

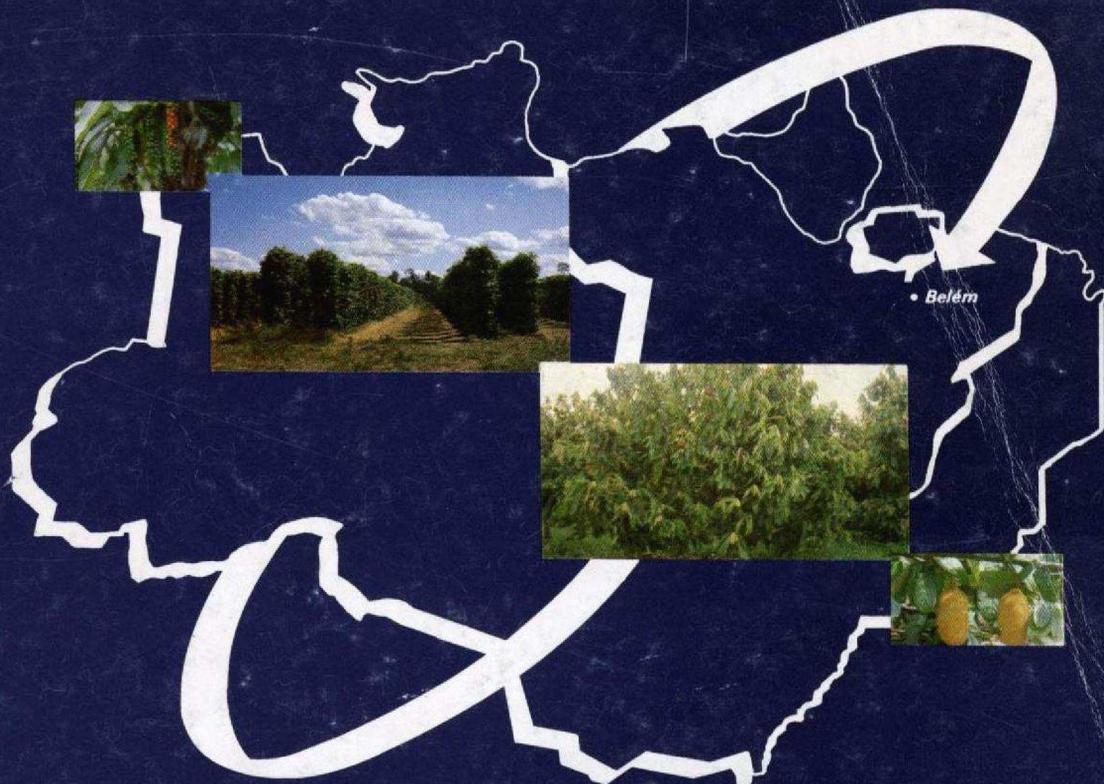
ISSN 0101-2835

*Seminário Internacional Sobre  
Pimenta-do-reino e Cupuaçu*

*International Seminar on  
Black Pepper and Cupuaçu*

*Seminario Internacional Sobre  
Pimienta y Cupuaçu*

17 a 19 de dezembro de 1996



**ANAIS**

**PROCEEDINGS**

**ANALES**

**Embrapa**

**Amazônia Oriental**

**JICA**

**Belém - Pará - Brasil  
1997**

Anais...  
1997

PC-2005.00226



AI-SEDE- 28762-2

ISSN 0101-2835

**Seminário Internacional Sobre  
Pimenta-do-reino e Cupuaçu**

**International Seminar on  
Black Pepper and Cupuaçu**

**Seminario Internacional  
Sobre Pimienta y Cupuaçu**

*Belém, 17 a 19 de dezembro de 1996*  
*Belém, December 17 through 19, 1996*  
*Belém, 17 a 19 de diciembre de 1996*

**ANAIS**

**PROCEEDINGS**

**ANALES**

**Embrapa**

---

**Amazônia Oriental**

**JICA**

*Belém - Pará - Brasil*  
*1997*

*Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89*

*Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:*

*Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Telefones: (091) 246-6653, 246-6333  
Telex: (91) 1210  
Fax: (091) 226-9845  
Caixa Postal, 48  
66095-100 - Belém, Pará*

*Tiragem: 300 exemplares*

**Comissão de Organização e Editoração**

*Dilson Augusto Capucho Frazão - Coordenador  
Emmanuel de Souza Cruz  
José Furlan Júnior*

**Expediente**

*Coordenação Editorial: Dilson Augusto Capucho Frazão  
Normalização: Célia Maria Lopes Pereira  
Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos  
Composição: Daniel Luiz Leal Mangas  
Décio Mangueira da Silva  
Emmanoel Ubiratan de Lima  
Euclides Pereira dos Santos Filho  
Paulo Sérgio Oliveira*

*Nota: Os trabalhos publicados nestes anais não foram revisados pelo Comitê de Publicações da Embrapa Amazônia Oriental como normalmente se procede para as publicações regulares. Assim sendo, todos os conceitos e opiniões emitidos são de inteira responsabilidade dos autores.*

**SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. 440p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).**

**1. Pimenta-do-reino - Congresso. 2. Cupuaçu - Congresso. I. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental (Belém, PA). II. Título. III. Série.**

**CDD: 633.840601**

**©Embrapa - 1997**

Unidade:	Ar-Sede
Valor aquisição:	
Data aquisição:	
N.º H. Fiscalizatura:	
Fornecedor:	
N.º CCC:	
Origem:	Jocasa
N.º Registro:	226/05

## COMPORTAMENTO ESTOMÁTICO E FOTOSSINTÉTICO DE PLANTAS JOVENS DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* Schum)

Olinto Gomes da Rocha Neto<sup>2</sup>, Francisco José Câmara Figueirêdo<sup>3</sup>  
e Natália Guarino Souza<sup>4</sup>

