

EFEITO DE ADUBAÇÃO NPK NO «ENDURECIMENTO» DE MUDAS DE *Eucalyptus citriodora* Hook PARA ESTABELECIMENTO NO CAMPO, SOB CONDIÇÕES ADVERSAS DE UMIDADE NO SOLO*

Renato Mauro Brandi
José Flavio Candido
Nairam Félix de Barros
Laede Maffia de Oliveira**

1. INTRODUÇÃO

A época do ano apropriada para o plantio do eucalipto, em geral, e as condições de tempo reinantes após seu término são, em certas áreas tropicais e subtropicais, fatores dos mais importantes no sucesso das plantações. Basicamente, os meses de outubro e novembro são os mais indicados, por marcarem o início da estação chuvosa. Todavia, é prática comum estender os plantios aos meses subsequentes, prolongando-os, não raras vezes, até abril, quando as chuvas já são escassas. Mudanças recentemente plantadas podem ficar, assim, sujeitas a períodos de seca mais ou menos prolongados, que provocam deficiência de umidade no solo, dificultando o pegamento ou reduzindo o estoque inicial plantado.

Observações práticas dão conta de serem as mudas de *E. citriodora* sensíveis aos «veranicos» que freqüentemente intermedeiam a estação chuvosa. Um trabalho de literatura capaz de fornecer evidências diretas das necessidades hídricas dos eucaliptos foi realizado na África do Sul (8), porém não incluiu a espécie em estudo. Outro trabalho, foram testadas 40 espécies do gênero, cujas árvores sofreram anelagem (6). As espécies foram listadas em categorias, segundo a percentagem de renovação de casca, tendo sido o *E. citriodora* incluído na mais baixa destas categorias, que apresentou 0% de renovação de casca. O autor levanta a possibilidade de estar a capacidade regenerativa diretamente relacionada com o grau de resistência à seca.

A adubação, como prática florestal, pode ser empregada para aumentar a produção do estoque de crescimento ou para transformar em áreas de produção os terrenos improdutivos. Os benefícios de dela se originam têm sido, geralmente, medidos em termos de incremento de madeira. Entre outros menos conhecidos, confere às plantas jovens maior resistência à seca.

* Recebido para publicação em 30-05-1977. Projeto n.º 41143 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

** Respectivamente, Prof. Adjunto, Prof. Titular, Prof. Assistente e Prof. Titular da U.F.V.

Os objetivos deste trabalho foram verificar os efeitos e determinar as melhores concentrações dos elementos N, P e K, aplicados em mistura ao solo dos recipientes de produção de mudas, no processo de endurecimento destas, sob as condições de seca reinantes no campo após o plantio.

SHIRLEY e MEÜLI (9) realizaram experimentos com plantas de *Pinus resinosa* com 2 anos de idade, cultivadas, simultaneamente, em viveiro e em casa-de-vegetação. Doses crescentes de nitrogênio, aplicadas sob a forma de sulfato de amônio, resultaram num decréscimo pronunciado da resistência à seca. No viveiro, irrigações diárias produziram plantas menos resistentes que as irrigadas a intervalos de 3 dias, na ausência de nitrogênio. Na presença deste elemento, os efeitos foram mascarados pela irrigação pesada, que provocou lixiviação do elemento. O fósforo influiu também na resistência, mais marcadamente nas plantas cultivadas em casa-de-vegetação, porém seu efeito variou de acordo com a concentração de nitrogênio. Na presença deste elemento, o aumento de fósforo, sob a forma de KH_2PO_4 ou de superfosfato comercial, resultou num aumento da resistência. BENSEND (2) observou que mudas de *Pinus banksiana* cultivadas com nível ótimo de suprimento de nitrogênio (200 — 250 ppm.) foram tão resistentes à seca quanto as que cresceram com níveis deficientes. Todavia, qualquer aumento deste elemento acima do ótimo resultou em decréscimo da resistência. PHARIS e KRAMER (7) chegaram a resultados semelhantes com mudas de *Pinus taeda*. As plantas cultivadas em concentrações tidas como ótimas, sob condições normais de umidade (50 — 125 ppm.), demonstraram maior resistência à seca. Concentrações mais altas foram prejudiciais, muito embora o peso seco tenha sido maior à concentração de 300 ppm. ALLEN e MAKI (1) notaram aumento da sobrevivência de *Pinus palustris*, após 48 dias de plantio no campo, em resposta à adubação NPK, aplicada nas mudas no estádio de viveiro, mas não pela adição de nitrogênio somente. BOZHINOVA (5) cita Miller, que considera os adubos fosfatados causa de depressão da influência da seca, embora seu efeito útil dependa da presença de nitrogênio no solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Como recipientes para a obtenção de mudas foram utilizados saquinhos plásticos de 6 cm de diâmetro por 15 cm de comprimento, os quais foram preenchidos com uma mistura de solo e fertilizante. O solo, cuja descrição é feita adiante, foi retirado de uma camada localizada abaixo de 30 cm de profundidade, próximo ao local onde mais tarde foram plantadas as mudas. O fertilizante utilizado foi uma mistura de N, P e K, constituída de sulfato de amônio (20% de N), superfosfato simples (20% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O). Os níveis crescentes de cada elemento constaram de 0,25 e 0,50 g de N, 0,70 e 1,40 g de P_2O_5 e 0,15 e 0,30 g de K_2O , respectivamente, segundo a relação e a dose testadas por BRASIL e SIMÕES (4) como as mais adequadas para o desenvolvimento de mudas de *E. saligna*. O nível zero foi representado pela ausência do elemento.

