

Índice de eficiência de macronutrientes em espécies arbóreas – floresta ombrófila mista montana/Paraná

Index of efficiency of macronutrients in tree species in a mixed araucaria forest/Paraná State

Marcos Vinicius Winckler¹; Renato Marques²;
Ronaldo Viana Soares³; Luciano Farinha Watzlawick^{4*}

Resumo

O trabalho aqui apresentado teve como objetivo principal caracterizar o Índice de Eficiência de Macronutrientes ($IEM_{\text{macronutrientes}} = \text{Biomassa Produzida/Nutriente Utilizado}$) nos componentes da biomassa acima do solo (DAP ³ 10,0 cm) das espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista Montana, General Carneiro/PR, utilizando 20 unidades amostrais primárias (UAPs) de 12 m x 12 m. Os índices de eficiência de macronutrientes ($IEM_{\text{macronutrientes}}$) entre as espécies arbóreas, bem como entre os componentes da biomassa acima do solo (fuste = madeira do fuste + casca; folhas e total = fuste + galhos + folhas) variaram. As espécies que apresentaram altos $IEM_{\text{macronutrientes}}$ para a produção de fuste foram as mesmas que apresentaram altos $IEM_{\text{macronutrientes}}$ para a produção de componentes lenhosos (fuste + galhos), exceto *Myrsine ferruginea*; *Schinus terebinthifolius* e *Calypttranthes concinna*.

Palavras-chave: Espécies arbóreas. Eficiência de nutrientes. Floresta com Araucária.

Abstract

The main objective of this research work was to study the Efficiency Index of Macronutrients in tree biomass in a Mixed Araucaria Forest through 20 primary sample plots of 12 m x 12 m. The efficiency indexes of macronutrients ($EIM_{\text{macronutrients}}$) varied between the tree species, and between the biomass up ground components (stem = wood stem + bark; leaves and total = stem + branch + leaves). The species that showed high $EIM_{\text{macronutrients}}$ to the stem production were the same that showed high $EIM_{\text{macronutrients}}$ to the woody components production (stem + branches), except *Myrsine ferruginea*; *Schinus terebinthifolius* and *Calypttranthes concinna*.

Key words: Tree species. Nutrients efficiency. Araucaria Forest.

1 Prof^o Dr. do Departamento de Eng. Florestal/Centro de Ciências Tecnológicas/FURB – Universidade Regional de Blumenau. Campus II, Centro de Ciências Tecnológicas, Depto de Engenharia florestal. E-mail: caldeira@furb.br

2 Prof^o Dr. do Depto de Solos e Engenharia Agrícola – UFPR. E-mail: marques@ufpr.br

3 Prof^o Tiular do Depto de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná. rvsoares@floresta.ufpr.br

4 Prof^o Dr. Do Depto de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. BR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84.500-000 – Irati/PR. E-mail: farinha@irati.unicentro.br

* Autor para correspondência

Introdução

Do ponto de vista nutricional, uma espécie/genótipo superior é aquela capaz de desenvolver e ter uma boa produção em condições desfavoráveis de fertilidade do solo, tendo habilidade de absorver os nutrientes necessários, em menor quantidade, e/ou, distribuí-los de uma maneira mais eficiente nos diversos componentes da planta, sem comprometer a produtividade (FURLANI et al., 1984).

A maior ou menor eficiência de uso de nutrientes (SCHUMACHER, 1995) das diferentes espécies arbóreas pode ser o reflexo de uma adaptação às perdas anuais e ao aumento da reutilização dos mesmos. No entanto, uma menor devolução de serapilheira, principalmente de folhas, e o alto índice de redistribuição de alguns nutrientes antes da queda das folhas são estratégias que as espécies podem utilizar para aumentar a conservação de nutrientes nos componentes das árvores.

Na maioria das vezes, nas florestas tropicais, a eficiência de utilização de determinados nutrientes é considerada baixa. Nestas florestas as condições climáticas propiciam uma alta produção de biomassa e uma grande circulação de nutrientes através da lixiviação e da serapilheira depositada (SCHUMACHER, 1995).

A eficiência de utilização de nutrientes varia em função da idade das espécies (PEREIRA et al., 1984; SCHUMACHER, 1995). Segundo Negi e Sharma (1984) árvores de *Eucalyptus globulus* com 5 anos de idade possuem uma tendência de apresentar uma menor eficiência do que árvores com 9 anos de idade. A eficiência varia também em função da espécie, sítio, procedências, estágios sucessionais e em plantações puras e consorciadas (GONÇALVES et al., 1992; CALDEIRA; RODON NETO; SCHUMACHER, 2002; CALDEIRA; RODON NETO; SCHUMACHER, 2004).

Neste estudo, deu-se ênfase somente aos aspectos relacionados com a eficiente na translocação de nutrientes. Entretanto, face à

relevância do assunto para as espécies florestais, o mesmo precisa ser aprimorado, visando dominar e aprimorar, o conhecimento das estratégias de estabelecimento usado pelas espécies arbóreas no que diz respeito à eficiência de absorção, translocação e utilização de nutrientes.

