

EFEITO DA ADUBAÇÃO NPK COM E SEM BORO NO CRESCIMENTO DE *Eucalyptus citriodora* Hook.¹

Simone Aparecida de OLIVEIRA²
Mario Luiz Teixeira de MORAES³
Salatiér BUZETTI⁴

RESUMO

Neste trabalho foi avaliado o efeito de 6 doses de N, P₂O₅ e K₂O, utilizando-se o equivalente a 0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg.ha⁻¹ da fórmula 10 - 10 - 10, aplicada em outubro de 1984, por ocasião do plantio do eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.). O ensaio foi instalado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, município de Selvíria - MS, em um Latossolo Vermelho-Escuro, álico, textura argilosa, e com clima Aw. Em outubro de 1986, subdividiram-se as parcelas, sendo que a metade recebeu 1,0 kg.ha⁻¹ de B no plantio, e repetido em fevereiro de 1987. A outra metade da parcela não recebeu o micronutriente. Avaliou-se a altura das plantas, DAP e o volume cilíndrico, nos anos de 1989, 1990, 1991, 1992 e 1997 (neste ano a forma do fuste também foi avaliada). Não houve efeito da adubação NPK nas características analisadas, assim como da interação NPK x B, entretanto, o micronutriente proporcionou aumento na altura de plantas no ano de 1991, no DAP e no volume, nos anos de 1989 a 1992.

Palavras-chave: *Eucalyptus citriodora*; adubação; cerrado; altura; diâmetro; volume.

ABSTRACT

This work studied the doses of 0, 20, 40, 60, 80, and 100 kg.ha⁻¹ of N, P₂O₅, and K₂O in the presence or absence of B, applied in October 1984, when the *Eucalyptus citriodora* was planted. In October 1986, and February 1987, it was applied 1.0 kg.ha⁻¹ of B in each time in the half of each plot. Plant height, diameter of trunk, and volume, from 1989 to 1992, and in 1997 (trunk form too) were evaluated. There was no effect of NPK or NPK x B. However, B increased plant height assessed in 1991; diameter and volume in the years 1989, 1990, and 1992.

Key words: *Eucalyptus citriodora*; fertilization; cerrado vegetation; height; diameter; volume.

1 INTRODUÇÃO

A adubação é uma técnica muito utilizada nos programas de reflorestamentos no Brasil, que merece destaque na cultura do eucalipto, tanto na produção de mudas quanto no plantio no campo. Trabalhos de pesquisa e observações na prática têm mostrado que ganhos significativos de crescimento e produtividade podem ser obtidos pela adoção dessa técnica (Barros *et al.*, 1986).

Com o crescimento da área reflorestada e da deficiência em nutrientes dos solos utilizados observa-se uma forte tendência no aumento do uso de fertilizante no setor florestal. Considerando a área de 400 mil hectares reflorestadas por ano, atualmente, com *Eucalyptus* spp, no tradicional espaçamento 3 x 2 m, utilizando a formulação NPK (10-28-06), com 100 g por cova, chega-se a um consumo de 66.680 toneladas por ano, o equivalente ao custo de US\$ 5,66 milhões. Esse consumo corresponde a 29.338 toneladas de nitrogênio, fósforo e potássio, por ano (Chichorro *et al.*, 1992).

(1) Aceito para publicação em agosto de 2001.

