

17
10

BOLETIM N.º 267
BOTÂNICA N.º 19
SÃO PAULO
BRASIL
1963

ECONOMIA D'ÁGUA DE CANA DE AÇUCAR

MARICO MEGURO

EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE XEROFITISMO

MARIO G. FERRI

THE LIFE HISTORY OF PORPHYRA ATROPURPUREA

A. B. JOLY and N. T. YAMAGUISHI

TWO NEW SPECIES OF ACROCHAETIUM FROM SOUTHERN BRAZIL

A. B. JOLY and M. CORDEIRO

Tôda correspondência deverá ser dirigida ao Departamento respectivo da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo — Caixa Postal 8 105, S. Paulo, Brasil.

All correspondence should be addressed to the Department concerned Caixa Postal 8 105 S. Paulo, Brasil.



Impresso na Secção Gráfica da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo em 1963

ECONOMIA D'ÁGUA DE CANA DE AÇUCAR

MARICO MEGURO 5

EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE XEROFITISMO

MARIO G. FERRI 101

THE LIFE HISTORY OF PORPHYRA ATROPURPUREA

A. B. JOLY and N. T. YAMAGUSHI 115

TWO NEW SPECIES OF ACROCHAETIUM FROM SOUTHERN
BRAZIL

A. B. JOLY and M. CORDEIRO 133

COMPOSTO E IMPRESSO NA SECÇÃO GRÁFICA DA
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1963

ECONOMIA D'ÁGUA DE CANA DE AÇÚCAR

(Tese de doutoramento apresentada em 1960)

MARICO MEGURO



Í N D I C E

Introdução	9
Metodologia	11
Dados anatômicos da fôlha	14
Movimentos estomáticos e transpiração	19
Velocidade do fechamento hidroativo dos estômatos ..	21
Movimento fotoativo dos estômatos	26
Transpiração cuticular	31
Andamento diário da transpiração	
Variedade Co 290	37
Variedade Co 419	49
Variedade CB 41-76	57
Variedade CB 40-69	63
Transpiração relativa	68
Andamento anual da transpiração	73
Consumo total anual	77
Discussão e conclusão	84
Agradecimentos	92
Resumo	93
Summary	94
Zusammenfassung	96
Bibliografia	98

INTRODUÇÃO

Os primeiros resultados do estudo da economia d'água de cana de açúcar, iniciado sob a orientação do Prof. Mário Guimarães Ferri, foram publicados em 1956 (24). Tais resultados referem-se a apenas uma variedade de cana, a Co 290 (clone Coimbatore-Índia), e foram obtidos em uma só época do ano, o fim da estação chuvosa. O estudo presente abrange, não somente esta estação, mas estende-se a outras, de condições meteorológicas diferentes. Incluímos ainda, novas variedades de cana que são a Co 419 (clone Coimbatore), a CB 41-76 e CB 40-69 (Campos — Brasil). As duas últimas são variedades brasileiras, produtos da Estação Experimental de Campos (Estado do Rio de Janeiro) e a sua cultura, no Estado de São Paulo, revelou-se muito promissora.

Como já tivemos a oportunidade de assinalar (24), a pesquisa, no Brasil, referente à economia d'água desse vegetal, cultivado em grande escala no Estado de São Paulo e em outros Estados do País, parece ter sido relegada a plano secundário. Até onde pudemos investigar, encontramos apenas um projeto de trabalho relacionado ao assunto, apresentado por Fernandes (8), do Estado de Pernambuco. Krutman (20), igualmente de Pernambuco, iniciou, recentemente, o estudo de transpiração de cana de açúcar e os seus primeiros resultados foram apresentados à X Reunião Anual da Sociedade Botânica do Brasil (1959 — Rio de Janeiro).

Estudos desta natureza, em outros países produtores de cana de açúcar, são numerosos, ao contrário do que ocorre no Brasil. Assim, Maxwell, em Hawaii — 1898, foi, segundo van Dillewijn (6), o primeiro a efetuar experimentos sobre a transpiração de cana de açúcar em diferentes estágios de desenvolvimento, verificando um aumento gradativo nos valores de perda d'água, até atingir o máximo aos seis meses de idade. Kamerling, Evans, Kuijper, entre outros, constataram entre as variedades estudadas, diferenças quanto à razão de transpiração. Kuijper, por exemplo, classificou

as variedades estudadas, em dois grupos de comportamento transpiratório diverso (cf. 4 e 6). Mallik (cf. 6, pp. 287-289) analisou, por sua vez, problemas ligados à maior ou menor capacidade de resistência à seca. Segundo suas observações, um bom indício para se verificar a "drought resistance" de uma determinada variedade de cana é a sua capacidade de restringir a transpiração nas épocas mais secas. Hartt (cf. 4, p. 300), estudando o problema do amadurecimento da cana em função do fornecimento d'água, chegou à conclusão de que esse fornecimento deve ser pleno para a formação de açúcar nas folhas e o seu transporte ao caule. Na época da maturação, tal fornecimento, ao contrário, deve declinar, uma vez que há uma correlação positiva entre a quantidade de água e açúcares reduzidos, e negativa em relação à sacarose. Estes e outros trabalhos aos quais nos referiremos oportunamente, atestam a importância deste ramo de pesquisa no estabelecimento racional de uma cultura canavieira, ou de uma cultura diversa.

Embora os nossos estudos só tenham sido realizados no Estado de São Paulo, onde o fator água, parece não constituir, pelo menos no momento, problema para a cultura de cana de açúcar, os resultados obtidos poderão importar para outras regiões canavieiras onde esse problema pode existir. A avaliação prévia dos valores de transpiração poderá contribuir para a seleção de variedades mais modestas em seu consumo d'água, assim como para verificar a conveniência ou não do emprêgo da irrigação. Poderá, igualmente, indicar a possibilidade de manter ou não, certas variedades hoje empregadas com sucesso, quando sua cultura se estender a áreas muito maiores. Nossas primeiras estimativas, baseadas na média da transpiração diária obtida no fim do verão de 1956 (24), revelaram que a cana Co 290 transpira anualmente, uma quantidade equivalente a uma precipitação de 1 336 mm. Este consumo é deveras elevado em confronto com a média da queda pluviométrica anual (1 400 mm) da região em que os nossos estudos foram efetuados (Cosmópolis, Estado de São Paulo). Assim, o consumo global de extensas áreas cultivadas poderá igualar, ou mesmo superar, em muitos casos, as disponibilidades de água do solo, o que minará de maneira talvez lenta, mas decisiva, o equilíbrio hídrico da região.

METODOLOGIA

Os estudos anatômicos da fôlha foram efetuados em material fresco, em cortes transversais ao limbo e tangenciais à sua epiderme. Para a observação mais detalhada das células epidérmicas, as preparações foram coradas com cloreto de zinco iodado (2, 3). Os desenhos foram feitos com o auxílio de uma câmara clara (Leitz-Wetzlar).

Para a obtenção dos *valores de transpiração*, foi utilizado o método das pesagens rápidas. Sendo impossível o emprêgo de fôlhas inteiras em virtude do seu tamanho, foram retirados da região mediana, segmentos de cêrca de 15 cm de comprimento. Êsses segmentos foram pesados com intervalos de um minuto na balança de torção (Jung, Heidelberg), protegida por uma caixa de vidro aberta na face anterior. A escolha do curto intervalo (um minuto) entre as pesagens foi feita, levando-se em conta a reação estomática relativamente rápida e o fato de serem os valores de transpiração bastante elevados, de modo a estabelecer uma diferença de pêso facilmente mensurável nesse lapso de tempo. A fim de evitar eventual perda de água, os bordos das fôlhas cortadas foram vaselinados.

No estudo do *movimento hidroativo* dos estômatos, segmentos foliares eram pesados na balança de minuto em minuto, até que os valores de perda d'gua fôssem praticamente constantes. Êsses últimos forneceram os dados da *transpiração cuticular*, tendo sido expressos em porcentagem do valor inicial. Determinamos também, a transpiração cuticular em fôlhas com estômatos fechados por movimento fotoativo. Êsse *movimento fotoativo* foi analisado, determinando-se a transpiração das fôlhas submetidas a crescentes períodos de escurecimento o qual se conseguia pela cobertura das fôlhas não destacadas da planta com pano prêto. Para a verificação do tempo de reabertura, fôlhas mantidas no escuro até o completo fechamento dos estômatos, eram retiradas e pesadas, após períodos crescentes de exposição à luz. Além disso, foram efetuadas observações das aberturas estomáticas em fôlhas não-cortadas, pelo *método de infiltração com xilol*.

As curvas do *andamento diário da transpiração* apresentam para cada um de seus pontos, resultados médios de pesagens de três

fôlhas, com cálculo do erro padrão. Pareceu-nos mais adequado para as nossas experiências o uso de 3 fôlhas para cada ponto da curva de transpiração, visto que o intervalo entre 2 pontos consecutivos era de uma hora (com exceção de 2 determinações) e a pesagem de 3 fôlhas requeria 12 a 15 minutos. O uso de maior número de fôlhas implicaria no aumento do intervalo de tempo gasto nas operações, o que causaria, como consequência das possíveis modificações das condições do meio entre as primeiras e as últimas pesagens, maior variação nos resultados.

Juntamente com as curvas de transpiração diária, foram traçadas as de temperatura, umidade relativa (obtida com um higrômetro de cabelo), e evaporação. O *evaporímetro de Piche*, com um disco de papel mata-borrão verde de 5 cm de diâmetro forneceu os dados de evaporação. As experiências de pesagem diária foram sempre acompanhadas pelas observações feitas com o método de infiltração com xilol, aplicado em fôlhas intactas.

Os valores de *transpiração relativa* ($T/E \times 100$) foram estabelecidos através de operações comparativas entre as áreas ocupadas no gráfico pelas curvas diárias de transpiração (T) e evaporação (E). Embora este método não seja plenamente satisfatório em face do número limitado de pontos que compõe as curvas diárias (7 a 12 pontos), fornece valores de transpiração relativa bem mais seguros do que os obtidos numa só experiência em qualquer hora ou em experiências esparsas. Devemos lembrar, também, que para a determinação dos valores de evaporação, utilizamos o *exaporímetro de Piche*, pois, em virtude do excessivo peso (além do limite da capacidade da balança de torção disponível) do molde do segmento foliar embebido em água, não foi possível o uso do "*Blatt-evaporimeter*", preferido em experiências desta natureza (11, 25, 28). Maior redução da superfície foliar, já limitada, não seria conveniente e nesse caso, também o molde não deve sofrer redução, pois que perderia a sua finalidade.

As curvas do *andamento anual da transpiração* tiveram como base as médias da transpiração diária encontradas nas diferentes épocas do ano, acompanhadas dos respectivos dados de evaporação.

Na totalidade das experiências acima referidas, os valores de transpiração e os de evaporação foram recalculados e expressos em mg/min/100 cm².

O método de avaliação do *consumo anual d'água*, já descrito no trabalho anterior (24), será novamente exposto quando estiver em foco a questão.

Resta-nos observar que a realização dos experimentos, paralelamente, em condições de laboratório e de campo, foi limitada à variedade Co 290, uma vez que os resultados obtidos não diferiam entre si, qualitativamente. Nas demais variedades Co 419, CB 41-76 e CB 40-69, apenas os estudos que requeriam maior controle e precisão (movimentos hidroativo e fotoativo) foram efetuados no laboratório do Departamento de Botânica e repetidos no campo. Os demais estudos foram feitos somente no campo. Em todas as experiências utilizamos "cana planta" * de idades variáveis, entre 9 e 18 meses. Os trabalhos de campo foram realizados em canaviais da Usina Ester, Cosmópolis, Estado de São Paulo.

Maiores detalhes sobre a metodologia empregada, razões de sua preferência, assim como observações críticas, serão, por certo, dispensáveis no presente trabalho, pois, a extensa bibliografia existente a respeito, poderá nos fornecer quaisquer esclarecimentos necessários (11, 18, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 33, 36, 39). Citamos especialmente, uma publicação recente de Eckardt (7), onde o autor compara criticamente os métodos disponíveis para o estudo da transpiração e da qual transcrevemos o seguinte trecho: — "S'il est vrai que l'emploi de la méthode gravimétrique comporte, du fait des changements rapides de l'intensité de la transpiration survenant au moment de la section, certains risques d'erreurs difficiles à estimer, il est également vrai que cette méthode reste probablement la plus précise qui existe actuellement".

* "Cana planta" é expressão geralmente usada para indicar a cana proveniente dos "toletes", isto é, a que nunca foi cortada.

DADOS ANATÔMICOS DA FÔLHA

Como foi constatado para a variedade Co 290 (24), também as folhas da Co 419, CB 41-76 e CB 40-69 não apresentaram estruturas anatômicas fundamentalmente diversas das já descritas por outros autores, principalmente Artschwager (2, 3). Dêste modo, foi apenas examinado o número de estômatos por unidade de superfície. O resultado das contagens (cada valor corresponde à média de 100 contagens) exposto na tabela 1, mostra que a variedade Co 290 possui maior número médio de estômatos por mm², seguida de CB 41-76, Co 419 e finalmente CB 40-69. As contagens confirmaram ainda, que a epiderme inferior apresenta, em tôdas as variedades, aproximadamente o dôbro do número de estômatos encontrados na face superior. Verificamos, igualmente, que, de modo geral, a parte média das folhas possui um número ligeiramente superior à ponta ou à base (6, 24).

A figura n.º 1 apresenta aspectos da distribuição dos estômatos nas epidermes superior e inferior das variedades estudadas.