O trabalho teve como objetivo caracterizar o índice de eficiência de macronutrientes ($IEM_{\text{acronutrientes}}$) nos componentes da biomassa acima do solo (DAP ³ 10,0 cm) das espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista Montana, General Carneiro/PR.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma propriedade das Indústrias Pedro N. Pizzatto, localizada no município de General Carneiro, Paraná. General Carneiro está localizado nas coordenadas De acordo com Hansen e Baker (1979) a eficiência de utilização de nutrientes em uma determinada espécie vegetal pode ser definida como a quantidade de matéria seca em kg produzida por kg de nutriente utilizado. Através deste parâmetro pode-se analisar o quanto de matéria seca em uma determinada espécie vegetal foi produzido por kg de nutriente (PEREIRA et al., 1984).

A quantidade de matéria seca em kg de uma determinada espécie produzida por kg de nutriente utilizado pode ter outras denominações tais como eficiência nutricional (GONÇALVES et al., 1992), e índice de eficiência de utilização de nutrientes (DRUMOND; POGGIANI, 1993; LIMA, 1993; DRUMOND et al., 1997).

Espécies eficientes no uso de nutrientes são aquelas que apresentam capacidade em absorvê-los da rizosfera, incorporá-los e utilizá-los para a produção de biomassa acima e/ou baixo do solo. Determinada espécie pode ser eficiente dentro de três critérios: a) ser eficiente na absorção de nutrientes – baseado na capacidade da raiz em retirar os nutrientes do solo; b) ser eficiente na translocação de nutrientes – baseados na capacidade de produzir

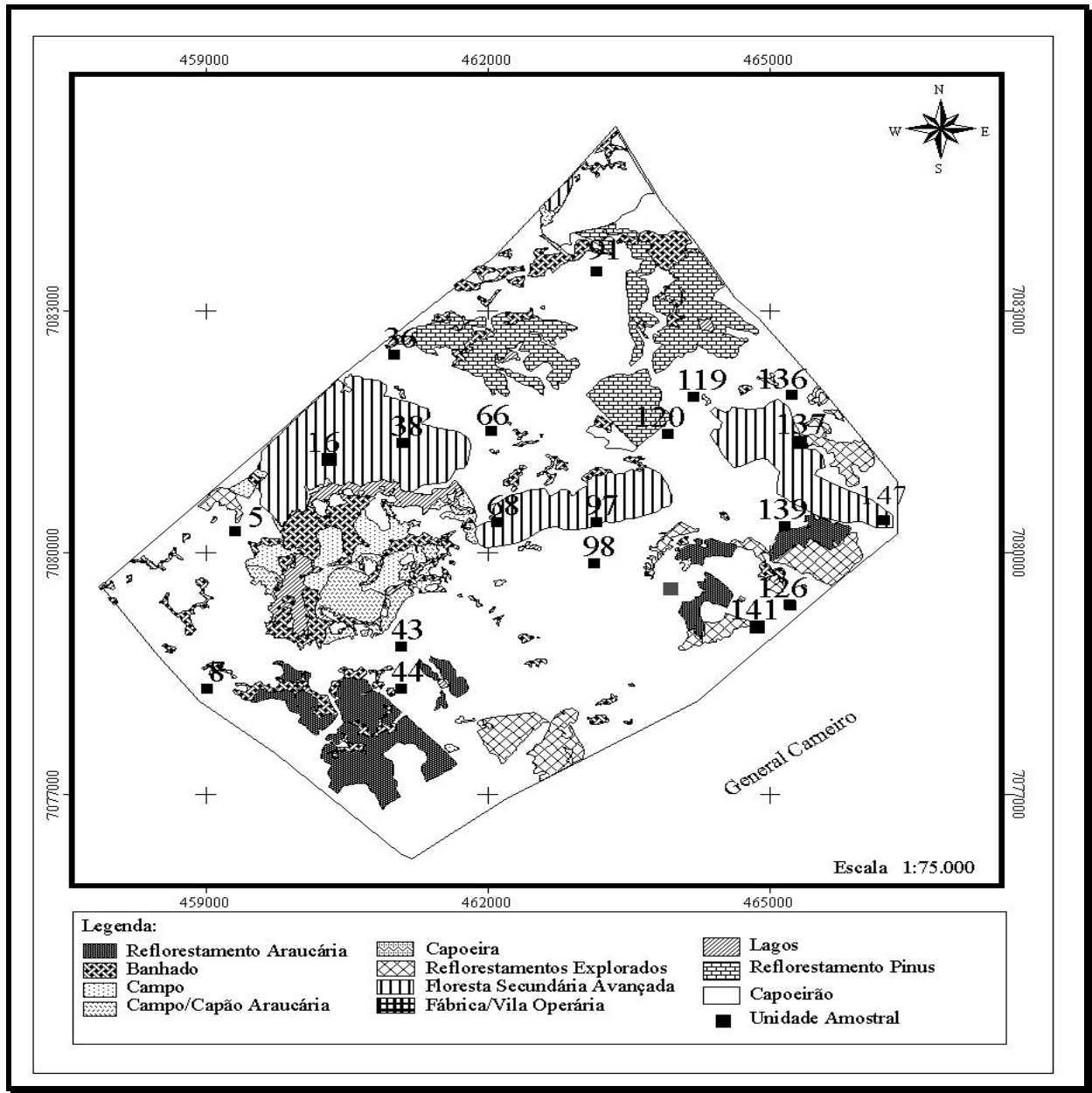


Figura 1. Uso do uso do solo e localização das unidades amostrais (UAs) na Floresta Ombrófila Mista Montana.

