

Nutrientes minerales y crecimiento de árboles abonados de *Eucalyptus grandis* en el Estado de São Paulo

Mineral nutrients and growth of fertilized *Eucalyptus grandis* in the State of São Paulo, Brazil

C.D.O.: 181.32

ANTONIO F.J. BELLOTE, CARLOS A. FERREIRA

Embrapa/CNP Florestas, Caixa Postal 319 - Colombo/PR - CEP 83411-000-Brasil.

SUMMARY

This paper discusses the relationship between nutrients concentration in the leaves and soil, as well as tree growth in *Eucalyptus grandis* plantations. The survey was carried out in five locations in the Cerrado region of the State of São Paulo, Brazil. It was concluded that the trees were adequately nourished with S, Fe, Mn and Zn; P concentrations in the leaves were below the optimum reported in literature; K and Mg were the nutrients that most seriously limited tree growth, in all locations despite fertilization; concentrations of 2.6 and 7.5 mg/g D.M. of Mg and K were adequate levels for both nutrients; fertilization with N, P, K and Mg can increase the growth of the trees in all locations; Ca and B concentrations in the leaves were not related to the growth of the trees, showing a dilution effect.

RESUMEN

Este trabajo fue desarrollado con el objetivo de identificar los elementos minerales limitantes al crecimiento de *Eucalyptus grandis* plantado en distintos sitios. Para su ejecución fueron colectadas muestras de tejido vegetal y suelo, en plantaciones con 3 años de edad, en 5 sitios del Estado de São Paulo, Brasil. Los resultados obtenidos permitieron las siguientes conclusiones: las plantaciones de *Eucalyptus* en las regiones estudiadas se encuentran adecuadamente suplidas de S, Fe, Mn y Zn; los contenidos de P en las hojas se encuentran bajo el valor óptimo reportado en la bibliografía; K y Mg son los nutrientes minerales que limitan más significativamente el crecimiento de los árboles en todos los sitios, también en plantaciones fertilizadas; árboles cuyas hojas presentan contenidos de 2.6 y 7.5 mg/g en la materia seca de Mg y K, respectivamente, están adecuadamente nutridos de estos elementos; el aumento en la oferta de N, P, K y Mg en el suelo, a través de una fertilización, puede aumentar el crecimiento de los árboles en todos los sitios; los contenidos de Ca y B en las hojas no están relacionados con el crecimiento de los árboles, mostrando incluso efecto de dilución.

INTRODUCCION

Eucalyptus es el género más plantado en el Estado de São Paulo. Aunque la productividad media en plantaciones con elevado nivel de tecnología en el Estado es de 40 m³/ha-año, ésta es muy variable, existiendo áreas con productividad desde 19 hasta 72 m³/ha-año (Bellote, 1990).

Entre los factores responsables de esta variación está el uso generalizado de la misma formulación de fertilizantes minerales en extensas áreas, sin considerar las variaciones de los suelos. Esto muestra la inexistencia de criterios adecuados para

el uso de fertilizantes, pudiendo en determinados sitios incluso resultar en una utilización inadecuada de ciertos elementos minerales.

Las recomendaciones de fertilizantes minerales se basan en nitrógeno, fósforo y potasio, pero muy raramente a calcio, boro y zinc. Actualmente, la mayoría de las plantaciones comerciales son fertilizadas con utilización de prácticamente la misma formulación N-P-K, independiente de la especie, tipo de suelo y época de plantación. Las dosis recomendadas en trabajos de Garlipp y Balloni (1980b), Novais *eta!*. (1980), Barros *eta!*. (1981), Gonçalves y Diniz (1981) son de 20 hasta 64 kg

N/ha de nitrógeno, 40 hasta 200 kg Pp₅/ha para el fósforo, y de 24 hasta 80 kg Kp/ha para el potasio. Como fuente de esos nutrientes han sido normalmente utilizados: sulfato de amonio (21% N), superfosfato simple (21% P₂O₅), superfosfato triple (45% P₂O₅) Y cloruro de potasio (60% KP).

