



CH

1634

**Boletim de Pesquisa**

ISSN 1517-2228

Número, 31

Fevereiro, 2001

**Aspectos Biofísicos e  
Bioquímicos no Desenvolvimento  
de Plântulas de Cupuaçuzeiro sob  
Diferentes Condições de Luz em  
Sala de Crescimento**

**Embrapa**

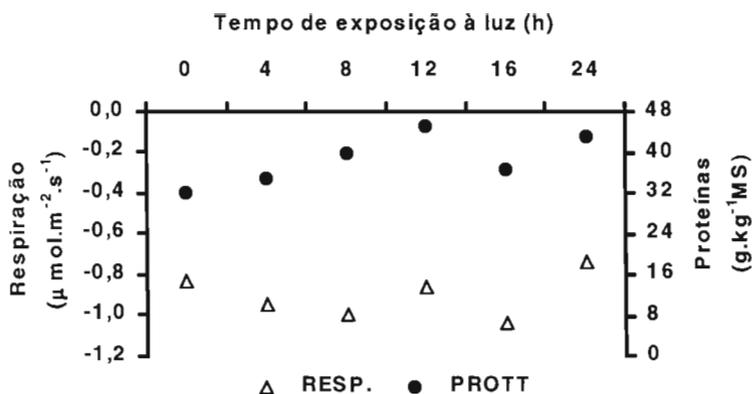
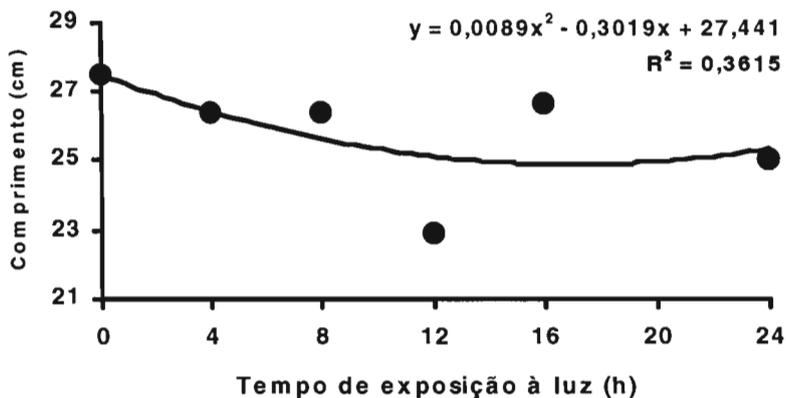


Fig. 18. Comparação entre a respiração e os teores de reservas de proteínas solúveis totais da estrutura cotiledonária de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplântio.

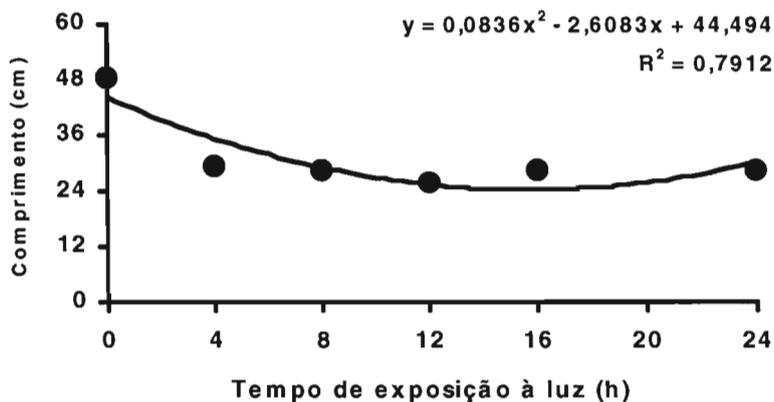
Observa-se na Fig. 17 que na condição mais extrema de ausência de luz (0h), a respiração, uma das maiores registradas neste estudo, foi acompanhada do menor teor de amido, fato que confirma que essa molécula orgânica é o principal substrato da respiração, conforme afirmam Bryce & Hill (1999).

Na Fig. 18, observa-se que o maior valor da respiração ocorreu no tratamento 24h, quando houve uma das maiores concentrações de proteínas acumuladas nas folhas. Verifica-se, também, que as alterações no conteúdo dessa macromolécula foi relativamente elevado, o contrário do que ocorre com folhas maduras, quando as variações são em níveis baixos, segundo Buchanan-Wollaston (1997).

Os dados de vigor, avaliados pelos comprimentos médios de raiz principal e epicótilo de plântulas de cupuaçuzeiro estão representados nas Fig. 19 e 20.



**Fig. 19.** Comprimento médio de raiz principal de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplante. (n = 4).



**Fig. 20.** Comprimento médio de epicótilo de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplante. (n = 4).

A análise de regressão dos dados médios de comprimento da raiz principal ajustou a curva da equação de regressão ao tipo polinomial quadrática. Observa-se na Fig. 19, que a tendência de redução do comprimento da raiz foi significativa à medida que as plântulas foram expostas à luz. As raízes principais tiveram o comprimento médio de  $25,8 \pm 0,9$  cm e variaram de 27,48 cm (0h) a 22,93 cm (12 h).

Os dados de comprimento do epicótilo foram submetidos à análise de regressão e a equação polinomial quadrática foi a que se ajustou melhor no estabelecimento da curva de deslocamento das médias (Fig. 20). O comprimento médio dos epicótilos foi de  $31,4 \pm 1,5$  cm, contido entre a superioridade do tratamento 0h (48,53 cm) e o menor crescimento observado no de 12h (25,48 cm).

Esses resultados evidenciam que grande parte da energia produzida, nas diferentes fases do desenvolvimento de plântulas de cupuaçuzeiro, foi consumida no crescimento do epicótilo. Devido a isso, essa estrutura de plântulas, mantidas permanentemente no escuro, foi bem maior que a dos demais tratamentos. Os resultados alcançados foram contrastantes com os obtidos por Roncancio et al. (1996), que observaram que as plantas de *Solidaster luteus*, submetidas a fotoperíodo de 20 horas, apresentaram maior desenvolvimento do epicótilo do que as expostas somente a oito horas de luz.

## CONCLUSÕES

As plântulas respondem diferentemente aos regimes de luz e à condição máxima de fotoperíodo (24h), apesar de não ter comprometido a respiração, concorre para a redução da condutância estomática e da transpiração.

As condições de suprimento ou não de luz, bem como as que alternaram esses períodos devem ser evitadas, apesar de não afetarem o desenvolvimento das plântulas de cupuaçuzeiro até 90 dias após o transplântio, pois são insuficientes para ativar o processo fotossintético.

O desenvolvimento das plântulas, nas condições estudadas, é garantido pelo metabolismo de substâncias de reservas cotiledonárias e, de acordo com o regime de luz imposto, há aproveitamento diferenciado de amido, açúcares solúveis, proteínas, aminoácidos, fósforo e potássio, com reflexos variáveis sobre o crescimento de plântulas de cupuaçuzeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLEASDALE, J.K.A. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU / Editora da Universidade de São Paulo, 1977. 176p.
- BOYCE, P.J.; VOLENEC, J.J. Taproot carbohydrate concentrations and stress tolerance of contrasting alfalfa genotypes. **Crop Science**, v.32, p.757-761, 1992.
- BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e potencial de água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1053-1060, 1998.
- BRYCE, J.H.; HILL, S.A. Energy production in plant cells. In: LEA, P.J.; LEEGOOD, R.C., ed. **Plant biochemistry and molecular biology**. Chichester: J. Wiley, 1999. p.1-28.
- BUCHANAN-WOLLASTON, V. The molecular biology of leaf senescence. **Journal of Experimental Botany**, v.48, n.3, p.181-199, 1997.
- BUNCE, J.A. Short and long-term inhibition of respiratory carbon dioxide efflux by elevated carbon dioxide. **Annals of Botany**, v.65, p.637-642, 1990.
- BUNCE, J.A. Stomatal conductance, photosynthesis and respiration of temperate deciduous tree seedlings grown outdoors at an elevated concentration of carbon dioxide. **Plant Cell and Environment**, v.15, p.541-549, 1992.
- CHEN JUNIOR, P.S., TORIBARA, T.V.; WARNER, H. Micro determination of phosphorus. **Analytical Chemistry**, v.28, p.1756-1758, 1956.
- FIGUEIRÊDO, F.J.C.; CARVALHO, C.J.R. de; ROCHA NETO, O.G. da. **Aspectos bioquímicos e mobilização de reservas na emergência de sementes de cupuaçuzeiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999a. 39p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 12).

