

DIRETORES

Prof. Edson Potech Magalhães
Prof. Arlindo P. Gonçalves
Prof. Joaquim Matoso
Prof. Jurema Soares Aroeira
Prof. J. M. Pompeu Memória

Julho a Dezembro de 1958

VOL. X

N. 59

VIÇOSA — MINAS

Caixa Postal, 4—UREMG—E. F. Leopoldina

MOVIMENTO DE ESTÔMATOS EM CAFÉ, SOB CONDIÇÕES NATURAIS (*)

MOACYR MAESTRI e CLIBAS VIEIRA (**)

O estudo da fisiologia dos estômatos de café poderá contribuir, em parte, para o esclarecimento de certas questões relativas ao sombreamento e à irrigação.

Trabalhando em Tanganica, Nutman (1937) observou que os estômatos de café permanecem abertos o dia todo durante o dia encoberto ou sob sombra, mas que o sol direto entre 10 e 16 horas provoca o seu fechamento parcial. Esse fechamento, em sua opinião, seria devido à ação direta da radiação solar sobre os estômatos, e não ao balanço de água da fôlha. Nutman (1938) afirma mesmo que esse comportamento especial dos estômatos de café, já que observado sob condições tanto favoráveis como pouco favoráveis à transpiração, não poderia ser explicado por simples variações no teor de água da epiderme foliar, sem que o conteúdo de água total das fôlhas sofresse variação, conforme fôra sugerido por Thoday (1938).

Segundo Small e Maxwell (1939), os resultados de Nutman poderiam ser explicados por flutuações no pH das células-guardas. Tendo observado que os estômatos de café (fragmentos de epiderme) apresentam um máximo de abertura associado com um definido pH (por exemplo pH 5,7

(*) — Projeto n.º. 2A56, do Serviço de Experimentação e Pesquisa da U. R. E. M. G.

— Recebido para publicação em 7-4-58.

(**) — Professores assistentes dos Departamentos de Biologia e Agronomia, respectivamente, da Escola Superior de Agricultura da U. R. E. M. G.

para solução amortecedora de acetato), e que acima desse pH ótimo os estômatos se fecham abruptamente, esses autores teorizaram que o aumento da intensidade de luz provocaria um aumento de pH das células-guardas, e consequente abertura até certo limite de pH , e fechamento acima desse limite. As flutuações naturais do pH das células-guardas, consoante esses autores, estão de acordo com a teoria.

Êsses resultados de Small e Maxwell não foram confirmados por Alvim^{***}, o qual afirma que "nos estudos sobre influência de pH sobre abertura dos estômatos, pelo método de imersão de pedaços de epiderme foliar em séries de soluções amortecedoras de acetato, não existe nenhuma diferença entre café, feijão, gerânio, etc.; todas essas plantas mostram aparentemente a mesma reação, isto é, os estômatos abrem-se acima de pH 6,2, com máximo acima de pH 6,5. Em soluções com pH abaixo de 6,0 os estômatos permanecem completamente fechados".

Franco (1938), em Campinas, como Nutman (1937), observou em cafèzais ao sol um fechamento parcial de estômatos ao redor de meio-dia; tal fechamento, no entanto, não ocorre quando o dia está encoberto ou quando o cafèzal é sombreado. Alvim e Havis (1954) apresentaram, para as condições de Costa Rica, resultados semelhantes, isto é, diminuição da abertura estomatal em fôlhas expostas ao sol durante os períodos de forte iluminação, no meio do dia. Contrariamente a Nutman (1937), êsses dois últimos autores sugerem que êsse fechamento parcial seria provavelmente o resultado de excessiva transpiração sobre a absorção de água, embora não se preocupassem de apresentar evidências experimentais para tal hipótese.

Cumprе salientar que todos os estudos até aqui realizados sobre o assunto tiveram em mira comparar o comportamento de fôlhas situadas ao sol ou à sombra, sem se considerar a planta como um todo. No presente estudo, procurou-se determinar a abertura média de várias fôlhas, selecionadas ao azar, de plantas ao sol e à sombra, independente das condições individuais de exposição de cada fôlha no momento da determinação.

