estação seca. A média das temperaturas do mês mais quente é inferior

a 22°C e a do mês mais frio é superior a -18°C (PARANÁ, 1987; IAPAR, 1994). Para Camargo (1988), o clima da região pode ser considerado como Temperado Semi-Úmido de Altitude.

Em relação ao relevo, General Carneiro apresenta 20% de topografia plana, 65% de topografia ondulada e 15% de topografia montanhosa. Nessa região, as ordens de solos são os Neossolos Litólicos, Cambissolos (BOLETIM de PESQUISA, 1984) e Argissolos (PARANÁ, 1987).

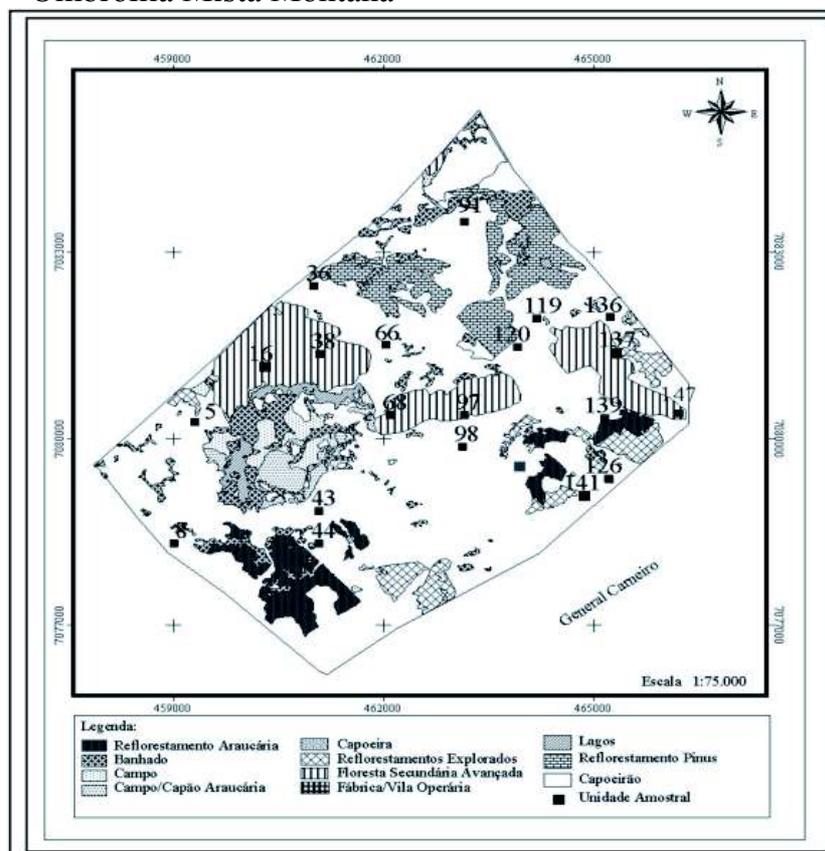
Conforme a classificação do IBGE (1992), a formação florestal original da área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana. Contudo, devido diversas atividades

antrópicas, a vegetação se encontra em diferentes estágios sucessionais.

Na figura 1 pode-se observar o uso da ocupação do solo na área de estudo, com as respectivas localizações das unidades amostrais.

No primeiro semestre de 2001, o Laboratório de Inventário Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR realizou inventário florestal, utilizando o método de amostragem de área fixa e o processo sistemático, no qual foram locadas e medidas 70 unidades amostrais (UAs) de 25 m x 100 m, numeradas de 1 a 70. Destas 70 UAs, conforme Watzlawick (2003) foram sorteadas aleatoriamente 20 para a quantificação de biomassa do

Figura 1. Uso do uso do solo e localização das unidades amostrais na Floresta Ombrófila Mista Montana

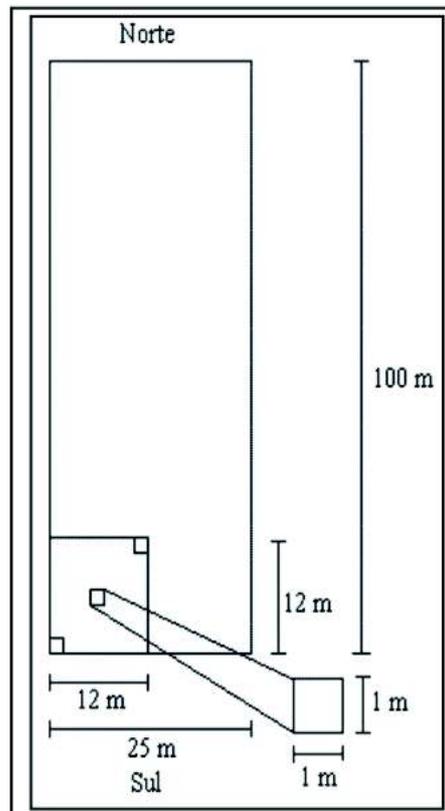


presente estudo. Nestas, foram locadas subunidades amostrais de 12 m x 12 m (unidade amostral primária - UAP) com orientação Norte-Sul (Figura 2).

Das espécies amostradas que tinham mais de três exemplares, foram selecionados três (com maior, médio e

de papel, secas em estufa de circulação e renovação de ar a 75°C e, em seguida, 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 (MIYAZAWA et al. 1999).

Figura 2. Esquema da instalação das unidades amostrais



menor DAP) e das que tinham menos de três indivíduos todos foram usados para a determinação do teor de macronutrientes nos componentes da biomassa acima do solo (DAP \geq 10,0 cm). Para a determinação dos macronutrientes na casca e na madeira do fuste foi utilizada a média de duas amostras e para os demais componentes média de três amostras.

As amostras de cada componente da biomassa foram colocadas em sacos

As análises N, P, S, K, Ca e Mg de tecido vegetal foram determinadas por digestão úmida. As análises de N foram feitas por titulação. O N foi determinado pelo método Kjeldahl, chamado também de digestão sulfúrica, usando o destilador de nitrogênio. As amostras de K foram lidas no fotômetro de chama e as amostras de P e S foram lidas no espectrofotômetro UV-VIS. No espectrofotômetro de absorção atômica

(EAA) foram lidas as amostras de Ca e Mg (TEDESCO et al. 1995; MIYAZAWA et al. 1999).

Em relação aos macronutrientes, foram calculados os teores médios, bem como alguns parâmetros estatísticos como: desvio padrão, coeficiente de variação e limite inferior e superior nos diversos componentes (madeira do fuste, casca, galhos, folhas e miscelânea – flores, frutos, sementes, etc) da biomassa acima do solo (DAP $\geq 10,0$ cm).

Foi realizada, também, a classificação dos teores médios foliares dos macronutrientes (g kg^{-1}) das espécies estudadas. Essa classificação foi feita calculando-se inicialmente a média e o desvio padrão de cada um dos teores dos nutrientes, considerando todas as espécies amostradas. A seguir foram calculados os limites inferiores e superiores de cada teor dos macronutrientes adicionando-se ou subtraindo-se do desvio padrão da média. Os valores encontrados para cada teor, menores que o limite inferior calculado, foram considerados teores baixos, e os valores maiores que o limite superior calculado foram considerados teores altos, sendo os demais como teores médios.

A quantidade dos nutrientes em kg/espécie nos componentes da biomassa foi calculada através da multiplicação da biomassa (kg/espécie) pelo teor de macronutrientes determinado para cada componente (madeira do fuste, casca, galhos, folhas e miscelânea - flor, fruto, semente, etc). A soma dos valores dos nutrientes para cada componente da biomassa forneceu a quantidade total (Mg ha^{-1}) dos mesmos.

Resultados e Discussão

Teor por espécie

Os teores de macronutrientes em cada componente da biomassa acima do solo, bem como de cada espécie amostrada, são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3. No geral, os teores não foram uniformes entre as espécies estudadas, sendo este um reflexo diferencial interespecífico. Para todas as espécies e todos os componentes da biomassa, os teores de N foram maiores sempre maiores em todos os componentes da biomassa das espécies estudadas. Para *Ilex theezans*, *Prunus brasiliensis* e *Xylosma sp.*, como exceção, menores teores de N foram observados apenas na miscelânea. Analisando os teores de N e P, observa-se que de todas as espécies estudadas, *Xylosma sp.* apresentou menor teor de N nas folhas, na madeira do fuste, casca e galhos (Tabela 1).

As espécies *Mimosa scabrella*, *Sapium glandulatum* e *Vernonia discolor* apresentaram altos teores de N nas folhas em relação às demais espécies. Esses maiores teores, principalmente de *Mimosa scabrella*, comprovam o potencial de ciclagem de nutrientes desta espécie, via serapilheira. O alto teor de N nas folhas de *Mimosa scabrella* pode ser justificado pela capacidade que a mesma possui de fixar N_2 através do efeito sinérgico da associação com bactérias diazotróficas.

Baggio (1994), estudando a quantidade e a distribuição de nutrientes na biomassa acima do solo de *Mimosa scabrella*, explorada no sistema tradicional em plantios localizados na Região Metropolitana de Curitiba, PR, observou que, de todos os

Tabela 1. Teores médios de N e P (g kg⁻¹) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo

Espécie	Folhas		Madeira do fuste		Casca		Galhos		Miscelânea	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
<i>Allophyllus edulis</i>	28,79	1,94	5,16	0,56	15,81	1,09	10,59	1,12	19,4	6,72
<i>Araucaria angustifolia</i>	14,62	1,44	1,83	0,11	5,86	0,20	3,97	0,45	9,36	6,97
<i>Calyptanthus concinna</i>	13,89	0,71	1,89	0,75	4,92	0,30	3,40	0,71	15,31	7,81
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	21,54	1,29	6,80	0,23	9,64	0,47	10,4	0,77	14,93	8,42
<i>Casearia decandra</i>	28,82	1,33	4,03	0,21	10,71	0,40	9,07	0,58	18,05	7,64
<i>Clethra scabra</i>	23,45	1,62	3,45	0,25	6,61	0,68	5,86	0,64	19,56	8,41
<i>Cupania vernalis</i>	18,68	1,87	2,83	0,25	9,45	0,49	7,50	0,52	15,38	9,14
<i>Dicksonia sellowiana</i>	21,06	1,72	4,06	1,10	...	...	...	...	13,23	8,65
<i>Drimys brasiliensis</i>	21,89	1,69	2,65	0,07	4,72	0,28	0,53	0,68	14,74	8,23
<i>Ilex dumosa</i>	21,29	1,05	3,78	0,10	13,86	0,33	5,86	0,86	18,08	7,58
<i>Ilex microdonta</i>	15,56	0,78	2,21	0,09	4,72	0,25	6,18	0,36	13,16	6,9
<i>Ilex paraguariensis</i>	25,58	1,17	3,40	0,22	9,70	0,36	7,94	0,74	20,22	8,31
<i>Ilex theezans</i>	24,57	1,12	0,22	0,23	6,80	0,28	0,51	0,5	0,85	6,92
<i>Jacaranda puberula</i>	18,88	1,29	7,18	0,34	7,29	0,39	7,59	0,86	9,24	6,56
<i>Lamanonia Ternata</i>	14,55	0,97	2,08	0,12	4,91	0,28	7,94	0,44	13,42	8,84
<i>Lithraea brasiliensis</i>	21,17	1,68	1,89	0,20	4,85	0,29	4,34	0,59	9,51	8,14
<i>Matayba elaeagnoides</i>	25,61	1,93	2,83	0,14	8,88	0,47	4,72	0,25	19,56	7,64
<i>Mimosa scabrella</i>	37,60	1,73	4,72	0,07	15,41	0,37	11,40	0,15	21,64	11,74
<i>Myrcia sp.</i>	11,25	0,67	2,20	0,26	5,10	0,35	3,97	0,47	13,98	8,36
<i>Myrsine ferruginea</i>	24,63	1,90	2,74	0,13	8,13	0,52	6,61	0,59	12,10	8,40
<i>Myrsine umbellata</i>	14,04	0,91	2,41	0,58	4,34	0,37	3,97	0,24	14,55	8,78
<i>Nectandra megapotamica</i>	24,82	1,04	3,47	0,12	11,21	0,55	11,15	0,64	18,81	7,81
<i>Ocotea porosa</i>	24,00	1,01	5,86	0,18	12,98	0,37	7,68	0,44	17,7	8,96
<i>Ocotea puberula</i>	26,39	1,44	3,65	0,09	18,52	0,65	10,08	0,43	20,22	8,68
<i>Ocotea pulchella</i>	20,25	0,91	3,31	0,16	6,8	0,25	9,64	0,56	11,55	7,03
<i>Persea major</i>	17,01	0,94	3,54	1,19	7,85	0,44	0,47	0,64	14,74	5,63
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	28,62	1,33	2,95	0,16	8,12	0,29	8,75	0,35	17,7	6,60
<i>Prunus brasiliensis</i>	27,65	0,98	2,65	0,07	5,44	0,48	9,07	0,47	0,93	6,76
<i>Quillaza brasiliensis</i>	25,32	0,83	3,02	0,07	6,99	0,26	8,69	0,30	16,32	6,46
<i>Sapium glandulatum</i>	34,40	1,95	3,27	2,59	11,02	0,54	13,92	1,19	19,4	11,79
<i>Schinus terebinthifolius</i>	26,46	1,13	3,97	0,26	9,64	0,63	6,61	0,26	19,84	10,39
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	19,47	1,05	0,31	0,33	6,99	0,26	0,40	0,53	20,41	7,85
<i>Sebastiania commersoniana</i>	27,78	1,63	6,24	0,82	19,28	0,59	13,25	0,59	22,49	6,59
<i>Sloanea lasiocoma</i>	14,36	1,04	3,97	0,40	5,10	0,53	4,54	0,53	12,66	7,05
<i>Styrax leprosus</i>	18,62	1,47	2,56	0,26	6,33	0,31	5,65	0,43	20,03	8,04
<i>Symplocos celastrina</i>	18,71	3,05	2,38	0,07	6,61	0,29	6,05	0,46	...	...
<i>Symplocos uniflora</i>	18,90	1,22	2,52	0,19	4,63	0,27	8,69	0,35	13,92	7,05
<i>Vernonia discolor</i>	33,07	2,89	2,65	0,31	5,48	0,40	4,72	0,37	17,58	7,09
<i>Xylosma sp</i>	0,73	0,94	0,20	0,22	0,37	0,31	0,40	0,47	0,90	6,39