Com o propósito de prevenir a remoção dos nutrientes do solo por parte das chuvas, os recipientes foram protegidos por meio de pequenos abrigos formados por cobertura transparente. A adição de água de irrigação, antes e depois da emergência das plantas, foi feita por gotejamento. Inicialmente, os teores de umidade dos recipientes foram completados até o nível de aproximadamente 85% da capacidade de campo do componente solo. Este nível, previamente determinado como correspondente à quantidade máxima de água capaz de ser retida integralmente nos recipientes, foi mantido durante os 30 primeiros dias. A semelhança do procedimento rotineiro, fez-se, posteriormente, uma redução do teor de água, passando o correspondente nível a ser de aproximadamente 50% da capacidade de campo, com o qual as mudas completaram a fase de viveiro.

Ao fim de 30 dias, fez-se uma seleção das mudas contidas nos recipientes, de tal modo que em cada um deles houvesse uma única planta, tida como a mais vigorosa. Decorridos 54 dias, as mudas foram levadas para o campo.

O local de plantio foi parte de um terraço aluvial antigo, cujo solo foi identificado como PVAC/fase terraço, textura argilosa. Os valores determinados para a capacidade de campo e para o ponto de murcha foram 40,3% e 24,2%, respectivamente. Da análise química do solo obtiveram-se valores que foram classificados como baixos para alumínio, nitrogênio, fósforo e potássio; médios para acidez, cálcio e magnésio e alto para índice de saturação de bases.

O experimento constou de um arranjo fatorial 3^3 , disposto no delineamento em blocos casualizados, utilizando-se 4 blocos.

As parcelas, cada uma com 4 plantas, foram isoladas, lateralmente, contra umi-

dade, até a profundidade de 40 cm. Sobre elas foi montado um abrigo, cujo modelo de construção teve base nos estudos realizados por STRANSKY e DUKE (10). O abrigo teve como função proteger as mudas contra a água de chuva, sem que se produzissem grandes alterações no ambiente. Com o fim de prevenir que água superficial ou subterrânea pudesse atingir as parcelas, foi colocada uma barreira lateral ao redor do abrigo, a 30 cm da linha de gotejamento. Esta se projetava a 40 e 10 cm, respectivamente, abaixo e acima do nível do chão.

Como critério para a avaliação do efeito dos tratamentos, utilizou-se da habilidade de as plantas reassumirem o estado normal de crescimento decorrido um período de 20 dias após cessada a tensão de umidade a que as mudas foram submetidas. Esta tensão correspondeu a uma seca gradativa imposta às mudas após o plantio, até que o solo atingisse o teor médio de 28% de umidade, determinado, em ensaio prévio, como não-letal, porém injurioso para as mudas de *E. citriodora*. Este valor foi atingido em cerca de duas semanas e meia. Terminado esse tempo, as mudas foram novamente irrigadas até próximo da capacidade de campo do solo. Por meio de tensiômetros calibrados, este nível foi mantido até o final do experimento.

Os dados obtidos de área foliar, altura, peso de matéria seca e comprimento de raiz foram analisados estatisticamente, utilizando-se um modelo polinomial do 2.º grau, com três variáveis independentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 encontram-se os dados das medições obtidas para área foliar, altura, peso seco e comprimento de raiz das mudas de *E. citriodora*, 20 dias após cessada a tensão de umidade no solo.