**RESUMO.** O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) é uma das plantas frutíferas de maior importância para a Amazônia, principalmente devido a sua participação na composição dos sistemas de produção, cultivados e extrativos, além da grande aceitação e consumo da polpa de seus frutos. Com o objetivo de observar as respostas ecofisiológicas de plantas jovens de cupuaçuzeiro, sob condições ambientais distintas, foram realizados estudos sobre a variabilidade de respostas, estomática e fotossintética das mesmas, em ambiente semicontrolado (telado), monitoramento de plantas cultivadas a pleno sol, consorciadas com seringueira e estabelecidas em sistema agroflorestal. Os principais parâmetros de avaliação foram a resistência estomática, a taxa fotossintética líquida e variações de teores de clorofila a, b e total, principalmente levando em conta os diferentes níveis de radiação e estresse hídrico a que foram submetidas. Os resultados não permitiram inferências conclusivas, mas possibilitaram o estabelecimento das seguintes conclusões parciais: plantas jovens de cupuaçuzeiro, mantidas sob condições semi-controladas, apresentaram maior taxa de fotossíntese líquida aos 90 dias após a semeadura, quando foi registrada a menor temperatura média das folhas; o comportamento estomático de cupuaçuzeiros ao longo do dia, em diferentes situações de cultivo, qualificam esta espécie como preventiva, quando submetidas a estresses ambientais; os teores de clorofila registrados a pleno sol e sombreados, em solos pobres e sem adubação, indicam a necessidade de realização de estudos sobre a relação nutrição x radiação, de modo que a cultura possa ser adequada à planta aos ambientes de cultivo de produtividade máxima.

## STOMATAL AND PHOTOSYNTHETIC BEHAVIOR OF YOUNG CUPUACU (*Theobroma grandiflorum* Schum) PLANTS

**ABSTRACT:** Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) is one of the most important tropical fruit trees in the Amazon region due to its role in planted and natural forest production systems, as well as the good acceptance and market for its fruit pulp. In order to observe the ecophysiological responses of young plants of cupuaçu under different environmental conditions, photosynthetic and stomatal response studies were conducted in semi-shade, in full sunlight, in an intercrop with *Hevea* sp. and in an agroforestry system. The stomatal resistance, net photosynthesis rates and levels of chlorophyll a and b and total chlorophyll were the main evaluation parameters recorded, taking into account the different radiation levels and water stress to which the plants were submitted. Although the results do not allow conclusive inferences, the following partial conclusions can be deduced: young cupuaçu plants cultivated under semi-shade conditions showed the highest net photosynthesis rate 90 days after planting, when the lowest mean leaf temperature was recorded; the stomatal behaviour over the day under the different cultivation systems, classify this species as "preventive", when submitted to environmental stresses; the chlorophyll rates measured in semi-shade and full sunlight conditions in poor soils without fertilization showed the need for more studies on the interaction of mineral nutrition and radiation conditions so that planting systems furnish optimum environmental conditions for high productivity.

<sup>2</sup> Eng.- Agr., Ph.D., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA.

<sup>3</sup> Eng.- Agr., M.Sc., Embrapa Amazônia Oriental.

<sup>4</sup> Bolsista do PIBIC/FCAP, Caixa Postal, 917, CEP 66077-530, Belém, PA.

## INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum), pertencente à família Sterculiaceae, é uma das plantas frutíferas de maior importância para a região amazônica, não somente pela grande aceitação e consumo da polpa de seus frutos, mas, também, devido à sua participação na composição dos sistemas de produção cultivados e extrativos.

A dispersão do cupuaçuzeiro por quase toda a Amazônia ocorre principalmente devido à adaptação dessa espécie às variações edafoclimáticas existentes na região. Entretanto, há algum tempo, tanto as populações nativas quanto os plantios racionais de cupuaçuzeiro têm sido afetados pelo fungo *Crinipellis perniciosa*, agente causal da doença conhecida como vassoura-de-bruxa, que vem afetando sobremaneira a produtividade da cultura. Além dos aspectos epidemiológicos que são inerentes à interação entre fungo, planta e ambiente, os aspectos ecofisiológicos apresentam-se como de fundamental importância neste contexto, haja vista que a infecção ocorre através dos estômatos, importante via de absorção de CO<sub>2</sub> e de perda de água pelas plantas, cuja regulação depende fundamentalmente das condições ambientais.

Os estômatos são pequenos poros, geralmente dispostos na face abaxial das folhas, que controlam as trocas gasosas com o ar. O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos são influenciados por fatores ambientais, como concentração de gás carbônico, luz, temperatura e pressão de vapor-d'água. De acordo com Rocha Neto (1990), quando predominam baixos níveis de gás carbônico e alta intensidade de luz, pode, sob condições de campo, aumentar o déficit de água e, como consequência, provocar o fechamento dos estômatos. Prisco (1986) acredita que a produtividade das plantas está diretamente associada à atividade fotossintética que é afetada, principalmente, pelos mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos. Este último provoca redução na taxa de fotossíntese e, de acordo com Cairo (1991), sempre que esse fenômeno ocorre, as taxas transpiratórias são reduzidas na mesma magnitude.

O cupuaçuzeiro ainda é uma espécie em domesticação, portanto, o seu cultivo ainda demanda de informações básicas, de modo que possam subsidiar as recomendações de manejo, para arranjos em cultivos específicos nos ecossistemas distintos que ocorrem na região. Alguns trabalhos relatam o comportamento de cupuaçuzeiros em cultivos isolados a pleno sol (Falcão & Lleras, 1983; Silvestre et al. 1996; Souza & Rocha Neto, 1996) e consorciados e sombreados (Nogueira et al. 1991; Ribeiro, 1992; Souza & Rocha Neto, 1996). Alguns dos sistemas de cultivos recomendados na literatura (Calzavara, 1987; Coral, 1990; Villachica, 1996) estão restritos a um padrão de uniformidade que oferece poucas opções para as inúmeras variações que podem ocorrer nos sistemas consorciados. Tem-se observado que a fase mais crítica para o estabelecimento do cultivo é a de pós-plantio definitivo no campo, seja a pleno sol ou sombreado, quando as plantas passam por estresses diários que repercutem fortemente sobre o metabolismo e a produtividade primária das mesmas. Muitos trabalhos têm indicado os efeitos de estresses ambientais sobre o comportamento estomático de diferentes espécies, com reflexos sobre a eficiência fotossintética e o crescimento das plantas (Porto, 1989; Martinez & Moreno, 1992; Roberts et al. 1995).

Na Amazônia, as diversas situações edafoclimáticas predominantes não permitem que as recomendações de manejo para as plantas cultivadas sejam uniformes, haja vista a possibilidade da ocorrência de fatores estressantes em maior ou menor intensidade. Torna-se portanto, fundamental, que as respostas das espécies em domesticação às variações ambientais sejam bem conhecidas.

