

# Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo

## Biomass and nutrient content of provenances of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus saligna* on different sites of São Paulo State

Reynaldo Campos Santana  
Nairam Félix de Barros  
Júlio César Lima Neves

---

**RESUMO:** Avaliou-se a produção de biomassa e o conteúdo de N, P, K, Ca e Mg de procedências de *Eucalyptus grandis* e de *E. saligna*, aos 78 meses de idade, em cinco sítios localizados nos municípios de Angatuba, Itapetininga, Paraibuna, São Miguel Arcanjo e São José dos Campos, no Estado de São Paulo. São Miguel Arcanjo foi o sítio mais produtivo e Angatuba, Itapetininga e São José dos Campos os menos, enquanto Paraibuna apresentou produtividade intermediária. Este agrupamento reflete o conjunto de características climáticas, físicas e químicas dos solos, que influenciam o suprimento e a retenção de umidade no solo, favorecendo o transporte e absorção de água e nutrientes. De modo geral, a produção média de *E. grandis* foi superior à de *E. saligna*. O efeito do local foi mais importante para a produção do que o efeito do material genético. Os conteúdos de nutrientes no tronco foram maiores nos melhores sítios, para todos os materiais genéticos, mostrando estreita relação com a produção de biomassa. Com base nos seus teores no solo, cálcio e potássio são os nutrientes que mais poderão limitar a produtividade do próximo ciclo, quando se considera a colheita do tronco. Entretanto, essa limitação pode ser substancialmente reduzida, principalmente para o cálcio, se a colheita se restringir ao lenho. Os resultados indicam que o descascamento no campo é recomendável pois, além de maior proteção ao solo, adiciona cerca de 14t/ha de biomassa, evitando a exportação, em média, de 58% do cálcio, 47% do magnésio, 27% do fósforo, 22% do potássio e 14% do nitrogênio.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Eucalyptus*, Biomassa, Nutrientes, Sustentabilidade

**ABSTRACT:** The biomass production and the content of N, P, K, Ca, and Mg of provenances of *Eucalyptus grandis* and *E. saligna* were evaluated, at 78 months of age, in five sites of São Paulo State. The highest productivity was observed in that site with clay soil and highest level of soil exchangeable potassium and nutrient reserves. The second best site was similar to the first, except for the nutrient reserves, which was slightly lower. The other three sites constituted a third group of sandier soils with lower nutrient reserves. This grouping encompasses climatic characteristics, soil physical and chemical characteristics that influence the supply and the capacity of soil moisture retention favoring the transport and absorption of water and nutrients. The observed yield was more affected by site characteristics than by the genetic potential of the

provenances tested. The nutrient content in the stem was greater on the best site, for all the genetic materials, and showed a close relation with biomass production. Calcium and potassium are nutrients, which could most limit productivity of the next rotation when harvesting the stem. However, the limitation can be substantially reduced, especially for calcium, if only stemwood is harvested. The results indicate that debarking in the field is desirable to protect the soil and to add, approximately, on average, 14t/ha of slash, which contains 58% calcium, 47% magnesium, 27% phosphorus, 22% potassium and 14% nitrogen, of the aboveground portion.

**KEYWORDS:** *Eucalyptus*, Biomass, Nutrients, Sustainability

## INTRODUÇÃO

O cultivo de eucalipto ocupa extensas áreas com distintas características edafoclimáticas no Estado de São Paulo. A produção de biomassa de eucalipto varia entre diferentes ambientes, e as características físicas e químicas dos solos desempenham um importante papel na determinação de diferenças em produtividade (Gonçalves et al., 1997; Barros e Novais, 1996). A disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores para o crescimento das plantas, embora nem sempre se consegue boa equivalência entre teores no solo e quantidade absorvida pela planta. Insucessos nas tentativas de relacionar nutrientes no solo com nutrientes nas árvores, com freqüentes relações inversas entre eles (Cárdenas, 1987; Barros et al., 1986), podem ser decorrentes de a avaliação do conteúdo de nutrientes das plantas ser realizada quando o povoamento está próximo à idade de corte ou porque os sítios avaliados possuem solo com fertilidade já bastante baixa, fazendo com que o conteúdo de nutrientes das árvores represente elevada proporção do capital total de nutrientes do sítio. Contudo, em solos mais intemperizados, espera-se que essa equivalência ocorra, para potássio, cálcio e magnésio em formas trocáveis (Barros et al., 1986; Novais et al., 1986).

A quantificação do conteúdo de nutrientes em plantações florestais e o conhecimento da relação entre exportação e o teor ou conteúdo de nutriente disponível no solo são importantes na definição de estratégias com vista à manutenção da sustentabilidade do ecossistema

(Spangenberg et al., 1996) e também para a escolha de procedências e espécies (Bo Larsen, 1995). A seleção do material genético que melhor se adapte à condição de fertilidade mais baixa do solo tem sido uma preocupação constante (Goddard e Hollis, 1984), sendo as espécies com maior capacidade de absorver e utilizar os nutrientes as mais desejáveis.

Em geral há um boa relação entre a taxa de crescimento e a de acúmulo de nutrientes em eucalipto (Gonçalves et al., 1997), fato constatado para *E. grandis* (Reis et al., 1985; 1987; Pereira, 1990) e *E. urophylla* (Pereira, 1990) em Minas Gerais e para *E. grandis* em São Paulo (Bellote et al., 1983). Contudo, variação na taxa de acúmulo de nutrientes entre diferentes genótipos de eucalipto, crescendo num mesmo sítio, já tem sido também constatada (Pereira, 1990; Molica, 1992, Silva et al., 1983; Paula et al., 1997), fato que constitui uma importante ferramenta de manejo florestal (Barros e Novais, 1990).

Em solos com baixo teores de nutrientes em formas disponíveis e totais, a exportação de elevadas quantidades de nutrientes pela colheita florestal ao longo das rotações pode levar à redução da capacidade produtiva do sítio. Por isso, há necessidade de um melhor entendimento do potencial produtivo dos vários sítios, particularmente naquilo que diz respeito às características nutricionais e seu efeito na sustentabilidade da produção florestal. Portanto, o conhecimento da taxa de exportação de nutrientes por diferentes genótipos cons-

titui um requerimento essencial para a empresa com vista à adoção de técnicas de conservação e de reposição de nutrientes ao ecossistema.

