

CRESCIMENTO DE CINCO ESPÉCIES DE EUCALIPTO SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO EM DOIS NÍVEIS DE FÓSFORO

GROWTH OF FIVE SPECIES OF EUCALYPTS SUBJECTED TO THE WATER DEFICIT IN TWO LEVEL OF PHOSPHORUS

Maria Rosa Gonçalves¹ Carlos Alberto Moraes Passos²

RESUMO

Foram caracterizados os efeitos dos déficits hídrico e nutricional sobre o crescimento, a partição de fotoassimilados e acúmulo de nutrientes, em mudas de cinco espécies de eucalipto (*Eucalyptus pellita* F. Muell; *E. camaldulensis* Dehn, *E. citriodora* Hook, *E. cloeziana* F. Muell e *E. urophylla* St. Blake), cultivadas em casa-de-vegetação. Plantas com 155 dias de idade, crescidas em tubos de PVC com umidade do solo próxima à capacidade de campo e em dois níveis de fósforo no solo (30 e 300 mg/l), foram submetidas à deficiência hídrica por 65 dias. Após esse período, as plantas foram seccionadas, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada até peso constante. Foram realizados análises químicas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos diferentes órgãos da planta. Os resultados demonstraram a ocorrência de diferenças significativas entre espécies, doses de fósforo e déficit hídrico quanto à distribuição de fotoassimilados e acúmulo de nutrientes nos diferentes órgãos da planta. Sob déficit hídrico e menor nível de fósforo, *E. camaldulensis* mostrou maior aumento na relação raiz/parte aérea e menor redução na produção de matéria seca total. Já *E. cloeziana* apresentou a maior redução na produção de matéria seca. Todos os parâmetros de crescimento diminuíram com as deficiências hídrica e nutricional do solo. A partição de fotoassimilados e a concentração de nutrientes mostraram que a influência das condições do meio na alocação de assimilados e do conteúdo de nutrientes depende da espécie em consideração e que, aparentemente, *E. cloeziana* e *E. camaldulensis* foram, respectivamente, as espécies menos e mais adaptadas à seca.

Palavras-chave: Área foliar, *Eucalyptus pellita*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. urophylla*.

ABSTRACT

The effects of the water and nutrients deficits were about the growth, nutrients accumulate and the assimilate partition, in five eucalyptus species (*Eucalyptus pellita* F. Muell; *E. camaldulensis* Dehn, *E. citriodora* Hook, *E. cloeziana* F. Muell and *E. urophylla* St. Blake),

1. Engenheira Florestal, M.Sc., Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, s/n, CEP 78060-900, Coxipó (MT).

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor da Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, s/n, CEP 78060-900, Coxipó (MT).

cultivated in glasshouse grown were characterized. Plants with 155 days of age, grown in tubes of PVC, with moisture of soil near field capacity, and two level of phosphorus in the soil (30 and 300 mg/l), were submitted to the water deficit by 65 days. Afterwards, the plants were shared, weighted and put in forced ventilation until constant weight. Chemical analyses of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in the different organs of the plant were carried out. The results demonstrated the occurrence of significant differences among species, phosphorus doses and water deficit with relationship to the assimilate distribution and accumulation of nutrients in the different organs of the plant. Under water deficit and smaller phosphorus level *E. camaldulensis* showed larger increase in the relationship root / aerial part and smaller reduction in the production of total dry matter. *E. cloeziana* presented the largest reduction in the production of dry matter. All the growth parameters decreased with the water and nutritional deficit. The assimilate partition and the concentration of nutrients showed that the influence of the conditions of the environment in the allocation of assimilated and of the content of nutrients depends on the species in consideration and that, apparently, *E. cloeziana* and *E. camaldulensis* were, respectively, the species less and more adapted to the drought.

Key words: Leaf area, *Eucalyptus pellita*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. cloeziana*, *E. urophylla*.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda de produtos florestais tem levado as empresas brasileiras, que realizam reflorestamento, com espécies do gênero eucalipto, à busca de maior produtividade, usando, para tanto, tecnologia de alto nível no plantio e manejo das florestas e produtos florestais, tornando necessário o conhecimento da auto-ecologia das espécies de interesse (KAGEYAMA, 1990).

Na maioria das áreas reflorestadas com eucalipto, a produtividade é dependente, entre outros fatores, e com muita controvérsia entre autores, tanto da aplicação de fertilizantes, principalmente com NPK e Mg, quanto da quantidade e distribuição de chuvas.

Diferenças de comportamento quanto à disponibilidade de nutrientes no solo para espécies florestais foram relatadas por BELLOTE e FERREIRA (1993) e BRAGA *et al.* (1995), enfatizando a necessidade do estabelecimento das exigências nutricionais para a otimização do uso de corretivos e fertilizantes em florestas plantadas. Entretanto, nos períodos de longa estiagem, quando a água se torna o principal fator limitante do crescimento de árvores, a disponibilidade de nutrientes no solo pode influenciar no comportamento das espécies de maneira diferenciada (PEREIRA *et al.*, 1984; BARROS *et al.*, 1985, 1987), principalmente nas características fisiológicas e morfológicas que promovem ou estimulam os mecanismos de resistência à seca. Nesse sentido, MENGEL e KIRKBY (1982) relatam que, quando uma tensão hídrica externa se traduz em déficit hídrico interno, ocorre uma série de mudanças fisiológicas e metabólicas, resultando, de imediato, na redução do crescimento. Nessas condições, o *status* nutricional e o comportamento das espécies podem ser influenciados pela disponibilidade de nutrientes no substrato. Poucos são os trabalhos que relatam a interação entre espécies, nível de adubação e condição hídrica nos parâmetros de crescimento e

partição de assimilados em mudas de eucalipto, procurando associar com sua resistência à seca.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da adubação fosfatada e da deficiência hídrica no crescimento de cinco espécies do gênero *Eucalyptus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Cerca de cinco a sete sementes de cinco espécies do gênero *Eucalyptus* (*E. pellita* F. Muell; *E. camaldulensis* Dehn, *E. citriodora* Hook, *E. cloeziana* F. Muell e *E. urophylla* St. Blake) foram postas para germinar diretamente em tubos de PVC, com 150 mm de diâmetro e 500 mm de altura, contendo 6,83 kg de Latossolo Vermelho Álico (LVa), textura argilosa, da região de Viçosa (MG), conforme Tabela 1.

O solo recebeu calagem à base de 1 mg de calcário/100 g de solo (relação $\text{CaCO}_3:\text{MgCO}_3$ 4:1 equivalentes), 30 e 300 mg/L de fósforo na forma de fosfato biácido de amônio e de potássio, 100 mg/l de potássio e de nitrogênio completados com cloreto de potássio e nitrato de amônio. A partir de 30 dias após a emergência (DAE), foram fornecidas 20 mg/l de nitrogênio, a cada 20 dias, na forma de sulfato de amônio ou nitrato de amônio. A adubação com micronutrientes (0,406; 2,000; 0,075 e 0,664 mg/l de boro, zinco, molibdênio e cobre, respectivamente) foi parcelada em quatro, com aplicações quinzenais iniciadas aos 30 DAE das plântulas.

O primeiro raleamento foi realizado aos 15 DAE, deixando-se três plântulas, e o segundo, aos 30 DAE, deixando apenas uma planta por recipiente.

TABELA 1: Características físicas e químicas do solo utilizado.

Características	Resultados
pH em água (1:2,5)	5,0
Alumínio trocável (Al) ¹ (meq/100 ml)	0,6
Fósforo (P) ² (mg/l)	1,0
Potássio (K) ² (mg/l)	3,0
Cálcio trocável (Ca) ¹ (meq/100 ml)	0,3
Magnésio trocável (Mg) ¹ (meq/100 ml)	0,0
Areia grossa ³ (%)	12,0
Areia Fina ³ (%)	12,0
Silte ³ (%)	5,0
Argila ³ (%)	71,0
Classificação textural	Muito argiloso

Em que: ¹ Extrator KCl 1N; ² Extrator Mehlich; ³ Método da pipeta.