La fertilización con micronutrientes, específicamente B, Cu y Zn, es sin embargo bastante indefinida. Algunos trabajos demuestran que la aplicación de estos elementos es necesaria (Carvalho *et al.*, 1978; Garlipp y Balloni, 1980a), mientras que otros indican no tener respuestas del eucalipto para estos nutrientes (Defelipo *et al.* 1979; Barros *et al.* 1981).

Aparentemente, el empirismo que ha caracterizado la experimentación en nutrición de especies forestales en Brasil, a veces sin la necesaria caracterización de los suelos, hace que sea urgente el establecimiento de criterios de evaluación de la fertilidad del suelo compatible con la especie, niveles de nutrientes minerales en el suelo y en los árboles.

Este trabajo fue desarrollado con el objetivo de identificar los elementos minerales limitantes al crecimiento de *Eucalyptus grandis* plantado en distintos sitios. Para su ejecución fueron colectadas muestras de tejido vegetal y de suelo, en plantaciones con 3 años de edad, ubicadas en 5 regiones del Estado de São Paulo. Son evaluadas las relaciones del contenido de nutrientes minerales en las hojas de los árboles y en el suelo, con el crecimiento de los árboles en plantaciones abonadas.

MATERIAL Y METODOS

Para la obtención de las muestras utilizadas en este trabajo fueron seleccionados 15 sitios representativos de plantaciones comerciales de *E. grandis* Hill ex-Maiden, con 3 años de edad, plantados en 5 regiones en el Estado de São Paulo, con espaciamiento de 3x2 m. Los sitios fueron abonados con N-P-K al establecer la plantación, de acuerdo con el cuadro I. En cada sitio fueron seleccionados 15 árboles del estrato dominante, de los cuales fueron recolectadas hojas del tercio medio de la copa, en el verano, de acuerdo con metodología propuesta por Bellote (1990). Cada conjunto de 3 árboles constituyeron una muestra, formando un total de 5 muestras compuestas por sitio.

Además de las hojas, fueron recolectadas muestras de suelo en las profundidades 0-10, 10-20 y 20-30 cm. También fue evaluada la distribución del sistema radicular en las tres profundidades. En base a las observaciones de la distribución radicular, fueron propuestos criterios para evaluar la media ponderada que mejor representara la oferta de nutrientes para los árboles en los primeros 30 cm del suelo. Los datos obtenidos fueron correlacionados con el crecimiento de los árboles y la mejor ponderación fue obtenida en la relación 5:3:2. Las medias ponderadas de los contenidos de elementos minerales en el suelo fueron calculadas, para fines de análisis en este trabajo, por la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido del elemento en el suelo} = 0.5 \cdot A + 0.3 \cdot B + 0.2 \cdot C$$

CUADRO I

Tipos de suelo y fertilización al plantar en los sitios de *E. grandis* utilizados, en el Estado de São Paulo, Brasil.
Soil types and fertilization of *E. grandis* plantations in different sites.

Municipio	Suelos	Fertilización (kg/ha)		
		N	Pps	Kp
Mogi-Guaçu	Latosol rojo amarillo*	55	110	55
Casa-Branca	Latosol rojo amarillo	55	110	55
Itirapina	Arenas Cuarzosas**	29	90	29
Itatinga	Arenas Cuarzosas	33	95	20
Angatuba	Arenas Cuarzosas	20	148	20

* Orthic Ferralsol de acuerdo con la FAO,

** Ferralic Arenosol de acuerdo con la FAO,

donde:

A = Contenido del elemento en el suelo (profundidad de 0-10 cm)

B = Contenido del elemento en el suelo (profundidad de 10-20 cm)

C = Contenido del elemento en el suelo (profundidad de 20-30 cm)

Para los análisis químicos se utilizó extracción total de los macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Zn) y AI de la materia seca (M.S.) de las hojas. Los cationes cambiabiles K, Ca, Mg, H, AI del suelo fueron extraídos con solución 0.5 N de NH₄Cl (Trüby y Aldinger, 1989), el P con solución IN de ácido Cítrico (MolI, 1964) y la materia orgánica con solución IN de dicromato de potasio.

