

## Varição sazonal das trocas gasosas, turgescência relativa do tronco e produtividade em dois cultivares de seringueira em Votuporanga, SP, Brasil

Elenice de Cássia Conforto<sup>1,3</sup>, Juliane Ribeiro Cavalcante<sup>1</sup>, José Dalton Cruz Pessoa<sup>2</sup>, Rogério Manoel Biagi Moreno<sup>2</sup> e Luiz Henrique Capparelli Mattoso<sup>2</sup>

Recebido em 17/09/2004. Aceito em 10/03/2005

**RESUMO** – (Variação sazonal das trocas gasosas, turgescência relativa do tronco e produtividade em dois cultivares de seringueira em Votuporanga, SP, Brasil). Alguns pesquisadores têm focado a influência dos fatores agrometeorológicos e fisiológicos sobre a produtividade da seringueira, mas a magnitude destas relações ainda não é totalmente conhecida. Assim, no presente estudo, investigou-se a possível relação entre alguns parâmetros fisiológicos e a produção de dois cultivares de seringueira, PB 235 e GT 1, cultivados em Votuporanga, Estado de São Paulo, durante o período seco e úmido de 2000-2001. A produção total do período foi de 4.550,5 kg/ha, dos quais PB 235 respondeu por 59,9%, com produção 12,6% maior que a de GT 1 no período seco e 29,8 % no período úmido. Os valores da taxa fotossintética variaram entre 2,19 e 3,46  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  para GT 1, e entre 2,31 e 3,93  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  para PB 235; a transpiração variou entre 0,66 e 1,88  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e 0,78 e 1,77  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , respectivamente; e, a condutância estomática, entre 0,021 e 0,041  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e 0,021 e 0,043  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , respectivamente. A ausência de recuperação noturna da turgescência do caule durante o período seco, em ambos os cultivares, poderia justificar a variação da produtividade, que foi mais intensa em PB 235, provavelmente decorrente do significativo decréscimo da taxa fotossintética e da eficiência da carboxilação neste período.

**Palavras-chave:** seringueira, *Hevea brasiliensis*, produção, trocas gasosas, turgescência do caule

**ABSTRACT** – (Seasonal variations of gas exchange, relative trunk turgescence and yield in two clones of rubber tree cultivated in Votuporanga, SP, Brazil). Some researchers have considered the influence of physiological and agrometeorological factors on rubber tree yield, although the real magnitude of these interrelationships remain unknown. Due to this, a study was carried out with two rubber clones, PB 235 and GT 1, cultivated in Votuporanga, São Paulo State, Brazil, in order to examine the possible correlations between physiological parameters and yield during the dry and wet 2000-2001 seasons. The yield during the period was 4550 kg/ha: PB 235 yield was 59.9%, which was 12.6% higher than GT 1 during the dry season and 29.8 % during the wet season. The photosynthetic rate had varied between 2.19 to 3.46  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  in GT 1, and 2.31 to 3.93  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  in PB 235; the transpiration rate, between 0.66 to 1.88  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  and 0.78 to 1.77  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , respectively; and, the stomatal conductance, between 0.021 to 0.041  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  and 0.021 to 0.043  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , respectively. In both clones, the absence of nocturnal stem turgescence recovery during the dry season could explain the variation of productivity. This was more intense for PB 235 in consequence of the significant decrease of the photosynthetic rate and carbon assimilation efficiency during this period.

**Key words:** rubber tree, *Hevea brasiliensis*, yield, gas exchange, stem turgescence

### Introdução

A seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. A.D. Juss) Müell. Arg.), mais importante fonte de borracha natural, tem sido cultivada em diferentes regiões agroclimáticas no mundo. Como em outras culturas, em *Hevea* também a produção é assunto complexo, pois esta é a expressão do efeito integrado das variações que ocorrem nos fatores do desenvolvimento

(Chandrasekar 1994). De modo geral, Gonçalves *et al.* (1982) classificam os fatores que controlam a produção em genéticos, ecológicos e fisiológicos. Em seringueiras, isto envolve o sistema de exploração, isto é, a combinação entre o sistema de sangria e o de estimulação (Bernardes *et al.* 1992), local de cultivo, idade, vigor, espessura da casca, resistência a doenças e vento, densidade de plantio, estado nutricional e variações climáticas regionais, dentre outros.