As plantas permaneceram em solo com umidade de, aproximadamente, -0,03 MPa (capacidade de campo = CC), por um período de 90 dias. Em seguida, as plantas de cada espécie e tratamento de P foram divididas em dois grupos, segundo o regime hídrico a ser induzido. No

primeiro grupo, considerado controle, as plantas permaneceram em solo com teor de umidade próximo à capacidade de campo (CC). No segundo, após redução da irrigação, as plantas foram mantidas sob déficit hídrico (DH) de, aproximadamente, -3,0 MPa, durante 65 dias. O conteúdo de água no solo foi controlado gravimetricamente. No período em que as plantas permaneceram na casa-de-vegetação, as temperaturas médias das máximas e das mínimas foram de 40,0 e 10,5°C respectivamente.

Utilizou-se esquema fatorial 5 x 2 x 2, correspondentes a cinco espécies, dois níveis de fósforo e dois regimes hídricos, no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições e uma planta por unidade experimental.

A área foliar foi determinada em plantas com 90 e 120 dias de idade, medindo-se os maiores comprimentos sobre a nervura principal, desde o ponto de inserção do limbo até o ápice da folha, e suas maiores larguras. Foram utilizadas, para cálculo da área foliar, as equações de regressão ajustadas por espécie propostas por GONÇALVES (1992).

Durante os 30 dias iniciais de aplicação do déficit hídrico, de 90 a 120 DAE, foi medida regularmente a cada 10 dias, a altura e o maior e o menor diâmetro do caule rente ao solo.

Aos 65 dias após aplicação de deficiência hídrica (DH), todas as plantas foram cortadas à altura do colo e separadas em partes. As raízes de todas as plantas foram lavadas sobre peneiras de 0,5 mm. As diferentes partes das plantas foram postas para secar em estufa de ventilação forçada à 75°C, até peso constante, para determinar o peso da matéria seca das folhas (W_f), dos ramos (W_s), dos troncos (W_c) e das raízes (W_r). Com base nesses dados, foram calculados o peso da matéria seca total (W_t) e a relação raiz/parte aérea (SR/PA).

Amostras do material seco foram submetidas à digestão nítrico-perclórica, para determinação de fósforo, por colorimetria (Lindeman, 1958); de potássio, por fotometria de chama; e de cálcio e magnésio, por espectrofotometria de absorção atômica. O nitrogênio, após digestão sulfúrica do material vegetal, foi determinado colorimetricamente pelo método de Nessler (UMBRETT *et al*, 1972).

A influência de tratamentos qualitativos nas características de área foliar, altura, diâmetro, matéria seca total e nas diversas partes da planta e relação raiz/parte aérea foi estudada mediante análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (SCOTT e KNOTT, 1974), ao nível de 10% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área foliar média por planta (A_f) foi influenciada ($P < 0,10$) pelas interações: espécie x nível de fósforo x regime hídrico; e dias após emergência x nível de fósforo x regime hídrico.

De forma geral, a maior A_f observada foi em plantas adubadas com 300 mg/l de P, mantidas em solo com umidade próxima à CC (Tabela 2), sendo a maior em *Eucalyptus urophylla* e a menor

em *E. camaldulensis*. Com o aumento na disponibilidade de P no solo ocorreu acréscimo de Af em todas as espécies. Porém não houve clara tendência do efeito da adubação com a aplicação do DH. Quando adubadas com 300 mg/l de P, *E. cloeziana* e *E. urophylla* apresentaram os menores decréscimos em Af com o DH. Entretanto, quando sob menor nível de P, apresentaram, respectivamente, a maior e a menor redução. Isso significa que com a redução ao nível de P, as plantas de *E. urophylla* apresentaram menor redução de área foliar do que as de *E. cloeziana*, quando sob déficit hídrico.

TABELA 2: Médias da área foliar (dm²/planta) e da altura (cm) e diâmetro médio (cm), de mudas de em cinco espécies de *Eucalyptus*, cultivadas em dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e em dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico).

Espécie	P (mg/l)	Regime Hídrico	Área Foliar (dm ² /planta)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
<i>E. pellita</i>	300	CC	0,50 Ba ₀ a ₁	116,64 Ca ₀ a ₁	1,156 Ab ₀ a ₁
		DH	0,33 Cb ₀ a ₁	97,32 Cb ₀ a ₁	1,258 Aa ₀ a ₁
	30	CC	0,33 Aa ₀ b ₁	92,68 Ca ₀ b ₁	1,036 Aa ₀ b ₁
		DH	0,20 Bb ₀ b ₁	84,81 Bb ₀ b ₁	0,909 Bb ₀ b ₁
<i>E. camaldulensis</i>	300	CC	0,33 Da ₀ a ₁	153,34 Aa ₀ a ₁	1,069 Ba ₀ a ₁
		DH	0,23 Db ₀ a ₁	130,52 Ab ₀ a ₁	0,976 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,24 Ba ₀ b ₁	117,30 Aa ₀ b ₁	1,000 Aa ₀ b ₁
		DH	0,14 Cb ₀ b ₁	101,69 Ab ₀ b ₁	0,836 Cb ₀ b ₁
<i>E. citriodora</i>	300	CC	0,44 Ca ₀ a ₁	120,54 Ca ₀ a ₁	1,044 Ba ₀ a ₁
		DH	0,22 Db ₀ a ₁	113,16 Bb ₀ a ₁	0,962 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,23 Ba ₀ b ₁	95,67 Ca ₀ b ₁	0,944 Ba ₀ b ₁
		DH	0,16 Bb ₀ b ₁	85,82 Bb ₀ b ₁	0,770 Db ₀ b ₁
<i>E. cloeziana</i>	300	CC	0,52 Ba ₀ a ₁	112,65 Da ₀ a ₁	1,046 Ba ₀ a ₁
		DH	0,41 Bb ₀ a ₁	93,62 Cb ₀ a ₁	0,871 Cb ₀ a ₁
	30	CC	0,32 Aa ₀ b ₁	76,62 Da ₀ b ₁	0,798 Ca ₀ b ₁
		DH	0,16 Bb ₀ b ₁	60,13 Cb ₀ b ₁	0,628 Eb ₀ b ₁
<i>E. urophylla</i>	300	CC	0,67 Aa ₀ a ₁	133,77 Ba ₀ a ₁	1,269 Aa ₀ a ₁
		DH	0,50 Ab ₀ a ₁	116,59 Bb ₀ a ₁	1,199 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,36 Aa ₀ b ₁	100,54 Ba ₀ b ₁	1,022 Aa ₀ b ₁
		DH	0,23 Ab ₀ b ₁	81,52 Bb ₀ b ₁	0,969 Ab ₀ b ₁

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram, até o nível de probabilidade 10%, dentro do mesmo nível de fósforo e regime hídrico, pelo teste de Scott-Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro da mesma espécie e nível de fósforo, entre os regimes hídricos, não diferiram, até o nível de probabilidade 10% pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro da mesma espécie e regime hídrico, entre os níveis de fósforo, não diferiram até o nível de probabilidade 10%, pelo teste F.

A indução do déficit hídrico em *E. urophylla* promoveu senescência e abscisão das folhas

inferiores, independentemente da adubação com P. Entretanto, mesmo sob déficit, apresentou lançamento de folhas com menores tamanhos. Já em *E. cloeziana* sob DH e com 300 mg/l de P, não ocorreu queda de folhas e no menor nível de P houve queda, mas não lançamento de novas folhas. FAÇANHA (1983) observou que plantas de *E. camaldulensis*, quando adubadas com 200 mg/l de P, apresentaram, com a indução de deficiência hídrica cíclica moderada e severa, redução de Af maior do que *E. cloeziana*.