TABELA 1
Número de estômatos por milímetro quadrado

Variedades	Co 290		Co 419		CB 41-76		CB 46-69	
	Epiderme superior	Epiderme inferior	Epiderme superior	Epiderme inferior	Epiderme superior	Epiderme inferior	Epiderme superior	Epiderme inferior
Ponta	85,2 ± 7,2	163,0 ± 5,6	70,4 ± 0,6	167,2 ± 1,1	88,0 ± 1,1	156,6 ± 1,1	75,0 ± 2,1	189,6 ± 3,7
Meio	103,0 ± 2,6	208,3 ± 2,7	88,5 ± 1,0	198,6 ± 0,8	94,6 ± 0,8	177,5 ± 1,1	99,0 ± 1,5	195,0 ± 1,0
Base	86,3 ± 7,2	154,7 ± 2,4	69,4 ± 0,9	178,6 ± 1,1	85,5 ± 1,1	179,0 ± 2,2	55,1 ± 1,8	127,6 ± 1,1
Média	91,5	175,3	76,1	181,4	89,3	171,0	76,3	170,7
Total	266,8		257,5		260,3		247,0	

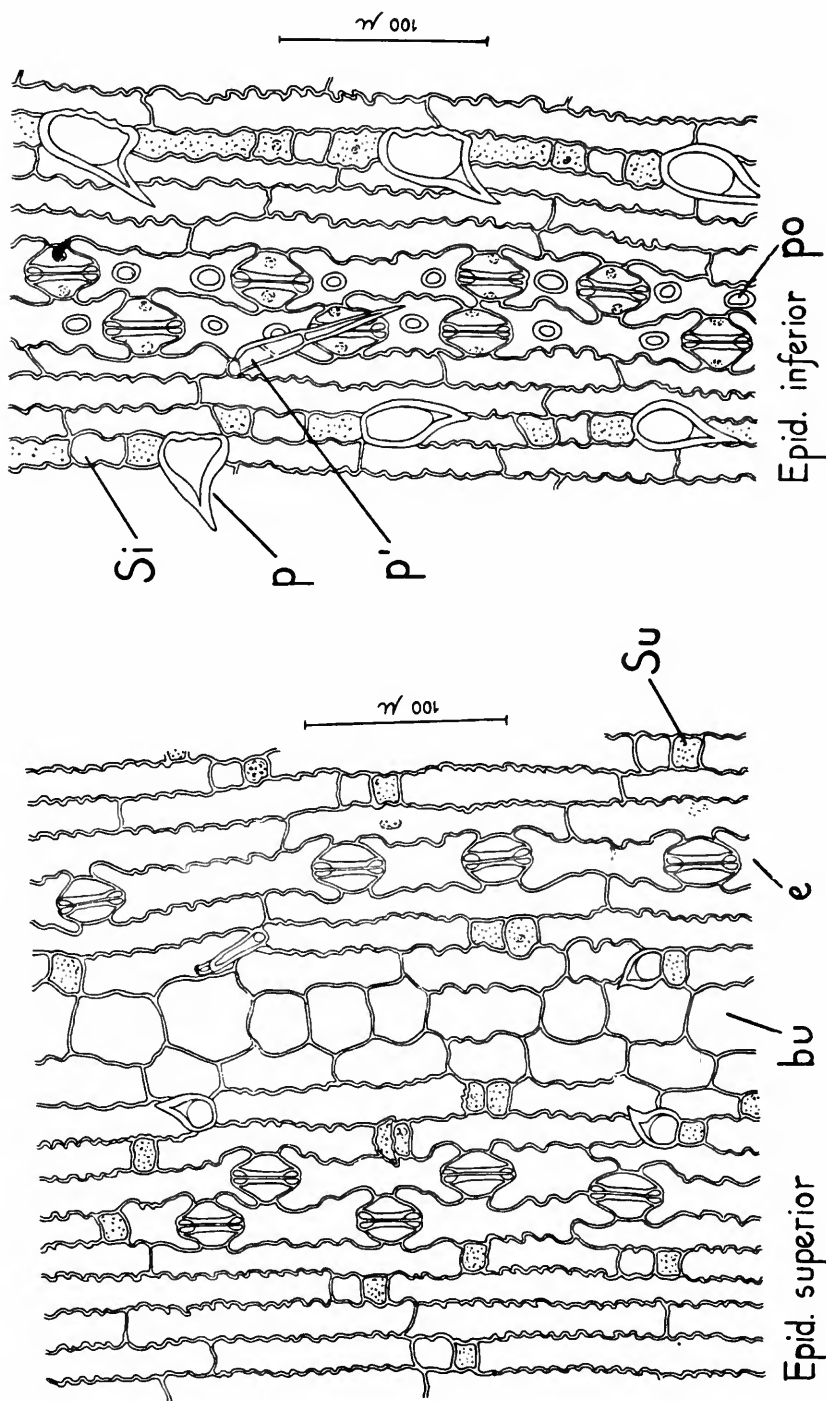


Fig. 1 — Detalhes da epiderme superior e inferior.

I — Co 419

b — células buliformes

e — estômatos

p — pêlos unicelulares curtos

p' — pêlos pluricelulares unisseriados

po — poros

Si — células silicificadas

Su — células suberificadas

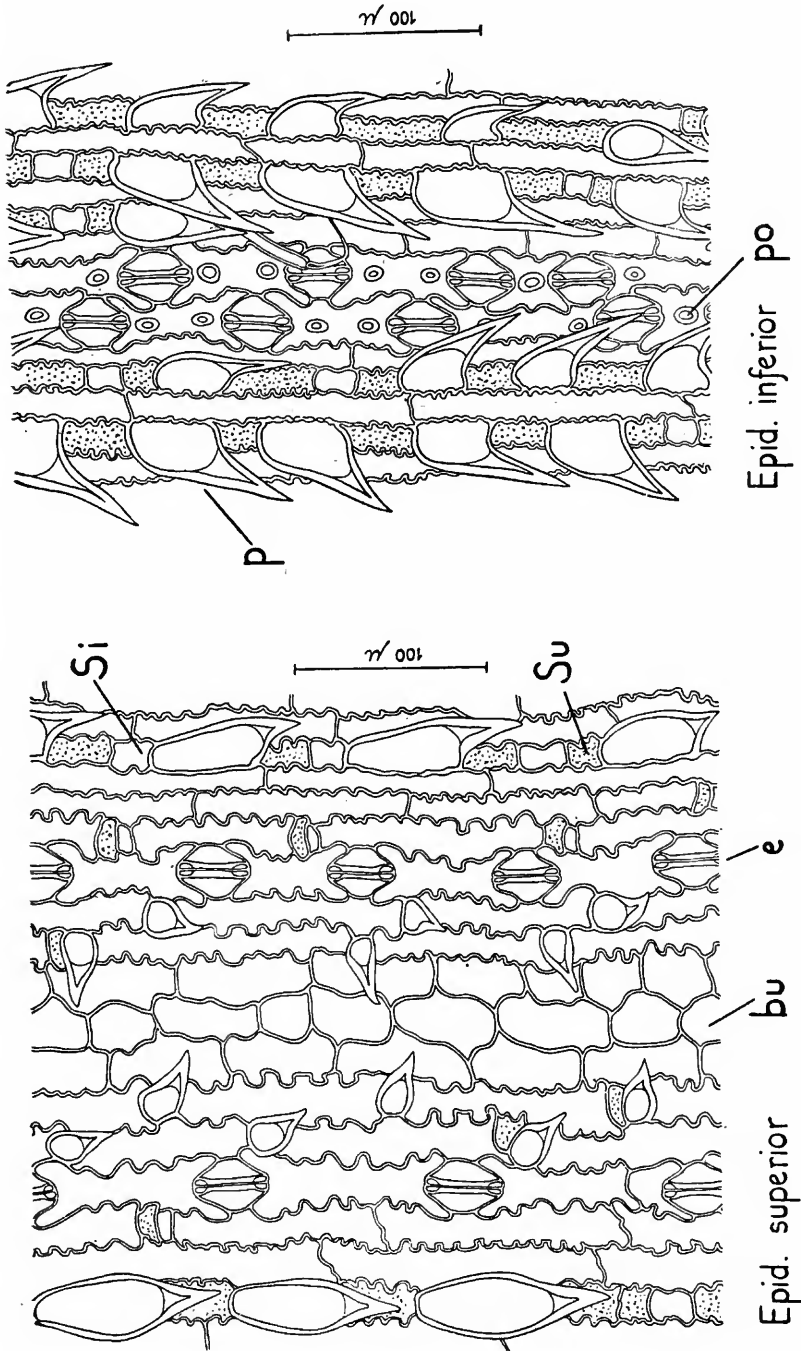


Fig. 1 — II — CB 41-76

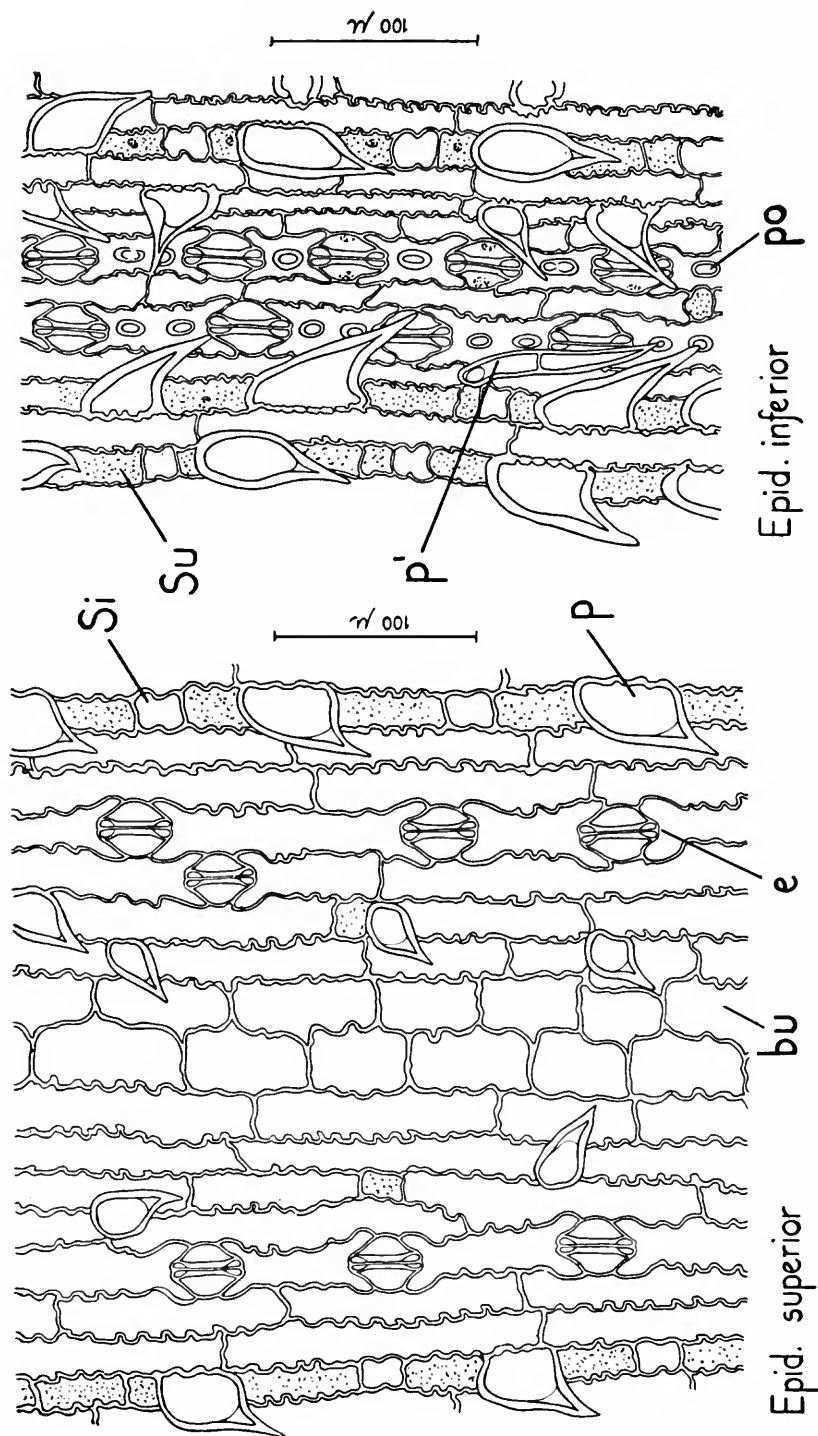


Fig. 1 — III — CB 40-69

- b — células buliformes
 e — estômatos
 p — pêlos unicelulares curtos
 p' — pêlos pluricelulares unisseriados
 po — poros
 si — células silicificadas
 su — células suberificadas

MOVIMENTOS ESTOMÁTICOS E TRANSPIRAÇÃO

O processo de transpiração, além de sofrer a influência dos fatores que regulam a evaporação livre, é regido por um sistema de controle da própria planta, integrado por elementos morfológicos e fisiológicos, entre os quais, o movimento dos estômatos ocupa lugar de destaque (11, 34). Da quantidade total de vapor d'água perdida pela folha (transpiração total), a maior parte sai pelos estômatos (transpiração estomatar) e uma parcela mais ou menos reduzida difunde-se através da cutícula (transpiração cuticular). A dependência da transpiração estomatar do grau de abertura estomática foi detalhadamente estudada por Stalfelt (32). O grau de abertura estomática, por sua vez, é regulado pelas mudanças de turgor que ocorrem nas células-guarda, sob ação de vários fatores. A quantidade de água existente na folha, por exemplo, exerce um papel preponderante nos movimentos estomáticos. Tais movimentos, segundo Stalfelt (34), podem ser passivos ou ativos. O movimento passivo de fechamento pode ocorrer em folhas super-saturadas de água. Nessas condições, as células epidérmicas, muito túrgidas, exercem pressão mecânica contra as células-guarda, provocando o fechamento da fenda. Se uma folha túrgida perde água ocasionando um pequeno déficit nos tecidos, a pressão mecânica que causara o fechamento passivo deixará de existir e os estômatos poderão se abrir passivamente. Mas os movimentos hidro-passivos não tomam parte importante no processo do controle de transpiração, sendo apenas fenômenos secundários (19). Se houver, por outro lado, um contínuo aumento do déficit de saturação dos tecidos da folha, os estômatos começam a se fechar pelo mecanismo hidroativo. O início do fechamento hidroativo pode diferir de espécie para espécie, de planta para planta, dependendo da sensibilidade do vegetal a diferentes graus de déficit de saturação (34). A velocidade de reação é, também, muito variável, o que voltaremos a discutir no decorrer do presente trabalho.

Grande maioria das plantas em bom estado de suprimento d'água, quando colocada no escuro, fecha os estômatos e os abre quando exposta à luz. Esse processo de fechamento e abertura dos estômatos em que a luz atua como causa primária, foi denominado movimento fotoativo (34). A velocidade do movimento fotoativo depende do comportamento intrínseco a cada vegetal, da intensidade luminosa e do tempo de exposição à luz (ou de escurecimento). A ação da luz pode ser extremamente rápida, provocando mudanças de volume das células-guarda e conseqüente variação nas aberturas estomáticas. Entre a ação da luz e a modificação do volume das células-guarda, interpõe-se uma série de fenômenos internos, de natureza física e química (34).

Devemos lembrar, ainda, a influência da temperatura e do vento do CO_2 (17), etc., nas aberturas estomáticas.

A inter-ação de todos êsses fatores determina, finalmente, o grau de abertura dos estômatos que atuam como um dos elementos de regulação da transpiração.

