

COMPORTAMENTO DE DUAS VARIEDADES DE FEIJOEIRO SOB DOIS REGIMES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SOLO

II. RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA À DIFUSÃO DE VAPOR, DENSIDADE DE FLUXO TRANSPIRATÓRIO E POTENCIAIS DA ÁGUA NA PLANTA¹

HAMILTON JUSTINO VIEIRA², HOMERO BERGAMASCHI³, LUIZ ROBERTO ANGELOCCI⁴
e PAULO LEONEL LIBARDI⁵

RESUMO - Conduziu-se um experimento em campo, em 1983, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), da Universidade Federal de São Paulo (USP), em Piracicaba, SP, a uma latitude de 22,7° sul, longitude de 47,63° oeste e altitude de 586 m para verificar possíveis diferenças quanto a parâmetros hídricos entre duas variedades (Aroana 80 e Aeté 3) e fases de desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) quando em déficit hídrico. Foram utilizadas duas épocas de semeadura, a espaços de 15 dias entre si. Quando a primeira época de semeadura estava no estágio de início de florescimento e a segunda no estágio de início de formação de vagens, suspendeu-se a irrigação por aspersão por um período de 17 dias. Durante este período, determinou-se a variação da resistência estomática à difusão de vapor (Rd), a densidade de fluxo transpiratório (Tr) com o auxílio de um "Steady-state porometer" marca LI-COR, modelo LI-1600, e os componentes de potencial da água na folha pelo método de higrometria de par termocelétrico marca Wescor. Os valores de Rd durante todo o período foram maiores na face adaxial da folha do que os valores na face inferior, em ambas as variedades e épocas de semeadura. A diferença dos valores de Rd entre as faces das folhas, assim como para os valores absolutos de cada face, apresentaram-se, na maioria dos casos, maiores na variedade Aroana 80. Com relação à Tr, os valores para a face inferior da folha na variedade Aeté 3 foram sempre inferiores aos da variedade Aroana 80.

Termos para indexação: transpiração, déficit hídrico, feijão, *Phaseolus vulgaris*.

PERFORMANCE OF TWO BEAN VARIETIES UNDER TWO DIFFERENT CONDITIONS OF SOIL WATER AVAILABILITY

II. STOMATAL DIFFUSIVE RESISTANCE, TO WATER VAPOR TRANSPIRATION FLOW DENSITY, AND LEAF WATER POTENTIAL

ABSTRACT - A field trial was conducted in 1983 at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) of Universidade Federal de São Paulo (USP) in Piracicaba, SP, Brazil, at latitude of 22.7°S, longitude 47.6°W, and altitude of 586 m a.s.l., in order to study differences in water requirements of two bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.), Aroana 80 and Aeté 3, and the influence of water stress on their development. Two different sowing times were used, at interval of 15 days. When the first plot was at bud initiation and the second plot at the pod initiation, sprinkler irrigation was suspended for a 17-day period. During this period the following parameters were measured: stomatal resistance to water vapor diffusion (Rd), density of transpiration flow (Tr) by means of a steady-state porometer (LI-COR, model 1600) and total leaf water potential using a hygrometric thermocouple (Wescor Inc. Model). Leaf adaxial faces presented higher Rd values than leaf adaxial surfaces on both varieties and sowing times over the whole period studied. The difference between leaf surfaces in relation to Rd values and the absolute value for each leaf surface were generally higher in the variety Aroana 80. Tr values for leaf adaxial surfaces were always lower for Aeté 3 compared to Aroana 80.

Index terms: transpiration, water deficit, bean plant, *Phaseolus vulgaris*.

¹ Aceito para publicação em 5 de abril de 1988.

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, defendida na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade Federal de São Paulo (USP), Piracicaba, julho/84.

² Eng.-Agr., M.Sc., Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A. (EMPASC), Caixa Postal D-20, CEP 88001 Florianópolis, SC.

³ Eng.-Agr., Dr., Prof.-Adjunto, Fac. de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Bolsista do CNPq.

⁴ Eng.-Agr., Prof., ESALQ/USP, CEP 13400 Piracicaba, SP, Bolsista do CNPq.

⁵ Eng.-Agr., Livre-Docente, Prof., ESALQ/USP, Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das respostas varietais às variações de disponibilidade hídrica no solo é de grande importância para o melhoramento vegetal e para a adequação das variedades às condições edafoclimáticas de uma região.

Turner & Begg (1981) sugerem que as características desejáveis nas espécies para uma boa adaptação em regiões com períodos de déficit hídrico sejam: a) rápida germinação e estabelecimento precoce de raízes profundas; b) rápido desenvolvimento fe-

nológico; c) desenvolvimento plástico com movimentos foliares de fotonatismo; d) alta sensibilidade do processo de expansão das folhas ao déficit hídrico; e) alta sensibilidade dos estômatos a valores elevados de déficit de saturação de vapor d'água na atmosfera; f) habilidade para o ajustamento osmótico; g) grande poder de transferência de assimilados do caule para as sementes; h) tolerância à desidratação, particularmente durante o estádio de plântula e do enchimento de grãos.