Plantas submetidas à deficiência hídrica não apresentaram variação da Af, durante o período de suspensão de irrigação, independente do nível de P (Tabela 3). *E. camaldulensis* apresentou redução de Af maior do que *E. cloeziana*, quando adubada com 300 mg/l de P. Entretanto, com 30 mg/l a Af de *E. cloeziana* foi mais sensível ao DH do que *E. camaldulensis*.

A paralisação de crescimento ou a redução da área foliar, em plantas submetidas ao déficit hídrico, ocorreu em virtude de reduções ou inibições na taxa de iniciação foliar (HUSAIN e ASPINAL, 1970), ou mesmo em consequência da indução de senescência foliar acelerada (BOYER, 1976). A senescência de folhas é um dos mecanismos de prevenção à desidratação que, entretanto, leva a um forte declínio na produtividade potencial, mesmo após a eliminação do déficit (SCHULZE *et al.* 1987). *E. camaldulensis*, adubado com 600 e 100 mg/l de P, apresentou sensível redução de área foliar com a indução de estresse hídrico (OLIVA *et al.*, 1989). A expansão da Af em *E. camaldulensis* e *E. globulus* foi fortemente inibida em estresse hídrico moderado, entretanto *E. camaldulensis* apresentou senescência das folhas inferiores e desfolhamento total, com a manutenção do estresse (PEREIRA e KOSLOWSKI, 1976).

A altura e o diâmetro médio por plantas (Tabela 2) foram influenciados ($P < 0,10$) pela interação espécie x níveis de fósforo x regime hídrico.

Independente do nível de P, *E. cloeziana* apresentou, com a indução da deficiência hídrica, a maior redução no crescimento em altura e em diâmetro; *E. camaldulensis* a menor em altura, e *E. urophylla* em diâmetro. Entretanto, em menores níveis de P, *E. urophylla* mostrou uma das maiores percentagens de redução em altura. Aparentemente, o investimento de assimilados, nessa espécie, foi preferencialmente para aumentar a espessura do tronco.

TABELA 3: Área foliar média (dm²/planta) em mudas de *Eucalyptus* spp, cultivadas sob dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico), aos 90 e 120 dias após emergência.

Dias Após Emergência	Área Foliar (dm ² /planta)			
	P 300 (mg/l)		P 30 (mg/l)	
	CC	DH	CC	DH
90	0,33 Ba ₀ a ₁	0,34 Aa ₀ a ₁	0,19 Ba ₀ b ₁	0,18 Aa ₀ b ₁
120	0,35 Aa ₀ a ₁	0,34 Ab ₀ a ₁	0,41Aa ₀ b ₁	0,19 Ab ₀ b ₁

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula, dentro do mesmo nível de P e regime hídrico, entre os dias após emergência, não diferiram, até 10% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro de mesmo dia após emergência e nível de P, entre os regimes hídricos, não diferiram, até o nível de probabilidade 10% pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro de mesmo dia após emergência e regime de irrigação, entre os níveis de P, não diferiram, até de probabilidade 10%, pelo teste F.

Considerando-se o crescimento em altura e em diâmetro como um dos principais parâmetros de produção em espécies lenhosas, pode-se dizer que *E. cloeziana*, nos dois níveis de P, foi espécie que menos desenvolveu com o DH. As maiores reduções do crescimento nessa espécie foram provavelmente por causa da menor produção de fotoassimilados, sendo aparentemente resultado do maior fechamento estomático, quando adubada com 300 mg/l de P (GONÇALVES, 1992), e da maior redução na área foliar, quando adubada com 30 mg/l de P.

A deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento em altura e em diâmetro, reduzindo a expansão celular e a formação da parede celular e, indiretamente, reduzindo a disponibilidade de carboidratos ou influenciando a produção de reguladores de crescimento. Com a redução na disponibilidade de água no solo, o decréscimo no incremento em altura de *E. camaldulensis* foi maior em plantas adubadas com 600 mg/l de P do que com 100 mg/l de P (OLIVA *et al.* 1989).

Os decréscimos de W_f com o DH e os acréscimos com o aumento no nível de P (Tabela 4) apresentaram comportamentos semelhantes aos de A_f . Os decréscimos nos W_s , W_r e W_t , produzidos pelo déficit hídrico em plantas adubadas com maior nível de P, foram maiores em *E. citriodora* e em *E. cloeziana*. As menores reduções no W_r e W_t foram em *E. camaldulensis* e em *E. urophylla*, e nos W_s em *E. pellita*. Enquanto no menor nível de P, *E. cloeziana* sofreu as maiores reduções no W_s , W_r e W_t , e *E. citriodora* uma das menores reduções.

Assim, aparentemente, a maior resposta à seca, observada em *E. cloeziana* com maior nível de P, provavelmente em virtude de um maior fechamento estomático, influenciou negativamente a produção e o acúmulo de assimilados. O fechamento estomático, normalmente observado em plantas que previnem a desidratação, apresenta vários efeitos colaterais, reduzindo o crescimento das plantas. Os principais efeitos são decréscimos na produção de fotoassimilados e aumentos na atividade de enzimas oxidantes, resultado de aumentos na temperatura da planta que elevam a respiração e o gasto de fotoassimilados e, conseqüentemente, reduzem o crescimento (LARCHER, 1975 e KOZLOWSKI, 1982).

O aumento na disponibilidade de P proporcionou os maiores incrementos nos W_s , W_r e W_t nas plantas de *E. citriodora*, *E. cloeziana* e *E. urophylla*, sem-estresse hídrico, não havendo variação em *E. camaldulensis*. Em solos sob DH, com o aumento na disponibilidade de P, *E. cloeziana* apresentou os maiores aumentos no W_s , W_r e W_t , não havendo variação significativa, em *E. citriodora*.

O déficit hídrico não influenciou a relação SR/PA em plantas de *E. pellita* adubadas com 300 mg/l de P, porém com 30 mg/l de P, aumentou em 41%. O oposto foi observado em *E. camaldulensis*, apresentando 58% de aumento na relação, com o incremento no nível de P, indicando que *E. camaldulensis* e *E. pellita*, em maior e menor nível de P respectivamente, alocaram mais fotoassimilados no sistema radicular em detrimento da parte aérea. A relação SR/PA, nas outras espécies estudadas, não variou em conseqüência dos níveis de P ou do regime hídrico.

O aumento na relação SR/PA pode ser esperado em espécies que apresentam características

TABELA 4: Matéria seca de folhas (W_f), ramos (W_s), raízes (W_r) e total (W_t) e relação raiz/parte aérea (SR/PA) de mudas de cinco espécies de *Eucalyptus*, crescidas em dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico).