Los datos fueron analizados por regresión simple y regresión múltiple. Los modelos matemáticos resultantes de los análisis estadísticos fueron

sometidos a pruebas de linealidad, multicolinealidad, heterocedasticidad y autocorrelación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 2 son presentados la altura media de los árboles y los contenidos medios de nutrientes minerales en las hojas de los árboles, en las diferentes regiones del estudio. En el cuadro 3 se encuentran los coeficientes de correlación entre la altura de los árboles, los elementos minerales en las hojas y en el suelo. Los análisis de regresión múltiple presentan bajo grado de tolerancia (multicolinealidad). Esta significa que existe correlación entre las variables independientes del modelo matemático.

Los resultados, en el cuadro 3, muestran que los contenidos de Ca, S, Fe, Mn y Zn en las hojas

CUADRO 2

Altura de los árboles, contenidos medios de macronutrientes (mg/g M.S.) y micronutrientes (ug/g) en las hojas de los árboles, en las distintas regiones del estudio.

Average height, macro (mg/g D.M.) and micronutrient (ug/g D.M.) content of leaves, for trees of *E. grandis* growing in the different sites.

Variables	Mogi-Guaçu	Angatuba	Casa-Branca	Itatinga	Itirapina
Altura (m)	20.3 (2.1)	17.7 (1.6)	16.8 (0.8)	15.9 (1.2)	15.04 (1.1)
Nitrógeno	23.2 (2.04)	21.7 (3.2)	19.04 (1.9)	19.9 (3.8)	18.0 (1.6)
Fósforo	1.02 (0.11)	1.08 (0.09)	0.81 (0.06)	0.91 (0.10)	0.79 (0.10)
Potasio	6.3 (1.1)	4.4 (1.3)	4.1 (0.04)	3.8 (0.5)	3.3 (0.5)
Calcio	3.1 (1.0)	5.2 (0.7)	3.2 (0.04)	3.9 (0.5)	5.0 (0.6)
Magnesio	2.5 (0.04)	1.9 (0.2)	1.7 (0.3)	1.7 (0.2)	1.5 (0.2)
Zinc	12.3 (2.2)	8.8 (2.3)	8.0 (2.3)	9.8 (1.7)	10.0 (1.9)
Boro	17.0 (3.0)	20.8 (3.3)	23.3 (6.04)	26.2 (3.8)	24.2 (2.8)
Manganeso	597 (122)	477 (135)	481 (88)	804 (234)	597 (89)
Hierro	152.0 (22.4)	94.3 (12.8)	176.0 (38.9)	298.1 (26.0)	130.9 (21.6)
Aluminio	244.0 (61)	181.0 (34)	300.0 (86)	205.0 (26)	303.0 (36)

Valores entre paréntesis = desviación típica.

no son limitantes para el crecimiento de los árboles. Presentan bajas correlaciones con el crecimiento de los árboles y oscilan dentro de un intervalo de concentración adecuada para la especie. Respuestas a fertilización con estos nutrientes no son esperadas en las plantaciones de la región de estudio.

Para el N, se observa aumento en los contenidos del elemento con el aumento de la altura de los árboles. Sin embargo, los contenidos en los árboles de menor crecimiento se encuentran sobre el nivel de deficiencia definido por Kaul *et al.* (1968). En los árboles de mayor altura, los contenidos están sobre el óptimo definido por Haag *et al.* (1961). La correlación positiva entre el contenido de N y el crecimiento de los árboles indica una posible respuesta a aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en plantaciones con los menores crecimientos.

