

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM *Acacia mearnsii* DE WILD. V. QUANTIFICAÇÃO DO CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA BIOMASSA AÉREA DE *Acacia mearnsii* DE WILD. PROCEDÊNCIA AUSTRALIANA

NUTRIENT CYCLING IN *Acacia mearnsii* DE WILD. V. QUANTIFICATION OF NUTRIENT CONTENTS IN THE ABOVE-GROUND BIOMASS OF AUSTRALIAN PROVENANCE OF *Acacia mearnsii* DE WILD

Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹ Mauro Valdir Schumacher² Neura Tedesco³
Elias Moreira dos Santos⁴

RESUMO

No presente trabalho foi quantificado o conteúdo de nutrientes na procedência Australiana Bodalla de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), aos 2,4 anos de idade. A procedência encontra-se estabelecida em solo de baixa fertilidade, com acidez elevada e localizado na Fazenda Menezes, no Distrito de Capão Comprido, município de Butiá-RS, pertencente à Empresa Florestal Agroseta S.A.. Foi selecionado um total de nove árvores para comporem as amostras. A amostragem destrutiva constituiu na individualização dos compartimentos da biomassa aérea (folhas, galhos vivos, galhos mortos, casca e madeira) visando à determinação da matéria seca e do conteúdo de nutrientes. As quantidades de nutrientes contidos na biomassa aérea total da procedência Bodalla foram de 182,1kg ha⁻¹ de N; 8,2kg ha⁻¹ de P; 104,4kg ha⁻¹ de K; 66,7kg ha⁻¹ de Ca; 16,1kg ha⁻¹ de Mg e 10,0kg ha⁻¹ de S. Na procedência Bodalla, 57,4% da matéria seca foi alocada para folhas, galhos vivos e galhos mortos, conteúdo 74% do N; 72,1% do P; 63% do K; 68,5% do Ca, 69,3% do Mg e 74,1% do S do total existente na parte aérea. O componente fuste (casca e madeira) acumulou 26% do N; 27,9% do P; 37% do K; 31,5% do Ca; 30,7% do Mg e 25,8% do S.

Palavras-chave: nutrientes, *Acacia mearnsii* De Wild., sustentabilidade.

SUMMARY

Nutrient contents of 2.4 years old black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.), from Bodalla Australian

provenance, were quantified. This provenance was established on soils of low fertility and high acidity, at Menezes Farm of Agroseta S.A. Forest Company in the Capão Comprido District, municipality of Butiá-RS. A total of nine trees were selected to form the sample. The destructive sampling was constituted in the individualization of compartments of above-ground biomass (leaves, live branches, dead branches, bark and wood) to determine dry matter and nutrient contents. The quantity of total nutrients in the above-ground biomass from Bodalla provenance was 182.1kg ha⁻¹ of N; 8.2kg ha⁻¹ of P; 104.4kg ha⁻¹ of K; 66.7kg ha⁻¹ of Ca; 16.1kg ha⁻¹ of Mg and 10.0kg ha⁻¹ of S. For the Bodalla provenance, 57.4% of dry matter was allocated to the leaves, live branches, dead branches, bark and wood, containing 74% of N; 72.1% of P; 63% of K; 68.5% of Ca, 69.3% of Mg and 74.1% of S in the total found in the aerial part. The trunk component (bark and wood) accumulated 26% N; 27.9% P; 37% K; 31.5% Ca; 30.7% Mg and 25.8% S.

Key words: nutrients, *Acacia mearnsii* De Wild, sustainability.

INTRODUÇÃO

Considerando-se as florestas do mundo inteiro, verifica-se que o estoque de nutrientes na vegetação acima do solo aumenta das florestas boreais para as tropicais. Por outro lado, a massa de nutrientes acumulados na serapilheira e depositados

¹ Engenheiro Florestal, Doutorando em Engenharia Florestal, Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 340, Jardim Botânico, 80210-170, Curitiba, PR. E-mail: caldeira@floresta.ufpr.br. Autor para correspondência.

² Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.

³ Engenheira Florestal, Mestre em Engenharia Florestal.

⁴ Engenheiro Florestal, Supervisor de Pesquisa e Desenvolvimento da AGROSETA S.A.

sobre o solo aumenta de forma contrária, ou seja, das florestas tropicais para as boreais. Isso ocorre principalmente devido à baixa atividade dos organismos decompositores que são inibidos pelas baixas temperaturas (KIMMINS, 1987).