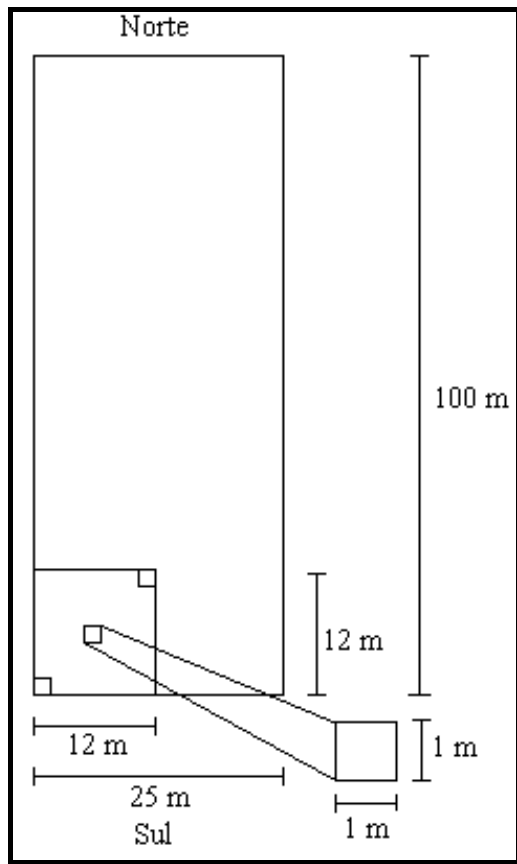


Figura 2. Esquema da instalação das unidades amostrais.

biomassa acima do solo e c) serem eficiente na utilização de nutrientes – baseado na capacidade de produzir biomassa acima do solo e abaixo do solo (BLAIR, 1993).

A seleção de material genético que melhor se adapte à condição de baixa fertilidade do solo tem sido uma preocupação constante, sendo desejáveis espécies, com maior capacidade de absorver e utilizar os nutrientes (MORAIS et al., 1990). A avaliação da eficiência de utilização de nutrientes por parte da diferentes espécies florestais, procedências e/ou clones é um parâmetro para auxiliar o silvicultor no momento de optar pelo material a ser utilizado nos reflorestamentos (CALDEIRA; RODON NETO; SCHUMACHER, 2002; CALDEIRA; RODON NETO; SCHUMACHER, 2004) geográficas 26° 43' 00 latitude S e 51° 24' 35 longitude W de Greenwich, com altitude aproximada de 1000 m s.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; INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994). Para Camargo (1998) 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. Nesta região, as ordens de solos predominantes são os Neossolos Litólicos, Cambissolos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1984) e Argissolos (PARANÁ, 1987).

Conforme a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992), a formação florestal original da área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana. Contudo, devido às diversas atividades antrópicas a vegetação se encontra em diferentes estágios sucessionais.

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

No primeiro semestre de 2001, o Laboratório de Inventário Florestal/UFPR realizou o inventário florestal, utilizando o método de amostragem de área fixa e o processo sistemático, no qual foram localadas e medidas 70 unidades amostrais (UAs) de 25 m x 100 m, numeradas de 1 a 70 (Figura 2).

A quantificação de biomassa acima do solo (DAP ³ 10,0 cm) foi realizada durante o primeiro semestre de 2001 (janeiro a julho).

Nas unidades amostrais primárias (UAPs) (12 x 12 m) (Figura 2) foram cortadas e medidas todas as árvores com DAP ³ 10,0 cm para a determinação

de biomassa acima do solo. De cada árvore foram medidas ou pesadas as seguintes variáveis: CAP (circunferência à altura do peito); altura total; altura comercial (ponto de inversão morfológica); espessura da casca; peso da massa verde da casca, da madeira do fuste, das folhas, dos galhos e da miscelânea (musgos, líquens, lianas, bromélias, orquídeas). Durante a coleta foram quantificados também flores e frutos, mas devido a pequena quantidade de material para as análises de macro e micronutrientes, estes foram agrupados no componente miscelânea.

Os materiais coletados em cada unidade amostral primária (UAP) foram pesados separadamente no campo em uma balança de gancho. Depois de pesado cada componente da árvore (madeira do fuste, casca, galhos, folhas e miscelâneas) foram retiradas amostras de aproximadamente 300 gramas. Para a amostra de madeira do fuste foram retirados dois discos de aproximadamente 5,0 cm de espessura, o primeiro a 0,5 m de altura acima do corte da árvore e o segundo a 0,5 m abaixo do ponto de inversão morfológico. Para a amostra de casca foram utilizados os mesmos discos da amostra de madeira do fuste. Em cada disco amostrado foi separada a casca da madeira do fuste. A biomassa total de casca foi estimada utilizando relações de fator de casca (WATZLAWICK, 2003). Somente foram considerados como galhos, aqueles que estavam acima do ponto de inversão morfológico. Para os galhos foram retiradas amostras em todos os diâmetros e em todas as alturas de copa. No que se refere às folhas, foram retiradas amostras na parte superior, intermediária e inferior da copa.