O presente trabalho teve por objetivo: 1) avaliar a produção de biomassa e a alocação

de nutrientes de procedências de *E. grandis* e *E. saligna*, cultivadas em diferentes sítios florestais no Estado de São Paulo, e 2) obter um indicativo preliminar da capacidade dos solos desses sítios em suprir nutrientes para povoamentos de eucalipto.

## MATERIAL E MÉTODOS

Previamente à instalação dos experimentos, foram selecionados sítios com diferentes produtividades florestais, localizados em cinco municípios do Estado de São Paulo, cujas características edafoclimáticas e adubações aplicadas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados nos cinco locais, testando-se seis materiais genéticos, com quatro repetições, por local. O plantio foi realizado entre dezembro de 1984 a janeiro de 1995. As parcelas foram constituídas por 49 plantas, no espaçamento de 3,0 x 1,8 m, e adotou-se bordadura simples, o que

resultou em 25 plantas úteis por parcela e 100 plantas por material genético, em cada local.

Os dados aqui apresentados correspondem aos da avaliação realizada aos 6,5 anos após o plantio. Mediram-se a altura (ALT) e o diâmetro a 1,3m de altura do solo (DAP) e contou-se o número de árvores mortas (%F). Em cada local, abriu-se uma trincheira para a coleta de material para a análise de laboratório e definição da unidade de solo. Análises químicas e físicas das amostras de solo foram efetuadas seguindo os métodos descritos por Van Raij e Quaggio (1983). Foram também determinados os teores totais de fósforo, potássio, cálcio e

**Tabela 1.** Características edafoclimáticas<sup>1</sup> dos municípios do Estado de São Paulo utilizadas nos experimentos.

(Climatic characteristics<sup>1</sup> of the counties in the State of São Paulo used in the experiment).

Características	Municípios				
	Itapetininga	São Miguel Arcanjo	Angatuba	São José dos Campos	Paraibuna
Altitude (m)	610	715	649	750	1000
Relevo Local	plano	Plano	plano	ondulado	ondulado
Declividade (%) <sup>2</sup>	0-5	0-3	0-3	12-25	5-12
Isotermas médias Anuais (°C)	19-20	18-19	19-20	19-20	17-18
Isotermas médias Janeiro (°C)	22-23	21-22	22-23	21-22	20-21
Isotermas médias Julho (°C)	15-16	14-15	15-16	15-16	14-15
Precipitação Pluviométrica					
Média (mm)	< 1200	1400	1300	1400	1500
Deficiência Hídrica (mm)	5-10	0	0-5	0-5	0
Classificação Climática (Köppen)	Cfa	Cfb	Cfa	Cfb	Cfb
Latitude	23°32'S	23°51'S	23°17'S	23°18'S	23°31'S
Longitude	47°51'W	47°51'W	48°28'W	45°53'W	45°39'W

<sup>1</sup> Fonte: Alfonsi e Camargo (1988)

<sup>2</sup> Declividade da área experimental

**Tabela 2.** Adubações de plantio utilizadas nos experimentos.

(Fertilization applied in the experiment).

Fontes	Municípios				
	Itapetininga	São Miguel Arcanjo	Angatuba	São José dos Campos	Paraibuna
Adubação de Plantio (kg ha <sup>-1</sup> )					
Fosfato de Araxá	1000	1000	-	-	-
FAPS	-	-	-	278	-
Super Fosfato Triplo	167	-	167	-	-
Termofosfato	-	-	-	-	370
NPK 06-30-06	-	-	-	260	-
NPK 20-00-20	84	84	84	84	84

Todos os fertilizantes foram aplicados, de uma única vez, em covas de 40 x 40 x 40 cm, exceto o fosfato de araxá que foi aplicado à lanço em área total.

magnésio, segundo Jackson (1958). Cálcio e magnésio foram determinados por espectrometria de absorção atômica, potássio por fotometria de chama e fósforo por colorimetria (Tabela 3).

Os materiais genéticos utilizados consistiram de três procedências de *E. grandis* (Pine Creek S.F., Monte Lewis e Salto Duratex) e três de *E. saligna* (Pine Creek S.F., Cascade S.F. e Itatinga). Para cada material genético e local, foram estabelecidas cinco classes diamétricas para a coleta do material vegetal. Abateu-se pelo menos uma árvore representativa do diâmetro médio de cada classe, por sítio e material genético, atingindo-se o total de 265 árvores. Foi determinado o volume real, com e sem casca, de cada árvore, utilizando a fórmula de Smalian. As amostras de folhas, galhos, casca e lenho, de cada árvore amostrada, foram homogeneizadas, por material genético, independente de repetição e local, resultando em

uma amostra composta de aproximadamente 200 gramas. Após secagem em estufa a 65°C, o peso das amostras secas foi determinado. Ajustaram-se equações de regressão relacionando a biomassa de folha, galho, casca, lenho, volume com e sem casca, das árvores amostradas, com a variável independente conjugada LN(DAP<sup>2</sup>\*ALT). Em seguida, calculou-se a produção de biomassa dos componentes das árvores amostradas por unidade de área. Estes dados foram submetidos à análise de variância e compararam-se as médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Após analisar nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, de acordo com Sarruge e Haag (1974), estimaram-se os conteúdos destes nutrientes nos componentes das árvores, multiplicando-se as concentrações de nutrientes pelos respectivos valores de peso de matéria seca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade produtiva dos sítios em estudo foi refletida na produção média de biomassa de lenho e total, sendo São Miguel Arcanjo o mais produtivo e Angatuba, Itapetininga e São José dos Campos os menos, enquanto Paraibuna apresenta produtividade intermediária. Este agrupamento reflete o conjunto de

características climáticas, físicas e químicas dos solos (Tabelas 1 e 3), que influenciam o suprimento e a retenção de umidade no solo, favorecendo o transporte e absorção de água e nutrientes. Apesar de a deficiência hídrica anual não ser alta em qualquer dos sítios, a textura arenosa de Angatuba conduz à menor dis-

**Tabela 3.** Características físicas e químicas dos solos dos sítios estudados.

(Soil physical and chemical characteristics of the studied sites).