O objetivo básico desta pesquisa foi o de observar as respostas ecofisiológicas de plantas jovens de cupuaçuzeiro, através de parâmetros biofísicos e sob condições ambientais distintas, com vistas a compor o conjunto de informações básicas, que permitirão a formulação de sistemas de produção mais adequados ao cultivo dessa esterculiácea.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Variabilidade de respostas estomática e fotossintética, de plantas jovens de cupuaçuzeiro sob condições de viveiro**

Neste estudo, conduzido em Belém, PA, foram utilizadas plantas com idades variáveis, a contar da data da sementeira realizada no mês de abril/1996. As mudas foram transplantadas para sacos de plástico com substrato de areia lavada e serragem curtida, na proporção volumétrica de 1:1, aos 30 dias após a sementeira e, em seguida, mantidas em viveiro protegido por "sombrite", com interceptação de 50% de luminosidade, durante o período experimental. As irrigações foram realizadas diariamente, de modo a manter o substrato com umidade satisfatória ao desenvolvimento das plantas.

As determinações da resistência estomática ( $s\ cm^{-1}$ ) e da taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol}\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) foram realizadas com o analisador a gás infravermelho (IRGA, LI-6200).

Neste ensaio, os tratamentos resultaram das combinações entre a idade das plantas {60 (junho), 90 (julho) e 120 (agosto) dias após a sementeira} e o horário de realização das observações (8:00h, 10:00h, 12:00h, 14:00h e 16:00h), que se estenderam por 30 minutos. As folhas consideradas para a leitura foram as do primeiro verticílio floral.

O delineamento experimental adotado foi o fatorial 3x5, com cinco repetições, sendo as parcelas representadas por conjuntos de duas plantas de mesma idade. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

### **Avaliação de cupuaçuzeiros cultivados a pleno sol**

Com base nas diferenças edafoclimáticas locais (tipos climáticos Af1 e Am1, segundo Köppen) foram selecionados três sistemas de cultivo de cupuaçuzeiros plantados em áreas experimentais da Embrapa-CPATU e Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP, em Belém e em propriedade particular no município de Igarapé-Açu, PA. Em cada área foram desenvolvidos estudos ecofisiológicos, com ênfase aos parâmetros biofísicos, onde o cupuaçuzeiro foi estudado em três ambientes contrastantes, em plantios simples e consorciado.

No primeiro caso, 30 plantas de cupuaçuzeiro, com cerca de dois anos e meio de idade, plantadas a pleno sol, foram submetidas a estresses hídricos no período

de menor pluviosidade (ago., set. e out./95 e jun. e jul./96), e a alagamentos no período chuvoso (dez./95 a maio/96), devido à má drenagem do solo no local.

As plantas foram adubadas mensalmente, de outubro de 1995 a junho de 1996, com a formulação N P K (10-28-20), na dose de 100g/planta, sendo a aplicação realizada no período seco, na forma líquida (100g de N P K/2 litros de água/planta). Foi também realizado o controle fitossanitário através de pulverizações com Decis (0,1%, novembro/1995) e Folidol (0,1%, julho/1996) como forma de controlar ataques esporádicos de insetos.

No período seco foram selecionadas dez plantas e mantidas com cobertura morta (capim seco) no coroamento, enquanto as demais foram mantidas apenas coroadas.

A avaliação do comportamento estomático das plantas, com e sem cobertura morta, foi realizada em seis plantas de cada tratamento (duas folhas / planta) utilizando-se o porômetro de difusão AP-4 (Delta T - Devices), em medições intervaladas de duas horas.

No período chuvoso, as avaliações concentraram-se em plantas submetidas ao alagamento e plantas sem alagamento na área do coroamento, seguindo-se a mesma metodologia utilizada no período seco, variando-se apenas o intervalo entre as medições que passou a ser de três horas.

Deve-se enfatizar que, além do estresse hídrico, as plantas também estavam sujeitas à concorrência por invasoras, controladas periodicamente com capinas mecânicas e submetidas a ventos intensos, principalmente na parte vespertina.

### **Avaliação de cupuaçueiros consorciados com seringueiras**

Foram utilizadas plantas de cupuaçueiros com dois anos e meio de idade, estabelecidas sob seringal adulto, na área experimental da FCAP. As plantas foram manejadas segundo o prescrito por Calzavara et al. (1987) e apresentavam bom desenvolvimento vegetativo, sem sintomas de deficiências nutricionais e algumas iniciando a produção de frutos.

No ambiente descrito foi avaliado o comportamento estomático diário de seis plantas (duas folhas / planta), para tanto foi utilizado um porômetro de difusão AP-4 (Delta T - Devices), e, como parâmetro complementar, os teores de clorofila (**a**, **b** e **total**) das plantas sombreadas, que foram comparados com os teores obtidos em plantas estabelecidas a pleno sol em área adjacente.

### **Avaliação de cupuaçueiros estabelecidos em sistema agroflorestal em área de pequeno produtor em Igarapé-Açu, Pará**

Este estudo foi conduzido em Igarapé-Açu, com as avaliações realizadas em uma propriedade rural onde a área agroflorestal está crescendo anualmente, após a retirada do roçado de milho, feijão e mandioca. Foram selecionadas doze plantas de cupuaçueiro estabelecidas entre açazeiros, ingazeiros, mamoeiros e árvores de mogno, nas quais foi avaliado o comportamento estomático (porômetro de difusão AP-4) ao longo de um dia de observação. Algumas plantas encontravam-se semi-sombreadas pelo

dossel das plantas arbóreas de crescimento rápido, enquanto que outras estavam plantadas a pleno sol. Também, neste caso, foram avaliados os teores de clorofila **a**, **b** e **total** de plantas sombreadas e sem cobertura do dossel de outras plantas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Variabilidade de respostas, estomática e fotossintética, de plantas jovens de cupuaçuzeiro sob condições de viveiro

O cálculo da análise da variância dos dados primários de resistência estomática revelou que houve diferenças altamente significativas para os fatores idade de planta, horário de observação e para a interação idade vs horário. O coeficiente de variação foi de 18,79% que pode ser considerado alto, mas plenamente previsível em experimentos que possam ser influenciados pela variação incontrolável de fatores ambientais, tais como: radiação, temperatura e umidade relativa do ar.

Na Fig. 1 estão demonstradas as comparações entre as médias de resistência estomática ( $r_s$ ) para os fatores idade da planta e horário de observação.