- FIGUEIRÊDO, F.J.C.; ROCHA NETO, O.G. da; CARVALHO, C.J.R. de. **Aspectos biofísicos de cupuaçuzeiro em viveiro**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999b. 45p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 9).
- FIGUEIRÊDO, F.J.C.; ROCHA NETO, O.G. da; CARVALHO, C.J.R. de. **Emergência e mobilização de reservas de sementes de cupuaçuzeiro na ausência de luz**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999c. 37p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 8).
- GAFFRON, H. Energy storage: photosynthesis. In: STEWARD, f.C., ed. **Plant Physiology**. NewVork: Academic Press, 1990. v.IB, p.3-277.
- GALLESCHI, L.; CAPOCCHI, A. Mobilization of storage proteins in *Haynaldoticum sardoum* seeds. I. Purification and some properties of a serine carboxy- peptidase in germinating seeds. **Physiologie Végétale**, v.24, n.6, p.719-727 , 1986.
- GAL YUON, I.K.A.; McDAVID, C.R.; LOPEZ, F.B.; SPENCE, J.A. The effect to irradiance levei cocoa (*Theobroma cacao* L.): II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence. **Tropical Agriculture**, v.73, n.1 , p.29-33, 1996.
- GARDNER, J.C.; MARANVILLE, J.W.; PAPAROZZI, E.T. Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars. **Crop Science**, v.34, p.728-733, 1994.
- KRAUS, E.; KOLLÖFFEL, C.; LAMBERS, H, The effect of handling on photosynthesis, transpiration, respiration, and nitrogen and carbohydrate content of populations of *Lolium perenne*. **Physiologia Plantarum**, v.91, p.631-638,1994.
- LARA, A.B,W.H.; NAZÁRIO, G.; ALMEIDA, M,E.W. de; PREGNOLATTO, W., coord. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 2.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1976. v .1. 377p.

- LEHTONEN, J.A., VOLANTO-LUMPPPIO, K.,; VUORIO, P. The effects of continuous illumination on southern and northern *Micrasterias* strains. **Physiologia Plantarum**, v.91, p.413-418, 1994.
- LEPRINCE, O., BRONCHART, R.' DEL TOUR, R, Changes in starch and soluble sugars in relation to the acquisition of desiccation tolerance during maturation of *Brassica campestris* seed. **Plant Cell and Environment**, v.13, p.539-546, 1990,
- MIYAJI, K.; SILVA, W.S. da; ALVIN, P. de T.,; SILVA, W.S. da. Longevity of leaves of a tropical tree, *Theobroma cacao*, grown under shading, in relation position within the canopy and time of emergence. **New Phytologist**, v.135, n.3, p.445-454, 1997.
- MURPHY, D.J. Plant lipids -their metabolism, function and utilization. In: LEA, P.J.; LEEGOOD, R.C., eds. **Plant biochemistry and molecular biology**. Chichester: J. Wiley, 1999. p.119-135.
- ORT, D.R.; BAKER, N.R. Consideration of photosynthetic efficiency at low light as major determinant of crop photosynthetic performance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v,26, n.4, p.555-565, 1988.
- PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: EDUR, 1998. 159p.
- POORTER, H., GIFFORD, R.M., KRIEDEMANN, P.E.; WONG, S.C. A quantitative analysis of dark respiration and carbon content as factors in growth response of plants to elevated CO<sub>2</sub>. **Australian Journal of Botanical**, v.40, p.501-513, 1992,
- PRISCO, J.T, Possibilidades de exploração de lavouras xerófitas no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.4, p.332-342, 1986.

- REGINA, M.A.; CARBONNEUA, A. Trocas gasosas em *Vitis vinifera* sob regime de estresse hídrico. Fotorrespiração e comportamento varietal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.1, p.37-43, 1999.
- RONCANCIO, V.J.F., PERES, L.E.P., ZAIDAN, L.B.P.; PEREIRA, M. de F.A. Influência do fotoperíodo em interação com a temperatura no desenvolvimento de plantas de *Solidaster luteus*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.8, n.2, p.131-138, 1996.
- SALINAS, J.G.; GARCIA, R. **Métodos químicos para el análisis de suelos acidos y plantas forrajera**. Cali: CIAT, 1985. 83p.
- SCHUL TZE, E.D.; KOPPERS, M. Short-term and lon-term of plant water deficits on estomatal response to humidity in *Coryllus avellana* L. use efficiency of xylem-tapping mistletoes. **Planta**, v.146, n.3, p.319-326, 1979.
- STEPIEN, V., SAUTER, J.J.; MARTIN, F. Vegetative storage proteins in woody plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.32, n.2, p.185-192, 1994.
- TURNER, N.C., SCHUL TZE, E.D.; GOLLAN, T. The response of stomatal and leafs gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. I - Species comparisons at high soil contents. **Oecologia**, v.63, p.338-342, 1984.
- WILLIAMS, S., ed. **Official methods of analysis of the Association Of Official Analytical Chemists**. 14.ed. Arlington: AOAC, 1984. 1141p.
- WULLSCHLEGER, S.D.; NORBY, R.J.; GUNDERSON, C.A. Growth and maintenance respiration in expanding leaves of *Liriodendron tulipifera* L. saplings exposed to long-term carbon dioxide enrichment under field conditions. **New Physiology**, v.121, p.515-523, 1992.

- WULLSCHLEGER, S.D.; ZISKA, L.H.; BUNCE, J.A. Respiratory responses of higher plants to atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment. **Physiologia Plantarum**, v.90, p.221-229, 1994.
- YEMM, E.W.; COCKING, E.C. The determination of amino acid with ninhydrin. **Analyst**, v.80, p.209-213, 1955.
- YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v.57, p.508-514, 1954.
- YEMM, E.W. The respiration of plants and their organs. In: STEWARD, F.C., ed. **Plant Physiology**. New York: Academic Press, 1965. v. IVA, p.231-310.
- ZISKA, L.H.; BUNCE, J.A. Inhibition of whole plant respiration by elevated CO<sub>2</sub> as modified by growth temperature. **Physiologia Plantarum**, v.87, p.459-466, 1993.



---

***Amazônia Oriental***

***Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

***Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Caixa Postal 48***

***Fax (91) 276-9845, Fone: (91) 299-4544***

***CEP 66095-100, Belém, PA***

***[www.cpatu.embrapa.br](http://www.cpatu.embrapa.br)***

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA  
E DO ABASTECIMENTO**



**Tabela 2.** Dados médios de desenvolvimento de plântulas de cupuaçuzeiro, mantidas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio.

Parâmetro	Tempo após o transplântio (d)	N <sup>o</sup> de folhas	Tempo de exposição à luz (h)						Média
			0	4	8	12	16	24h	
NFPF	5	-	1,25	1,19	1,13	1,00	1,19	1,63	1,23
	20	-	1,94	2,00	2,00	1,81	1,94	2,00	1,95
	24	-	2,44	2,00	2,00	1,94	1,94	2,38	2,12
	90	-	2,44	2,00	2,00	1,94	1,94	2,38	2,12
	Média		2,02	1,80	1,78	1,67	1,75	2,10	1,86
NFPF	5	1 <sup>o</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		2 <sup>o</sup>	0,31	0,31	0,19	0,19	0,31	1,06	0,40
		3 <sup>o</sup>	-	-	-	-	-	-	-
		4 <sup>o</sup>	-	-	-	-	-	-	-
		Média	0,58	0,58	0,55	0,55	0,58	0,77	0,60
	20	1 <sup>o</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		2 <sup>o</sup>	1,31	1,19	1,44	1,25	1,13	1,75	1,35
		3 <sup>o</sup>	-	-	-	-	-	-	-
		4 <sup>o</sup>	-	-	-	-	-	-	-
		Média	0,83	0,80	0,86	0,81	0,78	0,94	0,84
	45	1 <sup>o</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		2 <sup>o</sup>	1,88	2,00	2,00	1,88	1,88	2,00	1,94
		3 <sup>o</sup>	0,69	-	-	-	-	0,75	0,24
		4 <sup>o</sup>	-	-	-	-	-	-	-
		Média	1,14	1,00	1,00	0,97	0,97	1,19	1,05
	90	1 <sup>o</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
		2 <sup>o</sup>	1,44	2,00	2,00	1,88	1,88	2,00	1,87
		3 <sup>o</sup>	0,44	-	-	-	-	0,63	0,18
		4 <sup>o</sup>	0,06	-	-	-	-	-	0,01
		Média	0,99	1,00	1,00	0,97	0,97	1,16	1,02
Média		0,89	0,85	0,85	0,83	0,83	1,02	0,88	

NFPF = número de par de folíolos por planta; NFPF = número de folhas por par de folíolos.