Dentre os efeitos isolados, o fósforo proporcionou os melhores crescimentos observados, seguido pelo nitrogênio, ambos por meio de suas respectivas doses simples de 0,70 e 0,25 g/planta. O potássio comportou-se, aparentemente, como elemento pouco expressivo, produzindo efeitos mal definidos e variáveis de acordo com o parâmetro considerado. Na ausência dos demais elementos, o aumento do nitrogênio de 0,25 para 0,50 g/planta prejudicou sensivelmente o crescimento das plantas, reduzindo-o em mais de 50% e fornecendo valores que foram, inclusive, inferiores aos do tratamento testemunha. Em condição idêntica, também houve redução do crescimento, embora menos acentuadamente, em razão do aumento do fósforo, ao passar da dose de 0,70 para 1,40 g/planta.

Em presença do fósforo, doses crescentes de nitrogênio proporcionaram efeitos variáveis. Houve aumento da área foliar com valores máximos proporcionados pelo emprego de 0,25 g do elemento/planta. Houve aumento e posterior redução na altura das plantas. Não foram constatadas alterações sensíveis no peso seco das plantas quando em presença de 0,70 g de fósforo/planta, mas houve aumento se em presença de 1,40 g deste elemento/planta. O comprimento de raiz foi reduzido em presença de 0,70 g de fósforo/planta; em presença de 1,40 g/planta, doses crescentes de nitrogênio proporcionaram aumento e redução do comprimento.

Os maiores desenvolvimentos observados, à exceção do comprimento de raiz, foram proporcionados pelo fósforo, na dose de 1,40 g/planta, quer na ausência, quer na presença de 0,25 g de nitrogênio/planta. Ao contrário, os piores desenvolvimentos se deram em resposta à dose de 0,50 g de nitrogênio/planta, aplicada na ausência de fósforo. Nos tratamentos em que este nível esteve presente, houve morte de partes de folhas e terminais de plantas. Os sintomas consistiram em rápida desidratação das folhas, acompanhada de mudança de coloração do verde normal para o verde pálido. Nenhuma evidência de infecção por fungo ou bactéria foi constatada. Parece, assim, que o fósforo atuou como elemento causador de depressão da influência da seca associada ao efeito injurioso causado pelo nível mais elevado de aplicação do nitrogênio, embora seu efeito útil dependa da presença limitada de nitrogênio no solo.

A baixa eficiência do potássio cresce o fato de não ter sido observado nenhum contraste aparente entre mudas supridas ou não com este elemento.

Apenas os efeitos produzidos pelo fósforo e pelo nitrogênio foram significativos, ao nível de 1% de probabilidade. O fósforo proporcionou as maiores variações observadas no coeficiente de determinação, cujo valor máximo foi de 64,4%, com relação à área foliar, contra apenas 17,2% devidos ao nitrogênio. A maior variação devida a este elemento foi observada na altura das mudas, ou seja, 31,8% contra 59,0% devidos ao fósforo.

Pelo valor dos coeficientes de determinação obtidos, as variáveis nitrogênio e

QUADRO 1 - Médias dos dados de área foliar, altura de plantas, peso de matéria seca e comprimento de raiz de mudas de *E. citriodora*, 20 dias após cessado o período de tensão de umidade do solo

Tratamento			Área foliar (cm ²)	Altura (cm)	Peso matéria seca (g)	Comprimento de raiz (cm)
N	P	K				
Níveis (g/planta)						
0	0	0	134,88	15,50	2,739	33,70
0	0	0,15	112,56	18,85	2,415	29,70
0	0	0,30	138,21	18,10	2,561	29,00
0	0,70	0	460,74	33,35	12,823	55,00
0	0,70	0,15	337,12	29,70	9,380	50,00
0	0,70	0,30	272,29	29,15	6,313	36,50
0	1,40	0	358,08	27,35	9,174	41,00
0	1,40	0,15	480,60	38,50	11,068	37,50
0	1,40	0,30	410,50	32,50	10,001	39,50
0,25	0	0	231,47	23,10	4,921	33,50
0,25	0	0,15	197,11	12,95	3,202	27,70
0,25	0	0,30	162,90	18,10	2,318	16,50
0,25	0,70	0	551,13	37,00	11,425	43,00
0,25	0,70	0,15	729,42	34,60	18,895	44,00
0,25	0,70	0,30	488,07	32,60	14,572	37,70
0,25	1,40	0	797,00	38,00	26,622	52,70
0,25	1,40	0,15	820,09	35,10	15,667	49,50
0,25	1,40	0,30	546,17	32,85	8,214	31,00
0,50	0	0	86,61	9,20	0,439	10,00
0,50	0	0,15	109,02	9,50	0,600	12,20
0,50	0	0,30	85,03	7,85	0,432	13,50
0,50	0,70	0	504,44	17,85	11,802	35,00
0,50	0,70	0,15	640,22	25,50	10,754	15,20
0,50	0,70	0,30	302,51	18,70	2,691	16,50
0,50	1,40	0	571,81	22,35	10,834	34,70
0,50	1,40	0,15	382,58	22,85	6,647	12,70
0,50	1,40	0,30	374,99	23,75	4,677	13,00