macronutrientes analisados, os maiores teores de N ($29,5 \text{ g kg}^{-1}$) estavam na biomassa verde (folhas + ramos finos $< 0,5 \text{ cm}$ de diâmetro).

Analisando os teores de N em cada componente da biomassa por espécie, pode-se observar que *Jacaranda puberula*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Sebastiania commersoniana* apresentaram os maiores teores na madeira do fuste, enquanto que *Ilex theezans* e *Xylosma sp.* apresentaram os menores teores.

Em relação aos teores de N na casca, cinco espécies apresentaram os maiores teores: *Sapium glandulatum*, *Sebastiania commersoniana*, *Ocotea puberula*, *Allophyllus edulis* e *Mimosa scabrella*. No componente galhos somente duas espécies, *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*, apresentaram maiores teores de N.

Quanto ao teor de P nas folhas, observaram-se os maiores teores deste elemento em *Symplocos celastrina*, *Vernonia discolor*, *Sapium glandulatum*, *Allophyllus edulis*, *Matayba elaeagnoides* e *Cupania vernalis*, enquanto *Myrcia sp.* apresentou os menores teores.

A tabela 1 mostra que somente três espécies (*Sapium glandulatum*, *Persea major* e *Dicksonia sellowiana*) apresentaram teores elevados de P na madeira do fuste. As espécies *Drimys brasiliensis*, *Mimosa scabrella*, *Prunus brasiliensis*, *Quillaja brasiliensis*, *Symplocos celastrina* e *Ocotea puberula* apresentaram os menores teores.

Os teores de P na casca e nos galhos apresentaram valores homogêneos entre as espécies estudadas, exceto *Allophyllus edulis*, que apresentou maiores teores de P nos galhos, enquanto os menores

teores de P na casca foram verificados em *Araucaria angustifolia*. Os galhos das espécies *Sapium glandulatum* ($1,19 \text{ g kg}^{-1}$), *Allophyllus edulis* ($1,12 \text{ g kg}^{-1}$) e *Mimosa scabrella* ($0,15 \text{ g kg}^{-1}$) apresentam respectivamente, os maiores e os menores teores de P. Por outro lado, os teores de P no componente miscelânea das diversas espécies foram semelhantes, exceto *Sapium glandulatum* e *Mimosa scabrella* que apresentaram os maiores teores.

Os teores de K e Ca nos diversos componentes da biomassa acima do solo apresentaram valores distintos entre as espécies estudadas (Tabela 2). Os teores de Ca na casca das espécies foram maiores do que os teores de K. Analisando somente os teores de Ca, observa-se que para todos os componentes da biomassa analisada, os maiores teores foram encontrados na casca, exceto nas espécies *Piptocarpha angustifolia* e *Clethra scabra* cujos maiores teores foram nas folhas.

Em relação aos teores de K nas folhas, a espécie *Vernonia discolor* ($25,92 \text{ g kg}^{-1}$) apresentou teores superiores em relação às outras espécies.

Pode ser observado na Tabela 2 que os teores de K na madeira do fuste, na casca, nos galhos e na miscelânea foram similares para todas as espécies amostradas, exceto em *Prunus brasiliensis* e *Drimys brasiliensis* que apresentaram menores teores na madeira do fuste; *Sapium glandulatum* e *Vernonia discolor* os maiores teores na casca; *Sapium glandulatum* os maiores teores nos galhos e *Sapium glandulatum*, *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolius* os maiores teores na miscelânea.

Espécies como *Araucaria angustifolia* e *Casearia decandra* e ou-

Tabela 2. Teores médios de K e Ca (g kg⁻¹) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo

Espécie	Folhas		Madeira do fuste		Casca		Galhos		Miscelânea	
	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca
<i>Allophyllus edulis</i>	10,17	10,09	5,47	5,70	6,35	20,45	6,89	8,26	6,72	8,77
<i>Araucaria angustifolia</i>	9,64	14,34	6,58	2,00	6,48	20,00	7,72	4,75	6,97	7,82
<i>Calypttranthes concinna</i>	8,57	9,33	5,41	2,06	6,48	13,94	6,48	5,94	7,81	14,80
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	1,29	10,50	7,04	1,94	6,98	12,63	6,89	9,80	8,42	13,00
<i>Casearia decandra</i>	14,24	14,25	9,48	6,72	7,68	54,67	7,64	16,71	7,64	14,52
<i>Clethra scabra</i>	12,25	9,23	8,54	3,10	8,27	4,50	7,20	1,69	8,41	10,12
<i>Cupania vernalis</i>	11,01	8,05	5,54	4,47	6,35	16,77	6,50	11,75	9,14	6,48
<i>Dicksonia sellowiana</i>	13,63	9,45	7,68	2,07	...	...	...	...	8,65	6,55
<i>Drimys brasiliensis</i>	9,12	3,90	1,09	0,27	5,21	3,10	6,70	3,10	8,23	4,30
<i>Ilex dumosa</i>	11,19	8,30	5,93	1,35	5,67	7,09	6,79	8,87	7,58	6,71
<i>Ilex microdonta</i>	6,98	11,83	5,11	1,57	5,53	43,00	6,66	14,90	6,90	5,94
<i>Ilex paraguariensis</i>	16,04	8,03	6,33	1,15	6,33	18,50	8,38	5,36	8,31	4,30
<i>Ilex theezans</i>	6,76	10,70	5,35	2,00	4,67	23,00	5,08	13,85	6,92	4,42
<i>Jacarandá puberula</i>	7,80	7,19	5,32	1,51	6,25	10,00	6,45	5,38	6,56	3,37
<i>Lamanonia ternata</i>	6,13	16,10	6,87	2,40	5,02	35,80	8,73	16,00	8,84	6,50
<i>Lithraea brasiliensis</i>	11,66	5,19	6,38	3,25	7,57	17,82	7,72	5,49	8,14	8,84
<i>Matayba elaeagnoides</i>	9,49	8,20	5,35	6,60	5,80	28,70	8,32	5,32	7,64	5,60
<i>Mimosa scabrella</i>	7,54	6,84	6,80	1,33	7,17	17,18	6,95	7,13	11,74	5,50
<i>Myrcia sp.</i>	8,73	6,46	5,95	1,33	6,67	20,80	7,15	4,69	8,36	7,09
<i>Myrsine ferruginea</i>	15,00	8,23	6,96	2,24	9,45	13,44	9,59	7,00	8,40	6,19
<i>Myrsine umbellata</i>	9,66	9,80	6,47	4,89	6,03	29,40	7,03	8,08	8,78	7,80
<i>Nectandra megapotamica</i>	9,33	5,77	5,69	1,36	6,18	14,50	7,56	7,59	7,81	8,65
<i>Ocotea porosa</i>	9,95	6,67	6,61	1,27	6,56	8,06	6,55	6,46	8,96	7,41
<i>Ocotea puberula</i>	11,41	8,13	7,13	1,10	9,49	12,14	8,40	5,48	8,68	8,24
<i>Ocotea pulchella</i>	9,46	8,13	6,80	2,84	6,81	27,70	6,60	7,41	7,03	8,25
<i>Persea major</i>	10,02	14,20	6,47	2,89	8,45	18,45	5,87	9,20	5,63	5,30
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	9,67	3,63	6,56	0,73	8,30	3,32	8,84	2,05	6,60	6,15
<i>Prunus brasiliensis</i>	8,12	4,58	1,09	1,30	4,12	6,48	6,45	4,50	6,76	6,50
<i>Quillaja brasiliensis</i>	8,73	8,20	5,02	1,70	7,24	23,60	6,94	4,60	6,46	5,80
<i>Sapium glandulatum</i>	22,62	11,37	7,38	3,67	12,44	13,65	14,47	8,50	11,79	8,01
<i>Schinus Terebinthifolius</i>	9,91	7,50	5,35	3,62	6,33	15,80	8,77	5,09	10,39	9,41
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	7,31	12,30	5,45	1,50	5,45	34,00	6,37	9,70	7,85	7,50
<i>Sebastiania commersoniana</i>	8,95	9,70	5,24	1,40	5,91	22,60	5,78	8,85	6,59	5,86
<i>Sloanea lasiocoma</i>	7,22	9,30	6,31	5,00	7,48	32,80	6,70	8,50	7,05	5,60
<i>Styrax leprosus</i>	5,87	11,69	7,73	1,54	6,00	29,10	6,47	6,66	8,04	12,03
<i>Symplocos celastrina</i>	14,75	10,52	5,45	1,03	5,98	25,60	6,55	5,20	...	...
<i>Symplocos uniflora</i>	7,03	9,00	6,43	1,49	7,97	13,42	7,57	5,87	7,05	6,20
<i>Vernonia discolor</i>	25,92	5,90	5,93	1,40	11,06	6,45	7,68	1,30	7,09	5,70
<i>Xylosma sp</i>	8,51	18,70	7,22	2,24	6,11	25,90	6,35	7,40	6,39	7,20

tras apresentam teores de Ca nas folhas semelhantes. Os maiores teores de Ca nas folhas foram observados em *Xylosma sp* e *Lamonia ternata* e os menores em *Piptocarpha angustifolia*, *Drimys brasiliensis* e *Prunus brasiliensis*.

Os teores de Ca na madeira do fuste das espécies presentes na tabela 2, de uma maneira geral, apresentam valores similares. Contudo, os menores teores foram observados em *Drimys brasiliensis* e *Piptocarpha angustifolia* e os maiores teores em *Casearia decandra* e *Matayba elaeagnoides*.

Em ordem decrescente, as espécies como *Casearia decandra*, *Ilex microdonta*, *Lamonia ternata*, *Sebastiania brasiliensis* e *Sloanea lasiocoma* apresentaram os maiores teores de Ca na casca e *Drimys brasiliensis* seguida das espécies *Vernonia discolor*, *Prunus brasiliensis*, *Ilex dumosa* e *Ocotea porosa* os menores teores.

Na tabela 2, tanto para galhos como miscelânea, poucas espécies apresentaram teores mais altos em relação às demais. Nesse contexto, os teores mais elevados de Ca nos galhos e na miscelânea foram observados em três espécies. Nos galhos, os menores teores de Ca foram em *Vernonia discolor*. Na miscelânea, alguma espécies apresentaram teores de Ca semelhantes.