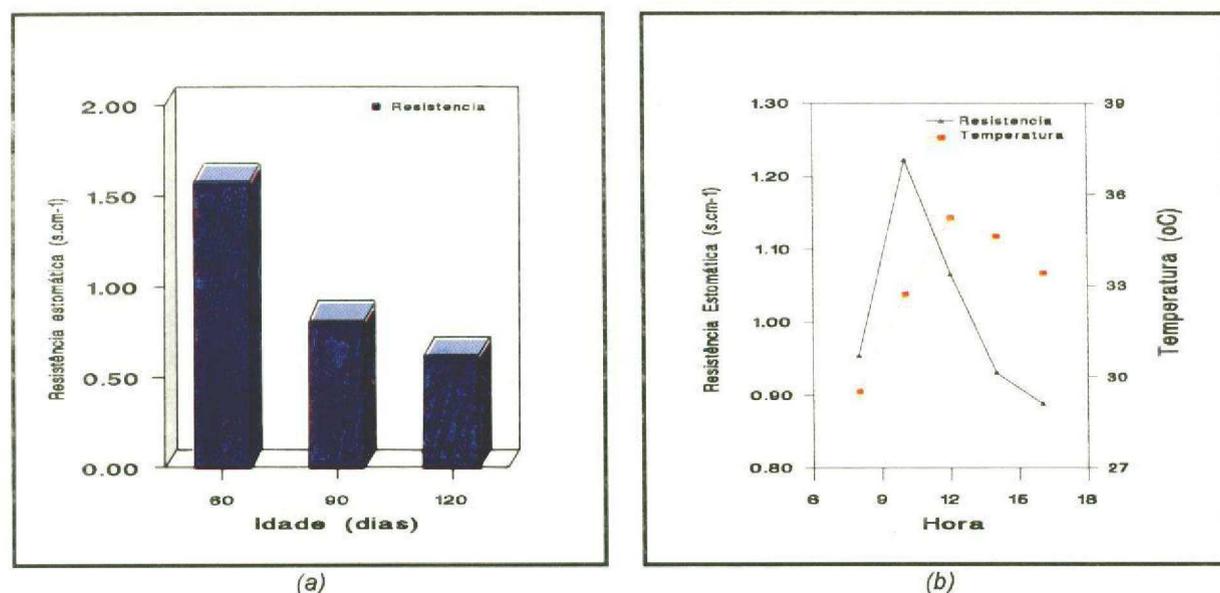


FIG. 1. Comparações entre as médias de resistência estomática ( $r_s$ ) para o fator idade da planta (a) e resistência estomática ( $r_s$ ) e temperatura ( $t^\circ$ ) para horário de observação (b). Belém, PA (1996).

A comparação das médias de resistência estomática para o fator idade indicou que as plantas aos 60 dias após a semeadura apresentaram os maiores valores médios de  $r_s$ , seguidos pelos valores registrados nas plantas com 90 e 120 dias, respectivamente. Dados sobre a ontogenia do cupuaçuzeiro, ainda não publicados, podem explicar essa tendência, uma vez que a emissão de novas folhas nessa espécie é contínua, o que pode conferir um certo grau de imaturidade para as folhas mensuradas aos 60 dias. A comparação estatística demonstrou que houve diferenças significativas entre todos os tratamentos, sendo a menor resistência estomática à saída do vapor d'água ( $0,6298s\ cm^{-1}$ ) registrada para as plantas com a idade de 120 dias (Fig. 1a).

Com base nos resultados de resistência estomática, obtidos nos diversos horários de observação, foi possível verificar que os maiores valores de  $r_s$  foram registrados às 10:00h, que não diferiram significativamente dos das 12:00h. Estes últimos não diferiram dos demais horários. Na Fig.1b estão representadas as médias obtidas nos diversos horários de observação, que variaram de  $1,2227s\ cm^{-1}$  a  $0,8885s\ cm^{-1}$ . Estes resultados não estão de acordo com os obtidos por Belfort (1996) quando concluiu que os menores valores de resistência estomática de plantas de urucuzeiro foram registrados às 8:00h, ao supor ter ocorrido o estado de equilíbrio entre o aparelho estomático e o ambiente.

O comportamento estomático das plantas jovens de cupuaçuzeiro no ambiente semicontrolado, pode ser considerado característico de plantas preventivas, haja vista que os valores mais elevados de  $r_s$  antecederam o momento de maior demanda transpiratória com elevação da temperatura foliar. A queda de  $r_s$  que ocorreu em seguida, deve ter contribuído para o aumento da taxa transpiratória e, conseqüentemente, para o resfriamento das folhas.

Oliveira (1996) observou que plantas jovens de cupuaçuzeiro cultivadas em casa de vegetação em Lavras, MG, apresentaram-se extremamente preventivas em relação à perda de água e à manutenção do potencial hídrico foliar, além de apresentarem significativa sensibilidade ao déficit de pressão de vapor (VPD).

Na avaliação das taxas de fotossíntese líquida, a análise da variância determinou que houve diferenças altamente significativas para a idade da planta e o horário de observação. Não houve diferença estatística para a interação entre esses fatores. O coeficiente de variação foi de 19,82%.

A Fig.2 expressa as comparações entre as médias de fotossíntese líquida para os fatores idade da planta e horário de observação.

Na Fig.2a estão representadas as variações das médias de fotossíntese, observadas nos diversos horários de avaliação, que variaram de  $0,8792\ \mu\text{mol}\ m^{-2}\ s^{-1}$  (8:00h) a  $0,5402\ \mu\text{mol}\ m^{-2}\ s^{-1}$  (16:00h).