————— Materiais e métodos —————

Êste estudo foi realizado nos terrenos da Escola Superior de Agricultura, em Viçosa, Minas Gerais.

(***) — Dr. Paulo de T. Alvim (1957), comunicação pessoal.

Usando-se o método de infiltração aperfeiçoado por Alvim e Havis (1954), que consiste no emprêgo de soluções de Nujol e um líquido de fácil penetração, no caso presente xilol, fêz-se a determinação da abertura de estômatos de dois cafézais, ambos com cêrca de 16 anos, um ao sol e outro à sombra (sombra de eucaliptos de cêrca de 20 anos de idade, e portanto com raízes profundas). Os cafeeiros utilizados pertenciam à variedade *Bourbon* e estavam situados em morro de média declividade os ao sol, e em pé de morro de pouca declividade, os sombreados.

Tabela I — Soluções infiltrantes e valor de abertura relativa atribuído a cada uma delas.

| PROPORÇÕES, VOLUME / VOLUME | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Abertura relativa | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Xilol | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Nujol | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

O modo de preparo das soluções infiltrantes, bem como o valor de "abertura relativa" atribuído a cada uma delas, encontram-se resumidos na Tabela I. Considerou-se como abertura de estômatos o valor da última solução a penetrar visivelmente nos tecidos do fôlha.

Tabela II — Precipitação pluvial mensal, nos anos de 1954, 1955 e 1956, em Viçosa, Minas Gerais, em mm.

| M Ê S | A N O | | |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 1954 | 1955 | 1956 |
| Janeiro | 53,6 | 287,1 | 105,6 |
| Fevereiro | 115,7 | 97,1 | 55,6 |
| Março | 195,6 | 96,4 | 207,8 |
| Abril | 22,6 | 54,8 | 82,5 |
| Maiο | 44,4 | 35,8 | 58,5 |
| Junho | 4,6 | 2,0 | 40,5 |
| Julho | 7,4 | 0,0 | 61,9 |
| Agôsto | 2,4 | 0,0 | 1,4 |
| Setembro | 0,0 | 0,0 | 18,4 |
| Outubro | 51,0 | 94,7 | 75,6 |
| Novembro | 168,9 | 194,6 | 173,8 |
| Dezembro | 185,2 | 329,1 | 436,4 |

A determinação da abertura dos estômatos foi feita de 15 em 15 minutos, em cinco fôlhas de cinco plantas diferentes localizadas dentro de uma pequena área de cerca de 20 x 20 m. As fôlhas colhidas pertenciam ao terceiro ou quarto par, a contar da extremidade distal, dos ramos plagiotrópicos. Sòmente fôlhas sadias eram aproveitadas.

As determinações do ciclo de abertura dos estômatos foram feitas tanto em época sêca (inverno), como em época chuvosa (verão). Os registros pluviométricos mensais nos anos do estudo constam da Tabela II.

Além da abertura de estômatos, foram obtidas, com um psicrômetro, a temperatura e a umidade relativa.

Resultados e conclusões

Os resultados estão apresentados nos gráficos, numerados de 1 a 6. Na Figura 6 resumem-se todos os dados, apresentando-se a média dos valores de cada 3 horas.

As conclusões que se podem tirar dêsses resultados são as que se seguem:

1.º) Durante a época sêca, tanto em cafeeiros sombreados como ao sol, a abertura de estômatos se reduziu bastante (Fig. 1, em 13-julho-1954, e Fig. 3, em 15-julho-1954), ficando os estômatos praticamente fechados o dia todo, com exceção de um pequeno período pela manhã até cerca de 9-11 horas, durante o qual apresentaram pequena abertura. No período sêco de 1955 obteve-se um grau de abertura maior pela manhã no cafézal sombreado (Fig. 2, em 22-setembro-1955); a partir de 11 horas os estômatos se apresentaram completamente fechados. No cafézal ao sol, no mesmo ano, os estômatos se mantiveram mais abertos o dia todo (Fig. 4, em 27-setembro-1955). A umidade do solo parece ser fator que regulou o grau de abertura dos estômatos nessa época.