Prof. cm	pH	M.O. dag kg <sup>-1</sup>	Troçável		Troçável				H+Al	Total				Densidade			do solo g cm <sup>-3</sup>
			P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Al	T		P	K	Ca	Mg	Areia	Silte	Argila	
São José dos Campos (LVa)																	
00-20	4,8	2,0	3	20	0,1	0,1	1,8	6,1	5,8	436	556	1,1	1,8	23	9	68	1,18
20-60	4,7	1,9	4	13	0,1	0,1	1,3	5,1	4,8	391	455	1,0	1,8	21	9	70	1,18
60-120	5,2	1,0	3	8	0,1	0,1	0,4	3,8	3,6	485	362	0,2	1,6	18	10	72	1,12
120-200	4,8	0,9	3	8	0,1	0,1	0,8	3,0	2,8	379	440	0,3	1,3	19	11	70	1,13
Angatuba (LVa)																	
00-20	4,5	1,0	2	8	0,1	0,1	0,8	2,2	2,0	262	83	0,5	0,6	85	3	12	1,47
20-60	4,6	1,1	1	5	0,1	0,1	0,8	2,1	1,9	139	94	0,4	0,6	85	3	12	1,44
60-120	4,7	0,9	1	4	0,1	0,1	0,8	1,9	1,6	69	342	0,6	0,9	83	4	14	1,36
120-200	5,3	0,9	1	4	0,1	0,1	0,5	1,8	1,6	131	83	0,6	1,0	82	3	15	1,37
Itapetininga (LVa)																	
00-20	4,3	1,9	7	4	0,1	0,1	1,3	5,4	5,2	131	83	0,4	1,3	82	7	11	1,32
20-60	4,4	0,9	6	4	0,1	0,1	0,9	3,5	3,3	99	172	0,4	1,5	75	7	18	1,30
60-120	4,6	0,4	6	4	0,1	0,1	0,6	2,4	2,2	126	208	0,5	1,6	71	8	22	1,23
120-200	4,7	0,3	5	4	0,1	0,1	0,5	2,0	1,8	70	208	0,5	1,6	69	8	23	1,30
Paraibuna (LVa)																	
00-20	4,3	3,3	3	22	0,1	0,1	2,5	9,7	9,5	275	376	0,4	1,9	45	5	50	1,15
20-60	4,6	1,7	3	8	0,1	0,1	1,4	5,7	5,5	391	336	0,3	1,6	40	5	55	1,17
60-120	4,6	1,5	3	7	0,1	0,1	1,2	5,3	5,0	391	344	0,3	1,6	39	5	56	1,14
120-200	4,8	1,1	2	4	0,1	0,1	0,4	3,1	2,9	303	321	0,4	1,4	34	7	59	1,20
São Miguel Arcanjo (LE)																	
00-20	4,6	4,7	3	23	0,2	0,3	3,1	14,1	13,5	436	440	1,6	7,1	4	14	82	0,97
20-60	4,9	3,8	3	18	0,2	0,3	2,2	10,9	10,4	395	499	1,9	7,3	3	11	86	1,00
60-120	5,4	1,6	3	8	0,1	0,2	0,4	4,3	4,0	353	689	1,7	7,3	4	7	90	1,00
120-200	5,3	0,9	4	8	0,1	0,1	0,1	3,0	2,8	379	780	0,9	6,9	5	8	87	0,93

LVa – Latossolo Vermelho Amarelo; LE – Latossolo Vermelho Escuro

ponibilidade de água em períodos de estiagem. Com isso o transporte de nutrientes no solo, cujos teores são extremamente baixos, fica comprometido. Apesar de Itapetininga apresentar um deficit hídrico maior, o gradiente textural do perfil reduz o movimento de água em profundidade, mantendo o perfil mais úmido a partir dos 20 cm. O horizonte superficial do solo deste sítio contém mais matéria orgânica que o de Angatuba, o que permite maior retenção dos nutrientes, evitando sua lixiviação. O sítio de São José dos Campos, embora as condições de clima e de solo sejam melhores e indicativas

de maior potencial produtivo do que as dos dois sítios anteriores, apresenta topografia ondulada e maior declividade (Tabela 1). Estas condições levam ao maior escoamento superficial e sub superficial da água, impondo maior restrição hídrica às plantas.

As maiores produtividades de biomassa de tronco foram obtidas, para todos os materiais genéticos estudados, no sítio de São Miguel Arcanjo (Tabela 4), com exceção do *E. saligna* Pine Creek, que foi 3,3% superior em Paraibuna. Esta procedência tendeu a apresentar a maior mortalidade em todos os sítios, indi-

**Tabela 4.** Volume com casca, biomassa e percentual de árvores mortas em povoamentos de *E. grandis* e *E. saligna*, aos 78 meses de idade, cultivados em cinco sítios do Estado de São Paulo.

(Stem volume, biomass, and dead tree percentile in plantations of *E. grandis* and *E. saligna*, 78 month old, in five sites of the State of São Paulo).

Material Genético	Biomassa (t/ha)							Árvores Mortas %
	Volume	Casca	Lenho	Folhas	Galhos	Total	Tronco	
	m <sup>3</sup> /ha	t ha <sup>-1</sup>						
Itapetininga								
E.g/P.C.	251 a	13 b	96 a	4,7 a	9,4 a	123 a	109 a	4 a
E.g/M.L.	238 a	14 ab	86 a	4,8 a	10,6 a	116 a	100 a	8 a
E.g/S.D.	278 a	18 a	122 a	3,8 a	10,7 a	155 a	140 a	6 a
E.s/P.C.	202 a	12 b	86 a	4,0 a	11,3 a	114 a	99 a	16 a
E.s/C.	227 a	13 b	95 a	3,9 a	9,9 a	122 a	108 a	9 a
E.s/l.	231 a	12 b	93 a	3,4 a	9,0 a	118 a	106 a	9 a
Média	238	14	97	4,1	10,2	125	110	9
C.V. (%)	16,3	14,5	17,1	15,6	11,4	16,1	16,7	23,1
Angatuba								
E.g/P.C.	269 ab	11 a	95 a	4,0 a	8,6 ab	119 a	106 a	13 a
E.g/M.L.	215 abc	12 a	84 a	3,4 a	9,5 a	108 a	95 a	12 a
E.g/S.D.	289 a	14 a	108 a	4,0 a	8,9 ab	134 a	122 a	7 a
E.s/P.C.	191 bc	11 a	78 a	3,3 a	8,7 ab	100 a	88 a	23 a
E.s/C.	184 c	10 a	77 a	3,1 a	7,1 b	97 a	87 a	22 a
E.s/l.	217 abc	11 a	84 a	3,4 a	7,9 ab	107 a	95 a	13 a
Média	228	11	87	3,5	8,5	111	99	15
C.V. (%)	15,5	15,3	15,6	16,1	11,0	15,1	15,6	13,2
São José dos Campos								
E.g/P.C.	286 a	11 a	94 a	3,4 ab	6,8 b	115 a	105 a	4 a
E.g/M.L.	294 a	12 a	89 a	5,1 a	12,5 a	119 a	101 a	1 a
E.g/S.D.	305 a	10 a	95 a	3,3 ab	8,3 b	117 a	105 a	9 a
E.s/P.C.	211 a	9 a	81 a	2,9 b	6,9 b	100 a	90 a	9 a
E.s/C.	211 a	8 a	79 a	3,5 ab	9,7 ab	100 a	87 a	4 a
E.s/l.	195 a	8 a	72 a	3,4 ab	8,5 b	92 a	80 a	7 a
Média	250	10	85	3,6	8,8	107	95	6
C.V. (%)	24,0	21,3	24,3	22,7	16,4	23,1	23,9	27,4
Paraibuna								
E.g/P.C.	500 a	16 a	150 a	3,8 a	9,0 a	179 a	166 a	1 a
E.g/M.L.	389 a	18 a	111 a	4,4 a	11,2 a	145 a	129 a	6 a
E.g/S.D.	428 a	15 a	120 a	4,2 a	9,7 a	148 a	134 a	5 a
E.s/P.C.	396 a	17 a	127 a	3,6 a	9,5 a	157 a	144 a	4 a
E.s/C.	351 a	15 a	124 a	4,3 a	8,8 a	152 a	139 a	5 a
E.s/l.	354 a	16 a	122 a	3,6 a	8,9 a	151 a	139 a	4 a
Média	403	16	126	4,0	9,5	155	142	4
C.V. (%)	18,2	16,2	18,7	18,44	11,0	17,9	18,4	20,4