<sup>1</sup> UNESP-IBILCE, Departamento de Zoologia e Botânica, Rua Cristóvão Colombo 2265, Jardim Nazareth, CEP 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brasil

<sup>2</sup> EMBRAPA, Instrumentação Agropecuária, C. Postal 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: elenice@ibilce.unesp.br

Estabelecer a magnitude de importância e a relação entre esses fatores que envolvem a produção em seringueiras têm sido objeto de vários estudos. Segundo Gonçalves *et al.* (1989), algumas destas características têm mais influência que outras, e a relação entre elas é variável nas diferentes idades fisiológicas, pois elas atuam, algumas vezes, sinergisticamente e, em outras, antagonicamente.

A influência das condições agrometeorológicas sobre a produtividade da seringueira foi examinada por Rao *et al.* (1990), que estudaram a atuação dos fatores climáticos e edáficos nas relações água-plantas e na produtividade dos cultivares RRII 118 e RRII 105, este último considerado tolerante à seca. A variação clonal observada foi atribuída aos parâmetros fisiológicos em resposta à umidade do solo e às condições meteorológicas, e a variação sazonal foi atribuída a diferenças na taxa do fluxo inicial e no índice de tamponamento, além das variações no comportamento das relações hídricas.

Rao *et al.* (1998) realizaram estudos sobre a correlação entre variáveis climáticas e a produção de látex, e demonstraram que, em geral, os valores máximos de temperatura, duração do período de insolação, déficit de pressão de vapor e evapotranspiração têm relação negativa com a produção, ao passo que a precipitação mensal tem relação positiva. Segundo esses autores, as condições ideais de cultivo foram associadas com temperatura máxima de 30,4 °C, mínima de 22,8 °C; 5,9 h de insolação e 72 mm de precipitação mensal; qualquer desvio nestas condições, com duração de até 6 meses, pode influenciar significativamente a produção de látex.

Chandrasekar (1994) estudou o efeito das inter-relações entre componentes da produção, aspectos fisiológicos e umidade do solo, e verificou que as dez variáveis escolhidas (produção de borracha e de látex, conteúdo de borracha, taxa do fluxo inicial, potencial de pressão no vaso laticífero antes e depois da sangria, potencial de soluto do látex, índice de tamponamento, potencial hídrico ao amanhecer e perímetro do tronco), responderam por 42% da variabilidade da produção. Assim, segundo o próprio autor, grande parte da variabilidade estaria a cargo de outros parâmetros secundários da produção, indicando a necessidade da continuação destes estudos. Portanto, no presente trabalho, foram examinadas as possíveis interações entre trocas gasosas, variação da turgescência relativa do tronco e a produtividade de dois cultivares de seringueira, durante um período seco e um período úmido.

## Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Polo Regional do Desenvolvimento Tecnológico de Agronegócios do Noroeste Paulista, estabelecido no município de Votuporanga (SP), entre as coordenadas 20°20'S e 49°50'W, altitude de 510 m. O cultivo foi instalado em janeiro/1989 em solo Argissolo Vermelho eutrófico, A moderado, textura arenosa/média, com as árvores dispostas em espaçamento de 7,0 m entre as linhas e 3,0 m entre as plantas. Dos cultivares existentes foram selecionados GT 1 e PB 235, que no período de estudo apresentavam copa iniciando entre 6 e 8 metros acima do solo. As observações foram realizadas entre os meses de abril/2000 e março/2001.

Os valores diários de precipitação e temperaturas máximas e mínimas foram obtidos junto ao escritório do Polo Regional. A produção mensal de borracha seca foi quantificada por pesagem, após 20 dias de secagem ao ar, dos coágulos das tigelas de coleta de látex. Os valores foram posteriormente convertidos para kg ha<sup>-1</sup> com base no espaçamento utilizado no plantio (480 plantas por hectare), e no sistema de sangria adotado (1/2S d/4 5d/7 ET 2,5%, ou seja, meia espiral, duas vezes por semana, em plantas estimuladas com etephon 2,5%, oito vezes ao ano).

Os dados experimentais foram obtidos em dias de realização de sangria. Valores da taxa fotossintética (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração de gás carbônico na câmara subestomática (CiCO<sub>2</sub>) e densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) foram obtidos com o monitorador portátil de trocas gasosas por infravermelho da firma ADC (UK), modelo LCA-4. A eficiência da carboxilação foi calculada pela relação A/CiCO<sub>2</sub> (Nataraja & Jacob 1999). As leituras foram feitas em folhas intactas de ramos destacados, provenientes do estrato inferior da copa, coletadas com auxílio de podão e rapidamente analisadas. Foram realizadas 15 determinações por cultivar, em intervalos de 60 minutos, no horário entre 8 e 10 horas, considerado mais propício para as trocas gasosas (Prado & Moraes 1997). Antes da análise estatística os valores foram integralizados, segundo metodologia proposta por Prado *et al.* (2001).