2.º) Durante a época chuvosa, em condições aparentemente favoráveis a maior transpiração, a abertura reduziu-se gradualmente a partir de cerca de 10 horas, atingindo valores relativamente baixos nas últimas horas da tarde (Fig. 2, em 31-janeiro-1956, e Fig. 4, em 13-março-1956). Os dados não indicam claramente um fechamento parcial dos estômatos nas horas mais quentes ou de maior iluminação, seguido de uma nova reabertura menos intensa que pela manhã nas horas da tarde, conforme foi verificado por Nutman (1937), Franco (1938), e Alvim e Havis (1954). Lembra-se

Cafèzal sombreado

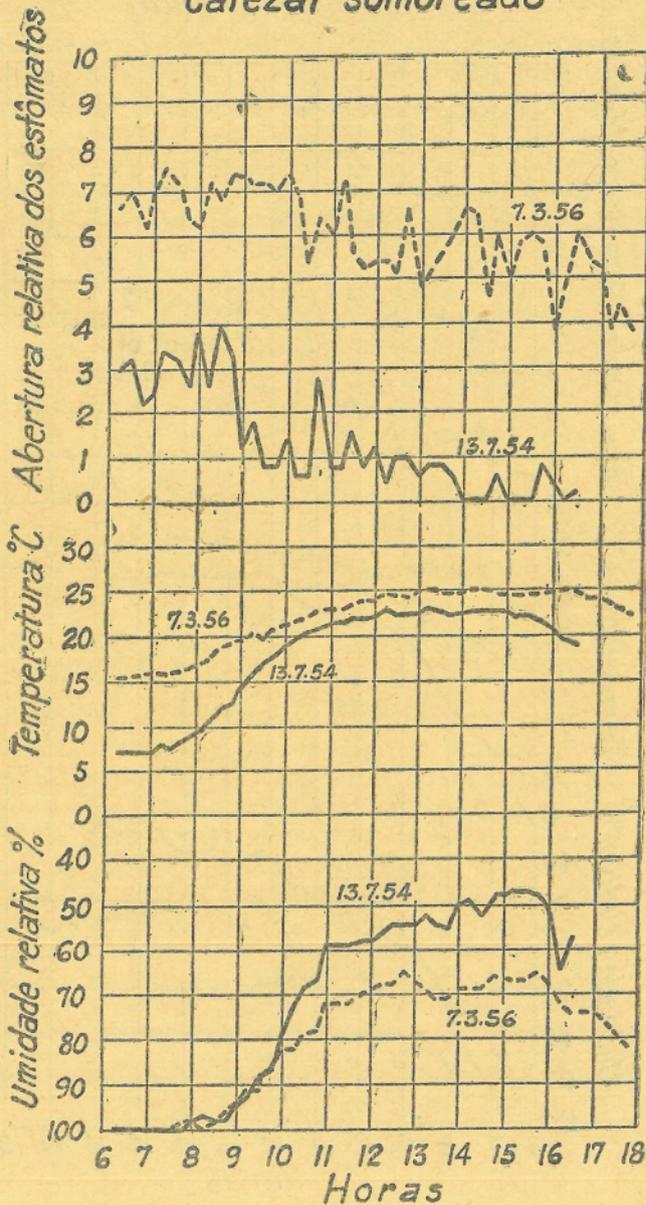


FIG. 1

Fig. 1 — Abertura relativa de estômatos (média de cinco determinações), temperatura do ar e umidade relativa, em um cafézal sombreado, nos dias 7/3/56 e 13/7/54.