La falta de correlación observada entre la cantidad de N aplicada como fertilizante mineral y la variación de los contenidos de N en las hojas en los diferentes sitios de plantación (cuadro 2) es debida, posiblemente, al tiempo transcurrido entre la aplicación del fertilizante y la toma de muestras (a los 3 años de edad). Durante este período, una parte del fertilizante puede haber sido absorbida, otra perdida por lixiviación y otra inmovilizada. Así, en ausencia del efecto de la fertilización, la única fuente de N en el suelo para los árboles es la mineralización del N-orgánico por los microorganismos.

Los contenidos de P en las hojas de los árboles de todos los sitios estudiados se encuentran debajo del nivel óptimo citado en la literatura (Herbert y Schönau, 1989). Para los árboles con alturas inferiores a 17 m se observan concentraciones inferiores a 1.0 mg/g M.S., mientras que en árboles con altura superior a 17 m las concentraciones se encuentran sobre este valor.

En relación a la fertilización, se puede observar el efecto positivo de la aplicación de P. Las correlaciones positivas observadas indican que el aumento en la oferta de este elemento en el suelo, a través de la fertilización en plantaciones con 3 años de edad, puede proporcionar una mayor absorción y, consecuentemente, un mayor crecimiento de los árboles, principalmente en los sitios donde se observaron menores crecimientos.

Las concentraciones medias de K en las hojas, en todos los sitios, se encuentran debajo del valor óptimo citado por Herbert y Schönau (1989) y Bellote (1990), o sea 7.5 mg/g M.S. De acuerdo

con los datos de Kaul *et al.* (1968), los árboles con altura bajo los 17 m se encuentran con deficiencia nutricional. Las correlaciones positivas y altamente significativas (cuadro 3) muestran que el K es el nutriente que más contribuye en explicar el crecimiento de los árboles.

CUADRO 3

Correlaciones (R) de los nutrientes en el suelo (nutr.l.suelo), en las hojas (nutr.l.hojas) y altura de *E. grandis* con 3 años de edad (n=75).
Linear regression coefficients among nutrient concentrations in soil, in leaves, and for the average height of three-years-old *E. grandis*.

Nutriente	Nutr.l.hojas	Nutr.l.suelo	Nutr.l.hojas
	x altura	x altura	x Nutr.l.suelo
Fósforo	0.478***	0.652***	0.446***
Potasio	0.860***	0.870***	0.785***
Magnesio	0.751***	0.761***	0.632***
Caleio	-0.289*	0.635***	0.125
Aluminio	-0.007	0.752***	0.341**
Nitrógeno	0.555***	-	-
Azufre	0.407***	-	-
Boro	-0.651***	-	-
Hierro	-0.204	-	-
Manganeso	-0.200	-	-
Zinc	0.354**	-	-

* (p < 0.05) ** (p < 0.01) *** (p < 0.001).

En relación a la fertilización, es posible observar cierta influencia de las cantidades de fertilizantes utilizadas sobre la altura de los árboles. Esta influencia no es mayor debido a la movilidad del K en el suelo y, en el ejemplo del N, al tiempo largo entre la época de fertilización y la toma de muestras. Los resultados sugieren aplicación de K en plantaciones con 3 años de edad, especialmente en las áreas donde es menor la altura de los árboles.

El Mg es, después del K, el elemento que más se relaciona con el crecimiento de los árboles. Contenidos mayores que 2.5 mg/g M.S. son observados solamente en los árboles con mayor crecimiento. Los árboles en los sitios de menor crecimiento muestran deficiencia, de acuerdo con Kaul *et al.* (1968).

Las correlaciones positivas y altamente significativas encontradas para el Mg, comprueban que este elemento es uno de los más importantes a ser considerado para aumentar el crecimiento de los árboles. Fertilizaciones complementarias con este elemento deben ser realizadas tanto en el momento de plantar como en plantaciones de 3 años de edad, en todos los sitios considerados.

La concentración de AI en las hojas varía dentro de un intervalo bastante aceptable. Los árboles en todos los sitios estudiados no presentan problemas de toxicidad con este elemento, comprobando ser *E. grandis* una especie bastante tolerante a cantidades altas en el suelo.