Espécie	P (mg/l)	Regime Hídrico						SR/PA
			W_f	W_r	W_s	W_t	(g/planta)	
<i>E. pellita</i>	300	CC	102,34 Aa ₀ a ₁	16,35 Ba ₀ a ₁	80,43 Aa ₀ a ₁	265,26 Ba ₀ a ₁	0,432 Aa ₀ a ₁	
		DH	35,12 Bb ₀ a ₁	11,13 Bb ₀ a ₁	31,40 Ab ₀ a ₁	105,26 Bb ₀ a ₁	0,423 Ba ₀ b ₁	
	30	CC	69,40 Aa ₀ b ₁	10,39 Ba ₀ b ₁	50,11 Aa ₀ b ₁	116,02 Aa ₀ b ₁	0,437 Ab ₀ a ₁	
		DH	27,66 Ab ₀ a ₁	3,88 Ab ₀ b ₁	28,08 Ab ₀ a ₁	75,60 Ab ₀ b ₁	0,619 Aa ₀ a ₁	
<i>E. camaldulensis</i>	300	CC	78,95 Ba ₀ a ₁	12,47 Ba ₀ a ₁	65,40 Aa ₀ a ₁	221,69 Ca ₀ a ₁	0,421 Ab ₀ a ₁	
		DH	27,11 Bb ₀ a ₁	6,01 Bb ₀ a ₁	41,69 Ab ₀ a ₁	104,92 Bb ₀ a ₁	0,666 Aa ₀ a ₁	
	30	CC	58,30 Ba ₀ b ₁	8,28 Ba ₀ a ₁	56,71 Aa ₀ a ₁	165,27 Aa ₀ b ₁	0,522 Aa ₀ a ₁	
		DH	19,05 Ab ₀ a ₁	3,09 Ab ₀ a ₁	20,72 Ab ₀ b ₁	61,59 Ab ₀ b ₁	0,511 Aa ₀ b ₁	
<i>E. citriodora</i>	300	CC	106,64 Aa ₀ a ₁	30,53 Aa ₀ a ₁	61,99 Aa ₀ a ₁	259,62 Ba ₀ a ₁	0,314 Aa ₀ a ₁	
		DH	27,75 Bb ₀ a ₁	8,48 Bb ₀ a ₁	20,48 Bb ₀ a ₁	81,33 Bb ₀ a ₁	0,335 Ba ₀ a ₁	
	30	CC	51,46 Ba ₀ b ₁	13,13 Aa ₀ b ₁	34,53 Ba ₀ b ₁	135,62 Ba ₀ b ₁	0,342 Aa ₀ a ₁	
		DH	26,40 Ab ₀ a ₁	6,24 Ab ₀ a ₁	20,66 Ab ₀ a ₁	69,30 Ab ₀ a ₁	0,422 Ba ₀ a ₁	
<i>E. cloeziana</i>	300	CC	102,34 Aa ₀ a ₁	34,02 Aa ₀ a ₁	75,49 Ab ₀ a ₁	268,21 Ba ₀ a ₁	0,396 Aa ₀ a ₁	
		DH	46,59 Ab ₀ a ₁	13,39 Ab ₀ a ₁	24,19 Bb ₀ a ₁	101,25 Bb ₀ a ₁	0,312 Ba ₀ a ₁	
	30	CC	74,15 Aa ₀ b ₁	16,14 Aa ₀ b ₁	41,74 Ba ₀ b ₁	156,02 Aa ₀ b ₁	0,361 Aa ₀ a ₁	
		DH	23,31 Ab ₀ b ₁	4,57 Ab ₀ b ₁	11,27 Ab ₀ a ₁	46,37 Ab ₀ b ₁	0,326 Ba ₀ a ₁	
<i>E. urophylla</i>	300	CC	108,57 Aa ₀ a ₁	33,31 Aa ₀ a ₁	72,48 Aa ₀ a ₁	291,43 Aa ₀ a ₁	0,333 Aa ₀ a ₁	
		DH	32,87 Bb ₀ a ₁	17,84 Ab ₀ a ₁	34,43 Ab ₀ a ₁	128,42 Ab ₀ a ₁	0,366 Ba ₀ a ₁	
	30	CC	61,88 Ba ₀ b ₁	15,43 Aa ₀ b ₁	41,90 Ba ₀ b ₁	155,40 Aa ₀ b ₁	0,373 Aa ₀ a ₁	
		DH	21,11 Ab ₀ b ₁	8,06 Ab ₀ b ₁	17,43 Ab ₀ b ₁	61,68 Ab ₀ b ₁	0,391 Ba ₀ a ₁	

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram, até o nível de probabilidade 10%, dentro do mesmo nível de fósforo e regime hídrico, pelo teste de Scott-Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro da mesma espécie e nível de fósforo, entre os regimes hídricos, não diferiram, até o nível de probabilidade 10% pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro da mesma espécie e regime hídrico, entre os níveis de fósforo, não diferiram até o nível de probabilidade 10%, pelo teste F.

de prevenção à seca. Com estresses hídricos cíclicos moderados e severos, ocorre decréscimo na relação parte aérea/sistema radicular em *E. camaldulensis*, e aumento em *E. grandis* e *E. cloeziana* (FAÇANHA, 1983). A resistência à seca em *E. camaldulensis* se deve, principalmente, ao crescimento mais rápido, profundo e ramificado do sistema radicular (AWE *et al*, 1976; PEREIRA e KOZLOWSKI, 1976). Dessa forma, maior volume do solo é explorado para absorção de água disponível.

A matéria seca do caule (W_c) aumentou ($P < 0,10$), em todas as espécies, com o acréscimo

de P (Tabela 5). Quando adubada com 300 mg/l de P, *E. urophylla* apresentou o maior W_c e *E. cloeziana*, independentemente do nível de P, o menor. Essas espécies foram as mais influenciadas com o acréscimo de P, com aumentos de aproximadamente 135%, enquanto *E. camaldulensis* foi menos influenciada (56%). W_c médios de plantas sem-déficit hídrico foram de 34,95 e 64,98 g/planta, nos níveis de 30 e 300 mg/l de P respectivamente. Com a indução do déficit hídrico, houve um decréscimo em torno de 57% do W_c nas plantas, independentemente do nível de P e da espécie.

TABELA 5: Matéria seca do tronco (W_c) de mudas de cinco espécies de *Eucalyptus*, crescidas em duas doses de fósforo.

Espécie	W_c (g/planta)	
	300 mg/l	30 mg/l
<i>E. pellita</i>	46,88 Ba	26,05 Ab
<i>E. camaldulensis</i>	47,49 Ba	30,36 Ab
<i>E. citriodora</i>	42,54 Ba	26,05 Ab
<i>E. cloeziana</i>	36,72 Ca	15,61 Bb
<i>E. urophylla</i>	60,18 Aa	25,63 Ab

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferiram até 10% de probabilidade, dentro do mesmo nível de fósforo, entre espécies, pelo teste de Scott-Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, dentro de mesma espécie, entre os níveis de fósforo não diferiram, até 10% de probabilidade, pelo teste F.

As folhas constituíram o dreno principal em todas as espécies, sem-déficit hídrico, independente do nível de P. No entanto, com a indução do déficit hídrico, a distribuição de fotoassimilados foi modificada entre as espécies. As raízes passaram a constituir o dreno principal em *E. camaldulensis*, nos dois níveis de P, e em *E. pellita* com 30 mg/l de P. O tronco passou a ser o dreno principal em *E. urophylla*, com 300 mg/l de P. Houve aumento na proporção de raízes e de tronco em *E. citriodora*, com 30 mg/l e 300 mg/l de P respectivamente, bem como do tronco em *E. camaldulensis* com 30 mg/l de P. Em *E. pellita*, com 300 mg/l de P, e *E. urophylla*, com 300 e 300 mg/l de P, houve aumento na proporção de ramos e, em *E. cloeziana*, nos dois níveis de P, o aumento foi em folhas.

REIS *et al.* (1997) observaram que, embora o sombreamento de 30 e 50% não influenciasse significativamente a produção de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell), a resposta das plantas à adição de nutrientes variou em razão de suas diferentes partes e do nutriente aplicado. Eles observaram respostas negativas para crescimento com a aplicação de enxofre associado provavelmente à existência de nível crítico desse nutriente no solo estudado.

Quando sob DH, a maior disponibilidade de P resultou em uma maior proporção de raízes em *E. camaldulensis*; do tronco em *E. pellita*, *E. citriodora* e *E. urophylla* e de ramos em *E. pellita* e em *E. cloeziana*. Menor proporção de raízes em *E. pellita* e *E. citriodora*, e de folhas nas demais espécies, excetuando *E. cloeziana*.

A concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e de magnésio foi influenciada significativamente ($P < 0,10$), em todos os órgãos da planta, pela interação espécies x níveis de fósforo x regime hídrico (Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10). De maneira geral, as folhas apresentaram

concentrações de nitrogênio, potássio e magnésio maiores do que os demais órgãos. Essa maior concentração decorre provavelmente do fato de serem os órgãos mais ativos das plantas e da elevada capacidade de remobilização e redistribuição interna desses elementos (MENGEL e KIRKBY, 1982).

TABELA 6: Concentração média de nitrogênio nos diversos órgãos de mudas de cinco espécies de *Eucalyptus*, cultivadas sob dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico)

Espécie	P (mg/l)	Regime Hídrico	Concentração de Nitrogênio (%)			
			Folha	Ramo	Caule	Raiz
<i>E. pellita</i>	300	CC	1,323 Aa ₀ a ₁	0,535 Ba ₀ a ₁	0,458 Aa ₀ a ₁	0,876 Aa ₀ a ₁
		DH	2,301 Ab ₀ a ₁	1,531 Bb ₀ a ₁	1,506 Ab ₀ a ₁	1,639 Ab ₀ a ₁
	30	CC	1,069 Ba ₀ b ₁	0,603 Aa ₀ a ₁	0,483 Aa ₀ a ₁	0,619 Aa ₀ b ₁
		DH	1,590 Bb ₀ b ₁	0,928 Cb ₀ b ₁	0,887 Ab ₀ b ₁	1,290 Ab ₀ b ₁
<i>E. camaldulensis</i>	300	CC	1,343Aa ₀ a ₁	0,875 Aa ₀ a ₁	0,443 Aa ₀ a ₁	0,572 Ba ₀ a ₁
		DH	1,651 Cb ₀ a ₁	1,705 Ab ₀ a ₁	0,727 Db ₀ a ₁	1,068 Bb ₀ a ₁
	30	CC	1,163 Ba ₀ b ₁	0,634 Aa ₀ b ₁	0,399 Ba ₀ a ₁	0,550 Aa ₀ a ₁
		DH	1,347 Cb ₀ b ₁	1,272 Bb ₀ b ₁	0,834 Ab ₀ a ₁	1,039 Ab ₀ a ₁
<i>E. citriodora</i>	300	CC	1,331 Aa ₀ a ₁	0,588 Ba ₀ a ₁	0,470 Aa ₀ a ₁	0,663 Ba ₀ a ₁
		DH	1,737 Cb ₀ a ₁	1,212 Cb ₀ a ₁	1,206 Bb ₀ a ₁	1,514 Ab ₀ a ₁
	30	CC	1,216 Aa ₀ a ₁	0,557 Aa ₀ a ₁	0,585 Aa ₀ a ₁	0,646 Aa ₀ a ₁
		DH	1,632 Bb ₀ a ₁	0,994 Cb ₀ b ₁	0,841 Ab ₀ b ₁	1,102 Ab ₀ b ₁
<i>E. cloeziana</i>	300	CC	1,257 Aa ₀ a ₁	0,577 Ba ₀ a ₁	0,424 Aa ₀ a ₁	0,617 Ba ₀ a ₁
		DH	2,018 Bb ₀ a ₁	1,712 Ab ₀ a ₁	0,965 Cb ₀ a ₁	1,636 Ab ₀ a ₁
	30	CC	1,015 Ba ₀ b ₁	0,500 Aa ₀ a ₁	0,380 Ba ₀ a ₁	0,598 Aa ₀ a ₁
		DH	1,584 Bb ₀ b ₁	0,850 Cb ₀ b ₁	0,634 Bb ₀ b ₁	1,054 Ab ₀ b ₁
<i>E. urophylla</i>	300	CC	1,015 Ba ₀ a ₁	0,592 Ba ₀ a ₁	0,379 Aa ₀ a ₁	0,572 Ba ₀ a ₁
		DH	1,817 Cb ₀ a ₁	1,457 Bb ₀ a ₁	0,900 Cb ₀ a ₁	1,478 Ab ₀ a ₁
	30	CC	1,354 Aa ₀ b ₁	0,673 Aa ₀ a ₁	0,382 Ba ₀ a ₁	0,646 Aa ₀ a ₁
		DH	2,436 Ab ₀ b ₁	1,733 Cb ₀ b ₁	0,921 Ab ₀ a ₁	1,266 Ab ₀ b ₁

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram, até 10% de probabilidade, dentro do mesmo nível de fósforo e regime hídrico, entre espécies, pelo teste de Scott-Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro da mesma espécie e nível de fósforo, entre os regimes hídricos não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro da mesma espécie e regime hídrico entre os níveis de fósforo, não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F.

As espécies, exceto *E. urophylla*, apresentaram maiores concentrações de nitrogênio nas folhas, quando adubadas com 300 mg/l de P, independentemente do regime hídrico. O oposto foi verificado para o potássio, provavelmente devido aos efeitos de diluição.

TABELA 7: Concentração média de fósforo nos diversos órgãos de mudas de cinco espécies de *Eucalyptus*, cultivadas sob dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico).

Espécie	P (mg/l)	Regime Hídrico	Concentração de Fósforo (%)			
			Folha	Ramo	Caule	Raiz
<i>E. pellita</i>	300	CC	0,524 Ba ₀ a ₁	0,482 Aa ₀ a ₁	0,334 Ba ₀ a ₁	0,670 Aa ₀ a ₁
		DH	0,874 Ab ₀ a ₁	0,935 Cb ₀ a ₁	0,689 Bb ₀ a ₁	1,078 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,286 Ba ₀ b ₁	0,195 Aa ₀ b ₁	0,151 Aa ₀ b ₁	0,254 Aa ₀ b ₁
		DH	0,511 Cb ₀ b ₁	0,467 Bb ₀ b ₁	0,574 Ab ₀ b ₁	0,538 Bb ₀ b ₁
<i>E. camaldulensis</i>	300	CC	0,527 Ba ₀ a ₁	0,359 Ba ₀ a ₁	0,272 Ca ₀ a ₁	0,466 Ba ₀ a ₁
		DH	0,746 Bb ₀ a ₁	1,078 Bb ₀ a ₁	0,764 Bb ₀ a ₁	0,838 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,370 Aa ₀ b ₁	0,253 Aa ₀ b ₁	0,178 Aa ₀ b ₁	0,290 Aa ₀ b ₁
		DH	0,522 Cb ₀ b ₁	0,286 Ca ₀ b ₁	0,360 Cb ₀ b ₁	0,587 Ab ₀ b ₁
<i>E. citriodora</i>	300	CC	0,663 Aa ₀ a ₁	0,412 Ba ₀ a ₁	0,357 Ba ₀ a ₁	0,728 Aa ₀ a ₁
		DH	0,783 Bb ₀ a ₁	1,045 Bb ₀ a ₁	0,730 Bb ₀ a ₁	0,874 Db ₀ a ₁
	30	CC	0,405 Aa ₀ b ₁	0,227 Aa ₀ b ₁	0,174 Aa ₀ b ₁	0,352 Aa ₀ b ₁
		DH	0,594 Bb ₀ b ₁	0,606 Ab ₀ b ₁	0,433 Bb ₀ b ₁	0,477 Bb ₀ b ₁
<i>E. cloeziana</i>	300	CC	0,517 Ba ₀ a ₁	0,527 Aa ₀ a ₁	0,418 Aa ₀ a ₁	0,426 Ba ₀ a ₁
		DH	0,713 Cb ₀ a ₁	1,341 Ab ₀ a ₁	0,834 Ab ₀ a ₁	1,231 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,229 Ca ₀ b ₁	0,250 Aa ₀ b ₁	0,152 Aa ₀ b ₁	0,277 Aa ₀ b ₁
		DH	0,494 Cb ₀ b ₁	0,315 Cb ₀ b ₁	0,316 Cb ₀ b ₁	0,540 Bb ₀ b ₁
<i>E. urophylla</i>	300	CC	0,497 Ba ₀ a ₁	0,473 Aa ₀ a ₁	0,283 Ca ₀ a ₁	0,520 Aa ₀ a ₁
		DH	0,704 Cb ₀ a ₁	0,653 Db ₀ a ₁	0,592 Db ₀ a ₁	0,995 Cb ₀ a ₁
	30	CC	0,406 Aa ₀ b ₁	0,216 Aa ₀ b ₁	0,151 Aa ₀ b ₁	0,293 Aa ₀ b ₁
		DH	0,867 Ab ₀ b ₁	0,542 Ab ₀ b ₁	0,461 Bb ₀ b ₁	0,599 Ab ₀ b ₁

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram, até 10% de probabilidade, dentro do mesmo nível de fósforo e regime hídrico, entre espécies, pelo teste de Scott-Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro da mesma espécie e níveis de fósforo, entre regimes hídricos não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro da mesma espécie e regime hídrico, entre os níveis de fósforo, não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F.