Cafèzal sombreado

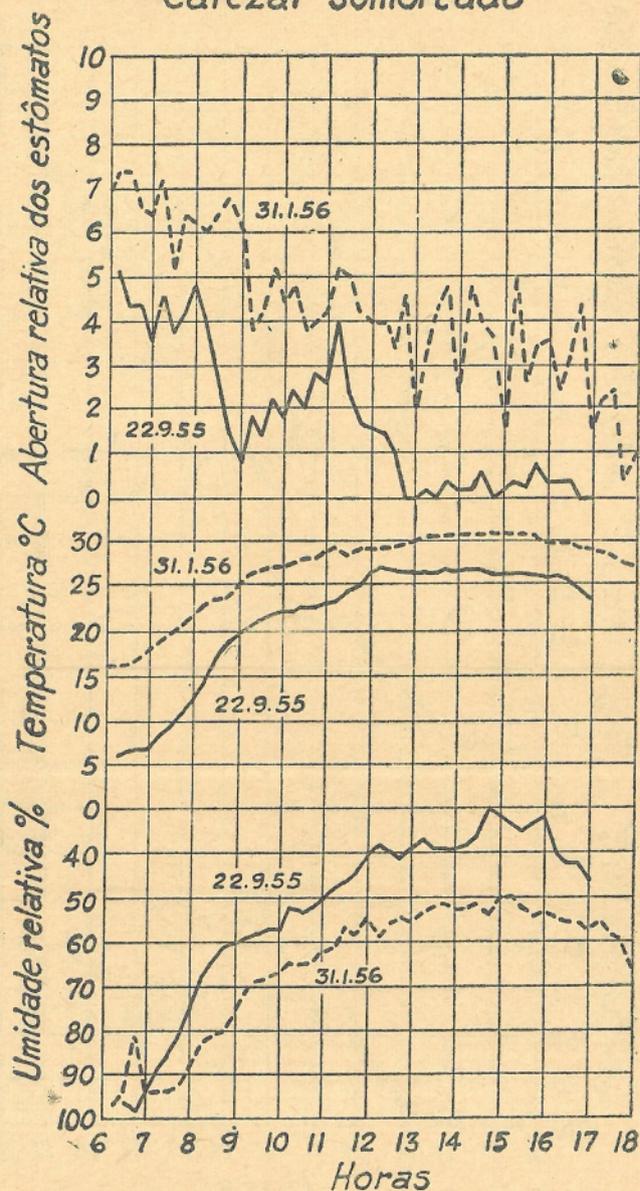


FIG. 2

Fig. 2. — Abertura relativa de estômatos (Média de cinco determinações), temperatura do ar e umidade relativa, em um cafézal sombreado, nos dias 22/9/55 e 31/1/56.