As amostras de cada componente foram acondicionadas e colocadas em estufa de circulação e renovação de ar forçada, para secagem à temperatura de 75°C por um período de 72 horas, para a determinação da massa seca (TEDESCO et al., 1995; MIYAZAWA; PAVAN; BLOCH, 1999).

Todos os indivíduos amostrados no estudo tiveram seu material vegetativo e, quando possível reprodutivo, coletados para serem submetidos aos processos de herborização, conforme as recomendações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1992).

O material herborizado foi identificado no Laboratório de Inventário Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná.

A determinação da biomassa por espécie e por componente foi realizada através do somatório de cada espécie amostrada e a biomassa por unidade de área (ha) foi calculada a partir da biomassa média das UAPs.

Das espécies amostradas que tinham mais de três exemplares, foram selecionados três (com 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 (DAP³ 10,0 cm). Para a determinação dos macronutrientes na casca e na madeira do fuste foi utilizada a média de duas amostras.

As amostras de cada componente da biomassa foram 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 (TEDESCO et al., 1995; MIYAZAWA; PAVAN; BLOCH, 1999).

O tecido vegetal para a determinação de N, P, S, K, Ca e Mg foi submetido à 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 visível (VIS). No espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) foram lidas as amostras de Ca e Mg (TEDESCO et al., 1995; MIYAZAWA; PAVAN; BLOCH, 1999).

A quantidade dos macronutrientes em kg.espécie⁻¹ nos componentes da biomassa foi calculada através da multiplicação da biomassa (kg.espécie⁻¹) pelo teor de macronutrientes determinado para cada componente (madeira do fuste, casca, galhos, folhas e miscelânea). A soma dos valores dos macronutrientes para cada componente da biomassa forneceu a quantidade total (Mg ha⁻¹) dos mesmos.

Para estimar o índice de eficiência de macronutrientes ($IEM_{\text{macronutrientes}}$) para os diferentes componentes da biomassa acima do solo (DAP³ 10,0 cm), foi utilizada a fórmula proposta por Hansen e Baker (1979), sendo:

$$IEM_{\text{Macronutrientes}} = \frac{BP}{NU}$$

Onde:

$IEM_{\text{macronutrientes}}$ = Índice de Eficiência de Macronutrientes

BP = kg de biomassa produzida

NU = kg de nutriente utilizado

Resultados e Discussão

A quantidade de biomassa produzida em kg pelas espécies amostradas na Floresta Ombrófila Mista Montana por kg de nutriente utilizado variou, conforme pode ser observado nas Tabelas 1, 2 e 3. As variações do $IEM_{\text{macronutrientes}}$ entre as espécies também são consequência dos teores dos nutrientes e da biomassa produzida. De acordo com Lambers, Chapin e Pons (2000) as espécies diferem no que se refere à capacidade de absorção dos nutrientes e no uso de eficiência de utilização dos mesmos. Nesse processo, ou seja, no Índice de Eficiência de Nutrientes (IEN), dois fatores são importantes: o primeiro ligado aos fatores genéticos das espécies (diferenciações genéticas entre as espécies) e o segundo às condições climáticas (aclimação das espécies).

As espécies, de uma maneira geral, utilizaram mais eficientemente os nutrientes para a formação da biomassa, na seguinte ordem decrescente: P > S > Mg > Ca > K > N (Tabelas 1, 2 e 3). Notam-se algumas semelhanças na ordem de $IEM_{\text{macronutrientes}}$ entre as espécies estudadas com os resultados encontrados por Drumond (1996) para espécies com plantios puros e mistos e Drumond et al. (1997) em dez espécies não leguminosas da Mata Atlântica e procedências australianas de *Acacia mearnsii* (CALDEIRA; RONDON NETO; SCHUMACHER, 2002).

Para N, a espécie que apresentou o índice de eficiência mais alto desse nutriente para a produção de biomassa total foi *Xylosma* sp e para P, *Mimosa scabrella*. O menor índice de eficiência de P para a produção de biomassa total foi observado nas espécies *Sapium glandulatum*, *Dicksonia sellowiana* e *Allophyllus edulis*.

No entanto, o menor índice de eficiência de N para a produção de biomassa total foi observada em *Allophyllus edulis*, *Mimosa scabrella* e *Campomanesia xanthocarpa* (Tabela 1).

Para todas as espécies, verifica-se que *Xylosma* sp apresentou alto índice de eficiência de N para a produção de biomassa do fuste, folhas e total. O N possui índice de eficiência relativamente baixa em relação aos outros macronutrientes, devido aos altos teores nas folhas verdes e redistribuição interna, voltando ao solo através da serapilheira, sendo assim novamente integrado ao ciclo biogeoquímico.