La correlación significativa del contenido de AI en el suelo con el crecimiento de los árboles, como también como con los contenidos en las hojas, fue la esperada. Como muestra el cuadro 4, los suelos estudiados son muy ricos en AI, elemento responsable por casi la totalidad de la saturación de bases en estos suelos. Como *E. grandis* es una especie tolerante a concentraciones altas de AI, se puede prever que cuanto mayor es el crecimiento de los árboles, mayor cantidad de AI es pasivamente absorbida. Resultados semejantes son descritos por Ferraz (1985) para sitios de *Picea abies* en la Selva Negra, Alemania.

Los contenidos de B difieren mucho del encontrado en la literatura, tanto para concentraciones óptimas (32 mg/g, Herbert y Schönau, 1989) como para concentraciones de deficiencia (12 mg/g, Rocha Filho *et al.*, 1979). Las concentraciones observadas mantienen una correlación negativa con el crecimiento de los árboles, relación interpretada como casual y sin significado fisiológico. Los resultados demuestran un efecto de dilución de este elemento, causado por el crecimiento de los árboles.

Los contenidos de Ca en las hojas varían mucho, y demuestran una correlación floja y negativa con el crecimiento. La relación negativa como en el ejemplo del nutriente B, es también interpretada como un efecto de dilución, causado por el crecimiento de los árboles. Estos resultados demuestran, para las condiciones estudiadas, que la altura de los árboles no es dependiente de los contenidos de Ca en las hojas. En caso que exista dependencia, posiblemente las hojas no sean el material vegetal más recomendado para ser utilizado en los análisis de diagnóstico.

CUADRO 4

Contenidos de AI, capacidad de cambio de cationes (meq/g de suelo) y saturación de AI (%).
Aluminium content, cation exchange capacity and aluminium saturation for the soils studied.

Contenidos	Latosol		Arenas Cuarzosas	
	AI	CCC	AI	CCC
Medio	11.8	15.4	8.0	10.8
Máximo	13.2	19.7	9.8	13.2
Mínimo	10.6	13.2	4.6	7.1
Saturación de AI	90		92	

CRECIMIENTO EN ALTURA DE LOS ARBOLES

a) *Crecimiento en función de los nutrientes en las hajas.* Las concentraciones de K y Mg en las hajas presentan correlación altamente significativa con la altura de los árboles. De esta forma se buscó una relación numérica entre estas variables a través de un modelo de regresión lineal múltiple, presentado en el cuadro 5.

Aunque los árboles dependan bastante del suplemento de K y Mg, el aumento en las concentraciones de K tiene un repercusión mayor en la altura de los árboles que el aumento de las concentraciones de Mg. Como muestra la ecuación del cuadro 5, para la menor concentración de Mg (1.1 mg/g M.S.), una variación del K de 2.3 hasta 8.3 mg/g M.S. significa que los árboles pasan de 14 a 21 m de altura media.

Los árboles con abastecimiento de K bajo el límite de deficiencia (Kaul *et al.*, 1968) pueden llegar a una altura máxima de 18 m. Los árboles con abastecimiento óptimo, o sea 7.5 mg/g M.S., varían en altura desde 20 m (cuando la concentración de Mg es 1.1 mg/g M.S.) hasta 22.5 m (cuando la concentración de Mg es 3.2 mg/g M.S.).

Los resultados indicaron, para las condiciones de este trabajo, que la concentración adecuada de Mg, definida en la literatura, no es suficiente para obtener incrementos máximos en crecimiento de los árboles. Esta solamente sería posible con contenidos de Mg en las hojas entre 2.6-3.2 mg/g M.S. Árboles con abastecimiento de Mg dentro de este intervalo y de K mayor o igual a 7.5 mg/g M.S. estarían óptimamente nutridos con estos elementos.

CUADRO 5

Regresión múltiple entre la altura de los árboles (m) y los contenidos de nutrientes minerales en hojas de *E. grandis*.

Multiple regression between tree height and mineral nutrient content in leaves of *E. grandis*.