Cafèzal insolado

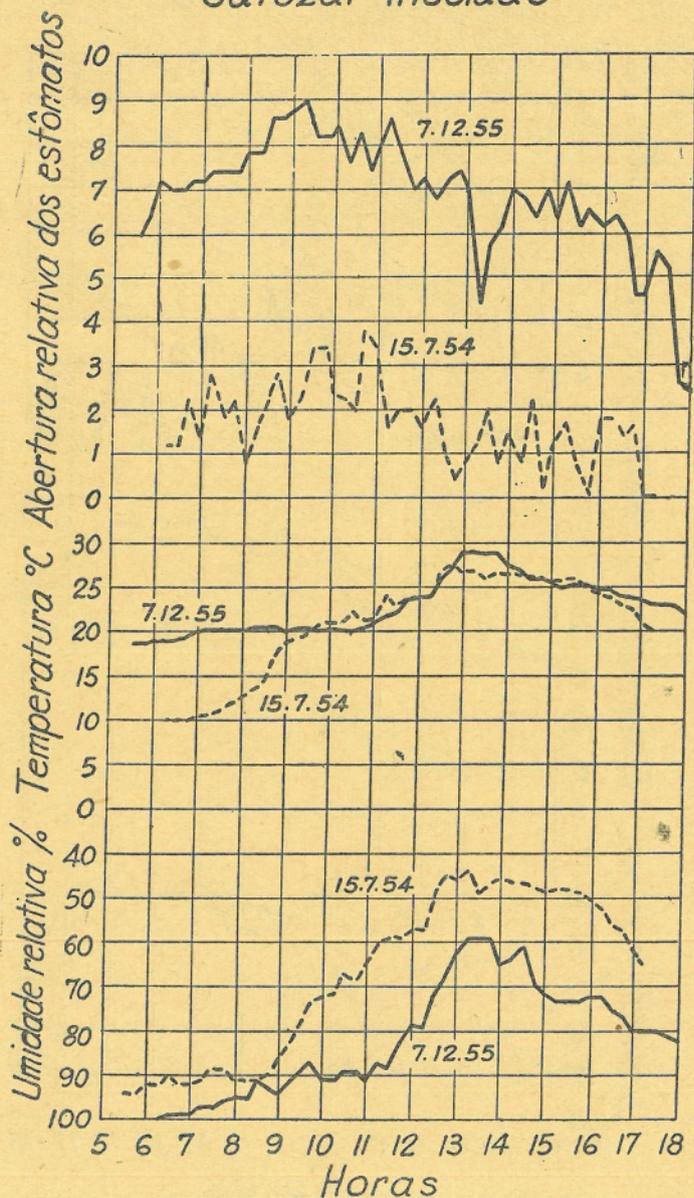


FIG. 3

Fig. 3. — Abertura relativa de estômatos (média de cinco determinações), temperatura do ar e umidade relativa, em cafèzal ao sol, nos dias 15/7/54 e 7/12/55.

Cafèzal insulado

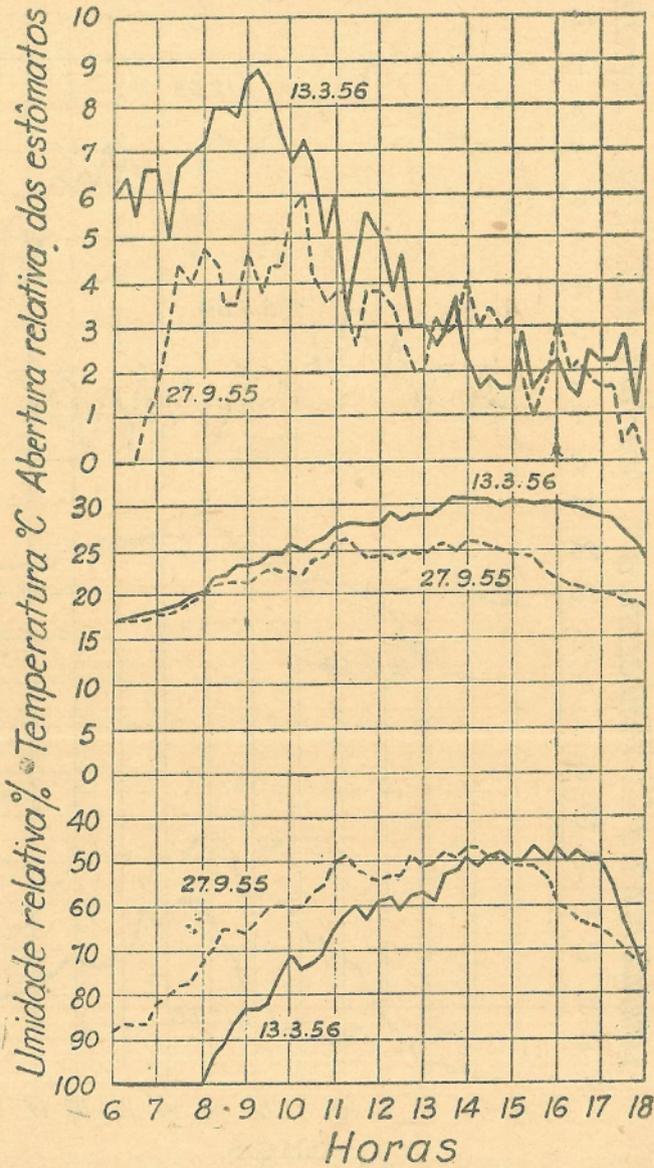


FIG. 4

Fig. 4 — Abertura relativa de estômatos (média de cinco determinações), temperatura do ar e umidade relativa, em um cafèzal ao sol, nos dias 27/9/55 e 13/3/56.