(2) Pós-graduanda em Agronomia da FEIS/UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: simoneap@agr.feis.unesp.br (Bolsista de IC/FAPESP)

(3) FEIS/UNESP, Departamento de Fitotecnia, Economia e Sociologia Rural, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

(4) FEIS/UNESP, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Rural, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

Atualmente uma mistura de NPK, com ou sem boro e zinco, tem sido aplicada na cova de plantio, independente da espécie e da presença do fosfato natural. Assim novos estudos devem ser realizados visando determinar a melhor adubação com menor custo (Rocha *et al.*, 1983). Chichorro *et al.* (1994) encontraram resultados indicando que o uso do NPK combinado com 1 ou 2 t.ha⁻¹ de fosfato se mostrou eficiente tanto do ponto de vista silvicultural quanto do ponto de vista econômico. A adição de B e Zn melhorou a eficiência econômica do uso de fertilizantes. O tratamento 2 t.ha⁻¹ de fosfato e 75 g de NPK (fórmula 10-28-06) mais B e Zn, por planta, mostrou-se o mais indicado economicamente, com taxa interna de retorno de 12,38% e razão benefício custo de 1,17. Andrade *et al.* (1994) observaram respostas positivas à fertilização e à calagem do solo. A aplicação de apenas fosfato de araxá proporcionou um aumento de 39,32% no volume das árvores, enquanto o sulfato de cálcio elevou o volume em 28,29%, em comparação aos volumes apresentados pelas testemunhas. Em um estudo dos efeitos de vários tratamentos com NPK e de alturas diferentes de toco (0,8 ou 0,4 m de toco), Kung (1980) verificou que a adubação em *Eucalyptus citriodora* contribuiu para o aumento na produção de óleo essencial e que 0,8 m de tocos produziram mais óleo essencial que os de 0,4 m. Além disso, o rendimento de óleo essencial também variou com o mês de colheita de folhagem. Rocha *et al.* (1983) observaram que a aplicação de N e K, 60 dias após o plantio, não contribuiu para o aumento do crescimento do *Eucalyptus grandis*. Já aos 24 meses, os melhores resultados obtidos para a aplicação de fertilizantes contendo NPK indicaram que a influência de N, P e do K individualmente no crescimento foi relativamente baixa e aumento na produção só foi possível na presença dos elementos NPK, conjuntamente. Barros *et al.* (1984) encontraram uma redução acentuada na diferença entre crescimento relativo de plantas de *Eucalyptus saligna* adubadas com diferentes níveis de NPK e não adubadas, com o decorrer do tempo, mas a diferença entre o crescimento absoluto em volume foi sempre crescente, o que confirma a importância da adubação mineral como uma técnica para o aumento da produtividade em solos de cerrado.

Barros *et al.* (1981) verificaram que a aplicação de NPK às plantas de *E. grandis* e de *E. saligna* causou aumento no volume (m³.ha⁻¹) de 30 a 350%, respectivamente, em comparação com o das

plantas não adubadas. A adição da mistura de B e Zn não causou efeito significativo no crescimento de *E. saligna*, mas tendeu a reduzir a altura e o volume de *E. grandis* à idade de 4,5 anos. A fertilização com N e K favoreceu o crescimento de *E. camaldurensis*, afetando positivamente o ganho de biomassa e os conteúdos dos nutrientes aplicados nos compartimentos da parte aérea, sobretudo, no tratamento em que o fertilizante foi aplicado em linha (Godinho *et al.*, 1997). Segundo Gonçalves (1995), a aplicação de B é particularmente importante, principalmente, nas regiões onde as deficiências hídricas são elevadas e ocorrem as secas de ponteiro.

A adubação NPK assim como a adubação com boro (B) merecem destaque na cultura do eucalipto, tendo em vista os poucos trabalhos desenvolvidos nessa área e a baixa fertilidade dos solos utilizados no cultivo de essências florestais. Este trabalho teve como objetivo estudar doses de fertilizantes NPK, na presença ou ausência da aplicação de boro, no desenvolvimento de *Eucalyptus citriodora*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, município de Selvíria - MS, com coordenadas geográficas aproximadas de: latitude 22°22'S e longitude 51°22'W à 335 metros de altitude, clima Aw, segundo classificação de Köppen (Hernandez *et al.*, 1995). Para caracterização da área foi feita análise química do solo de acordo com o descrito em Rajj *et al.* (1987) e, para o B e Zn, segundo Gupta (1979) e Lindsay & Norvell (1978) (TABELA 1). O solo foi classificado segundo Demattê (1980) como sendo Latossolo Vermelho-Escuro, álico, textura argilosa e, o experimento foi conduzido em cultura com 13 anos de idade.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, segundo metodologia estatística descrita em Gomes (1987), com 3 repetições e 10 plantas em cada subparcela, sendo 8 plantas úteis e 2 de bordadura, uma em cada extremidade da linha e, mais uma linha de cada lado, no espaçamento de 3 x 2 m.