**Tabela 3.** Aspecto vegetativo, em percentagem média, de plântulas de cupuaçuzeiro mantidas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio.

Tempo após transplântio (d)	Conceito visual	Horas de exposição á luz					
		0h	4h	8h	12h	16h	24h
5	OT	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	BM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	RM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	OT	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	BM	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	RM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	OT	0,0	93,8	93,8	100,0	100,0	100,0
	BM	100,0	6,2	6,2	0,0	0,0	0,0
	RM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	OT	0,0	62,5	75,0	87,5	93,8	62,5
	BM	0,0	31,3	18,8	12,0	6,2	37,5
	RM	100,0	6,2	6,2	0,0	0,0	0,0

OT = ótimo; BM = bom; RM = ruim.

O desenvolvimento das plântulas, entre as avaliações aos 20 e 45 dias, se deu em ritmo menos acelerado, mas a média de altura aumentou para 28,0 cm, entre os extremos de 39,9 cm (0h) e 23,8 cm (12h). Nessa última avaliação, o número médio de folíolos por plântula foi de 2,12, com vantagens das representativas dos tratamentos 0h (2,44) e 24h (2,38). Observou-se que 12 % das plântulas haviam diferenciado o terceiro par de folíolos, com média de 0,24 folha. Naquela avaliação, observou-se que 81,3 % das plântulas ainda apresentavam ótimo aspecto vegetativo. Essa redução decorreu do fato das do tratamento 0h terem sido consideradas como de bom aspecto.

Na última avaliação (90 dias), as plântulas apresentavam a altura do epicótilo de 30,4 cm, para valores que oscilaram entre 46,2 cm (0h) e 25,4 cm (12h), inferior à

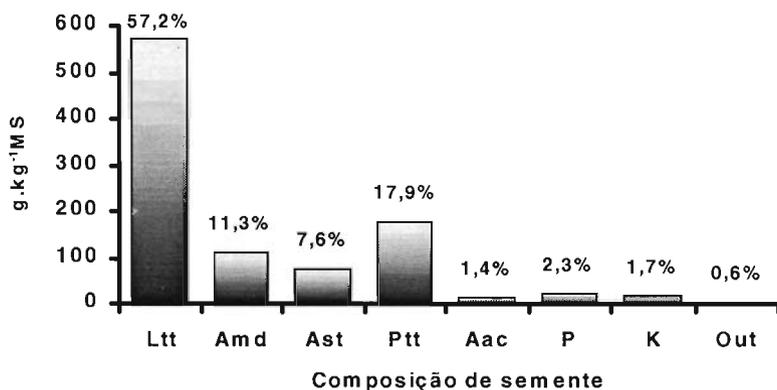
obtida por Figueirêdo et al. (1999c) em condições semelhantes. Por outro lado, o número médio de par de folíolos não foi alterado (2,12), mas o número médio de folhas por folíolos diminuiu para 98,5 %, no primeiro par; 93,5 %, no segundo, 9,0 %, no terceiro; e 0,5 %, no quarto, o que permite afirmar que, nas condições estudadas, as folhas de cupuaçuzeiros têm longevidade menor que os 181 dias atribuídos para as de cacauzeiro por Miyaji et al. (1997). Nessa avaliação, apenas 63,7 % das plântulas apresentavam ótimo aspecto vegetativo, 17,6 % tinham bom aspecto e 18,7 % ruim.

A análise da variância dos dados bioquímicos obtidos de sementes e partes estruturais das plântulas, no início do estudo e aos 90 dias após o transplântio, respectivamente, informa que houve diferença significativa entre os tratamentos que variaram o tempo de exposição à luz.

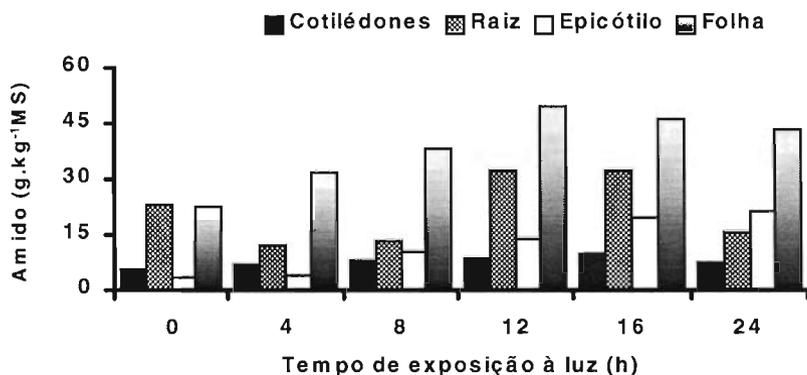
As sementes de cupuaçuzeiro, tomadas imediatamente após o despulpamento, apresentaram o teor médio de lipídios totais de cerca de 57,25% do peso da matéria seca. Esses resultados guardam certa coerência com os obtidos por Figueirêdo et al. (1999a, 1999c) com sementes dessa espécie.

A partir de matéria seca desengordurada, foi determinada a composição média dos principais componentes de sementes de cupuaçuzeiro (Fig. 9). Esses resultados são compatíveis com os obtidos por Figueirêdo et al. (1999a, 1999c) para os parâmetros amido, açúcares solúveis totais, aminoácidos livres e potássio, mas diversos dos de proteínas solúveis totais e fósforo.

Nas Fig. 10 e 11 estão representadas as frações médias de amido e de açúcares solúveis totais contidas nas partes estruturais de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento e expostas a diferentes períodos de luz.

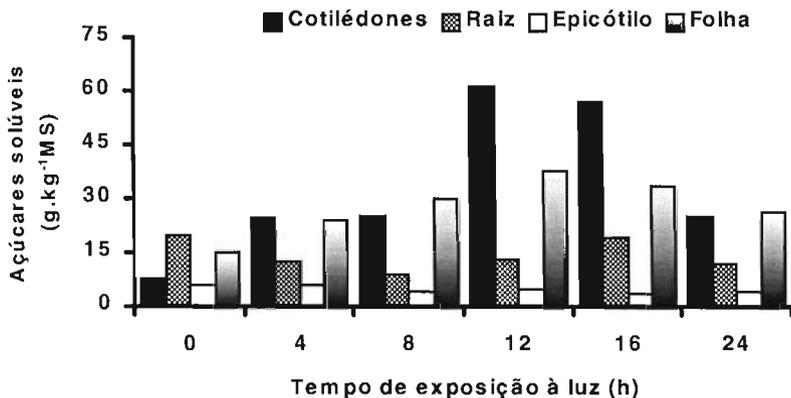


**Fig. 9.** Composição de sementes de cupuaçuzeiro (g.kg<sup>-1</sup>MS), amostradas imediatamente após o despulpamento. (Ltt=lipídios totais (%); Amd=amido; Ast=açúcares solúveis totais; Ptt=proteínas solúveis totais;



P = fósforo; K = potássio; Out = outros componentes).

**Fig. 10.** Teor de amido em partes estruturais de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplante.



**Fig. 11.** Teores de açúcares solúveis totais em partes estruturais de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplântio.

Com base nos resultados apresentados na Fig. 10, pode-se estimar que as plântulas mantidas permanentemente na ausência de luz (0h) apresentaram, em relação aos outros tratamentos, a menor quantidade de reserva de amido na estrutura cotiledonária, o que demonstra a importância desse carboidrato para as reações bioquímicas que se processaram e que garantiram o desenvolvimento das plântulas naquelas condições.

Verifica-se que em todos os tratamentos houve maior acúmulo de amido nas folhas, exceto no 0h, quando se observou certo equilíbrio com os teores contidos na raiz principal. Comparativamente, esses resultados são totalmente diversos dos obtidos por Figueirêdo et al. (1999c), mas pode ser atribuído ao provável alcance do estágio de senescência das folhas naquele trabalho, o que fez com que os produtos metabolizados tenham migrado para as outras partes das plantas, como sugere Buchanan-Wallaston (1997).

Os açúcares solúveis totais (Fig. 11) aumentaram consideravelmente na estrutura cotiledonária das plântulas que foram expostas a períodos de luz, sendo o maior sítio de reservas desse carboidrato nos tratamentos 12h e 16h. Para tanto, deve ter contribuído o metabolismo do amido de outras partes das plântulas.

Apesar das diferenças quantitativas, houve concordância relativa quanto ao sítio de maior reserva (estrutura cotiledonária, nos tratamentos 12h e 16h) desses açúcares, entre este trabalho e o de Figueirêdo et al. (1999c), e, nestes casos, deve ter contribuído a alternância de luz e escuro. No entanto, o comportamento foi totalmente diverso do tratamento 0h, condições equivalentes entre esses trabalhos, quando essa estrutura apresentou a menor reserva desses açúcares, o que pode ser atribuído à necessidade de aumento da atividade metabólica para garantir a sobrevivência e o desenvolvimento das plântulas.