Cafèzal insulado

Dia 27.1.56

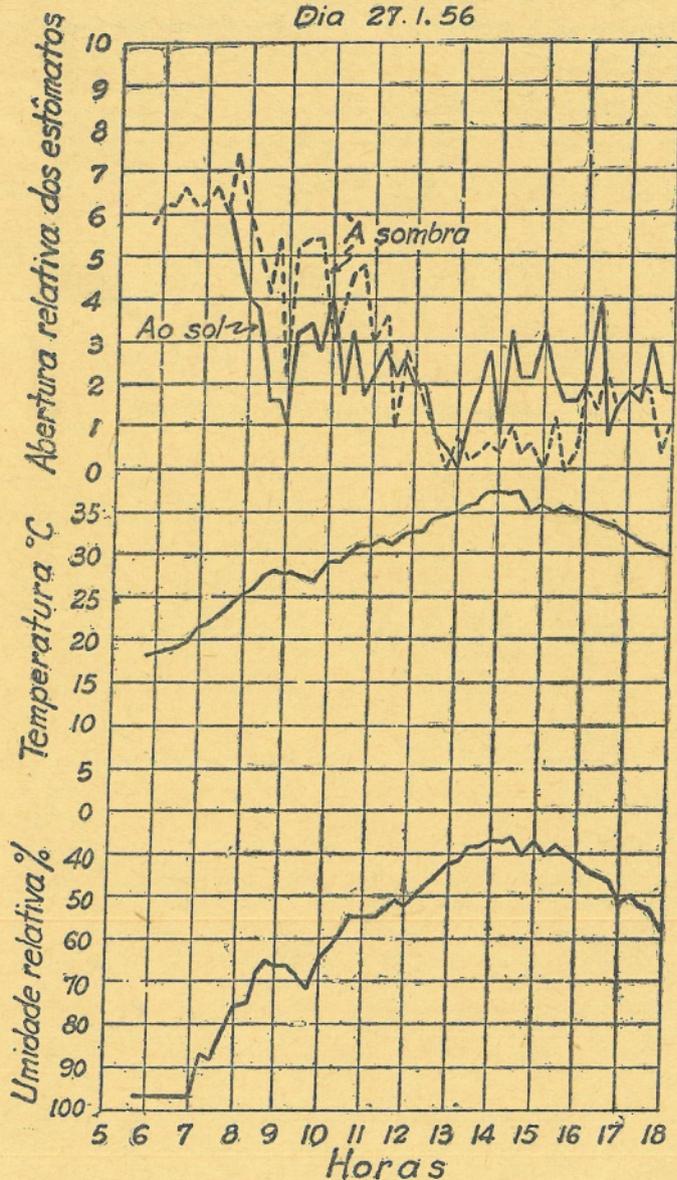


FIG. 5

Fig. 5. — Abertura relativa de estômatos (média de cinco determinações), temperatura do ar e umidade relativa, em um cafèzal ao sol (fôlhas, ao sol e fôlhas à sombra), no dia 27/1/56.

entretanto, que os presentes dados, por serem médias de folhas colhidas em diversos cafeeiros, se referem ao comportamento da *planta*, e não de folhas individuais, permanentemente expostas ao sol.

Sob condições pouco favoráveis à transpiração, como por exemplo em dia nublado e mais úmido, os estômatos permaneceram completamente abertos o dia todo, com leve tendência ao fechamento pela tarde (Fig. 1, em 7-março-1956, e Fig. 3, em 7-dezembro-1955).

3.º) Quando se fez um estudo comparativo, em cafeeiros ao sol, da abertura de estômatos de folhas ao sol e folhas à sombra, em dia favorável à transpiração, obteve-se maior abertura nas folhas à sombra, pela manhã, e o inverso à tarde (Fig. 5). A diferença de comportamento entre os dois grupos de folhas não é, no entanto, muito acentuada.

Êsses dados indicam que a deficiência de água da folha e não a luz diretamente é que parece atuar sobre o grau de abertura dos estômatos, já que as folhas da sombra, à tarde, foram as que receberam luz direta pela manhã e portanto estavam com maior deficiência de água do que as folhas ao sol, as quais haviam estado à sombra pela manhã.

4.º) Os dados resumidos, constantes da Figura 6, mostram fora de dúvida que nos dias nublados os estômatos atingiram maior abertura que nos dias ensolados, tanto em cafézais ao sol como à sombra. Sem dúvida, a explicação estaria no efeito da desidratação dos tecidos (maior transpiração nos dias de sol) sobre a abertura estomatal.