O monitoramento da variação relativa da turgescência do tronco foi realizado com uso do fitotensiômetro baseado no modelo proposto por Alvim, cuja montagem e forma de análise dos dados é descrita

em Conforto *et al.* (1998). Os equipamentos foram instalados em seis árvores de cada cultivar, com diâmetros de caule uniformes, posicionados 5cm acima do corte de sangria, na tarde do dia anterior ao início dos experimentos. A leitura da coluna do manômetro (altura em cm) foi realizada de hora em hora, a partir das 7 h, até que se observasse o primeiro valor ascendente (indicativo do início da recuperação da turgescência), seguida por nova leitura às 7 h do dia posterior. Os valores descendentes foram ajustados numa equação linear, utilizando o coeficiente angular (b) como parâmetro comparativo do comportamento dos cultivares.

As figuras, análise estatística preliminar e integralização dos dados (Prado *et al.* 2001) foram feitas com uso do “software” Microcal Origin 4.0 (1995), e a comparação das médias, pelo teste de Tukey (“software” SAS 1990), segundo Zar (1999).

## Resultados e discussão

**Parâmetros Ambientais** – Os valores mensais médios das temperaturas máxima e mínima e da precipitação total são mostrados na Fig. 1. Durante o período, a pluviosidade atingiu 1.086,8 mm, concentrando-se no período de setembro/2000 a março/2001. Contudo, em

setembro, toda a precipitação ocorreu nos primeiros 14 dias, e valores apreciáveis ocorreram apenas a partir de 5/novembro; assim, o mês de outubro mostrou-se como período seco dentro de um período chuvoso. No período úmido, além das maiores temperaturas, associadas com a alta precipitação, a DFFFA foi menor que no período seco, estando de acordo com o observado por Rao *et al.* (1990; 1998).

Conforme Rao *et al.* (1990), a distribuição das chuvas, radiação solar, temperatura e umidade do ar contribuem para a variabilidade da produção; assim, os experimentos realizados serão discutidos em função dos períodos caracterizados na Tab. 1 como período seco (abril a agosto/2000) e úmido (novembro/2000 a março/2001).

**Produção** – Os valores mensais da produção de borracha seca (kg/ha) são mostrados na Fig. 2. A queda de produção observada para ambos os cultivares entre os meses de julho e setembro relaciona-se com o período de desfolha e reenfolhamento. Excetuando esse período, a produção de GT 1 manteve-se relativamente estável, devido à sua alta homeostase genética (Nascimento 1983), mundialmente reconhecida, pois adapta-se razoavelmente bem a condições climáticas extremas, principalmente em áreas com período seco definido.

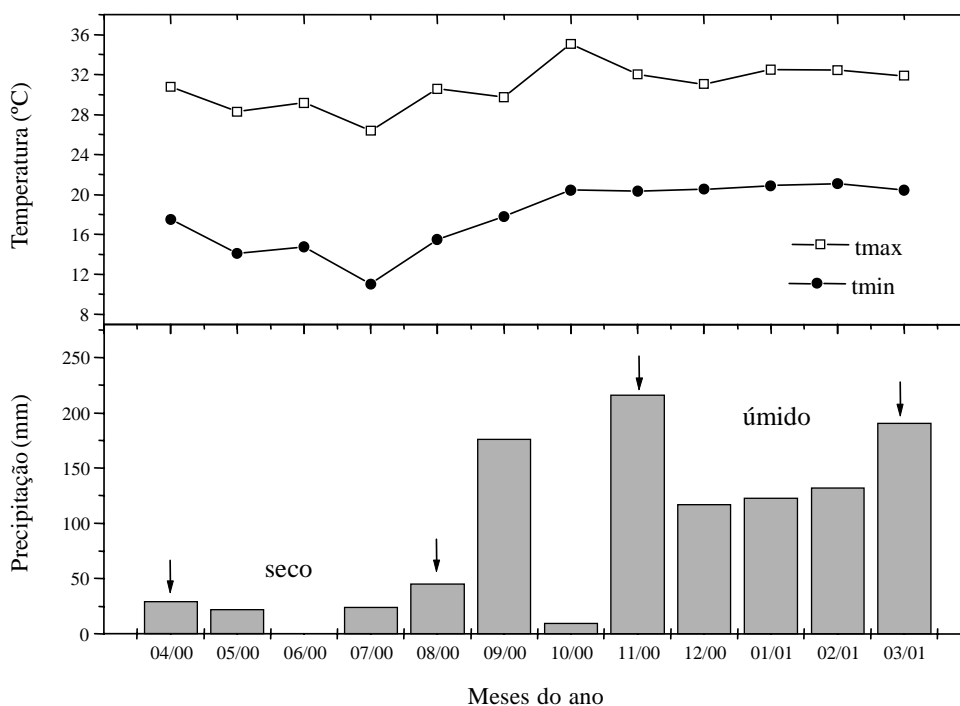


Figura 1. Média das temperaturas diárias (mínima e máxima) e pluviosidade mensal durante o período de experimento. As setas indicam o início e o final dos períodos seco e úmido.