Com a deficiência hídrica, ocorreu um efeito de concentração em todos os órgãos de plantas, nos dois níveis de P, sendo os menores incrementos observados, em geral, em folhas. *E. urophylla* e *E. pellita* apresentaram os maiores aumentos percentuais de nitrogênio e de magnésio nas folhas, quando sob maior disponibilidade de P, e *E. urophylla*, independentemente do nível de P. Aumento na concentração de nitrogênio pode contribuir significativamente com o potencial de solutos da planta (MILLARD, 1988), que influi diretamente na regulação de turgescência e de crescimento de plantas (OSONUBI e DAVIES, 1978; JONES *et al.*, 1979).

As maiores concentrações de P (Tabela 7) foram encontradas nos ramos e nas raízes. O aumento no teor nos diversos componentes da planta diferiu, em termos proporcionais, entre espécies e níveis de adubação. Independentemente do nível de adubação, as maiores proporções de aumento para *E. pellita* e *E. urophylla* ocorreram no tronco, para *E. citriodora* nos ramos; enquanto para *E. cloeziana* nas folhas e nas raízes e para *E. camaldulensis*, nos ramos e nas folhas, em ordem crescente de P.

TABELA 8: Concentração média de potássio nos diversos órgãos de mudas de cinco espécies de *Eucalyptus*, cultivadas sob dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico).

Espécie	P (mg/l)	Regime Hídrico	Concentração de Potássio (%)			
			Folha	Ramo	Caule	Raiz
<i>E. pellita</i>	300	CC	0,449 Aa ₀ a ₁	0,271 Ba ₀ a ₁	0,140 Aa ₀ a ₁	0,215 Aa ₀ a ₁
		DH	1,165 Ab ₀ a ₁	0,403 Cb ₀ a ₁	0,338 Ab ₀ a ₁	0,334 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,695 Ba ₀ b ₁	0,353 Ba ₀ b ₁	0,214 Ba ₀ b ₁	0,197 Ba ₀ a ₁
		DH	1,303 Ab ₀ b ₁	0,703 Ab ₀ b ₁	0,493 Ab ₀ b ₁	0,440 Bb ₀ b ₁
<i>E. camaldulensis</i>	300	CC	0,422 Aa ₀ a ₁	0,364 Aa ₀ a ₁	0,159 Aa ₀ a ₁	0,220 Aa ₀ a ₁
		DH	1,036 Bb ₀ a ₁	0,649 Ab ₀ a ₁	0,377 Ab ₀ a ₁	0,406 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,762 Ba ₀ b ₁	0,452 Aa ₀ b ₁	0,275 Aa ₀ b ₁	0,305 Aa ₀ b ₁
		DH	1,296 Ab ₀ b ₁	0,743 Ab ₀ b ₁	0,519 Bb ₀ b ₁	0,543 Ab ₀ b ₁
<i>E. citriodora</i>	300	CC	0,396 Aa ₀ a ₁	0,251 Ba ₀ a ₁	0,166 Aa ₀ a ₁	0,204 Aa ₀ a ₁
		DH	1,143 Ab ₀ a ₁	0,569 Bb ₀ a ₁	0,368 Ab ₀ a ₁	0,435 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,868 Aa ₀ b ₁	0,412 Aa ₀ b ₁	0,273 Aa ₀ b ₁	0,270 Aa ₀ b ₁
		DH	1,215 Bb ₀ a ₁	0,658 Ab ₀ b ₁	0,447 Bb ₀ b ₁	0,444 Bb ₀ a ₁
<i>E. cloeziana</i>	300	CC	0,373 Aa ₀ a ₁	0,311 Aa ₀ a ₁	0,150 Aa ₀ a ₁	0,217 Aa ₀ a ₁
		DH	0,813 Cb ₀ a ₁	0,474 Cb ₀ a ₁	0,348 Ab ₀ a ₁	0,311 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,538 Ca ₀ b ₁	0,286 Ca ₀ a ₁	0,230 Ba ₀ b ₁	0,222 Ba ₀ a ₁
		DH	1,154 Bb ₀ b ₁	0,535 Bb ₀ b ₁	0,338 Cb ₀ a ₁	0,357 Cb ₀ b ₁
<i>E. urophylla</i>	300	CC	0,316 Aa ₀ a ₁	0,201 Ba ₀ a ₁	0,144 Aa ₀ a ₁	0,205 Aa ₀ a ₁
		DH	0,772 Cb ₀ a ₁	0,374 Db ₀ a ₁	0,262 Bb ₀ a ₁	0,350 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,582 Ca ₀ b ₁	0,355 Ba ₀ b ₁	0,284 Aa ₀ b ₁	0,231 Bb ₀ a ₁
		DH	1,175 Bb ₀ b ₁	0,686 Ab ₀ b ₁	0,470 Bb ₀ b ₁	0,368 Cb ₀ a ₁

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram, até 10% de probabilidade, dentro do mesmo nível de fósforo e regime hídrico, entre espécies, pelo teste de Scott-Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro da mesma espécie e níveis de fósforo, entre regimes hídricos não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro da mesma espécie e regime hídrico, entre os níveis de fósforo, não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F.

Em folhas, os maiores aumentos de K (Tabela 8) ocorreram em plantas adubadas com 300

mg/l de P. Como o potássio apresenta papel dominante nos mecanismos estomáticos, o status nutricional na planta afeta a perda de água por transpiração e, conseqüentemente, o status hídrico (MENGEL e KIRKBY, 1982). Dentro de um mesmo nível de P, as menores proporções de aumento na concentração, com a indução do DH, ocorreram nas espécies que sofreram maiores decréscimos no ψ_w . As demais espécies não apresentaram relação de aumentos na concentração de potássio e de decréscimos no potencial hídrico. Aparentemente o potássio contribuiu para o ajustamento osmótico de forma diferenciada entre espécies (FORD e WILSON, 1981).

TABELA 9: Concentração média de cálcio nos diversos órgãos de mudas de cinco espécies de *Eucalyptus*, cultivadas sob dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico).