Analisando-se o índice de eficiência de cada macronutriente para a produção de biomassa de cada componente, as espécies *Drimys brasiliensis*, *Mimosa scabrella*, *Prunus brasiliensis*, *Quillaja brasiliensis* e *Symplocos celastrina* apresentaram índice de eficiência alto de P na produção de biomassa do fuste em relação as demais espécies e macronutrientes na produção de biomassa total. Porém, pode-se observar na Tabela 1 que as espécies que apresentaram índice de eficiência baixo de P para a produção de biomassa do fuste, em ordem decrescente foram: *Sapium glandulatum*, *Dicksonia sellowiana* e *Persea major*.

Caldeira, Rondon Neto e Schumacher (2002) encontraram índice de eficiência alto de P para a produção de biomassa total acima do solo em três procedências australianas de *Acacia mearnsii*. Tal fato foi confirmado por Vitousek (1984), onde o P foi o único dos elementos que nas florestas tropicais apresentou uma elevada eficiência de utilização, principalmente em áreas onde este se encontra em baixos teores no solo.

Algumas espécies podem apresentar índice de

Tabela 1. Índice de Eficiência de N e P nos componentes da biomassa acima do solo – Floresta Ombrófila Mista Montana.

Espécie	Fuste ⁽¹⁾		Folhas		Total ⁽²⁾	
	N	P	N	P	N	P
<i>Allophyllus edulis</i>	180	1,728	35	515	102	978
<i>Araucaria angustifolia</i>	300	7,155	68	694	253	3,988
<i>Calyptanthus concinna</i>	489	1,376	72	1,408	330	1,395
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	146	4,255	46	775	109	1,734
<i>Casearia decandra</i>	219	4,380	35	754	146	2,500
<i>Clethra scabra</i>	278	3,705	43	617	204	2,372
<i>Cupania vernalis</i>	285	3,681	54	535	171	2,285
<i>Dicksonia sellowiana</i>	246	912	47	581	132	815
<i>Drimys brasiliensis</i>	342	10,217	46	592	671	1,732
<i>Ilex dumosa</i>	201	8,121	47	952	174	2,063
<i>Ilex microdonta</i>	393	9,008	64	1,277	188	3,436
<i>Ilex paraguariensis</i>	233	4,123	39	857	158	2,336
<i>Ilex theezans</i>	670	4,172	41	893	670	3,114
<i>Jacaranda puberula</i>	139	2,956	53	775	134	1,685
<i>Lamanonia ternata</i>	431	7,484	69	1,031	215	3,830
<i>Lithraea brasiliensis</i>	447	4,750	47	595	261	2,283
<i>Matayba elaeagnoides</i>	265	5,233	39	518	225	4,206
<i>Mimosa scabrella</i>	173	10,099	27	579	102	6,141
<i>Myrcia</i> sp	413	3,703	89	1,493	290	2,627
<i>Myrsine ferruginea</i>	268	4,931	41	526	183	2,404
<i>Myrsine umbellata</i>	374	1,805	71	1,095	273	2,407
<i>Nectandra megapotamica</i>	251	6,722	40	958	129	2,541
<i>Ocotea porosa</i>	151	5,063	42	987	132	2,776
<i>Ocotea puberula</i>	177	5,943	38	694	114	2,810
<i>Ocotea pulchella</i>	271	6,047	49	1,105	144	2,667
<i>Persea major</i>	225	967	59	1,064	406	1,213
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	266	5,561	35	752	169	3,846
<i>Prunus brasiliensis</i>	334	8,273	36	1,020	158	3,306
<i>Quillaja brasiliensis</i>	303	12,020	39	1,205	139	4,196
<i>Sapium glandulatum</i>	235	430	29	512	158	469
<i>Schinus Terebinthifolius</i>	217	3,315	38	885	161	3,020
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	793	3,125	51	952	658	2,476
<i>Sebastiania commersoniana</i>	151	1,230	36	613	132	1,272
<i>Sloanea lasiocoma</i>	246	2,437	70	962	229	2,129
<i>Styrax leprosus</i>	352	3,837	54	680	202	2,523
<i>Symplocos celastrina</i>	337	9,939	53	328	200	2,676
<i>Symplocos uniflora</i>	353	4,974	53	823	186	3,742
<i>Vernonia discolor</i>	325	3,090	30	346	230	2,609
<i>Xylosma</i> sp	4,593	4,360	1,370	1,064	2,769	2,387

Nota: (1) madeira do fuste + casca; (2) fuste + galhos + folhas.

eficiência alto de P e K para a produção de biomassa total, mesmo estando estabelecida em solos com baixos teores desse macronutriente. Drumond et al. (1997) evidenciaram que, ao contrário do K, Ca e Mg, o estoque de P no solo ficou abaixo do valor encontrado na biomassa acima do solo de espécies da Mata Atlântica, justificando os altos valores de eficiência na utilização deste nutriente.