**Tabela 4.** Continuação

São Miguel Arcanjo								
E.g/P.C.	484 b	17 ab	166 a	4,6 b	9,1 c	197 b	183 ab	10 b
E.g/M.L.	456 b	20 a	154 a	1,0 d	12,2 b	188 b	174 b	9 b
E.g/S.D.	582 a	20 a	187 a	4,5 b	8,7 c	220 ab	206 ab	8 b
E.s/P.C.	357 c	15 b	124 a	3,4 c	9,5 c	151 c	139 c	29 a
E.s/C.	504 ab	19 a	195 a	6,2 a	13,6 ab	234 a	214 a	12 b
E.s/I.	454 b	16 b	160 a	5,1 b	14,2 a	194 b	175 b	5 b
Média	473	18	166	4,1	11,2	197	182	12
C.V. (%)	8,4	8,1	8,3	7,1	6,4	7,9	8,3	14,8

<sup>1</sup>-Valores seguidos por uma mesma letra na coluna, em cada sítio, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. E.g - *Eucalyptus grandis*, E.s - *Eucalyptus saligna*, P.C. - Pine Creek, M.L. Monte Lewis, S.D. - Salto Duratex, C. - Cascade e I. - Itatinga; C.V.(%) - Coeficiente de variação.

cando sua menor adaptabilidade nos sítios estudados. Nos dois melhores sítios não há deficiência hídrica, a topografia é relativamente plana, os solos possuem maiores teores de matéria orgânica e argila, CTC mais elevada e, principalmente, maior teor de potássio trocável, em relação aos demais sítios. Além disso, o sítio de São Miguel Arcanjo possui maior reserva de nutrientes expressa pelo teor total dos mesmos (Tabela 3). Menegol e Louzada (1990) constataram, também, maior produtividade de eucalipto em solos argilosos de regiões com maior disponibilidade hídrica.

A produção de biomassa total não diferiu entre os vários materiais genéticos dentro de cada sítio, exceto em São Miguel Arcanjo, onde o *E. saligna* Cascade e *E. grandis* Salto Duratex apresentaram os maiores valores de produção. O menos produtivo foi o *E. saligna* Pine Creek, enquanto os demais materiais apresentaram produção intermediária. Verifica-se, também, que valores mais elevados de produção de biomassa de tronco foram obtidos para *E. grandis* procedência Salto Duratex nos municípios de Itapetininga, Angatuba e São José dos Campos. Em Paraibuna o material genético melhor adaptado foi o *E. grandis* Pine Creek (Tabela 4). Ao considerar somente a produção do lenho, a matéria prima industrial, não se constatou diferença estatística entre os vários materiais, em qualquer dos sítios estudados,

apesar de a variação em produção entre os materiais ter sido de 42% em Itapetininga, 40% em Angatuba, 32% em São José dos Campos, 34% em Paraibuna e 57% em São Miguel Arcanjo (Tabela 4). Essas variações, reforçam a necessidade de o manejador florestal dispensar especial atenção à seleção de espécies e procedências melhor adaptadas às condições do sítio.

Ao se comparar a maior com a menor produção de biomassa do lenho das procedências de *E. grandis*, separadamente, das procedências de *E. saligna*, em Itapetininga, nota-se uma diferença de 42% e de 10%, respectivamente (Tabela 4). Apesar de esta característica não ter apresentado diferença estatística, este resultado sugere a diferença de adaptação entre as procedências, principalmente para a primeira espécie. Segundo Souza et al. (1988), fortes restrições ambientais conduzem à menor diferenciação entre genótipos. Neste sítio observam-se teores extremamente baixos de potássio (Tabela 3), que seriam insuficientes até mesmo para o crescimento de mudas em viveiro (Barros e Novais, 1990). A deficiência de potássio leva à perda de crescimento e à maior perda de água por transpiração (Marschner, 1996). Teixeira et al. (1995) relatam que mudas de eucalipto crescendo em meio com baixos teores de potássio perderam mais água por transpiração e apresentaram menor eficiência