Na tabela 3 são apresentados os teores de Mg e S nos diversos componentes da biomassa acima do solo (DAP \geq 10,0 cm) da floresta em estudo. Os teores desses macronutrientes, em geral, foram similares em alguns componentes. De todos os componentes da biomassa, os maiores teores de Mg nas espécies analisadas foram nas folhas, com rara exceção em algumas espécies. Em relação aos maiores teores de Mg nas folhas, os mesmos foram

observados em *Ilex theezans*. As folhas de *Ilex dumosa* também apresentaram teores elevados de Mg quando comparadas com as outras espécies.

Em relação aos teores de Mg na madeira do fuste e na casca, as espécies *Ocotea puberula* e *Ilex dumosa* apresentaram maiores teores de Mg na madeira do fuste e casca, respectivamente. De todas as espécies analisadas, três apresentaram teores elevados de Mg nos galhos e quatro teores elevados na miscelânea. No entanto, os menores teores de Mg e S, na miscelânea, foram registrados em *Araucaria angustifolia* e *Vernonia discolor*, respectivamente, e os maiores teores de S foram em *Sebastiania commersoniana* (Tabela 3).

As espécies, em geral, apresentaram variações no que diz respeito aos teores, taxas de absorção e capacidade de reciclagem de nutrientes. Algumas espécies podem ter a capacidade de acumular Ca e Mg, e outras K e P. O trabalho de SANCHEZ et al. (1985) mostra, por exemplo, que *Gmelina arborea* tem a capacidade de acumular Ca e Mg e outras espécies a capacidade de acumular K e P.

Analisando-se as Tabelas 1, 2 e 3, as folhas das espécies estudadas apresentaram os maiores teores de N, P, K, Mg e S em relação aos outros componentes da biomassa acima do solo. Fato esse explicado em função de que, segundo Gonçalves e Mello (2000), os teores dos nutrientes são maiores nas partes mais ativas metabolicamente das plantas, como folhas e brotações, devido aos seus ativos envolvimento em reações enzimáticas e compostos bioquímicos de transferência de energia

Tabela 3. Teores médios de Mg e S (g kg⁻¹) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo

Espécie	Folhas		Madeira do fuste		Casca		Galhos		Miscelânea.	
	Mg	S	Mg	S	Mg	S	Mg	S	Mg	S
<i>Allophyllus edulis</i>	5,57	3,20	1,37	0,55	1,22	1,91	1,58	1,45	1,88	2,97
<i>Araucaria angustifolia</i>	3,76	1,42	0,53	0,74	1,40	1,38	1,74	1,67	0,84	1,53
<i>Calypttranthes concinna</i>	2,66	2,79	0,10	4,08	1,34	2,09	0,81	2,98	1,87	2,87
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	1,93	2,08	1,44	1,52	1,40	1,81	1,44	1,48	1,80	2,72
<i>Casearia decandra</i>	3,99	1,92	3,05	1,43	2,46	1,46	2,24	1,70	2,91	1,77
<i>Clethra scabra</i>	4,15	1,97	2,36	1,35	1,11	1,56	1,04	0,79	3,45	1,83
<i>Cupania vernalis</i>	5,20	3,28	1,13	0,35	2,14	1,50	0,99	0,75	2,37	1,72
<i>Dicksonia sellowiana</i>	3,83	1,84	2,12	1,29	...	...	...	...	2,38	1,63
<i>Drimys brasiliensis</i>	3,25	1,09	2,89	0,47	1,10	1,46	1,62	1,12	1,60	1,84
<i>Ilex dumosa</i>	6,83	1,68	1,41	0,44	3,26	0,95	2,08	1,21	2,93	2,58
<i>Ilex microdonta</i>	5,07	1,69	1,10	0,35	1,80	0,93	1,47	0,78	1,23	1,23
<i>Ilex paraguariensis</i>	4,93	1,76	1,21	0,48	2,83	1,39	1,56	0,68	3,17	3,08
<i>Ilex theezans</i>	8,00	2,25	1,96	0,62	4,10	1,82	2,57	1,22	1,83	1,84
<i>Jacaranda puberula</i>	3,33	1,41	0,62	0,44	0,75	0,62	1,55	1,52	1,27	1,96
<i>Lamanonia ternata</i>	3,67	1,41	2,00	0,20	2,40	0,90	2,78	0,73	1,20	1,76
<i>Lithraea brasiliensis</i>	1,79	1,57	0,40	0,19	3,57	1,44	1,00	0,85	1,86	1,58
<i>Matayba elaeagnoides</i>	5,67	2,59	1,30	0,32	3,90	0,59	1,20	0,36	1,90	1,21
<i>Mimosa scabrella</i>	1,50	1,62	0,43	0,28	1,36	1,69	0,86	0,72	1,89	2,00
<i>Myrcia sp.</i>	1,51	1,23	0,82	0,33	0,84	0,88	0,45	1,69	1,23	3,09
<i>Myrsine ferruginea</i>	1,40	2,46	0,23	2,99	0,67	2,17	0,55	1,99	1,15	2,64
<i>Myrsine umbellata</i>	2,60	2,05	0,33	0,37	1,10	0,87	0,79	1,19	2,45	1,69
<i>Nectandra megapotamica</i>	1,61	1,97	0,19	0,62	0,24	0,64	0,66	0,58	1,18	1,45
<i>Ocotea porosa</i>	1,41	2,18	0,10	1,90	0,40	1,81	0,74	1,44	1,39	2,19
<i>Ocotea puberula</i>	1,88	1,97	5,45	0,43	0,80	1,04	0,67	0,63	1,82	1,38
<i>Ocotea pulchella</i>	2,39	2,12	0,59	1,82	1,09	1,88	0,87	0,81	1,18	3,29
<i>Persea major</i>	2,30	2,15	0,29	0,75	0,21	1,12	1,30	0,50	0,91	1,56
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	2,60	2,22	0,26	0,36	1,09	2,29	0,96	1,55	1,63	1,56
<i>Prunus brasiliensis</i>	3,78	0,89	0,25	0,50	1,15	0,48	0,97	0,39	2,50	1,60
<i>Quillaja brasiliensis</i>	1,93	2,25	0,30	1,48	0,62	1,23	0,85	0,88	2,14	2,23
<i>Sapium glandulatum</i>	4,12	1,72	0,41	0,90	2,74	3,40	1,89	2,39	1,03	2,03
<i>Schinus terebinthifolius</i>	1,81	2,07	0,57	1,07	3,00	2,04	1,03	0,84	2,29	1,80
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	3,97	1,52	0,80	0,44	2,20	0,85	1,40	0,51	1,90	2,80
<i>Sebastiania commersoniana</i>	4,40	0,52	1,06	0,39	0,82	1,39	1,58	0,50	1,52	3,16
<i>Sloanea lasiocoma</i>	2,52	1,72	0,88	0,28	1,45	0,89	0,82	0,42	1,41	1,32
<i>Styrax leprosus</i>	1,74	1,47	0,64	0,32	0,99	0,54	1,30	0,75	1,31	1,66
<i>Symplocos celastrina</i>	2,10	4,58	0,23	0,17	0,80	1,79	0,70	0,60	...	...-
<i>Symplocos uniflora</i>	4,10	2,60	0,38	1,62	1,05	1,65	0,79	1,39	1,41	2,84
<i>Vernonia discolor</i>	1,86	2,75	0,22	0,67	0,60	0,71	0,60	0,33	1,12	1,16
<i>Xylosma sp</i>	2,90	2,49	0,41	0,66	0,68	0,53	0,82	0,62	1,57	1,44

e transporte eletrônico, bem como nos diversos processos de fixação de energia em formas orgânicas (VITOUSEK e SANFORD, 1986).

As folhas possuem uma capacidade fotossintética, a qual determina uma correlação extremamente alta com os teores dos nutrientes (VITOUSEK e SANFORD, 1986).

Esse fato também foi observado por Clevelario Júnior (1996) em uma Floresta Tropical Úmida Baixo Montana, pois além das folhas, de uma forma geral, os teores mais elevados de todos os macronutrientes foram também encontrados no sub-bosque.

Os teores de Ca mais elevados na casca das espécies estudadas em relação aos outros componentes, deve-se ao fato de o Ca estar associado à parede celular, não sendo redistribuído, ocorrendo a diminuição do teor com o desenvolvimento da planta (LAMBERS et al. 2000).

Os teores mais elevados de alguns nutrientes nas folhas, em relação a outros componentes da biomassa, tornam as folhas um componente com potencial para ciclagem de nutrientes, embora represente um pequeno percentual em relação à biomassa total das árvores.

No geral, a Floresta Ombrófila Mista Montana apresentou teores médios de N, P, K e Mg nas folhas superiores quando comparados com os demais componentes da biomassa. Os teores médios nas folhas e miscelânea de S foram praticamente iguais, porém os teores de Ca na casca foram superiores aos demais componentes da biomassa, ou seja, 8,1; 2,65; 2,1; 2,6 vezes superior

na madeira, galhos, folhas e miscelânea, respectivamente (Tabela 4).

Analisando-se somente os componentes madeira e casca, os teores médios de todos aos macronutrientes foram maiores na casca que na madeira (Tabela 4), pois a casca é composta por tecidos fisiologicamente muito mais ativos que os do lenho. Essa observação também foi constatada por Clevelario Júnior (1996) em uma Floresta Tropical Úmida Baixo Montana. Segundo esse autor, essa diferença de teor entre a casca e a madeira é mais intensa para Ca e menos pronunciada para K. Para a floresta em estudo, foi mais intensa para Ca e N e menos intensa para P, S e Mg (Tabela 4).

Deve ser ressaltado que os teores de nutrientes na casca e na madeira podem apresentar variações com a idade e o tamanho das árvores, pois árvores menores tendem a apresentar maiores teores. Em algumas florestas, os teores de K na madeiras são relativamente altos, sendo inclusive maior que o do Ca (CLEVELARIO JÚNIOR, 1996).

Os teores médios dos macronutrientes, observados nesse estudo (Tabela 4), estão de acordo com os resultados obtidos para outras espécies florestais ou florestas, por exemplo, Bosque Pluvial de Terras Baixas (RODRIGUES JIMÉNEZ, 1988); plantações jovens com espécies arbóreas (MONTAGNINI e SANCHO, 1993); *Mimosa scabrella* (BAGGIO, 1994); povoamentos puros e mistos de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii* (VEZZANI, 1997); espécies da Floresta Tropical Úmida (STANLEY; MONTAGNINI, 1999); *Acacia mearnsii*

Tabela 4. Teores médios dos macronutrientes (g kg⁻¹) e parâmetros estatísticos nos componentes da biomassa acima do solo

Madeira do fuste	N	P	K	Ca	Mg	S
Média	3,20	0,35	6,09	2,41	1,02	0,85
Desvio padrão	1,57	0,46	1,53	1,59	1,06	0,81
Erro padrão	0,51	0,06	0,98	0,39	0,16	0,14
Coeficiente de variação (%)	48,91	131,69	25,07	65,85		94,69
Limite inferior	1,64	0,11	4,56	0,82	0,04	0,05
Limite superior	4,77	0,80	7,62	4,00	2,08	1,66
Casca						
Média	8,29	0,41	6,89	19,59	1,54	1,36
Desvio padrão	4,12	0,17	1,67	11,24	1,03	0,62
Erro padrão	1,35	0,07	1,12	3,18	0,25	0,22
Coeficiente de variação (%)	49,66	41,41	24,18	57,36	66,95	45,61
Limite inferior	4,17	0,24	5,22	8,35	0,51	0,74
Limite superior	12,41	0,58	8,56	30,82	2,58	1,98
Galhos						
Média	6,63	0,54	7,34	7,33	1,22	1,05
Desvio padrão	3,54	0,22	1,52	3,61	0,56	0,60
Erro padrão	1,08	0,09	1,19	1,19	0,20	0,17
Coeficiente de variação (%)	53,36	41,02	20,73	49,33	46,12	56,57
Limite inferior	3,09	0,32	5,82	3,71	0,66	0,46
Limite superior	10,17	0,76	8,86	10,94	1,78	1,65
Folhas						
Média	21,90	1,38	10,30	9,26	3,28	2,01
Desvio padrão	6,92	0,53	4,33	3,26	1,59	0,72
Erro padrão	3,51	0,22	1,65	1,48	0,53	0,32
Coeficiente de variação (%)	31,61	38,49	42,06	35,18	48,51	35,61
Limite inferior	14,98	0,85	5,97	6,00	1,69	1,30
Limite superior	28,82	1,91	14,63	12,52	4,88	2,73
Miscelânea						
Média	15,04	1,09	7,90	7,43	1,78	2,03
Desvio padrão	5,45	0,30	1,34	2,62	0,64	0,63
Erro padrão	2,44	0,18	1,28	1,21	0,29	0,33
Coeficiente de variação (%)	36,24	27,35	16,93	35,28	36,12	31,14
Limite inferior	9,59	0,79	6,57	4,81	1,13	1,40
Limite superior	20,49	1,38	9,24	10,05	2,42	2,66

(CALDEIRA et al. 2000a; 2000b; PEREIRA et al. 2000).

