

SEJA O DOUTOR DO SEU EUCALIPTO

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira¹
Edson Namita Higashi²

Fábio Sgarbi³
Marta Regina Almeida Muniz⁴

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro, constituído principalmente pelas indústrias de celulose e papel, produção de carvão vegetal, madeira serrada, chapas e aglomerados, vem ocupando lugar de destaque na economia nacional. No setor de celulose e papel houve um grande avanço desde a década de 50: a produção brasileira de celulose passou de 95 mil toneladas, em 1950, para 6,3 milhões de toneladas, em 1997; conseqüentemente, a produção anual de papel passou de 253 mil para 6,5 milhões de toneladas, respectivamente. O setor siderúrgico, principal consumidor do carvão vegetal utilizado como fonte de energia e como termoreductor no processo de fusão de minerais, nos últimos cinco anos, vem reduzindo o consumo desta matéria-prima devido à concorrência com o coque mineral. Já o setor de madeira serrada e de chapa de fibras vem apresentando, nos últimos anos, um elevado crescimento econômico.

Segundo dados da FAO (www.fao.org), no ano de 1980, o valor correspondente à exportação de madeira serrada, compensados, chapas de fibra e aglomerados foi de US\$ 233.876.000, contra US\$ 527.627.000 em 1999. Estes valores mostram um crescimento de aproximadamente 226% em apenas 19 anos. O faturamento do setor florestal brasileiro representou cerca de 13% da economia de toda a indústria de transformação. A indústria siderúrgica gerou o maior faturamento (45%), seguida pelo setor de celulose e papel (31,2%), pelas indústrias de madeira serrada e chapas de fibra (11,6%) e pelo setor moveleiro (12,2%). Verificou-se que no período entre 1993 e 1995 foram gerados pelo setor florestal 1,5 milhões de empregos diretos e indiretos, correspondendo a 11% do total de pessoas ocupadas ou empregadas na indústria de transformação.

A madeira, matéria-prima utilizada pelo setor florestal, é obtida, em grande parte, a partir de plantios homogêneos realizados com espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*. A elevada utilização do eucalipto nos reflorestamentos ocorreu pelo seu rápido crescimento e por sua boa adaptação às nossas condições edafo-climáticas. A área reflorestada com espécies de eucalipto em alguns Estados do Brasil está apresentada na Tabela 1.

As principais espécies de eucalipto utilizadas nos reflorestamentos brasileiros, segundo SILVEIRA et al. (1995c), são *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. saligna*. Com a evolução dos progra-

Tabela 1. Área reflorestada com espécies de eucalipto em alguns Estados do Brasil até 1999.

Estado	Área (ha)	%
Amapá	12.500	0,4
Espírito Santo	152.330	5,1
Pará	45.700	1,5
Mato Grosso do Sul	80.000	2,7
Minas Gerais	1.535.290	51,7
São Paulo	574.150	19,3
Bahia	213.400	7,2
Rio Grande do Sul	115.900	3,9
Paraná	67.000	2,2
Santa Catarina	41.550	1,4
Outros	128.060	14,5
Total	2.965.880	100

Fonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000 (www.sbs.org.br).

mas de melhoramento genético tradicional e da clonagem, atualmente estão sendo utilizados clones híbridos interespecíficos como: *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. urophylla* x *E. grandis*. Os materiais genéticos hibridizados apresentam maior “plasticidade” quanto à adaptação aos diferentes sítios florestais e, além disso, são mais produtivos e/ou apresentam melhores características da madeira.

O ciclo de corte varia em função da utilização da madeira. As indústrias de celulose e papel, as siderúrgicas e as indústrias de chapas de fibra utilizam o ciclo entre 5 e 7 anos, enquanto as indústrias de madeira serrada adotam um ciclo mais longo, variando entre 12 e 20 anos. A produtividade média da cultura do eucalipto, segundo SILVEIRA et al. (1995c), é de 28 m³.ha⁻¹.ano na primeira rotação, 21 m³.ha⁻¹.ano na segunda rotação e 17,5 m³.ha⁻¹.ano na terceira rotação. A produtividade, em função do tipo de solo, é a seguinte: 38,5 m³.ha⁻¹.ano em latossolos e 26 m³.ha⁻¹.ano em areias quartzosas.

STAPE et al. (1997) encontraram relação entre o incremento médio anual (IMA) e a precipitação média anual, em função do tipo do solo, na região nordeste da Bahia (Tabela 2).

2. SOLOS FLORESTAIS

A distribuição dos principais tipos de solos utilizados nos plantios de eucalipto é a seguinte: Latossolos distróficos ou álicos 64%; Podzólicos distróficos ou álicos 16%; Cambissolos e Litosolos 10%; Areia Quartzosa 5%; Terra Roxa, Podzólicos e Latossolos eutróficos 2,5%; e outros 2,5% (SILVEIRA et al., 1995c).

As características dos solos mais utilizados pela cultura do eucalipto (Latosolos distróficos ou álicos) são as seguintes:

¹ Engenheiro Florestal da RR Agroflorestal S/C Ltda., Doutor em Solos e Nutrição Florestal. Rua Alfredo Guedes, 1949, sala 802, CEP 13416-900, Piracicaba, SP. Consultor do Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, ESALQ/USP. Telefone: (19) 422-1913. E-mail: www.ragroflorestal.com.br

² Biólogo da RR Agroflorestal S/C Ltda., Mestre em Fisiologia e Propagação Vegetativa de Espécies Vegetais. Consultor do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, ESALQ/USP.

³ Engenheiro Florestal da RR Agroflorestal S/C Ltda. na área de Manejo Florestal.

⁴ Engenheiro Florestal da RR Agroflorestal S/C Ltda. na área Ambiental.

Tabela 2. Incremento médio anual do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 7 anos de idade, sob efeito das condições edafo-climáticas na região nordeste da Bahia.

	Solo								
	Latosolos e Areias Quartzosas			Podzólicos textura arenosa a média			Podzólicos textura média a argilosa		
	< 1.000 mm	1.000-1.200 mm	> 1.200 mm	< 1.000 mm	1.000-1.200 mm	> 1.200 mm	< 1.000 mm	1000-1.200 mm	> 1.200 mm
	(st.ha ⁻¹ .ano)								
IMA*	24	29	27	27	27	33	25	32	39

* Incremento médio anual de madeira.

Fonte: STAPE et al. (1997).

- Solos muito intemperizados e ricos em sesquióxidos de Fe e Al.
- Baixo teor de nutrientes e baixa reserva mineral.
- Acidez elevada, altos teores de Mn e Al.
- Elevada capacidade de fixação de P.
- Baixa saturação por bases: a saturação de K, Ca e Mg no complexo coloidal fica, em média, em torno de 1 a 1,5%, 3 a 10% e 2 a 5%, respectivamente.
- Elevada permeabilidade e baixa erodibilidade.

O baixo teor de nutrientes disponíveis às plantas e a pequena reserva nutricional dos solos florestais (Tabela 3), aliados ao curto ciclo de corte e elevada exportação de nutrientes pela ma-

deira (Tabela 4), indicam que a sustentabilidade dos povoamentos, a curto ou a longo prazo, estará condicionada ao monitoramento nutricional e à utilização de fertilizantes.

3. ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MUDAS

As mudas de eucalipto podem ser obtidas de duas maneiras: através de sementes ou via propagação vegetativa (estaquia, enxertia, etc.). É recomendável que se saiba a origem das sementes (grau de melhoramento, viabilidade, etc.) para que os futuros plantios estejam de acordo com a finalidade da empresa ou propriedade (por exemplo: uso para celulose, carvão, quebra-vento, postes, mourões, etc.).

Tabela 3. Características químicas de alguns solos florestais na profundidade de 0-20 cm.

Solo	Local	pH		M.O. g.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	K ----- mmol _c .dm ⁻³ -----	Ca	Mg	S	CTC	V --- % ---	m	Fonte
		H ₂ O	CaCl ₂										
AQ ¹	Itatinga-SP	-	3,7	12	9	0,5	3	1,5	5,0	37	13	-	SILVEIRA et al. (1995c)
AQ ¹	Lençóis Paulista-SP	-	3,8	14	4	0,4	4	1,0	5,4	34	15	-	SILVEIRA et al. (1999)
AQ ¹	Altinópolis-SP	-	4,0	20	4	0,3	1,5	0,3	2,1	56	3	84	MARTINS et al. (1997)
LR ²	Capão Bonito-SP	-	3,8	38	4	0,3	2	1,0	3,3	101	3	-	SILVEIRA et al. (1998b)
LVE ³	Bocaiúva-MG	4,8	-	21	2	1,2	4	2,0	7,2	22	-	-	PREZOTTI (1985)
LVA ⁴	Itatinga-SP	-	3,4	19	5	0,6	3	2,0	5,6	70	9	-	SILVEIRA et al. (1995c)
LVA ⁴	Itamarandiba-MG	4,2	-	33	1	0,6	0,05	0,01	0,7	-	-	-	GALO (1993)
LA ⁵	Laranjal do Jari-AP	-	3,6	12	3	0,4	2	2,0	4,4	47	11	68	GOMES et al. (1997)
PVA ⁶	Teixeira de Freitas-BA	5,5	-	-	0,6	0,8	0,6	0,6	2,0	36	-	-	ARAÚJO (2000)
Média		4,8	3,7	19,5	4	0,5	2	1,0	4,4	42	10	76	

¹ Areia Quartzosa; ² Latossolo Roxo; ³ Latossolo Vermelho-Escuro; ⁴ Latossolo Vermelho-Amarelo; ⁵ Latossolo Vermelho; ⁶ Podzólico Vermelho-Amarelo.

Tabela 4. Quantidades de macronutrientes e micronutrientes acumuladas e exportadas pela parte aérea de *Eucalyptus grandis* aos 7 anos de idade.

Parte da planta	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- kg.ha ⁻¹ -----						----- g.ha ⁻¹ -----				
Folhas	77	4	32	29	8	7	107	24	818	1.790	57
Ramos	26	2	19	56	8	5	75	57	681	1.869	34
Caule	373	32	270	678	133	125	1.267	820	4.070	15.323	369
Total	476	38	321	763	149	137	1.449	901	5.569	18.892	460

Fonte: BELLOTE (1979).

3.1. JARDIM CLONAL

3.1.1. Sistema

A propagação vegetativa do eucalipto via estaquia sofreu uma rápida evolução nos últimos 10 anos (Tabela 5). Inicialmente, as estacas eram provenientes de jardins clonais com espaçamento entre touças de 3 x 3 m. Com o passar dos anos, a adoção de técnicas silviculturais como fertirrigação, erradicação de plantas invasoras e desrama (deixar ramo “pulmão” – fonte de fotoassimilados para as novas brotações e raízes, até 20-30 dias após a coleta dos brotos) permitiram a redução da área por planta em até 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), sendo denominado de macrojardim clonal

(Figura 1A). As estacas produzidas no macrojardim clonal são denominadas de macroestacas (Figura 1B). No início dos anos 90, com o rejuvenescimento proporcionado pela micropropagação, outra concepção de jardim clonal foi desenvolvida, ou seja, o microjardim clonal. Ápices caulinares, denominados de mini/microestacas (Figura 1B), são coletados e colocados para enraizar em condições de casa de vegetação (ASSIS et al., 1992; XAVIER & COMÉRIO, 1996).

Em 1996, um grupo de pesquisadores do IPEF/ESALQ-USP, iniciou estudos com mudas originárias da macropropagação, a mesma técnica da microestaquia, porém, em recipientes maiores e ambiente protegido, utilizando sistema hidropônico fechado.

Tabela 5. Evolução dos jardins clonais para produção de estacas.

Local	Espaçamento de plantio	Idade da 1ª poda	Frequência de coleta (dias)	Tamanho da estaca (cm)	Produtividade (estacas/m ²)	Referência
Campo	3 x 3 m	18 meses	30-40	10-15	11	CAMPINHOS & IKEMORI (1983, 1985)
Campo	1 x 1,5 m	6 meses	40-60		16,6	CARVALHO et al. (1991)
Campo	0,5 x 0,5 m	30-40 dias	40-60	6-8	120-400	*
Viveiro	Tubete (55 cm ³)	30-40 dias	15-20	2 -3	1.400	XAVIER & COMÉRIO (1996)
Viveiro	0,1 x 0,1 m (Sistema hidropônico)	20-30 dias	7-15	2-3	1.000-1.500	*
Estufa	Vaso (8 L)	15 dias	30	2-3	512	HIGASHI et al. (1999)

* Valor médio das empresas florestais.

Fonte: HIGASHI et al. (2000a).