Espécie	P (mg/l)	Regime Hídrico	Concentração de Cálcio (%)			
			Folha	Ramo	Caule	Raiz
<i>E. pellita</i>	300	CC	0,321 Ba ₀ a ₁	0,410 Aa ₀ a ₁	0,146 Ba ₀ a ₁	0,188 Ba ₀ a ₁
		DH	0,513 Ab ₀ a ₁	0,729 Ab ₀ a ₁	0,357 Ab ₀ a ₁	0,294 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,345 Aa ₀ a ₁	0,251 Ba ₀ b ₁	0,149 Aa ₀ a ₁	0,135 Aa ₀ b ₁
		DH	0,567 Ab ₀ b ₁	0,663 Ab ₀ a ₁	0,389 Bb ₀ a ₁	0,293 Bb ₀ a ₁
<i>E. camaldulensis</i>	300	CC	0,282 Ca ₀ a ₁	0,411 Aa ₀ a ₁	0,162 Ba ₀ a ₁	0,196 Ba ₀ a ₁
		DH	0,309 Ca ₀ a ₁	0,310 Db ₀ a ₁	0,182 Ba ₀ a ₁	0,384 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,305 Ba ₀ a ₁	0,305 Aa ₀ b ₁	0,161 Aa ₀ a ₁	0,174 Aa ₀ a ₁
		DH	0,294 Da ₀ a ₁	0,356 Da ₀ a ₁	0,304 Cb ₀ b ₁	0,316 Ab ₀ b ₁
<i>E. citriodora</i>	300	CC	0,285 Ca ₀ a ₁	0,399 Aa ₀ a ₁	0,365 Aa ₀ a ₁	0,298 Aa ₀ a ₁
		DH	0,275 Da ₀ a ₁	0,395 Ca ₀ a ₁	0,374 Ab ₀ a ₁	0,304 Aa ₀ a ₁
	30	CC	0,267 Ca ₀ a ₁	0,246 Ba ₀ b ₁	0,173 Aa ₀ b ₁	0,161 Aa ₀ b ₁
		DH	0,456 Bb ₀ b ₁	0,526 Bb ₀ b ₁	0,495 Ab ₀ b ₁	0,351 Ab ₀ a ₁
<i>E. cloeziana</i>	300	CC	0,263 Ca ₀ a ₁	0,413 Aa ₀ a ₁	0,145 Ba ₀ a ₁	0,241 Aa ₀ a ₁
		DH	0,242 Ea ₀ a ₁	0,472 Ba ₀ a ₁	0,341 Ab ₀ a ₁	0,377 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,172 Da ₀ b ₁	0,174 Ca ₀ b ₁	0,143 Aa ₀ a ₁	0,169 Aa ₀ b ₁
		DH	0,233 Cb ₀ a ₁	0,262 Eb ₀ b ₁	0,220 Db ₀ b ₁	0,258 Bb ₀ a ₁
<i>E. urophylla</i>	300	CC	0,420 Aa ₀ a ₁	0,323 Aa ₀ a ₁	0,182 Ba ₀ a ₁	0,199 Ba ₀ a ₁
		DH	0,423 Ba ₀ a ₁	0,378 Ca ₀ a ₁	0,319 Ab ₀ a ₁	0,350 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,378 Aa ₀ b ₁	0,336 Aa ₀ a ₁	0,207 Aa ₀ a ₁	0,150 Aa ₀ a ₁
		DH	0,413 Ba ₀ a ₁	0,452 Cb ₀ b ₁	0,298 Cb ₀ a ₁	0,251 Bb ₀ b ₁

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram, até 10% de probabilidade, dentro do mesmo nível de fósforo e regime hídrico, entre espécies, pelo teste de Scott-Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro da mesma espécie e níveis de fósforo, entre regimes hídricos não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro da mesma espécie e regime hídrico, entre os níveis de fósforo, não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F.

O cálcio (Tabela 9) apresentou comportamento bastante diferenciado dos demais nutrientes. De forma geral, as maiores concentrações foram no ramo. Apesar das plantas sob DH apresentarem aumento nos teores de cálcio nos ramos, os maiores aumentos ocorreram no tronco. Aparentemente, o cálcio foi preferencialmente acumulado nessa parte da planta. Excetuando *E. camaldulensis* com 300 mg/l de P, o aumento no teor de cálcio no tronco foi significativo nos dois níveis de P, em todas as espécies. Os maiores aumentos na concentração de cálcio foram em *E. pellita* e em *E. citriodora*, em ordem decrescente de adubação.

TABELA 10: Concentração média de magnésio nos diversos órgãos de mudas de cinco espécies de *Eucalyptus*, cultivadas sob dois níveis de fósforo (30 e 300 mg/l) e dois regimes hídricos (CC = capacidade de campo e DH = déficit hídrico).

Espécie	P (mg/l)	Regime Hídrico	Concentração de Magnésio (%)			
			Folha	Ramo	Caule	Raiz
<i>E. pellita</i>	300	CC	0,112 Aa ₀ a ₁	0,024 Ca ₀ a ₁	0,018 Ba ₀ a ₁	0,019 Aa ₀ a ₁
		DH	0,156 Ab ₀ a ₁	0,066 Bb ₀ a ₁	0,037 Bb ₀ a ₁	0,045 Cb ₀ a ₁
	30	CC	0,118 Aa ₀ a ₁	0,021 Ca ₀ a ₁	0,003 Ca ₀ b ₁	0,020 Aa ₀ a ₁
		DH	0,141 Bb ₀ b ₁	0,086 Ab ₀ b ₁	0,067 Bb ₀ b ₁	0,062 Ab ₀ b ₁
<i>E. camaldulensis</i>	300	CC	0,084 Ba ₀ a ₁	0,039 Ba ₀ a ₁	0,015 Ba ₀ a ₁	0,028 Aa ₀ a ₁
		DH	0,087 Ca ₀ a ₁	0,059 Bb ₀ a ₁	0,033 Bb ₀ a ₁	0,056 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,073 Ba ₀ b ₁	0,030 Ba ₀ a ₁	0,017 Aa ₀ a ₁	0,007 Aa ₀ b ₁
		DH	0,105 Cb ₀ b ₁	0,039 Aa ₀ b ₁	0,036 Db ₀ a ₁	0,052 Bb ₀ a ₁
<i>E. citriodora</i>	300	CC	0,093 Ba ₀ a ₁	0,073 Aa ₀ a ₁	0,034 Aa ₀ a ₁	0,027 Aa ₀ a ₁
		DH	0,140 Cb ₀ a ₁	0,093 Ab ₀ a ₁	0,057 Ab ₀ a ₁	0,043 Cb ₀ a ₁
	30	CC	0,067 Ba ₀ b ₁	0,050 Aa ₀ b ₁	0,021 Aa ₀ b ₁	0,028 Aa ₀ a ₁
		DH	0,158 Ab ₀ b ₁	0,096 Ab ₀ a ₁	0,076 Ab ₀ b ₁	0,053 Ab ₀ a ₁
<i>E. cloeziana</i>	300	CC	0,126 Aa ₀ a ₁	0,042 Ba ₀ a ₁	0,013 Ba ₀ a ₁	0,034 Aa ₀ a ₁
		DH	0,135 Ba ₀ a ₁	0,038 Ca ₀ a ₁	0,023 Cb ₀ a ₁	0,078 Ab ₀ a ₁
	30	CC	0,088 Aa ₀ b ₁	0,017 Ca ₀ b ₁	0,010 Ba ₀ a ₁	0,016 Aa ₀ b ₁
		DH	0,115 Cb ₀ b ₁	0,038 Ab ₀ a ₁	0,025 Eb ₀ a ₁	0,039 Ab ₀ b ₁
<i>E. urophylla</i>	300	CC	0,117 Aa ₀ a ₁	0,022 Ca ₀ a ₁	0,001 Ba ₀ a ₁	0,022 Aa ₀ a ₁
		DH	0,158 Ab ₀ a ₁	0,046 Cb ₀ a ₁	0,027 Cb ₀ a ₁	0,054 Bb ₀ a ₁
	30	CC	0,147 Aa ₀ b ₁	0,033 Ca ₀ a ₁	0,023 Aa ₀ b ₁	0,029 Aa ₀ a ₁
		DH	0,135 Bb ₀ b ₁	0,070 Ab ₀ b ₁	0,044 Cb ₀ b ₁	0,079 Bb ₀ b ₁

Em que: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferiram, até 10% de probabilidade, dentro do mesmo nível de fósforo e regime hídrico, entre espécies, pelo teste de Scott Knott; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice zero, dentro da mesma espécie e nível de fósforo, entre os regimes hídricos, não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra minúscula, índice 1, dentro da mesma espécie e regime hídrico, entre os níveis de fósforo, não diferiram até 10% de probabilidade, pelo teste F.