Tabela 1. Valores médios da temperatura máxima (T max), temperatura mínima (T min) e valores totais da precipitação durante o período de estudo (abril a agosto de 2000: período seco e novembro/2000 a março/2001: período úmido). Os valores médios de umidade relativa (UR) máxima (max) e mínima (min) e densidade média do fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) referem-se aos dias em que foram efetuadas as avaliações.

Período	T max (°C)	T min (°C)	Precip. (mm)	UR (%)		DFFFA ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
				max	min	
abril-agosto/2000 (seco)	29,22	14,56	121,8	78,2	41,5	1.484
novembro/2000-março/2001 (úmido)	31,97	20,64	779,0	85,3	46,8	1.091

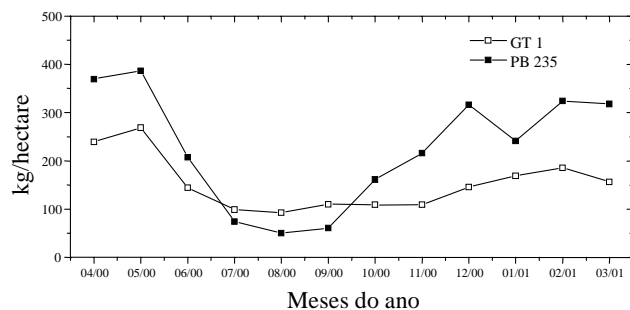


Figura 2. Produção de borracha seca de dois cultivares de seringueira (kg/ha).

A análise da produção é mostrada na Tab. 2. A produção total de PB 235 foi 19,8% superior à de GT 1; este percentual diferencial decresceu para 12,6 na estação seca, e aumentou para 29,8 na estação úmida. Os fatores agrometeorológicos apresentam importante papel na relação água-solo-planta (Rao *et al.* 1990), causando efeitos significativos na produção da seringueira; Rao *et al.* (1998) verificaram que no cultivar RRII 105, ao longo de 18 meses, a produção oscilou de 19,3 a 90,5 g/sangria/árvore, e tal variabilidade foi discutida com base nas variáveis climáticas. Contudo, quando a área abriga mais de um cultivar, de mesma idade e com plantas crescidas sob iguais condições edafoclimáticas, diferenças significativas quanto à produtividade podem surgir, conforme relatado por Gonçalves *et al.* (2001; 2002), e observado no presente estudo, reforçando a importância dos fatores intrínsecos à planta sobre a variabilidade da produção.

**Turgescência do tronco** – Os valores obtidos da análise do comportamento do fitotensiômetro são mostrados na Tab. 3. Segundo Rao *et al.* (1998), a maior parte da água e nutrientes são absorvidos das camadas superficiais do solo durante a estação úmida, e das camadas mais profundas na estação seca. Estudos de Mendes *et al.* (1992) confirmaram que a seringueira adulta possui um sistema radicular bastante profundo,

cuja raiz principal, aos sete/oito anos pode ultrapassar nove metros de comprimento, havendo também o desenvolvimento de raízes secundárias ao longo da raiz principal.

Os dois cultivares estudados mostraram, durante o período seco, um acúmulo de déficit hídrico de um dia para outro; sob tais condições, o processo de perda da turgescência ocorreu de modo significativamente menos intenso do que durante o período úmido. O valor médio do coeficiente angular, verificado para GT 1 durante a estação seca, foi bastante próximo ao observado para esse cultivar nas condições de Piracicaba (SP), durante o período seco, em plantas de oito anos de idade, nas quais Conforto *et al.* (1997) verificaram, no mês de junho, um coeficiente angular de -0,92.

A atuação das raízes como sensoras primárias do déficit hídrico foi demonstrada, dentre outros, por Davies & Zhang (1991). Conforme o solo seca, ocorrem mudanças no metabolismo da raiz, tais como redução na produção de citocinina, aumento na produção de ABA e distúrbios no metabolismo do nitrogênio, que enviam sinais para a parte aérea,

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão (entre parênteses), valores totais e participação percentual de cada cultivar de seringueira na produção de borracha seca (kg/ha) durante os períodos estudados.