O presente trabalho foi conduzido com a finalidade de conhecer o comportamento das variedades de feijoeiro Aroana 80 e Aeté 3, sob condições de redução da disponibilidade hídrica no solo, com relação a algumas dessas características, com base em medidas de resistência estomática à difusão de vapor, de densidade de fluxo transpiratório e de potenciais da água na planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área com solo descrito e classificado, segundo Ranzani et al. (1966), como pertencente à série Luiz de Queiroz, (Terra Roxa Estruturada), tendo como material de origem rochas eruptivas básicas.

Foram utilizadas duas variedades de feijoeiro, sendo ambas de hábito de crescimento indeterminado do tipo II, segundo classificação do Centro Internacional de Agricultura Tropical (s.d.). Uma variedade foi a Aroana 80, e a outra, a Aeté 3, que em média possuem o florescimento em torno dos 30 a 40 dias e a duração do período de desenvolvimento (emergência-maturação fisiológica), em média, de 90 a 100 dias, segundo Instituto Agrônomo de Campinas (1982). A densidade de semeadura foi conduzida de modo a obter-se uma população em torno de 200.000 plantas/ha, com espaçamento entre plantas de 0,1 m e entre linhas de 0,5 m. A primeira época foi implantada em 22.07.83, e a segunda, em 04.08.83. Cada variedade, em cada época de semeadura, teve um tratamento conduzido em condições de boa disponibilidade de água, sendo irrigada sempre que a tensão de água no solo a 15 cm de profundidade atingisse 0,05 MPa, determinada por intermédio de um tensiômetro de cápsula porosa com manômetro de mercúrio. No outro tratamento, suspendeu-se a irrigação num período de 17 dias a partir de 25.09.83, no qual não ocorreu a precipitação pluvial; para o primeiro plantio, a cultura encontrava-se no estádio de formação de vagens, e para o segundo, no estádio de pré-florescimento. Nos dias 11 e 12 de outubro, os valores da fração de água disponível (F.D.A.) atingiram seus valores mínimos em torno de 0,2 para uma profundidade do perfil de 47,5 cm. Nesta data os tensiômetros de 15, 30 e 45 cm de profundidade já tinham atingido o limite de mensuração da tensão do solo (0,08 MPa) (Vieira 1984).

No período de interrupção de irrigação foram feitas determinações de:

- potencial da água na folha (Ψ^s F), pelo método de higrometria de par termoeletrônico com instrumental marca Wescor. Para isso, foram amostradas três plantas de cada tratamento de deficiência hídrica, localizadas

próximas aos tensiômetros, em diferentes horários de medida durante o período diurno e parte do período noturno, a intervalos de duas horas. Nessa amostragem, foram retirados discos da região intermédia média das folhas superiores mais expandidas e não-sombreadas, os quais foram colocados imediatamente nas câmaras higrométricas protegidas de aquecimento solar, sendo então aquelas levadas o mais rápido possível para ambiente de temperatura controlada no próprio local do experimento, visando ao equilíbrio amostrado necessário para a concretização da medida;

- resistência estomática à difusão de vapor e densidade de fluxo respiratório, determinadas diariamente com auxílio de um porômetro de equilíbrio dinâmico ("Steady-state porometer") marca LI-COR, modelo LI-1600. A amostragem foi feita ao longo do período luminoso em oito plantas diferentes, sendo que em quatro delas as determinações foram realizadas na face superior e nas outras quatro na face inferior das folhas totalmente expandidas e não-sombreadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig. 1 estão dispostos os valores de resistência estomática de ambas as faces das folhas do feijoeiro para a primeira e segunda época de semeadura, e na Tabela 1 os valores médios diários da temperatura do ar, déficit de saturação de vapor, radiação solar global e resistência estomática à difusão de vapor d'água para as duas variedades e duas épocas de plantio. Os valores da resistência estomática à difusão de vapor durante o período foram maiores na face superior que na face inferior em ambas as variedades e nas duas épocas de plantio. As diferenças entre as faces apresentaram-se, na maioria dos casos, mais acentuadas para a variedade Aroana 80 nas duas épocas de semeadura. Com relação às épocas, a resistência estomática à difusão de vapor d'água na face superior da folha no estádio de pré-florescimento foi sempre superior àquela do estádio de formação de vagem em ambas as variedades, e na variedade Aroana 80 esta diferença se apresentou, em média, inferior à da variedade Aeté 3.