Variables					
Dependiente	Independientes	b	R ²	B	F
Altura de los árboles	Potasio	1.174	0.740	0.686	207.491
	Magnesio	1.199	0.762	0.229	115.118
	(Constante)	9.839			

F [72; 2 p = 0.011 = 4.91

CUADRO 6

Regresión múltiple entre altura de los árboles (m) con los contenidos de P (mg/g), K y AI (meq/g) del suelo.

Multiple regression between tree height and soil nutrient content.

Variables					
Dependiente	Independientes	b	R ²	B	F
Altura de los árboles	Potasio	8.813	0.756	0.335	226.646
	Fósforo	1.424	0.845	0.442	196.025
	Aluminio	0.432	0.886	0.407	184.754
	(Constante)	9.646			

F [3; 71 P = 0.01] = 4.07

b) *Crecimiento en función de los elementos minerales en el suelo.* La regresión múltiple entre las variables P, K, Ca, Mg, AI, H, materia orgánica, pH, arena, arcilla del suelo y la altura de los árboles demuestra que los contenidos de K, P y AI en el suelo influyen significativamente el crecimiento (cuadro 6).

El efecto positivo del K y del P es reforzado por una serie de trabajos de fertilización, los cuales demuestran mejores resultados para aplicaciones conjuntas de fertilizantes que contienen K y P en *E. grandis* (Malvos, 1983).

El aumento en la oferta del K del suelo resulta en mayor disponibilidad para las plantas y, consecuentemente, posibilidades mayores de incrementos en altura. Esto fue confirmado en los trabajos de fertilización con K realizados por Carvalho *et al.* (1978) y Barros *et al.* (1981).

Para el P en el suelo, ocurre una situación un

poco diferente de aquella observada para el K. En este caso, el crecimiento de los árboles depende de los contenidos de P en el suelo, aunque sea baja la correlación entre P en las hojas y el crecimiento de los árboles, como también entre su oferta en el suelo y el contenido en las hojas (cuadro 3). Posiblemente, esto se debe a las interacciones del elemento con el suelo de los sitios estudiados. La suposición es que el aumento en la oferta de P para los árboles produzca un aumento en la absorción de K y Mg, pues es conocido en la literatura pertinente el efecto del P en la absorción de Mg por las plantas.

Aunque el AI sea una de las variables presentes en los análisis de regresión múltiple, con influencia significativa en el crecimiento de los árboles (cuadro 6), éste no tiene importancia fisiológica. Su relación con la altura de los árboles es debida, exclusivamente, a su altísima concentración en el

suelo (cuadro 4), asociada con la alta tolerancia de *E. grandis* con este elemento.

Los resultados obtenidos indican que el crecimiento de los árboles en sitios de baja productividad, en los sitios de estudio, puede ser mejorado tanto con el aumento de los contenidos de K y Mg en los árboles (cuadro 5), como con el aumento en la oferta de P y K en el suelo (cuadro 6).

CONCLUSIONES

Las concentraciones de S, Fe, Mn y Zn en las hojas de los árboles no son limitantes para el crecimiento de *E. grandis*. Las concentraciones de P en las hojas, sin embargo, se encuentran bajo el valor óptimo establecido en la literatura.

El K y el Mg son los nutrientes más limitantes del crecimiento. Árboles con contenidos en las hojas entre 2.6-3.2 mg/g de M.S., de Mg y de K mayor o igual a 7.5 mg/g de M.S. se encuentran óptimamente nutridos con estos elementos.

Tanto para el Ca, como para el B de las hojas, fueron observados efectos de dilución causados por un crecimiento mayor de los árboles.

La oferta de K en el suelo es el factor más limitante tanto para el crecimiento de los árboles como para su nutrición adecuada.