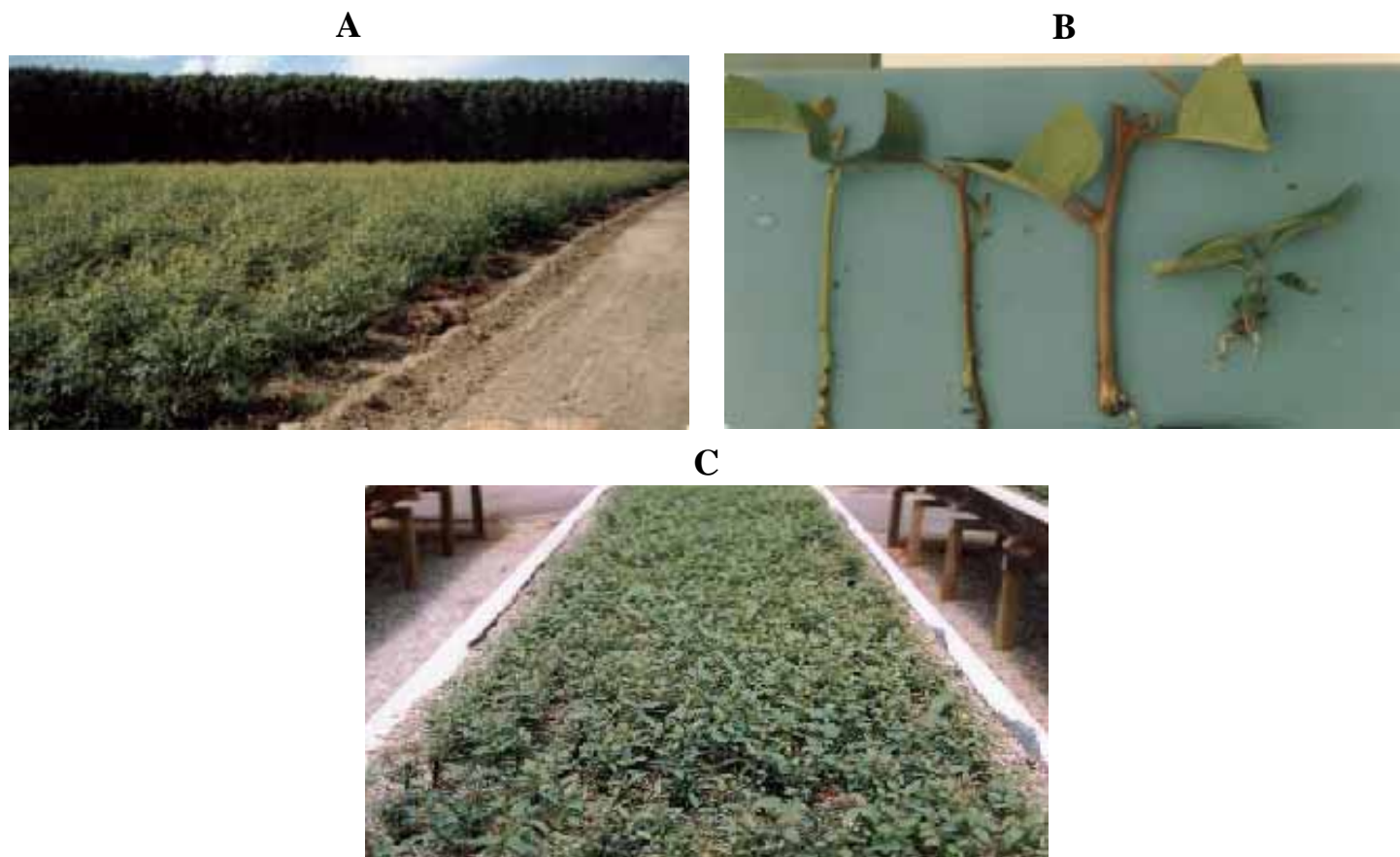


Figura 1. (A) Visão geral do macrojardim clonal adensado com 40.000 plantas.ha⁻¹. (B) Comparação entre macro e microestacas de eucalipto. (C) Minijardim clonal em canaletão de fibro-cimento com substrato areia com 100 plantas/m².

Vários sistemas hidropônicos foram testados: “floating”, calha de fibra de vidro com substrato do tipo resina fenólica, “piscina” de fibra de vidro ou tubos de PVC com substrato do tipo areia grossa ou resina fenólica. Este sistema foi denominado de minijardim clonal (HIGASHI et al., 2000a). Atualmente, o sistema mais utilizado é o de canaletão de fibro-cimento com substrato areia ou cascalho (Figura 1C).

3.1.2. Extração de nutrientes

Na Tabela 6 são apresentadas as quantidades de nutrientes contidas nas brotações por m² de macro e minijardim clonal de *Eucalyptus*. O minijardim clonal em areia e irrigado com solução nutritiva apresenta maior extração de nutrientes por área em relação ao macrojardim clonal, cultivado em solo.

3.1.3. Problemas nutricionais mais comuns: deficiências e excessos

Os problemas normalmente observados em minijardim são referentes à toxicidade e não às deficiências nutricionais. A toxicidade de manganês tem sido observada com certa frequência na produção de estacas. A concentração deste micronutriente nas folhas chega a ultrapassar 1.000 mg.kg⁻¹.

Outra toxicidade muito comum é a de boro. A causa mais frequente tem sido o descuido no preparo da solução nutritiva por técnicos não especializados que acabam errando na pesagem do ácido bórico. Em casos mais graves, pode ocorrer a mortalidade das minitouças, sendo que a concentração de B nas folhas atinge valores na faixa de 500 a 800 mg.kg⁻¹ (Figura 2).

Na condição de minijardim clonal têm aparecido sintomas de clorose internerval similares aos de deficiência de ferro e manganês. No entanto, nos resultados da análise foliar, as concentrações de Fe e Mn encontram-se adequadas. Normalmente, esses sintomas ocorrem em plantas pulverizadas intensamente com fungicidas (princípio ativo: Metalaxyl e Mancozeb, os quais contêm Mn e Zn) e inseticidas (grupo dos piretróides sintéticos) (Figura 3).

Tabela 6. Quantidades de nutrientes contidas nas brotações de macro e minijardim clonal por m², em função da idade.

Nutrientes	Minijardim clonal				Macrojardim clonal							
	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>				<i>E. saligna</i>				<i>E. grandis</i>			
	Idade (dias)											
	7	14	21	28	20	34	48	62	20	34	48	62
Macronutrientes												
g.m ⁻²												
Matéria seca	32,8	84,0	176,5	310,1	6,1	26,1	72,8	146,0	21,6	113,3	205,0	296,6
N	1,33	3,58	5,95	9,10	0,22	0,79	2,00	3,88	0,95	3,22	5,49	7,76
P	0,13	0,35	0,55	0,85	0,02	0,05	0,11	0,19	0,08	0,09	0,20	0,40
K	0,77	1,76	3,00	4,86	0,14	0,53	1,30	2,47	0,50	1,87	3,24	4,61
Ca	0,06	0,38	1,09	1,11	0,06	0,26	0,80	1,68	0,35	0,98	2,26	4,21
Mg	0,09	0,23	0,37	0,62	0,02	0,08	0,20	0,39	0,12	0,39	0,67	0,95
S	0,06	0,22	0,33	0,56	0,02	0,06	0,13	0,25	0,08	0,12	0,25	0,46
Micronutrientes												
mg.m ⁻²												
B	2,58	10,50	16,50	18,80	-	-	-	1,44	-	-	-	-
Cu	0,63	1,47	2,26	2,78	0,08	0,26	0,72	1,50	-	-	-	-
Fe	3,09	10,70	19,60	32,00	0,33	1,80	5,20	10,60	-	-	-	-
Mn	12,00	31,70	46,70	76,00	9,60	29,30	104,7	236	-	-	-	-
Zn	1,81	4,49	6,66	9,58	0,55	1,20	5,79	14,33	-	-	-	-

Fontes: SILVEIRA et al. (1995a,b); HIGASHI et al. (2000a).



Figura 2. Sintomas de toxicidade de boro em minitouças, em minijardim clonal hidropônico.



Figura 3. Sintoma associado à intensa aplicação de fungicida (A) ou inseticida (B).

A deficiência de cálcio é a mais freqüente em minijardim clonal, principalmente em situações em que as doses de N e o fornecimento de água são elevados. O principal sintoma é a podridão da base da miniestaca na fase de enraizamento, sob condições de casa de vegetação. A concentração de Ca nos ápices caulinares, nesta situação, não atinge 4 g.kg⁻¹. A recomendação é a pulverização foliar de cloreto de cálcio juntamente com a diminuição das doses de N e da quantidade de água (Figura 4A-B).

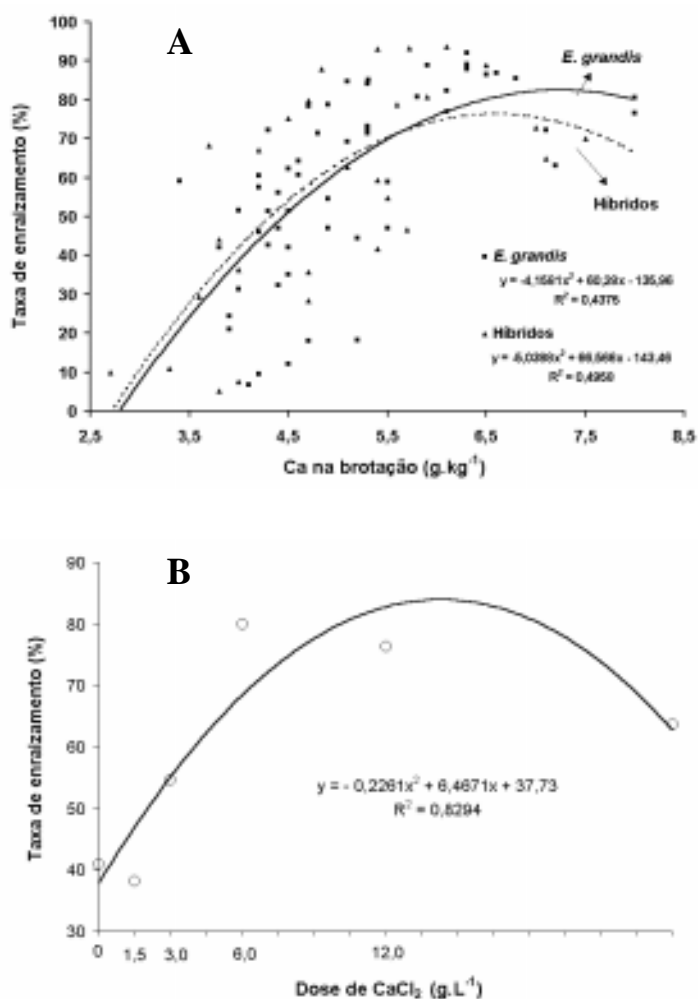


Figura 4. (A) Taxa de enraizamento das miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos em função da concentração de Ca na brotação; (B) Taxa de enraizamento do clone 40003 em relação às doses de cloreto de cálcio (HIGASHI et al., 2000b; FIRME et al., 2000).

3.1.4. Diagnose foliar

Os teores de macro e micronutrientes considerados adequados e deficientes para a produção de miniestacas são apresentados na Tabela 7 (HIGASHI et al., 2000a).

Tabela 7. Teores dos macro e micronutrientes considerados adequados, acima e abaixo dos adequados e deficientes para brotações de *Eucalyptus*, com idade entre 7 e 14 dias, em condição de mini/microjardim clonal.

Nutriente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
Macronutriente				
----- g.kg ⁻¹ -----				
N	> 40	28-40	20-28	< 20
P	> 4	2,5-4	1,5-4	< 1,5
K	> 30	15-30	10-15	< 10
Ca	> 7	5-7	3-5	< 3
Mg	> 4	2-3	1-2	< 1
S	> 2,5	2-2,5	1,3-2	< 1,3
Micronutriente				
----- mg.kg ⁻¹ -----				
B	> 70	35-70	20-35	< 20
Cu	> 15	8-15	5-8	< 5
Fe	> 220	101-220	75-100	< 75
Mn	> 700	250-500	150-250	< 150
Zn	> 80	30-60	20-30	< 20

Fonte: HIGASHI et al. (2000a).

3.1.5. Fertirrigação

Com base em vários ensaios, HIGASHI et al. (2000a) definiram as faixas adequadas de macro e micronutrientes na solução nutritiva de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus* (Tabela 8). A aplicação da solução nutritiva deve ser através de gotejamento.

As doses utilizadas na solução nutritiva devem ser corrigidas conforme a exigência nutricional de cada clone e da época do ano através do monitoramento nutricional, procurando correlacionar o teor foliar com a produtividade e o enraizamento das miniestacas.

Tabela 8. Doses médias de macro e micronutrientes utilizadas na solução nutritiva em condição de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus*.

Nutrientes	Doses (mg.L ⁻¹)
N	100-200
P	15-30
K	100-200
Ca	100-200
Mg	25-50
S	35-65
B	0,3-0,6
Cu	0,03-0,06
Fe	3-7
Mn	0,3-0,8
Mo	0,01-0,02
Zn	0,05-0,1
Si*	40-80

* O uso do Si pode diminuir a infestação de doenças (CHÉRIF & BÉLANGER, 1992; BÉLANGER et al., 1995; VITTI et al., 1997; EPSTEIN, 1999).

3.2. VIVEIRO

3.2.1. Sistema de produção de mudas

O sistema mais utilizado para a produção de mudas de *Eucalyptus* é o de recipiente plástico (Figura 5A). As mudas são produzidas em tubetes de polipropileno de 50 cm³ contendo substrato orgânico. Estes substratos são compostos de vermiculita, casca de arroz carbonizada, casca de *Eucalyptus* ou *Pinus* decomposta, húmus de minhoca ou cinza de caldeira. Uma das composições mais utilizadas na produção de mudas de *Eucalyptus* é: 50% de casca de *Eucalyptus* ou de *Pinus* decomposta + 30% de casca de arroz carbonizada + 20% de vermiculita.

Na Tabela 9 é apresentada uma escala para interpretação das características físicas e químicas de substrato usado na produção de mudas.

A Figura 5B mostra o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em função da relação C/N da casca de *Pinus*. O substrato utilizado foi composto de 60% de casca de *Pinus*, 30% de casca de arroz carbonizada e 10% de vermiculita.

3.2.2. Extração de nutrientes na fase de viveiro

A quantidade de matéria seca e o conteúdo de macronutrientes nas partes da muda de *Eucalyptus* são apresentados na Tabela 10. Notam-se variações nas quantidades dos nutrientes em função da idade da muda e das condições de manejo. As mudas de *E. grandis* Bofete foram rustificadas¹ para o plantio no campo, com isso apresentaram menor quantidade de N em relação às quantidades de K e Ca. As mudas de outros materiais genéticos que não passaram pelo processo de rustificação apresentaram conteúdo de N maior ou igual aos de K e Ca.

A rustificação tem como objetivo aumentar a resistência das mudas às condições adversas de plantio. Para que se consiga isto, a muda deve receber fertirrigações com baixa relação N/K, na faixa de 1/3 a 1/5, no final do ciclo de produção (75-95 dias) ou quando as mudas atingirem uma altura média de 20-25 cm.

As quantidades de micronutrientes, Al e Na contidas em mudas de *Eucalyptus grandis* encontram-se na Tabela 11.

¹ Rustificação é o processo pelo qual a muda passa antes de ser plantada no campo. Nesta fase, ocorre redução ou corte das adubações, principalmente nitrogenada, juntamente com o aumento do intervalo de irrigação. O objetivo é engrossamento do caule e o aumento da resistência da muda ao estresse do plantio.

Tabela 9. Escala de valores para interpretação de características físicas e químicas de substratos¹ usados para produção de mudas florestais no sistema de tubetes.