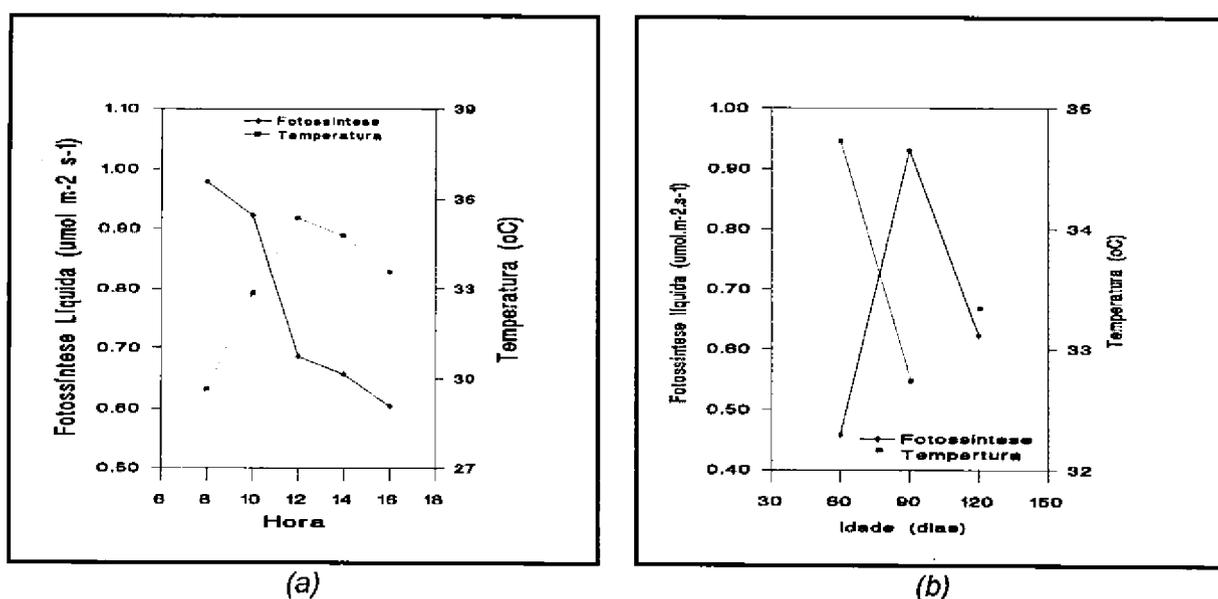


FIG. 2. Comparações entre as médias de fotossíntese líquida e temperatura foliar para os fatores horário de observação (a) e idade da planta (b). Belém, PA (1996).

Com base na Fig.2b, observa-se que a fotossíntese líquida, para o fator idade da planta de cupuaçuzeiro, em fase de viveiro, foi maior aos 90 dias após a semeadura, seguindo-se os tratamentos correspondentes a 120 dias e 60 dias. A análise estatística acusou diferença significativa entre os tratamentos e que a maior média registrada ( $0,9302 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) para as plantas com a idade de 90 dias após a semeadura, superou em 33,1% e 50,7% os demais tratamentos (120 e 60 dias), respectivamente. Pode ser observado ainda na Fig.2b que as maiores taxas fotossintéticas foram registradas nas plantas com 90 dias de cultivo, podendo este fato estar associado à menor média de temperatura foliar observada ( $32,7^\circ\text{C}$ ) durante as mensurações.

Ao serem analisadas as médias de fotossíntese líquida registradas nos diversos horários de observação, foi possível verificar que não houve diferença significativa entre as tomadas de dados das 8:00h e 10:00h, que foram estatisticamente superiores às demais. Também não houve diferença significativa entre os demais horários.

Os valores de fotossíntese líquida observados em plantas jovens de cupuaçuzeiro, sob condições controladas, estão de acordo com as taxas observadas por vários autores para plantas tropicais (Samsudin & Impens, 1977; San José, 1983; Dias Filho, 1996).

Dentre outros fatores, os efeitos da temperatura foliar sobre as taxas fotossintéticas registradas, parecem determinantes (Fig.2a, 2b). Geiger & Servaites (1994) referem-se à regulação diurna da fotossíntese como sendo baseada na regulação de enzimas individuais do Ciclo de Calvin em diferentes níveis de organização estrutural e fisiológica. A modulação da atividade enzimática pela temperatura passa, então, a ser determinante na magnitude das taxas de fotossíntese, uma vez que nas plantas  $C_3$ , as elevadas temperaturas aumentam as taxas de fotorrespiração, reduzindo dessa forma a fotossíntese líquida (Goldsworthy, 1970).

### **Avaliação de cupuaçuzeiros cultivados a pleno sol**

O comportamento estomático das plantas de cupuaçuzeiro, no período de estiagem de 1996, está representado na Fig.3.

O movimento estomático nas folhas estudadas parece ter sido influenciado ao longo do dia pelo tratamento praticado com a aplicação de "mulching" na área coroada das plantas, que apresentaram menor resistência estomática do que aquelas que não foram submetidas a esse tratamento. Os efeitos da cobertura morta como agente mantenedor da umidade ao nível das raízes absorventes, favorecendo o crescimento e a produção das culturas, é conhecido há bastante tempo (Sumi et al. 1986; Vizotto & Müller, 1989). Além disso, é sabido que a atenuação da temperatura do solo ao nível radicular promovido pelo "mulching", diminui o processo respiratório nas raízes, possibilitando melhor aproveitamento das reservas armazenadas nas mesmas.

Fitter & Hay (1983) referem-se à associação entre os estresses hídrico e térmico como de comum registro em plantas cultivadas nos trópicos, sendo difícil dissociar o efeito de cada estresse sobre o crescimento das plantas no campo. Pacheco (1973) quando comparou, em pomar de laranjeiras, a cobertura do solo com 50t/ha de palha e o solo nu, observou que a cobertura foi a responsável pela intensificação das variações térmicas do ar e pela moderação das variações no solo, cujas temperaturas foram bem inferiores às do solo nu. Martins & Westphalen (1985) também observaram

que diferentes tipos de cobertura orgânica provocaram acentuado efeito na redução da temperatura do solo, a 5 cm de profundidade, em relação ao solo desnudo e evitaram o seu aquecimento no período de maior disponibilidade de energia.