Segundo PRITCHETT (1990), a absorção dos nutrientes pelas árvores é influenciada pela espécie, pela cobertura do dossel e pelas condições edafoclimáticas. Em princípio, a absorção anual de nutrientes é da mesma ordem da apresentada pelas culturas agrícolas, mas como a maior parte dos nutrientes absorvidos é devolvida para o piso florestal, quantidades relativamente pequenas são retidas no acréscimo anual da biomassa arbórea. A quantidade de nutrientes num ecossistema florestal é representada pelo somatório dos nutrientes contidos nos diferentes componentes da biomassa arbórea, vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo (POGGIANI, 1992). Potencialmente, outras perdas podem ocorrer em virtude da erosão ou da lixiviação após a retirada das árvores, quando o solo permanece descoberto.

O acúmulo de nutrientes da biomassa arbórea, segundo SCHUMACHER (1992), varia de elemento para elemento, em função dos diferentes níveis de fertilidade do solo, das características nutricionais de cada espécie e da idade da floresta. De acordo com VAN DEN DRIESSCHE (1984), as coníferas tendem a ter maior proporção de biomassa foliar do que as folhosas decíduas. A maior proporção do conteúdo total de nutrientes na árvore é encontrada na folhagem de coníferas (20 a 25%) do que em folhosas decíduas (8 a 10%), ainda que a concentração de nutrientes nas folhas de coníferas seja mais baixa do que nas folhosas (RODIN & BAZILEVICH, 1967). Principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, é fundamental que se tenha conhecimentos acerca da dinâmica dos nutrientes nos diversos compartimentos de um ecossistema florestal, para que se possa adotar um manejo que venha assegurar a sustentabilidade (SCHUMACHER, 1996).

O presente estudo teve por objetivo quantificar o conteúdo de nutrientes na biomassa aérea em um povoamento de Acácia-negra (*Acacia mearnsii*) procedência Australiana (Bodalla), aos 2,4 anos de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na Empresa Florestal AGROSETA S.A, localizada na cidade de Butiá-RS. Essa cidade, encontra-se localizada na região fisionômica natural do Estado do Rio Grande do Sul denominada Serra do Sudeste, tendo

as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 30° 07' S Longitude 51° 57' O e altitude de 35 m s.n.m. Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical (MORENO, 1961). Segundo BRASIL (1973), o solo pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo (Podzólico Vermelho Escuro).

A procedência Australiana utilizada no presente estudo foi a Bodalla (NSW-New South Walles–Austrália) com as seguintes características: latitude 36° 11' S; longitude 149° 58' O e altitude de 15 m s.n.m.

A partir de uma distribuição diamétrica e utilizando-se duas equações de regressão ($\ln Y = a + b \cdot \ln X$) para quantificar folhas, galhos vivos, casca e madeira e ($\ln Y = a + b \cdot \ln DAP + c + \ln H$) para quantificar os galhos mortos, determinou-se a biomassa em cada componente (CALDEIRA, 1998).

Foi selecionado um total de nove árvores para comporem as amostras. Na parte intermediária da copa das árvores, nos quadrantes, foram coletadas folhas para análise nutricional. Os galhos foram separados do tronco e classificados como vivos (verdes) e mortos (secos). Dos galhos vivos, foram coletados todas as folhas. A massa fresca total das folhas, galhos vivos e mortos, casca e madeira do tronco das árvores amostradas foram determinadas a campo. De cada componente (folhas, galhos vivos e mortos, lenho e casca) foram retiradas amostras, as quais tiveram sua massa fresca aferida no campo. Após, cada componente foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente identificados e posteriormente levados ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel pardo e levadas a uma estufa de circulação forçada para posterior secagem a uma temperatura de 75°C, até atingirem massa constante.

O tronco foi amostrado, utilizando um disco de 5,0cm de espessura retirado na metade da altura total da árvore, conforme a metodologia proposta por YOUNG & CARPENTER (1976). Desse disco, foram separadas casca e madeira, e cada componente teve sua massa fresca devidamente aferida. As amostras de madeira e casca, após retiradas da estufa foram picadas para facilitar a moagem, enquanto que as demais amostras foram moídas em moinho do tipo Wiley e foram passadas na peneira com malha 1,0mm. Após a moagem, retirou-se uma alíquota de cada amostra.

As concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por TEDESCO *et al.* (1995). As análises fo-

ram feitas no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O estoque dos nutrientes em kg ha⁻¹ nos componentes da biomassa aérea foi obtido a partir da biomassa estimada (kg ha⁻¹) em trabalho realizado por CALDEIRA (1998) e da concentração dos macronutrientes determinada para cada componente (folhas, galhos vivos e mortos, madeira e casca). A soma dos valores dos nutrientes para cada componente da biomassa aérea forneceu o conteúdo total em kg ha⁻¹ dos mesmos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S nos diferentes componentes da biomassa aérea da procedência Bodalla são apresentados na tabela 1. Observa-se que as folhas apresentaram as maiores concentrações de todos os nutrientes analisados.

Comportamento semelhante foi observado por SCHUMACHER (1992), trabalhando com *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus torelliana*; por BAGGIO (1994), com *Mimosa scabrella*; por VEZZANI (1997), com povoamentos puros e mistos de *Eucalyptus saligna*

e *Acacia mearnsii*, CARBONERA PEREIRA *et al.* (2000), com *Acacia mearnsii*. Porém, nas folhas, as concentrações, principalmente de N são superiores àquelas encontradas por CAMPOS (1991) com *Ilex paraguariensis* e VETTORAZZO *et al.* (1993) com *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. torelliana*. Portanto, isso comprova que as maiores concentrações de N nas folhas de *Acacia mearnsii* demonstram um maior potencial de ciclagem de nutrientes dessa espécie, via serapilheira, do que outras espécies como por exemplo, eucalipto.

O alto teor de N nas folhas de acácia-negra pode ser justificado pela capacidade que a mesma possui, como espécie leguminosa, de fixar N₂ e pelo efeito sinérgico da ação das bactérias diazotróficas e micorrizas (FRANCO *et al.*, 1992). Segundo AUER & SILVA (1992), a acácia-negra, em solos tropicais, pode fixar até 200kg de N ha ano⁻¹.

As concentrações de N e Mg nas folhas de *Acacia mearnsii* são similares àquelas encontradas por FROUFE *et al.* (1998) para *Albizia guachapele*, pois os maiores teores de nutrientes, especialmente de N encontrados nas folhas albizia, segundo o autor, demonstram que esta espécie possui um maior potencial de ciclagem nutrientes, via serapilheira.

A elevada concentração de nutrientes nas folhas, de acordo com KRAMER & KOZLOWSKI (1979), torna esse componente um maior potencial de ciclagem de nutrientes, embora represente um pequeno percentual em relação à biomassa total das árvores. Nas folhas, encontram-se a maioria das células vivas, que tendem a acumular maiores quantidades de nutrientes, em função dos processos de transpiração e fotossíntese, pois a concentração de nutrientes nas folhas das árvores é influenciada por diversos fatores como as condições de sítio, a idade das folhas, a posição das folhas na copa, época do ano (VAN DEN DRIESSCHE, 1984, BELLOTE, 1990) e também entre procedências (CALDEIRA, 1998).

A procedência Bodalla apresentou as maiores concentrações de Ca nas folhas e não na casca (Tabela 1). Entretanto, vários autores verificaram, entre eles LELES *et al.* (1995), trabalhando com *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*, aos 4,3 anos de idade; CARBONERA PEREIRA *et al.* (1998), com *Acacia mearnsii*, aos 9 anos de idade; e VEZZANI (1997), com *Acacia mearnsii*, aos 3,7 anos de idade, que as maiores concentrações de cálcio está no componente casca.

Tabela 1 - Teores (g kg⁻¹) e quantidades de nutrientes (kg ha⁻¹) nos diferentes componentes da biomassa aérea da procedência Australiana Bodalla de *Acacia mearnsii*. Média de 9 árvores.