Drumond et al. (1997a) estudando os teores dos macronutrientes em 10 espécies de maior Índice de Valor de Imortância (IVI) na Mata Atlântica, Mata Média Alta com bambuzóides e graminóides, em Minas Gerais, observaram que as folhas, seguidas dos galhos, foram os componentes que, de modo geral, apresentam os teores mais elevados e a madeira, os mais baixos. Os teores de Ca na casca foram uma exceção a essa afirmativa, visto que eles foram, em geral, superior aos teores nos galhos e nas folhas.

Os maiores teores de Mg foram observados nas folhas (Tabela 4) pois, o mesmo faz parte do componente fotossintético, ou seja, da estrutura da clorofila *a* e *b* (SALISBURY e ROSS, 1999). Isso também foi observado em diferentes espécies e idades (TURVEY

e SMETHURST, 1994; DRUMOND et al. 1997a). Os teores de Ca e Mg foliares podem variar de acordo com a época do ano (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996), com a idade das folhas e entre procedências (CALDEIRA, 1998; CALDEIRA et al. 1999a; 1999b).

As necessidades de nutrientes, por parte das árvores, são bastante variáveis de espécie para espécie. Conforme LAMBERS et al. (2000), as espécies diferem no que se refere ao teor dos nutrientes minerais em seus tecidos, sendo que isso depende do meio ambiente, da distribuição para madeira e tecidos vivos, do estágio de desenvolvimento e das espécies (CALDEIRA, 2003).

As informações sobre os teores e a capacidade de reciclagem de nutrientes nas espécies estudadas ajudam a melhorar estratégias de manejo, assim como os efeitos benéficos das espécies sobre

Tabela 5. Teores médios (g kg⁻¹) de macronutrientes nas folhas das espécies amostradas em Florestas Tropicais

Floresta	Local	Nº sp.	N	P	K	Ca	Mg	S
Este estudo	Paraná	39	21,90	1,38	10,30	9,26	3,28	2,01
¹ Omrófila Densa Terras Baixas	Nova Guiné	10	15,5	0,71	3,3	...	...	...
² Caatinga	Amazonas	12	8,3	0,4	8,9	3,5	...	...
³ Mesófila Seca	Venezuela	7	21,0	1,6	...	13,9	...	...
³ Esclerofila Seca		4	11,8	0,7	...	13,9	...	...
⁴ Restinga	Malásia	9	8,7	0,22	3,50	7,5	2,0	...
⁵ Tropical Úmida – solos com fertilidade moderada	Panamá	...	...	1,5	15,3	22,9	2,6	...
	Chana	...	25,2	1,4	8,5	15,4	4,8	...
	Venezuela	...	25,4	1,5	15,2	15,0	4,8	...

(continua)

⁵ Tropical Úmida – solos com fertilidade moderada	New Britain	...	20,8	1,5	16,7	20,4	3,0	...
	Zaire	...	24,5	1,2	19,2	7,0	8,8	...
⁵ Tropical Úmida – solos espodossolos	...	...	10,2	0,6	6,0	6,0	2,3	...
	Venezuela	...	12,7	0,6	4,6	1,9	1,0	...
⁵ Tropical Úmida – solos de fertilidade baixa (oxisols/ultisols)	Venezuela	...	17,8	0,6	3,8	1,1	1,1	...
	Brasil	...	18,4	0,5	5,0	4,2	2,9	...
	Colômbia	...	19,3	0,7	5,4	5,0	2,2	...
⁶ Ombrófila Densa Terras Baixas	México	68	17,4	1,3	10,5	...	...	...
⁷ Bosque Pluvial de Terras Baixas	Colômbia	77	14,6	0,8	6,1	34,4	15,1	...
⁸ Tropical Úmida	...	...	15,5	1,1	11,5	1,6	5,0	...
⁹ Restinga Paludosa	Paraná	9	14,4	0,4	5,2	4,9	2,5	...
⁹ Restinga Seca		19	10,8	0,3	5,1	5,4	4,5	...
¹⁰ Floresta Tropical Úmida Baixo Montana	Brasil	...	18,2	0,75	11,3	7,5	3,3	...
¹¹ Ombrófila Densa Terras Baixas – estágio inicial		4	11,85	0,18	3,16	8,48	4,52	...
		8	12,01	0,21	3,34	6,08	3,46	...
¹¹ Ombrófila Densa Terras Baixas – estágio intermediário	Paraná							
¹¹ Ombrófila Densa Terras Baixas – estágio avançado		11	14,02	0,24	5,24	7,41	2,84	...

¹CRUBB, P.J. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 8, p. 83-107, 1977.

²SOBRADO, M.A.; MEDINA, E. General morphology, anatomical structure, and nutrient content of sclerophyllous leaves of the “bana” vegetation of Amazonas. **Oecologia**, Berlin, v. 45, p. 341-345, 1980.

³MARLIN, D.; MEDINA, E. Duracion foliar, contenido de nutrientes y esclerofilia en arboles de un bosque muy seco tropical. **Acta Cient. Venezolana**, Caracas, v. 32, p. 508-514, 1981.

⁴PEACE, W.J.H.; MACDONALD, F.D. An investigation of the leaf anatomy, foliar mineral levels, and water relations of trees of a Sarawak Forest. **Biotropica**, Washington, v. 13, p. 100-109, 1981.

⁵VITOUSEK e SANFORD (1986).

⁶BONGERS, F.; POPMA, J. Leaf characteristics of the tropical rain forest flora of Los Tuxtlas, Mexico. In: BONGERS, F.; POPMA, J. (Ed.) **Trees and gaps in a mexican tropical rain forest**. Mexico: Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research, 1988.

⁷RODRIGUES JIMÉNEZ (1988).

⁸NOIJ, J.G.A.M. et al. Modeling nutrient and moisture cycling in tropical forests. **Tropenbos Serie**, Wageningen, v. 4, 1993.

⁹BRITEZ (1994).

¹⁰CLEVELARIO JÚNIOR (1996).

¹¹BOEGER (2000).

a fertilidade do solo, evitando, assim, uma deterioração do sítio em termos de nutrientes no momento da colheita.

Os teores médios de macronutrientes encontrados nas folhas das espécies estudadas estão dentro dos limites encontrados em florestas naturais. Resultados encontrados para os teores médios de N nas folhas estão dentro dos limites daqueles observados em Florestas Tropicais Úmidas (VITOUSEK e SANFORD, 1986) e Floresta Mesófila Seca (MARLIN e MEDINA, 1981), conforme a tabela 5.

Os teores médios de P nas folhas, no presente estudo, em geral, foram maiores em relação à Floresta Tropical Úmida (VITOUSEK e SANFORD, 1986) e a Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas (BONGERS e POPMA, 1988), Sendo que foram menores quando em comparação com a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas em diferentes estádios (BOEGER, 2000). Segundo Turner et al; (1995) esses baixos teores de P nas folhas são comuns nesse tipo de floresta; as florestas tropicais litorâneas possuem baixo suprimento de P.

Os teores de K nas folhas foram altos quando comparados com os de outras florestas tropicais e alguns teores similares (Tabela 5). Comparando os teores de K foliares na Floresta Ombrófila Mista Montana com a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, observou-se baixos teores deste macronutriente. Conforme Boeger (2000), isto pode estar relacionado com grande mobilidade deste macronutriente, uma vez que ele não possui função estrutural nas plantas e tende se a acumular no suco vacuolar

(MALAVOLTA, 1980), tornando-se assim facilmente lixiviável.

Os teores médios de Ca e Mg nas folhas ficaram abaixo da média mencionada por Vitousek e Sanford (1986) e Rodríguez Jiménez (1988) para maioria das florestas tropicais. Ao contrário, os teores de Ca nas folhas foram superiores na Floresta Densa de Terras Baixas nos três estádios (BOEGER, 2000).

A faixa de variação dos teores de Mg na literatura é relativamente estreita quando comparada à de outros macronutrientes. Esse indicador é, provavelmente, decorrência da participação deste macronutriente na clorofila, molécula essencial à fotossíntese.

Em relação ao S, são raros os resultados com os teores deste macronutriente em espécies de florestas naturais (Tabela 5). Os teores médios de S nas folhas encontrados neste trabalho estão dentro dos limites para duas espécies, *Carapa guianensis* Aubl. e *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, da Floresta Primária de Terra Firme da Amazônia Ocidental. As espécies nativas *Carapa guianensis* e *Cedrelinga catenaeformis* apresentaram maiores teores de S em folhas velhas, ao contrário das exóticas *Eucalyptus deglupta* e *Gmelina arborea*, conforme Magalhães (1994).

Comparando-se os teores de nutrientes nas folhas de algumas espécies da Floresta Ombrófila Mista Montana com as mesmas espécies ou gêneros, porém em outros tipos de florestas, observam-se diferenças e similaridades nos teores dos macronutrientes (Tabela 7).

Deve-se também ressaltar que as diferenças entre os teores foliares entre

Tabela 7. Teores médios (g kg⁻¹) de macronutrientes nas folhas de algumas espécies florestais

Espécie/floresta	Local	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>Araucaria angustifolia</i>		14,62	1,44	9,64	14,34	3,76	1,42
<i>Ilex paraguariensis</i>		25,58	1,17	16,04	8,03	4,93	1,76
<i>Ilex theezans</i>		24,57	1,12	6,76	10,70	8,00	2,25
<i>Mimosa scabrella</i>		37,60	13,73	7,54	6,84	1,50	1,62
<i>Ocotea pulchella</i>		20,25	0,91	9,46	8,13	2,39	2,12
<i>Sloanea lasiocoma</i>		14,36	1,04	7,22	9,30	2,52	1,72
¹ <i>Ilex paraguariensis</i> – Povoamentos naturais ⁽¹⁾	Mandirituba, PR	20,60	1,45	17,2	5,20	3,75	...
² <i>Ilex paraguariensis</i> - Povoamentos com 9 anos de idade ⁽¹⁾	Teixeira Soares, PR	23,90	1,10	14,85	6,35	5,45	...
² <i>Ilex paraguariensis</i> - Povoamentos com 12 anos de idade ⁽¹⁾		23,10	1,10	12,8	6,50	5,50	...
³ <i>Ocotea pulchella</i> – Floresta Planície Litorânea Restinga Alta ⁽¹⁾	Paranaguá, PR	16,4	0,5	3,7	7,4	4,9	...
³ <i>Ilex theezans</i> - Floresta Planície Litorânea Restinga Baixa ⁽¹⁾		8,6	0,2	4,9	5,3	4,1	...
³ <i>Ocotea pulchella</i> – Floresta Planície Litorânea Restinga Baixa ⁽¹⁾		14,4	0,4	2,9	2,5	3,0	...
⁴ <i>Mimosa scabrella</i> -Povoamentos explorados no sistema tradicional	Região Metr. Curitiba, PR	29,49	1,34	7,88	2,93	1,67	0,94
⁵ <i>Ocotea odorifera</i> – Mata Atlântica, Mata Média Alta		24,05	0,93	4,21	3,16	2,19	...
⁵ <i>Sloanea</i> sp. - Mata Atlântica, Mata Média Alta,		25,51	0,82	12,11	10,35	3,95	...
⁶ <i>Ocotea pulchella</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio inicial		13,44	0,20	3,75	6,06	3,17	...
⁶ <i>Ilex theezans</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio inicial		9,17	0,15	2,30	7,71	6,25	...
⁶ <i>Ocotea pulchella</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio intermediário		14,25	0,21	3,21	2,58	2,13	...
⁶ <i>Ilex theezans</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio intermediário		13,07	0,18	3,37	6,15	5,50	...
⁶ <i>Ocotea pulchella</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio avançado		17,59	0,31	4,57	2,96	1,67	...
⁶ <i>Ilex theezans</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio avançado		11,03	0,20	4,45	5,90	4,69	...
⁷ <i>Ilex theezans</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio inicial		10,52	0,44	2,88	8,06	4,08	...
⁷ <i>Ilex theezans</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio intermediário		12,16	0,55	3,98	6,29	3,89	...
⁷ <i>Ocotea pulchella</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio intermediário		14,79	0,72	3,72	3,97	1,09	...
⁷ <i>Ocotea pulchella</i> – Floresta Densa de Terras Baixas - estágio avançado		15,32	0,59	4,80	11,0	0,70	...
⁸ <i>Araucaria angustifolia</i> - Povoamento com 14 anos de idade		14,40	2,95	14,6	16,5	2,93	3,60
⁸ <i>Araucaria angustifolia</i> - Povoamento com 28 anos de idade		13,30	1,30	13,70	8,90	3,70	1,00