	GT 1	PB 235
Produção abril/2000-março/2001		
Produção Total	1.826,6	2.723,9
Produção Média	152,2 (56,1)	226,9 (120,3)
Participação Percentual	40,1	59,9
Produção Período Seco		
Total	843,0	1.087,7
Média	168,6 (80,9)	217,54 (158,5)
Participação Percentual	43,7	56,3
Produção Período Úmido		
Total	765,4	1.415,1
Média	153,08 (28,8)	283,02 (50,63)
Participação Percentual	35,1	64,9

Tabela 3. Variação do coeficiente angular (Coef.Ang.), horário de entrada em recuperação (H.Recup.) e déficit acumulado (D.Acum.) durante o período de decréscimo da coluna do fitotensiômetro instalado em dois cultivares de seringueira, em dois períodos do ano. Valores entre parênteses referem-se ao desvio-padrão.

Mês/Cultivar	GT 1			PB 235		
	Coef.Ang.	H.Recup.	D.Acum.	Coef.Ang.	H.Recup.	D.Acum.
<b>Período seco</b>						
04/2000 <sup>(1,2)</sup>	-0,85	16	–	-0,61	–	–
05/2000	-0,88	15	-1,54	-0,47	15	-0,38
06/2000	-1,22	15	-0,51	-1,03	15	-1,04
Média	-0,98 (0,11)			-0,70 (0,16)		
<b>Período úmido</b>						
12/2000 <sup>(1)</sup>	-1,71	15	–	-1,57	16	–
01/2001	-1,68	15	+2,51	-1,91	16	+3,91
03/2001	-1,90	14	+1,64	-2,28	14	+0,55
Média	-1,76 (0,11)			-1,92 (0,35)		
P	0,000*			0,010*		

<sup>(1)</sup>sem leitura no dia seguinte; <sup>(2)</sup>início da recuperação não observada até às 16 horas; \*significativo com 5% de probabilidade

produzindo mudanças fisiológicas, tais como diminuição no crescimento, na condutância estomática e na taxa fotossintética, relacionadas com o estado hídrico das folhas. Não havendo recuperação noturna da turgescência perdida durante o dia, a produção durante o período seco torna-se mais variável que durante o período úmido, conforme indicam os valores de desvio-padrão da média. Contudo, da produção total avaliada para um período de 12 meses, durante o período seco (abril a agosto/2000), GT1 produziu 46,15% e, durante o período úmido (novembro a março/2001), 41,90, enquanto para PB 235 os percentuais foram de 39,93 e 51,95%, respectivamente. Há que se discutir o que teria contribuído para esta diferença de comportamento entre os cultivares, o que requer a consideração da influência dos demais fatores internos.

Trocas gasosas – Os valores médios da taxa fotossintética, da taxa de transpiração e da condutância estomática, verificados nos dias de experimento, são mostrados na Tab. 4. Segundo Nataraja & Jacob (1999), em plantas adultas de seringueira, as folhas da parte superior da copa podem interceptar até 75% da DFFFA incidente, fazendo com que a maior parte das folhas maduras fiquem expostas a uma radiação sub-saturante de cerca de 100 a 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Assim, sob condições de campo, embora os valores máximos de fotossíntese alcançados pelas folhas sombreadas sejam bastante inferiores aos verificados em folhas expostas a pleno sol, essa fotossíntese é muito importante para o balanço total de carbono destas plantações. Nataraja & Jacob (1999) verificaram,

dentre 12 cultivares estudados, que as taxas fotossintéticas máximas para folhas bem iluminadas variaram entre 10,8 e 14,4  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , enquanto, sob baixa radiação, a variação foi entre 2,4 e 3,8  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , faixa em que se situaram também os valores obtidos no presente estudo.

Valores de transpiração e condutância estomática para plantas de seringueira com 10 anos de idade, porém para folhas da periferia, expostas ao sol, são fornecidos por Rao *et al.* (1990) e, embora não sejam passíveis de comparação com o presente trabalho, também indicam que houve uma significativa variação sazonal e clonal, com reflexos na produtividade.