Componentes da biomassa aérea		Nutrientes (g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas		23,56	1,00	9,22	6,81	1,64	1,18
Galhos Vivos		7,96	0,40	6,24	3,94	1,03	0,60
Galhos Mortos		4,54	0,10	2,31	4,21	0,72	0,20
Casca		11,38	0,42	4,63	6,23	1,14	0,62
Madeira		2,32	0,14	3,27	0,72	0,24	0,12
Cp ¹ BA ² (kg ha ⁻¹)		Nutrientes (kg ha ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
F ³	4376,77	103,30	4,38	40,35	29,80	7,18	5,16
GV ⁴	3850,74	30,65	1,54	24,03	15,17	3,97	2,31
GM ⁵	75,44	0,34	0,007	0,17	0,32	0,05	0,015
Cc ⁶	2421,32	27,55	1,02	11,21	15,08	2,76	1,50
M ⁷	8751,32	20,30	1,22	28,62	6,30	2,10	1,05
T ⁸	19475,41	182,14	8,17	104,38	66,67	16,06	10,03

¹Componentes da biomassa aérea, ² Biomassa aérea em cada componente, ³Folhas, ⁴ Galhos Vivos, ⁵ Galhos Mortos, ⁶ Casca, ⁷ Madeira, ⁸ Biomassa aérea total

O fato da procedência Bodalla possuir as maiores concentrações de Ca nas folhas e não na casca pode ser uma característica da procedência Bodalla, pois a concentração de nutrientes nos componentes da biomassa aérea pode estar relacionada com a produção de biomassa aérea e subterrânea, com a espécie, solo, espaçamento.

A baixa mobilidade do Ca nos tecidos da planta é explicada pelo fato do mesmo ser um elemento menos redistribuído, pois conforme ATTWILL *et al.* (1978), está associado à lignificação das paredes celulares, no qual esse elemento não é redistribuído para os tecidos em crescimento da planta.

No que se refere ao Mg, as maiores concentrações desse elemento foram observadas nas folhas (Tabela 1), pois é comum que o Mg tenha concentração mais elevada nas folhas, devido o mesmo fazer parte do componente fotossintético, ou seja, faz parte da estrutura da clorofila *a* e *b* (MAGALHÃES, 1979; KRAMER & KOZLOWSKI, 1979; AWADA & CASTRO, 1983; SALISBURY & ROSS, 1992; KOZLOWSKI, *et al.*, 1991). Autores como GOMES *et al.* (1997), CARBONERA PEREIRA *et al.* (2000), CALDEIRA (1998), CALDEIRA *et al.* (1999a), CALDEIRA *et al.* (1999b), trabalhando com diferentes espécies, verificaram que as maiores concentrações de Mg na biomassa aérea está nas folhas.

Na tabela 1, são mostradas que as maiores quantidades totais de todos os nutrientes analisados na biomassa aérea seguem a seguinte ordem: N > K > Ca > Mg > S > P. A ordem das quantidades totais dos nutrientes encontrados foi similar aos resultados encontrados por BAGGIO & CARPANEZZI (1997b), trabalhando com *Mimosa scabrella* e por CARBONERA PEREIRA *et al.* (1998), com *Acacia mearnsii*.

No que se refere à proporção de nutrientes, verifica-se, através da tabela 2, que a quantidade

de nutrientes nas folhas foi superior aos demais componentes da biomassa aérea, pois a mesma acumula mais de 55% do total de N. As folhas acumulam mais de 50% do total de P e S. Comparando a distribuição porcentual de nutrientes nos diversos componentes da árvore (Tabela 2), verifica-se que a quantidade de nutrientes nas folhas foi superior àquela existente na madeira, ainda que essa tenha participação porcentual superior a das folhas no total da biomassa aérea (CALDEIRA, 1998).

A copa (folhas, galhos vivos e mortos) acumula 70,2% do total de nutrientes, no entanto os 29,8% restantes foram acumulados no fuste (madeira e casca). Vários autores (REZENDE *et al.*, 1983; SHARMA & PANDE, 1989; REIS & BARROS, 1990; CARBONERA PEREIRA *et al.*, 2000; CALDEIRA, 1998) verificaram que, em povoamentos florestais, a copa contém em torno de 50% da quantidade total dos nutrientes. Isso é em função de que durante a fase juvenil de um povoamento florestal, uma grande parte da alocação de carboidratos, são resultantes da fotossíntese, são canalizados para a produção de biomassa da copa. No entanto, com o passar do tempo, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco aumenta e a das folhas e ramos diminui gradativamente (CROMER, *et al.*, 1975; ANDRAE, 1982; LARCHER, 1984; FABIÃO, 1986; REIS & BARROS, 1990; OTTO, 1994).