O K e o Ca apresentaram índice de eficiência baixa na produção de biomassa (Tabela 2), exceto para *Drimys brasiliensis* que apresentou índice de

eficiência alto de Ca para a produção de biomassa de fuste. Morais et al. (1990) também verificaram que o *Eucalyptus citriodora*, plantado em Viçosa, MG foi pouco eficiente na utilização de K para a produção de biomassa acima do solo. Essa afirmação também pode ser constada em algumas espécies da Mata Atlântica (DRUMOND et al., 1997) e em *Acacia mearnsii* (CALDEIRA; RONDON NETO; SCHUMACHER, 2002).

Em se tratando do índice de eficiência de K para a produção de biomassa total as espécies *Sapium*

Tabela 2. Índice de Eficiência de K e Ca nos componentes da biomassa acima do solo – Floresta Ombrófila Mista Montana.

Espécie	Fuste ⁽¹⁾		Folhas		Total ⁽²⁾	
	K	Ca	K	Ca	K	Ca
<i>Allophyllus edulis</i>	182	161	98	99	150	127
<i>Araucaria angustifolia</i>	153	114	104	70	145	120
<i>Calyptroanthus concinna</i>	183	375	117	107	164	215
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	142	463	775	95	145	143
<i>Casearia decandra</i>	107	94	70	70	116	74
<i>Clethra scabra</i>	117	316	82	108	121	342
<i>Cupania vernalis</i>	178	175	91	124	161	116
<i>Dicksonia sellowiana</i>	130	484	73	106	112	278
<i>Drimys brasiliensis</i>	611	1.549	110	256	176	386
<i>Ilex dumosa</i>	170	492	89	120	156	188
<i>Ilex microdonta</i>	193	140	143	85	163	84
<i>Ilex paraguariensis</i>	158	279	62	125	136	232
<i>Ilex theezans</i>	192	165	148	93	192	121
<i>Jacaranda puberula</i>	186	494	128	139	169	272
<i>Lamanonia Ternata</i>	149	191	163	62	133	104
<i>Lithraea brasiliensis</i>	153	202	86	193	138	192
<i>Matayba elaeagnoides</i>	185	100	105	122	149	126
<i>Mimosa scabrella</i>	146	348	133	146	144	182
<i>Myrcia</i> sp	167	360	115	155	150	259
<i>Myrsine ferruginea</i>	135	232	67	122	117	178
<i>Myrsine umbellata</i>	156	120	104	102	147	121
<i>Nectandra megapotamica</i>	175	445	107	173	151	210
<i>Ocotea porosa</i>	151	503	101	150	151	209
<i>Ocotea puberula</i>	134	386	88	123	123	220
<i>Ocotea pulchella</i>	147	180	106	123	148	153
<i>Persea major</i>	145	163	100	70	157	128
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	146	880	103	276	133	674
<i>Prunus brasiliensis</i>	682	515	123	218	253	312
<i>Quillaja brasiliensis</i>	193	310	115	122	156	238
<i>Sapium glandulatum</i>	125	202	44	88	107	177
<i>Schinus Terebinthifolius</i>	183	200	101	133	153	195
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	183	163	137	81	173	136
<i>Sebastiania commersoniana</i>	190	492	112	103	187	337
<i>Sloanea lasiocoma</i>	156	139	139	108	153	128
<i>Styrax leprosus</i>	132	278	170	86	144	180
<i>Symplocos celastrina</i>	181	225	68	95	158	199
<i>Symplocos uniflora</i>	150	308	142	111	142	229
<i>Vernonia discolor</i>	149	462	39	169	134	568
<i>Xylosma</i> sp	141	213	118	53	153	146

Nota: (1) madeira do fuste + casca; (2) fuste + galhos + folhas.

glandulatum e *Prunus brasiliensis*, apresentaram, respectivamente, menor e maior índice. No que se refere ao índice de eficiência de Ca, *Casearia decandra* apresentou índice baixo para a produção de biomassa total e *Piptocarpha angustifolia* e *Vernonia discolor* índice alto.

Para algumas espécies, o Ca foi o elemento com índice de eficiência baixo para a produção de biomassa do fuste, quando comparado aos demais componentes da biomassa. Isso talvez seja devido ao elevado teor de Ca na casca, que se deve em

parte a imobilização desse macronutriente no floema, principalmente na forma de oxalato de cálcio, fato esse também observado por Caldeira, Rondon Neto e Schumacher (2002) em procedências de *Acacia mearnsii*, no Rio Grande do Sul.

Na Tabela 3, pode-se observar que as espécies, *Myrsine ferruginea*, *Nectandra megapotamica* e *Vernonia discolor* apresentaram índice de eficiência alta Mg para a produção de biomassa total. Porém, somente quatro espécies, *Sloanea lasiocoma*, *Matayba elaeagnoides*, *Prunus brasiliensis* e

Lamanonia ternata, apresentaram índice de eficiência alta de S para a produção de biomassa total. De acordo com Caldeira, Rondon Neto e Schumacher (2002), depois do P, o S foi o nutriente

mais eficientemente utilizado pelas três procedências de *Acacia mearnsii* para produção de biomassa, principalmente na produção de madeira do fuste.

Tabela 3. Índice de Eficiência de Mg e S nos componentes da biomassa acima do solo – Floresta Ombrófila Mista Montana.