VELOCIDADE DO FECHAMENTO HIDROATIVO DOS ESTÔMATOS

Para a investigação do comportamento estomático em cana de açúcar, foi examinada, em primeiro lugar, a velocidade do fechamento hidroativo em fôlhas cortadas (vide capítulo referente à metodologia). Em tôdas as variedades estudadas, tal processo se verificou de maneira relativamente rápida. Assim, a variedade Co 290 teve os seus estômatos cerrados após 18 minutos de pesagem, numa avaliação média de numerosas (pelo menos 15) experiências realizadas. A figura n.º 2 mostra uma das curvas de fechamento na qual os valores de perda d'água se tornaram estáveis em aproximadamente, 19 minutos. A infiltração negativa com xilol, ao fim da

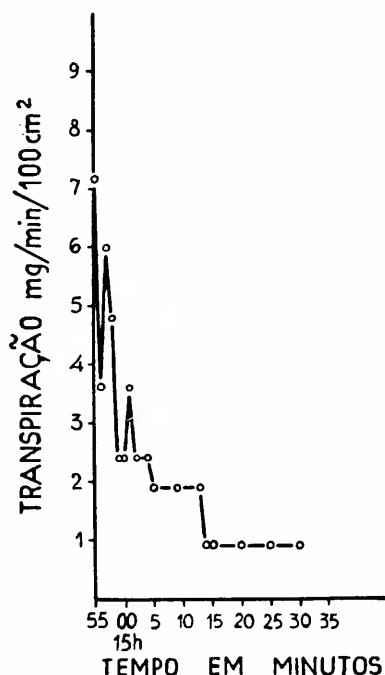


Fig. 2 — Co 290 — Curva do fechamento hidroativo dos estômatos.

experiência, confirmou que os estômatos se achavam fechados. A figura n.º 3 refere-se à variedade Co 419, cujo fechamento estomático consumiu cêrca de 15 minutos. Nas variedades CB, o tempo

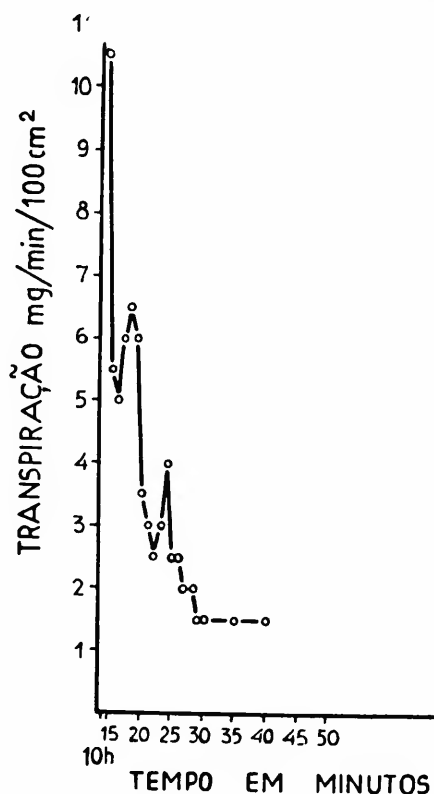


Fig. 3 — Co 419 — Curva do fechamento hidroativo dos estômatos.

necessário foi um pouco maior: em média, 21 minutos para a CB 41-76 (fig. 4) e 20 minutos para a CB 40-69 (fig. 5).

A cana Co 419 é, portanto, a que parece apresentar, entre as variedades consideradas, maior velocidade de fechamento hidroativo, seguida de Co 290. As duas CB são mais lentas. As diferenças entre as variedades são, no entanto, pouco pronunciadas.

Um fato sistematicamente observado durante o processo de fechamento hidroativo dos estômatos de cana e que vem sendo citado por um número cada vez maior de autores (1, 5, 9, 11, 23, 24, 26, 34), em diferentes plantas, é a oscilação dos valores de perda d'água antes de se atingir o nível da transpiração cuticular. As causas atribuídas ao fenômeno são múltiplas. Assim, além da possibilidade do

êro experimental (26), deve ser lembrada a influência direta dos fatores ambientes sôbre a evaporação (irradiação luminosa, temperatura, déficit de saturação do ar, vento, etc.). Alterações mesmo reduzidas e breves dêstes fatores podem afetar os valores de perda d'água. Isso, porém, não poderia explicar, satisfatòriamente, a ocorrência quase que regular das referidas oscilações (11).

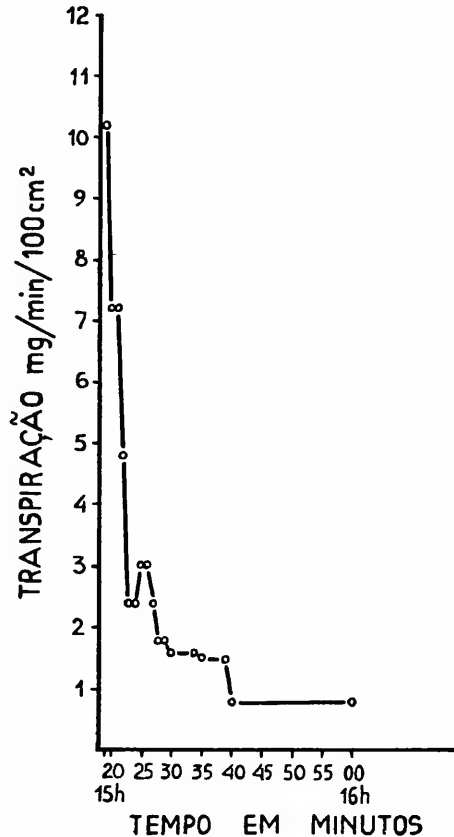


Fig. 4 — CB 41-76 — Curva do fechamento hidroativo dos estômatos.

Por outro lado, é sabido que as aberturas estomáticas podem apresentar variações, mesmo em condições mesológicas constantes, inclusive no escuro. Vários autores constatarem o fato. Stalfelt (34) efetuou medidas diretas ao microscópio; Gregory e Pearse, verificaram o fenômeno por meio de "Widerstandsporometer" (cf. 34, pp. 360-61); Went observou o mesmo ao microscópio (cf. 34). Maximow e Krasnoselsky-Maximow verificaram haver uma relação en-

tre as variações das aberturas estomáticas ou “pulsações” e as alterações na intensidade de assimilação e transpiração (cf. 34).

Admite-se como uma das causas dessas “pulsações”, o seguinte: as células-guarda, em íntima relação de equilíbrio hídrico com as células epidérmicas e do mesófilo, podem apresentar, com a modificação do déficit de saturação da fôlha, variações nas suas fendas durante o processo hidroativo (34).

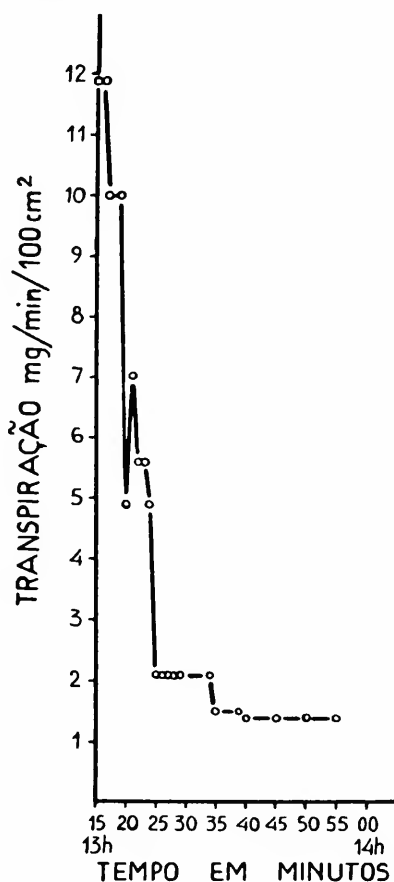


Fig. 5 — CB 40-69 — Curva do fechamento hidroativo dos estômatos.

Além disso, a reação fotoativa de abertura pode-se opor à hidroativa de fechamento, causando modificações nas fendas estomáticas, as quais se traduzem por oscilações nos valores de transpiração. Com o progressivo aumento do déficit de saturação da fôlha cortada, a reação de fechamento hidroativo se fará sentir cada vez mais sôbre a fotoativa de abertura, até o completo fechamento (19, 34, 35).

Talvez seja possível explicar, igualmente, porque em certas plantas, o fenômeno de “pulsação” ou oscilação mencionado se apresenta de maneira pouco nítida ou deixa de ocorrer (11). Algumas destas plantas teriam hidro-reação extremamente rápida, o que excluiria o antagonismo da foto-reação. Outras, ainda, seriam de pequena sensibilidade estomática a ambos os processos. De qualquer maneira, a validade desta hipótese só poderá ser verificada após um grande número de experiências bem controladas.

MOVIMENTO FOTOATIVO DOS ESTÔMATOS

Segundo as observações de vários autores tais como Kamerling, Kuijper, Lyon e Brodie (cf. 6, pp. 285, 290, 291) e mais recentemente, Meguro e Ferri (24) e Ferri e Meguro (12), a cana de açúcar apresenta estômatos realmente sensíveis à luz. Como pequenas modificações na intensidade luminosa afetam os valores de transpiração, procuramos estudar a velocidade da reação fotoativa da cana de açúcar, suprimindo-lhe a iluminação por meio de cobertura com pano preto, de partes de folhas não retiradas da planta, e depois, fornecendo-lhes novamente a luz (Sobre o mecanismo do movimento fotoativo, vide Heath, 17 e Stalfelt, 34).

Os resultados referentes à cana Co 290 já foram publicados (12) e o tempo requerido, nesta variedade, para o completo fechamento dos estômatos submetidos ao processo de escurecimento, foi, aproximadamente, de 30 minutos. A reabertura se fez mais rapidamente, levando cerca de 10 minutos (fig. 6 e tab. 2).

As variedades Co 419, CB 41-76 e CB 40-69, estudadas nos mesmos moldes da Co 290, apresentaram resultados mais ou menos comparáveis. Assim, o fechamento estomático no escuro se processou, nas três variedades, dentro de 35-40 minutos. As folhas previamente submetidas ao escuro, iniciaram a abertura dos seus estômatos já aos 5 minutos de exposição à luz e completaram-na após 10 minutos. Esta diferença na velocidade de fechamento e reabertura pode ser muito bem constatada nas figuras 7 (Co 419), 8 (CB 41-76) e 9 (CB 40-69), construídas à base de dados de transpiração obtidos por pesagens das folhas. Como já informamos nas publicações anteriores (12 e 24), tal diferença pode ser apenas aparente, uma consequência do método utilizado, pois, segundo Stalfelt (32, 34, 35), o efeito das modificações do grau de abertura estomática sobre

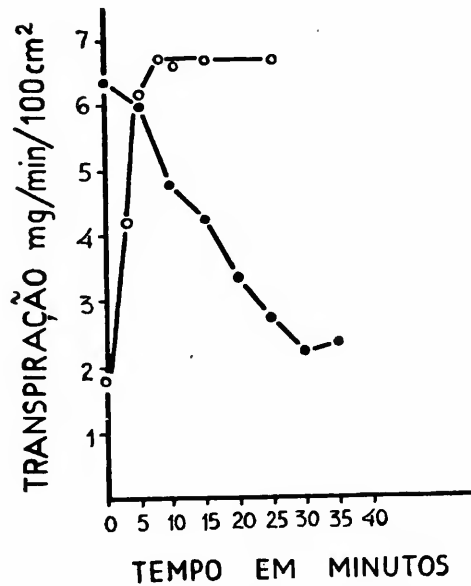


Fig. 6 — Co 290 — Curvas representativas do movimento fotoativo dos estômatos no escuro (círculos escuros) e de reabertura à luz (círculos claros). (Seg. Ferri e Meguro — modificada).

TABELA 2

Co 290 — Movimento fotoativo dos estômatos

Fechamento			Abertura		
Escurecimento, min	Infil. com xilol		Exposição à luz, min	Infil. com xilol	
	epid. sup.	epid. inf.		epid. sup.	epid. inf.
0	++	+++	0	—	—
5	++	+++	3	—	—
10	++	+++	5	+	++
15	+	++	8	++	+++
20	±	+	10	++	+++
25	±	+			
30	—	—			
35	—	—			
40	—	—			

+++ : infiltração muito intensa
 ++ : infiltração intensa
 + : infiltração fraca
 ± : infiltração muito fraca
 — : infiltração negativa

a variação da transpiração terá maior evidência quando os estômatos tiverem suas aberturas bem reduzidas. Assim, quando se considera o movimento fotoativo de abertura, haverá, inicialmente, uma rápida ascensão dos valores de transpiração. Uma vez atingido um determinado grau de abertura, posterior aumento não mais afetará

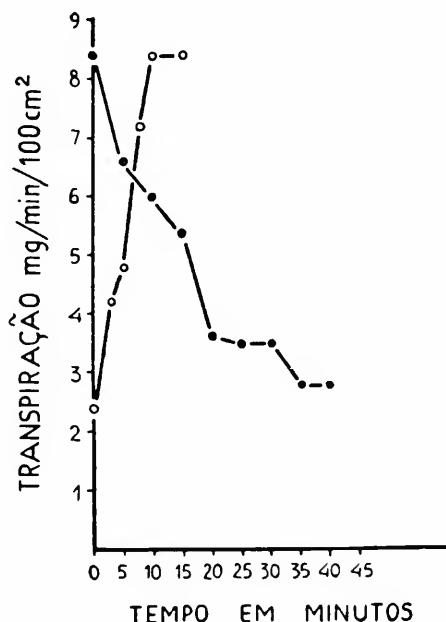


Fig. 7 — Co 419 — Curvas representativas do movimento fotoativo dos estômatos no escuro (círculos escuros) e de reabertura à luz (círculos claros).

proporcionalmente a razão da transpiração. Durante o processo de fechamento, ao contrário, ocorrerá uma lenta diminuição dos valores de transpiração, até que as aberturas estomáticas se tornem muito pequenas.

As tabelas 3 (Co 419), 4 (CB 41-76) e 5 (CB 40-69) obtidas por meio de infiltração com xilol, retratam o grau de abertura estomática durante o processo fotoativo. Nota-se, novamente aqui, maior rapidez no movimento de reabertura. Tal resultado nos leva à consideração, além da explicação acima apresentada, das teorias emitidas por outros autores, embora não tenhamos, no momento, evidências suficientes para aceitá-las ou não.

Limitamo-nos a considerar aqui, uma das mais interessantes, a formulada por Thomas e Russel (citada na publicação de Ketellap-

TABELA 3
Co 419 — Movimento fotoativo dos estômatos

Fechamento			Abertura		
Escureci- mento, min	Infil. com xilol		Exposição à luz, min	Infil. com xilol	
	epid. sup.	epid. inf.		epid. sup.	epid. inf.
0	++	+++	0	—	—
5	++	+++	3	+	+
10	+	++	5	+	++
15	+	++	8	+	++
20	+	+	10	++	+++
25	+	+	15	++	+++
30	±	+			
35	—	—?			
40	—	—			

+++ : infiltração muito intensa
 ++ : infiltração intensa
 + : infiltração fraca
 ± : infiltração muito fraca
 — : infiltração negativa

per, 19): “o estímulo luminoso de abertura pode ser translocado rapidamente, de uma região iluminada para outra não iluminada”. Assim, nas experiências em que uma planta seja submetida parcialmente ao escuro, o estímulo de abertura, proveniente das regiões iluminadas, poderia antagonizar o movimento de fechamento, aumentando dêsse modo, a duração do processo. Na reabertura, tal estímulo se somaria aos efeitos diretos de exposição à luz.