Segundo Kanemasu & Tanner (1969a), a resistência estomática à difusão de vapor é uma propriedade da epiderme, determinada pelo número e dimensão dos estômatos, o que deve explicar o fato dessa resistência ter sido constantemente menor na face inferior em relação à superior, já que a folha do feijoeiro possui maior número de estômatos na face inferior.

Por outro lado, a variabilidade dos valores entre dias não tem explicação única. Os fatores que influenciam o comportamento estomático são inúmeros e englobam planta, solo e atmosfera. Até recentemente existia o consenso de que o controle esto-

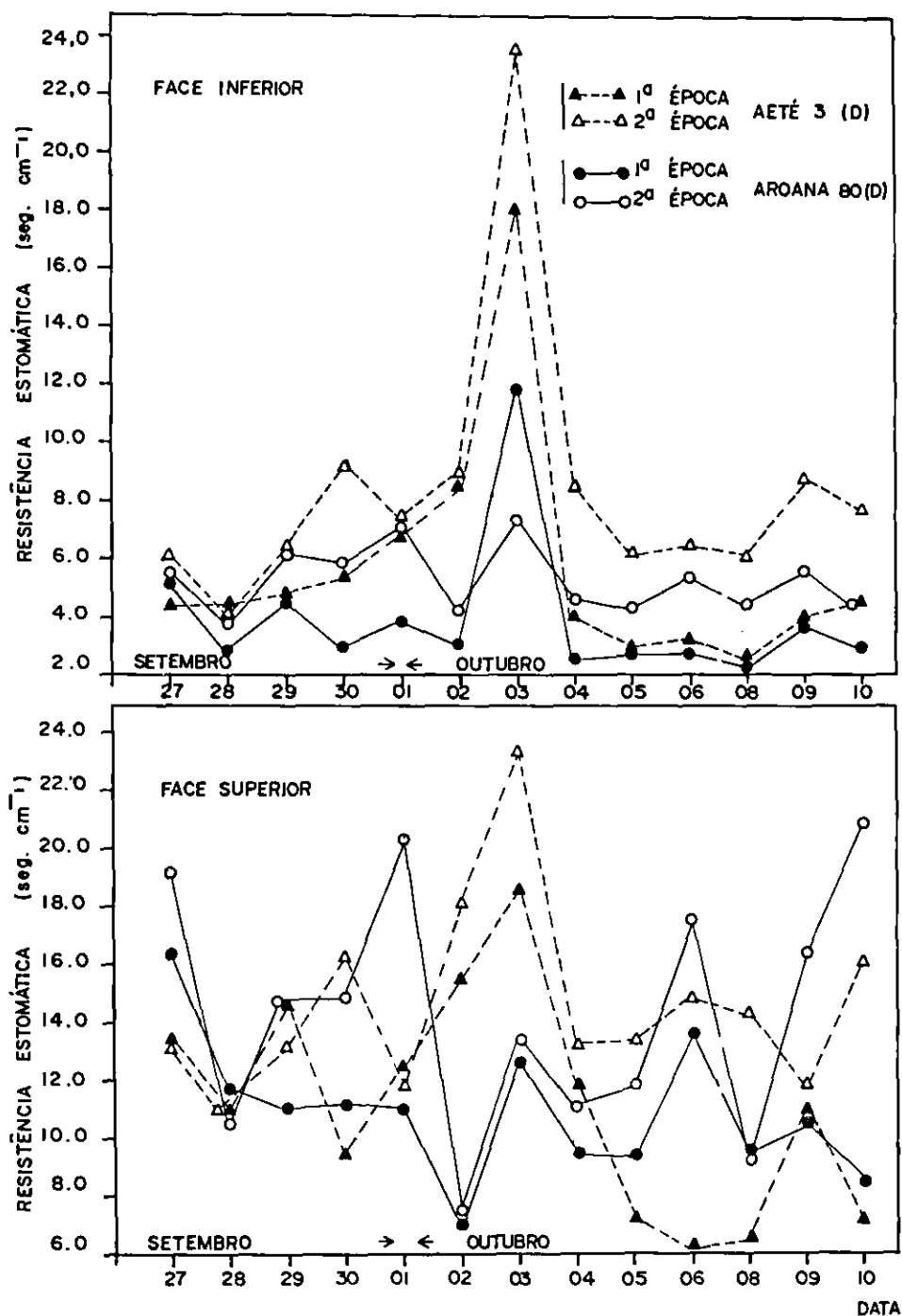


FIG. 1. Valores médios diários da resistência estomática das faces superior e inferior das folhas, durante o período de suspensão da irrigação, para as variedades Aroana 80 e Aeté 3, Piracicaba, SP, 1983.