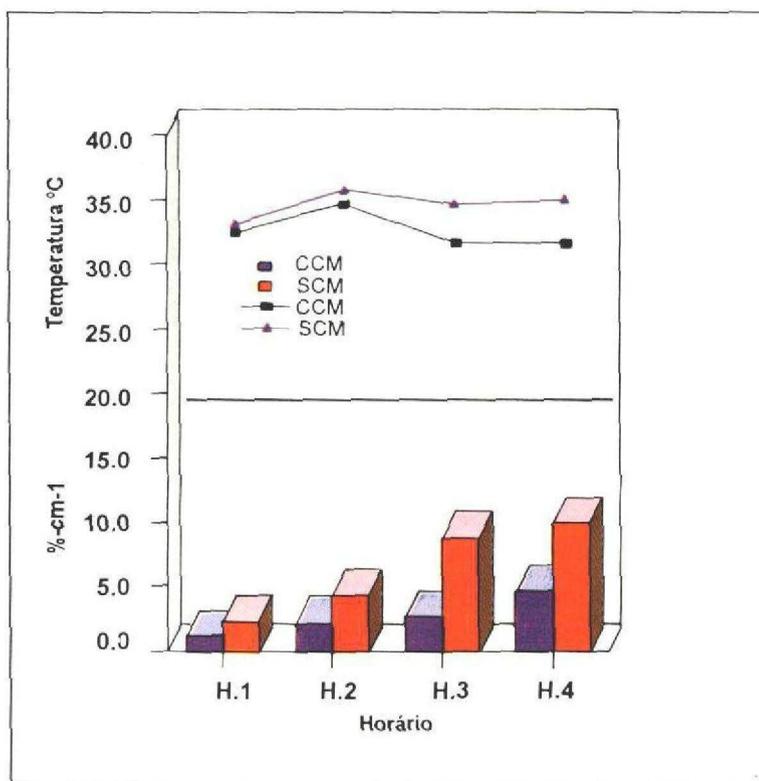


FIG. 3. Comportamento estomático e temperatura da folha (°C) de plantas jovens de cupuaçuzeiro, manejadas com e sem cobertura morta, em áreas sujeitas a estresses sazonais. Belém, PA, 1996.

CCM : com cobertura morta; SCM : sem cobertura morta;  
 H.1:9:30/9:45h; H.2:11:10/11:24h; H.3:13:04/13:20h;  
 H.4:15:30/15:45h.

Os efeitos da cobertura morta sobre a abertura estomática das folhas dos cupuaçuzeiros parecem evidentes, uma vez que foram registrados menores valores de temperatura das folhas nos horários de maior demanda evaporativa, quando comparados com as temperaturas foliares registradas nas plantas sem cobertura. Observou-se também que no período vespertino, a incidência de ventos fortes pode ter causado a elevação da  $r_s$  e a diminuição da temperatura foliar ( $t^o$ ) devido ao efeito mecânico e pela dissipação do calor latente.

### Avaliação de plantas de cupuaçuzeiro submetidas a alagamento

Os valores médios de  $r_s$  e  $t^o$  da folha observados no período chuvoso, encontram-se expressos na Tabela 1.

A despeito das dificuldades para se monitorar o curso diário da resistência estomática no período chuvoso, pôde-se verificar que as plantas submetidas a um período maior de retenção de água, ao nível radicular (entre 6:00 e 12:00 horas), não sofreram reflexos no comportamento estomático, como pode ser observado pelas médias registradas na Tabela 1.

TABELA 1. Dados médios de resistência estomática ( $r_s$ ) e temperatura foliar ( $t^o$ ) de plantas jovens de cupuaçuzeiro sob condições de campo. Belém, PA, 1996.

Identificação (planta)	Intervalos entre as medições					
	9.30h às 9:45h		12:30h às 12:50h		15:04h às 15:20h	
	$r_s$ *	$t^o$	$r_s$ *	$t^o$	$r_s$ *	$t^o$
	( $s.cm^{-1}$ )	( $^oC$ )	( $s.cm^{-1}$ )	( $^oC$ )	( $s.cm^{-1}$ )	( $^oC$ )
<b>Sem alagamento</b>						
(1)	0,78	28,6	1,67	28,9	4,43	29,7
(2)	0,99	27,5	2,18	29,7	3,42	29,9
(3)	0,85	27,9	2,98	29,8	3,28	30,0
(4)	0,76	28,0	1,59	30,6	4,56	29,9
(5)	0,95	28,5	2,55	30,9	3,92	30,3
(6)	1,52	30,0	3,27	30,4	4,17	30,5
Média	0,97	28,4	2,37	30,0	3,96	30,0
<b>Com alagamento</b>						
(1)	1,06	28,9	3,10	30,4	5,02	30,6
(2)	0,98	29,9	2,98	31,0	4,46	30,8
(3)	0,85	28,5	1,17	30,8	3,17	31,0
(4)	1,13	29,1	2,38	30,9	3,98	30,9
(5)	1,02	28,4	2,14	31,0	4,21	30,8
(6)	1,27	29,0	2,74	31,6	3,30	29,8
Média	1,05	28,9	2,41	30,9	4,02	30,6

\* Média de duas folhas/planta.

Kozłowski (1982) refere-se a várias espécies que apresentam capacidade de suportar alagamentos prolongados do solo, sugerindo que esse mecanismo de tolerância pode ser resultante de uma combinação de mecanismos adaptativos.

Os desvios que podem ocorrer na cadeia respiratória com a formação de lactato e/ou álcool em plantas submetidas à anoxia radicular por alagamento têm sido discutidos por vários autores (Harberd et al. 1982; Hoffman et al. 1986). Menezes Neto (1994) trabalhando com plantas jovens de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart), observou que períodos intervalados de anaerobiose por alagamento interferem, prejudicialmente, no crescimento das plantas. Neste trabalho pode-se constatar também que o crescimento das plantas em altura, número de lançamentos e número de folhas ocorreu entre outubro/95 e janeiro/96, sendo os maiores incrementos registrados nas plantas que não estavam sujeitas a alagamento (Souza & Rocha Neto, 1996). Também foi observado um acentuado amarelecimento nas folhas mais velhas das plantas submetidas a alagamento, ocorrendo em alguns casos a queda das mesmas, com conseqüente diminuição da área foliar...

### **Avaliação do comportamento estomático de cupuaçuzeiros cultivados em sistemas agroflorestais**

Cupuaçuzeiros de dois anos e meio de idade, cultivados sob seringal adulto e sem exploração comercial, foram avaliados preliminarmente quanto ao comportamento estomático (Tabelas 2 e 3) e os teores de clorofila dos tecidos foliares (Tabela 4).

TABELA 2. Dados médios de resistência estomática (*rs*) e de radiação fotossintética ativa (RFA) de plantas jovens de cupuaçuzeiro, sombreadas por seringueiras na área da FCAP. Belém, PA. Agosto, 1996.

Identificação (Planta)	Intervalos entre as medições					
	9:22h às 9:35h		12:16h às 12:30h		15:16h às 15:25h	
	<i>rs</i> *	Radiação	<i>rs</i> *	Radiação	<i>rs</i> *	Radiação
	(s.cm <sup>-1</sup> )	(με.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	(s.cm <sup>-1</sup> )	(με.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	(s.cm <sup>-1</sup> )	(με.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )
(1)	2,74	110	2,28	104	2,48	45
(2)	1,52	245	1,48	161	2,19	399
(3)	1,60	105	1,75	219	2,13	159
(4)	3,95	107	4,60	170	7,00	141
(5)	2,74	167	1,47	450	5,28	174
(6)	2,48	283	3,23	169	8,20	140
Média	2,50	152	2,46	212	4,88	176

\* Média de duas folhas/planta.