TABELA 1 - Caracterização química do solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura argilosa, referente ao teor de fósforo (P resina), matéria orgânica (M.O.), pH em CaCl₂ (pH CaCl₂), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H + Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V %), B e Zn.

Prof. (cm)	P resina mg.dm ⁻³	M.O. g.dm ⁻³	pH CaCl ₂	mmol _c .dm ⁻³						CTC	V (%)	B (mg.dm ⁻³)	Zn
				K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB				
0 - 20	7,0	25,0	5,3	2,0	21,0	8,0	45,0	6,0	31,0	76,0	41,0	0,3	0,7

Aplicaram-se 6 doses de N, P₂O₅ e K₂O utilizando-se o equivalente a 0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg.ha⁻¹ da fórmula 10-10-10, parcelado em duas épocas: outubro de 1984 por ocasião da implantação da cultura e em fevereiro de 1985, com ou sem adubação com boro (0 ou 2 kg.ha⁻¹ de B), em dois parcelamentos de 1,0 kg.ha⁻¹ de cada vez. A fonte de B foi o bórax, aplicado parceladamente, em outubro de 1986 e fevereiro de 1987, no povoamento já estabelecido.

Avaliou-se a altura de plantas, DAP e o volume, nos anos de 1989, 1990, 1991, 1992 e 1997. As avaliações foram realizadas em todas as plantas de cada parcela, onde foi mensurada a altura utilizando-se o suunto (medidor de altura). O DAP foi obtido através da suta (paquímetro florestal). O volume cilíndrico foi calculado através dos dados de altura e DAP pelo programa VARIA - VD,

o qual foi criado pelo Pólo Computacional de Ilha Solteira da FEIS/UNESP, em março de 1993, para o cálculo da variância dentro e volume. A forma foi avaliada através de observações no fuste, nos 4 pontos cardeais, comparando-a com uma escala de notas de 1 a 5 (FIGURA 1). Todas as características foram mensuradas a partir dos 5 anos de idade, a exceção da forma do fuste, avaliada apenas aos 13 anos de idade da cultura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização química do solo consta na TABELA 1. Verifica-se que o mesmo apresenta baixa saturação por bases e pH, sendo necessária a correção para o bom desenvolvimento da espécie em estudo.

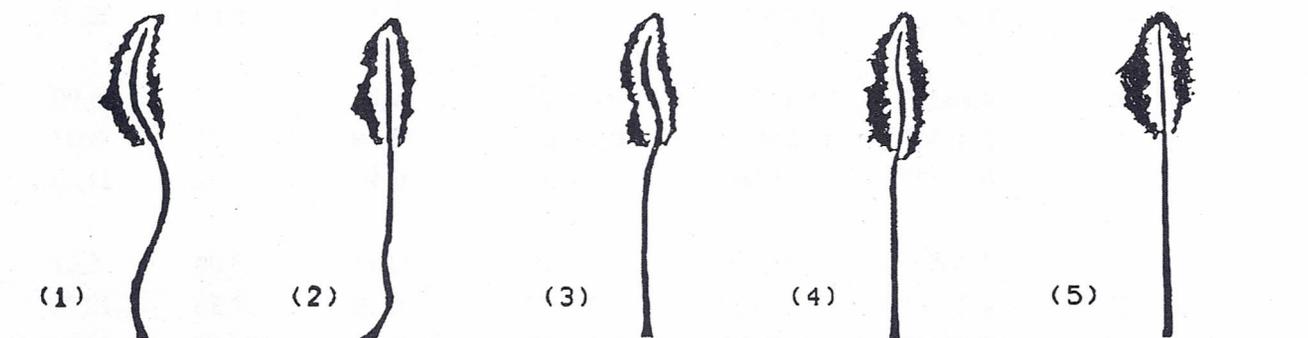


FIGURA 1 - Escala de notas para avaliação de forma do fuste das plantas, de acordo com o Centro Nacional de Pesquisa Florestal/ EMBRAPA.