Nas Fig. 12 e 13 estão ilustrados os resultados obtidos de proteínas solúveis totais e de aminoácidos livres, a partir de biomassa de partes de plântulas de cupuaçuzeiro.

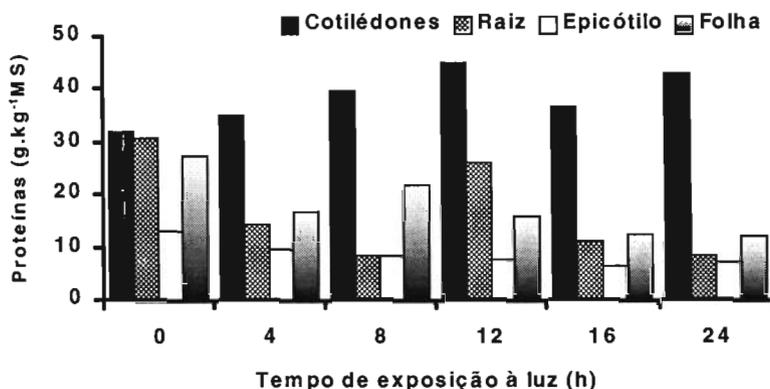
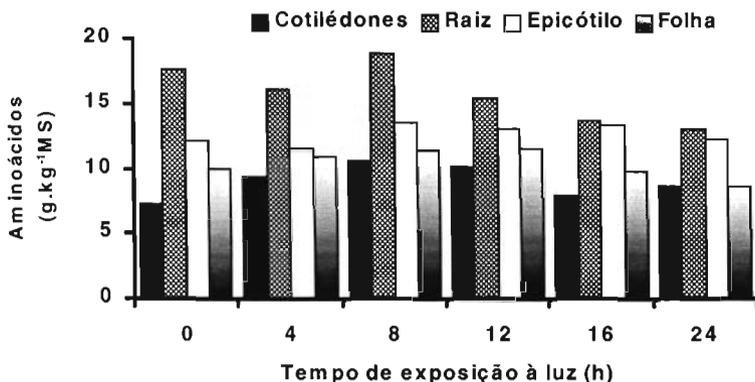


Fig. 12. Teores de proteínas solúveis totais em partes estruturais de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplante.



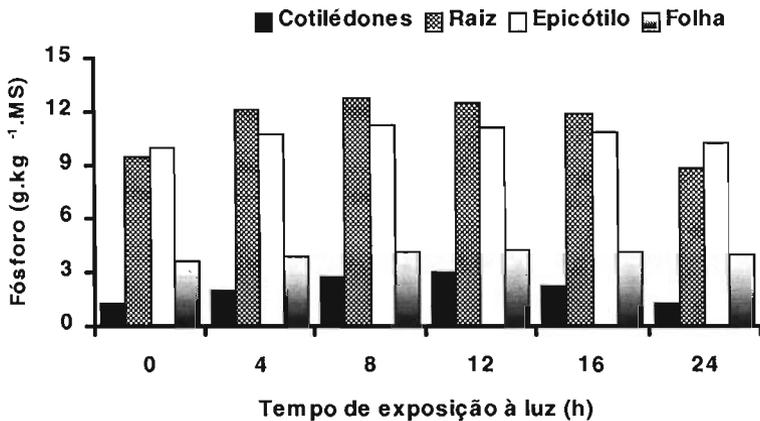
**Fig. 13.** Teores de aminoácidos livres em partes estruturais de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplante.

Em todos os tratamentos, independente do tempo de exposição à luz, as plântulas de cupuaçuzeiro tiveram a estrutura cotiledonária como a principal fonte de reservas de proteínas solúveis totais, sendo maior no 12h e menor no 0h, o que enseja pressupor que essa fonte de reserva nitrogenada é metabolizada gradativamente em função do déficit ou excesso de incidência de luz (Fig. 12). Quando se comparou o resultado do tratamento 0h, com os obtidos por Figueirêdo et al. (1999c), verificou-se que, para as condições e idades equivalentes das plântulas, houve o aumento de proteínas solúveis totais em todas as partes estruturais consideradas, para tanto pode ter contribuído a menor exigência em degradação de proteínas, que assim se acumularam em maior quantidades para a produção gradual de assimilados nos momentos de ausência de luz, como sugere Pimentel (1998).

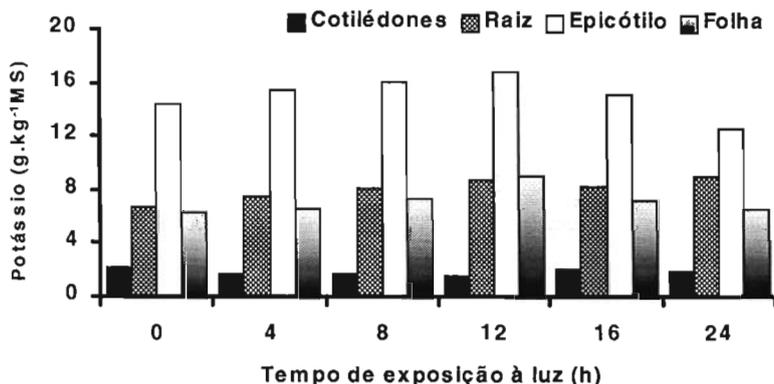
Para as condições de exposição à luz, a que foram submetidas as plântulas, observa-se na Fig. 13 que os aminoácidos livres se concentraram em menor quantidade na estrutura cotiledonária, enquanto a raiz principal representou o maior sítio de reservas desses blocos construtivos

das proteínas, e essas foram maiores no tratamento 12h. Esses resultados, até certo ponto, se equivalem aos obtidos por Figueirêdo et al. (1999c) e, em ambos, houve acentuada redução do teor de proteínas. Desse modo, acredita-se que tenha ocorrido o desdobramento dessa macromolécula e, conseqüentemente, a liberação de aminoácidos livres, de acordo com Buchanan-Wallaston (1997).

Os teores de fósforo e potássio obtidos de biomassa de partes estruturais de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivados em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio, estão representados nas Fig. 14 e 15, respectivamente.



g. 14. Teor de fósforo em partes estruturais de plântulas de

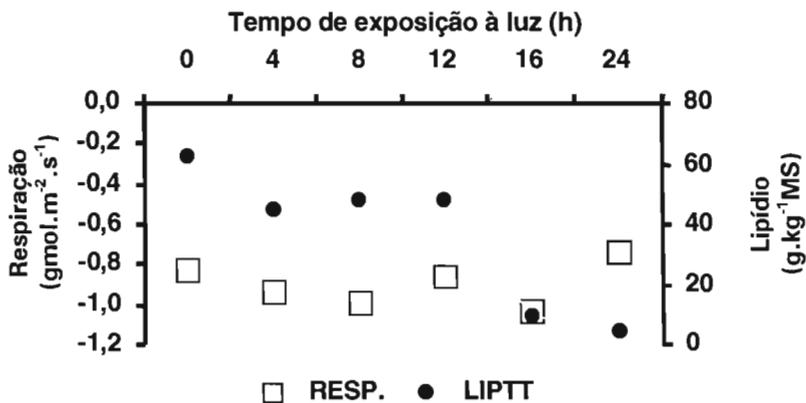


**Fig. 15.** Teor de potássio em partes estruturais de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplântio.

Muito embora os teores de fósforo observados neste estudo (Fig. 14) tenham sido maiores que os de Figueirêdo et al. (1999c), percebeu-se que houve coerência quanto à posição relativa dos sítios de reservas com relação às estruturas das plântulas de cupuaçuzeiro.

Os resultados de potássio obtidos nos diferentes tratamentos (Fig. 15), estão de acordo com os de Figueirêdo et al. (1999c) e, em ambos, o epicótilo foi o principal sítio de reservas desse macroelemento.

As Fig. 16, 17 e 18 traçam paralelos entre a respiração e as reservas de lipídios totais, amido e proteínas solúveis totais, respectivamente, da estrutura cotiledonária de plântulas de cupuaçuzeiro, aos 90 dias após o transplântio. A Fig. 16 denota a importância dos lipídios às plântulas de cupuaçuzeiro sob condições de maior suprimento de luz, haja vista que as baixas concentrações nas folhas dos tratamentos 16h e 24h. Esses resultados estão de acordo com os relatados no trabalho de Murphy (1999), que observou que os lipídios são convertidos em amido, que se constitui importante molécula para o processo respiratório.