Los resultados indican posibilidades de incrementos en productividad de madera con el aumento en la aplicación de fertilizantes con N, P, K y Mg.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, N.F., I.M. BRAGA, R.M. BRANDI, B.V. DEFELIPO. 1981. "Produção de eucalipto em solo de Cerrados em resposta a aplicação de NPK, B e Zn", *Revista Arvore*, Viçosa 5 (1): 90-103.
- BELLOTE, A.F.J. 1990. "Nahrelementversorgung und Wuchsleistung von geduengten *Eucalyptus grandis* Plantagen im Cerrado von São Paulo (Brasilien)", *Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen*. Freiburg, 26: 1-159.
- CARVALHO, C.M., E.S. BAENA, C.J. COUTINHO, M. FREITAS, C.A. FERREIRA. 1978. "Estudos das relações B/K e B/Ca na cultura de *E. saligna* Smith. (Resultados preliminares)". *Silvicultura*, São Paulo, 13: 264-266.
- DEFELIPO, B.V., V.H. ALVAREZ, L. COUTO, I.C. FERNANDES. 1979. "Estudo de micronutrientes em solos de Cerrado de Minas Gerais", *Boi. Técnico SIF*, Viçosa, 2: 15-26.
- FERRAZ, I.B.S. 1985. *Standortsbedingungen, Bioelementversorgung und Wuchsleistung von Fichtenbeständen (Picea abies Karst) des Sudschwarzwaldes*. Forstwissenschaftlichen Fakultät Universität Freiburg.
- GARLIPP, R.C.D., EA BALLONI. 1980a. "Estudo sobre o efeito da omissão de nutrientes em plantios de *E. grandis*", *Boletim Informativo IPEF*, Piracicaba, 8 (26): 21-22.
- GARLIPP, R.C.D., EA BALLONI. 1980b. "Estudo sobre a influencia da fertilização fosfatada no desenvolvimento de *E. grandis*", *Boletim Informativo IPEF*, Piracicaba, 8 (26): 25-29.
- GONÇALVES, I.C., A.S. DINIZ. 1981. "Efeito da época e forma de aplicação de fertilizantes no plantio de *E. saligna*", *Boletim Informativo IPEF*, Piracicaba 9 (28): 21-23.
- HAAG, H.P., F.A.F. MELLO, M.O.C. BRASIL SOBRINHO, W.R. ACORSI, E. MALA VOLTA, S. ARZOLLA. 1961. "Estudo sobre a alimentação mineral do *Eucalyptus*", En: Conferência Mundial do Eucalipto. São Paulo. *Rei. e documentos*. São Paulo, FAO, pp. 926-932.
- HERBERT, MA, A.P.G. SCHONAU. 1989. Fertilizing commercial forest species in southern Africa. Research progress and problems. En: Symposium: "Mineralversorgung tropischer Waldbäume". Bayreuth.
- KAUL, O.N., P.B.L. SRIVASTAVA, V.N. TANDON. 1968. "Nutrition studies on *Eucalyptus*. III. Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus grandis* seedlings", *Indian Forester* 94 (11): 831-834.
- MAL VOS, C. 1983. "First results on fertilization trials given to *Eucalyptus* plantations in Madagascar", *Silvicultura* 32: 625-626.
- MOLL, W. 1964. "Nährstoffversorgung von Fichtenbeständen im Nordschwarzwald", *Schriftreihe d. Forstl. Abt. d. Univ. Freiburg*, BLV München 4: 252-265.
- NOVAIS, R.F., I.M. GOMES, E.E.L. BORGES, D. ROCHA. 1980. "Calagem e adubação na produção de mudas de eucalipto. (*E. grandis*). II-efeitos da calagem, do N e do superfosfato simples", *Revista Arvore*. Viçosa 4 (1): 1-13.
- ROCHA FILHO, I.V.C., H.P. HAAG, G.D. OLIVEIRA. 1979. "Influência do Boro no crescimento e na composição química de *E. grandis*", *Anais da ESALQ*, Piracicaba, 36 (1): 139-151.
- TRÜBY, P., E. ALDINGER. 1989. "Eine Methode zur Bestimmung der austauschbaren Kationen in Waldboden", *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 152 (1): 301-306.