Na cana de açúcar, ao que parece, não foram realizadas experiências para se verificar a ocorrência de tal transmissão de estímulo. Podemos apenas relatar que folhas cobertas parcialmente, durante um determinado lapso de tempo (40 minutos ou mais) e testadas por meio de infiltração com xilol, mostram nítida linha de demarcação na região limítrofe, isto é, a parte coberta apresenta infiltração nula, ao passo que a parte não coberta, imediatamente vizinha, apresenta infiltração intensa. Se houvesse, de fato, uma transmissão de estímulo luminoso, poder-se-ia esperar a ocorrência de uma zona de transição, com estômatos mais ou menos abertos, na parte

TABELA 4
CB 41-76 — Movimento fotoativo dos estômatos

Fechamento			Abertura		
Escureci- mento, min	Infil. com xilol		Exposição à luz, min	Infil. com xilol	
	epid. sup.	epid. inf.		epid. sup.	epid. inf.
0	++	+++	0	—	—
5	++	+++	2	+	+
10	+	++	5	+	++
15	+	++	8		
20	+	++	10	++	+++
25	+	++	15	++	+++
30	±	+			
35	—	—			
40	—	—			

+++ : infiltração muito intensa
 ++ : infiltração intensa
 + : infiltração fraca
 ± : infiltração muito fraca
 — : infiltração negativa

TABELA 5
CB 40-69 — Movimento fotoativo dos estômatos

Fechamento			Abertura		
Escureci- mento, min	Infil. com xilol		Exposição à luz, min	Infil. com xilol	
	epid. sup.	epid. inf.		epid. sup.	epid. inf.
0	++	+++	0	—	—
5	++	+++	2	±	+
10	++	+++	5	+	++
15	+	++	8	+	+++
20	±	++	10	++	+++
25	±	+	15	++	+++
30	—	+			
35	—	—?			
40	—	—			

+++ : infiltração muito intensa
 ++ : infiltração intensa
 + : infiltração fraca
 ± : infiltração muito fraca
 — : infiltração negativa

próxima à iluminada. Pode-se imaginar, por outro lado, que tal transmissão, além de rápida e uniforme em toda a fôlha, seja fraca, e o efeito antagônico se faça notar apenas no início do fecha-

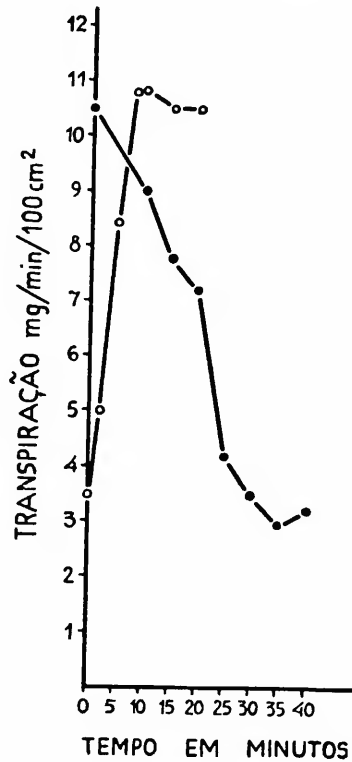


Fig. 9 — CB 40-69 — Curvas representativas do movimento fotoativo dos estômatos no escuro (círculos escuros) e de reabertura à luz (círculos claros).

mento estomático. Tudo isso requer pesquisas acuradas, as quais não tivemos oportunidade de realizar no presente trabalho, para, finalmente, chegar-se a uma solução satisfatória do problema.

TRANSPIRAÇÃO CUTICULAR

Após fechamento hidroativo dos estômatos, a transpiração da fôlha se torna reduzida e pouco variável. Esta perda de água se faz através da cutícula e, portanto, corresponde à transpiração cuticular. Compreende-se que os valores assim obtidos, não sejam, na

realidade, equiparáveis aos encontrados em condições normais de suprimento d'água, em virtude da grandeza do déficit de saturação a que ficam sujeitos os tecidos e a cutícula de uma fôlha cortada e mantida na balança até completo fechamento estomático (25, 30). Situação análoga, todavia, poderá ocorrer em condições naturais,

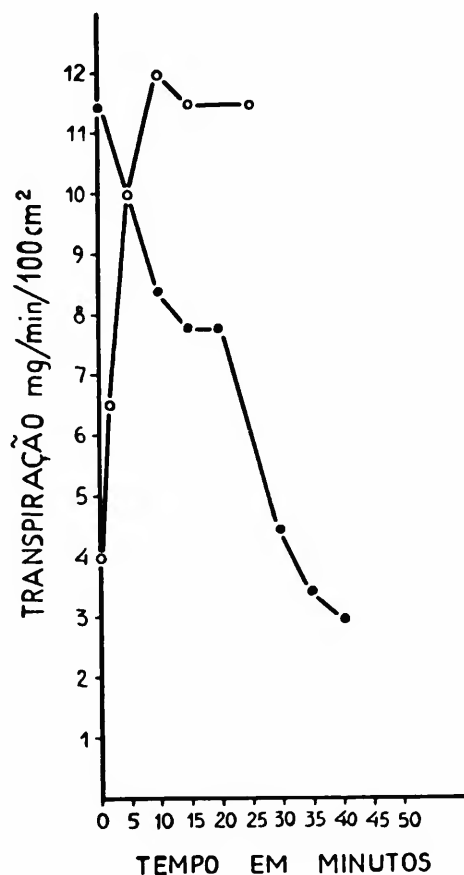


Fig. 8 — CB 41-76 — Curvas representativas do movimento fotoativo dos estômatos no escuro (círculos escuros) e de reabertura à luz (círculos claros).

por exemplo, num período de sêca pronunciada em que a planta seja obrigada a restringir a sua transpiração, cerrando seus estômatos por hidro-reação.

As tabelas 6, 7, 8 e 9 mostram que a transpiração cuticular da variedade Co 290 perfaz 13,3% da transpiração total (obtida

no início das pesagens); da Co 419, 14,6%; da CB 41-76, 12,5%; e CB 40-69, 12,6%. Talvez, aqui, as diferenças sejam muito pequenas para que se lhes possa atribuir qualquer significado. Mas merecem atenção os fatos de que o valor mais elevado da transpiração cuticular pertença, justamente, à variedade com maior velocidade de fechamento estomático: a Co 419 com 14,6%, fecha os seus estômatos em 15 minutos, aproximadamente. E a CB 41-76, com a transpiração cuticular mais reduzida, 12,5%, consome tempo superior a 20 minutos para o mesmo processo. As variedades com maior velocidade de fechamento estomático podem, pro-

TABELA 6

Co 290

Valor inicial da transpiração mg/min/100 cm ²	Transpiração cuticular mg/min/100 cm ²	Transpiração cut. em % da inicial
11,7	1,3	11,1
11,7	1,3	11,1
7,2	0,9	12,5
12,0	1,4	11,6
7,5	1,5	20,0
6,0	0,8	13,3
6,0	0,8	13,3
11,0	1,0	9,0
8,6	1,4	16,2
8,6	1,4	16,2
9,0	1,5	17,6
10,0	1,0	10,0
7,0	0,8	11,4
Média da Transp. cut. em % da Transp. inic.		13,3

vavelmente, manter os tecidos e a própria cutícula em estado de saturação superior àquelas com reação mais lenta, possibilitando uma transpiração cuticular mais elevada (30, 33). Isto pode ser observado pelo grau de enrolamento (murchamento) das folhas ao nível da transpiração cuticular. O grau de enrolamento das folhas foi um bom indicador do estado de saturação das mesmas, uma vez que, em condições de campo, inúmeros problemas de natureza técnica di-

ficultaram a determinação dos valores do déficit de saturação (Déficit de saturação = conteúdo máximo de água — conteúdo real de água / conteúdo máximo de água x 100 — fórmula de Stocker, cf. 10). O mecanismo do enrolamento das folhas, detalhadamente estudado por Wakker (cf. 6), está ligado à presença de fileiras de células grandes dispostas paralelamente às nervuras, na epiderme superior (vide 24, p. 256, fig. 2). Essas células são chamadas células buliformes ou motoras. Segundo as citações encontradas em van Dillewijn (6), “these large, thin walled cells, contrary to the other epidermal cells, are not covered by a cuticle... Due to the unprotected outer wall, they are the first to lose moisture during periods

TABELA 7

Co 419

Valor inicial da transpiração mg/min/100 cm ²	Transpiração cuticular mg/min/100 cm ²	Transpiração cut. em % da inicial	
11,0	1,2	10,9	
11,9	1,7	14,2	
11,4	1,2	10,5	
10,5	1,5	14,2	
9,0	1,5	16,6	
9,0	1,2	13,3	
8,1	1,6	19,7	
12,0	2,0	16,6	
10,8	1,8	16,6	
12,0	1,4	11,6	
12,0	2,0	16,6	
9,0	1,2	13,3	
6,0	1,0	16,6	
Média da Transp. cut. em % da Transp. inic.		14,6	

of drought, resulting in loss of turgor, shrinkage and ultimately, collapse”. Assim, por perda de turgor das células buliformes, a folha se enrola em direção à epiderme superior.

Por outro lado, procuramos determinar a transpiração cuticular das folhas em estado normal de suprimento d’água. Como na cana de açúcar os estômatos estão presentes em ambas as faces, utiliza-

mos folhas previamente cobertas com pano preto, a fim de provocar o fechamento fotoativo dos mesmos. O estado de saturação, nestas condições, é muito superior ao apresentado por folhas cujos estôma-

TABELA 8

CB 41-76

Valor inicial da transpiração mg/min/100 cm ²	Transpiração cuticular mg/min/100 cm ²	Transpiração cut. em % da inicial	
10,2	0,8	7,8	
12,6	1,2	9,5	
5,0	0,8	16,0	
8,1	1,4	17,1	
14,4	1,6	11,1	
13,2	1,2	9,0	
12,0	1,8	15,0	
15,6	1,4	8,9	
7,2	1,2	16,6	
11,4	1,6	14,0	
9,0	1,2	13,3	
Média da Transp. cut. em % da Transp. inic.		12,5	

TABELA 9

CB 40-69

Valor inicial da transpiração mg/min/100 cm ²	Transpiração cuticular mg/min/100 cm ²	Transpiração cut. em % da inicial	
17,5	2,1	12,0	
16,0	2,0	12,5	
11,9	1,5	12,6	
17,5	2,1	12,0	
21,0	2,1	10,0	
9,6	1,0	10,4	
12,6	1,4	11,4	
8,4	1,4	16,6	
13,2	1,4	10,6	
14,4	1,8	12,5	
13,2	1,2	9,0	
Média da Transp. cut. em % da Transp. inic.		12,6	

tos sofreram processo de fechamento hidroativo. Isto porque, durante o fechamento fotoativo, as folhas foram mantidas na planta, não lhes sendo cortado o suprimento d'água. Além disso, a transpiração através dos estômatos foi sendo gradativamente reduzida no decorrer da reação fotoativa. De fato, a transpiração cuticular em folhas assim tratadas, alcançou valores bastante altos, praticamente o dôbro dos obtidos após o fechamento hidroativo. Na Co 290 atingiu 24,7% do total (valor de transpiração inicial obtido nas folhas em condições normais de exposição à luz); na Co 419 — 26,4%; na CB 41-76 — 31,6%; e na CB 40-69 — 30,5%. Observe-se que, neste caso, as duas Co superaram as CB em eficiência no que diz

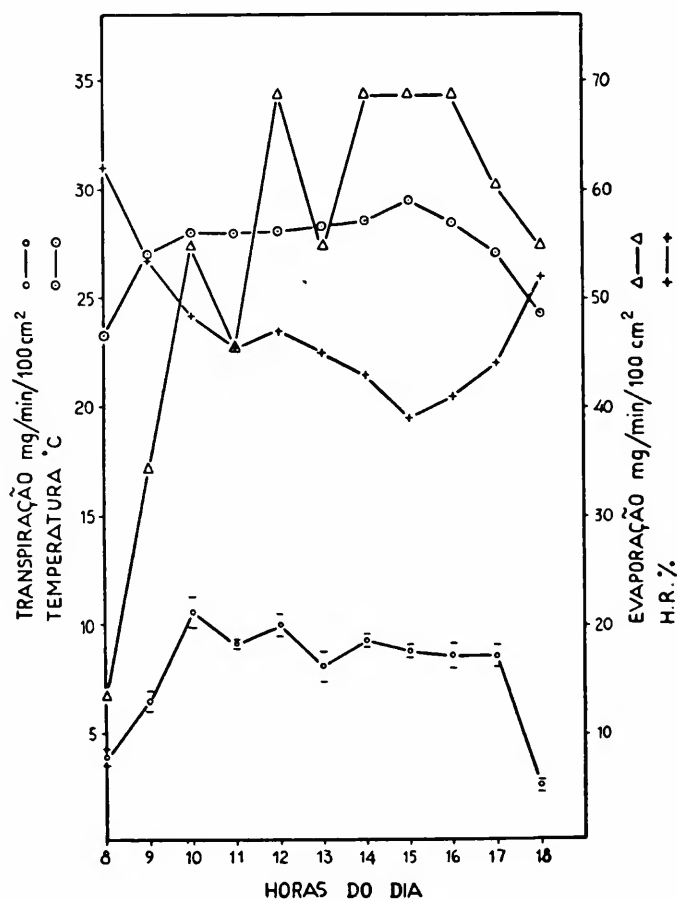


Fig. 10 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa em Cosmópolis no fim da estação das chuvas (8-3-56). Condições de campo. (Seg. Meguro e Ferri com modificações).

respeito à proteção cuticular. Lembramos, ainda, a possibilidade de que êsses altos valores tenham sido, em parte, devidos ao fechamento incompleto dos estômatos, cujas fendas reduzidíssimas não puderam ser acusadas pelo teste de infiltração (32, 33).

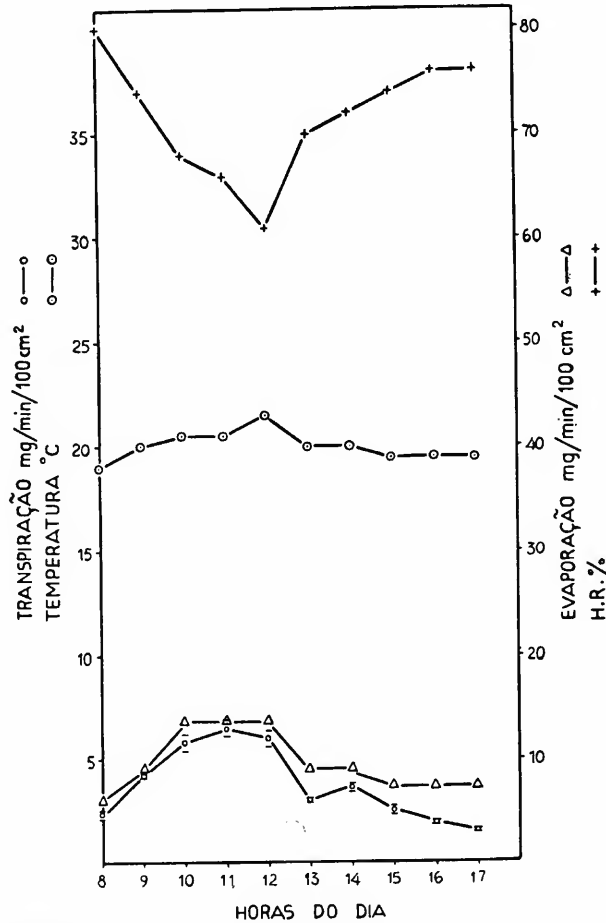


Fig. 11 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação seca (1-6-56). Condições de laboratório (São Paulo).