Os resultados da Figura 6 também demonstram que a disponibilidade de água no solo exerceu pronunciado efeito sobre a abertura estomatal, conforme se pode ver pela comparação das curvas de abertura em épocas secas e chuvosas. Pela magnitude das diferenças obtidas, pode-se mesmo concluir que esse efeito de época de estudo (ou água no solo) foi muito mais importante ou acentuado que o efeito da luminosidade ou sombreamento.

Conclui-se também pelos resultados da Figura 6 que os estômatos atingiram maiores aberturas nas horas da manhã, apresentando sempre uma progressiva diminuição de abertura após o meio-dia, por efeito, aparentemente, da desidratação dos tecidos. Deve-se assinalar que essa tendência ao fechamento durante as horas da tarde não foi observada por Alvim e Havis (1954) em Costa Rica. Êsses autores registraram, em geral, valores relativamente altos para a abertura estomatal durante todo o dia. É possível que o

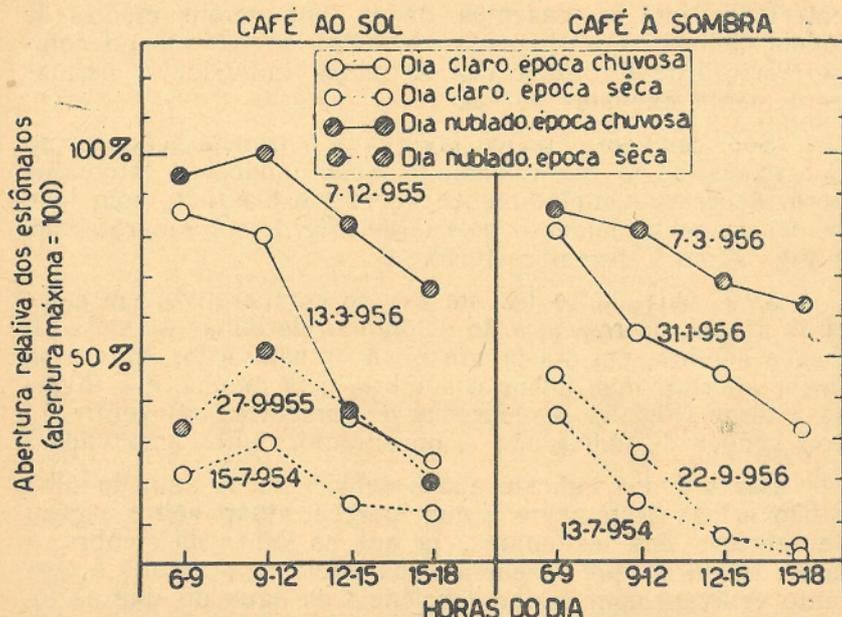


Fig. 6 — Abertura relativa dos estômatos (abertura máxima = 100): em média dos dados de cada três horas, para tôdas as determinações efetuadas. O primeiro ponto (6-9 horas) e o último (15 ÷ 18 horas) foram calculados respectivamente com os dados até as 9 horas, exclusive, embora não haja, de fato, dados completos, de 15 em 15 minutos, para êsses períodos.

cafézal per êles estudado se encontrasse em melhores condições de crescimento e disponibilidade de água do que os cafézais utilizados no presente estudo.

Quanto à ação do sombreamento, os resultados parecem indicar que êste tendeu a *diminuir* a abertura dos estômatos, ou a impedir que os estômatos atingissem sua abertura máxima nas horas da manhã. Êste efeito, entretanto, parece ter sido em parte amenizado nas horas da tarde, por ter havido menor diminuição da abertura, por efeito da desidratação, à sombra que ao sol, segundo se pode apreciar pela declividade das respectivas curvas no curso do dia. Êstes resultados sôbre a ação do sombreamento estão aparentemente em desacôrdo com as observações de Nutman (1937), Franco (1938), e Alvim e Havis (1954), segundo os quais iluminações fortes (por volta do meio-dia) acarretam fechamento parcial dos estômatos. Deve-se entretanto salientar novamente que êsses autores trabalharam com fôlhas individuais e não com cafézais ao sol e à sombra, seus dados

representando o comportamento dos estômatos de uma *fôlha*, em contraposição com os presentes dados, que representam o comportamento dos estômatos de um *cafêzal*.