Característica	Nível		
	Baixo	Médio	Adequado
Densidade global (g.cm ⁻³)	< 0,25	0,25-0,50	0,45-0,55
Porosidade total (%)	< 55	55-75	75-85
Macroporosidade	< 20	20-40	35-45
Microporosidade	< 25	25-50	45-55
Capacidade máxima de retenção de água (mL/50 cm ³)	< 15	15-25	20-30
Relação C total/N total ⁽²⁾	8 a 12/1	12 a 18/1	8 a 12/1
pH em CaCl ₂ 0,01 M ⁽²⁾	< 5,0	5,0-6,0	5,5-6,5
P resina (mg.dm ⁻³) ⁽²⁾	< 200	200-400	400-800
K trocável (mmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	< 15	15-30	30-100
Ca trocável (mmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	< 100	100-150	100-200
Mg total (mmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	< 50	50-100	50-100
CTC efetiva (mmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	< 100	100-200	> 200

⁽¹⁾ Substratos constituídos basicamente de compostos orgânicos, com ou sem outros componentes.

⁽²⁾ Determinado segundo metodologia apresentada por RAIJ (1987).

Fonte: GONÇALVES & POGGIANI (1996).

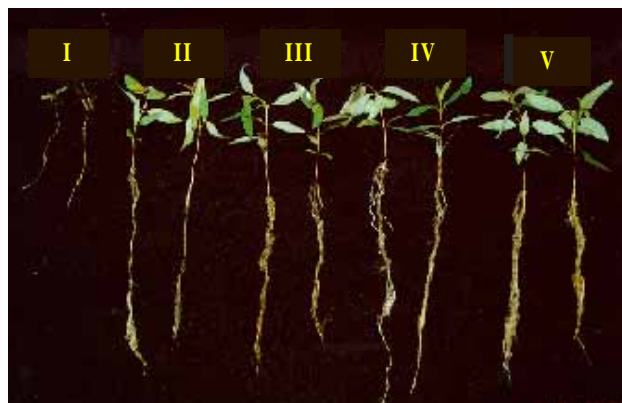
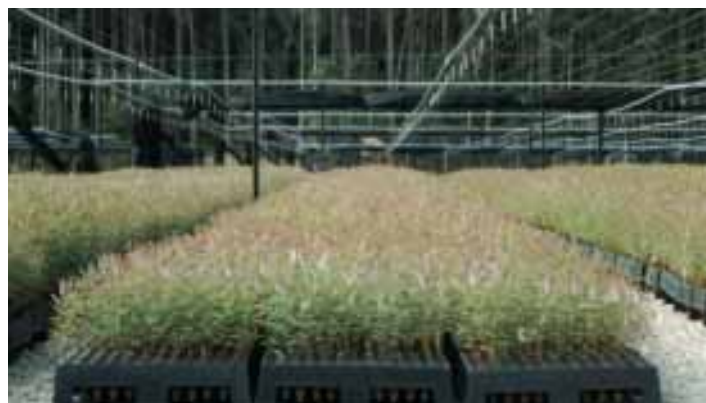


Figura 5. (A) Visão geral de um viveiro de produção de mudas de *Eucalyptus*; (B) Vista geral das mudas de *Eucalyptus grandis* em função da relação C/N do substrato. I: 0 kg de uréia.m⁻³ de casca de *Pinus* (C/N = 66,6); II: 4,35 kg de uréia.m⁻³ de casca de *Pinus* (C/N = 33,6); III: 6,5 kg de uréia.m⁻³ de casca de *Pinus* (C/N = 12,5); IV: 13 kg de uréia.m⁻³ de casca de *Pinus* (C/N = 12); V: 26 kg de uréia.m⁻³ de casca de *Pinus* (C/N = 10). Fonte: BOUCHARDET et al. (1999).

Tabela 10. Quantidades de matéria seca e macronutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* na fase de viveiro.

Parâmetros	Material genético	Idade (dias)	Referências*	Partes da planta			
				Folhas	Caule + Ramos	Raízes	Total
----- mg.muda ⁻¹ -----							
Matéria seca	Semente (Progênie 1)	110	1	726 (37)**	795 (41)	442 (22)	1.963
	Semente (Progênie 2)	110	1	507 (41)	454 (37)	279 (22)	1.240
	Semente Bofete	97	2	589 (47)	410 (33)	245 (20)	1.244
	Semente Capão Bonito	79	3	580 (60)	209 (22)	175 (18)	964
	Clone A7	90	4	310 (36)	437 (51)	115 (13)	862
	Clone D19	90	4	312 (36)	407 (47)	145 (17)	865
N	Semente (Progênie 1)	110	1	9,2 (59)	2,7 (17)	3,8 (24)	15,7
	Semente (Progênie 2)	110	1	8,6 (66)	2,1 (16)	2,3 (18)	13,0
	Semente Bofete	97	2	5,1 (65)	1,5 (19)	1,3 (16)	7,9
	Semente Capão Bonito	79	3	11,9 (65)	3,4 (18)	3,1 (17)	18,4
	Clone A7	90	4	6,0 (65)	2,2 (24)	1,0 (11)	9,2
	Clone D19	90	4	6,5 (59)	2,9 (26)	1,7 (15)	11,1
P	Semente (Progênie 1)	110	1	1,3 (28)	2,6 (57)	0,7 (15)	4,6
	Semente (Progênie 2)	110	1	0,9 (29)	1,7 (55)	0,5 (16)	3,1
	Semente Bofete	97	2	0,9 (29)	1,3 (42)	0,9 (29)	3,1
	Semente Capão Bonito	79	3	1,2 (48)	0,6 (24)	0,7 (28)	2,5
	Clone A7	90	4	0,6 (46)	0,6 (46)	0,1 (8)	1,3
	Clone D19	90	4	0,8 (53)	0,6 (40)	0,1 (7)	1,5
K	Semente (Progênie 1)	110	1	6,6 (42)	6,9 (44)	2,2 (14)	15,7
	Semente (Progênie 2)	110	1	5,3 (46)	4,8 (42)	1,4 (12)	11,5
	Semente Bofete	97	2	7,0 (47)	5,1 (34)	2,9 (19)	15,0
	Semente Capão Bonito	79	3	3,5 (56)	1,6 (25)	1,2 (19)	6,3
	Clone A7	90	4	3,4 (45)	2,9 (39)	1,2 (16)	7,5
	Clone D19	90	4	4,1 (42)	4,1 (42)	1,6 (16)	9,8
Ca	Semente (Progênie 1)	110	1	3,2 (44)	2,3 (32)	1,7 (24)	7,2
	Semente (Progênie 2)	110	1	2,5 (48)	1,6 (31)	1,1 (21)	5,2
	Semente Bofete	97	2	5,2 (42)	4,7 (38)	2,4 (20)	12,3
	Semente Capão Bonito	79	3	1,8 (49)	1,1 (30)	0,8 (21)	3,7
	Clone A7	90	4	2,1 (50)	1,7 (40)	0,4 (10)	4,2
	Clone D19	90	4	2,1 (45)	2,1 (45)	0,5 (10)	4,7
Mg	Semente - Progênie 1	110	1	3,3 (49)	0,7 (10)	2,8 (41)	6,8
	Semente - Progênie 2	110	1	2,6 (41)	0,7 (11)	3,0 (48)	6,3
	Semente Bofete	97	2	1,5 (48)	0,3 (10)	1,3 (42)	3,1
	Semente - Capão Bonito	79	3	1,2 (54)	0,3 (14)	0,7 (32)	2,2
	Clone A7	90	4	2,1 (60)	0,7 (20)	0,7 (20)	3,5
	Clone D19	90	4	2,0 (38)	1,0 (19)	2,3 (43)	5,3
S	Semente (Progênie 1)	110	1	1,0 (42)	0,6 (25)	0,8 (33)	2,4
	Semente (Progênie 2)	110	1	0,9 (47)	0,4 (21)	0,6 (32)	1,9
	Semente Bofete	97	2	0,6 (33)	0,3 (17)	0,9 (50)	1,8
	Semente Capão Bonito	79	3	0,91 (64)	0,16 (11)	0,35 (25)	1,42
	Clone A7	90	4	0,44 (66)	0,11 (17)	0,11 (17)	0,66
	Clone D19	90	4	0,44 (60)	0,15 (21)	0,14 (19)	0,73

* 1 = SILVEIRA (2000); 2 = SILVEIRA et al. (2000c, dados não publicados); 3 = HIGASHI et al. (1998), 4 = CAMARGO (1997).

** Valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

Tabela 11. Quantidades de micronutrientes, alumínio e sódio em mudas de *Eucalyptus grandis* na fase de viveiro.

Parâmetros	Material genético	Idade (dias)	Referências*	Partes da planta			Total
				Folhas	Caule + Ramos	Raízes	
----- µg.muda ⁻¹ -----							
B	Semente (Progênie 1)	110	1	22,7 (35)**	22,2 (34)	20,0 (31)	64,9
	Semente (Progênie 2)	110	1	23,5 (45)	14,9 (28)	14,5 (27)	52,9
	Semente Bofete	97	2	11,0 (42)	7,0 (27)	8,0(31)	26,0
	Semente Capão Bonito	79	3	8,5 (51)	5,4 (33)	2,7 (16)	16,6
Cu	Semente (Progênie 1)	110	1	2,9 (26)	2,4 (22)	5,7 (52)	11,0
	Semente (Progênie 2)	110	1	1,8 (22)	1,8 (22)	4,6 (56)	8,2
	Semente Bofete	97	2	5,0 (12)	4,0 (9)	33,0 (79)	42,0
	Semente Capão Bonito	79	3	2,6 (22)	3,1 (26)	6,1 (52)	11,8
Fe	Semente (Progênie 1)	110	1	321 (15)	156 (8)	1603 (77)	2.080
	Semente (Progênie 2)	110	1	309 (17)	103 (6)	1427 (77)	1839
	Semente Bofete	97	2	55 (14)	58 (14)	292 (72)	405
	Semente Capão Bonito	79	3	79 (23)	45 (13)	223 (64)	347
Mn	Semente (Progênie 1)	110	1	213 (55)	82 (21)	90 (24)	385
	Semente (Progênie 2)	110	1	177 (56)	51 (16)	89 (28)	317
	Semente Bofete	97	2	336 (53)	122 (19)	178 (28)	636
	Semente Capão Bonito	79	3	18 (47)	9 (24)	11 (29)	38
Mo	Semente - Capão Bonito	79	3	0,34 (24)	0,28 (19)	0,82 (57)	1,44
Zn	Semente (Progênie 1)	110	1	21 (17)	22 (18)	80 (65)	123
	Semente (Progênie 2)	110	1	14 (15)	12 (13)	68 (72)	94
	Semente Bofete	97	2	15 (22)	10 (15)	43 (63)	68
	Semente Capão Bonito	79	3	13 (12)	16 (15)	81 (73)	110
Al	Semente Capão Bonito	79	3	225 (21)	211 (20)	633 (59)	1.069
Na	Semente Capão Bonito	79	3	127 (34)	80 (21)	167 (45)	374

* 1 = SILVEIRA (2000); 2 = SILVEIRA et al. (2000c, dados não publicados); 3 = HIGASHI et al. (1998).

** Valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

3.2.3. Problemas nutricionais mais comuns nos viveiros: deficiências e excessos

A ocorrência de deficiências nutricionais em mudas de eucalipto na fase de viveiro, como no minijardim clonal, também é rara. Os principais problemas são referentes à toxicidade e a desequilíbrios nutricionais. As toxicidades nutricionais mais comuns são as de boro e de manganês.

3.2.4. Diagnose foliar na fase de viveiro

A diagnose foliar na fase de viveiro deve levar em consideração o estágio de desenvolvimento das mudas, uma vez que a concentração dos nutrientes nas folhas diminui com a idade das mudas. A relação N/K adequada na fase inicial de crescimento está na faixa de 1,4 a 2,0, enquanto na fase de rustificação está entre 0,6 e 1,0. A interpretação dos resultados deve ser feita com o auxílio da Tabela 12.

Tabela 12. Teores de macro e micronutrientes considerados adequados nas folhas de *Eucalyptus grandis* em função da idade da muda.

Nutrientes	Idade (dias)			
	30-45	45-60	60-80	80-100
----- Macronutrientes (g.kg ⁻¹) -----				
N	35-40	30-35	20-30	13-15
P	3,5-4,0	3,0-3,5	2,5-3,0	1,5-2,0
K	20-25	18-20	15-20	15-20
Ca	8-10	8-10	8-12	8-12
Mg	4,0-4,5	3,5-4,0	3,5-4,0	3,0-3,5
S	2,5-3,0	2,0-2,5	2,0-2,5	1,3-1,5
----- Micronutrientes (mg.kg ⁻¹) -----				
B	40-60	40-60	30-50	30-40
Cu	15-20	15-20	10-15	10-15
Fe	130-150	130-150	100-130	80-130
Mn	300-500	300-500	300-500	300-500
Zn	50-70	40-60	40-60	30-40
Nutrientes em relação à matéria seca (%)	5 a 7	4 a 6	3 a 4	3-3,5

3.2.5. Adubação das mudas de viveiro

3.2.5.1. Adubação do substrato (base)

A adubação de base deve ser realizada quando se produz o próprio substrato, em razão de quase sempre os níveis dos nutrientes presentes nos componentes estarem abaixo do adequado. No entanto, quando se opta pela compra de substratos comerciais, não existe necessidade de correção dos níveis destes nutrientes. Neste caso, pode-se fazer apenas uma suplementação com adubos de liberação lenta (Figura 6). A dose adequada, por m³, está na faixa de 1,5 a 3,0 kg de Osmocote 19-06-10, dependendo do substrato utilizado.

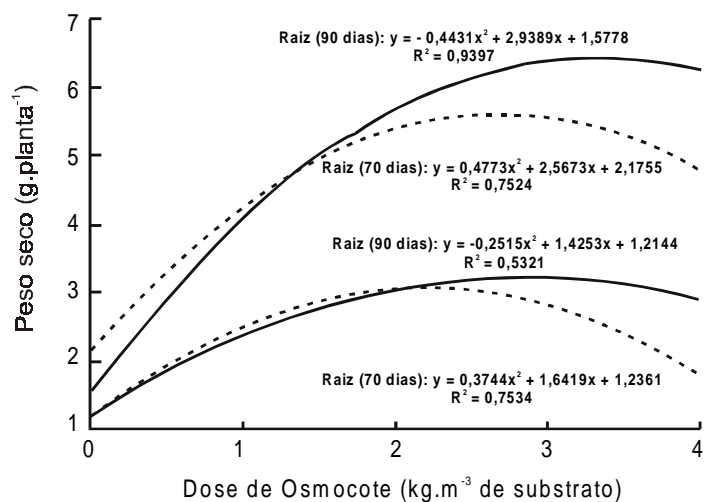


Figura 6. Relação entre quantidade de Osmocote® (19-06-10) adicionada ao substrato e produção de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*, aos 70 e 90 dias após o plantio. (SGARBI et al., 1999b).