**Fig. 16.** Comparação entre a respiração e as reservas de lipídios totais da estrutura cotiledonária de plântulas de cupuacuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplântio.



**Fig. 17.** Comparação entre a respiração e o teor de reserva de amido da estrutura cotiledonária de plântulas de cupuacuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, aos 90 dias após o transplântio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Fig. 1 e 2 estão ilustrados os resultados de condutância estomática de folhas de cupuaçuzeiro, referentes às leituras realizadas após a exposição das plântulas aos diferentes períodos de luz e em diversas épocas após o transplântio.

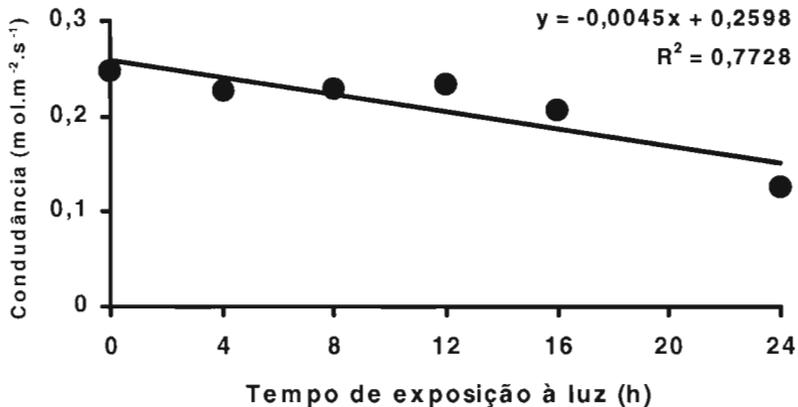
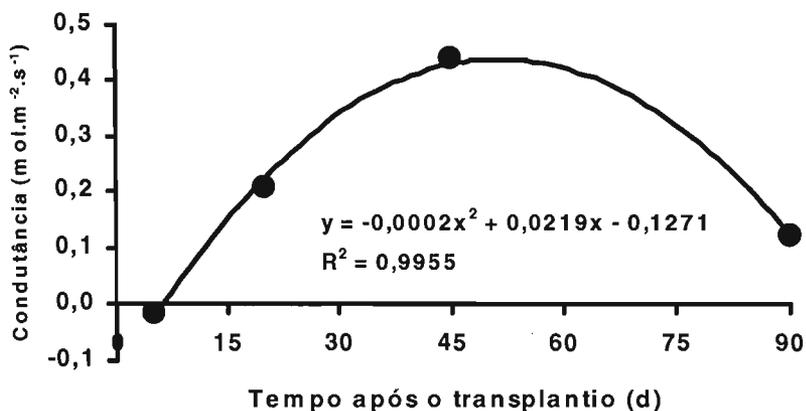


Fig. 1. Condutância estomática de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio, e expostas a diferentes períodos de luz. (n=4).

A equação de regressão linear foi a que melhor se ajustou aos dados, e houve a tendência da condutância estomática diminuir, significativamente, à medida que as plântulas foram expostas por mais tempo à luz (Fig. 1). As médias de condutância estomática variaram de 0,2473 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (0h) a 0,1249 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (24h) e a diferença entre estas foi superior a 90 %.



**Fig. 2.** Condutância estomática de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, em diferentes épocas após o transplântio. (n = 4).

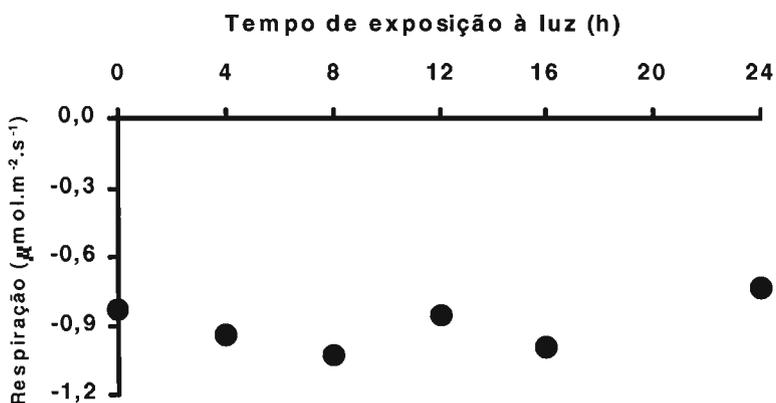
Os resultados dos tratamentos que passaram no ciclo diário, por períodos alternados de exposição e omissão de suprimento de luz (4h, 8h, 12h e 16h), se assemelham aos obtidos por Figueirêdo et al. (1999b), em folhas de cupuaçuzeiro jovens do tratamento controle, em viveiro, o que permite inferir que, apesar das condições ambientais terem sido bem diferentes, em termos de luminosidade, a alternância de luz não interferiu na condutância estomática.

Quando se avaliou a condutância estomática de plântulas com diferentes idades após o transplântio, a equação de melhor ajuste à curva de regressão foi a polinomial do segundo grau ou quadrática (Fig. 2).

Pode-se perceber que a condutância aumentou significativamente até aos 45 dias (0,4396 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) e, a partir dessa idade, houve a tendência de diminuir acentuadamente até o final do experimento (90 dias), com média de 0,1239 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>. Estes resultados também se equivalem

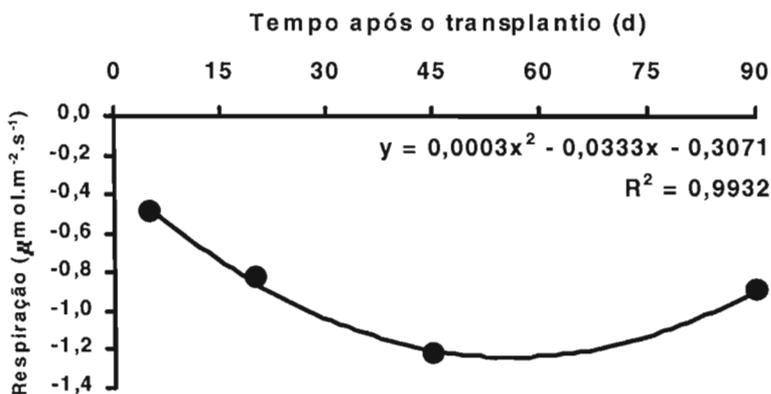
aos observados por Figueiredo et al. (1999b) em cupuaçuzeiros jovens em viveiro, aos 90 dias após o transplântio, quando as leituras foram realizadas entre as 8:00 h e 16:00 h.

Nas Fig. 3 e 4 estão representados os resultados de respiração de plântulas de cupuaçuzeiro, submetidas a diferentes regimes de luz e com diversas idades após o transplântio.



**Fig. 3.** Respiração de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio, e expostas a diferentes períodos de luz. (n = 4).

A análise de regressão não foi significativa e permite afirmar que, para as condições experimentais, a alternância de períodos de luz e escuro não exerceu influência sobre a respiração (Fig. 3). Percebe-se que a respiração foi maior nas plântulas do tratamento 24h ( $-0,7378 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e menor nas do tratamento de 8h ( $-1,0349 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ).



**Fig. 4.** Respiração de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, em diferentes épocas após o transplante. (n = 4).

Excetuando-se as condições extremas de exposição à luz, o tratamento 12h, com períodos iguais de presença e ausência de luz, foi o que teve a maior média de respiração foliar. Pode-se inferir que as condições de alternância de luz, às quais as plântulas de cupuaçuzeiro foram expostas, não foram suficientes para ativar o processo fotossintético, fato que está de acordo com o trabalho de Gaffron (1990).

A maior eficiência respiratória das plântulas do tratamento 24h pode ter decorrido devido à menor difusibilidade do  $CO_2$  produzido no processo. De modo geral, segundo Lehtonen et al. (1994), a luz contínua provoca injúrias às plantas e, em particular, afeta os cloroplastos, provocando o decréscimo da fotossíntese, fato que deve ter aumentado o processo respiratório de plântulas de cupuaçuzeiro. Ziska & Bunce (1993) verificaram, em plantas de alfafa, significativa redução da taxa respiratória com o aumento da concentração de  $CO_2$ . Resultados equivalentes também foram obtidos por Bunce (1990; 1992) e Wullschlegel et al. (1992) com espécies arbóreas.

A análise dos dados de respiração, obtidos de plântulas com a idade de até 90 dias após o transplântio, foi altamente significativa e equação do tipo quadrática foi a de melhor ajuste à equação da curva de regressão (Fig. 4).