mático das perdas hídricas das plantas era determinado pelo processo de retroalimentação ("feed-back"), ou seja, os estômatos não responderiam aos fatores externos que influenciam a taxa de perda de água, sendo afetados, em última análise, pelo conteúdo interno de água na planta. Atualmente admite-se a presença de um processo ("feed forward") onde o estado de turgescência das células guardas é afetado diretamente pelos elementos atmosféricos (Cowan 1977 & Farquhar (1978). Porém, a análise das reações das plantas a este respeito é complexa, e ainda existe grande dificuldade em separar, para efeitos de estudo, os dois processos. Lange et al. (1971), Sheriff & Meidner (1974) e Cowan (1977), trabalhando com espécies diversas, afirmaram estar o comportamento estomático ligado às condições de umidade atmosférica. Para Moldau & Syber (1974) dificilmente uma variação uniforme ou padrão pode ser esperada nas respostas estomáticas às variações da umidade do ar, porque o comportamento também dependerá do tipo de solo, espécie de planta e condições de cultivo. Além das condições hídricas da planta e do meio ambiente, Kanemasu & Tanner (1969b) afirmaram que o comportamento estomático pode estar ligado a ritmos endógenos à planta.

Na Tabela 1 e Fig. 2 é apresentada a variação dos valores médios diários da densidade do fluxo transpiratório em ambas as faces da folha para os dois estádios de crescimento das plantas, em ambas as variedades, durante o período de suspensão da irrigação. Os valores das taxas transpiratórias para a face inferior da folha foram sempre menores na variedade Aeté 3 e ligeiramente mais pronunciadas na segunda época de plantio em ambas as variedades. Na superfície superior da folha, a densidade de fluxo transpiratório foi superior na variedade Aeté 3.

A variedade Aeté 3 apresentou, em termos médios, resistências estomáticas à difusão de vapor d'água ligeiramente superiores à da variedade Aroana 80. No entanto, a densidade de fluxo transpiratório na face superior, na variedade Aeté 3, foi em média superior à da "Aroana 80" na mesma face; na face inferior estes valores foram maiores para a "Aroana 80"; porém neste caso também esta variedade apresentou valores menores de resistência estomática à difusão de vapor. As diferenças entre as variedades quanto à variação da relação transpiração-resistência estomática à difusão de vapor em ambas as superfícies das folhas podem ser provenientes, em hipótese, de diferença no sistema hidráulico de condução, ou na disposição diferencial das

células do mesófilo foliar, ou ainda do número e tamanho dos estômatos nas variedades.

Na Tabela 2 são apresentados os valores dos componentes do potencial da água para as variedades Aroana 80 e Aeté 3, nas duas épocas de plantio, no período de suspensão da irrigação, sendo que o potencial de pressão é apresentado somente para a variedade Aroana 80. Valores do potencial osmótico e matricial também são representados na Fig. 3.

Com relação aos valores da soma dos potenciais osmótico e matricial da água na folha, notou-se que a variedade Aroana 80 ocorreu, em termos médios, somente leve acréscimo no decorrer do período estudado, enquanto que na variedade Aeté 3 houve significativo acréscimo, iniciando o período de diferença em relação à variedade Aroana 80 acima de -0,3 MPa, passando no final a uma diferença de -0,1 MPa ou menos. Com respeito ao estágio das culturas, não se notaram diferenças significativas, havendo alternância de tendência entre elas no período.

Os valores dos potenciais osmóticos mostraram diferença de aproximadamente -0,1 MPa entre as variedades, mantida quase constante, sendo que os valores foram superiores para a variedade Aeté 3. Esta mesma variedade apresentou ampla variabilidade de valores nos quatro primeiros dias, os quais mantiveram-se mais constantes nos dias seguintes. Apesar da variabilidade no decorrer do período, esta manteve diferença quanto à época ou fase fenológica, diminuindo no final do período de medida.

Os valores de potencial de pressão para a variedade Aroana 80 (Tabela 2) mostram variação acentuada no período de suspensão da irrigação em termos médios. Os valores foram maiores para o estágio de pré-florescimento que para o de formação de vagens. Uma das causas da variabilidade grande nos valores de potencial de pressão deve-se ao fato de que estes são obtidos por diferença algébrica entre o potencial total e seus componentes, acumulando todos os erros da determinação dos mesmos (Ackerson et al. 1977).

Não foi possível estabelecer relação entre a resistência estomática à difusão de vapor d'água e o potencial de água na folha, bem como determinar valor crítico de potencial da água na folha, para qual a planta responderia com fechamento estomático ou redução sensível na transpiração. Uma das explicações para esse insucesso pode ser relacionada à representatividade das medidas, principalmente as do potencial da água na folha. Como essa determinação foi feita em uma única folha de cada planta, por im-

TABELA 1. Valores médios do déficit de saturação de vapor de água, da temperatura do ar, da radiação solar global, da resistência estomática à difusão de vapor, da densidade de fluxo transpiratório para as variedades Aroana 80 e Aeté 3, e do potencial total da água na folha para a "Aroana 80", em duas épocas de plantio, durante o período de interrupção da irrigação. Piracicaba, SP, 1983.