Levando-se em consideração a subdivisão usual biomassa da copa/biomassa do tronco, 57,4% da matéria seca foi alocada para folhas, galhos vivos e galhos mortos, conteúdo 74,0% do N, 72,1 do P, 63,0% do K, 68,5% do Ca, 69,3% do Mg e 74,2% do S do total existente na parte aérea. O componente fuste (casca e madeira) acumulou 26% do N, 27,9% do P, 37,0% do K, 31,5% do Ca, 30,7% do Mg e 25,8% do S (Tabela 2).

Valores da distribuição porcentual dos nutrientes nas folhas da procedência do presente estudo foram similares àqueles encontrados por VEZZANI (1997), com *Acacia mearnsii*, aos 3,7 anos de idade. Entretanto, a distribuição porcentual dos nutrientes no componente galhos do trabalho de VEZZANI (1997) foram bem superiores àqueles encontrados no componente galhos da procedência deste estudo.

CONCLUSÕES

Os componentes folhas, galhos vivos e galhos mortos acumulam, em média 70,0%, do total de nutrientes, enquanto que a casca e a madeira do tronco armazenaram os 30,0% restantes.

Tabela 2 - Proporção de nutrientes acumulados nos componentes da biomassa aérea na procedência Australiana Bodalla de *Acacia mearnsii*. Média de 9 árvores.

Componentes	Nutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	56,80	53,00	39,00	45,00	45,00	51,00
Galhos Vivos	17,00	19,00	23,84	23,00	24,00	23,00
Galhos Mortos	0,20	0,08	0,16	0,48	0,30	0,15
Casca	15,00	12,92	11,00	22,52	17,00	12,00
Madeira	11,00	15,00	26,00	9,00	13,70	13,85

As maiores concentrações de Ca foram nas folhas. Isso tem grande importância, pois o Ca retorna para o solo via produção de serapilheira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F.H. Zweitinventur eines *Eucalyptus saligna* Bestandes in Suedbrasilien. **Centralblatt fuer das Gesamte Forstwesen**, Klosterneuburg, v.99, n.4, p.193-217, 1982.
- ATTIWILL, P.M., GUTHRIE, H.B., LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Herit) forest. I. Litter production and nutrient return. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.261, p.79-91, 1978.
- AUER, C.G., SILVA, R. Fixação de nitrogênio em espécies arbóreas. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P.(eds). **Microbiologia do solo**. Campinas : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.157-172.
- AWAD, M., CASTRO, P.R.C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo : Nobel, 1983. 177p.
- BAGGIO, A.J. **Estudio sobre el sistema agroforestal tradicional de la bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) en Brasil: Productividad, manejo de residuos y elaboracion de compost**. Madrid, 1994. 242p. Tese (Doutorado) - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidade Politecnica de Madrid, 1994.
- BAGGIO, A.J., CARPANEZZI, A.A. Estoque de nutrientes nos resíduos da exploração de bracingais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.34, p.17-29, 1997b.
- BELLOTE, A.F.J. **Suprimento de nutrientes minerais e crescimento de plantações adubadas de *Eucalyptus grandis* nos cerrados do Estado de São Paulo**. Fraiburg, 1990. 166p. Tese (Doutorado) – Universidade de Fraiburg, 1990.
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife : Ministério da Agricultura, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- 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. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, 1998.
- CALDEIRA, M.V.W., CARBONERA PEREIRA, J., SCHUMACHER, M.V., *et al.* Comparação entre as concentrações de nutrientes nas folhas e no folheto em procedência de *Acacia mearnsii* De Wild. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.4, p.489-492, 1999a.
- CALDEIRA, M.V.W., SCHUMACHER, M.V., CARBONERA PEREIRA, J., *et al.* Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em povoamento comercial de *Acacia mearnsii* De Wild. plantado no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.19-24, 1999b.
- CAMPOS, M.A.A. **Balanco de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha**. Curitiba, 1991. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1991.
- CARBONERA PEREIRA, J., SCHUMACHER, M.V., HOPPE, J.M., *et al.* Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul - Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.2, p.193-199, 2000.
- CROMER, R.N., RAUPACH, M., CLARKE, A.R.P., *et al.* *Eucalyptus* plantations in Australia. The potential for intensive production. **Appita**, p.165-173, 1975.
- FABIÃO, A.M.D. **Contribuição para o estudo da dinâmica da biomassa e produtividade primária líquida em eucaliptais**. Lisboa, Portugal, 1986. Tese (Doutorado) - Instituto Superior de Agronomia, 1986.
- FRANCO, A.A., CAMPELLO, E.F., SILVA, E.R., *et al.* **Revegetação de solos degradados**. EMBRAPA – CNPAB, 1992. 9p. (Comunicado Técnico, nº 9).
- FROUFE, L.C.M., FRANCO, A.A., FARIA, S.M de., *et al.* Reciclagem de nutrientes via folhas - serapilheira de *Eucalyptus grandis* e *Albizia guachapele* cultivados em sistemas puros e consorciados. In: FertBio 98: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; 23; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambú. **Resumos expandidos...** Caxambú, 1998. p.559. 863p.
- GOMES, F.S., PESSOTTI, J.E.S., PACHECO, R.M. Exportação de nutrientes por clones de *Eucalyptus urophylla*, em três unidades de solo no Vale do Rio Jari. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador, BA. **Proceedings...** Colombo : EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997. v.3. p.209-214. 417p.
- HAAG, H.P. **Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil**. Campinas : Fundação Cargil, 1983. 101p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : IPA, 1989. 3v. v.3
- KIMMINS, J.P. **Forest ecology**. New York : Collier Macmillan Canada, 1987. 531p.
- KOZLOWSKI, T.T., KRAMER, P.J., PALLARDY, S.G. **The physiology ecology of wood plants**. San Diego, USA : Academic, 1991. 657p.
- KRAMER, P.J., KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of wood plants**. New York : Academic, 1979. 811p.
- LARCHER, W. **Oekologie der pflanzen**. Stuttgart : Eugen Ulme GmbH, 1984. 320p.
- LELES, P.S.S., REIS, G.G., REIS, M.G.F. Distribuição de nutrientes em *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos, na região de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995. Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.2. p.862-863. 1158p.
- MAGALHÃES, A.C.N. Fotossíntese. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo : EDUSP, 1979. 350p. p.117-163.

- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- OTTO, H.J. **Waldökologie**. Stuttgart : Ulme, 1994. 391p.
- POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo : Revista do Instituto Florestal, 1992. v.3, p.734-739. 982p.
- PRITCHETT, W.L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. Mexico : John Wiley and Sons, 1990. 634p.
- RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 3 ed. São Leopoldo : Unisinos, 1994. 473p.
- REIS, M.G.F., BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. de. (eds). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa : Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.
- REZENDE, G.C., BARROS, N.F., MORAES, T.S.A., *et al.* Produção e macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.7, p.165-196, 1983.
- RODIN, L.E., BAZILEVICH, N.I. **Production and mineral cycling in terrestrial vegetation**. Edimburgh : Oliver and Boyd, 1967.
- SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. **Plant physiology**. Belmont, California : Wadsworth, 1992. 682p.
- SCHUMACHER, M.V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Mesell**. Piracicaba, SP, 1992. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1992.
- SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL: O AMBIENTE DA FLORESTA, 1996, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria : UFSM, CEPEF, 1996. p.65-77. 167p.
- SHARMA, S.C., PANDE, P.K. Patterns of litter nutrient concentrations in some plantation ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v.29, p.151-163, 1989.
- TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., *et al.* **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre : UFRG, Departamento de Solos/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- VAN DEN DRIESSCHE, R. Prediction of mineral status of trees by foliar analysis. **The Botanical Review**, New York, v.40, p.347-394, 1984.
- VAN DEN DRIESSCHE, R. Prediction of mineral status of trees by foliar analysis. **The Botanical Review**, New York, v.40, p.347-394, 1984.
- VETTORAZZO, S.C., POGGIANI, F., SCHUMACHER, M.V. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto de três espécies de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1993. v.2. p.231-234.
- VEZZANI, F.M. **Aspectos nutricionais de povoamentos puros e mistos de *Eucalyptus saligna* (Smith) e *Acacia mearnsii* (De Wild.)**. Porto Alegre, RS, 1997. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- YOUNG, H.E., CARPENTER, P.N. Sampling variation of nutrient element content within and between trees of the same species. In: OSLO BIOMASS STUDIES, 1976, Oslo. **Proceedings...** Oslo, 1976. p.75-90.