fósforo explicaram 79,9, 90,5, 66,8 e 71,7% das variações totais observadas, respectivamente, em área foliar, altura, peso seco e comprimento de raiz.

As seguintes equações representam as expressões algébricas do modelo escolhido para área foliar, altura, peso seco e comprimento de raiz, respectivamente:

$$\hat{Y}_i^a = 59,3625 - 2919,58 N^2 - 291,636 P^2 + 1538,06 N + 684,8 P$$

$$\hat{Y}_i^h = 17,1703 - 113,822 N^2 - 12,5282 P^2 + 37,9224 N + 28,6585 P$$

$$\hat{Y}_i^p = 1,37474 - 85,6197 N^2 - 8,47823 P^2 + 38,8991 N + 18,4787 P$$

$$\hat{Y}_i^r = 30,4741 - 139,111 N^2 - 16,8252 P^2 + 27,5336 N + 31,9521 P$$

De acordo com estas equações, as estimativas do desenvolvimento de mudas de *E. citriodora*, 20 dias após cessado o período de tensão de umidade no solo, são apresentadas nos Quadros 2, 3, 4 e 5. Ainda com base nestas equações, os níveis estimados de nitrogênio e fósforo capazes de proporcionar o máximo desenvolvimento de mudas são, respectivamente: 0,263 e 1,174 g/planta para área foliar; 0,166 e 1,144 g/planta para altura; 0,227 e 1,090 g/planta para peso seco e 0,099 e 0,950 g/planta para comprimento de raiz. Os pontos máximos da função correspondentes a estes níveis são: 663,93 cm² de área foliar, 37,72 cm de altura, 15,86 g de peso seco e 47,00 cm de comprimento de raiz.

As representações geométricas das estimativas do desenvolvimento em área foliar, altura, peso de matéria seca e comprimento de raiz das mudas de *E. citriodora* são apresentadas nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

QUADRO 2 - Área foliar (cm²) de mudas de *E. citriodora* em função de fósforo e nitrogênio (g/planta)

Fósforo	Nitrogênio		
	0	0,25	0,50
0	59,3625	261,40375	98,4975
0,70	395,82086	597,86211	434,95586
1,40	446,47594	648,51719	485,61094

QUADRO 3 - Altura (cm) de mudas de *E. citriodora* em função de fósforo e nitrogênio (g/planta)

Fósforo	Nitrogênio		
	0	0,25	0,50
0	17,1703	19,537025	7,676
0,70	31,0924	33,459157	21,598132
1,40	32,736928	35,103653	23,2697

Para as condições do presente trabalho, os resultados obtidos levam às seguintes conclusões:

1. O fósforo foi o elemento que contribuiu de forma mais eficiente para o processo de endurecimento de mudas. Bons resultados poderão ser obtidos com a aplicação deste elemento na dose de 1,17 g/planta.