Segundo Rao *et al.* (1998), a discussão mês a mês dos parâmetros fisiológicos tem seu efeito sobre a produção questionável, visto que o tempo exato requerido para a translocação dos fotossintatos para a área de sangria não é conhecido. Assim, para melhor discussão das trocas gasosas e seus possíveis efeitos na produção, além da análise envolvendo as variáveis fisiológicas observadas em intervalos de tempo maiores (período seco e úmido), os dados foram integralizados; esse procedimento foi parcialmente adotado por Rao *et al.* (1990), que integralizaram os dados de transpiração. Os resultados são apresentados na Tab. 5.

Os valores obtidos mostraram que os cultivares comportaram-se de modo diferenciado. No período seco, enquanto PB 235 sofreu decréscimo na taxa fotossintética e aumentou a eficiência da fixação de  $\text{CO}_2$ , GT 1 sofreu redução na abertura estomática. As respostas fisiológicas em função da variação do estádio

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão (entre parênteses) da taxa fotossintética (A, em  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), taxa de transpiração (E, em  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e condutância estomática (gs, em  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), para dois cultivares de seringueira, em dois períodos do ano.

Mês/ano	GT 1			PB 235		
	A	E	gs	A	E	gs
04/2000	2,92 (0,99)	1,88 (0,68)	0,035 (0,01)	2,31 (0,05)	1,77 (0,18)	0,041 (0,09)
05/2000	2,90 (0,11)	1,37 (0,26)	0,030 (0,00)	3,15 (0,08)	1,64 (0,37)	0,033 (0,00)
06/2000	2,72 (0,36)	1,45 (0,62)	0,025 (0,00)	3,93 (0,44)	1,57 (0,22)	0,036 (0,00)
11/2000	3,30 (0,69)	1,19 (0,30)	0,036 (0,00)	3,34 (0,30)	1,38 (0,43)	0,031 (0,00)
12/2000	2,61 (0,64)	0,74 (0,21)	0,025 (0,00)	3,33 (0,37)	1,20 (0,28)	0,034 (0,00)
01/2001	2,19 (0,29)	0,66 (0,18)	0,021 (0,00)	2,79 (1,12)	0,78 (0,19)	0,021 (0,00)
03/2001	3,46 (1,18)	1,25 (0,50)	0,041 (0,00)	3,16 (0,41)	1,24 (0,00)	0,043 (0,00)

de desenvolvimento, da espécie e de fatores ambientais, têm sido estudadas com sucesso em laboratório e têm indicado que a luz, disponibilidade hídrica do solo e a umidade relativa são os principais fatores ambientais que afetam o comportamento estomático. No entanto, sob condições naturais, devido à variação de vários fatores ambientais de modo simultâneo, a avaliação dos mecanismos de regulação das trocas gasosas é mais complexa (Machado & Lagoa 1994), mas estes estudos são fundamentais para a compreensão dos processos adaptativos das espécies agrícolas.

Segundo Rao *et al.* (1990), variações na resistência estomática podem desempenhar papel vital nas relações hídricas da planta, mantendo melhor estado hídrico. Assim, a falta de um controle significativo da condutância estomática, como observado para PB 235, seria um dos fatores que ajudariam a justificar a queda acentuada de sua produção no período seco.

Observou-se que as taxas de transpiração não diferiram significativamente entre os cultivares nem entre os períodos. Duas hipóteses podem explicar este comportamento. Segundo Rao *et al.* (1998), sob

limitada disponibilidade hídrica no solo, a radiação prolongada e intensa causa aquecimento foliar, promovendo a transpiração; somado a isto, Khrisna *et al.* (1991) advertem que a transpiração cuticular da seringueira é muito alta.

A taxa fotossintética decresceu significativamente apenas em PB 235 durante o período seco. Segundo Larcher (2000), é difícil generalizar os efeitos do déficit hídrico ou de outros estresses sobre a fotossíntese, porque há diferenças entre espécies e dentro da espécie, até mesmo sob condições ideais, conforme observado por Nataraja & Jacob (1999). A queda da produtividade no período seco, mostrada por PB 235, deste modo, estaria de acordo com a observação de Rao *et al.* (1998) de que o conteúdo de borracha seca depende primariamente da eficiência fotossintética da planta.

Com relação à concentração interna de  $\text{CO}_2$ , as diferenças entre os períodos seco e úmido, para os dois cultivares, não foi significativa. O efeito do estresse hídrico sobre a concentração interna de  $\text{CO}_2$  é controversa, pois são relatados aumentos (em algodoeiro, por Ephrath *et al.* 1990 *apud* Krishna *et al.*

Tabela 5. Valores médios integrados (I) e análise de variância da condutância estomática (Igs,  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), taxa de transpiração (IE,  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), taxa fotossintética (IA,  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), concentração de gás carbônico na câmara subestomática (ICiCO<sub>2</sub>,  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e eficiência da carboxilação (IA/CiCO<sub>2</sub>,  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) em dois cultivares de seringueira, em dois períodos do ano.