ANDAMENTO DIÁRIO DA TRANSPIRAÇÃO *Variedade Co 290*

Os estudos do andamento diário da transpiração realizados no fim da estação das chuvas (24) mostraram que a variedade Co 290

transpira sem restrição, tanto em condições de laboratório como de campo (fig. 10). Experiências do mesmo tipo foram repetidas em outras épocas do ano.

A fig. n.º 11 foi obtida em condições de laboratório no início da estação seca. Os valores mais elevados de evaporação se encontram entre 10 e 12 horas, decrescendo bruscamente às 13, quando o dia se tornou nublado (média diária de 9,6mg/min/100 cm²). Tal declínio pode ser observado também na curva de transpiração (média diária de 3,7mg/min/100 cm²). O método de infiltração com xilol permitiu verificar que, após o meio dia, com a redução da luminosidade, os estômatos apresentavam fendas sensivelmente diminuídas (tab. 10).

TABELA 10

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de laboratório. — Co 290 — (1-6-1956).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
8,30	±	++
9,30	+	++
10,30	++	+++
11,30	++	+++
12,30	++	+++
13,30	+	++
14,30	+	++
15,30	+	++
16,30	±	++
17,30	—	+

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+

: infiltração fraca

± : infiltração muito fraca

— : infiltração negativa

A experimentação no campo foi efetuada com “cana planta” de cerca de 16 meses de idade, num dia sem nuvens, de bastante luminosidade. Os resultados podem ser observados na fig. n.º 12. Em oposição às condições de laboratório, a temperatura e a umidade relativa apresentaram grandes variações no decorrer da experiência. A

média diária da evaporação ($19,7 \text{ mg/min}/100 \text{ cm}^2$), assim como a de transpiração ($6,1 \text{ mg/min}/100 \text{ cm}^2$), foram superiores às encontradas no laboratório. Mas as curvas de evaporação e de transpiração foram semelhantes em seu andamento.

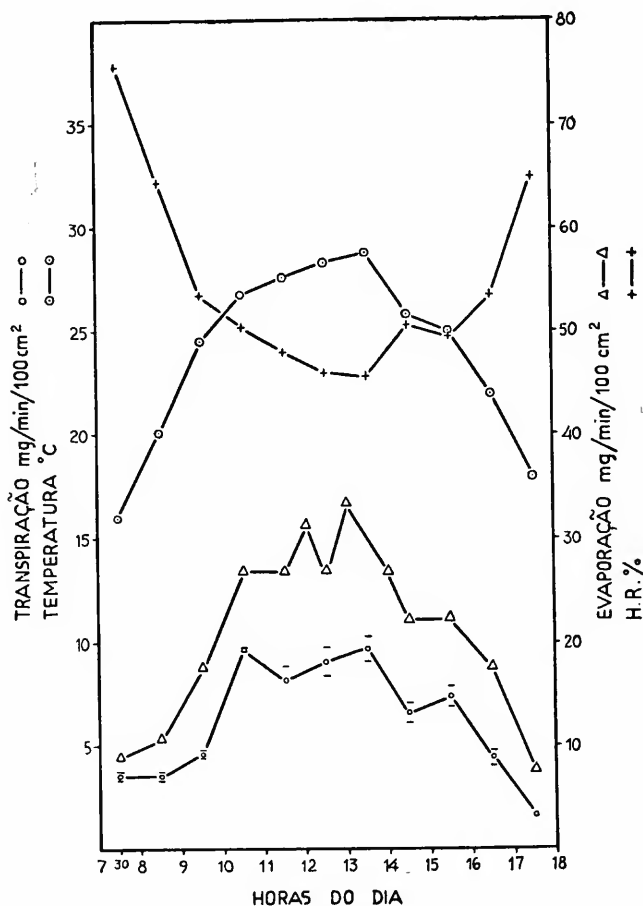


Fig. 12 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação seca (5-5-57). Condições de campo.

As figuras n.º 13 (laboratório) e 14 (campo) foram elaboradas com os resultados obtidos nos dias mais rigorosos do inverno de 1956, com ocorrência de geadas. Em ambos os casos foram registradas temperaturas de $10-12^{\circ}\text{C}$ momentos antes do início da experimentação. Posteriormente, a elevação da temperatura foi considerável, principal-

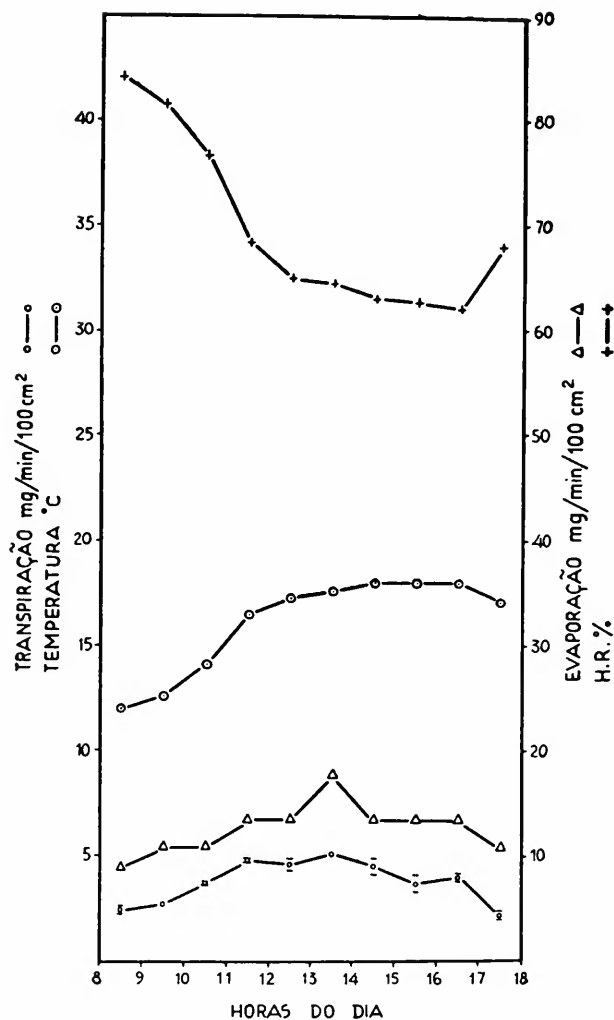


Fig. 13 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação seca (27-7-56). Condições de laboratório.

mente no campo, onde se registrou um máximo de $26,1^{\circ}\text{C}$ às 13,30 horas. No laboratório, onde a amplitude de variação dos fatores ambientais foi menor, observaram-se reduzidos valores de transpiração, em perfeita harmonia com os de evaporação.

No campo, a média da evaporação diária ($24,2\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$) alcançou, aproximadamente, o dobro do valor encontrado no laboratório ($12,6\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$). No entanto, o valor médio da trans-

piração ($4,5\text{mg/min}/100\text{ cm}^2$), não teve o mesmo grau de aumento verificado na evaporação. Este fato, já assinalado em trabalho anterior (24), será mais uma vez comentado no decorrer do presente estudo. A infiltração com xilol mostrou, às 9,30 horas, pequena abertura dos estômatos, apesar da intensa luminosidade. Devemos lembrar aqui, a propósito, o fato observado por Loftfield (22): “a baixa

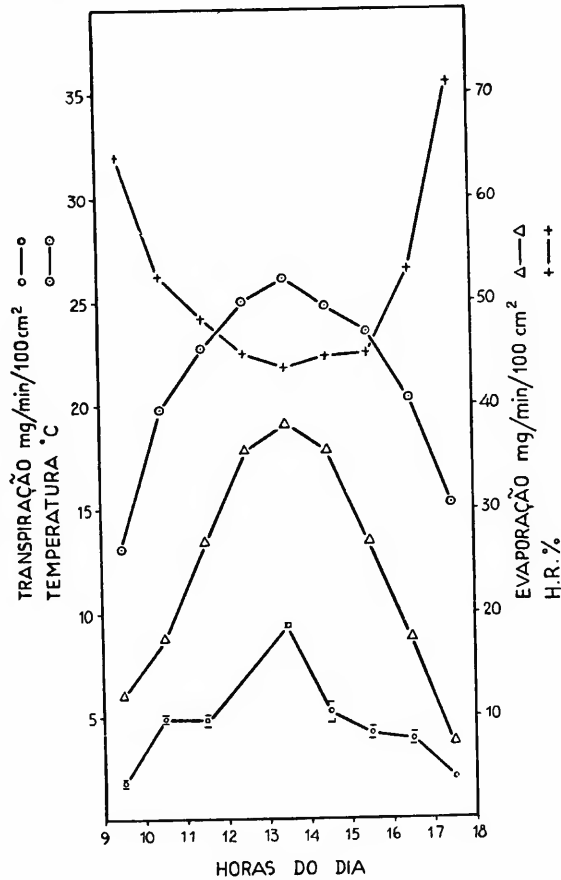


Fig. 14 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação seca (8-7-56). Condições de campo.

temperatura matinal tem um efeito inibidor sobre a abertura dos estômatos”. Observações antes de 9,30 horas não foram possíveis, uma vez que as folhas se apresentavam completamente molhadas pelo orvalho. Durante todo o dia os estômatos permitiram boa infiltração,

até às 17,30 horas (tab. 11), quando ocorreu certa diminuição (plantas de 16 meses).

TABELA 11

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — Co 290 — (8-7-1956).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
9,30	±	++
10,30	++	+++
11,30	++	+++
12,30	++	+++
13,30	++	+++
14,30	++	+++
15,30	++	+++
16,30	++	+++
17,30	±	+

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+

: infiltração fraca

± : infiltração muito fraca

A figura n.º 15, obtida no início da estação das chuvas, no laboratório, dispensa qualquer explicação detalhada do comportamento da variedade Co 290. A curva de transpiração é uma réplica quase perfeita da de evaporação. No campo, plantas de 9 meses de idade, com folhas plenamente desenvolvidas, foram o objeto da nossa experimentação. A média da transpiração diária foi de 8,3mg/min, 100 cm², superior aos valores encontrados nas épocas anteriores. A evaporação foi extremamente elevada (média diária de 55,1mg/min, 100 cm²), devendo-se salientar o efeito do vento, muito forte nesse dia. Uma breve diminuição na velocidade do vento, aproximadamente às 13 horas, acarretou uma queda brusca na evaporação (fig. 16). A curva do andamento diário da transpiração seguiu aproximadamente a de evaporação, também nessa época do ano. Os estômatos ben abertos desde às 7,30 horas, permitiam, ainda às 18 horas, uma fraca infiltração (tab. 12).

TABELA 12

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — Co 290 — (24-10-1956).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
7,15	++	+++
8,00	++	+++
9,00	++	+++
10,00	++	+++
11,00	++	+++
12,00	++	+++
13,00	++	+++
14,00	++	+++
15,00	++	+++
16,00	++	+++
17,00	++	+++
18,00	±	+

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+

± : infiltração muito fraca

TABELA 13

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — Co 290 — (1-2-1957).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
7,00	++	+++
8,00	++	+++
9,00	++	+++
10,00	++	+++
11,00	++	+++
12,00	++	+++
13,00	++	+++
14,00	++	+++
15,00	++	+++
16,00	++	+++
17,00	++	+++
18,00	+	++

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+

Dos estudos realizados em laboratório, na estação das chuvas, nada de especial temos a observar (fig. 17).

As figuras 18 e 19 retratam as experiências efetuadas no campo, em janeiro e fevereiro de 1957, respectivamente, numa plantação de 12 meses de idade. Ambas comprovam, decididamente, que a va-

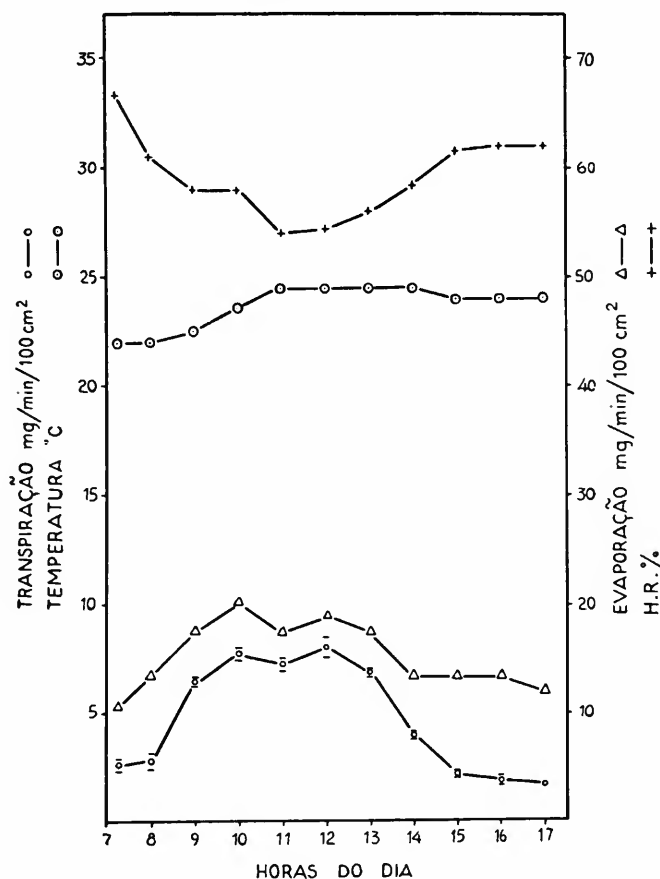


Fig. 15 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação chuvosa (9-11-56). Condições de laboratório.

riedade Co 290 não limita a sua transpiração. Os estômatos, nas horas de maior evaporação, permaneceram perfeitamente abertos (tab. 13). Quanto aos dados meteorológicos, temos a salientar que no dia 8-1-1957 (fig. 18), os valores mais altos de temperatura e evaporação, bem como o mínimo de umidade relativa, foram registrados às 11 horas. Entre 12 e 13 horas, houve um decréscimo geral de todos os

valores, em virtude de uma chuva passageira. Verificou-se, posteriormente, um nôvo aumento dos mesmos.