Não foi verificado efeito significativo para NPK, bem como para a interação NPK x B, para a altura, DAP e volume (TABELA 2). Para forma do fuste, analisada aos 13 anos, não houve efeito também para B.

Verificou-se que os dados de altura, diâmetro e volume, em relação às doses NPK, não se ajustaram às funções do primeiro ou de grau mais elevado (TABELA 3). Para os tratamentos com ou sem B houve efeito significativo para altura de plantas no 6º e 7º anos e para o diâmetro e volume no 5º, 6º, 7º e 8º anos, com os dados não diferindo no último ano de avaliação (TABELA 2). Na TABELA 4 constam as médias referentes a altura, DAP e volume. Para altura de plantas,

nos anos em estudo, verificando-se significância apenas no 7º ano, com médias de 18,35 e 17,31 m para os tratamentos com e sem B, respectivamente. Em relação ao DAP e volume verifica-se que, embora os tratamentos com B tenham sido superiores aos tratamentos sem B, nos anos 5, 6, 7 e 8, os valores foram semelhantes estatisticamente quando as plantas atingiram 13 anos de idade. Para a forma do fuste, avaliada no 13º ano, com notas de 1,09 a 1,10, respectivamente, para os tratamentos com B e sem B, também não houve diferença significativa. Isto demonstra um maior crescimento nos primeiros anos, nos tratamentos que receberam B, mas uma recuperação dos tratamentos sem B até a última avaliação.

TABELA 2 - Valores de quadrados médios (QM), médias geral e coeficientes de variação (CV% NPK e B) para as características altura de plantas (ALT - m), diâmetro à altura do peito (DAP - cm), volume cilíndrico (VOL - m³) e forma (FORM).

Característica - Idade	QM			Média Geral	CV (NPK) (%)	CV (B) (%)
	NPK	BORO	NPK x BORO			
ALT - 5	0,6311 ^{ns}	0,8485 ^{ns}	0,1623 ^{ns}	14,96	6,90	4,78
DAP - 5	1,3801 ^{ns}	8,3424**	0,3045 ^{ns}	13,04	8,72	6,94
VOL - 5	0,0019 ^{ns}	0,0185**	0,0008 ^{ns}	0,23	20,70	18,14
ALT - 6	1,1909 ^{ns}	0,8088 ^{ns}	0,4047 ^{ns}	15,84	7,44	5,36
DAP - 6	2,4442 ^{ns}	6,7202*	0,3831 ^{ns}	14,64	7,22	7,32
VOL - 6	0,0044 ^{ns}	0,0205*	0,0013 ^{ns}	0,31	17,19	19,02
ALT - 7	2,6013 ^{ns}	9,7618**	0,4384 ^{ns}	17,83	5,42	6,13
DAP - 7	2,6843 ^{ns}	13,2447**	0,2442 ^{ns}	15,11	6,62	7,72
VOL - 7	0,0096 ^{ns}	0,0717**	0,0024 ^{ns}	0,37	15,04	20,97
ALT - 8	0,8623 ^{ns}	0,1330 ^{ns}	0,6708 ^{ns}	19,80	8,75	6,90
DAP - 8	2,4150 ^{ns}	12,8510**	0,9238 ^{ns}	15,29	7,61	8,03
VOL - 8	0,0072 ^{ns}	0,0574*	0,0079 ^{ns}	0,44	19,12	21,08
ALT - 13	2,3685 ^{ns}	1,2034 ^{ns}	1,0384 ^{ns}	23,11	7,00	5,07
DAP - 13	4,2136 ^{ns}	11,2683 ^{ns}	0,9770 ^{ns}	18,19	7,36	10,20
VOL - 13	0,0215 ^{ns}	0,0741 ^{ns}	0,0175 ^{ns}	0,75	21,32	22,76
FOR - 13	0,0111 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0066 ^{ns}	1,10	7,31	8,86