Quanto à interpretação desses resultados, que leva em consideração a idade das plântulas, observou-se que a respiração diminuiu à medida que as folhas de cupuaçuzeiro foram envelhecendo e variaram de  $-0,4838 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (5d)  $-0,8844 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (90d), com a menor taxa observada para as plântulas com a idade de 45 dias ( $-1,2221 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) após o transplântio. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Gardner et al. (1994), quando trabalharam com cultivares de sorgo e observaram que a respiração das folhas do extrato intermediário das plantas foi maior do que a das localizadas abaixo desta faixa.

Os resultados de respiração indicam que as plântulas de cupuaçuzeiro foram expostas a condições estressantes de energia radiante e não permitiram registros de fotossíntese. Figueirêdo et al. (1999b) obtiveram respostas fotossintéticas de cupuaçuzeiros cultivados em viveiro, com 50 % de interceptação de luz, com idades equivalentes às deste trabalho.

Na Fig. 5, é estabelecida a comparação entre os dados de respiração e de condutância estomática de plântulas de cupuaçuzeiro, expostas a períodos alternados de luz e escuro.

Esses resultados indicam que a maior taxa respiratória observada não decorreu do aumento da condutância estomática, como sugerem Bunce (1990) e Poorter et al. (1992). Na Fig. 5, pode-se perceber que essa ocorreu exatamente quando foi menor a condutância estomática.

Nas Fig. 6 e 7, são representados os valores médios de transpiração de plântulas de cupuaçuzeiros, sob diferentes períodos de suprimento de luz e em diversas épocas após o transplântio.

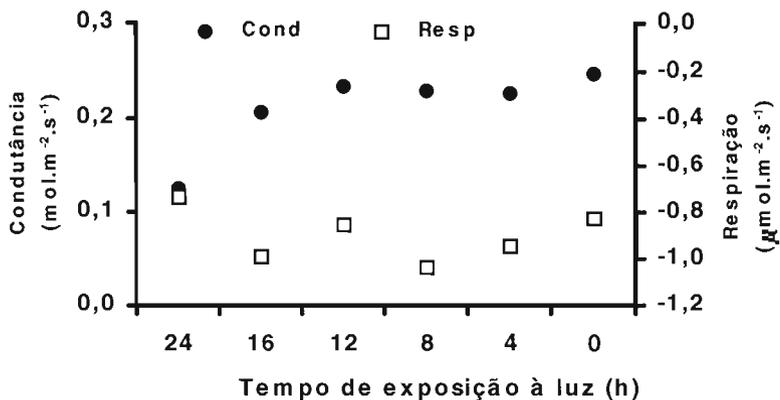


Fig. 5. Comparação entre a respiração de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio, expostas a diferentes períodos de luz, e a condutância estomática.

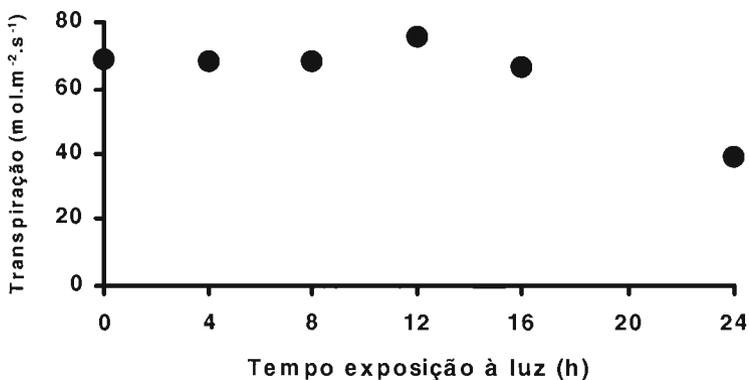


Fig. 6. Transpiração de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio, e expostas a diferentes períodos de luz. (n=4).

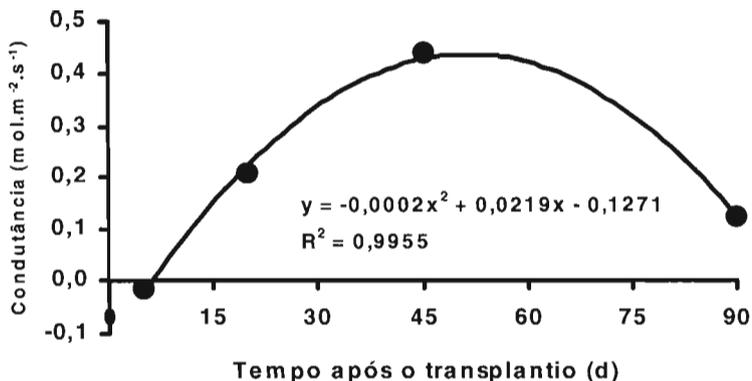


Fig. 7. Transpiração de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, em diferentes épocas após o transplante. (n=4).

A análise de regressão, à qual foram submetidos os dados de transpiração, não acusou diferenças significativas entre os diversos regimes de luz, aos quais foram expostas as plântulas de cupuaçuzeiro (Fig. 6), muito embora esses tenham variado de 38,4695 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (24h) a 75,4815 mol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (12h). A diferença entre esses tratamentos chega a 96,0 %, e a menor transpiração pode caracterizar que as plântulas do tratamento de 12h aproveitaram melhor a água para as outras fases do metabolismo.

Com base nesses resultados, pode-se pressupor que o cupuaçuzeiro no estágio inicial de desenvolvimento, sob as condições estudadas, teve comportamento semelhante ao das plantas da família *Crassulaceae*, muito embora, paradoxalmente, o comportamento estomático tenha sido diverso do que ocorre com as plantas típicas de regiões de climas áridos. Esse fato pode estar associado à constância ou à intensidade em que o processo respiratório seja realizado sob contínuo suprimento de luz. Por outro lado, Kraus et al. (1994) observaram que as

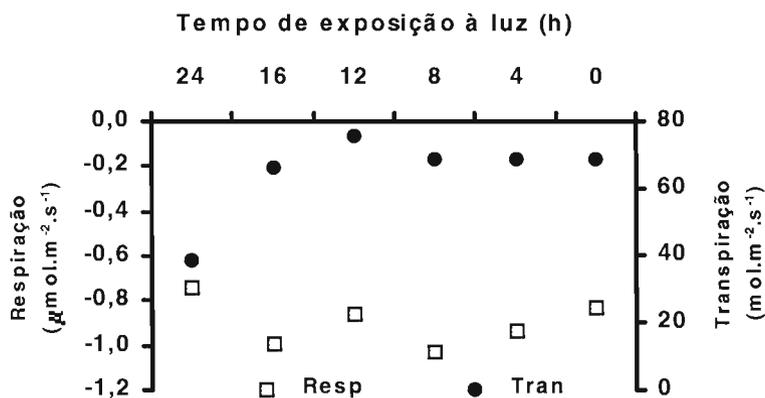
plantas de azevém transpiraram mais na presença de luz do que na ausência desta, quando sob condições de luz de  $300 \pm 15 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , situação bem diferente daquela relacionada ao ambiente experimental estabelecido para este estudo.

Na análise dos dados de transpiração de plântulas de cupuaçuzeiro, observados em diferentes épocas após o transplante, a equação de melhor ajuste à curva de regressão foi a polinomial do tipo quadrática (Fig. 7). Verifica-se que houve a tendência significativa da transpiração aumentar com a idade das plântulas, sendo o valor máximo alcançado aos 45 dias ( $113,5518 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) e o menor aos 5 dias ( $-2,7322 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ).

A drástica redução da transpiração registrada na avaliação 90d, em relação a 45d, sugere que o ambiente experimental causou prejuízos às atividades fisiológicas das plântulas. Apesar das condições experimentais terem sido diferentes, a eficiência transpiratória, aos 45 dias após o transplante, se equipareceu à obtida por Figueirêdo et al. (1999b) com cupuaçuzeiros em viveiro.

Na Fig. 8, comparam-se os resultados de transpiração e respiração de folhas de cupuaçuzeiro.

Constata-se que os níveis de respiração e transpiração foram altos para as condições do estudo, mas houve a tendência, nos tratamentos com alternância de luz e escuro, da respiração ser maior quando a transpiração foi menor. Galyuon et al. (1996) observaram em cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), que a transpiração foi alta devido a possíveis diferenças na morfologia da folha, que podem influenciar as trocas gasosas sob alta irradiação. Fato inverso ocorreu neste estudo, sob condições de luz constante, embora não possa ser descartada a possibilidade de variações na morfologia foliar das plântulas avaliadas.



**Fig. 8.** Comparação entre a respiração de plântulas de cupuaçuzeiro, cultivadas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio, expostas a diferentes períodos de luz, e a transpiração.