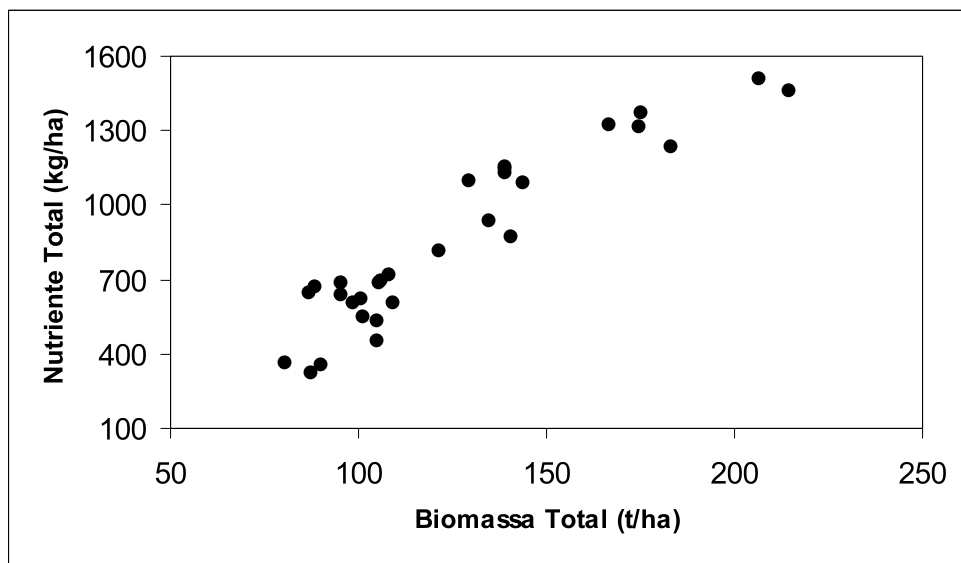
de utilização da água do que plantas bem supridas de potássio. Ressalta-se que os sintomas visuais de deficiência de potássio são freqüentemente observados em plantações de eucalipto no sítio Itapetininga.

Observou-se grande variação no conteúdo de nutrientes na biomassa do tronco das árvores não só entre procedências mas também entre sítios (Tabela 5), refletindo, de certa forma, a diferença em produção. Os conteúdos de nutrientes no tronco foram maiores nos sítios mais produtivos e nos materiais genéticos melhor adaptados às condições destes, evidenciando a relação entre nutrição e produção de biomassa (Figura 1 e Tabela 5). Resultados semelhantes foram verificados por Gonçalves et al. (1997), Pereira (1990), Reis et al. (1985 e 1987) e Bellote et al. (1983). As melhores condições do sítio, isto é, clima e solo, refletidas na maior produção, favorecem à maior absorção e acúmulo de nutrientes. Isto é evidente para todos os materiais genéticos nos sítios de São Miguel Arcanjo e Paraibuna, ao considerar-se

a soma do conteúdo de todos os nutrientes analisados (Tabela 5). No outro extremo, está São José dos Campos, no qual o acúmulo de nutrientes nas árvores foi o mais baixo.

Ao se considerar o conteúdo médio de nutrientes no tronco ou a produção média de biomassa, em função do local ou do material genético, observa-se que o coeficiente de variação entre locais é maior do que entre materiais genéticos (Tabela 6). Este resultado sugere que, em termos médios, o efeito do local foi mais importante para a produção do que o efeito do material genético.

A relação entre o conteúdo de potássio e a produção de biomassa de tronco, é muito alta em Angatuba e Paraibuna, 2,6 e 2,7 kg/t, respectivamente, o que resulta numa alta taxa de remoção deste nutriente (Tabela 7), comparada a 0,9 kg/t em São José dos Campos e 0,9 kg/t em São Miguel Arcanjo. A elevada relação, nos dois primeiros sítios, não refletiu sobre o crescimento de nenhum material genético, sugerindo um “consumo de luxo” de potássio pelo



**Figura 1.** Conteúdo total de nutrientes no tronco em função da biomassa do tronco de povoamentos de *E. grandis* e *E. saligna*, aos 78 meses de idade, cultivados em cinco municípios do estado de São Paulo.

(Relationship between stem total nutrient content and stem biomass, of *E. grandis* and *E. saligna*, 78 month old, in five sites of the State of São Paulo).



eucalipto nesses locais. Esta situação é pouco alterada ao considerar-se a colheita apenas do lenho. Itapetininga foi o sítio onde a taxa de remoção foi menor, 0,5 kg/t, o que pode ser um

**Tabela 5.** Biomassa e conteúdo de nutrientes do tronco de povoamentos de *E. grandis* e *E. saligna*, aos 78 meses de idade, cultivados em cinco municípios do Estado de São Paulo.

(Biomass and stem nutrient content of *E. grandis* and *E. saligna*, 78 month old, in five sites of the State of São Paulo).

Local	Biomassa t ha <sup>-1</sup>	Conteúdo de Nutrientes no Tronco					Total
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	
		kg ha <sup>-1</sup>					
<i>E. grandis</i> Pine Creek							
Itapetininga	109	157	18	64	320	50	608
São Miguel Arcanjo	183	281	24	170	698	68	1240
Angatuba	106	138	19	257	241	46	701
São José dos Campos	105	121	13	88	220	18	459
Paraibuna	166	287	22	497	459	63	1327
<i>E. grandis</i> Monte Lewis							
Itapetininga	100	175	20	42	342	45	623
São Miguel Arcanjo	174	235	21	148	832	83	1319
Angatuba	95	117	17	248	211	45	637
São José dos Campos	101	129	11	99	292	22	553
Paraibuna	129	205	17	407	413	63	1104
<i>E. grandis</i> Salto Duratex							
Itapetininga	140	157	25	70	576	50	878
São Miguel Arcanjo	206	300	23	227	867	96	1513
Angatuba	122	138	22	333	272	52	816
São José dos Campos	105	138	13	85	279	20	534
Paraibuna	134	252	18	339	281	50	940
<i>E. saligna</i> Pine Creek							
Itapetininga	99	217	21	32	284	56	610
São Miguel Arcanjo	139	221	17	102	685	112	1135
Angatuba	88	124	21	236	240	55	675
São José dos Campos	90	116	11	61	145	28	362
Paraibuna	144	277	19	321	391	83	1092
<i>E. saligna</i> Cascade							
Itapetininga	108	196	21	57	396	55	725
São Miguel Arcanjo	214	329	27	152	851	108	1466
Angatuba	87	101	17	210	272	47	648
São José dos Campos	87	93	13	74	120	26	326
Paraibuna	139	250	19	318	465	96	1147
<i>E. saligna</i> Itatinga							
Itapetininga	106	212	23	68	335	53	689
São Miguel Arcanjo	175	273	19	199	791	94	1376
Angatuba	95	135	23	241	236	51	685
São José dos Campos	80	119	11	71	146	22	369
Paraibuna	139	258	16	387	424	75	1159

referencial mínimo para a exportação relativa de potássio nos sítios estudados pois, conforme já mencionado, sintomas visuais deste nutriente foram observados nas árvores deste sítio.