¹REISSMANN et al. Avaliação das exportações de macronutrientes pela exploração de erva-mate. In: SEMINÁRIO SOBRE PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), 10., 1985, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1985. p. 128-139; ²CAMPOS (1991); ³BRITEZ (1994); ⁴BAGGIO (1994); ⁵DRUMOND et al. (1997a); ⁶BOEGER (2000); ⁷PINTO (2001); ⁸SCHUMACHER et al. (2002a; 2002b); Nota: (1) Valores médios referentes a duas épocas de coleta.

as espécies que constam na tabela 7 podem estar ligadas à disponibilidade dos bioelementos nos solos onde foram realizadas as investigações (VITOUSEK e SANFORD, 1986). Segundo BOEGER (2000) os teores de K no solo de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas são considerados baixos, ao contrário do Ca e Mg. Solos arenosos e bem drenados, em particular, possuem capacidade limitada para reter e manter determinados nutrientes (WAMBEKE, 1992).

Um aspecto importante que deve ser considerado sobre os teores não similares dos macronutrientes, especialmente do P e K em *Ilex theezans* e *Ocoeta pulchella*, é a estação do ano na qual foram coletadas as amostras de folhas. As coletas, no estudo de Boeger (2000), foram realizadas no outono (abril/1996), após o período de floração e frutificação da maioria das espécies. Isto implica na redistribuição de determinados macronutrientes como P e K para outras partes, como por exemplo, os frutos, o que poderia provocar uma diminuição dos teores desses macronutrientes nas folhas (SALISBURY e ROSS, 1999). As coletas de folhas do presente estudo, para a análise nutricional, foram realizadas durante o primeiro semente de 2001 (janeiro a julho).

Os teores de Ca e Mg, nas folhas, podem variar de acordo com a época do ano (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996), com a idade das folhas e entre procedências (CALDEIRA et al. 1999a; 1999b).

A diferenciação dos teores dos macronutrientes entre as espécies da Floresta Ombrófila Mista Montana sugere que ecossistemas com florestas naturais poderiam apresentar maior estabilidade

do que plantios homogêneos de *Pinus*, *Eucalyptus* e *Acacia*, por exemplo. Essa estabilidade seria decorrente de uma ciclagem de nutrientes mais equilibrada e mais cooperativa, em que as espécies com maior capacidade de absorção colocariam em disponibilidade, mais tarde, parte desses nutrientes para espécies com menor capacidade de absorção, e espécies mais exigentes em termos qualitativos, em comparação com as menos exigentes, se manteriam dentro do ecossistema, evitando sua perda, por exemplo, via lixiviação. Assim, conforme Drumond et al. (1997a), o capital de nutrientes em florestas heterogêneas seria maior do que em florestas homogêneas, que apresentam maior seletividade nutricional.

Alguns resultados apresentados na Tabela 8 merecem ser comentados como, por exemplo, para todos os macronutrientes analisados, a maioria das espécies foram classificadas em função dos teores médios que apresentam nas folhas, ou seja, 74,3% das espécies foram classificadas com teores médios de N; 76,9% com teores médios de P; 82,0% com teores médios de K; 71,8% com teores médios de Ca; 69,2% com teores médios de Mg e 76,9% com teores médios de S.

A tabela 8 mostra que poucas espécies foram classificadas com teores de macronutrientes alto nas folhas. Somente três espécies foram classificadas com teores alto de N (*Mimosa scabrella*, *Sapium glandulatum* e *Xylosma* sp). O alto teor de N nas folhas de *Mimosa scabrella* pode ser justificado pela capacidade que a mesma possui de fixar N₂ através do efeito sinérgico da associação com bactérias diazotróficas.

Tabela 8. Classificação dos teores de macronutrientes nas folhas⁽¹⁾

Espécie	N ⁽²⁾	P ⁽³⁾	K ⁽⁴⁾	Ca ⁽⁵⁾	Mg ⁽⁶⁾	S ⁽⁷⁾
<i>Allophyllus edulis</i>	médio	alto	médio	médio	alto	alto
<i>Araucaria angustifolia</i>	baixo	médio	médio	alto	médio	médio
<i>Calyptanthes concinna</i>	baixo	baixo	médio	médio	médio	alto
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	médio	médio	baixo	médio	médio	médio
<i>Casearia decandra</i>	médio	médio	médio	alto	médio	médio
<i>Clethra scabra</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Cupania vernalis</i>	médio	médio	médio	médio	alto	alto
<i>Dicksonia sellowiana</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Drimys brasiliensis</i>	médio	médio	médio	baixo	médio	baixo
<i>Ilex dumosa</i>	médio	médio	médio	médio	alto	médio
<i>Ilex microdonta</i>	médio	baixo	médio	médio	alto	médio
<i>Ilex paraguariensis</i>	médio	médio	alto	médio	alto	médio
<i>Ilex theezans</i>	médio	médio	médio	médio	alto	médio
<i>Jacaranda puberula</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Lamanonia ternata</i>	baixo	médio	médio	alto	médio	médio
<i>Lithraea brasiliensis</i>	médio	médio	médio	baixo	médio	médio
<i>Matayba elaeagnoides</i>	médio	alto	médio	médio	alto	médio
<i>Mimosa scabrella</i>	alto	médio	médio	médio	baixo	médio
<i>Myrcia sp.</i>	baixo	baixo	médio	médio	baixo	baixo
<i>Myrsine ferruginea</i>	médio	médio	alto	médio	baixo	médio
<i>Myrsine umbellata</i>	baixo	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Nectandra megapotamica</i>	médio	médio	médio	baixo	baixo	médio
<i>Ocotea porosa</i>	médio	médio	médio	médio	baixo	médio
<i>Ocotea puberula</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Ocotea pulchella</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Persea major</i>	médio	médio	médio	alto	médio	médio
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	médio	médio	médio	baixo	médio	médio
<i>Prunus brasiliensis</i>	médio	médio	médio	baixo	médio	baixo
<i>Quillaja brasiliensis</i>	médio	baixo	médio	médio	médio	médio
<i>Sapium glandulatum</i>	alto	alto	alto	médio	médio	médio
<i>Schinus terebinthifolius</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Sebastiania commersoniana</i>	médio	médio	médio	médio	médio	baixo
<i>Sloanea lasiocoma</i>	baixo	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Styrax leprosus</i>	médio	médio	baixo	médio	médio	médio
<i>Symplocos celastrina</i>	médio	alto	alto	médio	médio	alto
<i>Symplocos uniflora</i>	médio	médio	médio	médio	médio	médio
<i>Vernonia discolor</i>	alto	alto	alto	baixo	médio	alto
<i>Xylosma sp.</i>	baixo	médio	médio	alto	médio	médio

(1) Teores em g kg⁻¹

(2) Alto: > 28,82; Médio ≤ 28,82 ≥ 14,98; Baixo < 14,98; (3) Alto: > 1,91; Médio ≤ 1,91 ≥ 0,85; Baixo < 0,85; (4) Alto: > 14,63; Médio ≤ 14,63 ≥ 5,97; Baixo < 5,97; (5) Alto: > 12,52; Médio ≤ 12,52 ≥ 6,00; Baixo < 6,00; (6) Alto: > 4,88; Médio ≤ 4,88 ≥ 1,69; Baixo < 1,69; (7) Alto: > 2,73; Médio ≤ 2,73 ≥ 1,30; Baixo < 2,30.

Em relação aos outros macronutrientes, cinco espécies foram classificadas com teores altos de P (*Allophyllus edulis*, *Matayba elaeagnoides*, *Sapium glandulatum*, *Symplocos celastrina* e *Vernonia discolor*); cinco espécies foram classificadas com teores altos de K (*Ilex paraguariensis*, *Myrsine ferruginea*, *Sapium glandulatum*, *Symplocos celastrina* e *Vernonia discolor*);

cinco espécies foram classificadas com teores altos de Ca (*Araucaria angustifolia*, *Casearia decandra*, *Lamanonia ternata*, *Persea major*, *Xylosma* sp.); sete espécies foram classificadas com teores altos de Mg (*Allophyllus edulis*, *Cupania vernalis*, *Ilex dumosa*, *Ilex microdonta*, *Ilex paraguariensis*, *Ilex theezans*) e cinco espécies foram classificadas com teores altos de S (*Allophyllus edulis*, *Calyptanthus concinna*, *Cupania vernalis*, *Symplocos celastrina*, *Vernonia discolor*).

Analisando-se as espécies separadamente, o gênero *Ilex* apresenta teores considerados médios de N, Ca e S e teor alto de Mg. O gênero *Ocotea* apresenta teores médios de N, P, K, Ca e S, exceto *Ocotea porosa* que apresenta teores baixo de Mg. As espécies *Sebastiania brasiliensis* e *Sebastiania commersoniana* apresentaram teores considerados médios de todos os macronutrientes, exceto *Sebastiania commersoniana*, onde o teor de S foi considerado baixo. Algumas espécies alternaram altos e baixos teores, como por exemplo, *Sapium glandulatum* que apresentou altos teores de N, P e K e baixos teores de Ca, Mg e S.

Conteúdo e distribuição

Independentemente da espécie, o conteúdo de macronutrientes na biomassa, em valores absolutos, foi maior na biomassa lenhosa (biomassa de madeira do fuste + casca + galhos) (Tabelas 9, 10, 11 e 12).

O conteúdo total de todas as espécies estudadas seguiu a seguinte ordem decrescente: galhos > madeira do fuste > casca > folhas > miscelânea para N, K, Mg e S. Para o P, a ordem foi: galhos > madeira do fuste > folhas > casca > miscelânea e para o Ca: galhos > casca > madeira do fuste > folhas > miscelânea. No que diz respeito ao conteúdo de nutrientes na biomassa total (madeira do fuste + casca + galhos + folhas + miscelânea), a ordem decrescente foi: K > N > Ca > S > Mg > P. No entanto, considerando a biomassa do material lenhoso, a ordem decrescente dos conteúdos dos macronutrientes foi: K > Ca > N > S > Mg > P, existindo uma pequena diferença entre N (350,22 kg) e Ca (353,28 kg).

Com relação ao conteúdo de macronutrientes nas espécies amostradas para cada componente, bem como biomassa total e lenhosa, três espécies, *A.*

Tabela 9. Conteúdo total (kg ha⁻¹) e proporção (%) de macronutrientes nos componentes da biomassa acima do solo

Comp. biomassa	kg ha ⁻¹		%		kg ha ⁻¹		%		kg ha ⁻¹		%	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%
Madeira do fuste	314,41	23,3	20,10	23,7	543,51	38,2	168,68	13,0	53,82	27,0	27,2	35,4
Casca	157,95	11,7	5,6	6,7	144,2	10,1	387,1	29,8	28,13	14,1	9,24	12,0
Galhos	743,68	55,2	50,1	59,0	669,27	47,0	670,83	51,7	98,61	49,5	36,42	47,4
Folhas	100,03	7,4	6,88	8,1	50,49	3,5	54,62	4,2	15,59	7,8	2,74	3,6
Miscelânea	31,60	2,4	2,1	2,5	16,15	1,2	16,28	1,3	3,09	1,6	1,29	1,7
Total	1.347,6		84,9		1.423,6		1.297,6		199,2		76,9	
Lenhoso ⁽¹⁾	1.216,0	90,2	75,8	89,4	1.356,9	95,3	1.226,6	64,5	180,5	90,6	36,4	47,4

(1) Biomassa de madeira do fuste + casca + galhos.