Espécie	Fuste ⁽¹⁾		Folhas		Total ⁽²⁾	
	Mg	S	Mg	S	Mg	S
<i>Allophylus edulis</i>	734	1,671	180	312	633	766
<i>Araucaria angustifolia</i>	1,167	1,020	266	704	878	896
<i>Calyptanthes concinna</i>	6,126	251	377	358	1,736	295
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	697	657	518	481	695	667
<i>Casearia decandra</i>	333	700	251	521	376	642
<i>Clethra scabra</i>	434	735	241	508	503	826
<i>Cupania vernalis</i>	814	2,156	192	305	809	1,462
<i>Dicksonia sellowiana</i>	471	777	261	543	404	713
<i>Drimys brasiliensis</i>	377	1,663	308	917	534	991
<i>Ilex dumosa</i>	613	1,996	146	597	512	1,173
<i>Ilex microdonta</i>	840	2,322	197	591	649	1,432
<i>Ilex paraguariensis</i>	697	1,644	203	568	613	1,467
<i>Ilex theezans</i>	421	1,174	125	444	401	1,032
<i>Jacaranda puberula</i>	1,606	2,218	301	709	922	1,027
<i>Lamanonia ternata</i>	492	3,853	272	709	427	2,199
<i>Lithraea brasiliensis</i>	1,299	2,954	559	637	1,099	1,611
<i>Matayba elaeagnoides</i>	587	2,764	176	386	653	2,577
<i>Mimosa scabrella</i>	1,918	2,395	665	619	1,347	1,605
<i>Myrcia</i> sp	1,222	2,674	662	816	1,547	937
<i>Myrsine ferruginea</i>	3,260	353	713	406	2,271	410
<i>Myrsine umbellata</i>	2,273	2,290	385	488	1,482	1,182
<i>Nectandra megapotamica</i>	5,098	1,609	620	508	2,285	1,582
<i>Ocotea porosa</i>	7,764	530	711	459	1,913	617
<i>Ocotea puberula</i>	207	1,953	532	508	484	1,661
<i>Ocotea pulchella</i>	1,551	548	418	472	1,269	754
<i>Persea major</i>	3,658	1,209	435	465	1,192	1,499
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	2,546	1,516	385	451	1,604	1,023
<i>Prunus brasiliensis</i>	2,765	2,010	265	1,124	1,404	2,206
<i>Quillaja brasiliensis</i>	3,103	684	518	444	1,433	930
<i>Sapium glandulatum</i>	1,415	819	243	583	1,044	703
<i>Schinus terebinthifolius</i>	1,185	848	552	483	1,064	883
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1,001	2,006	252	658	830	1,883
<i>Sebastiania commersoniana</i>	950	2,382	227	1,923	881	2,321
<i>Sloanea lasiocoma</i>	1,081	3,043	397	581	1,122	2,621
<i>Styrax leprosus</i>	1,501	2,949	575	680	959	1,670
<i>Symplocos celastrina</i>	3,233	2,529	476	218	1,791	1,573
<i>Symplocos uniflora</i>	2,081	615	244	385	1,591	652
<i>Vernonia discolor</i>	3,602	1,479	538	364	2,129	1,917
<i>Xylosma</i> sp	2,283	1,547	345	402	1,336	1,565

Nota: (1) madeira do fuste + casca; (2) fuste + galhos + folhas.

Para a produção de biomassa do fuste somente duas espécies apresentam índice de eficiência alta de Mg e S e para a produção de biomassa de folhas, também duas espécies, *Sebastiania commersoniana* e *Prunus brasiliensis*, apresentaram índice de eficiência alta de S.

Em síntese, as Tabelas 1, 2 e 3 mostram que *Prunus brasiliensis* apresentou alto índice de eficiência de K e S para a produção de biomassa total e *Vernonia discolor* alto índice de eficiência de Ca e Mg para a produção de biomassa total.

Segundo Drumond (1996) a eficiência de uso de nutrientes varia com a espécie e com o tipo de vegetação. As espécies da mata natural consomem mais nutrientes do que as espécies de plantios puros. Isso, possivelmente, de acordo com Drumond (1996) ocorre em virtude da maior disponibilidade dos nutrientes no solo, decorrente de uma ciclagem e liberação mais uniforme dos mesmos.

As diferenças no IEM_{acronutrientes}, entre as espécies estudadas podem ser devidas ao reflexo de uma adaptação às perdas anuais de nutrientes e ao aumento da reutilização dos mesmos. Portanto, uma menor perda dos elementos que formam a serapilheira, principalmente o componente folha, e a alta redistribuição dos nutrientes antes da derrubada das folhas são estratégias que as espécies podem utilizar para aumentar a conservação dos nutrientes nos componentes das árvores.

Cabe ressaltar que as diferenças de eficiência no uso de micronutrientes entre as espécies do presente estudo podem ser também devido o tempo de coletas (janeiro a julho) nas amostras. Ne sentido, a literatura mostra que os teores de nutrientes na biomassa são em função de vários fatores, entre eles pragas e enfermidades, idade das árvores e das folhas, posição na copa, estação do ano, qualidade do sítio, procedência, variação conforme o elemento, características nutricionais de cada espécie, disponibilidade de nutrientes no solo, componente a ser analisado (BELLOTE; SILVA, 2000).