A adubação de base tem como objetivo corrigir os níveis de nutrientes, principalmente de fósforo e micronutrientes. Os adubos são misturados aos componentes do substrato em betoneira.

Se o substrato apresentar pH entre 5,5 e 6,5, as fontes de fósforo mais recomendadas são superfosfato triplo ou superfosfato simples. Porém, em condições de elevada acidez (pH < 5,0) a fonte aplicada deve ser o termofosfato magnésiano, que tem como características fornecer P, Ca, Mg e corrigir a acidez do substrato. Outra alternativa seria corrigir o pH do substrato com a aplicação de calcário dolomítico e depois utilizar, como fonte de P, os superfosfatos. As doses utilizadas em 1 m³ de substrato devem estar na faixa de 300 a 500 g de P₂O₅, que equivalem a 1.100 a 2.800 g de superfosfato simples ou 1.250 a 3.100 g de termofosfato magnésiano. Em relação à aplicação de micronutrientes, sugere-se o uso de fontes de menor solubilidade, como os óxidos. Os adubos mais utilizados são as “fritas”. As doses (g.m⁻³) estão na faixa de 3 a 6 de B, 1 a 2 de Cu, 15 a 40 de Fe, 15 a 40 de Mn e 15 a 25 de Zn. Essas quantidades equivalem à aplicação de 150 a 300 g de FTE-BR12.m⁻³ de substrato (GONÇALVES et al., 1995).

3.2.5.2. Adubação de cobertura (fertirrigação)

A adubação de cobertura através da fertirrigação inicia-se 30 a 40 dias após a semeadura ou plantio das estacas, e visa prin-

cipalmente o fornecimento de N, K e B. Os adubos devem ser de alta solubilidade, podendo ser fornecidos através de sais simples (nitrato de potássio, nitrato de cálcio, etc.) ou de fórmulas existentes no mercado. O inconveniente no uso de fórmulas é que nem sempre elas suprem as necessidades nutricionais da muda, necessitando de suplementações com adubos simples. No entanto, umas das vantagens do seu uso é a facilidade de manuseio (menor número de produtos aplicados, menor ocorrência de erro na pesagem, no controle de estoque, etc.).

A quantidade de nutriente aplicada varia em função da espécie, da época do ano e do tipo de substrato. Na Tabela 13 é apresentada uma sugestão de concentrações dos macro e micronutrientes a serem utilizadas em fertirrigações diárias, na época de verão. Sugere-se que as doses utilizadas durante o inverno sejam 15 a 20% maiores que as usadas no verão. As fertirrigações devem ser realizadas uma vez ao dia, na última irrigação.

Tabela 13. Concentração dos nutrientes nas adubações de cobertura (fertirrigação) para os diferentes estádios de desenvolvimento das mudas, na época de verão.

Nutrientes	Adubações de cobertura		
	30 a 45 dias	45 a 70 dias	70 a 90 dias
	----- mg.L ⁻¹ -----		
N	240	260	0-40*
P	50	70	100
K	160	180	220
Ca	150	170	180
Mg	40	40	40
S	50	50	50
B	0,4	0,4	0,4
Cu	0,07	0,07	0,07
Fe	3,0	3,0	3,0
Mn	1,0	1,0	1,0
Mo	0,02	0,02	0,02
Zn	0,25	0,25	0,25

* Dependendo da necessidade de rustificação.

4. FASE DE FLORESTA (POVOAMENTO)

4.1. EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

Vários trabalhos mostram o conteúdo de macronutrientes nas diferentes partes da planta, em várias espécies de *Eucalyptus* (Tabela 14). Nota-se uma grande variação do conteúdo em função da espécie, idade, fertilidade do solo, produtividade e local. A quantidade total de nutrientes acumulada na parte aérea obedece a seguinte ordem de grandeza: N > Ca ≥ K > S ≥ Mg > P.

Em relação à exportação, nota-se que o cálcio é o nutriente mais beneficiado com o descascamento da madeira no campo, uma vez que 50% ou mais do Ca total está alocado na casca. Considerando-se somente a madeira, a porcentagem de nutrientes exportada em relação ao total pode variar de: 23 a 46% para N, 23 a 53% para P, 27 a 43% para K, 11 a 26% para Ca e 25 a 30% para Mg.

Um dentre os poucos trabalhos sobre o conteúdo de micronutrientes em *Eucalyptus* foi realizado por BELLOTE (1979). O manganês foi o micronutriente mais extraído e exportado, seguido por Fe, B, Cu e Zn (Tabela 14).

Tabela 14. Produtividade de florestas e o conteúdo de macronutrientes.

Espécie	Idade (anos)	Local	Produtividade		Partes da planta	N	P	K	Ca	Mg	S	Ref. ²
			MST ¹	Volume								
			(t.ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	----- kg.ha ⁻¹ -----							
<i>E. grandis</i>	6,1	Bom Despacho MG	185	-	Folhas	99 (31)*	5,6 (23)	35 (18)	16 (11)	12 (28)	-	1
					Ramos	39 (12)	3,8 (16)	38 (20)	19 (13)	5 (12)	-	
					Casca	37 (11)	8,4 (34)	66 (35)	87 (58)	15 (35)	-	
					Madeira	147 (46)	6,6 (27)	51 (27)	28 (19)	11 (25)	-	
					Total	322	24,4	190	150	43	-	
<i>E. grandis</i>	5,6	Carbonita MG	134	-	Folhas	46 (41)	2,3 (38)	7 (22)	5 (14)	3 (30)	-	1
					Ramos	15 (14)	1,1 (18)	4 (13)	3 (9)	1 (10)	-	
					Casca	16 (15)	1,3 (21)	10 (31)	18 (51)	3 (30)	-	
					Madeira	33 (30)	1,4 (23)	11 (34)	9 (26)	3 (30)	-	
					Total	110	6,1	32	35	10	-	
<i>E. grandis</i>	6,0	Mogi Guaçú SP	249	-	Folhas	88 (19)	4,4 (15)	28 (11)	32 (6)	7 (16)	11 (7)	2
					Ramos	39 (8)	2,2 (7)	23 (9)	85 (16)	13 (10)	11 (7)	
					Casca+madeira	345 (73)	23,5 (78)	194 (79)	401 (77)	105 (84)	138 (86)	
					Total	472	30,1	245	518	125	160	
<i>E. saligna</i>	9,0	Curvelo MG	170	289	Folhas	184 (48)	15 (27)	28 (20)	91 (25)	47 (31)	-	3
					Ramos	50 (13)	5 (9)	23 (16)	86 (24)	29 (19)	-	
					Casca	60 (16)	13 (23)	29 (21)	143 (40)	32 (21)	-	
					Madeira	88 (23)	23 (41)	61 (43)	40 (11)	44 (20)	-	
					Total	382	56	141	360	152	-	
<i>E. citriodora</i>	9,0	Curvelo MG	177	195	Folhas	130 (40)	20 (30)	141 (42)	60 (20)	39 (27)	-	3
					Ramos	25 (8)	5 (7)	25 (8)	22 (7)	13 (9)	-	
					Casca	52 (16)	7 (10)	78 (23)	144 (48)	54 (38)	-	
					Madeira	118 (36)	36 (53)	91 (27)	73 (25)	37 (26)	-	
					Total	325	68	335	299	143	-	

¹ Matéria seca total.

² 1 = REIS et al. (1987); 2 = BELOTTE (1979); 3 = PEREIRA et al. (1984).

* Valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

4.2. DIAGNOSE VISUAL NA FASE DE FLORESTA

A falta ou excesso de um ou mais nutrientes na planta provoca anormalidades visíveis (clorose, morte dos tecidos e redução de crescimento) denominadas de sintomas visuais, sendo características para cada nutriente. Quando ocorre a manifestação visual desses sintomas, o crescimento e a produção já foram comprometidos.

Para realizar o diagnóstico da deficiência ou toxicidade é importante, antes, observar os seguintes aspectos, de modo a não confundir as prováveis causas do sintoma visual:

a) Ocorrência de pragas e/ou moléstias - Pragas e moléstias podem provocar sintomas semelhantes aos sintomas de deficiência nutricional. Por exemplo: determinados fungos podem bloquear vasos condutores da planta resultando em seca de ponteiro, sintoma este semelhante ao da deficiência de boro.

b) Deriva de herbicida - A deriva de herbicida (por exemplo, do glifosato) pode provocar anomalias nas plantas, cujos sintomas são semelhantes aos das deficiências de boro, ferro e zinco (superbrotação das gemas laterais e folhas lanceoladas). O sintoma da fitotoxicidade por glifosato é a clorose das folhas novas, que se inicia na base do limbo, estendendo-se em direção ao ápice, podendo acarretar a morte do ponteiro.

c) Distribuição dos sintomas de anormalidade dentro da área - Quando se trata de sintomas de deficiência ou toxicidade nutricionais, estes distribuem-se nos talhões ou glebas abrangendo grandes áreas e raramente aparecem em pequenas áreas.

d) Gradiente do sintoma - Os sintomas de deficiência nutricional apresentam gradientes em função dos diferentes níveis de mobilidade dos elementos na planta. Para os nutrientes de alta retranslocação, ou móveis (N, P, K e Mg), os sintomas são mais intensos nas folhas mais velhas; para os nutrientes de baixa retranslocação, ou pouco móveis (S, Cu, Fe, Mn e Zn), os sintomas são mais intensos nas folhas novas e extremidades de crescimento (raiz, ápice); e para os nutrientes considerados imóveis (Ca e B), os sintomas ocorrem nas folhas novas, nas gemas apicais e nas extremidades de crescimento.

e) Simetria do sintoma - Os sintomas de deficiência nutricional ocorrem de maneira simétrica, ou seja, nas folhas de ambos os lados dos ramos. Caso contrário, as anormalidades observadas podem ser devidas a outros fatores, como, por exemplo, ataque de pragas e/ou doenças (Figura 7).

SILVEIRA et al. (1995c) realizaram um levantamento sobre a ocorrência de deficiências nutricionais em florestas plantadas com *Eucalyptus* de 22 empresas florestadoras. Concluíram que as deficiências de K, P e B foram as mais frequentes (Figura 8).



Figura 7. Gradiente e simetria dos sintomas visuais de deficiência nutricional em *Eucalyptus*.

Para auxiliar na identificação dos sintomas de deficiências em eucalipto elaborou-se a chave de identificação que segue abaixo.

Na Tabela 15 são descritos os sintomas de deficiências de macro e micronutrientes em árvores de *Eucalyptus*.

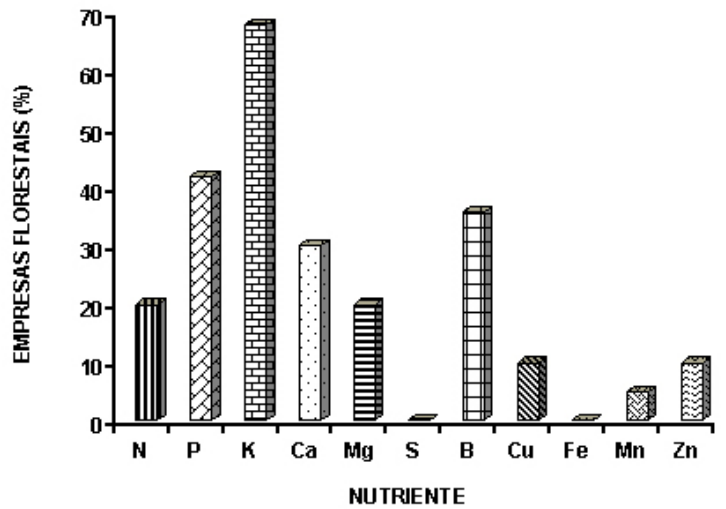


Figura 8. Frequência de sintomas de deficiência nutricional em eucaliptos, para diferentes elementos, nas 22 empresas florestadoras consultadas.

A Tabela 16 mostra a ocorrência de deficiências nutricionais em povoamentos de eucalipto no Brasil.

As Figuras 9 a 18 mostram os sintomas de deficiência de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Fe, Mn e Zn).

CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO DOS SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS

A. Os sintomas surgem inicialmente ou são mais severos nas folhas mais velhas

A.1. Clorose

- A.1.1. Seguida de avermelhamento uniforme do limbo foliar no estágio mais avançado N
- A.1.2. Marginal seguida de avermelhamento e necrose das margens da folha K
- A.1.3. Internerval e aparecimento de pontos necróticos no estágio mais avançado Mg

A.2. Coloração verde-azulada

- A.2.1. Seguida de coloração roxa e manchas necróticas em todo o limbo foliar P

B. Os sintomas surgem inicialmente nos órgãos mais novos

B.1. Clorose das folhas novas

- B.1.1. Internerval, ficando somente as nervuras com coloração verde-escura Fe
- B.1.2. Internerval, permanecendo as nervuras e tecidos adjacentes com coloração verde-escura Mn
- B.1.3. Generalizada em toda a lâmina foliar e avermelhamento no estágio mais avançado S

B.2. Deformação das folhas novas

- B.2.1. Sem morte das gemas apicais e ponteiros, folhas pequenas e lanceoladas e internódios curtos Zn
- B.2.2. Morte das gemas apicais, brotação das gemas laterais e formação de protuberância na base das gemas laterais
 - B.2.2.1. Sem clorose nas folhas Cu
 - B.2.2.2. Com clorose e presença de nervuras salientes nas folhas, e seca ou quebra de ponteiro no estágio avançado B
- B.2.3. Sem formação de protuberâncias na base das gemas laterais e sem morte dos ramos laterais Ca

Tabela 15. Sintomas visuais de deficiências dos macronutrientes e micronutrientes em *Eucalyptus*.