A colheita florestal é o processo responsável, em termos absolutos, pela maior remoção de nutrientes do ecossistema (Pritchett, 1979). A variação na quantidade de nutrientes exportados por diferentes materiais genéticos pode ser resultante tanto da biomassa produzida

**Tabela 6.** Médias de biomassa e conteúdo de nutrientes do tronco, por sítio e procedências, de *E. grandis* e *E. saligna*, aos 78 meses de idade.

(Average of biomass and stem nutrient content, per site and provenances, of *E. grandis* and *E. saligna*, 78 month old).

	Biomassa	Nutrientes					Total
	Tronco t ha <sup>-1</sup>	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	
kg ha <sup>-1</sup>							
Locais							
Itapetininga	110	185	21	55	375	51	689
São Miguel Arcanjo	182	273	22	166	787	93	1341
Angatuba	99	125	20	254	245	49	693
São José dos Campos	93	119	12	80	200	23	434
Paraibuna	142	255	18	378	405	71	1128
CV (%)	29	37	21	71	58	45	42
Material Genético							
E.g/P.C.	134	197	19	215	387	49	867
E.g/M.L.	120	172	17	189	418	52	847
E.g/S.D.	142	197	20	211	455	53	936
E.s/P.C.	112	191	18	150	349	67	775
E.s/C.	127	194	19	162	421	66	862
E.s/l.	119	199	18	193	386	59	856
CV (%)	9	5	6	14	9	13	6

**Tabela 7.** Taxa de remoção de nutrientes no tronco e no lenho, de *E. grandis* e *E. saligna*, aos 78 meses de idade, para os cinco sítios.

(Removal rate of nutrient in the stem biomass and stemwood, per site, of *E. grandis* and *E. saligna*, 78 month old).

	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Total
	kg nutriente / t de biomassa					
Tronco						
Itapetininga	1,7	0,2	0,5	3,4	0,5	6,3
São Miguel Arcanjo	1,5	0,1	0,9	4,3	0,5	7,4
Angatuba	1,3	0,2	2,6	2,5	0,5	7,0
São José dos Campos	1,3	0,1	0,9	2,2	0,2	4,7
Paraibuna	1,8	0,1	2,7	2,9	0,5	7,9
Lenho						
Itapetininga	1,5	0,1	0,4	1,2	0,2	3,5
São Miguel Arcanjo	1,3	0,1	0,7	1,5	0,2	3,8
Angatuba	1,1	0,1	2,1	0,9	0,2	4,5
São José dos Campos	1,1	0,1	0,7	0,8	0,1	2,7
Paraibuna	1,6	0,1	2,1	1,0	0,2	5,1

como da capacidade desses materiais para absorção, distribuição e utilização de nutrientes.

Os maiores conteúdos de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio no tronco, geralmente, foram verificados em São Miguel Arcanjo. Entre os nutrientes, o cálcio foi, em geral, o mais exportado, independente do material genético e sítio, e o fósforo, o menos (Tabela 5). Esta mesma tendência também foi observada por vários autores (Haag et al., 1963; Bellote et al., 1983; Cárdenas, 1987; Teixeira et al., 1989; Morais et al., 1990; Herbert e Robertson, 1991). As exceções se aplicam a alguns materiais genéticos no acúmulo e exportação de potássio em Angatuba e Paraibuna.

O acúmulo médio de cálcio no tronco, independentemente dos materiais genéticos, em Itapetininga e em Angatuba foi de 375 e 245 kg/ha, respectivamente, e a taxa de remoção de nutrientes foi de 3,4 e 2,5 kg/t. Pela similaridade das características químicas e físicas dos solos (Tabela 3) entre os dois sítios, esta diferença não seria esperada. Provavelmente, o fator determinante desta diferença foi a aplicação, por ocasião do plantio, de 1000 kg/ha de fosfato de Araxá no primeiro local (Tabela 2). A taxa de remoção deste nutriente é sensivelmente alterada, para valores próximos a uma unidade (Tabela 7), ao considerar-se a colheita apenas do lenho. Esta alteração na colheita implicará em uma maior sustentabilidade do ecossistema, quanto a este nutriente.

Considerando-se os nutrientes individualmente, em José dos Campos, o fósforo, o cálcio e o magnésio parecem ser os que mais restringiram a produção dos vários materiais genéticos, pois o acúmulo e a sua relação com a produção de biomassa foram menores (Tabelas 6 e 7). Isto sugere que a disponibilidade desses nutrientes neste sítio foi relativamente mais baixa. Semelhantemente, o potássio teria sido o principal nutriente a limitar a produção em Itapetininga. Um fato surpreendente foi o

elevado acúmulo de potássio por todos os materiais genéticos em Angatuba (Tabela 5), visto que tanto a fração disponível quanto ao total deste elemento no solo é baixa (Tabela 3). A quantidade de potássio aplicada via fertilizante (Tabela 2) foi muito pequena para explicar o elevado conteúdo nas árvores (Tabela 5). E o conteúdo de potássio trocável (74 kg/ha) e total (2430 kg/ha) na camada de 0 a 100 cm (Tabela 8) é inferior ao do sítio São José dos Campos, sendo que neste sítio o acúmulo do nutriente nas árvores foi menor do que em Angatuba. Portanto, pode-se levantar a hipótese que o mineral potássico de Angatuba teria uma taxa de liberação mais alta do que o do outro sítio.

Ressalta-se que o maior conteúdo de nutrientes em formas totais no sítio de São José dos Campos não se refletiu em maior disponibilidade dos mesmos para as plantas de eucalipto (Tabela 8). A liberação de nutrientes de formas totais para formas lábeis para as árvores é um aspecto que necessita de estudos mais detalhados, pois tem influência direta na sustentabilidade da produção florestal.

Os conteúdos de cálcio e potássio sob forma trocável, até a profundidade de 100 cm (Tabela 8), nos solos dos cinco sítios estudados, são inferiores aos exportados por ambas as espécies (Tabela 9), o que indica uma possível futura limitação ao crescimento. Os teores desses nutrientes na forma trocável (Tabela 3) são inferiores aos níveis críticos de manutenção para uma produtividade de 30 m<sup>3</sup>/ha/ano, definida por Novais et al., (1986) como sendo 60 mg kg<sup>-1</sup> de potássio e 0,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de cálcio no solo, respectivamente. A produtividade média de 30 m<sup>3</sup>/ha/ano foi obtida independente do material genético nos sítios de Itapetininga, Angatuba e São José dos Campos. O dobro desta produtividade foi observado em Paraibuna e atingiu 72 m<sup>3</sup>/ha/ano em São Miguel Arcanjo (Tabela 4), o que acarreta maior absorção de nutrientes.