Onde: ALT - metros (m); DAP - diâmetro (cm); VOL - volume (m³. ha⁻¹); FORM - forma; ^{ns}, *, ** - valores de F não significativos e significativos em nível de 5% de probabilidade e a 1%, respectivamente.

TABELA 3 - Valores de quadrados médios referentes às regressões linear (RL), quadrática (RQ) e desvios de regressão (DR) para doses de fertilizantes NPK, de altura de planta (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), volume cilíndrico (VOL) e forma do fuste (FORM).

Característica - Idade	RL	RQ	DR
ALT - 5	0,0750 ^{ns}	0,0265 ^{ns}	1,5307 ^{ns}
DAP - 5	0,1591 ^{ns}	0,7856 ^{ns}	3,0242 ^{ns}
VOL - 5	0,0006 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0043 ^{ns}
ALT - 6	0,1023 ^{ns}	0,0213 ^{ns}	3,2623 ^{ns}
DAP - 6	1,7854 ^{ns}	1,3897 ^{ns}	4,5232 ^{ns}
VOL - 6	0,0001 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,0113 ^{ns}
ALT - 7	0,0175 ^{ns}	0,1261 ^{ns}	6,4661 ^{ns}
DAP - 7	1,2249 ^{ns}	0,4159 ^{ns}	5,9643 ^{ns}
VOL - 7	0,0002 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0244 ^{ns}
ALT - 8	0,9769 ^{ns}	0,6913 ^{ns}	1,4065 ^{ns}
DAP - 8	1,1019 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	5,4888 ^{ns}
VOL - 8	0,0003 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0198 ^{ns}
ALT - 13	3,0101 ^{ns}	1,1314 ^{ns}	4,1512 ^{ns}
DAP - 13	4,0850 ^{ns}	0,3346 ^{ns}	8,3401 ^{ns}
VOL - 13	0,0186 ^{ns}	0,0035 ^{ns}	0,0455 ^{ns}
FOR - 13	0,0097 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0230 ^{ns}

^{ns} - valores de F não significativos.

TABELA 4 - Médias de altura (m), DAP (cm) e volume cilíndrico (m³), para os tratamentos com boro (+B) e sem boro (-B), com idades distintas dos povoamentos.

Trat.	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 13
	Médias				
	Altura				
+B	15,12 a	15,99 a	18,35 a	19,73 a	22,93 a
-B	14,81 a	15,69 a	17,31 b	19,86 a	23,29 a
	DAP				
+B	13,52 a	15,08 a	15,71 a	15,89 a	18,75 a
-B	12,55 b	14,21 b	14,50 b	14,69 b	17,63 a
	Volumes cilíndricos				
+B	0,25 a	0,33 a	0,42 a	0,48 a	0,80 a
-B	0,20 b	0,29 b	0,33 b	0,40 b	0,71 a

Obs.: Letras minúsculas distintas representa diferença significativa a 5% entre as médias dos tratamentos +B e -B no mesmo ano.

Isto explica, em parte, a resposta ou não à aplicação de fertilizantes em trabalhos com essências florestais, pois esta depende, além da espécie, do solo (Barros *et al.*, 1984), clima (Carvalho *et al.*, 1978; Balloni *et al.*, 1982), e do estágio de desenvolvimento da cultura (Spina-França, 1984). No presente caso, os teores de P (7,0 mg.dm⁻³), de K (2,0 mmol.dm⁻³) e de B (0,3 mg.dm⁻³) foram suficientes para suprir as necessidades da espécie em estudo (TABELA 1),

embora o micronutriente (B) tenha surtido efeito no estágio de 5 a 8 anos, no DAP e volume cilíndrico e aos 7 anos para a altura de plantas (TABELA 4).