Nutrientes	Características dos sintomas visuais
Macronutrientes	
N	Inicialmente as folhas velhas apresentam coloração verde clara, que vão ficando amarelcidas e com pequenos pontos avermelhados ao longo do limbo. Posteriormente, os pontos cobrem todo o limbo, ocorrendo um avermelhamento generalizado (Figura 9).
P	As folhas velhas ficam com coloração verde escura, mostrando-se arroxeadas próximo às nervuras e com pontuações escuras ao longo do limbo. No estágio final, as pontuações tornam-se necróticas (Figura 10).
K	Inicialmente as folhas velhas apresentam avermelhamento das bordas que progride em direção ao centro da folha. Nesta fase, muitas vezes ocorre um secamento das pontas das folhas (Figura 11).
Ca	As folhas novas mostram deformação seguida de enrolamento. Apesar de bem menos freqüente que a deficiência de B, pode ocorrer a morte das gemas apicais, podendo, em estádios mais avançados, ocorrer a seca de ponteiro (Figura 12).
Mg	As folhas velhas apresentam manchas amareladas, com as nervuras permanecendo verdes. Além dessas manchas, formam-se outras, numerosas, marrons, de tamanho, forma e contornos variáveis, podendo também ocorrer clorose internerval (Figura 13).
S	As folhas novas mostram leve clorose ou avermelhamento de forma uniforme (Figura 14).
Micronutrientes	
B	As folhas novas apresentam intensa clorose marginal seguida de secamento das margens. As nervuras tornam-se extremamente salientes com posterior necrose (aspecto de “costelamento”). As folhas mais novas apresentam-se encarquilhadas e espessas. Na planta ocorre perda de dominância causada pela morte da gema apical. No estágio final, observa-se seca de ponteiro e morte descendente dos ramos, com posterior superbrotamento das gemas laterais, resultando na bifurcação do tronco. Em algumas situações pode ocorrer quebra do ponteiro (Figura 16).
Cu	Folhas novas deformadas; morte descendente dos ramos, caules e ramos tortuosos; perda de lignificação, ficando os ramos e o caule com aspecto de “caídos”.
Fe	As folhas novas apresentam clorose internerval com aparência de um reticulado fino, ou seja, as nervuras ficam verde-escuras, enquanto o limbo foliar fica verde-claro (Figura 17).
Mn	As folhas novas apresentam clorose internerval com aparência de reticulado grosso, ou seja, as nervuras e áreas adjacentes ficam verde-escuras enquanto o restante do limbo foliar permanece verde-claro (Figura 18).
Zn	As folhas novas tornam-se lanceoladas, estreitas e pequenas (Figura 15). Na região apical ocorre um superbrotamento das gemas com posterior perda da dominância. A árvore fica sem ponteiro dominante, acarretando uma redução no crescimento em altura.

Tabela 16. Registro de ocorrência de sintomas visuais de deficiências nutricionais em plantios de eucalipto.

Local	Tipo de solo	Nutriente	Causas da deficiência	Fonte
Itatinga/SP	Areia Quartzosa	K e B	Solo pobre e adubação abaixo das exigências nutricionais	SILVEIRA et al. (1995d, 1995e)
Luiz Antônio/SP	Areia Quartzosa	B	Solos com baixos teores de B associados a déficit hídrico	SILVEIRA (dados não publicados)
Lençóis Paulista/SP	Areia Quartzosa e Latossolos arenosos	K e B	Solo pobre e adubação abaixo das exigências nutricionais	SILVEIRA et al. (1999)
Lençóis Paulista/SP	Areia Quartzosa e Latossolos arenosos	K	Plantios com excessiva aplicação de lama cal (competição de K e Ca pelo mesmo sítio de absorção)	SILVEIRA et al. (1999)
Paraibuna/SP	Podzólicos	N	Solos com baixos teores de matéria orgânica e altos teores de K trocável (> 2 mmol _c .dm ⁻³)	SILVA et al. (2000)
Sul da Bahia	Podzóis	N	Solos com baixos teores de matéria orgânica	SILVEIRA et al. (2000a)
Sul da Bahia	Podzólicos e Podzóis	Ca	Solos com baixos teores de Ca disponível (< 5 mmol _c .dm ⁻³)	SILVEIRA et al. (2000a)
Mogi-Guaçu/SP, Casa Branca/SP, Itirapina/SP, Itatinga/SP e Angatuba/SP	Areia Quartzosa e Latossolos arenosos	K e Mg	Solos pobres, com baixos teores de K e Mg disponíveis, associados a adubações inferiores às exigências nutricionais	BELOTTE & FERREIRA (1993)
Norte e Noroeste de Minas Gerais	Latossolos arenosos	B	Solos com baixos teores de B associados ao déficit hídrico	MORAIS (1999)
Capão Bonito/SP	Latossolos Vermelho-Escuros argilosos	K, Cu e Zn	Solos com baixos teores de K, Cu e Zn disponíveis associados a adubações inferiores às exigências nutricionais	SILVEIRA et al. (1998b)

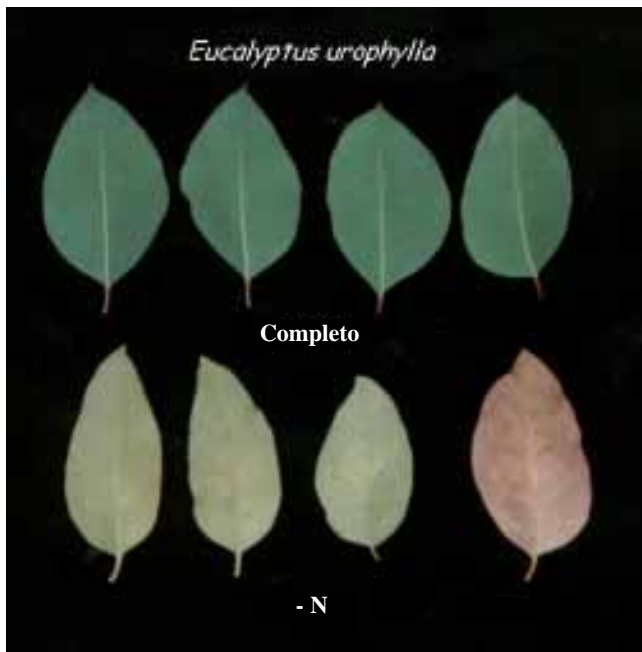
A



B



C



D



E



F

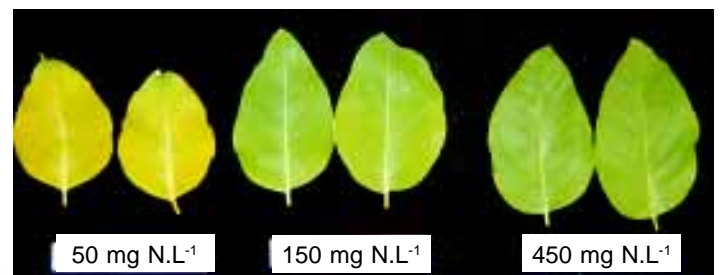


Figura 9. Sintomas de deficiência de nitrogênio em eucalipto. (A) Progressão dos sintomas foliares em *E. grandis* x *E. urophylla*. (B) Folhas deficientes e normais em *E. globulus*. (C) Folhas deficientes e normais em *E. urophylla*. (D) Amarelecimento generalizado da brotação de clone de *E. grandis*. (E) Sintomas de deficiência de N em brotação de *E. citriodora*. (F) Sintomas foliares em clone de *E. urophylla* x *E. grandis* em função de doses de nitrogênio na solução nutritiva.

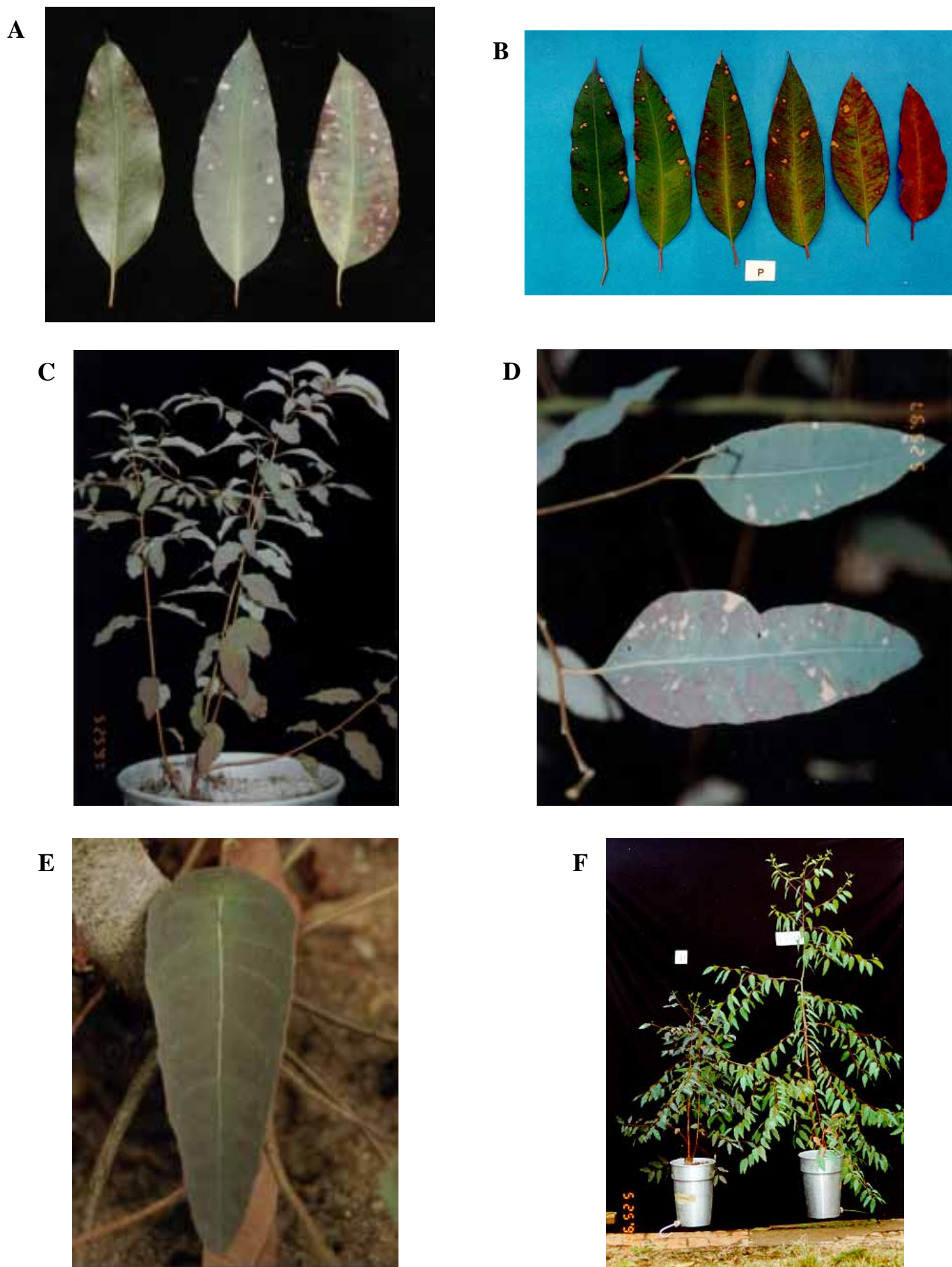


Figura 10. Sintomas de deficiência de fósforo em eucalipto. (A) e (B) Progressão dos sintomas foliares em *E. grandis* x *E. urophylla*. (C) Brotação de *Eucalyptus* spp. (D) Manchas arroxeadas e necróticas em *E. grandis* x *E. urophylla*. (E) Folha deficiente em *E. citriodora*. (F) Brotação deficiente e normal em *E. grandis* x *E. urophylla*.

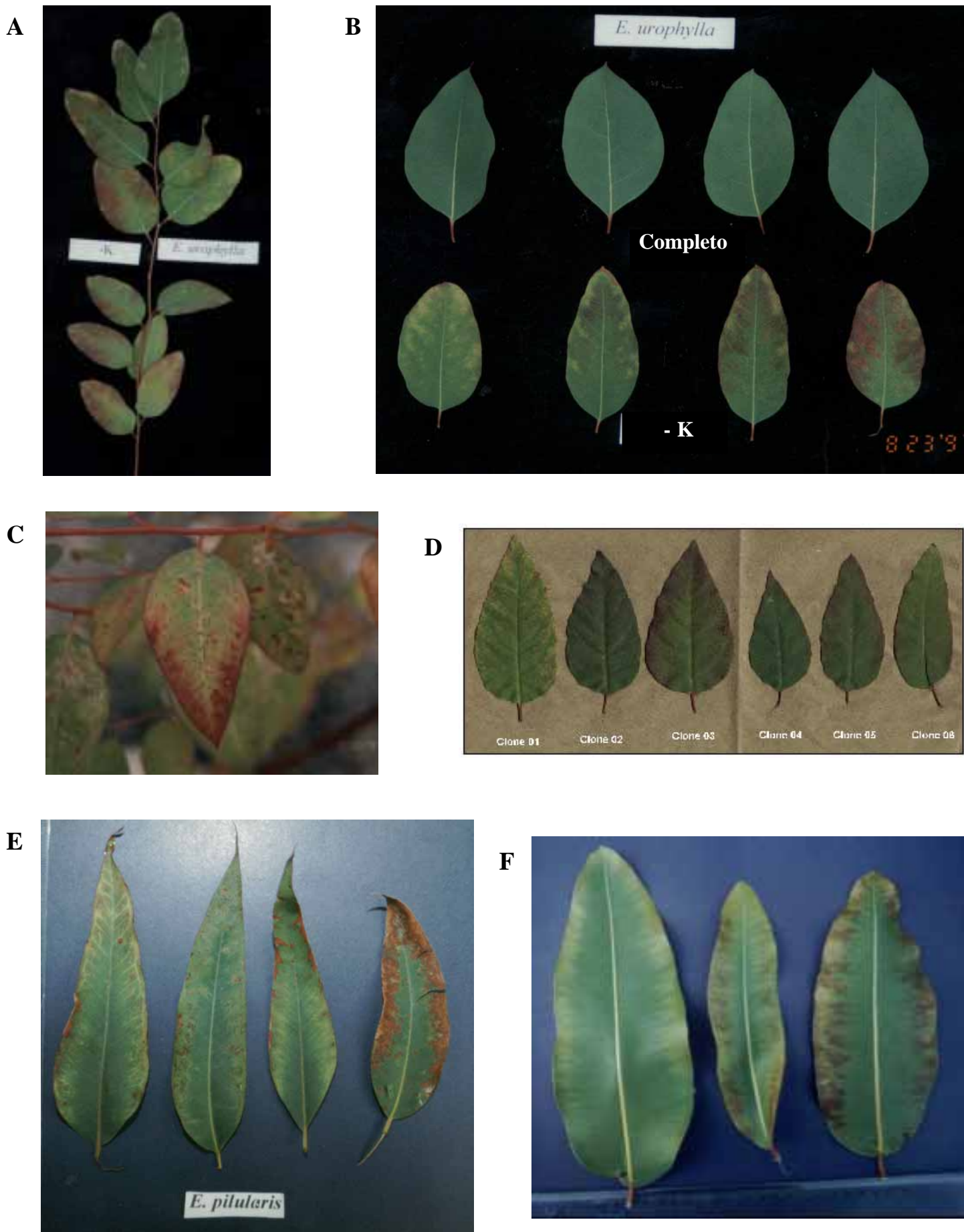


Figura 11. Sintomas de deficiência de potássio em eucalipto. (A) Progressão dos sintomas foliares conforme a posição das folhas no ramo de *E. urophylla*. (B) Folhas normais e deficientes em *E. urophylla*. (C) Avermelhamento marginal em *E. grandis*. (D) Sintomas de deficiência de potássio em vários clones de eucalipto. (E) Clorose seguida de necrose das margens das folhas em *E. pilularis*. (F) Clorose e avermelhamento marginal em *E. ptychocarpa*.