Data	Déficit de saturação (mmHg)	Temperatura média (°C)	Rad. global (cal/cm ² dia ⁻¹)	Resistência estomática à difusão de vapor (seg. cm ⁻¹)						Densidade de fluxo transpiratório (mg. cm ⁻² . seg ⁻¹)									
				Aroana 80			Aeté 3			Aroana 80			Aeté 3						
				1ª época	2ª época	3ª época	1ª época	2ª época	3ª época	1ª época	2ª época	3ª época	1ª época	2ª época	3ª época				
27.09	13,33	23,3	561	-0,81	16,4	5,4	13,4	4,4	3,4	6,2	13,2	1,30	0,77	1,32	0,84	1,40	0,91	1,19	0,81
28.09	12,06	23,1	564	-0,79	11,7	3,8	10,5	4,3	11,0	4,0	11,1	2,68	1,33	2,36	1,44	2,41	1,33	2,41	1,56
29.09	12,56	23,6	507	-0,84	11,0	6,2	14,7	4,7	14,7	6,5	13,2	1,73	1,28	1,94	1,13	1,97	1,04	1,75	1,23
30.09	13,42	22,7	455	-0,86	11,1	5,8	14,8	5,3	9,5	9,3	15,3	2,20	1,28	2,18	1,25	1,79	1,33	1,70	1,12
01.10	14,33	22,7	440	-0,77	11,0	7,0	20,3	6,9	12,5	7,4	11,8	3,18	1,29	2,52	0,80	1,58	1,21	1,49	1,25
02.10	6,60	22,7	197	-0,66	3,0	7,0	4,1	7,5	8,4	15,5	9,8	18,2	0,74	0,51	0,72	0,54	0,66	0,49	0,46
03.10	10,92	21,7	413	-0,78	11,9	12,5	7,3	13,4	18,0	18,6	23,4	1,00	0,69	1,00	0,60	0,82	0,74	0,81	0,63
04.10	14,92	23,3	579	-0,97	9,4	4,5	11,0	4,0	11,9	8,5	13,2	3,29	1,58	2,93	1,52	2,82	1,41	2,13	1,36
05.10	11,46	23,4	414	-0,87	2,7	9,3	4,2	11,8	3,0	7,2	6,1	3,33	2,83	1,38	2,47	1,17	2,58	1,57	2,08
06.10	13,37	23,2	308	-0,83	13,6	5,3	17,5	3,2	6,0	6,4	14,9	2,89	1,18	2,28	0,94	2,65	1,44	2,16	1,02
08.10	15,75	23,9	532	-0,96	2,2	9,4	4,3	9,3	2,6	6,6	6,0	14,3	3,34	1,58	2,59	1,53	3,16	2,12	2,42
09.10	19,75	24,7	566	-1,25	3,7	10,5	5,5	14,3	3,9	11,0	8,7	11,8	3,13	1,75	2,18	1,85	2,92	1,85	2,26
10.10	14,95	24,1	549	-1,13	8,4	4,3	20,8	4,5	7,1	7,6	18,2	3,63	2,05	2,90	0,98	3,10	2,45	2,64	1,46
11.10	5,82	21,7	378	-0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	14,08	24,2	497	-0,89	10,9	5,2	14,2	5,6	11,2	8,4	14,7	2,46	1,28	2,1	1,08	2,14	1,38	1,82	1,17