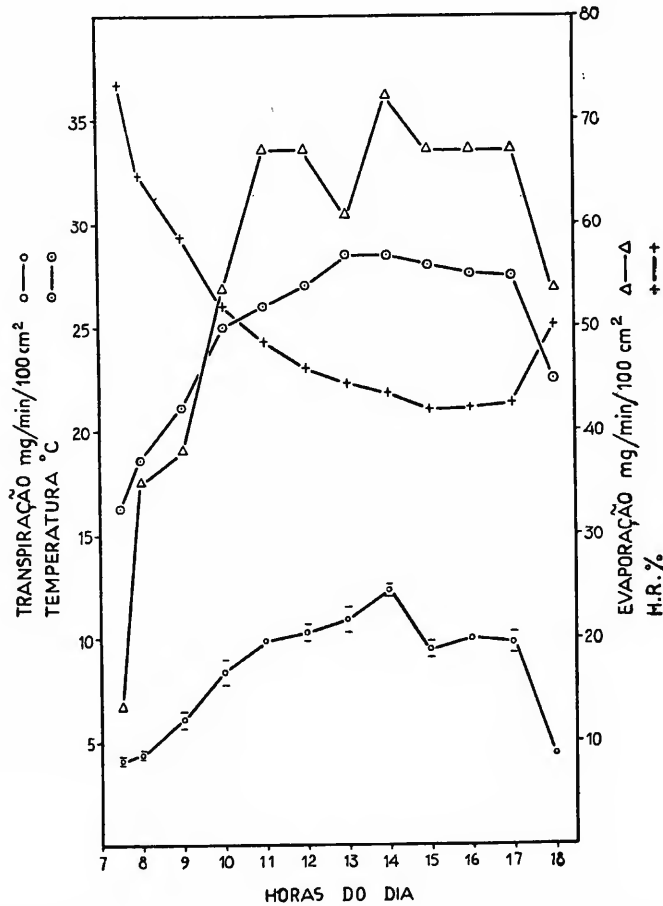


Fig. 16 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação chuvosa (24-10-56). Condições de campo.

O dia 1-2-1958 (fig. 19) transcorreu normalmente, sem chuva, tendo a temperatura atingido 36° à sombra, aproximadamente às 14 horas. As médias diárias de evaporação (51,7mg/min/100 cm²) e de transpiração (12,9mg/min/100 cm²), foram as mais altas encontradas, até então, nas experimentações de campo.

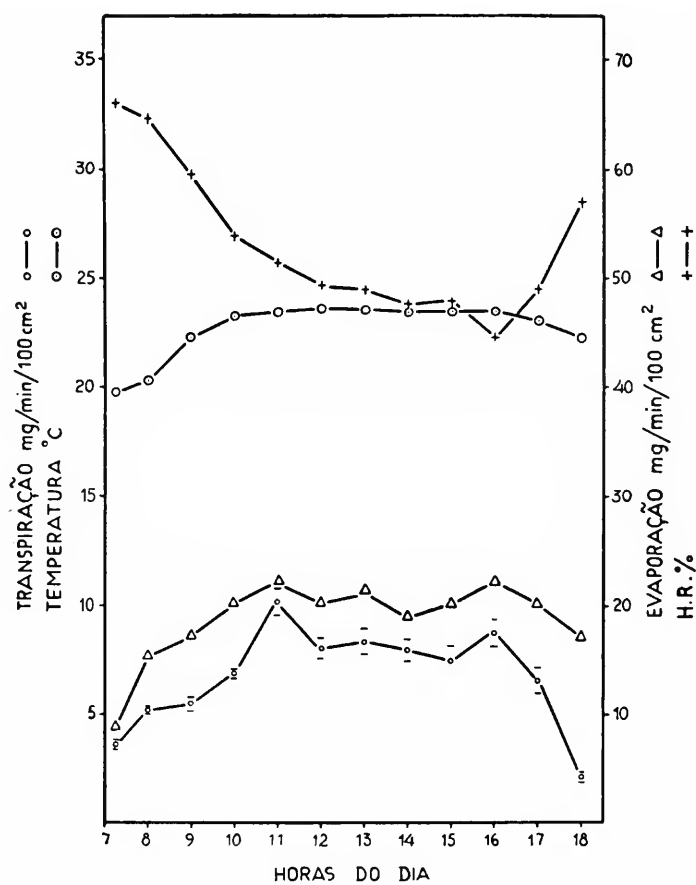


Fig. 17 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação chuvosa (27-12-56). Condições de laboratório.

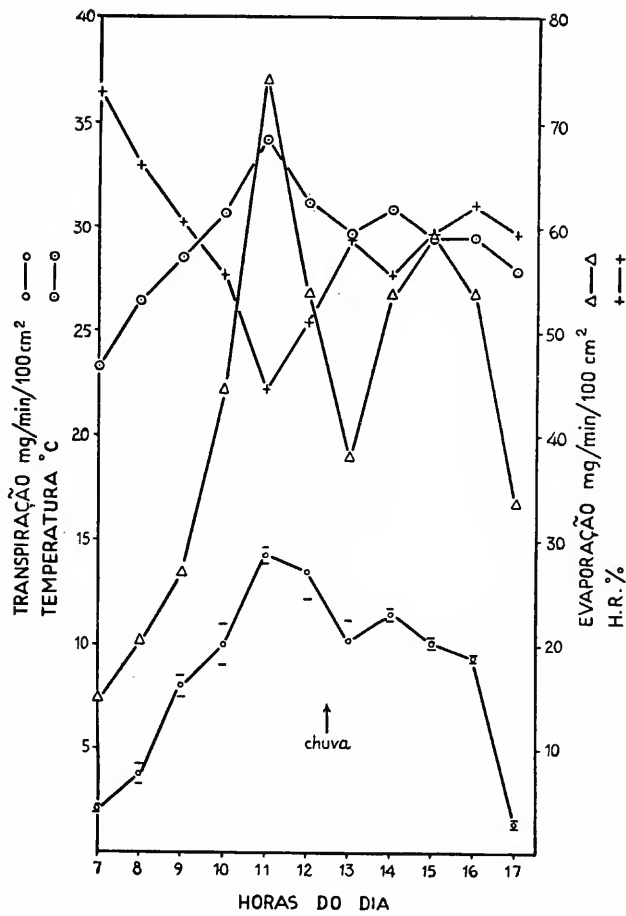


Fig. 18 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação chuvosa (8-1-57). Condições de campo.

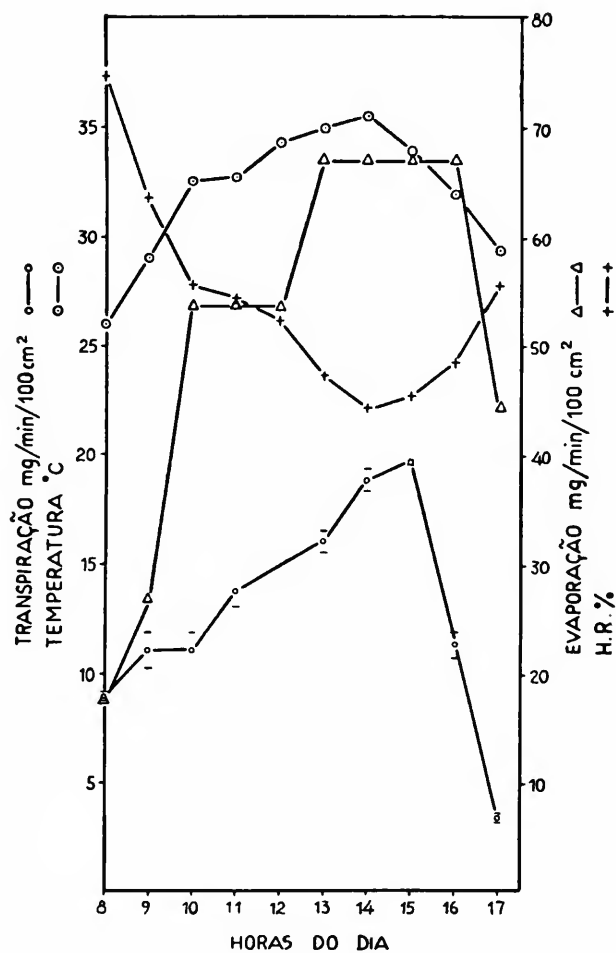


Fig. 19 — Andamento diário da transpiração de cana Co 290 e da evaporação, temperatura e umidade relativa na estação das chuvas (1-2-57). Condições de campo.

Variedade Co 419

O comportamento da variedade Co 419, aos 16 meses de idade, no fim da estação das chuvas, em condições de campo (fig. 20), é perfeitamente comparável ao da Co 290 (fig. 10). A média da transpiração diária da nova variedade estudada foi de 11,3mg/min/100 cm².

No início da estação seca (fig. 21), a Co 419 (plantas de 16 meses) transpirou livremente, estando os estômatos abertos durante todo o dia. A média da transpiração diária (8,0mg/min/100 cm²), e a da evaporação (21,8mg/min/100 cm²), foram sensivelmente inferiores em face dos valores obtidos na época anterior.

A figura n.º 22 reúne os resultados obtidos na estação seca, com plantas de aproximadamente 18 meses de idade. Notam-se grandes oscilações dos fatores ambientes no decurso do dia: a umidade relativa próxima de 90% no início da experiência, decresce muito, atingindo 38% às 15 horas. A curva do andamento diário da transpiração acompanha a de evaporação até às 14 horas, após o que deixa de existir o paralelismo, com uma queda antecipada da transpiração (tab. 14).

Já na figura n.º 23, obtida no início da estação das chuvas, com plantas de 9 meses de idade, observa-se uma notável superposição das curvas representativas da transpiração e da evaporação. Neste dia, entre 9 e 10 horas, verificou-se uma chuva passageira, o que explica a lenta progressão dos componentes das várias curvas, neste período do dia. Os maiores valores de transpiração se encontram entre 13 e 14 horas e a média diária (9,7mg/min/100 cm²) foi, de acordo com a expectativa, superior à da época seca (7,9 mg/min/100 cm²).

Em plena estação das chuvas, como no caso anterior, não se registrou nenhuma tendência à restrição (plantas de 12 meses). A tabela n.º 15 comprova o fato. A interrupção ao meio dia, na curva da transpiração da figura 24, deve-se à ocorrência de uma chuva de alguns minutos de duração. Os valores de transpiração que compõem a figura n.º 25 foram os maiores encontrados para a variedade Co 419 (média diária de 14,5mg/min/100 cm²).

TABELA 14

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — Co 419 — (1-8-1958).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
9,00	++	+++
10,00	++	+++
11,50	++	+++
12,50	++	+++
13,50	++	+++
14,50	+	++
15,50	+	++
16,50	+	++
17,50	±	+

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+

± : infiltração muito fraca

TABELA 15

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — Co 419 — (1-2-1957).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
7,30	++	+++
8,30	++	+++
9,30	++	+++
10,30	++	+++
11,30	++	+++
12,30	++	+++
13,30	++	+++
14,30	++	+++
15,30	++	+++
16,30	++	+++
17,30	++	+++
18,00	+	++

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+

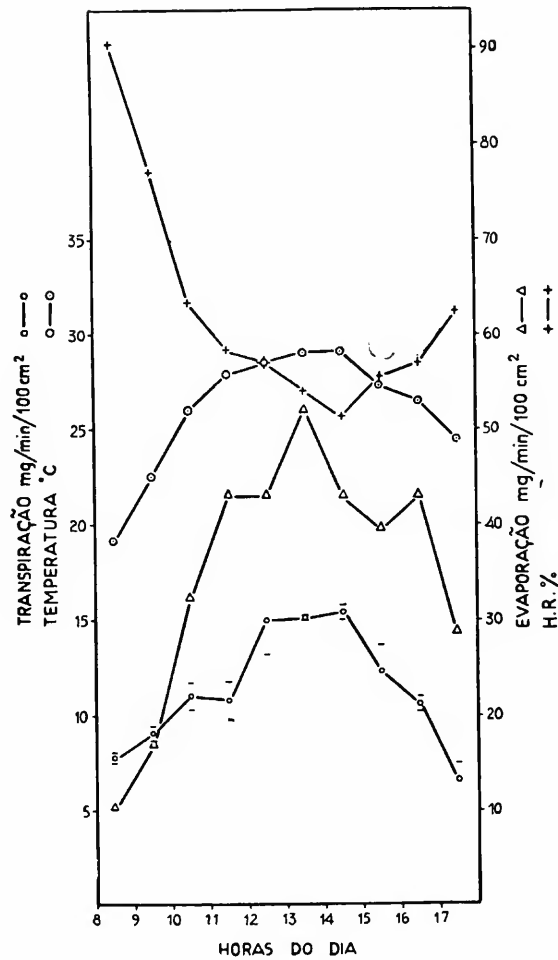


Fig. 20 — Andamento diário da transpiração de cana Co 419 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Fim da estação chuvosa (3-4-58).

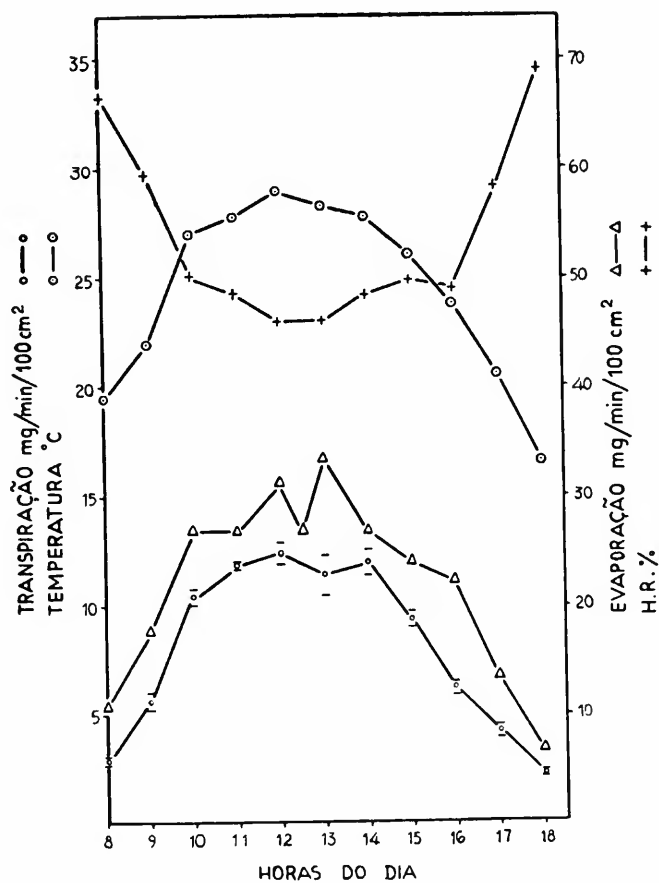


Fig. 21 — Andamento diário da transpiração de cana Co 419 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação seca (5-5-57).

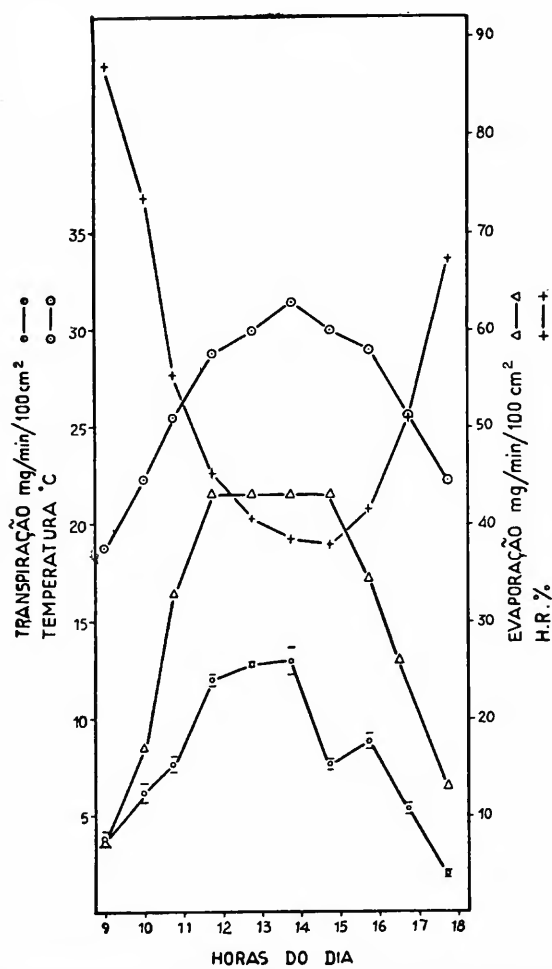


Fig. 22 — Andamento diário da transpiração de cana Co 419 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação seca (1-8-58).