As leituras realizadas na presença de luz apresentaram a tendência significativa de registro de maiores médias de condução estomática, respiração e transpiração, quando comparadas com as feitas na ausência de luz. Nos casos de condutância estomática e respiração, os resultados são concordantes com as observações de Bleasdale (1977). Nas condições estudadas, o controle estomático parece não ter sido associado à condutância estomática, pois não houve fotossíntese e menor transpiração, como sugerem Brunini & Cardoso (1998) e Regina & Carbonneua (1999).

Os dados de desenvolvimento e de aspecto vegetativo, apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, foram tomados quando das avaliações biofísicas aos cinco, 20, 45 e 90 dias após o transplântio.

**Tabela 1.** Altura média (cm) de epicótilo de plântulas de cupuaçuzeiro, mantidas em sala de crescimento, até 90 dias após o transplântio.

Tempo de exposição à luz (h)	Tempo após o transplântio (d)			
	5	20	45	90
0	16,8	35,2	39,9	46,2
4	17,1	23,4	25,6	27,6
8	17,3	21,2	25,5	27,1
12	17,1	23,8	23,8	25,4
16	17,3	24,7	26,6	28,0
24	17,2	26,4	26,3	28,1
Média	17,1	25,8	28,0	30,4

A altura das plântulas na avaliação aos cinco dias do transplântio variou de 16,8 cm (0h) a 17,3 cm (8h e 16h), e, a média foi de 17,1 cm (Tabela 1). Naquela ocasião, todas as plântulas apresentavam duas folhas expandidas no primeiro folíolo (Tabela 2) e bom aspecto vegetativo (Tabela 3). Esses resultados indicam uniformidade do material selecionado, que apresentou o número médio de 1,23 par de folíolos/plântula. Ainda com base nessa avaliação, foi possível estimar que 18 % das plântulas apresentavam pelo menos uma folha expandida no segundo par de folíolos.

Quando da avaliação aos 20 dias, as plântulas apresentavam a altura média de 25,8 cm e, as de maior desenvolvimento foram as do tratamento 0h (35,2 cm) e, as de menor, do tratamento 12h (23,8 cm). Todas as plântulas continuavam apresentando duas folhas no primeiro par de folíolos e em 67,5 % dessas houve a diferenciação ou a expansão das folhas do segundo par, com média de 1,95 unidade.

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

*Fernando Henrique Cardoso*  
Presidente

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO**

*Marcus Vinícius Pratini de Moraes*  
Ministro

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

**Conselho de Administração**

*Márcio Fortes de Almeida*  
Presidente

*Alberto Duque Portugal*  
Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*  
*José Honório Accarini*  
*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

**Diretoria-Executiva da Embrapa**

*Alberto Duque Portugal*  
Diretor-Presidente

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*  
*Bonifácio Hideyuki Nakasu*  
*José Roberto Rodrigues Peres*  
Diretores

**Embrapa Amazônia Oriental**

*Emanuel Adilson de Souza Serrão*  
Chefe Geral

*Miguel Simão Neto*  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Antonio Carlos Paula Neves da Rocha*  
Chefe Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

*Célio Armando Palheta Ferreira*  
Chefe Adjunto de Administração

ISSN 1517-2228

**Boletim de Pesquisa Nº 31**

**Fevereiro, 2001**

**Aspectos Biofísicos e  
Bioquímicos no Desenvolvimento  
de Plântulas de Cupuaçuzeiro  
sob Diferentes Condições de Luz  
em Sala de Crescimento**

Francisco José Câmara Figueirêdo  
Olinto Gomes da Rocha Neto  
Cláudio José Reis de Carvalho

**Embrapa**

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Telefone: (91) 299-4544  
Fax: (91) 276-9845  
e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br  
Caixa Postal, 48  
66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 300 exemplares

Comitê de Publicações

Leopoldo Brito Teixeira – Presidente  
Antonio de Brito Silva  
Expedito Ubirajara Peixoto Galvão  
Joaquim Ivanir Gomes

José de Brito Lourenço Júnior  
Maria do Socorro Padilha de Oliveira  
Nazaré Magalhães – Secretária Executiva

Revisores Técnicos

Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição – Embrapa Amazônia Oriental  
Moacyr Bernardino Dias Filho – Embrapa Amazônia Oriental

Expediente

Coordenação Editorial: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes  
Normalização: Isanira Coutinho Vaz Pereira  
Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos  
Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

FIGUEIRÊDO, F.J.C.; ROCHA NETO, O.G. da; CARVALHO, C.J.R. de.  
**Aspectos biofísicos e bioquímicos no desenvolvimento de plântulas de cupuaçuzeiro sob diferentes condições de luz em sala de crescimento.**  
Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 40p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 31).

ISSN 1517-2228

1. Cupuaçu – Fisiologia. 2. Resposta da planta. 3. Muda. 4. Crescimento. 5. *Theobroma grandiflorum*. I. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). II. Título. III. Série.

CDD: 634.65

# Sumário

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>36</b>

# ASPECTOS BIOFÍSICOS E BIOQUÍMICOS NO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE CUPUAÇUZEIRO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUZ EM SALA DE CRESCIMENTO

Francisco José Câmara Figueirêdo<sup>1</sup>  
Olinto Gomes da Rocha Neto<sup>1</sup>  
Cláudio José Reis de Carvalho<sup>2</sup>

**RESUMO:** com o objetivo de estudar os aspectos biofísicos e bioquímicos, plântulas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex.Spreng.) Schum.) foram expostas, a cada ciclo de 24 horas, a períodos de zero, quatro, oito, doze, 16 e 24 horas de luz. As jornadas para tomadas de dados biofísicos (condutância estomática, respiração e transpiração) foram realizadas aos cinco, 20, 45 e 90 dias após o transplântio. As determinações dos parâmetros bioquímicos (lipídios totais, amido, açúcares solúveis totais, proteínas solúveis totais, aminoácidos livres, fósforo e potássio) foram feitas a partir de amostra de sementes, antes da semeadura, e de partes estruturais da plântula (reservas cotiledonárias, raiz principal, epicótilo e folha) aos 90 dias após o transplântio. Concluiu-se que as plântulas respondem diferentemente aos regimes de fornecimento de luz, e a condição máxima de fotoperíodo (24h), apesar de não ter comprometido a respiração, concorre para a redução da condutância estomática e da transpiração. As condições de suprimento luz, testadas, devem ser evitadas, apesar de não afetarem drasticamente o desenvolvimento das plântulas de cupuaçuzeiro, até aos 90 dias após o transplântio, pois são insuficientes para ativar o processo fotossintético. O desenvolvimento das plântulas, nas condições estudadas, é garantido pelo metabolismo de substâncias de reservas e, de acordo com o regime de luz imposto, há aproveitamento diferenciado de amido, açúcares solúveis, proteínas, aminoácidos, fósforo e potássio, com reflexos variáveis sobre o crescimento de plântulas de cupuaçuzeiro.

**Termos para indexação:** respiração, transpiração, amido, açúcares solúveis, proteínas, aminoácidos

---

<sup>1</sup>Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA. e-mails: fjcf@cpatu.embrapa.br e olinto@cpatu.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng. Agrôn., Ph.D., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, e-mail: carvalho.@cpatu.embrapa.br

# **BIOPHYSICAL AND BIOCHEMICAL ASPECTS IN THE DEVELOPMENT OF PLÂNTULAS OF *Theobroma grandiflorum* SEEDLINGS UNDER DIFFERENT LIGHT CONDITIONS GROWTH IN ROOM**

**ABSTRACT:** Aiming to study the biophysical and biochemical aspects of seedlings of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex.Spreng.) Schum.) were exposed, to each cycle of 24 hours, the periods to 0, 8, 12, 16 and 24 hours of light. The biophysical measurements (stomatal conductance, respiration and transpiration) were made at 5, 20, 45 and 90 days after the transplantation. The biochemical parameters (total lipids, starch, total soluble sugars, total soluble proteins, free amino acids, phosphorus and potassium) were measured starting from samples of seeds, before the sowing, and of structural parts of the seedlings (cotyledon, root, epicotily and leaf) up to 90 days after transplantation. The seedlings answer differently to the regimes of light supply and the maximum condition of photoperiod (24 h), although not to compromise the respiration reduce of the stomatal conductance and of the transpiration. The supply conditions shine, as well as the ones that alternated these periods, should be avoided in spite of not affecting the development of the "cupuaçu" seedlings, until 90 days after the transplantation, because they are insufficient to activate photosynthetic process. The development of the seedlings, in the studied conditions, it is guaranteed by the metabolism of reserve substances and in agreement with the light regime imposed, there is differential use of starch, soluble sugars, proteins, amino acids, phosphorus and potassium, with variable reflexes on the growth of seedlings.