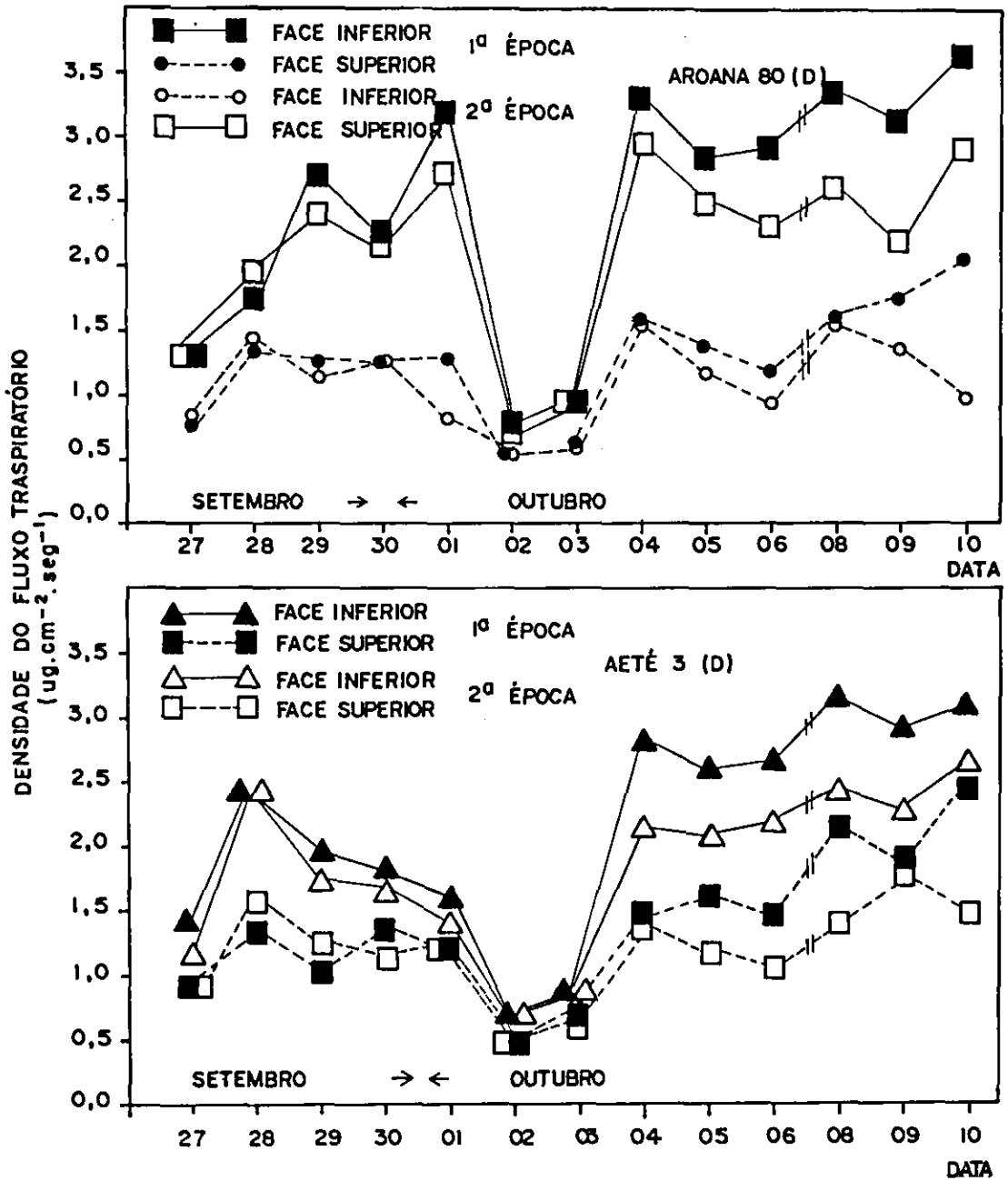


FIG. 2. Valores médios diários da densidade do fluxo transpiratório das faces superior e inferior das folhas, durante o período de suspensão da irrigação, para as variedades Aroana 80 e Aeté, Piracicaba, SP, 1983.

TABELA 2. Valores médios dos potenciais osmótico e matricial ($\Psi_{(o+m)}$), de pressão (Ψ_p) e matricial (Ψ_m) da água na folha, e do potencial osmótico, para as duas variedades e duas épocas de plantio, durante parte do período de interrupção da irrigação. Piracicaba, SP, 1983.

Data	$\Psi_{(o+m)}^1$ (MPa)				Ψ_p^1 (MPa)		Ψ_o^2 (MPa)				Ψ_m^1 (MPa)	
	Aroana 80		Aeté 3		Aroana 80		Aroana 80		Aeté 3		Aroana 80	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
27.09	-1,25	-1,21	-	-	+0,62	+0,60	-1,15	-1,12	-1,17	-1,11	-0,10	-0,09
28.09	-1,30	-1,25	-0,97	-0,90	+0,66	+0,54	-1,10	-1,01	-0,81	-0,94	-0,20	-0,24
29.09	-1,30	-1,35	-	-	+0,55	+0,56	-1,12	-1,12	-0,97	-1,01	-0,18	-0,23
30.09	-1,25	-1,15	-0,90	-0,93	+0,47	+0,26	-1,02	-1,02	-0,81	-0,93	-0,23	-0,13
01.10	-1,21	-1,25	-1,22	-1,5	+0,56	+0,50	-1,12	-1,13	-0,99	-1,03	-0,09	-0,12
02.10	-1,30	-1,33	-	-	+0,71	+0,63	-1,08	-1,10	-0,90	-0,94	-0,22	-0,23
03.10	-1,38	-1,41	-	-	+0,72	+0,51	-1,08	-1,07	-0,94	-0,94	-0,30	-0,34
04.10	-1,25	-1,32	-1,13	-1,22	+0,43	+0,55	-	-	-	-	-	-
11.10	-1,43	-1,42	-1,31	-1,26	+0,86	+0,59	-	-	-	-	-	-
	-1,30	-1,30	-1,11	-1,09	+0,62	+0,53	-1,10	-1,08	-0,94	-1,00	-0,20	-0,22

¹ Valores obtidos no intervalo de 06:30 h às 17:30 h.