2. Embora o efeito útil do fósforo dependa da presença do nitrogênio, as doses deste elemento que proporcionaram mudas mais resistentes no campo reduziram, segundo BRANDI *et alii* (3), em trabalho com esta mesma espécie, o crescimento de mudas no viveiro. Diante disto, recomendam-se estudos com respeito à aplicação parcelada do nitrogênio em mistura com a água de irrigação como método alternativo para a produção de mudas que tenham rápido desenvolvimento em viveiro, ao

QUADRO 4 - Peso de matéria seca (g) de mudas de *E. citriodora* em função de fósforo e nitrogênio (g/planta)

Fósforo	Nitrogênio		
	0	0,25	0,50
0	1,37474	5,74828375	-0,580635
0,70	10,18561	14,52904105	8,2001223
1,40	10,6275892	15,00113295	8,6722142

QUADRO 5 - Comprimento de raiz (cm) de mudas de *E. citriodora* em função de fósforo e nitrogênio (g/planta)

Fósforo	Nitrogênio		
	0	0,25	0,50
0	30,4741	28,6630625	9,46315
0,70	44,596222	42,7851845	23,585272
1,40	42,229648	40,4186105	21,218698

mesmo tempo que sejam capazes de suportar condições de seca no campo.

3. O potássio mostrou-se como elemento de baixa eficiência. Em nenhuma das formas de crescimento analisadas os efeitos causados pelo potássio foram significativos, além de não haver contraste entre mudas supridas ou não com esse elemento.

4. RESUMO

Este trabalho foi realizado em Viçosa, Minas Gerais, e teve como objetivos verificar os efeitos e determinar as melhores concentrações dos elementos N, P e K, aplicados em níveis crescentes e em mistura ao solo dos recipientes de produção de mudas de *E. citriodora*, no processo de endurecimento destas, sob condições de seca reinantes no campo após o plantio.

O plantio foi feito sob a cobertura de um abrigo simulador de seca, de acordo com os padrões preconizados por STRANSKY e DUKE (10). Medidas foram tomadas no sentido de evitar que água superficial ou subterrânea pudesse atingir as mudas no interior das parcelas. Nestas condições, estabeleceu-se um limite de gradação da tensão de umidade do solo que, embora não-letal, restringisse o desenvolvimento normal de mudas de *E. citriodora*. As mudas foram, então, novamente irrigadas durante determinado tempo; ao término desse tempo, foram avaliadas quanto à habilidade de recuperação do estado normal de crescimento.

As respostas das mudas às aplicações dos elementos foram bem definidas quanto a fósforo e nitrogênio, cujos efeitos foram significativos, ao nível de 1% de probabilidade. As concentrações ótimas destes elementos, correspondentes ao desenvolvimento máximo atingido pelas mudas, situaram-se entre 0,26 e 0,10 g de nitrogênio/planta e 1,17 e 0,95 g de fósforo/planta. Houve morte de partes de planta, possivelmente em razão da toxidez do nitrogênio, causada pelo nível mais elevado de

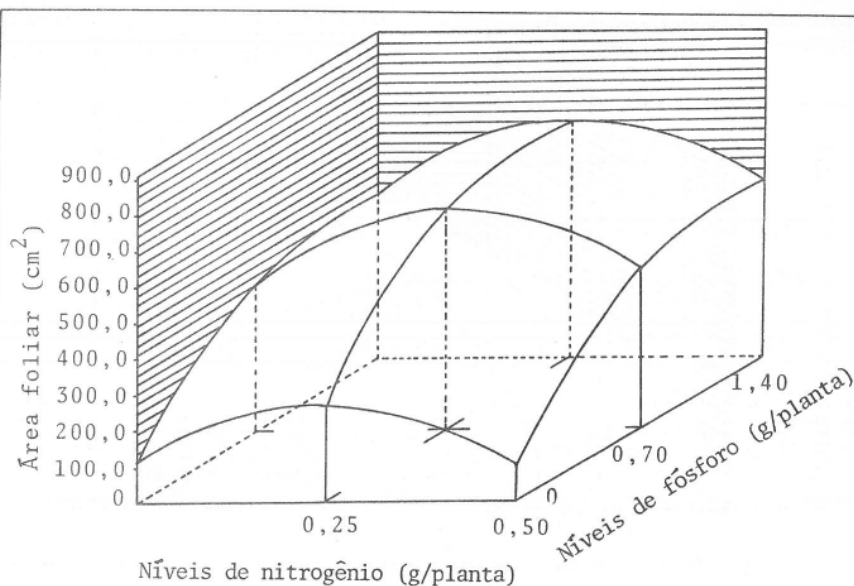


FIGURA 1 - Visão em perspectiva da superfície de resposta da estimativa do desenvolvimento em área foliar, de mudas de *E. citriodora*, no campo, à aplicação de diferentes níveis de fósforo e nitrogênio