Tabela 10. Conteúdo médio de N e P (kg/espécie) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo

Espécie	Madeira		Casca		Galhos		Folhas		Miscelânea		Total		Lenhoso ⁽¹⁾	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
<i>Allophylurus edulis</i>	1,648	0,179	0,186	0,013	14,071	1,489	0,564	0,038	1,062	0,084	17,531	1,802	15,905	1,680
<i>Araucaria angustifolia</i>	12,914	0,754	24,795	0,826	9,585	1,079	9,600	0,946	0,346	0,025	57,239	3,630	47,294	2,659
<i>Calyptanthus concinna</i>	0,169	0,067	0,024	0,001	0,443	0,093	0,056	0,003	0,027	0,002	0,718	0,165	0,636	0,161
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	11,574	0,391	0,350	0,017	30,491	2,259	0,826	0,049	1,258	0,104	44,499	2,821	42,415	2,667
<i>Casaria decandra</i>	0,379	0,020	0,090	0,003	0,795	0,051	0,047	0,002	0,032	0,002	1,343	0,078	1,264	0,075
<i>Clethra scabra</i>	0,199	0,014	0,019	0,002	0,155	0,017	0,067	0,005	0,003	0,0003	0,443	0,038	0,373	0,033
<i>Cupania vernalis</i>	2,500	0,218	0,942	0,049	7,089	0,492	1,107	0,111	0,285	0,020	11,923	0,889	10,530	0,759
<i>Dicksonia sellowiana</i>	0,374	0,101	...	...	...	...	0,509	0,042	0,275	0,027	1,158	0,170	0,374	0,101
<i>Drimys brasiliensis</i>	0,146	0,004	0,040	0,002	0,121	0,156	0,138	0,011	0,026	0,002	0,471	0,174	0,307	0,162
<i>Ilex dumosa</i>	1,031	0,026	0,514	0,012	1,619	0,239	0,281	0,014	0,064	0,005	3,510	0,296	3,164	0,277
<i>Ilex microdonta</i>	0,126	0,005	0,042	0,002	0,673	0,039	0,137	0,007	0,006	0,0004	0,983	0,054	0,840	0,047
<i>Ilex paraguariensis</i>	1,201	0,079	0,559	0,021	1,421	0,132	0,722	0,033	0,072	0,003	3,975	0,267	3,181	0,231
<i>Ilex theezans</i>	0,029	0,031	0,217	0,009	0,032	0,032	0,066	0,003	0,002	0,002	0,346	0,076	0,278	0,071
<i>Jacaranda puberula</i>	1,012	0,047	0,066	0,004	1,083	0,122	0,025	0,002	0,025	0,002	2,211	0,177	2,161	0,173
<i>Lamanonia ternata</i>	0,476	0,027	0,104	0,006	1,351	0,075	0,029	0,002	0,053	0,003	2,014	0,113	1,932	0,108
<i>Lithraea brasiliensis</i>	0,351	0,037	0,119	0,007	0,899	0,122	0,278	0,022	0,005	0,0005	1,651	0,189	1,369	0,166
<i>Lithraea elaeagnoides</i>	0,436	0,022	0,250	0,013	0,675	0,036	0,102	0,008	0,073	0,006	1,536	0,084	1,361	0,071
<i>Matayba scabrella</i>	2,748	0,041	0,972	0,023	11,554	0,152	1,303	0,060	0,141	0,010	16,717	0,285	15,273	0,216
<i>Myrcia sp.</i>	0,461	0,055	0,086	0,006	0,993	0,116	0,151	0,009	0,069	0,005	1,760	0,191	1,540	0,178
<i>Myrsine ferruginea</i>	1,828	0,087	1,232	0,079	4,823	0,433	0,749	0,058	0,053	0,003	8,684	0,660	7,883	0,599
<i>Myrsine umbellata</i>	1,028	0,249	0,300	0,026	1,924	0,116	0,455	0,030	0,028	0,002	3,734	0,423	3,252	0,391
<i>Nectandra megapotamica</i>	3,291	0,114	0,773	0,038	10,002	0,574	1,078	0,045	0,365	0,021	15,508	0,792	14,065	0,726
<i>Ocotea porosa</i>	35,403	1,067	9,291	0,267	83,351	4,809	7,283	0,307	3,745	0,211	139,073	6,662	128,045	6,144
<i>Ocotea puberula</i>	1,520	0,039	1,198	0,042	9,545	0,410	0,412	0,022	0,498	0,027	13,172	0,541	12,262	0,491
<i>Ocotea pulchella</i>	1,566	0,073	0,395	0,015	5,258	0,306	0,399	0,018	0,153	0,008	7,771	0,420	7,219	0,394
<i>Persea major</i>	0,631	0,212	0,367	0,021	0,122	0,166	0,086	0,005	0,049	0,003	1,256	0,406	1,121	0,399
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	1,640	0,089	0,837	0,030	2,788	0,111	0,646	0,030	0,030	0,001	5,942	0,261	5,266	0,230
<i>Prunus brasiliensis</i>	0,861	0,023	0,251	0,022	3,167	0,164	0,362	0,013	0,005	0,008	4,647	0,229	4,279	0,209
<i>Quillaja brasiliensis</i>	0,572	0,013	0,099	0,004	3,879	0,134	0,173	0,006	0,038	0,002	4,760	0,159	4,549	0,151
<i>Sapium glandulatum</i>	1,788	1,413	0,879	0,043	1,764	0,151	0,424	0,024	0,054	0,003	4,909	1,633	4,430	1,606
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,022	0,001	0,007	0,0005	0,016	0,001	0,012	0,001	0,000	0,00002	0,058	0,003	0,046	0,003
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,007	0,008	0,027	0,001	0,005	0,006	0,022	0,001	0,003	0,000	0,064	0,016	0,038	0,015
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,876	0,115	0,083	0,003	0,297	0,013	0,016	0,001	0,059	0,004	1,331	0,135	1,256	0,131
<i>Sloanea lasiocoma</i>	0,462	0,047	0,051	0,005	0,479	0,056	0,028	0,002	0,044	0,004	1,065	0,114	0,992	0,108
<i>Syrax leprosus</i>	0,739	0,074	0,147	0,007	2,176	0,164	0,533	0,042	0,142	0,008	3,737	0,296	3,062	0,246
<i>Symplocos celastrina</i>	0,035	0,001	0,016	0,001	0,104	0,008	0,022	0,004	...	...	0,177	0,013	0,155	0,010
<i>Symplocos uniflora</i>	0,339	0,026	0,107	0,006	1,001	0,040	0,026	0,002	0,010	0,001	1,483	0,074	1,447	0,072
<i>Vernonia discolor</i>	0,161	0,019	0,060	0,004	0,391	0,031	0,071	0,006	0,002	0,001	0,684	0,060	0,611	0,054
<i>Xylosma sp.</i>	0,004	0,005	0,001	0,001	0,033	0,039	0,001	0,001	0,002	0,002	0,041	0,047	0,039	0,045
Total	90,55	5,79	45,49	1,63	214,18	14,43	28,81	1,98	9,10	0,61	388,12	24,45	350,22	21,85

Nota: (1) Biomassa de madeira do fuste + casca + galhos

angustifolia, *C. xanthocarpa* e *O. porosa*, evidenciaram maior contribuição. Estas espécies juntas contribuíram com mais de 50% em relação ao conteúdo total de cada macronutriente, ou seja, 62,0% para N; 53,7% para P; 61,7% para K; 64,5% para Ca; 57,5% para Mg e 70,3% para S.

Analisando-se todas as espécies, o conteúdo de Ca nas folhas de *A. angustifolia* (9,4 kg ha⁻¹) superou os demais macronutrientes, exceto o conteúdo de N que foi similar (9,6 kg ha⁻¹).

No que diz respeito ao componente casca, o Ca foi o macronutriente que apresentou o maior conteúdo, principalmente em *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa*. De um modo geral, as cascas das árvores são acumuladoras de Ca. Espécies do gênero *Cecropia* e *Didymopanax*, estabelecidas em Florestas Secundárias do Suriname, também são acumuladoras de Ca na casca (STARK, 1970) e em árvores de Floresta de Várzea em Manaus (KLINGE et al. 1984).

O conteúdo de nutrientes é consequência de seus teores e da proporção de biomassa, e esse é um dos motivos pelos quais *Araucaria angustifolia*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Ocotea porosa* se destacaram nesse quesito. No entanto, a grande heterogeneidade do material em estudo quanto ao crescimento, compartimentação da biomassa e outras características bem distintas favoreceram a evidência de diferentes quantidades de nutrientes pelas espécies, conforme mostram as tabelas 10, 11 e 12.

Observando-se o conteúdo total de macronutrientes nas espécies, verifica-se que *Campomanesia xanthocarpa* apresentou conteúdos de K (33,2 kg) e

Ca (33,9 kg); Mg (6,9 kg) e S (7,3 kg) praticamente iguais.

O conteúdo total e a proporção de todos os macronutrientes na biomassa acima do solo (DAP \geq 10,0 cm) foi maior nos galhos. Em média, 79,6% dos macronutrientes foram acumulados na biomassa lenhosa, que representa 32,3% da biomassa acima do solo. Porém, 13,6% dos macronutrientes foram acumulados na biomassa não lenhosa (folhas), a qual representa 2,4% da biomassa acima do solo (Tabela 9). A maior quantidade e a proporção de todos os macronutrientes está na biomassa lenhosa, exceto o S.

O conteúdo total dos macronutrientes analisados em ordem decrescente foi: K > N > Ca > Mg > P > S. Essa seqüência não foi similar àquelas observadas em Florestas Tropicais Úmidas em solos de fertilidade moderada na Venezuela e Ghana (Ca > N > K > Mg > P) (VITOUSEK; SANFORD, 1986) e no Bosque Pluvial de Terras Baixas (Ca > N > K > Mg > P) (RODRÍGUES JIMÉNEZ, 1988). Porém, algumas Florestas Tropicais Úmidas estabelecidas em solos com baixa fertilidade no Brasil e Venezuela apresentam seqüência similar (N > K > Ca > Mg > P) (VITOUSEK e SANFORD, 1986).

Estudo realizado por Drumond et al. (1997a) na Mata Atlântica resultou na conclusão de que o conteúdo de nutrientes na biomassa acima do solo, em valores absolutos, foi maior nos troncos. Porém, em termos relativos, a copa das árvores acumula a maior proporção de nutrientes. Embora a copa represente, em média, 16% da biomassa total, ela continha em

Tabela 11. Conteúdo médio de K e Ca (kg/espécie) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo

Espécie	Madeira		Casca		Galhos		Folhas		Miscelânea		Total		Lenhoso ⁽¹⁾	
	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca
<i>Allophylus edulis</i>	1,746	1,820	0,075	0,240	9,153	10,983	0,199	0,198	0,368	0,480	11,541	13,720	10,974	13,043
<i>Araucaria angustifolia</i>	46,541	14,115	27,442	84,697	18,647	11,470	6,329	9,415	0,257	0,289	99,216	119,986	92,630	110,283
<i>C.concinna</i>	0,483	0,184	0,031	0,067	0,845	0,774	0,034	0,037	0,014	0,026	1,407	1,088	1,359	1,025
<i>C. xanthocarpa</i>	11,974	3,293	0,253	0,458	20,196	28,746	0,049	0,403	0,709	1,095	33,181	33,996	32,422	32,498
<i>Casearia decandra</i>	0,892	0,632	0,064	0,457	0,670	1,465	0,023	0,023	0,014	0,026	1,662	2,603	1,625	2,554
<i>Clethra scabra</i>	0,493	0,179	0,023	0,013	0,190	0,045	0,035	0,026	0,001	0,002	0,743	0,264	0,707	0,236
<i>Cupania vernalis</i>	4,888	3,941	0,632	1,671	6,143	11,111	0,653	0,477	0,169	0,120	12,486	17,320	11,663	16,723
<i>Dicksonia sellowiana</i>	0,707	0,190	...	...	...	...	0,330	0,229	0,180	0,136	1,216	0,555	0,707	0,190
<i>Drimys brasiliensis</i>	0,060	0,015	0,044	0,026	1,533	0,709	0,057	0,025	0,014	0,007	1,708	0,782	1,637	0,750
<i>Ilex dumosa</i>	1,618	0,367	0,210	0,263	1,878	2,452	0,148	0,110	0,027	0,024	3,881	3,216	3,706	3,082
<i>Ilex microdonta</i>	0,291	0,089	0,049	0,379	0,726	1,623	0,061	0,104	0,003	0,003	1,130	2,198	1,066	2,091
<i>Ilex paraguariensis</i>	2,232	0,407	0,365	1,066	1,500	0,959	0,453	0,227	0,030	0,015	4,580	2,674	4,097	2,432
<i>Ilex theezans</i>	0,712	0,266	0,149	0,734	0,320	0,874	0,018	0,029	0,015	0,010	1,214	1,912	1,181	1,873
<i>Jacaranda puberula</i>	0,749	0,213	0,057	0,091	0,920	0,768	0,010	0,010	0,018	0,009	1,754	1,090	1,726	1,071
<i>Lamanonia ternata</i>	1,571	0,549	0,107	0,762	1,486	2,723	0,012	0,032	0,035	0,026	3,211	4,092	3,164	4,034
<i>Lithraea brasiliensis</i>	1,184	0,602	0,186	0,437	1,597	1,136	0,153	0,068	0,004	0,004	3,124	2,247	2,967	2,175
<i>Matayba elaeagnoides</i>	0,823	1,016	0,164	0,809	1,190	0,761	0,038	0,033	0,029	0,021	2,243	2,639	2,177	2,586
<i>Mimosa scabrella</i>	3,956	0,771	0,452	1,084	7,045	7,224	0,261	0,237	0,077	0,036	11,791	9,351	11,453	9,079
<i>Myrcia sp.</i>	1,245	0,279	0,112	0,350	1,789	1,173	0,118	0,087	0,041	0,035	3,305	1,924	3,147	1,802
<i>Myrsine ferruginea</i>	4,644	1,495	1,432	2,036	6,994	5,107	0,456	0,250	0,037	0,027	13,562	8,914	13,069	8,637
<i>Myrsine umbellata</i>	2,766	2,091	0,416	2,027	3,406	3,916	0,313	0,318	0,017	0,015	6,917	8,367	6,587	8,034
<i>N. megapotamica</i>	5,398	1,288	0,426	0,999	6,782	6,804	0,405	0,250	0,152	0,168	13,162	9,509	12,605	9,091
<i>Ocotea porosa</i>	39,914	7,673	4,696	5,769	71,092	70,116	3,019	2,023	1,896	1,569	120,617	87,149	115,702	83,558
<i>Ocotea puberula</i>	2,964	0,459	0,614	0,785	7,954	5,192	0,178	0,127	0,214	0,203	11,924	6,766	11,533	6,437
<i>Ocotea pulchella</i>	3,219	1,343	0,396	1,610	3,602	4,044	0,186	0,160	0,093	0,109	7,496	7,266	7,217	6,997
<i>Persea major</i>	1,154	0,515	0,395	0,863	1,525	2,389	0,051	0,072	0,019	0,018	3,143	3,857	3,074	3,768
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	3,644	0,405	0,855	0,343	2,815	0,654	0,218	0,082	0,011	0,010	7,543	1,494	7,314	1,402
<i>Prunus brasiliensis</i>	0,354	0,423	0,190	0,298	2,252	1,571	0,106	0,060	0,040	0,038	2,942	2,390	2,796	2,292
<i>Quillaja brasiliensis</i>	0,950	0,322	0,102	0,333	3,097	2,053	0,060	0,056	0,015	0,013	4,225	2,778	4,150	2,708
<i>Sapium glandulatum</i>	4,031	2,006	0,991	1,088	1,833	1,077	0,279	0,140	0,033	0,022	7,167	4,334	6,855	4,171
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,030	0,020	0,005	0,011	0,021	0,012	0,004	0,003	0,0001	0,001	0,061	0,048	0,056	0,044
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,124	0,034	0,021	0,129	0,076	0,116	0,008	0,014	0,001	0,001	0,231	0,294	0,221	0,279
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,736	0,197	0,025	0,097	0,130	0,199	0,005	0,006	0,017	0,015	0,913	0,513	0,891	0,492
<i>Sloanea lasiocoma</i>	0,734	0,581	0,075	0,331	0,708	0,898	0,014	0,018	0,024	0,019	1,555	1,847	1,517	1,810
<i>Styrax leprosus</i>	2,237	0,446	0,140	0,677	2,490	2,564	0,168	0,334	0,057	0,085	5,091	4,107	4,866	3,688
<i>Symplocos celastrina</i>	0,080	0,015	0,014	0,061	0,112	0,089	0,018	0,013	...	...	0,225	0,178	0,207	0,165
<i>Symplocos uniflora</i>	0,864	0,200	0,185	0,311	0,872	0,676	0,010	0,012	0,005	0,004	1,935	1,204	1,921	1,187
<i>Vernonia discolor</i>	0,361	0,085	0,120	0,070	0,636	0,108	0,056	0,013	0,001	0,001	1,173	0,276	1,116	0,263
<i>Xylosma sp.</i>	0,159	0,049	0,016	0,066	0,529	0,617	0,006	0,014	0,012	0,014	0,722	0,760	0,703	0,732
Total	156,53	48,58	41,53	111,51	192,75	193,20	14,54	15,73	4,65	4,69	410,00	373,71	390,81	353,28

Nota: (1) Biomassa de madeira do fuste + casca + galhos

Tabela 12. Conteúdo médio de Mg e S (kg/espécie) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo

Espécie	Madeira		Casca		Galhos		Folhas		Miscelânea		Total		Lenhoso ⁽¹⁾	
	Mg	S	Mg	S	Mg	S	Mg	S	Mg	S	Mg	S	Mg	S
<i>Allophylus edulis</i>	0,436	0,176	0,014	0,022	2,096	1,932	0,109	0,063	0,103	0,163	2,758	2,355	2,546	2,130
<i>Araucaria angustifolia</i>	3,770	5,255	5,915	5,823	4,213	4,036	2,472	0,933	0,031	0,057	16,400	16,103	13,898	15,113
<i>Calyptanthus concinna</i>	0,009	0,364	0,006	0,010	0,106	0,388	0,011	0,011	0,003	0,005	0,135	0,778	0,121	0,762
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	2,442	2,579	0,051	0,066	4,209	4,341	0,074	0,080	0,152	0,229	6,928	7,294	6,702	6,985
<i>Casearia decandra</i>	0,287	0,134	0,021	0,012	0,196	0,149	0,007	0,005	0,003	0,003	0,516	0,302	0,504	0,295
<i>Clethra scabra</i>	0,136	0,078	0,003	0,004	0,028	0,021	0,012	0,006	0,001	0,0003	0,179	0,109	0,167	0,103
<i>Cupania vernalis</i>	0,994	0,306	0,213	0,149	0,939	0,709	0,308	0,194	0,044	0,032	2,498	1,391	2,146	1,165
<i>Dicksonia sellowiana</i>	0,196	0,118	...	...	...	...	0,093	0,044	0,049	0,034	0,338	0,197	0,196	0,118
<i>Drimys brasiliensis</i>	0,160	0,026	0,009	0,012	0,371	0,256	0,020	0,007	0,003	0,003	0,563	0,305	0,539	0,294
<i>Ilex dumosa</i>	0,385	0,120	0,121	0,035	0,576	0,334	0,090	0,022	0,010	0,009	1,182	0,520	1,082	0,489
<i>Ilex microdonta</i>	0,062	0,020	0,016	0,008	0,160	0,085	0,045	0,015	0,001	0,001	0,283	0,129	0,238	0,113
<i>Ilex paraguariensis</i>	0,426	0,169	0,163	0,080	0,280	0,122	0,139	0,050	0,011	0,011	1,019	0,432	0,869	0,371
<i>Ilex theezans</i>	0,261	0,082	0,131	0,058	0,162	0,077	0,022	0,006	0,004	0,004	0,579	0,228	0,554	0,218
<i>Jacaranda puberula</i>	0,087	0,062	0,007	0,006	0,221	0,217	0,004	0,002	0,003	0,005	0,322	0,292	0,315	0,285
<i>Lamanonia ternata</i>	0,457	0,046	0,051	0,019	0,473	0,124	0,007	0,003	0,005	0,007	0,994	0,199	0,982	0,189
<i>Lithraea brasiliensis</i>	0,074	0,036	0,087	0,035	0,206	0,175	0,023	0,021	0,001	0,001	0,392	0,268	0,368	0,246
<i>Matayba elaeagnoides</i>	0,200	0,049	0,110	0,017	0,172	0,051	0,023	0,010	0,007	0,005	0,511	0,132	0,482	0,117
<i>Mimosa scabrella</i>	0,250	0,163	0,086	0,106	0,868	0,729	0,052	0,056	0,012	0,013	1,268	1,068	1,204	0,999
<i>Myrcia sp.</i>	0,171	0,070	0,014	0,015	0,111	0,422	0,020	0,017	0,006	0,015	0,323	0,538	0,297	0,507
<i>Myrsine ferruginea</i>	0,150	1,992	0,101	0,328	0,401	1,454	0,043	0,075	0,005	0,011	0,700	3,860	0,652	3,773
<i>Myrsine umbellata</i>	0,142	0,157	0,076	0,060	0,381	0,574	0,084	0,066	0,005	0,003	0,688	0,861	0,600	0,791
<i>Nectandra megapotamica</i>	0,184	0,589	0,016	0,044	0,588	0,520	0,070	0,085	0,023	0,028	0,880	1,266	0,787	1,153
<i>Ocotea porosa</i>	0,584	11,459	0,286	1,293	8,064	15,621	0,427	0,662	0,295	0,464	9,656	29,499	8,934	28,373
<i>Ocotea puberula</i>	2,266	0,179	0,052	0,067	0,638	0,592	0,029	0,031	0,045	0,034	3,029	0,903	2,955	0,838
<i>Ocotea pulchella</i>	0,280	0,861	0,063	0,109	0,475	0,444	0,047	0,042	0,016	0,043	0,880	1,499	0,818	1,414
<i>Persea major</i>	0,052	0,134	0,010	0,052	0,338	0,130	0,012	0,011	0,003	0,005	0,414	0,332	0,399	0,316
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	0,146	0,198	0,112	0,236	0,306	0,493	0,059	0,050	0,003	0,003	0,626	0,980	0,564	0,927
<i>Prunus brasiliensis</i>	0,081	0,163	0,053	0,022	0,339	0,136	0,050	0,012	0,015	0,009	0,537	0,342	0,473	0,321
<i>Quillaja brasiliensis</i>	0,057	0,280	0,009	0,017	0,379	0,393	0,013	0,015	0,005	0,005	0,736	0,711	0,445	0,690
<i>Sapium glandulatum</i>	0,224	0,493	0,218	0,271	0,240	0,302	0,051	0,021	0,003	0,006	0,463	1,093	0,682	1,067
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,003	0,006	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,00002	0,00002	0,009	0,011	0,008	0,010
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,018	0,010	0,008	0,003	0,017	0,006	0,004	0,002	0,003	0,000	0,048	0,022	0,043	0,019
<i>S. commersoniana</i>	0,149	0,055	0,004	0,006	0,035	0,011	0,003	0,0003	0,004	0,008	0,194	0,080	0,188	0,072
<i>Sloanea lasiocoma</i>	0,102	0,033	0,015	0,009	0,087	0,044	0,005	0,003	0,005	0,005	0,213	0,094	0,204	0,086
<i>Syrax leptopus</i>	0,185	0,094	0,023	0,012	0,499	0,287	0,050	0,042	0,009	0,012	0,766	0,446	0,707	0,393
<i>Symplocos celastrina</i>	0,003	0,003	0,002	0,004	0,012	0,010	0,003	0,005	...	...	0,020	0,023	0,017	0,017
<i>Symplocos uniflora</i>	0,052	0,218	0,024	0,038	0,091	0,161	0,006	0,004	0,001	0,002	0,173	0,422	0,167	0,417
<i>Yernonia discolor</i>	0,013	0,041	0,007	0,008	0,050	0,027	0,004	0,006	0,001	0,0001	0,074	0,082	0,070	0,076
<i>Xylosma sp.</i>	0,009	0,015	0,002	0,001	0,068	0,052	0,002	0,002	0,003	0,003	0,084	0,072	0,079	0,068
Total	15,50	26,83	8,10	9,06	28,40	35,43	4,49	2,68	0,89	1,24	57,38	75,24	52,00	71,32

Nota: (1) Biomassa de madeira do fuste + casca + galhos.

torno de 40% de cada um dos nutrientes analisados. Isto, segundo Poggiani (1985), corresponde à porção de nutrientes mais rapidamente ciclada no ecossistema, sendo utilizado para manutenção do equilíbrio nutricional do sítio.