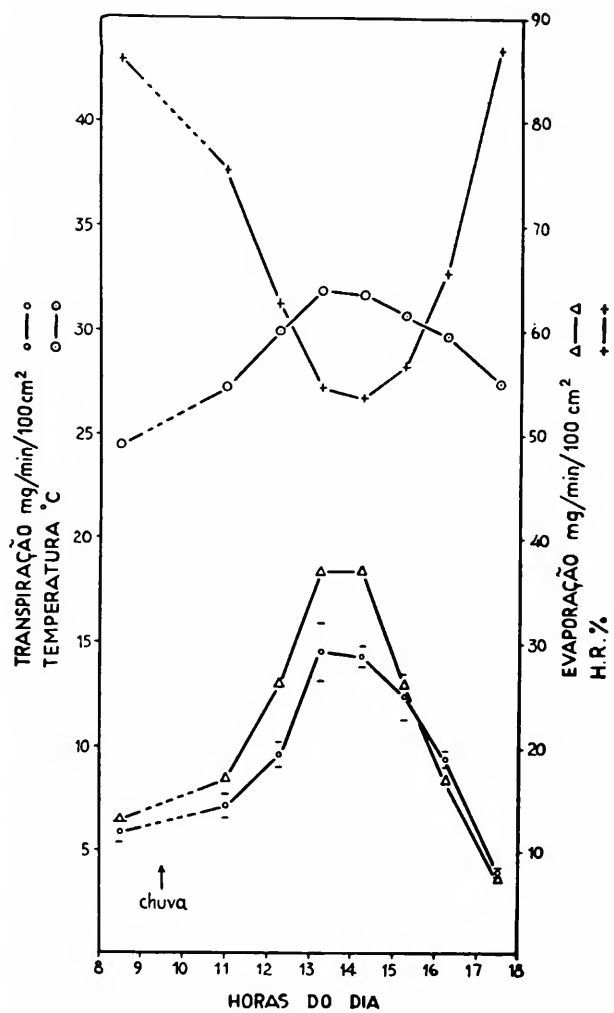


Fig. 23 — Andamento diário da transpiração de cana Co 419 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação chuvosa (12-12-58).

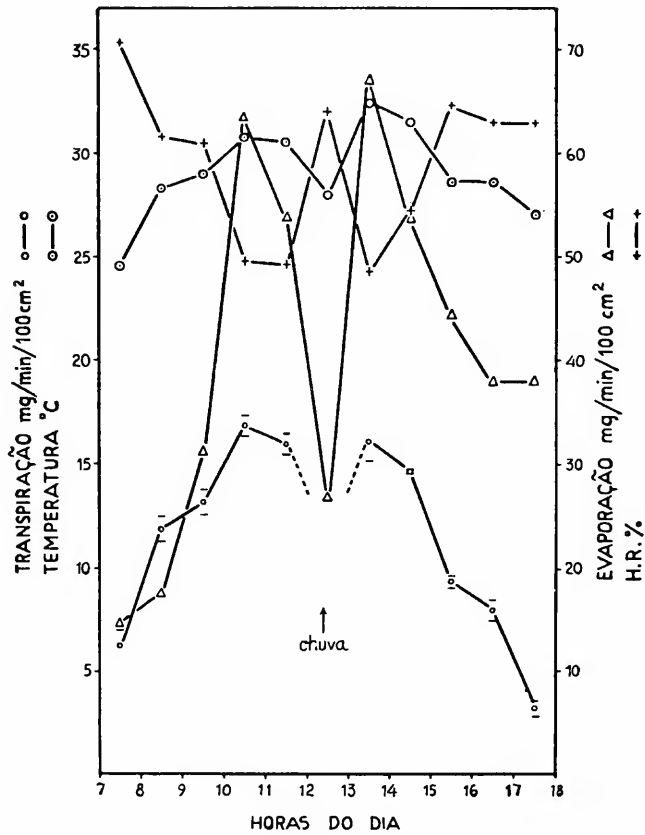


Fig. 24 — Andamento diário da transpiração de cana Co 419 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação chuvosa (8-1-57).

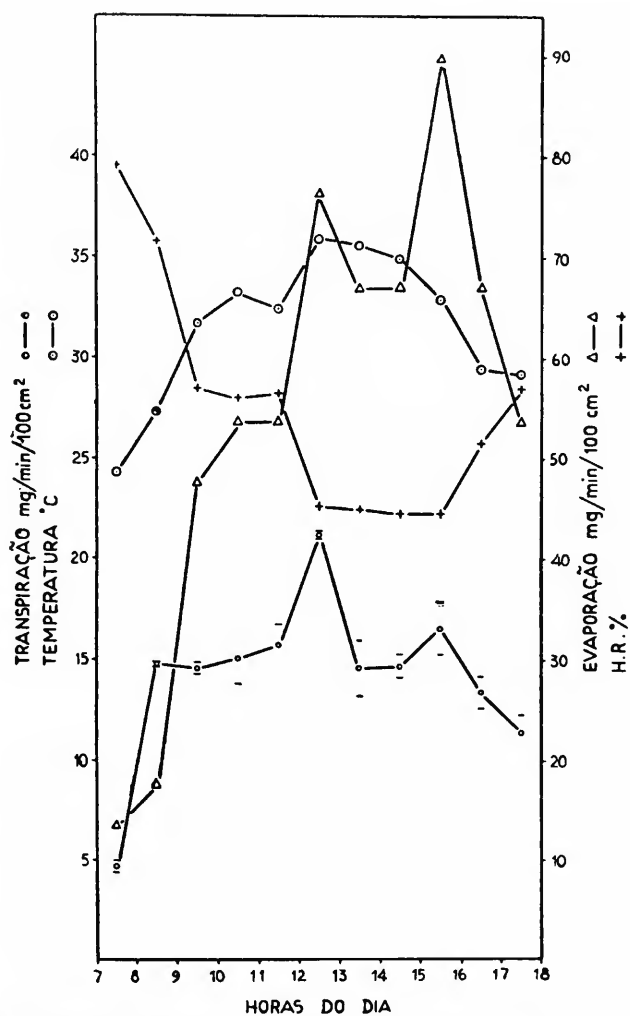


Fig. 25 — Andamento diário da transpiração de cana Co 419 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação chuvosa (1-2-57).

Variedade CB 41-76

O estudo da variedade CB 41-76 foi iniciado com plantas de 13 meses de idade, em abril de 1958. As condições do meio retratadas na figura n.º 26 não são rigorosas e a curva de transpiração acompanha, de modo geral, a de evaporação. O "plateau" observado entre 12 e 14 horas não significa restrição. A própria evaporação sofreu um declínio às 14 horas (nuvem), antes de atingir o máximo valor às 15 horas, quando também a transpiração foi máxima. Deve, ainda, ser lembrado o fato de que a experiência teve lugar num dia precedido por dois outros com copiosas precipitações, de maneira que o solo se achava bastante úmido.

Na estação seca, a limitação da transpiração (plantas de 18 meses) nas horas de condições mais rigorosas se apresenta patente (fig. 27). A curva de transpiração de início ascendente, mostra uma depressão após 13 horas, quando se encontram os maiores valores de evaporação e temperatura e o menor de umidade relativa. Mas as fendas estomáticas foram apenas reduzidas e não cerradas completamente nesse período, como pudemos observar pela infiltração mais fraca (tab. 16). Tal estado perdurou até ao fim do dia. A média

TABELA 16

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — CB 41-76 — (1-8-1958).

Horas	Epiderme superior	Epiderme inferior
8,30	+	++
9,30	++	+++
10,30	++	+++
11,30	++	+++
12,30	++	+++
13,30	+	++
14,30	+	++
15,30	+	++
16,30	+	++
17,30	—	±

+++ : infiltração muito intensa
 ++ : infiltração intensa
 + : infiltração fraca
 ± : infiltração muito fraca
 — : infiltração negativa

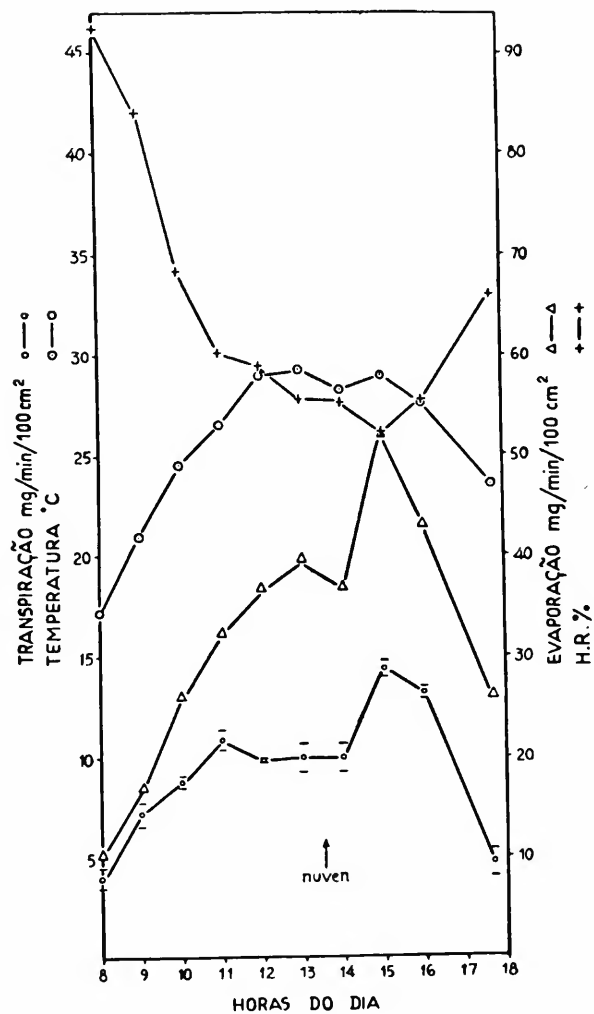


Fig. 26 — Andamento diário da transpiração de cana CB 41-76 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Abril de 1958.

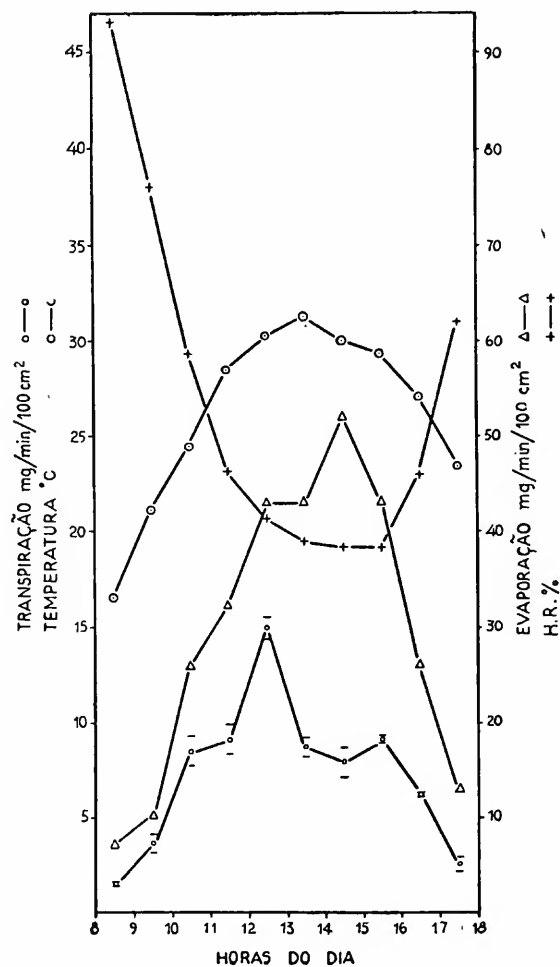


Fig. 27 -- Andmento diário da transpiração de cana CB 41-76 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação seca (1-8-58).

diária da transpiração ($7,3\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$) foi inferior à da época anterior ($9,3\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$).

No início da estação das chuvas, plantas de 9 meses de idade não apresentaram restrição. Os valores de transpiração (média diária de $7,9\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$), que integram a curva da figura n.º 28, assim como os de evaporação (média diária de $22,2\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$), foram relativamente baixos.

Quanto aos resultados apresentados na figura 29, devemos salientar que fortíssimos ventos ocasionaram uma evaporação realmente elevada. Assim, às 12,30 horas, ela atingiu a $135\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$, acompanhando o máximo de temperatura e o mínimo de umidade relativa. A curva de transpiração (plantas de 12 meses) teve quase o mesmo andamento que a da evaporação, mas não houve perfeita proporcionalidade na variação dos valores. Isto pode ser parcialmente atribuído, como em vários casos anteriores, ao fato de que, enquanto o evaporímetro permanecia completamente desabrigado do vento, as folhas eram pesadas numa caixa de vidro aberta apenas na face anterior. Todavia, a menor intensidade de infiltração observada após as 12,30 horas, nos leva a admitir que as folhas, em face da violência incomum do vento e conseqüente aumento no déficit de saturação, tenham diminuído as fendas estomáticas (tab. 17).

TABELA 17

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — CB 41-76 — (28-2-1959).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
8,00	++	+++
9,30	++	+++
11,00	++	+++
12,30	++	+++
14,00	+	++
15,30	+	++
17,00	+	++
18,00	+	+

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+ : infiltração fraca

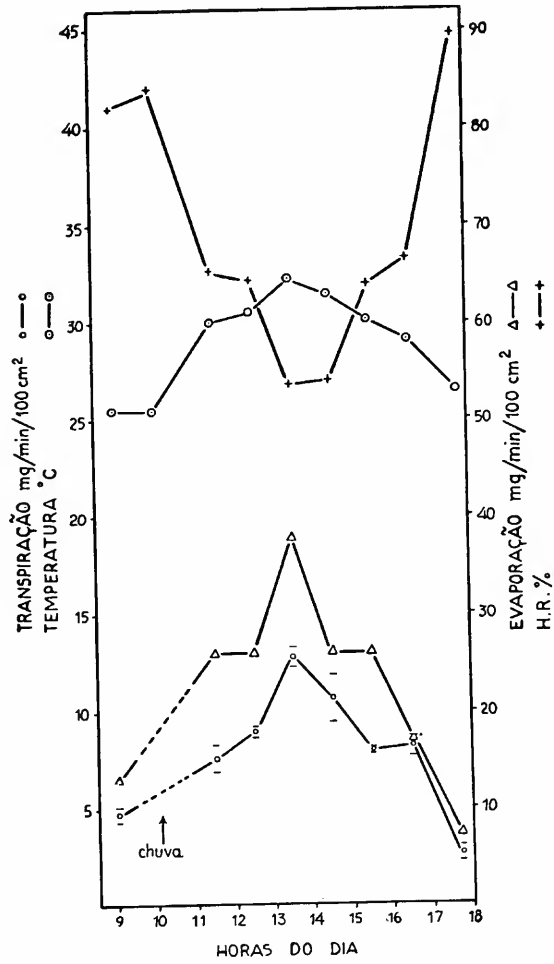


Fig. 28 — Andamento diário da transpiração de cana CB 41-76 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação chuvosa (12-12-58).