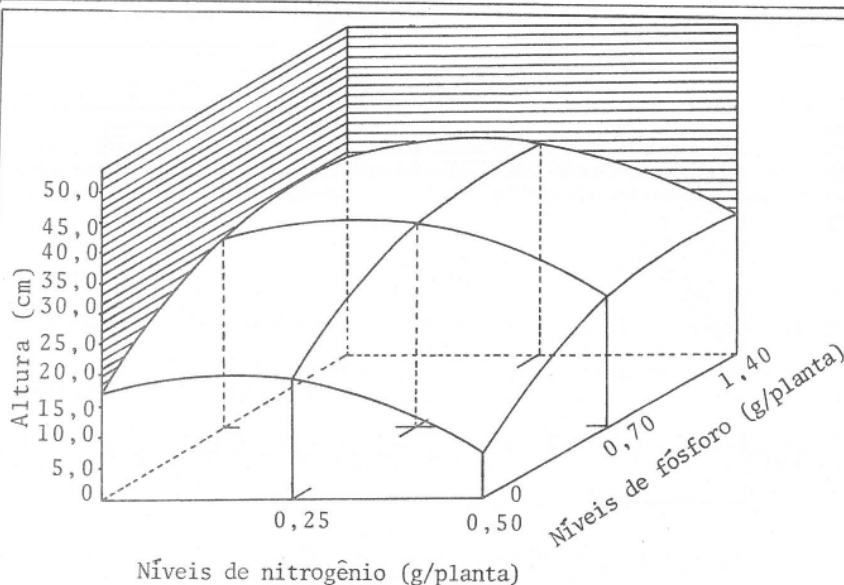


FIGURA 2 - Visão em perspectiva da superfície de resposta da estimativa do desenvolvimento em altura, de mudas de *E. citriodora*, no campo, à aplicação de diferentes níveis de fósforo e nitrogênio

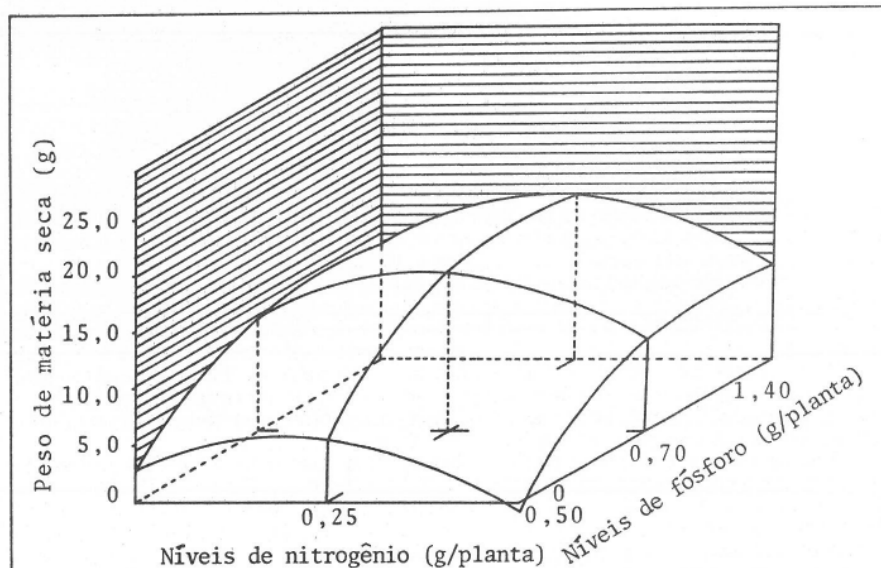


FIGURA 3 - Visão em perspectiva da superfície de resposta da estimativa do desenvolvimento em peso de matéria seca, de mudas de *E. citriodora*, no campo, à aplicação de diferentes níveis de fósforo e nitrogênio