² Valores obtidos no intervalo de 06:30 h às 18:30 h.

possibilidade técnica de um número maior de medidas, pode-se esperar, em vista da variabilidade espacial intra e inter-plantas, que ela não representou exatamente a resposta daquelas folhas nas quais foram feitas as amostragens de resistência estomática. Ressalta-se também, que o potencial de água na folha não é necessariamente reflexo das condições de perda de água e sim do processo dinâmico de transporte no sistema solo-planta-atmosfera, envolvendo também, desse modo, outras resistências ao fluxo hídrico na fase líquida.

Outro fator que contribui para que a análise se torne mais complexa é o movimento foliar de fotonastismos. No presente experimento a variedade Aeté 3 apresentou comportamento para-heliotrópico bem mais acentuado que a Aroana 80 e utilizou este mecanismo antecipadamente, tanto no transcorrer do período de interrupção da irrigação como dentro de cada dia. Este comportamento para-heliotrópico também foi notado em feijoeiro por Kanemasu & Tanner (1969b) e Dubtez (1969). Segundo Turner & Begg (1981) e Lawn (1982 a, b, c) trata-se de mecanismo alternativo para as plantas adaptarem-se ao estresse hídrico sem afetar irreversivelmente a área foliar. A variação do ângulo de exposição da folha aos raios solares reduz efetivamente esta incidência e leva as folhas a dissiparem menos calor latente. Ainda segundo os autores, este é um mecanismo importante de defesa da planta, que opera somente durante períodos de estresse hídrico.

CONCLUSÕES

1. As cultivares apresentaram comportamento diferencial com relação aos elementos relacionados ao consumo hídrico.

2. Houve comportamento distinto com relação à resistência estomática à difusão de vapor quando comparada entre as fases de desenvolvimento.

3. Houve independência de comportamento dos valores de resistência estomática da face adaxial e da face abaxial tanto relativos à variedade como para a época de semeadura.

4. A variedade Aeté 3 mostrou maiores sinais de tolerância à seca, traduzidos por maiores valores de resistência estomática à difusão de vapor d'água, movimentos foliares de fotonastismos mais pronunciados, e diminuição de emissão e crescimento das folhas em preferência à perda foliar mostrada pela variedade Aroana 80.

AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento especial à Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), na pessoa do Dr. Orivaldo Brunini, pelo inestimável apoio técnico e pelo empréstimo dos aparelhos, e à seção de leguminosas do IAC, na pessoa do Dr. Edmundo Antônio Bulisani, pelo fornecimento de sementes das cultivares utilizadas no experimento.