Caráter/Período	GT 1			PB 235			Clone X Período
	Seco	Úmido	P	Seco	Úmido	P	
Igs	0,86 (0,05)	1,35 (0,10)	0,010*	1,10 (0,22)	1,32 (0,08)	0,203	0,015*
IE	50,09 (10,01)	36,43 (11,94)	0,217	60,49 (4,51)	44,09 (13,38)	0,167	0,461
IA	100,35 (10,80)	105,33 (22,93)	0,703	92,92 (5,80)	120,80 (10,20)	0,050*	0,070
ICiCO <sub>2</sub>	8,31 (0,19)	5,68 (1,42)	0,090	7,47 (1,95)	6,21 (0,57)	0,260	0,152
IA/CiCO <sub>2</sub>	0,529 (0,11)	0,653 (0,06)	0,258	0,450 (0,09)	0,739 (0,03)	0,050*	0,070

\*significativo com 5% de probabilidade

1991); diminuição (em feijoeiro, por Rocha Neto *et al.* 1983), e até mesmo manutenção dos valores (em buriti, por Calbo & Moraes 1997). Nos casos em que existe uma manutenção aproximadamente constante de  $\text{CiCO}_2$  durante o déficit hídrico, segundo Downton *et al.* 1988 (*apud* Calbo & Moraes 1997), o motivo seria uma abertura estomática não uniforme ao longo da folha, pois tal desuniformidade poderia ser maior em folhas hipostomáticas (caso da seringueira) do que nas anfiestomáticas.

A relação entre  $\text{A/CiCO}_2$ , segundo Farquhar 1980 (*apud* Nataraja & Jacob 1999), é a medida da atividade da enzima carboxilase nas folhas. Sob condições normais, a maior parte do controle do mesófilo sobre a fotossíntese é operada no sítio da Rubisco, pois sua taxa limita a bioquímica fotossintética; assim, a relação  $\text{A/CiCO}_2$  é um índice da capacidade fotossintética do mesófilo. Segundo Nataraja & Jacob (1999), em estudos com seringueiras, a relação entre  $\text{A/CiCO}_2$  foi fortemente relacionada com a taxa fotossintética, mas fracamente relacionada com a condutância estomática, indicando que, para *Hevea*, os fatores do mesófilo desempenham um papel muito mais importante que o da condutância estomática sobre a regulação da fotossíntese. Isto concorda com o observado no presente estudo, pois o comportamento da taxa fotossintética seguiu o padrão de  $\text{A/CiCO}_2$  para os dois cultivares, independentemente do comportamento da condutância. Assim, embora os fatores agrometeorológicos desempenhem importante papel na relação água-solo-planta, segundo verificado por Rao *et al.* (1990), os fatores internos podem ter atuado de modo decisivo para justificar as diferenças de produção entre os dois cultivares.

Possivelmente, a maior produtividade de PB 235 no período úmido deva-se ao aumento significativo na relação  $\text{A/CiCO}_2$ , que causou aumento na eficiência do uso da água e, conseqüentemente, da produção de biomassa; tal hipótese é também apresentada por Nataraja & Jacob (1999). Por outro lado, sob condição de seca e alta DFFFA, havendo transpiração sem recuperação noturna adequada da turgescência do caule, perda durante o dia, a queda de produção ocorreu de modo mais intenso devido ao controle estomático menos efetivo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem aos técnicos e funcionários da APTA, Polo Regional do Noroeste Paulista, na pessoa do Dr. Nelson Bortoletto, pelos dados

climatológicos e infra-estrutura; à Bióloga Regiane Peres Andreoli, pelo auxílio nos experimentos; à FAPESP, pelo financiamento dos equipamentos utilizados nesta pesquisa.