Por ser de baixa mobilidade na planta, a distribuição do cálcio na parte aérea é extremamente dependente do ψ_w (BANGERTH, 1979) e da taxa de transpiração (ANSIAUX, 1959; WILSON *et al.*, 1980). Assim, em condições de deficiência hídrica, o maior acúmulo no caule provavelmente ocorreu devido à adsorção na parede celular dos elementos condutores (MENGEL e KIRKBY, 1982) e não devido a remobilização interna. Em *E. camaldulensis* com 100 e 600 mg/l de P, o déficit hídrico induziu à redução na concentração de cálcio na parte aérea, e com 600 mg/l de P, nas raízes (OLIVA *et al.*, 1989). O teor de cálcio nos órgãos de eucaliptos variou com espécies e as condições ambientais (MORAIS, 1989).

Assim, tanto a deficiência hídrica quanto a nutricional parecem influenciar a produção e a distribuição de fotoassimilados de forma diferenciada entre espécies, mostrando que, mesmo sendo geneticamente fixadas, as taxas de crescimento das espécies podem ser alteradas com as condições do meio (BROUWER, 1962) e que, em razão do prejuízo, em termos de produção de matéria seca do tronco, *E. urophylla* foi a espécie que apresentou maior resposta à adubação fosfatada e, em relação à matéria seca total, *E. camaldulensis* e *E. cloeziana* apresentaram-se como as espécies mais e menos adaptadas a condições de seca.

CONCLUSÕES

Com a indução do déficit hídrico, as reduções em área foliar, altura, diâmetro, peso da matéria seca de folhas, ramos, raízes e total, bem como o acúmulo de nutrientes nos diferentes órgãos da planta, variaram entre espécies, em função da adubação fosfatada.

Com o decréscimo na disponibilidade de fósforo ou de água no solo, *E. cloeziana* foi a espécie que apresentou as maiores reduções no crescimento em altura, diâmetro e no peso da matéria seca total. Entretanto, sob maior disponibilidade de fósforo, apresentou menor redução da área foliar, com a indução do déficit hídrico. No entanto, *E. urophylla* apresentou menor redução em diâmetro e *E. camaldulensis* em peso da matéria seca total e em altura.

A partição e a distribuição percentual de assimilados nos órgãos da planta mostraram que a matéria seca produzida foi alocada diferencialmente entre espécies, e que as condições do meio podem influenciar essa alocação.

Os aumentos nas concentrações de nutrientes nos diferentes órgãos das plantas, com a indução do déficit hídrico, variaram bastante entre espécies. As maiores reduções de crescimento em diâmetro e matéria seca total ocorreram na espécie que apresentou os menores aumentos no teor de potássio em folhas.

Em plantas mantidas próximo à capacidade de campo, o maior acúmulo de nitrogênio e de magnésio foi em folhas de plantas adubadas com 300 mg/l de P, e de potássio, em plantas com 30 mg/l de P. Já o cálcio se acumulou mais em folhas e ramos, independente da adubação fosfatada. Com a indução do déficit hídrico, as maiores proporções de aumento na concentração foram o nitrogênio em ramos e caules; de potássio em folhas; e de cálcio e magnésio no caule.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSIAUX, J.R. La composition minérales des fruits et la voie de transport des ions alimentaires vers ceux-ci. **Annual Physiology Vegetal**, Bruxelles, v. 4, p. 53-88, 1959.
- AWE, J. O.; SHEPHERD, K. R.; FLORENCE, R.G. Root development in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **Australian Forest**, v. 85, p. 201-209, 1976.
- BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. **Annual Revil. Phytopathol**, v. 17, p. 97-122, 1979.
- BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M. *et al.* Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, v. 5, p. 90-103, 1981.
- BARROS, N.F.; CARMO, D.N.; CALAIS, D. *et al.* Biomassa, absorção e eficiência de utilização de nutrientes por clones de eucalipto na região Norte do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., 1985, Belém. **Anais...** Belém: SBCS, 1985. p. 109.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Absorção e frações de fósforo em plantas de Eucalipto influenciadas pelo fator capacidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCS, 1987. p. 143-144..
- BELLOTE, A.F.J. ; FERREIRA, C.A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no estado de São Paulo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 26/27, p. 17-28, 1995.
- BOYER, J.S. Water deficits and photosynthesis. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1976. v. 4, p. 153-190.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R.; VENTORIM, N. *et al.* Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Rev. Árvore**, v. 19, p. 18-31, 1995.
- BROUWER, R. Distribution of dry matter in plant. **Neth Journal Agriculture Science**, v. 10, p. 361-375, 1962.
- FAÇANHA, J.G.V. **Aspectos fisiológicos do crescimento de *Eucalyptus* spp. submetidos à deficiência hídrica**. 1983. 47 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GONÇALVES, M.R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de *Eucalyptus* spp sob dois regimes hídricos**. 1992. 87 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- KAGEYAMA, P.Y. **Plantação de essências nativas, florestas de proteção e reflorestamentos mistos**. Piracicaba: IPEF, 1990. 9 p. (Documentos Florestais,8).
- HUSAIN, I.; ASPINALL, D. Water stress and apical morphogenesis in barley. **Annual Botanic**, v.34, p. 393-408, 1970.
- JONES, M.M.; OSMOND, C.B.; TURNER, N.C. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and

- sunflower in response to water deficits. **Australian Journal Plant Physiology**, v. 73, p.199-209, 1979.
- KOSLOWSKI, T.T. Water supply and tree growth. I. Water deficits. **Forest Abstract**, v. 43, p. 57-95, 1982.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. New York: Springer-Verlag, 1975. 252 p.
- LINDEMAN, W. Observations on the behaviour of phosphate compounds in *Chlorella* at the transition from dark to light. **United nations international conference on the peaceful uses of atomic energy**, v. 2, n. 24, p. 8-15, 1958.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.
- MILLARD, P. The accumulation and storage of nitrogen by herbaceous plants. **Plant, cell and Environment**, v. 11, p. 1-8, 1988.
- OLIVA, M.A.; BARROS, N.F.; GOMES, M.M. S. *et al.* Seca de ponteiros em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em relação a estresse hídrico e nutrição mineral. **Revista Árvore**, v. 13, p.19-33, 1989.
- OSONUBI, O.; DAVIES, W.J. Solute accumulation in leaves and roots of woody plants subjected to water stress. **Oecology**, v. 32, p. 323-332, 1978.
- PEREIRA, A.R.; ANDRADE, D.C.; LEAL, P.G.L. *et al.* Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamento de *E. citriodora* e *E. saligna* cultivados na região de cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, v. 15, p. 8-16, 1984.
- PEREIRA, J.S.; KOZLOWSKY, T.T. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus* seedlings. **Canadian Journal Botanic**, v. 54, p. 2868-2880, 1976.
- REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LELES, P. S. S. *et al.* Exigências nutricionais de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem (Jacarandá-da-bahia) produzidas em dois níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 21, p. 463-471, 1997.
- SCHULZE, E.D.; ROBICHAUX, R.H.; GRACE, J. *et al.* Plant water balance. **BioScience**, v. 37, p. 30-37, 1987.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. Acuster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.
- WILSON, J.R.; LODLOW, M.M.; FISCHER, M.J. *et al.* Adaptation to water stress of the leaf water relations of four tropical forage species. **Australian Journal Plant Physiology**, v.7, p. 207-220, 1980.