Dos fatores citados com influenciam no teor de nutrientes na biomassa das árvores, dois merecem destaque: a idade do material amostrado e a espécie. De acordo com Bellote e Silva (2000) a idade do material amostrado se refere à idade fisiológica das folhas, onde o teor de nutrientes nestes órgãos depende, principalmente, do estágio fisiológico e da oferta de nutrientes no solo.

A idade fisiológica das folhas afeta o teor de nutrientes em função da redistribuição de

determinados nutrientes móveis para outros órgãos como folhas novas, órgãos de reserva, frutos e regiões de crescimento, antes da abscisão. Portanto, está é uma maneira pela qual a planta conserva parte dos nutrientes absorvidos (MILLER, 1984). Aproximadamente 60 a 85% da maioria dos nutrientes podem ser conservados desta maneira, com exceção do B e do Ca por serem imóveis nas plantas (MALAVOLTA, 1980).

Em síntese pode-se dizer que é bem provável que as diferenças de eficiência no uso de micronutrientes (Tabelas 1, 2 e 3) sejam bem mais evidenciadas nas folhas, brotações e tecidos corticais devido serem órgãos metabolicamente mais ativos das plantas.

Conclusões

Os índices de eficiência de macronutrientes entre as espécies arbóreas, bem como entre os componentes da biomassa acima do solo (fuste = madeira do fuste + casca; folhas e total = fuste + galhos + folhas) variaram.

As espécies que apresentaram alto índice de eficiência de macronutrientes para a produção de biomassa de madeira do fuste foram as mesmas que apresentaram alto índice de eficiência de macronutrientes para a produção de componentes lenhosos (fuste + galhos), exceto *Myrsine ferruginea*; *Schinus terebinthifolius* e *Calyptanthes concinna*.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Profº 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

- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p.105-133.
- BLAIR, G. *Nutrient efficiency: what do we really mean?*. genetic aspects of plant mineral nutrition. Boston: Kluwer Academic, 1993. p.205-213.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.5, p.615-620, 2002.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Revista Árvore*, Viçosa, v.28, n.1, p.39-47, 2004.
- CAMARGO, J. B. *Geografia física, humana e econômica do Paraná*. 2. ed. Paranaíba: Chichetec, 1998.
- 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. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DRUMOND, M. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; SILVA, A. F.; TEIXEIRA, J. L.. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da Mata Atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.1, p.1-10, 1997.
- DRUMOND, M. A.; POGGIANI, F. Distribuição da biomassa e dos nutrientes em plantações puras e consorciadas de *Liquidambar styraciflua* e *Pinus caribaea hondurensis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: SBS, 1993. p.234-239.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- _____. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Londrina: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL / IAPAR, 1984. (Boletim de Pesquisa, 27).
- FURLANI, A. M. C.; CLARK, R. B.; MARANVILLE, J. W.; ROSS, W. M. Sorghum genotype differences in phosphorus uptake, phosphorus efficiency, phosphorus mobilization and utilization. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.7, n.7, p.1113-1126, 1984.
- GONÇALVES, J. L. M.; KAGEYAMA, P. Y.; FREIXÊDAS, V. M.; GONÇALVES, J. C.; GERES, W. L. A. capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS: CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2., 1992. São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.463-469.
- HANSEN, E. A.; BAKER, J. B. *Biomass and nutrient removal in short rotation intensively cultured plantations*. Thompsonville: American Poplars Council, 1979.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*. Londrina: IAPAR, 1994. (Documentos; 18).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. *Plant physiological ecology*. New York: Springer-Verlag, 2000.
- LIMA, W.P. *Impacto ambiental do eucalipto*. 2. ed. São Paulo: Ed. da USP, 1993.
- MALAVOLTA, E. *Elementos da nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980.
- MILLER, H. G. Dynamic of nutrient cycling in plantations ecosystems. In: _____. *Nutrition of plantation forest*. London: Academic, 1984. p.53-78.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Ed). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Solos, 1999. (Comunicação para Transferência de Tecnologia). p.171-223.
- MORAIS, E. J.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; BRANDI, R. M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, p. 353-362, 1990.
- NEGI, J. D. S.; SHARMA, D. C. Distribution of nutrient in ages series of *Eucalyptus globules* plantations in Tamil Nadu. *Indian Forester*, Dehra Dun, v.110, n.9, p.944-953, 1984.
- PARANÁ. Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. *Atlas do Estado do Paraná*. Curitiba, 1987.
- PEREIRA, A.R.; BARROS, N. F.; ANDRADE, D.C.; CAMPOS, P. T. A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região do cerrado. *Brasil Florestal*, Brasília, V.8, n.59, p.27-38, 1984.

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

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solos, plantas e outros materiais.* Porto Alegre: Ed. UFRG, 1995. (Boletim Técnico; 5).

VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, Durham, v.65, n.1, p.258-298, 1984.

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.* 2003. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.