TABELA 3. Dados médios de resistência estomática (*rs*) e de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) de plantas jovens de cupuaçuzeiro sombreadas e a pleno sol, em área de produtor. Igarapé-Açu, PA. Julho, 1996.

Identificação (Planta)	Intervalos entre as medições					
	9:09h às 9:20h		13:04h às 13:14h		16:16h às 16:35h	
	<i>rs</i> *	Radiação	<i>rs</i> *	Radiação	<i>rs</i> *	Radiação
	(s.cm <sup>-1</sup> )	(με.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	(s.cm)	(με.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	(s.cm)	(με.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )
<i>A pleno sol</i>						
(1)	2,10	1430	1,74	2060	6,21	517
(2)	1,74	1180	2,90	1540	9,85	396
(3)	2,06	1380	2,64	1170	8,48	479
Média	1,96	1330	2,42	1590	8,18	464
<i>Sombreada</i>						
(1)	1,36	445	2,16	638	12,4	250
(2)	1,43	445	2,12	718	10,2	112
(3)	1,99	206	3,22	325	15,8	128
Média	1,59	365	2,50	560	12,8	163

\* Média de duas folhas/planta.

TABELA 4. Teores\* de clorofila a, b e total (mg.g<sup>-1</sup>) registrados em folhas de cupuaçuzeiros, cultivados em diferentes condições ambientais no Estado do Pará.

Local	Ambiente	Época	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
CPATU (Belém)	Pleno sol	Jan/96	1,475	0,406	1,881
FCAP (Belém)	Sombreado	Ago/96	1,454	0,747	2,201
Área de Produtor (Igarapé-Açu)	Pleno sol	Jul/96	0,778	0,306	1,084
Área de Produtor (Igarapé-Açu)	Sombreado	Jul/96	0,974	0,418	1,365

\*Média de três plantas.

*Pode-se observar que os valores obtidos em três horários de monitoramento foram compatíveis com as médias de rs registradas para plantas de mesma idade cultivadas a pleno sol e submetidas a outros tipos de estresse (Fig. 3 e Tabela 1).*

*No caso das plantas sombreadas, o principal componente ambiental estressante passou a ser os baixos níveis de radiação fotossinteticamente ativa registrados nas horas das medições, além dos baixos níveis de pluviosidade tabulados no mês de agosto (95 mm). Conforme observado por Deus et al. (1993), nessas condições as plantas de cupuaçuzeiro apresentam-se mais verdes do que as cultivadas a pleno sol, e, apesar de terem crescimentos equivalentes, as plantas sombreadas produziram tardiamente e menos frutos por safra. Essas características também foram observadas na área de produtor em Igarapé-Açu, onde as diferenças de rs só foram marcantes ao final da tarde (Tabela 3). Esses resultados reforçam a necessidade de estudos básicos que possam determinar o ponto de compensação luminoso e hídrico específico para o cupuaçuzeiro, como forma de direcionar o manejo dos sistemas onde o mesmo participe, favorecendo a sua produtividade.*

*As diferenças observadas para os teores de clorofila a, b e total nos diversos ambientes de estudo podem ser observadas na Tabela 4.*

*É perfeitamente conhecido que o mecanismo de síntese das clorofilas a e b são modulados pela intensidade de luz a que as plantas estão submetidas (Jones, 1993).*

*Levando-se em conta as diferenças edafoclimáticas a que estavam submetidas as plantas em estudo, pode-se observar na Tabela 4, que a diferença mais marcante ocorreu nos teores de clorofila a que foram detectados nas folhas de plantas a pleno sol, em área de produtor em Igarapé-Açu. É possível que a baixa fertilidade do solo e o período de baixa pluviosidade tenham concorrido para este quadro, mesmo porque, visualmente, as plantas de sol sempre se apresentaram mais cloróticas do que as plantas de sombra nessa região. Outro registro importante é o fato dos teores de clorofila b sempre crescerem nos ambientes com menos radiação, confirmando as informações de Coombs & Hall (1987), mostrando que as folhas sombreadas tendem a apresentar maior quantidade de clorofila total, conforme também citado por Taiz & Zeiger (1991).*

## **CONCLUSÕES**

*Os resultados deste trabalho são frutos de uma série de campanhas de monitoramento ecofisiológico com cronograma de execução ainda em andamento, não permitindo inferências absolutamente conclusivas. As observações contabilizadas permitem que sejam emitidas as seguintes conclusões parciais:*

*- Plantas jovens de cupuaçuzeiro mantidas sob condições semicontroladas apresentaram maior taxa de fotossíntese líquida aos 90 dias após a semeadura, quando foi registrada a menor temperatura média das folhas;*

*- O comportamento estomático de cupuaçuzeiros ao longo do dia, em diferentes situações de cultivo, qualificam essa espécie como preventiva diante de estresses ambientais; e,*