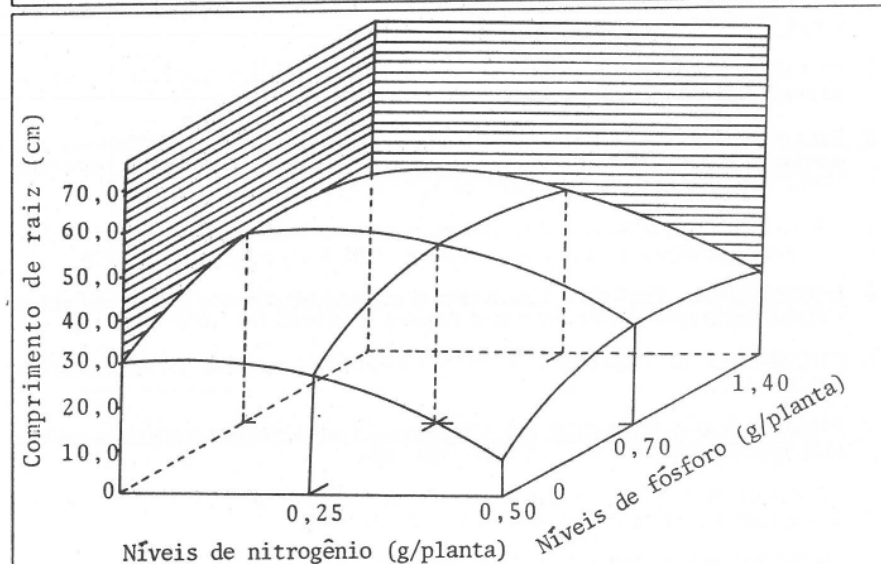


FIGURA 4 - Visão em perspectiva da superfície de resposta da estimativa do desenvolvimento em comprimento de raiz, de mudas de *E. citriodora*, no campo, à aplicação de diferentes níveis de fósforo e nitrogênio

sua aplicação. Nenhum contraste aparente foi observado entre mudas supridas ou não com potássio.

5. SUMMARY

The purpose of this study was to verify the effects of applications of nitrogen, phosphorus and potassium on the process of drought hardening after field planting in *Eucalyptus citriodora* Hook and to determine the best concentrations of these elements. The work was carried out in Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

Minerals were applied to the soil in increasing concentrations, and planting was done under a drought — simulating shelter. Measures were taken in order to prevent surface or subterranean water from reaching the seedlings within the plots. Under these conditions, a limit was established for gradations of water stress in the soil which, although not lethal, restrained normal development. The seedlings were irrigated once again for a determined period. At the end of that time, their ability to regain a normal state of growth was evaluated using foliar area, height, dry weight of the entire plant and root length as parameters.

The seedlings' responses to the application of elements were well defined for phosphorus and nitrogen, whose effects were significant at the 1% probability level. The optimum concentrations of these elements, corresponding to the maximum development attained by the seedlings according to the parameters considered, were between 0.26 and 0.10 g/plant for nitrogen and between 1.17 and 0.95 g/plant for phosphorus. Some plant parts died, possibly because of nitrogen toxicity at the highest level of applications. No apparent difference was observed among seedlings supplied or not supplied with potassium.

6. LITERATURA CITADA

1. ALLEN, R.M. & MAKI, T.E. Response of longleaf pine seedlings to soils and fertilizers. *Soil Sci*, 79(5):359-362. 1955.
2. BENSEND, D.W. *Effect of nitrogen on growth and drought resistance of jack pine seedlings*. St. Paul, Univ. Minn. Expt. Sta. Tech., 1943. 63 p. (Boletim. 163).
3. BRANDI, R.M., CANDIDO, J.F., BRAGA, J.M. & BARROS, N.F. Efeito de adubação NPK no desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. *Rev. Ceres*, 24(133):405-411. 1977.
4. BRASIL, U.M. & SIMÕES, J.W. Determinação da dosagem de fertilizante mineral para a formação de mudas de eucalipto. *IPEF*, Piracicaba, 6:79-85. 1973.
5. BOZHINOVA — BONEVA, I. Influence of mineral fertilization on the drought resistance of grapevine. *Soviet Plant Physiol*, 17(1):105-108. 1970.
6. CHUDNOFF, M. Tissue regeneration of debarked eucalypts. *Forest Sci.*, 17(3): 300-305. 1971.
7. PHARIS, R.P. & KRAMER, P.J. The effects of nitrogen and drought on loblolly pine seedlings. *Forest Sci*, 10(2):143-150. 1964.
8. POYTON, R.J. The drought resistance of commercial timber species in the Transvaal. *Forestry in South Africa*, 6:87-106. 1966.
9. SHIRLEY, H.L. & MEULI, L.J. The influence of soil nutrients on drought resistance of two-year-old red pine seedlings. *Amer. J. Bot.*, 26:355-360. 1939.
10. STRANSKY, J.J. & DUKE, W.B. *Shelter for testing drought hardness of planted southern pine seedlings*. N. Orleans, Southern Forest Exp. Sta., U.S. Forest Service., 1964. 4 p. (Research Note, SO-11).