**Index terms:** respiration, transpiration, starch, soluble sugars, proteins, amino acids.

## INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex.Spreng.) Schum.), pertencente à família *Sterculiaceae*, é nativo do Estado do Pará, onde vegeta em sub-bosques de áreas de mata.

O comportamento biofísico e bioquímico das plantas é influenciado pelas condições do meio ambiente, como temperatura e umidade relativa do ar, concentrações de dióxido de carbono e oxigênio, disponibilidade de água e luz.

As trocas gasosas e a produção de dióxido de carbono são características externas da respiração das plantas, mas, sua relação com a fisiologia celular, pode ser considerada como parte do mecanismo pelo qual os reativos intermediários e a energia são transformados para a manutenção da estrutura de subsistência e dos processos biossintéticos, fundamentais para o crescimento e desenvolvimento (Yemm, 1965).

Segundo Wullschleger et al. (1994), a respiração é a responsável pela hidrólise dos carboidratos para produzir ATP, NADPH e outros compostos intermediários de carbono, necessários para o crescimento das plantas e manutenção desse processo fisiológico.

Poorter et al. (1992) observaram que a respiração foliar pode aumentar em resposta à elevação da concentração de  $CO_2$  no ambiente da planta, em contraposição ao que afirma Bunce (1990), que verificou que o aumento da concentração de  $CO_2$  pode provocar o decréscimo da taxa respiratória das plantas.

O desenvolvimento dos vegetais depende basicamente da atividade fotossintética e, qualquer mecanismo que afete a fotossíntese, influi na produtividade das plantas (Prisco, 1986). A taxa fotossintética líquida resulta da troca de  $CO_2$

entre a folha e o ar atmosférico, pois quando da fotossíntese a planta absorve  $CO_2$  e, pelo processo respiratório, também libera  $CO_2$ .

Lehtonen et al. (1994) informam que o suprimento contínuo de luz provoca injúrias às plantas e afeta, em particular, os cloroplastos, contribuindo para a redução da fotossíntese e mudanças na estrutura dos tilacóides, bem como na quantidade e proporção de clorofilas. Por outro lado, Ort & Baker (1988) informaram que a atividade fotossintética, em plantas de milho, teve melhor performance sob condições não-saturadas de luz, devido aos mecanismos fotossintéticos terem sido mais eficientes sob baixas condições de luz.

A resposta à transpiração varia com a espécie, muito embora haja resposta de condutância estomática ao déficit de pressão de vapor. Schultze & Küppers (1979) observaram que folhas de *Corylus avellana* só reduziram a transpiração sob índices elevados de déficit de pressão de vapor. Enquanto isso, Turner et al. (1984) observaram que, em algumas espécies, o pico da taxa de transpiração não coincidiu, como era de se esperar, com o máximo de demanda evaporativa da atmosfera.

Os carboidratos são as substâncias orgânicas de maior abundância nos tecidos vegetais, entre esses se destaca o amido. Na planta, este carboidrato pode ser acumulado em quantidades razoáveis na raiz principal, como foi observado por Boyce & Volenec (1992), em plantas de alfafa (*Medicago sativa* L.).

Os açúcares solúveis têm importância vital na proteção dos lipídios que compõem as membranas celulares, quando os tecidos são expostos à desidratação, e, juntamente com as proteínas, formam verdadeiras barreiras de proteção aos danos da temperatura (LePrince et al. 1990).

As proteínas têm importante função fisiológica no desenvolvimento das plantas, na arquitetura celular e na constituição dos tecidos, bem como na reprodução e nutrição (Stepien et al. 1994). Por outro lado, Galleschi & Capocchi (1986) afirmam que a mobilização de reservas de proteínas durante a germinação de sementes é importante fonte de nutrientes para o crescimento das plântulas.

O nitrogênio, presente nas proteínas, aminoácidos livres e nas amidas; o fósforo, importante constituinte dos ácidos nucléicos (RNA e DNA) e na síntese das proteínas e o potássio, com papel destacado no desenvolvimento das plantas, são constituintes dos mais relevantes à vida vegetal.

O objetivo desta pesquisa foi o de estudar alguns aspectos biofísicos e bioquímicos, com vistas a reunir informações sobre o desenvolvimento de plântulas de cupuaçuzeiro, sob condições variáveis de exposição à luz.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As sementes utilizadas foram extraídas de frutos selecionados, procedentes da colônia agrícola do município de Tomé-Açu, e adquiridos na feira do Ver-o-Peso, Belém, PA.

Após o despulpamento manual, as sementes foram semeadas em substrato de serragem curtida esterilizada, e mantidas em sala de crescimento sem controle de luz. Ao final de 30 dias, realizou-se a seleção de plântulas normais para a montagem do experimento, que foi conduzido em sala de crescimento (24 m<sup>2</sup>) iluminada por seis lâmpadas Super-84, TLT 40 W / RS, sob condições de temperatura (mínima e máxima) e umidade relativa de Belém, PA, com médias anuais que variam de 22°C/33°C e 86%, respectivamente.

As plântulas selecionadas, com as suas estruturas diferenciadas e desenvolvidas, com no mínimo duas folhas completamente expandidas, após passarem por um período de cinco dias de adaptação ao ambiente, foram transplantadas para sacos de plástico preto (17 cm x 30 cm), perfurados, contendo substrato de serragem curtida e esterilizada.

Os tratamentos impuseram às plântulas, a cada ciclo diário, períodos de suprimentos de zero, quatro, oito, doze, 16 e 24 horas de luz. As plântulas eram protegidas da luz por gaiolas de madeira, cobertas por lona de plástico preta, quando dos períodos de ausência de luz. Os tratamentos foram distribuídos de forma inteiramente casualizada, em quatro repetições, com cada parcela constituída, na área útil, de quatro plântulas.

As jornadas para tomadas de dados biofísicos (condutância estomática, respiração e transpiração) foram realizadas aos cinco (final do período de adaptação das plântulas ao ambiente experimental), 20, 45 e 90 dias após o transplante. As leituras nas folhas do primeiro par de folíolos, realizadas com medidor portátil de fotossíntese (LI-6200, LI-COR Inc. Lincoln, EUA), foram feitas nos períodos com (CL) e sem (SL) fornecimento de luz (tratamentos 4h, 8h, 12h e 16h), sempre após o tempo mínimo de 60 minutos de adaptação à condição de luz. Nos tratamentos 0h e 24h foi feita apenas uma leitura por jornada diária, segundo a condição de luz do tratamento.

Quando das avaliações dos parâmetros biofísicos, foram tomados dados de desenvolvimento de plântulas, como: comprimento de epicótilo, a partir do nível do substrato até à inserção do primeiro par de folhas; números de lançamentos de pares de folhas e de folhas em cada par de folíolos; e aspecto vegetativo (ótimo, bom e ruim).

As determinações dos parâmetros bioquímicos (lipídios totais, amido, açúcares solúveis totais, proteínas solúveis totais, aminoácidos livres, fósforo e potássio) foram feitas, a partir de amostras de sementes, antes da semeadura, e de partes estruturais das plântulas úteis de cada tratamento, como as de reservas cotiledonárias, raiz principal, epicótilo e folha, ao final do experimento (90 dias após o transplantio). A matéria seca (MS) foi obtida com base nas recomendações de Lara et al. (1976) e de Williams (1984), mas no caso de sementes e de estrutura de reserva cotiledonária de plântula, a biomassa foi desengordurada pelo método hexânico.

Os teores de lipídios totais, de sementes e de reservas cotiledonárias, foram determinados de acordo com as proposições de Lara et al. (1976) e Williams (1984). As dosagens de amido e de açúcares solúveis totais foram feitas pelo método de Yemm & Willis (1954).

A quantificação de proteínas foi baseada na determinação de nitrogênio, pelo método de Kjeldahl (Lara et al. 1976), cujo valor foi multiplicado pelo fator 6,25. Os aminoácidos foram dosados a partir da adaptação do método de Yemm & Cocking (1955).

As dosagens de fósforo e potássio foram feitas com base nos métodos propostos por Chen Junior et al. (1956) e Salinas & Garcia (1985), respectivamente.

Ao final do experimento, avaliaram-se os parâmetros de desenvolvimento das plântulas (comprimentos de raiz principal e epicótilo).

Os resultados de parâmetros biofísicos e de desenvolvimento de plântulas foram submetidos à análise de regressão. Os dados bioquímicos foram avaliados estatisticamente pela análise da variância.