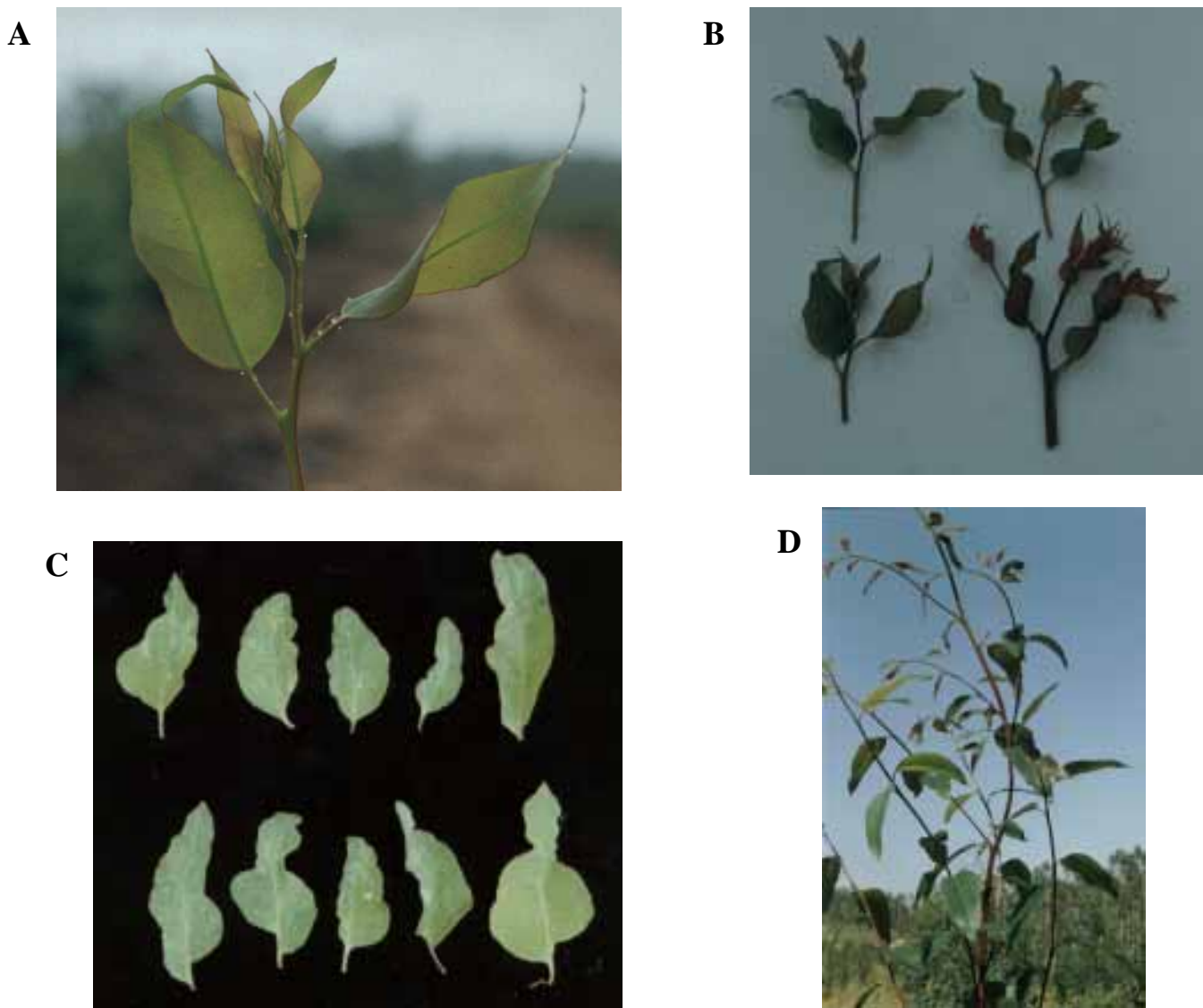


Figura 12. Sintomas de deficiência de cálcio em eucalipto. (A e B) Folhas novas retorcidas de *E. grandis* x *E. urophylla*. (C) Folhas novas deformadas em *E. grandis*. (D) Ponteiro pêndulo em *E. grandis* x *E. urophylla*.



Figura 13. Sintomas de deficiência de magnésio. (A) Clorose internerval em *E. grandis* x *E. urophylla*. (B) Progressão dos sintomas conforme posição das folhas no ramo de *E. grandis*.

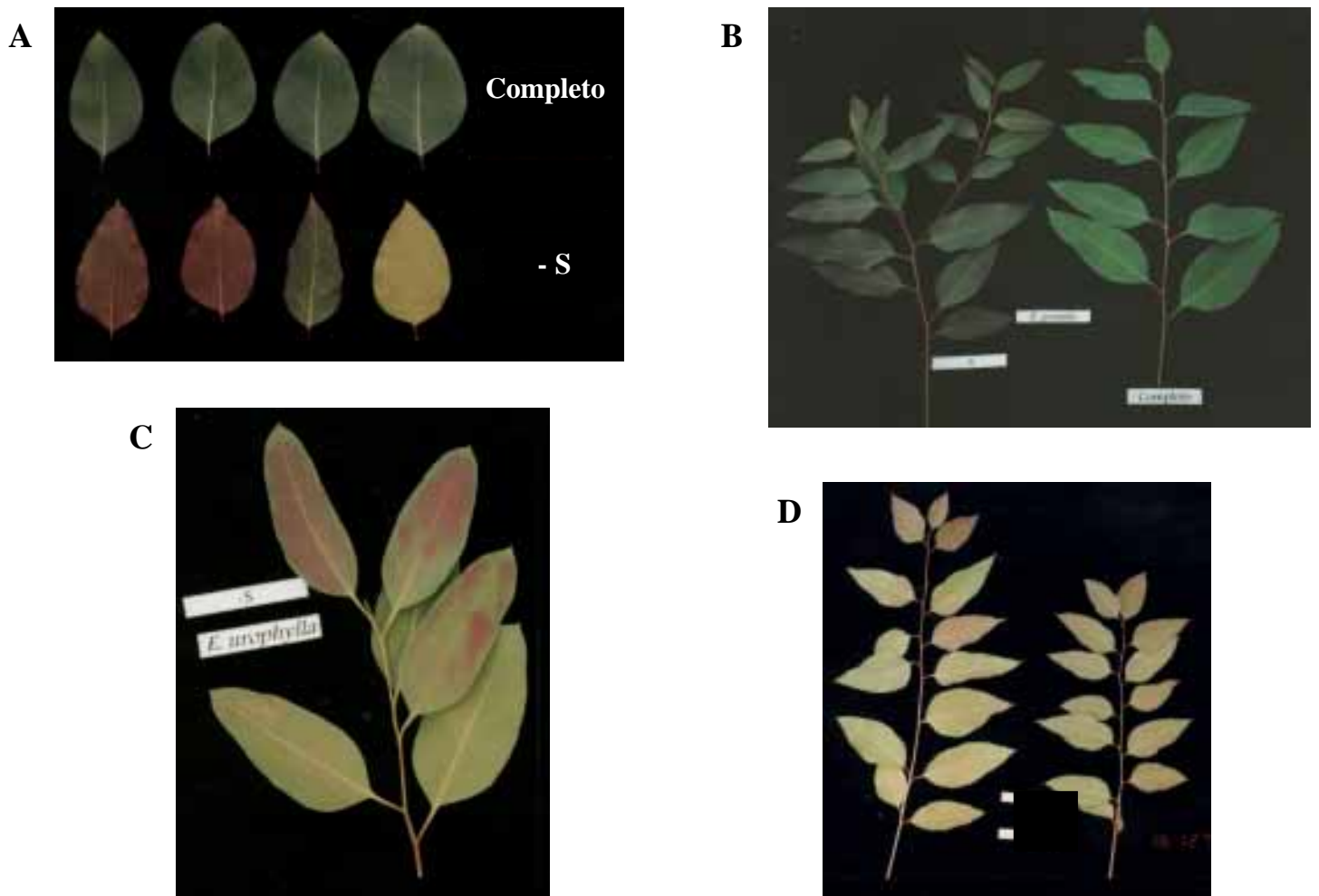


Figura 14. Sintomas de deficiência de enxofre. (A e B) Folhas normais e deficientes em *E. urophylla* e *E. grandis*. (C e D) Clorose e avermelhamento das folhas novas em *E. urophylla* e *E. grandis*.

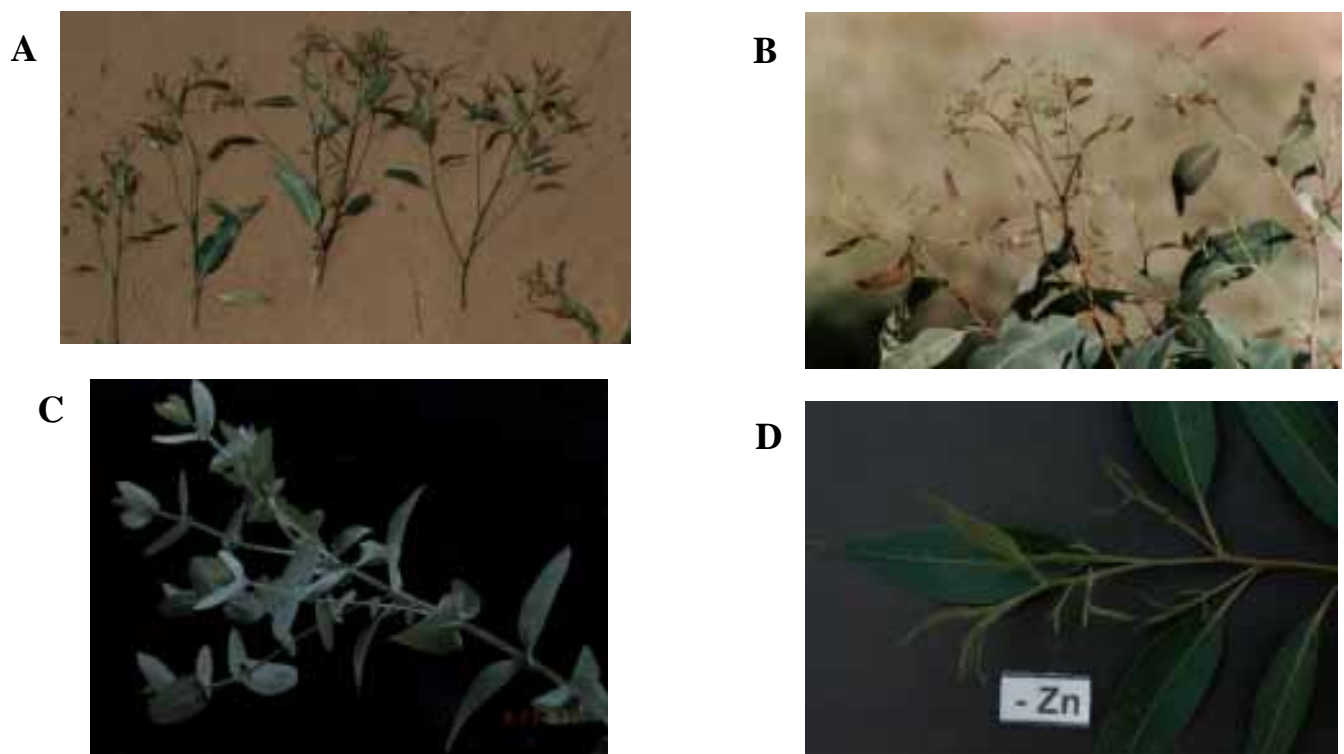


Figura 15. Sintomas de deficiência de zinco. (A) Superbrotação em *Eucalyptus grandis*. (B) Folhas pequenas e lanceoladas em *E. grandis*. (C) Superbrotação em *Eucalyptus globulus*. (D) Folhas lanceoladas em clone de *E. grandis* x *E. urophylla*.