**Tabela 8.** Conteúdo de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, trocável e total, no solo até a profundidade de 100 cm, aos 78 meses de idade, para os cinco sítios.

(Phosphorus, potassium, calcium, and magnesium contents, total and exchangeable, in the soil down to 100 cm depth, 78 month old).

Local	Nutrientes							
	Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio	
	kg ha <sup>-1</sup>							
Trocável								
Itapetininga	81	(3,9)	50	(0,9)	256	(0,7)	156	(3,1)
São Miguel Arcanjo	26	(1,2)	146	(0,9)	288	(0,4)	344	(3,7)
Angatuba	19	(0,9)	74	(0,3)	279	(1,1)	170	(3,5)
São José dos Campos	39	(3,3)	141	(1,8)	231	(1,2)	141	(6,1)
Paraibuna	37	(2,1)	128	(0,3)	244	(0,6)	148	(2,1)
Total								
Itapetininga	1510	(72)	1191	(22)	2175	(5,8)	2340	(46)
São Miguel Arcanjo	3200	(145)	4578	(28)	3226	(4,6)	7477	(80)
Angatuba	1910	(95)	2430	(10)	1357	(5,5)	1244	(25)
São José dos Campos	5176	(431)	4982	(62)	1641	(8,2)	2446	(106)
Paraibuna	4506	(250)	4213	(11)	798	(2,0)	2489	(35)

Os valores entre parênteses representam a relação entre o conteúdo do nutriente no solo até a profundidade de 100 cm e o conteúdo no tronco

Atenção especial deve ser dada aos sítios de Itapetininga, Angatuba e Paraibuna, onde mesmos os teores totais de cálcio na camada de 0-20 cm de profundidade (Tabela 3) estão abaixo do nível crítico de manutenção (Novais et al., 1986). Ademais, o conteúdo total de cálcio,

até a profundidade de 100 cm, em Paraibuna, é de 798 kg/ha (Tabela 8), aproximadamente duas vezes superior à exportação média de cálcio no tronco de procedências de *E. grandis* e de *E. saligna* (Tabela 9). Como as árvores absorvem apenas uma fração desse

**Tabela 9.** Médias de biomassa e de conteúdo de nutrientes nos componentes das árvores de *E. grandis* e *E. saligna*, aos 78 meses de idade.

(Average of biomass and nutrient content of the tree components of *E. grandis* and *E. saligna*, 78 month old).

Componente	Biomassa t ha <sup>-1</sup>	Nutrientes (kg/ha)				
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
		kg ha <sup>-1</sup>				
<i>E. grandis</i>						
Tronco <sup>1</sup>	131,8	189,0	19,0	205,0	420,0	51,0
Casca	14,8	42,0	6,9	61,0	263,0	30,0
Copa	13,6	92,0	8,8	57,0	70,0	18,6
Total <sup>2</sup>	145,4	281,0	27,8	262,0	490,0	69,6
<i>E. saligna</i>						
Tronco <sup>1</sup>	119,2	195,0	18,0	169,0	385,0	64,0
Casca	12,8	39,0	7,8	46,0	285,0	42,0
Copa	13,4	96,0	8,5	49,0	67,0	19,6
Total <sup>2</sup>	132,6	291,0	26,5	218,0	452,0	83,6

<sup>1</sup> Tronco = lenho + casca; <sup>2</sup> Total = tronco + copa.

total, esses nutrientes deveriam ser adicionados ao solo para garantir a sustentabilidade do sistema.

O potássio trocável variou de 1 a 9 % do potássio total (Tabela 3). Segundo Goedert et al. (1975), esta proporção deve ser entre 2 a 8%. Verificou-se correlação significativa ( $P < 0,05$ ) para potássio ( $r = 0,98$ ) e magnésio ( $r = 0,95$ ) entre o conteúdo trocável e total de nutrientes no solo, mas não significativa para o cálcio e fósforo. Apesar da alta correlação entre as formas de potássio trocável e total, os altos teores de potássio total detectados, em relação à forma de potássio trocável, não significam elevada disponibilidade deste nutriente para as plantas. Esta disponibilidade depende do tipo do mineral e do grau de intemperismo a que este está submetido, pois as formas não-trocáveis e estruturais dos nutrientes são as reservas de médio a longo prazo para as plantas. Quando se comparam as quantidades trocáveis e totais dos nutrientes no solo com seus conteúdos no tronco, constata-se uma larga variação no número de rotações ou ciclos que poderiam ser obtidos sem que ocorra perda de produtividade florestal (Tabela 8). O cálcio é o nutriente para o qual deve-se ter maior preocupação pois a forma trocável já seria insuficiente para atender a demanda das plantas já na próxima rotação em três dos sítios estudados. Há situações onde mesmo que todo

cálcio seja liberado, a quantidade seria suficiente só para mais dois ciclos ou rotações (Tabela 8).

A adoção de um sistema de manejo que envolva o retorno dos resíduos das culturas à área dos povoamentos, pode minorar a queda do nível de fertilidade dos solos, principalmente, quanto aos teores de potássio, cálcio e magnésio (Centurion et al., 1985, Sidiras e Pavan, 1985). Para *E. grandis* e *E. saligna*, o conteúdo de nutrientes da copa e da casca representa, respectivamente, 68-78% de cálcio, 70-74% de magnésio, 57-62% de fósforo, 48-46% de nitrogênio e 45-44% de potássio em relação ao conteúdo total (Tabela 9). Considerando-se a colheita florestal apenas do lenho, em média, aproximadamente, 27 t/ha de biomassa ficam sobre o solo, 50% proveniente da copa e 50% da casca (Tabela 9). Principalmente nos sítios de menor fertilidade, como os de Itapetininga e Angatuba, e sítios onde a reserva de cálcio do solo é restrita, como em Paraibuna, a utilização de técnicas de colheita conservacionistas contribuiria de forma significativa para não reduzir em demasia os níveis de fertilidade dos solos. Isso minimizaria também as perturbações nos sítios e as conseqüentes perdas de material orgânico, favorecendo a biodiversidade microbiana do sítio, devido à manutenção de maior quantidade de biomassa sobre o solo.

## CONCLUSÕES

- Os sítios diferiram quanto à sua capacidade produtiva. As maiores produtividades foram observadas em São Miguel Arcanjo, seguidas por Paraibuna, com os demais municípios constituindo um terceiro grupo.