Aos 13 anos não ocorreu nenhum efeito de tratamentos, demonstrando que, embora o boro tenha proporcionado um crescimento diferenciado nos primeiros anos, houve uma recuperação das plantas até a última avaliação, onde o micronutriente não foi aplicado.

4 CONCLUSÕES

- Não houve resposta do *Eucalyptus*, avaliado aos 13 anos de idade, à adubação NPK e B.
- O boro proporcionou aumento no DAP e no volume do *Eucalyptus* dos 5 aos 8 anos, e na altura aos 7 anos de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M. A. *et al.* Efeitos da fertilização mineral e da calagem do solo na produção e na qualidade da madeira de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 69-78, 1994.
- BALLONI, E. A.; GARCIA, P. V.; GONÇALVES, J. C. Efeitos do espaçamento e adubação sobre a recuperação de plantios de *Eucalyptus grandis* danificados pela geadas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. *Anais...* São Paulo: SBS, 1983. p. 172-174.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. *Informe Agropecuário*, Minas Gerais, v. 12, n. 141, p. 15-19, 1986.
- BARROS, N. F. *et al.* Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 5, n. 1, p. 90-103, 1981.
- BARROS, N. F. *et al.* Análise do crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N, P e K. no vale do Jequitinhonha, MG. IPEF, Piracicaba, v. 26, p. 13-17, 1984.
- CARVALHO, C. M. *et al.* Efeitos da adubação mineral (N_xP_xK_xB) na resistência à geadas do *Eucalyptus saligna* Smith aos seis meses de idade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. *Anais...* Manaus: IBDF/SBS, 1978. v. 2, p. 57-59.
- CHICHORRO, J. F.; REZENDE, J. L. P.; BARROS, N. F. Eficiência econômica da nutrição mineral na produção de biomassa de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 16, n. 3, p. 287-300, 1992.
- _____. *et al.* Efeito do fertilizante na produtividade e economicidade do *Eucalyptus grandis*, no município de Martinho Campos - MG. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 33-44, 1994.
- DEMATTÊ, J. L. I. Levantamento detalhado dos solos do Campus experimental de Ilha Solteira. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114 p. (Mimeografado).
- GODINHO, V. P. C. *et al.* Crescimento e recuperação de N e K por *E. camaldurensis*, cultivado em solo arenoso de cerrado, em resposta ao modo de aplicação de adubo nitrogenado e potássico. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. *Anais...* Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 3, p. 98-105.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 12. ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 467 p.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. *Documentos Florestais*, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.
- GUPTA, U. C. Some factors affecting the determination of hot-water-soluble boron from podzol soils using azomethine-H. *Can. J. Soil Sci.*, Manitoba, v. 59, n. 3, p. 241-247, 1979.
- HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. Software hidriza e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).
- KUNG, F. S. Fertilization and coppice studies on the essential oil production of *Eucalyptus citriodora*. Taipei: Taiwan Forestry Research Institute, 1980. 6 p. (Bulletin, 343).
- LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer.*, Madison, v. 42, n. 3, p. 421-428, 1978.
- RAIJ, B. V. *et al.* Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- ROCHA, D. *et al.* Estudo da adubação em *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex. Maiden nos solos de cerrado na região de Itamarandiba - MG. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. *Anais...* São Paulo: SBS, 1983. p. 170-172.
- SPINA-FRANÇA, F. Efeito de doses crescentes de fertilizantes minerais aplicadas no plantio de *Eucalyptus grandis*. IPEF, Piracicaba, v. 26, p. 37-38, 1984.