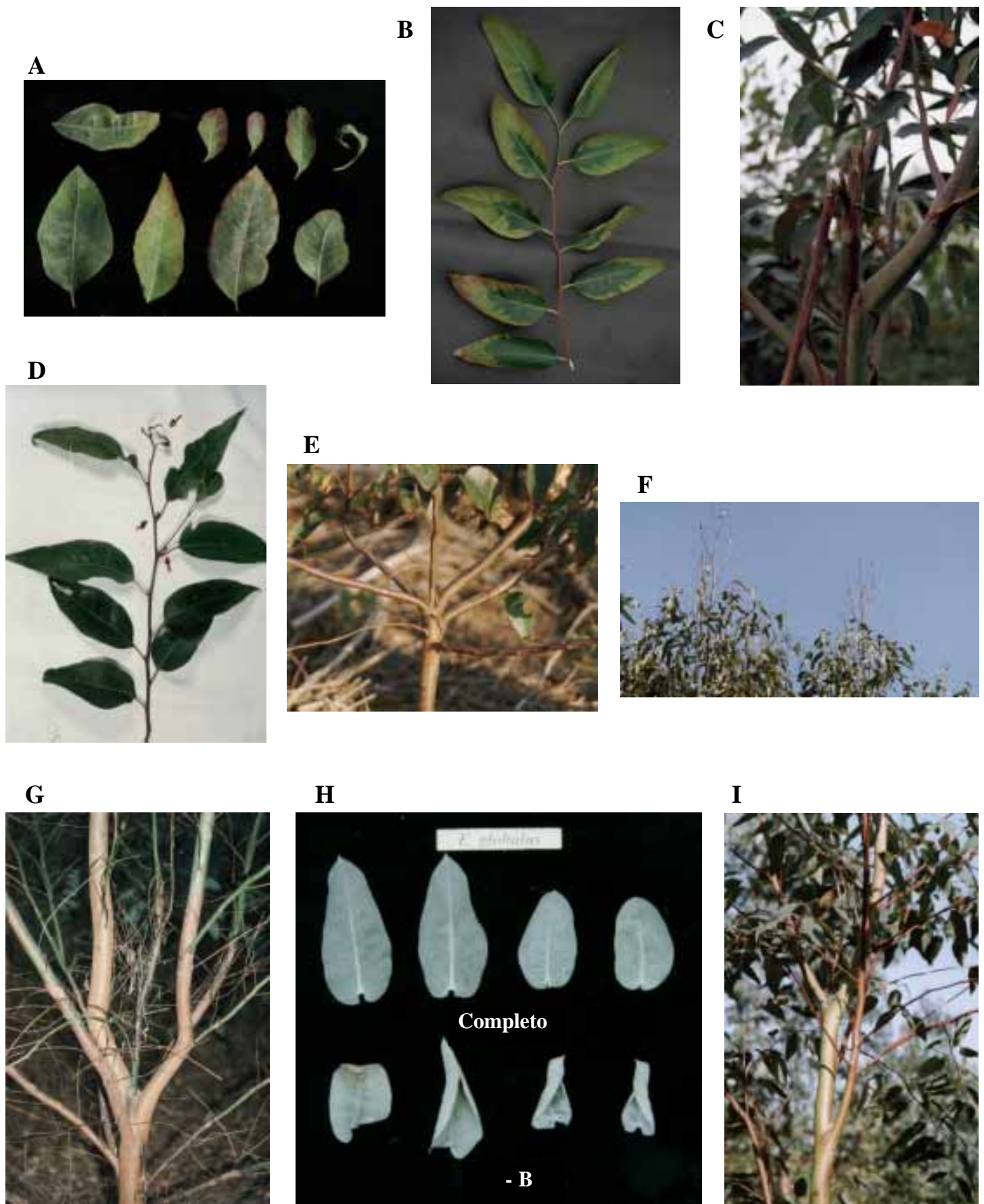


Figura 16. Sintomas de deficiência de boro. (A) Clorose das folhas e presença de nervuras salientes dando o aspecto de “costela” em clone de *E. grandis* x *E. urophylla*. (B) Progressão da clorose marginal conforme posição das folhas no ramo. (C) Quebra do ponteiro em árvore de *E. urophylla* deficiente em boro. (D) Morte da gema apical e brotações das gemas axilares em *Eucalyptus grandis*. (E) Perda da dominância e superbrotação em *Eucalyptus grandis*. (F) Seca de ponteiro em *E. grandis*. (G) Seca de ponteiro e bifurcação do tronco em *Eucalyptus grandis*. (H) Folhas normais e deficientes em *Eucalyptus globulus*. (I) Bifurcação do tronco em *Eucalyptus urophylla*.

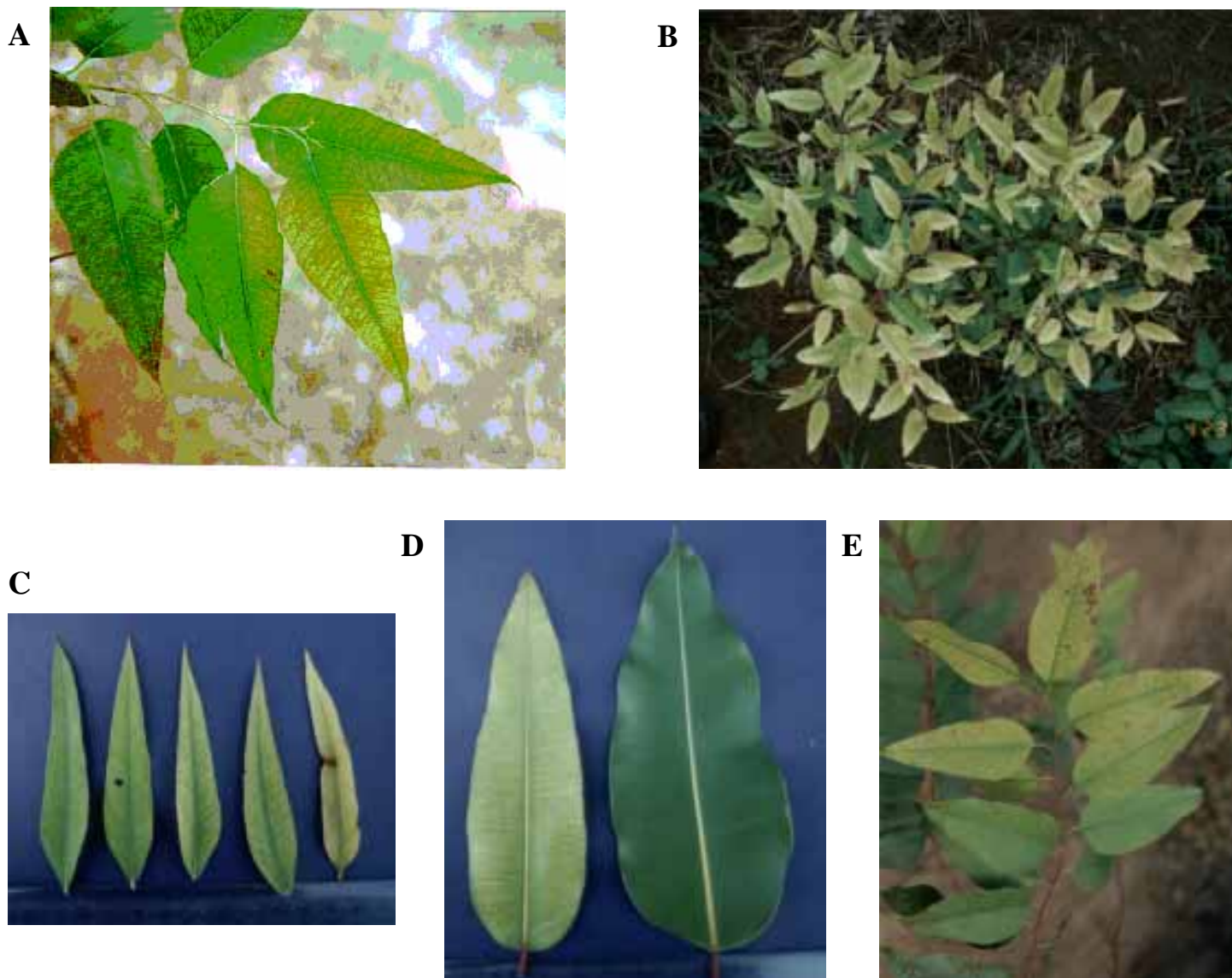


Figura 17. Sintomas de deficiência de ferro. (A) Clorose internerval das folhas novas (“reticulado fino”) em *E. grandis*. (B) Amarelecimento generalizado de brotações de clone de *Eucalyptus grandis*, em macrojardim clonal. (C) Progressão da clorose internerval em *Eucalyptus pilularis*. (D) Folha deficiente e normal em *Eucalyptus ptychocarpa*. (E) Clorose internerval e pequenas manchas avermelhadas em folhas novas de *E. grandis*.

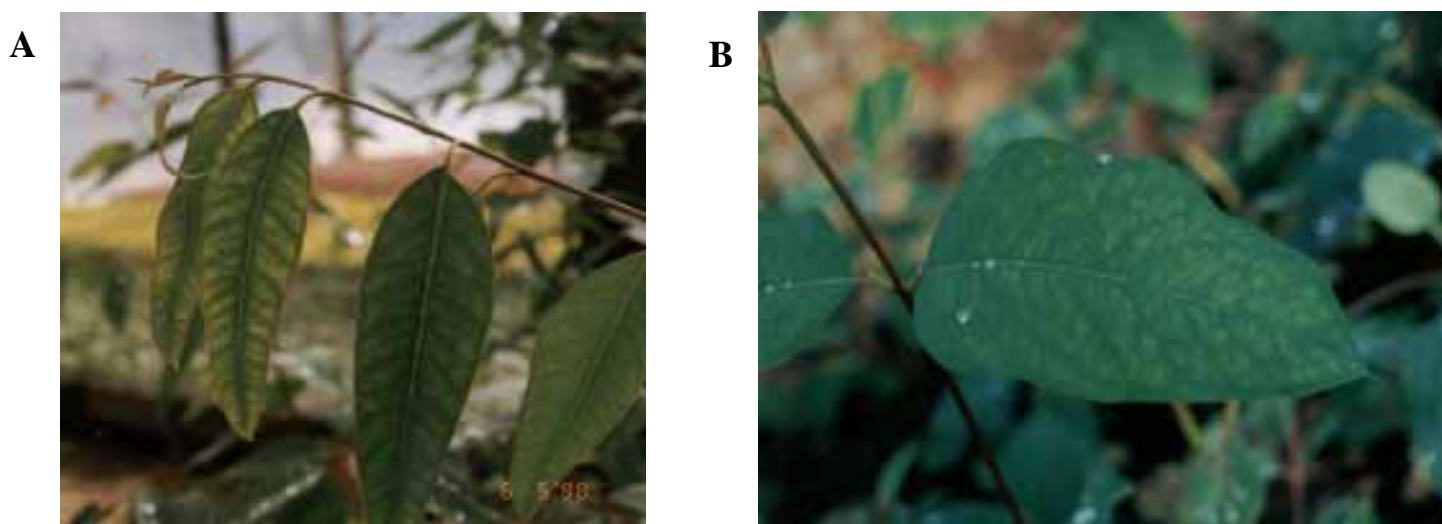


Figura 18. Sintomas de deficiência de manganês. (A) Clorose internerval das folhas novas (“reticulado grosso”) em clone de *Eucalyptus* – estágio avançado. (B) Estádio inicial da clorose internerval em folhas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

4.3. DIAGNOSE FOLIAR NA FASE DE FLORESTA

A diagnose foliar tem as seguintes aplicações: avaliar o estado nutricional, identificar deficiências e distúrbios nutricionais, avaliar a necessidade de adubos e ajustar os programas de adubação.

As folhas a serem coletadas são as duas primeiras completamente desenvolvidas (3ª ou 4ª par de folhas) de ramos situados no terço superior da copa da árvore.

Número de folhas coletadas: entre 40 e 80 folhas por hectare.

Número de árvores amostradas: 10 por hectare.

Na Tabela 17 são apresentadas as faixas de concentrações dos macro e micronutrientes para a interpretação de análise foliar do eucalipto.

4.4. ADUBAÇÃO NA FASE DE FLORESTA

4.4.1. Corretiva

a) Calcário

A maioria das espécies de *Eucalyptus* utilizadas no Brasil tem-se mostrado tolerante a alumínio. A aplicação de calcário tem como objetivo o fornecimento de Ca e Mg (BARROS et al., 1990; BARROS & NOVAIS, 1996). As quantidades fornecidas de Ca e Mg devem ser suficientes para atender à demanda nutricional do *Eucalyptus* durante o ciclo de produção.

Em solos com baixo teor de Ca e Mg, a quantidade aplicada de calcário deve ser baseada no conteúdo de Ca presente na biomassa, aos sete anos de idade, que normalmente varia de 150 a 400 kg de Ca.ha⁻¹, em função do material genético e do tipo de solo. A dose média de calcário dolomítico tem ficado entre 1,0 e 2,5 t.ha⁻¹.

b) Fósforo natural

A maioria dos solos cultivados com *Eucalyptus* é deficiente em fósforo e também tem alta capacidade de fixação do elemento. A aplicação do nutriente é essencial nos programas de adubação (BARROS & NOVAIS, 1996). A aplicação de fosfatos naturais é recomendada para solos com pH (CaCl₂) menor que 5,0. A fonte preferencial deve ser os fosfatos sedimentares por apresentarem maior quantidade de P disponível às plantas, quando comparados aos fosfatos de origem ígnea.

BARROS et al. (1992) indicam a importância da aplicação de fósforo em um maior volume de solo, mediante a aplicação de fosfato natural. Nos povoamentos, a recomendação é de 1,0 t.ha⁻¹ em área total (Figura 19) ou 500 kg.ha⁻¹ em faixas de 1,0-1,5 m, sendo incorporado antes ou após o plantio.

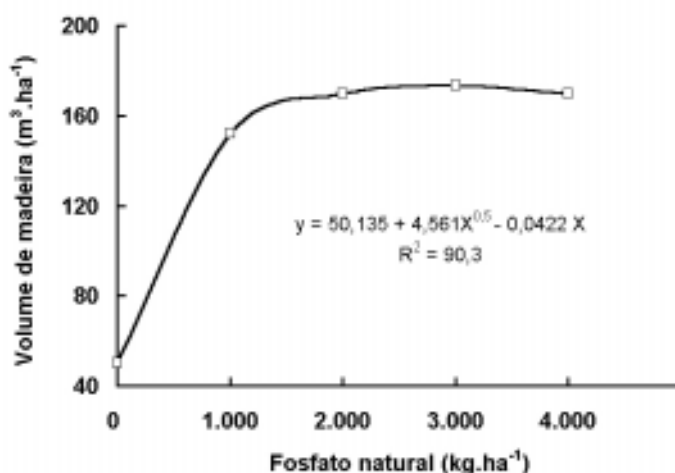


Figura 19. Volume de *Eucalyptus grandis*, aos 6,5 anos de idade, em resposta à aplicação de fosfato natural (BARROS et al., 1992).

Tabela 17. Interpretação dos dados de análise de folhas para eucalipto.