A possibilidade de que os estômatos dos cafeeiros à sombra sejam menores do que os estômatos dos cafeeiros ao sol, dando aberturas relativas menores, não pode ser desprezada.

Sumário

Usando-se o método de infiltração segundo a técnica de Alvim e Havis, fêz-se o estudo do movimento de estômatos de café (*Coffea arabica* L., var. *Bourbon*), sob condições naturais, em cafêzal sombreado e ao sol, na época seca e na chuvosa. As conclusões obtidas se resumem a seguir:

1. Durante a época seca, os estômatos permaneceram quase fechados o dia todo, com exceção de poucas horas pela manhã, quando apareceram com pequena abertura. Este efeito se deve certamente à pouca umidade do solo, causando uma deficiência de água nas fôlhas.

Durante a época chuvosa, os estômatos se apresentaram completamente abertos o dia todo em dias encobertos. Em dias ensolados, os estômatos foram gradualmente fechando-se a partir de 10 horas, atingindo aberturas relativamente baixas pela tarde. Tais efeitos são atribuídos ao balanço de água da planta.

3. O sombreamento aparentemente provocou uma diminuição da abertura dos estômatos em relação aos cafeeiros ao sol, sob condições semelhantes. Esse efeito não é muito acentuado.

4. Os dados em geral sugerem um efeito dominante do balanço de água das fôlhas sobre o movimento dos estômatos.

5. Salienta-se o fato de que o presente estudo se refere ao comportamento de estômatos de *cafêzais* (isto é, de fôlhas representativas tomadas de várias partes da planta, independente de suas condições de exposição no momento da determinação) e não de *fôlhas* individuais expostas ao sol ou à sombra.

Summary

By using the infiltration series devised by Alvim and Havis, stomatal movement of coffee trees (*Coffea arabica* L., var. *Bourbon*) grow in the open and under shade was determined under natural conditions. The following conclusions were drawn:

1. During the dry season, stomates were almost completely closed during the day in both shaded and unshaded coffee. In both, the aperture was slightly wider during early morning hours. This effect is no doubt due to a limited soil moisture supply.

2. During the rainy season, the stomates were fully open on cloudy days. During sunny days, they began to close at about 10 A.M., attaining relatively low apertures by late afternoon. Such effects are attributed to the water balance of leaves.

3. The shading apparently brought about a decrease in the stomatal aperture as compared to coffee trees in the open under similar conditions. This effect is not, however, very pronounced.

The present data suggest a dominant effect of the water balance of the leaves on the stomatal movement of coffee.

5. It is emphasized that the present study deals with stomatal behaviour of coffee orchards rather than of individual leaves.

———— Agradecimentos ————

Os autores agradecem ao Dr. Paulo de T. Alvim a leitura crítica do manuscrito e as inúmeras sugestões oferecidas.

———— Literatura citada ————

Alvim, P. de T. e Havis, J. R. 1954. An improved infiltration series for studying stomatal openings as illustrated with coffee. *Plant Physiology*, 29 : 97-98.

Franco, C. M. 1938. Sobre a fisiologia dos estomas do cafeeiro *Coffea arabica* L. *Anais da Primeira Reunião Sul-Americana de Botânica*. 3 : 293-302.

Nutman, F. J. 1937. Studies of the physiology of *Coffea arabica*. II. Stomatal movements in relation to photosynthesis under natural conditions. *Annals of Botany*, N. S. 1 : 681-693.

Nutman, F. J. 1938. Stomatal movement and epidermal watercontent. *Nature*. 141 : 608.

Small, J. e Maxwell, K. M. 1939. pH phenomena in relation to stomatal opening. I. *Coffea arabica* and some other species. *Protoplasma*. 32 : 272-288.

Thoday, F. J. 1938. Stomatal movement and epidermal watercontent. *Nature*. 141 : 164.