A seqüência de macronutrientes do presente estudo não foi similar à de florestas naturais estudadas por Drumond (1996). Na biomassa total das florestas naturais, o conteúdo total de N foi o que mais se evidenciou, seguido de Ca, K, Mg e S. Essa seqüência também foi observada por Golley et al. (1978) em Floresta Tropical Úmida. Nas florestas plantadas, as árvores também seguem essa seqüência. Também não foi similar a uma espécie estudada no Amazonas por Neves et al. (2001); a seqüência de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn com 43 e 55 meses de idade foi $N > Ca > K > Mg > P > S$.

A Tabela 9 mostra que o maior conteúdo de Ca estava nos galhos, fato este também observado por Neves et al. (2001) em *Ceiba pentandra* com 55 meses de idade. O tronco seguido dos galhos, foi um dos que acumularam maior conteúdo de Ca, porém, com 43 meses de idade, os maiores conteúdos desse macronutriente foram encontrados na casca, seguidos pelas folhas mais o pecíolo.

Herrera (1985) observou que 80,0% do Ca total existente nos ecossistemas florestais foi armazenado na vegetação, sendo que 60,0% deste acumularam-se nos galhos e casca das plantas, fato esse também verificado neste estudo, conforme mostra a Tabela 9.

Em relação ao N, os maiores conteúdos foram na madeira do fuste e

galhos (Tabela 9). Herrera et al. (1978) comenta que grandes quantidades de N são armazenadas nos galhos e casca das árvores da Floresta Amazônica, pois esses componentes são os principais caminhos de escoamento da água da chuva até o solo.

Conclusão

a) as espécies arbóreas mostraram um comportamento diferenciado com relação aos teores e conteúdos de macronutrientes nos diversos componentes da biomassa acima do solo das árvores com $DAP \geq 10,0$ cm;

b) o componente galho apresentou os maiores conteúdos totais de todos os macronutrientes;

c) a biomassa, acima do solo das árvores com $DAP \geq 10,0$ cm, apresentou a seguinte ordem no conteúdo total de macronutrientes: $K > N > Ca > Mg > P > S$;

d) as espécies arbóreas utilizaram de maneira mais eficiente os nutrientes para formação de biomassa, na seguinte ordem: $P > S > Mg > Ca > K > N$;

e) os teores de macronutrientes, de uma maneira geral, foram maiores nas folhas.

Autores e Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Prof^o Carlos Roberto Sanquetta DCF/UFPR, pela oportunidade de participar do Projeto Ecológico de Longa Duração - PELD Site 9 Bioma Floresta de Araucária e suas Transições e pelo auxílio financeiro, bem como às Industrias Pedro N. Pizzato Ltda, pelo apoio institucional a todos os seus funcionários.

Referências

- BAGGIO, A.J. *Estudio sobre el sistema agroforestal tradicional de la bracatinga (Mimosa scabrella Benth.) en Brasil: Productividad, manejo de residuos y elaboracion de compost.* Madrid, 1994. 242f. Tese (Doutorado) - Universidade Politecnica de Madrid: Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Montes.
- BOEGER, M.R.T. *Morfologia foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estádios sucessionais, de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR.* Curitiba, 2000. 150f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- BOLETIM DE PESQUISA, *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná.* Londrina: n. 27, t. 1 e 2, 1984.
- BRITZ, R.M. *Ciclagem de nutrientes em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.* Curitiba, 1994. 240f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- CALDEIRA, M.V.W. *Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.* Curitiba, 2003. 176f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- CALDEIRA, M.V.W. PEREIRA, J.C.; SCHUMCHER, M.V.; DELLA-FLORA, J.B.; SANTOS, E.M. Comparações entre as concentrações de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p.489-492, 1999b.
- CALDEIRA, M.V.W. PEREIRA, J.C.; SCHUMCHER, M.V.; DELLA-FLORA, J.B.; SANTOS, E.M. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul. **Ciências Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p.19-24, 1999a.
- CALDEIRA, M.V.W. *Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de Acácia-negra (Acacia mearnsii De Wild.).* Santa Maria, RS. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; SANTOS, E.M.; TEDESCO, N.; PEREIRA, J.C. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento jovem de *Acacia mearnsii* De Wild. estabelecido na região sul do Brasil. *Floresta*, Curitiba, v. 29, n. 1/2, p. 53-65, 2000a.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N.; SANTOS, E.M. Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* De Wild. V. Quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *Acacia mearnsii* de Wild. procedência australiana. *Ciência Rural*, Santa Maria, n. 30, v. 6, p. 977-982, 2000b.
- CAMARGO, J. B. *Geografia física, humana e econômica do Paraná.* 2. ed. Chichetec, 1998. 207p.

- CAMPOS, M.A.A. *Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de Ilex paraguariensis Avaliação na safra e na safrinha*. Curitiba, 1991. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- CLEVELARIO JÚNIOR, J. *Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano*. Viçosa, MG. 1996. 135f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.
- DRUMOND, M.A. *Alterações fitossociológicas e edáficas decorrentes de modificações da cobertura vegetal na Mata Atlântica, região do médio Rio Doce, MG*. Viçosa, MG. 1996. 73f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa.
- DRUMOND, M. A. ; BARROS, N. F. ; SOUZA, A. L. ; SILVA, A. F. Distribuição de biomassa e nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do Medio Rio Doce-MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 187-199, 1997b.
- DRUMOND, M. A. ; BARROS, N. F. ; SOUZA, A. L. ; SILVA, A. F. ; TEIXEIRA, J. L. Composição mineral e demanda nutricional das espécies florestais da Mata Atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1997a. DUVIGNEAUD, P. *La synthèse écologique*. Paris: Doin Editeurs, 1974. 296p.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.L.; DUEVER, M.J. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. Tradução de Eurípedes Malavolta. São Paulo: EPU. USP, 1978. 256p.
- GONÇALVES, J.L.M.; MELLO, S.L.M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.) *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 221-267.
- HERRERA, R. et al. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia*, v. 3; n. 4, p.223-231, 1978.
- HERRERA, R. Nutrient cycling in Amazonian Forest. In: PRANCE, G.T.; LOVEJOY, T.E. (Ed.) *Amazonia: key environments*. Oxford: Pergamon Press, 1985. p. 95-105.
- IAPAR. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*. Londrina, 1994. 49p. (Documentos; 18).
- IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro, 1992. 92p.
- KIMMINS, J.P. *Forest ecology*. New York: Collier Macmillan Canada, 1987. 531p.
- KLINGE, H.; FURCH, K.; HARMS, E. Selected bioelements in bark and wood on native tree species from Central Amazonian inundation forests. *Amazoniana*, Manaus, v. 9, n. 1, p. 105-117, 1984.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. *Physiological of woody*. 2. ed. San Diego: Academic, 1996. 432p.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T.L. *Plant physiological ecology*. New York: Springer-Verlag, 2000. 540p.

MAGALHÃES, L.M.S. *Características ecofisiológicas de espécies nativas selecionadas e limites edafo-nutricionais de solos da terra firme, na Amazônia Ocidental, sob aspecto silvicultura*. Seropédica, 1994. 237f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MALAVOLTA, E. *Elementos da nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MIYAZAWA, M. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Slos, 1999. (Comunicação para Transferência de Tecnologia) p. 171-223.

MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. Aboveground biomass and nutrient in young plantations of indigenous trees: implications for site nutrient conservation. *Journal of Sustainable Forestry*, New York, v. 1, n. 4, p. 115-139, 1994.

MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. Reciclaje de nutrientes em plantaciones jóvenes com árboles nativos: estrategias para um manejo sustentable. *Yyrraretá*, Argentina, n. 4, p. 9-23, set., 1993.

NEVES, E.J.M.; REISSMANN, C.B.; DÜNISCH, O. Biomassa e conteúdo de elementos minerais nos compartimentos arbóreos de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 42, p. 41-49, 2001.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. *Atlas do Estado do Paraná*, Curitiba, 1987. 73p.

PEREIRA, J. C. ; CALDEIRA, M.V. W. ; SCHUMCHER, M. V. ; HOPPE, J. M. ; SANTOS, E. M. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul - Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 24, n. 2, p. 193-199, 2000.

PINTO, C.B. *Contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes em sucessão vegetal na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas*. Curitiba, 2001. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

POGGIANI, F. *Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais de Eucalyptus e Pinus: implicações ecológicas e silviculturais*. Piracicaba, 1985. 211f. Dissertação (Livre Docência em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

RODRÍGUEZJIMÉNEZ, L.V.A. *Consideraciones sobre la biomasa, composición química y dinámica del bosque pluvial tropical de colinas bajas. Bajo Calima Buenaventura, Colombia*. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, Bogotá: Serie (Documentación; n.16), 1988. 36p.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant physiology*. 4. ed. Belmont: Hardcover Publishing Company, 1999. 682p.

SANCHEZ, P.A.; PALM, C.A.; DAVEY, C.B.; SZOTT, L.T.; RUSSEL, C.E. Tree crops as soil improvers in the humid tropic. In: CANNELL, M.G.R.; JACKSON, J.E. (Ed). *Attributes of trees as crop plants*. Washington: Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environmental Research Council, Abbots Ripton, Huntingdon, 1985. p. 327-358.

SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V. W. ; SPATHELF, P.; CAPRA, A. Quantifizierung der biomasse und des nährstoffgehalts bei der erstdurchforstung eines araukarienbestandes in Quedas do Iguaçu (Paraná, Brasilien) . Forstarchiv, Göttingen, Germany, v. 73, n. 5, p. 187-194, 2002a.

SCHUMACHER, M. V. ; HOPPE, J.M.; WITSCHORECK, R.; BARBIERI, S. J. Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes no corte raso de uma floresta de Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze. na região de Quedas do Iguaçu-PR. Santa Maria: Fatec, 2002b. (Relatório de Pesquisa)

SCHUMACHER, M.V. *Naehrstoffkreislauf in verschiedenen Bestaeden von Eucalyptus saligna (Smith), Eucalyptus dunnii (Maiden) und Eucalyptus globulus (Labillardiere) in Rio Grande do Sul, Brasilien.* Wien, Austria: Universität für Bodenkultur, 1995. 167f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur.

STANLEY, W.G.; MONTAGNINI, F. Biomass and nutrient accumulation in pure and mixed plantations of indigenous tree species grown on poor soils in the humid tropics of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 113, p. 91-103, 1999.

STARK, N. The nutrient content of plants and soil from Brazil and Surinam. *Biotropica*, Washington, v. 2, n. 1, p. 51-60, 1970.

TEDESCO, M.J. et al. *Análise de solos, plantas e outros materiais.* Porto Alegre: UFRG, Departamento de Solos/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico; 5).

TURNER, I.M.; ONG, B.L.; TAN, H.T.W. Vegetation analysis, leaf structure and nutrient status of a Malasyan heath community. *Biotropica*, Washington, v. 27, n. 1, p. 2-12, 1995.

TURVEY, N.D.; SMETHURST, P.J.; Nutrient concentrations in foliage, litter and soil in relations to wood production of 7 to 15 year old *Pinus radiata* in Victoria, Australia. *Australian Forestry*, Canberra, v. 57, n. 4, p. 157-164, 1994.

VAN DEN DRIESSCHE, R. Prediction of mineral status of trees by foliar analysis. *The Botanical Review*, New York, v. 40, p. 347-394, 1974.

VEZZANI, F.M. *Aspectos nutricionais de povoamentos puros e mistos de Eucalyptus saligna (Smith) e Acacia mearnsii (De Wild.).* Porto Alegre, 1997. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VITOUSEK, P.M.; SANFORD, R.L. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v. 17, p. 137-167, 1986.

WAMBEKE, A.V. *Soils of the tropics: properties and appraisal.* New York: McGraw Hill, 1992. 343p.

WATZLAWICK, L.F. *Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II.* Curitiba, 2003. 120f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.