*- Os teores de clorofila registrados em cupuaçuzeiros cultivados a pleno sol e sombreados, em solos pobres e sem adubação, refletem a necessidade de maiores estudos na relação nutrição x radiação, como forma de se adequar a planta, a ambientes de cultivo de produtividade máxima.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELFORT, A.J.L. *Comportamento edafoclimático do urucuzeiro (Bixa orellana L.) nos municípios de Capitão Poço e Tracuateua, Estado do Pará*. Belém: FCAP, 1996. 109p. Tese Mestrado.
- CAIRO, P.A.R. *Resposta fisiológica de plantas à baixa disponibilidade de água no solo*. Lavras: ESAL, 1991. 32p.
- CALZAVARA, B.B.G. *Cupuaçuzeiro*. Belém: Embrapa-CPATU, 1987. 5p. (Embrapa-CPATU. Recomendações Básicas, 1).
- COOMBS, J.; HALL, D.O. *Técnicas de bioprodutividade e fotossíntese*. Fortaleza: UFC, 1987. 292p.
- CORAL, R.P.S. *O cupuaçu: boa opção para investimento*. Belém: SAGRI, 1990. 38 p.
- DEUS, C.E. de; WEIGAND JUNIOR, R.; KAGEYAMA, P.Y.; VIANA, V.M.; FERRAZ, P.A.; BORGES, H.B.N.; ALMEIDA, M.C.; SILVEIRA, M.; VICENTE, C.A.R.; ANDRADE, P.H.C. *Comportamento de 28 espécies arbóreas tropicais sob diferentes regimes de luz em Rio Branco, Acre*. Rio Branco: U.F.AC/Parque Zoobotânico, 1993. 170p.
- DIAS FILHO, M.B.; WISE, J.A.; DAWSON, T.E. *Irradiance and water effects on gas exchange behavior of two C<sub>3</sub> amazonian weeds*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.3, p.319-325, 1995.
- FALCÃO, M. de A.; LLERAS, E. *Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupuaçuzeiro (Theobroma grandiflorum Schum)*. *Acta Amazônica*, Manaus, v.13, n.5/6, p-725-735, 1983.
- FITTER, A.H.; HAY, R.K.M. *Environmental physiology of plant*. New York: Academic Press, 1983. 355 p.
- GEIGER, R.D.; SERVAITES, J.C. *Diurnal regulation of photosynthetic carbon metabolism in C<sub>3</sub> plants*. *Annales Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.45, p.235-256, 1994.
- GOLDSWORTHY, A. *Photorespiration*. *The Botanical Review*, v.36, n.4, p.321-341, 1970.
- HARBERD, N.P.; EDWARDS, K.J.R. *The effect of a mutation causing alcohol dehydrogenase deficiency on flooding tolerance in barley*. *New Phytologist*, Cambridge, v.90, p.631-644, 1982.
- HOFFMAN, N.E.; BENT, A.F.; HANSON, A.D. *Induction of lactate dehydrogenase isozymes by oxygen deficit in barley root tissue*. *Plant Physiology*, Rockville, v.82, p.658-663, 1986.
- JONES, M.B. *Plant microclimate*. In. HALL, D.O.; SCURLOCK, J.M.O. ; BOLHAR-NORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P., *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. London, 1993. p.47-90.
- KOZLOWSKI, T.T. *Water supply and tree growth. II. Flooding*. *Forest Abstracts*, Farnham Royal, v.43, n.2, p.145-161, 1982.

- MARTINEZ, C.A.; MORENO, U. *Expresiones fisiológicas de resistencia a la sequia en dos variedades de papa sometidas a estrés hídrico en condiciones de campo*, *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.4, n.1, p.33-38, 1992.
- MARTINS, N.L.F.; WESTPHALEN, S.L. *Efeito de coberturas de solo sobre a variação da temperatura do solo a 5cm de profundidade e balanço de energia em morangueiro (Fragaria híbridos). I. Coberturas plásticas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4., 1985, Londrina, PR. *Resumos*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.59-60.
- MENEZES NETO, M.A. *Influência da disponibilidade de oxigênio sobre a germinação, crescimento e atividade das enzimas álcool desidrogenase e lactato*. Lavras: UFLA, 1994. 50p. Tese Mestrado.
- NOGUEIRA, O.L.; CONTO, A.J. de; CALZAVARA, B.B.G.; TEIXEIRA, L.B.; KATO, O.R.; OLIVEIRA, R.F. de. *Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados*. Belém: Embrapa-CPATU, 1991. 61p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 56).
- OLIVEIRA, M.N.S. de. *Comportamento fisiológico de plantas jovens de acerola, carambola, pitanga, cupuaçu, graviola, pupunha e biribá em função da baixa disponibilidade de água no solo*. Lavras: UFLA, 1996. 67p. Tese Mestrado.
- PACHECO, E.B. *Cobertura morta da superfície do solo*. Viçosa: UFV-ESA-Departamento de Fitotecnia, 1973. 36p.
- PORTO, M. *Condutância foliar em cultivares de mandioca*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.1, n.1, p.83-85, 1989.
- PRISCO, J.T. *Possibilidades de exploração de lavouras xerófitas no semi-árido brasileiro*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.21, n.4, p.333-342, 1986.
- RIBEIRO, G.D. *A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa-CPAF Rondonia, 1992. (Embrapa-CPAF Rondonia. Documentos, 27).
- ROBERT, J.; CABRAL, O.M.R.; DA COSTA, J. P., MCWILLIAM, A.L.C.; SÁ, T.D. de A. *Plant physiological studies in tropical rainforest and pastures in Amazônia*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., 1995, Lavras. *Conferências*. Lavras, MG: SBFV/UFLA, 1995. p.135-174.
- ROCHA NETO, O.G. da. *Aspectos ecofisiológicos da produção de mudas de seringueira (Hevea spp), cultivadas em estações climáticas distintas*. Campinas, 1990. 84p. Tese Doutorado.
- SAMSUDDIN, Z.; IMPENS, I. *The development of photosynthetic rate with leaf age in Hevea brasiliensis Muell. Arg. clonal seedling*. *Photosynthetic*, v.13, n.3, p.267-270, 1977.
- SAN José, J.J. *Diurnal course of CO<sub>2</sub> and water vapour exchange in Manihot esculenta Crantz var. cubana*. *Photosynthetic*, v.17, n.1, p.12-19, 1983.
- SILVESTRE, W.V.D.; GUSMÃO, S.A.L.; SANTOS, P.J.; NUNES, M.A.L.; TEIXEIRA, P.E.G.; CARVALHO, A.; HIGAMONTE, I. *Observações preliminares sobre a cultura do cupuaçuzeiro (Theobroma grandiflorum Schum) cultivado a pleno sol*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14., 1996, Curitiba, PR. *Resumos*. Curitiba, 1996. p.214.

- SLATIER, R.O. *Plant-water relationships*. London: Academic Press, 1967. 366p.
- SOUZA, N.G.; ROCHA NETO, O.G. da. Respostas ecofisiológicas do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) em plantios simples e consorciados e ambientes contrastantes. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FCAP, 6., 1996, Belém, PA. *Resumos*. Belém: FCAP/Embrapa-CPATU/CNPq, 1996. p.62.
- SUMI, S.; CASTELLANE, P.; BELLINGIERI, P.; CHURATA-MASCA, M.G.C. Cobertura morta e doses de superfosfato simples na cultura do alho. *Horticultura Brasileira*, v.4, n.11, p.32-34, 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. California: The Benjamin/Cummings Publ. Co. Inc., 1991.
- VILLACHICA, H. *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia*. Lima: Tratado de Cooperacion Amazonica, 1996. 367p.
- VIZZOTTO, V.J.; MÜLLER, J.J.V. Efeito da cobertura do solo sobre a emergência de plântulas de cenoura. *Horticultura Brasileira*, v.7, n.2, p.22-23, 1989.