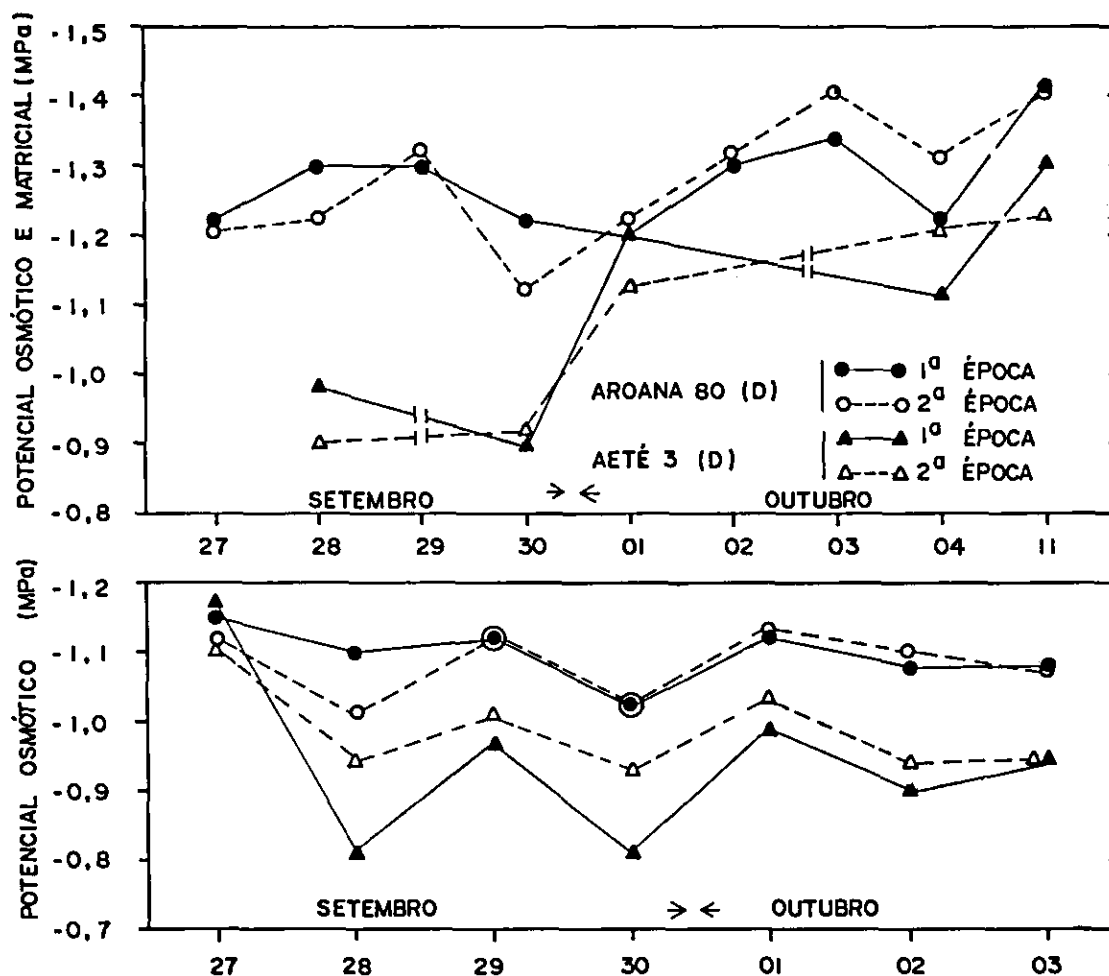


FIG. 3. Valores médios diários do potencial osmótico e potencial osmótico e matricial das folhas, durante o período de suspensão da irrigação, para as variedades Aroana 80 e Aeté 3, Piracicaba, SP, 1983.

REFERÊNCIAS

- ACKERSON, R.C.; KRIEG, D.R.; MILLER, T.D.; ZARTMAN, R.E. Water relations of field grown cotton and sorghum: temporal and diurnal changes in leaf water, osmotic, and turgor potential. *Crop Sci.*, Madison, 17:76-80, 1977.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colombia. *Guia de estudos, morfologia de la planta de fríjol común (Phaseolus vulgaris)*. Cali, Colombia, s.d. 50p. (Série 4SB-09.01)
- COWAN, I.R. Stomatal behavior and environment. *Adv. Bot. Res.*, New York, 4:117-228, 1977.
- DUBTEZ, S. An unusual phototropism induced by drought in *Phaseolus vulgaris*. *Can. J. Bot.*, Ottawa, 47:1640-1, 1969.
- FARQUHAR, G.D. Feed forward responses of stomata to humidity. *Aust. J. Plant. Physiol.*, Melbourne, 5:787-800, 1978.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, Campinas, SP, Realizações do IAC; novas cultivares. *O Agrônomo*, Campinas, 34:26, 1982.
- KANEMASU, E.T. & TANNER, C.B. Stomatal diffusion resistance of snap beans. I. Influence of leaf water potential. *Plant Physiol.*, New York, 44:1547-52, 1969a.

- KANEMASU, E.T. & TANNER, C.B. Stomatal diffusion resistance on snap beans. II. Effect of light. *Plant Physiol.*, New York, **44**:1542-6, 1969b.
- LANGE, O.L.; LOSCH, R.; SCHULZE, E.D.; KAPPEN, L. Responses of stomata to changes in humidity. *Planta*, Berlin, **100**:76-86, 1971.
- LAWN, R.J. Response of four grain legumes to water stress in South-eastern Queensland. I. Physiological response mechanisms. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, **33**:481-96, 1982a.
- LAWN, R.J. Response of four grain legumes to water stress in South-eastern Queensland. II. Plant growth and soil water extraction patterns. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, **33**:497-509, 1982b.
- LAWN, R.J. Response of four grain legumes to water stress in South-eastern Queensland. III. Dry matter production, yield and water use efficiency. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, **33**:511-21, 1982c.
- MOLDAU, K.A. & SYBER, A.Y. Effect of air humidity on the conductivity of stomata and mesophyll on bean leaves at two values of soil moisture. *s.l., s.ed.*, 1974. p.663-8.
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, Centro de Estudos de Solos, ESALQ-USP, 1966.
- SHERIF, D.W. & MEIDNER, H. Water pathways in leaves of *Hedera helix* L. and *Tradescantia virginiana* L. *For Exp. Bot.*, Oxford, **25**(89):1147-56, 1974.
- TURNER, N.C. & BEGG, J.E. Plant-water relations and adaptation to stress. *Plant soil*, London, **58**:77-131, 1981.
- VIEIRA, H.J. Parâmetros hídricos e de crescimento de duas variedades de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições de disponibilidade de água no solo. Piracicaba, ESALQ, 1984. 153p. Tese Mestrado.