Nutrientes	Faixas adequadas				Faixas deficientes		
	Malavolta et al. (1997) ⁽¹⁾	Dell et al. (1995) ⁽²⁾	Gonçalves (1995) ⁽³⁾	Silveira et al. (1998b, 1999) ⁽²⁾	Malavolta (1987) ⁽³⁾	Dell et al. (1995) ⁽²⁾	Silveira et al. (1998b, 1999) ⁽²⁾
----- Macronutrientes (g.kg ⁻¹) -----							
N	21-23	18-34	13,5-18	22-27	8-13	-	< 16
P	1,3-1,4	1,0-2,2	0,9-1,3	1,7-2,2	0,4-0,8	-	< 1,1
K	9-10	9-18	9-13	8,5-9,0	6-8	5-6	< 7,0
Ca	5-6	3-6	6-10	7,1-11	2-4	-	< 5,5
Mg	2,5-3	1,1-2,1	3,5-5	2,5-2,8	1,5-2,0	-	< 2,1
S	1,5-2,5	1,5-2,3	1,5-2	1,5-2,1	0,8-1,2	-	< 1,3
----- Micronutrientes (mg.kg ⁻¹) -----							
B	25-30	15-27	30-50	34-44	15-20	-	< 21
Cu	7-10	2-7,4	7-10	6-7	4-6	-	< 4
Fe	100-140	63-128	150-200	65-125	75-100	-	-
Mn	300-400	193-547	400-600	200-840	< 100	-	-
Zn	12-17	17-42	35-50	15-20	20-30	-	< 7

⁽¹⁾ Dados referentes a *Eucalyptus grandis* com alta produtividade de madeira.

⁽²⁾ Dados referentes a povoamentos de *Eucalyptus grandis*.

⁽³⁾ Dados médios para as espécies de *Eucalyptus* mais plantadas no Brasil.

4.4.2. Adubação de plantio

A adubação de plantio visa principalmente o fornecimento de fósforo, cobre e zinco. Em solos com baixo teor de matéria orgânica e de potássio disponível deve-se também utilizar pequenas doses de N e K.

A Tabela 18 mostra as doses de zinco e de cobre a serem utilizadas em função da disponibilidade destes micronutrientes no solo. Sugere-se a aplicação de 10 kg de N.ha⁻¹ e de 20 kg de K₂O.ha⁻¹. Os adubos são localizados em sulco, ou em cova de plantio nas regiões mais acidentadas. A fonte de P recomendada deve ser de alta solubilidade, como os superfosfatos.

A Tabela 19 indica as doses de fósforo utilizadas em função do P disponível e do teor de argila do solo.

Tabela 18. Recomendação de zinco e de cobre para *Eucalyptus* de acordo com o teor destes micronutrientes no solo (camada de 0-20 cm).

Teor	Disponível no solo		Doses recomendadas	
	Zn-EDTA	Cu-EDTA	Zn	Cu
	----- (mg.dm ⁻³) -----		---- (kg.ha ⁻¹) ----	
Muito baixo	< 0,25	< 0,3	2,0	1,0
Baixo	0,25-0,5	0,3-0,5	1,0	0,5
Adequado	0,5-1,0	0,5-0,8	0,5	0
Acima do adequado	> 1,0	> 0,8	0	0

Fonte: SILVEIRA et al. (1998b).

Tabela 19. Recomendação de fósforo para *Eucalyptus*, de acordo com o teor de argila e de fósforo disponível do solo (camada de 0-20 cm).

Teor de argila (%)	Teor de P por resina (mg.dm ⁻³)			
	0-2	3-5	6-8	> 8
	----- P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹) -----			
< 15	60	40	20	0
15-35	90	70	50	20
> 35	120	100	60	30

Fonte: GONÇALVES et al. (1995).

4.4.3. Adubação de cobertura

Primeira e segunda cobertura: A primeira cobertura é realizada entre 30 e 90 dias após o plantio e a segunda entre seis e nove meses após o plantio. Visa fornecer os nutrientes de alta mobilidade no solo, nitrogênio, potássio e boro. Os adubos devem ser localizados em coroa, no caso de aplicação manual, ou em filete contínuo, quando mecanizada, a 30 cm do colo da muda.

A Tabela 20 indica as doses de N utilizadas em povoamentos de *Eucalyptus* em função do teor de matéria orgânica do solo. Sugere-se que as doses totais de N sejam parceladas em 30 a 40% na 1ª cobertura e 60 a 70% na 2ª cobertura.

Tabela 20. Recomendação de nitrogênio para *Eucalyptus* de acordo com o teor de matéria orgânica do solo (camada de 0-20 cm).

Matéria orgânica no solo (g.dm ⁻³)		
0-15	16-40	> 40
----- N (kg.ha ⁻¹) -----		
60	40	20

Fonte: GONÇALVES et al. (1995).

SILVA et al. (2000) verificaram que para solos com teor elevado de K (> 1,2 mmol_c.dm⁻³) a resposta do *E. grandis* à aplicação de nitrogênio foi linear até a dose máxima de 80 kg.ha⁻¹. Portanto, estes resultados sugerem que nestes solos a dose de N a aplicar seja de 80 a 120 kg.ha⁻¹.

O potássio tem sido o nutriente mais limitante ao crescimento do *Eucalyptus* em várias regiões florestais, como Itatinga/SP, São Simão/SP, Altinópolis/SP, Mogi-Guaçu/SP e Itamarandiba/MG (GALO, 1993; SILVEIRA et al., 1995d; GAVA, 1997; VALERIO et al., 1991 e 1996; SCATOLINI et al., 1996). BARROS et al. (1990) relataram que a necessidade de potássio aumenta com o acúmulo de biomassa e, portanto, com a idade do *Eucalyptus*. Na Tabela 21 são apresentadas as doses de potássio em função do teor de K trocável do solo (SILVEIRA & MALAVOLTA, 2000). Observa-se que para este nutriente é necessário o parcelamento da dose em até três aplicações, em razão da maioria dos plantios florestais estarem localizados em solos arenosos, com baixo K disponível (< 0,6 mmol_c.dm⁻³).

A Tabela 22 indica a dose de boro recomendada com base no teor do micronutriente no solo. Para regiões com déficit hídrico acentuado, como Norte e Noroeste de Minas Gerais, sugere-se que

Tabela 21. Recomendação de adubação potássica para *Eucalyptus* de acordo com o teor de K trocável no solo (camada de 0-20 cm).

Época	Forma de aplicação	K trocável (mmol _c .dm ⁻³)		
		0-1,0	1,0-1,5	> 1,5
Meses após plantio		----- K ₂ O (kg.ha ⁻¹) -----		
2-3	Coroa ou filete contínuo a 30 cm do colo da muda	20 a 30	20 a 30	20 a 30
6-9	Coroa ou filete contínuo a 30 cm do colo da muda	30 a 45	20 a 30	-
12-18	Filete contínuo nas entrelinhas ou em área total caso tenha ocorrido o fechamento das copas	60 a 75	-	-
Total aplicado		120 a 150	40 a 60	20 a 30

Fonte: SILVEIRA & MALAVOLTA (2000).

ficiência de cálcio, está associada ao fato deste nutriente participar da síntese da parede celular, na fase secundária do desenvolvimento e no processo de lignificação.

SILVEIRA (2000), ao estudar a exigência nutricional de quatro progênies de *E. grandis* em relação a potássio, na fase juvenil, verificou respostas positivas na quantidade de holocelulose devido à aplicação de potássio. A Figura 21D mostra a relação entre a razão K/Ca nas folhas e a concentração e quantidade de holocelulose produzida em um dos materiais genéticos estudados.

O ataque de lagartas desfolhadoras na cultura do *Eucalyptus* é mais comum em solos que apresentam baixa fertilidade. SILVEIRA & BRANCO (1995) verificaram que as florestas com alta infestação de *Thyrintina arnobia*, na região de Itatinga/SP, apresentavam severa deficiência de potássio e boro.

A deficiência ou o excesso de boro tornaram o *Eucalyptus citriodora* mais suscetível ao ataque de alguns fungos considerados patógenos secundários, como *Botryosphaeria ribis* e *Lasiodiplodia theobromae*, conforme constatado por SILVEIRA et al. (1996). SILVEIRA et al. (1998a) verificaram que quando o teor foliar deste nutriente em *E. citriodora* era menor que 30 mg.kg⁻¹, o fungo *Botryosphaeria ribis* tornava-se extremamente agressivo (Figura 22A).

MUNIZ et al. (1997) estudaram o efeito do estado nutricional sobre a severidade da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em um clone de eucalipto considerado resistente e em outro suscetível, e constataram que a deficiência múltipla de K e B aumentou a severidade da doença no clone B, considerado suscetível (Figura 22B).

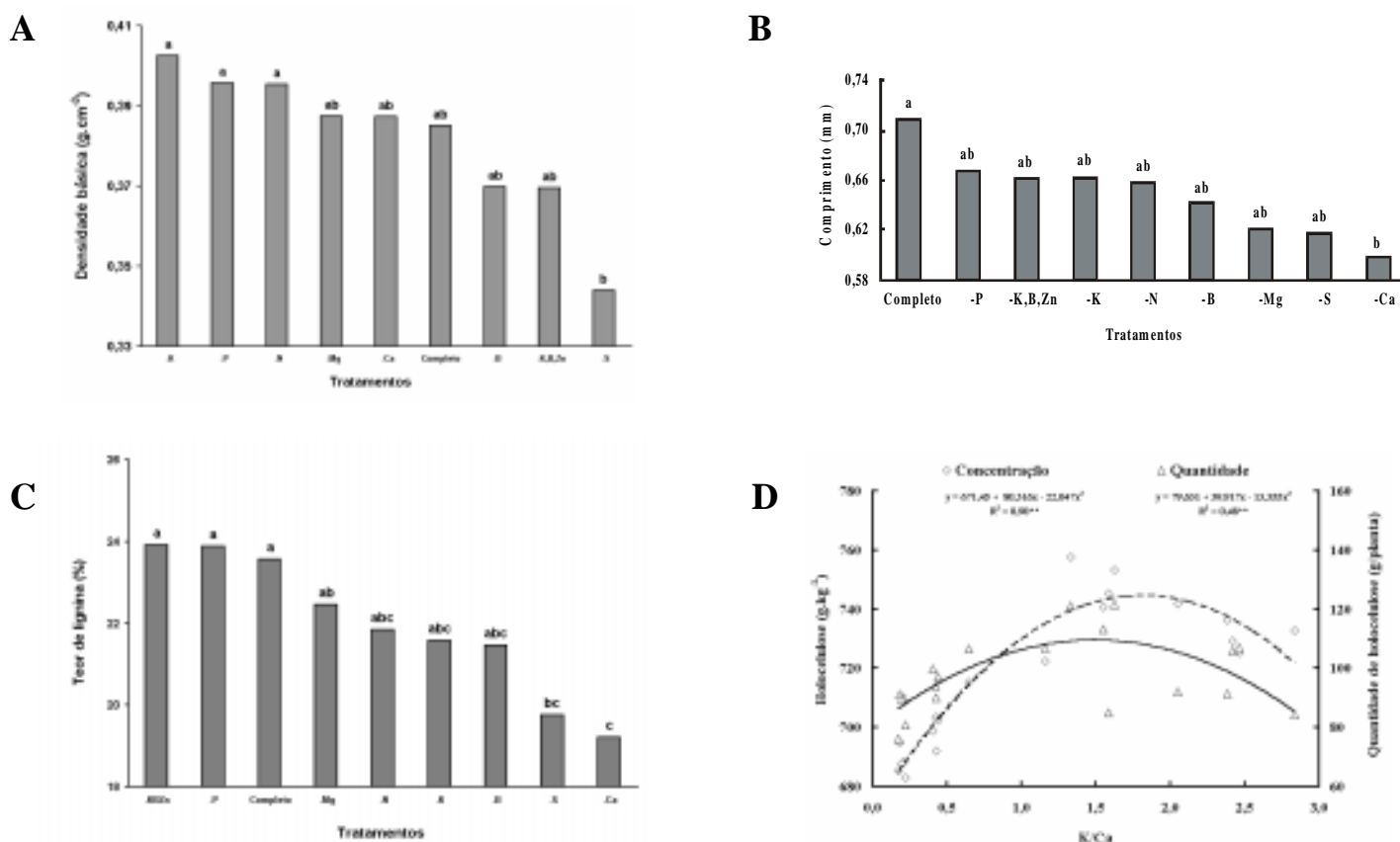


Figura 21. (A) Relação entre as deficiências nutricionais e a densidade básica, (B) comprimento das fibras e (C) teor de lignina da madeira juvenil de *E. grandis*. (D) Concentração e quantidade de holocelulose em lenho de *E. grandis* em função da relação K/Ca nas folhas.

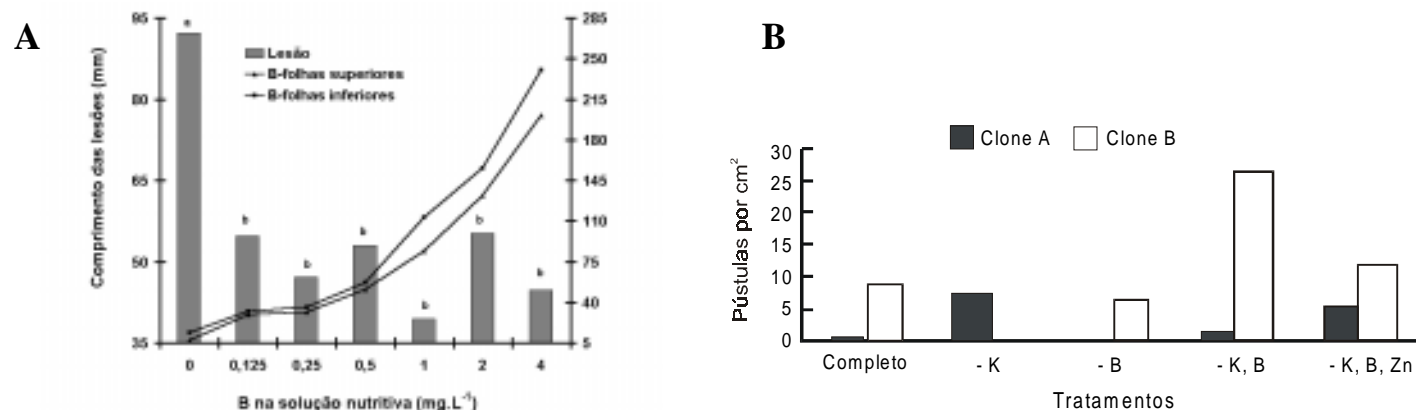


Figura 22. (A) Efeito do boro sobre a agressividade de *Botryosphaeria ribis* em *Eucalyptus citriodora*. (B) Relação entre a deficiência de K e B e a severidade de *Puccinia psidii* em clones de *Eucalyptus grandis*.