### Referências bibliográficas

- Bernardes, M.S.; Castro, P.R.C.; Furtado, E.L. & Silveira, A.P. 1992. **Sangria de Seringueira**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Informativo Técnico n. 08. 2ª ed.
- Calbo, M.E.R. & Moraes, J.A.P.V. 1997. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** 9(2): 117-123.
- Chandrasekar, T.R. 1994. Correlation and path analysis of yield and its components, some factor of water relations and soil moisture in *Hevea brasiliensis*. **Indian Journal of Natural Rubber Research** 7(2): 89-94.
- Conforto, E.C.; Castro, P.R.C. & Cornélio, M.L. 1997. Densidade estomática, variação da turgescência relativa do tronco e produtividade em três cultivares de seringueira (*Hevea* spp), nas condições de cultivo de Piracicaba, SP. **Naturalia** 22: 75-87.
- Conforto, E.C.; Cornélio, M.L. & Castro, P.R.C. 1998. Análise das curvas do fitotensiômetro de Alvim por regressão linear. **Scientia Agricola** 55(3): 465-472.
- Davies, E.J. & Zhang, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology** 42: 55-76.
- Gonçalves, P.S.; Paiva, J.D.; Trindade, D.R.; Valois, A.C.C.; & Viegas, I.J.M. 1982. Comportamento preliminar de alguns clones de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 17(10): 1447-1456.
- Gonçalves, P.S.; Cardoso, M.; Igue, T.; Martins, A.L.M. & Lavorenti, C. 1989. Correlations studies between plugging index, yield, girth and bark tickness in clones. **Revista Brasileira de Genética** 12(3): 589-603.
- Gonçalves, P.S.; Bortoletto, N.; Furtado, E.L.; Sambugaro, R. & Bataglia, O.C. 2001. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 selecionados para a região noroeste do Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 36(4): 589-599.
- Gonçalves, P.S.; Martins, A.L.M.; Furtado, R.L.; Sambugaro, R.; Ottati, E.L.; Ortolani, A.A. & Godoy Junior, G. 2002. Desempenho de clones de seringueira da série IAC 300 na região do planalto de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37(2): 131-138.
- Krishna, T.M.; Bhaskar, C.V.S.; Rao, P.S.; Chandrasekar, T.R.; Sethuraj, M.R. & Vijayakumar, K.R. 1991. Effect of irrigation on physiological performance of immature plants of *Hevea brasiliensis* in North Konkan. **Indian Journal of Natural Rubber Research** 4(1): 36-45.
- Larcher, W. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RiMa.
- Machado, E.C. & Lagoa, A.M.M.A. 1994. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia** 52(2): 141-149.

- Mendes, M.E.G.; Villagra, M.M.; Souza, N.D.; Bacchi, O.O. & Reichardt, K. 1992. Relações hídricas em seringal do município de Piracicaba, SP. **Scientia Agricola** **49**(1): 103-109.
- Microcal Origin. Origin Version 4.0. Microcal Software, Inc: Northampton, MA, USA. 1995. Número de Série 6025888.
- Nascimento, J.C. 1983. Problemática da indicação de clones de seringueira para distintos habitats do território brasileiro: nova estratégia de pesquisa, participação dos produtores e maximização da eficiência econômica no processo produtivo. Pp. 29-36. In: **Anais...** Seminário brasileiro sobre recomendações de clones de seringueira, I, 1982, Brasília, DF, 1982. Brasília, DF.
- Nataraja, K.N. & Jacob, J. 1999. Clonal differences in photosynthesis in *Hevea brasiliensis* Müell. Arg. **Photosynthetica** **36**(1-2): 89-98.
- Prado, C.H.B.A. & Moraes, J.A.P.V. 1997. Photosynthetic capacity and specific leaf mass in twenty woody species of Cerrado vegetation under field conditions. **Photosynthetica** **33**(1): 103-112.
- Prado, C.H.B.A.; Passos, E.E.M. & Moraes, J.A.P.V. 2001. Photosynthesis and water relations of six tall genotypes of *Cocus nucifera* in wet and dry seasons. **South Africa Journal of Botany** **67**: 169-176.
- Rao, G.G.; Rao, P.S.; Rajagopal, R.; Devakumar, A.S.; Vijayakumar, K.R. & Sethuraj, M.R. 1990. Influence of soil, plant and meteorological factors on water relations and yield in *Hevea brasiliensis*. **International Journal of Biometeorology** (**34**): 175-180.
- Rao, P.S.; Saraswathyamma, A.C.K. & Sethuraj, M.R. 1998. Studies on the relationship between yield and meteorological parameters of para rubber tree (*Hevea brasiliensis*). **Agricultural and Forest Meteorology** **90**: 235-245.
- Rocha Neto, O.G.; Cano, M.A.O. & Thiebault, J.T.L. 1983. Eficiência no uso da água em plântulas de seringueira submetidas à déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **18**(4): 363-9.
- SAS Institute Inc. 1990. SAS/STAT: Guide version 6. 3ª ed. Cary, NC, SAS Institute.
- Zar, J.H. 1999. **Biostatistical Analysis**. New Jersey, Prentice Hall.