- O *E. grandis* se adapta melhor do que o *E. saligna* em sítios com restrições edafoclimáticas, mas se as condições forem

adequadas o *E. saligna* pode ser mais produtivo, fato que reforça a necessidade de o manejador florestal dispensar especial atenção à seleção de espécies e procedências melhor adaptadas às condições do sítio.

- Os conteúdos de nutrientes no tronco foram maiores nos sítios mais produtivos e nos materiais genéticos melhor adaptados a estas

condições, evidenciando a estreita relação entre produção de biomassa e conteúdo de nutrientes nas árvores.

- O cálcio e o potássio são os nutrientes que mais poderão limitar a produtividade dos próximos ciclos, considerando-se a colheita do

tronco. Entretanto, essa limitação pode ser substancialmente reduzida, principalmente para cálcio, se a colheita se restringir apenas ao lenho. Esta alteração no manejo florestal implica em maior sustentabilidade do ecossistema.

## AUTORES E AGRADECIMENTOS

REYNALDO CAMPOS SANTANA é Doutorando do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa – 36571-000 – Viçosa, MG – E-mail: santana@solos.ufv.br

NAIRAM FÉLIX DE BARROS é Professor Titular do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa – 36571-000 – Viçosa, MG – E-mail: nfbarros@mail.ufv.br

JÚLIO CÉZAR LIMA NEVES é Professor Assistente do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa – 36571-000 – Viçosa, MG – E-mail: jcneves@mail.ufv.br

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior) pela bolsa de estudos e à Cia. Suzano de Papel e Celulose, pelo apoio técnico e financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. **Característica climática das áreas de propriedade da Cia. Suzano de Papel e Celulose no Estado de São Paulo: Papel e Celulose no Estado de São Paulo.** Suzano, 1988. 110p. (Relatório Interno)
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P.M.; ADAMS, M.A., ed. **Nutrition of Eucalyptus.** Melbourne: CSIRO, 1996. p.335-356.
- BARROS N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto.** Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. 430p.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; CARMO, D.N.; NEVES, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais: descrição de uma metodologia. **Revista árvore**, v.10, p.112-120, 1986.
- BELLOTE, A.F.J.; SARRUGE, F.R.; OLIVEIRA, G.D. Absorção de macronutrientes e de micronutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden) em função da idade. **Silvicultura**, v.8, n.32, p.633-642, 1983.
- BO LARSEN, J. Ecological stability of forests and sustainable silviculture. **Forest ecology and management**, v.73, p.85-96, 1995.
- CÁRDENAS, A.C. **Exportação de nutrientes e produtividade de povoamentos de eucalipto no litóral norte do Espírito Santo.** Viçosa, 1987. 98p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- CENTURION, J.F.; DEMATTE, J.L.I.; FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.9, p.267-270, 1985.
- GODDARD, R. E.; HOLLIS, C.A. The genetic bases of forest tree nutrition. In: BOWEN, G.D.; Nambiar, E.K.S., ed. **Nutrition of plantation forests.** London: Academic Press, 1984. p.237-258.
- GOEDERT, J.W.; SYERS, J.K.; COREY, R.B. Relações quantidade - intensidade de potássio em solos do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.10, p.31-35, 1975.
- GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NAMBIAR, E.K.S.; NOVAIS, R.F. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: NAMBIAR, E.D.S.; BROWN, A.G., ed. **Management of soil nutrients and water in tropical plantations forest.** Canberra: ACIAR, 1997. p.379-418.

- HAAG, H.P.; MELLO, H.A.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; VEIGA, R.A.A. Composição química de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, resultados preliminares. **Fertilité**, v.18, p.9-14, 1963.
- HERBERT, M.A.; ROBERTSON, M.A. Above-ground biomass composition and nutrient content for *Eucalyptus* species: in the Southeastern Transvaal. In: IUFRO SYMPOSIUM ON INTENSIVE FORESTRY THE ROLE OF *Eucalyptus*, Durban, 1991. **Proceedings**. Durban: Southern African Institute of Forestry, 1991. v.2, p.662-673.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1958.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1996. 889p.
- MENEGOL, O.; LOUZADA, P.T.L. Desenvolvimento de metodologia de inventário florestal contínuo em *Eucalyptus* para classificação de sítio. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais**. Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. v.3, p.67-72.
- MOLICA, S.G. **Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto em duas regiões bioclimáticas em Minas Gerais**. Viçosa, 1992. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa
- 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**, v.14, p.353-362, 1990.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; COUTO, C. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp.: níveis críticos de implantação e manutenção. **Revista árvore**, v.10, n.1, p.105-111, 1986.
- PAULA, R.C.; PIRES, I.E.; BARROS, N.F.; BORGES, R.C.G. Exportação de nutrientes por famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts, 1997. **Proceedings**. Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1997. v.1, p.200-205.
- PEREIRA, A.R. **Biomassa e ciclagem de nutrientes minerais em povoamentos jovens de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* em região de cerrado**. Viçosa, 1990. 167p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- PRITCHETT, W.L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley, 1979. 500p.
- REIS, M.G.F.; BARROS, N.F.; KIMMINS, J.P. Acúmulo de nutrientes em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* (ex-Maiden) plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. **Revista árvore**, v.11, p.1-15, 1987.
- REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P.; REZENDE, G.C.; BARROS, N.F. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no solo de cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista árvore**, v.9, p.149-162, 1985.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.9, p.249-254, 1985.
- SILVA, H.D.; POGGIANI, F.; COELHO, L.C. Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade. **Boletim de pesquisa florestal**, n.6/7, p.9-25, 1983.
- SOUZA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, H.D.; HIGA, A.R. Variabilidade genética e interação genótipo ambiente envolvendo procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., em diferentes regiões do Brasil. **Revista árvore**, v.16, n.1, p.1-17, 1992.
- SPANGENBERG, A.; GRIMM, U.; SILVA, J.R.S.; FÖLSTER, H. Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in eastern Amazonia (Jari). **Forest ecology and management**, v.80, p.225-234, 1996.
- TEIXEIRA, J.L.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M.; CAMPOS, J.C.C.; LEAL, P.G.L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de duas espécies de eucalipto em diferentes ambientes do Rio Doce, MG. **Revista árvore**, v.13, p.20-34, 1989.
- TEIXEIRA, P.C.; LEAL, P.G.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.R. Nutricion potasica y relaciones hidricas en plantas de *Eucalyptus* spp. **Bosque**, v.16, n.1, p.61-68, 1995.
- VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 32p.