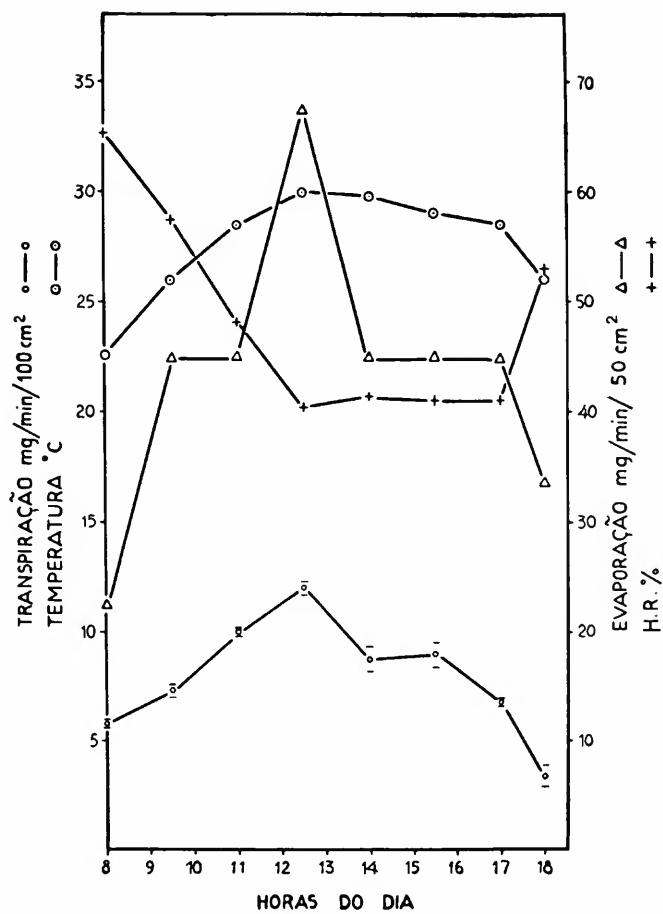


Fig. 29 — Andamento diário da transpiração de cana CB 41-76 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação chuvosa (28-2-59).

Variedade CB 40-69

Na primeira experimentação feita com esta variedade, em abril de 1958, foram tomadas plantas de 13 meses. Como se pode verificar na figura 30, há íntima correlação entre a evaporação e a transpiração, cuja média diária foi considerável: 12,5mg/min/100 cm². A infiltração com xilol não denunciou qualquer modificação nas fendas estomáticas durante todo o dia.

Na época seca, embora pouco perceptível na curva da transpiração (fig. 31), foi notada uma redução nas aberturas estomáticas, no período da tarde, após as 14 horas (tab. 18). Nesta hora a umidade relativa desceu a 35%, valor muito inferior ao observado no início da experiência: 85%. (Idade das plantas = 18 meses).

TABELA 18

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — CB 40-69 — (2-8-1958).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
9,00	++	+++
10,00	++	+++
11,00	++	+++
12,00	++	+++
13,00	++	+++
14,00	++	+++
15,00	+	++
16,00	+	++
17,00	+	++
17,30	±	+

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

+

± : infiltração muito fraca

A transpiração da variedade CB 40-69 (plantas de 9 meses), no início da estação das chuvas, foi bem elevada. Na experiência resumida na fig. 32, a média diária alcançada foi de 12,6mg/min/100 cm².

Finalmente, em plena estação das chuvas, esta variedade com 12 meses de idade, em condições de evaporação (média diária de 98,6mg/min/100 cm²) extremamente severas (fig. 33), como as assi-

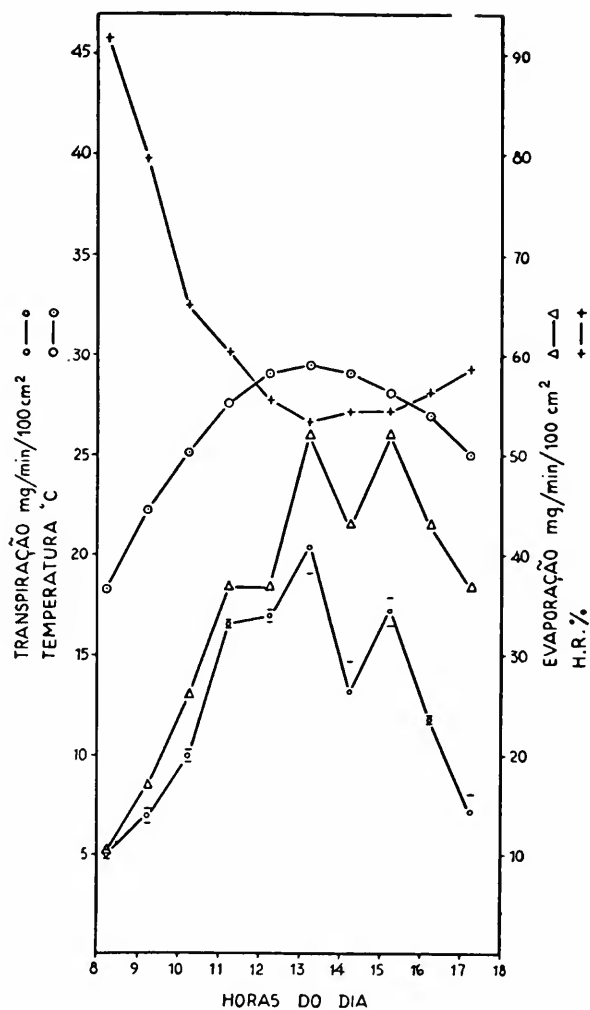


Fig. 30 — Andamento diário da transpiração de cana CB 40-69 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Abril de 1958.

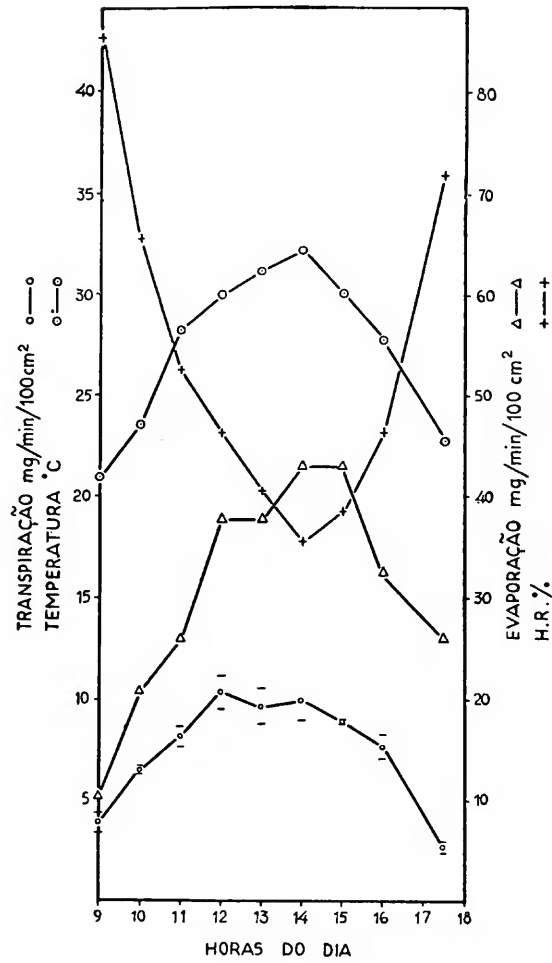


Fig. 31 — Andamento diário da transpiração de cana CB 40-69 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação seca (2-8-58).

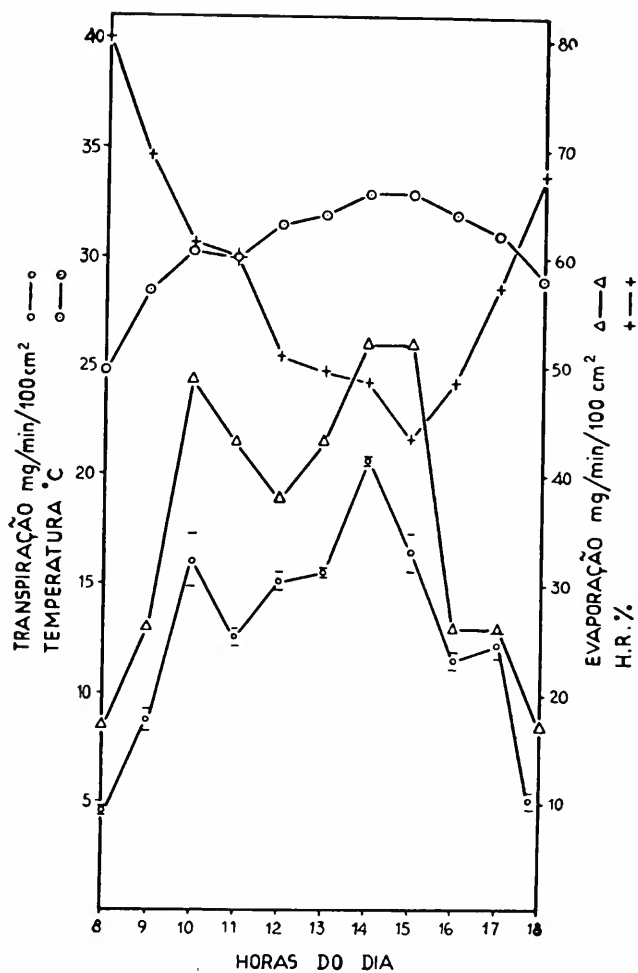


Fig. 32 — Andamento diário da transpiração de cana CB 40-69 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Início da estação chuvosa (13-12-58).

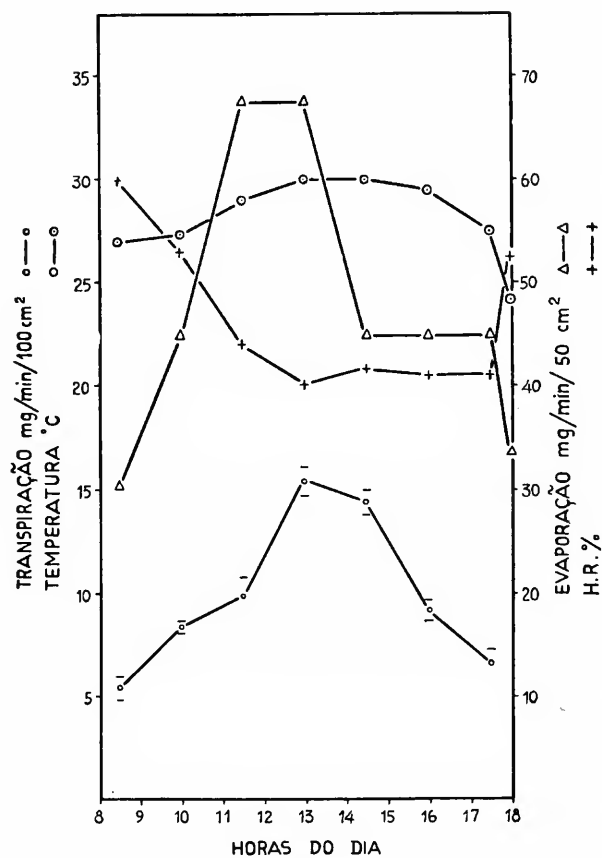


Fig. 33 — Andamento diário da transpiração de cana CB 40-69 e da evaporação, temperatura e umidade relativa. Estação chuvosa (28-2-59).

naladas para a CB 41-76, na mesma época, apresentou valores relativamente baixos de transpiração (média diária de 9,9mg/min/100 cm²), mas não demonstrou, quando examinada com xilol, redução nas aberturas estomáticas no decurso da experiência (tab. 19).

TABELA 19

Grau de infiltração estomática com xilol, no decurso do dia, em condições de campo. — CB 40-69 — (28-2-1959).

H o r a s	Epiderme superior	Epiderme inferior
8,30	++	+++
10,00	++	+++
11,30	++	+++
13,00	++	+++
14,30	++	+++
16,00	++	+++
17,30	++	+++

+++ : infiltração muito intensa

++ : infiltração intensa

TRANSPIRAÇÃO RELATIVA

Devemos salientar, em primeiro lugar, que o valor da transpiração relativa (Transpiração/Evaporação x 100) *, está sujeita a variações de ano para ano, de uma época para outra num mesmo ano e, por sua íntima dependência dos fatores climatológicos reinantes, além do comportamento intrínseco ao vegetal, pode variar muito nas diversas horas de um mesmo dia (11, 23, 36).

O estudo da transpiração relativa da variedade Co 290 efetuado em condições de laboratório, não mostrou oscilações muito pronunciadas nas diferentes épocas do ano, estando as médias diárias (vide capítulo referente à metodologia) compreendidas entre 29,4 e 38,6%. As médias diárias mais altas foram encontradas na época chuvosa (34,6%) e início da estação seca (38,6%) e as mais baixas no período seco e início da estação chuvosa (em tórno de 29%). A explicação para êsses fatos poderia, talvez, ser dada em função da quantidade de reserva d'água disponível no solo nas épocas consideradas.

* O conceito da transpiração relativa foi introduzido na literatura ecológica por Livingston, em 1906 (vide 23).

Quanto às variações nas diferentes horas de um dia, verificamos serem maiores que as observadas entre as médias diárias encontradas em diversas épocas. A tabela 20 (Co 290-laboratório) mostra os máximos e os mínimos determinados no decorrer de um dia no início da seca, no período seco, início da estação chuvosa e plena estação chuvosa. Além da grande amplitude de variação, podemos notar que os máximos da estação chuvosa e início da seca foram superiores aos da época seca e início da estação chuvosa.

Todos os máximos foram estabelecidos entre 11-12 horas, em concordância com os valores mais altos de transpiração absoluta e de evaporação, com exceção da estação seca em que o máximo da transpiração relativa antecedeu de 2 horas os referidos valores absolutos de transpiração e evaporação.

TABELA 20

Transpiração relativa %
Co 290 (Laboratório)

<i>Data da exp.</i>	1-6-56	27-7-56	9-11-56	27-12-56
Máximos	47,4 (11 h)	35,5 (11,30 h)	42,6 (12 h)	45,9 (11 h)
Mínimos	20,0 (17 h)	20,3 (17,30 h)	14,1 (17 h)	12,1 (18 h)

Co 290 (Campo)

<i>Data da exp.</i>	5-5-57	8-7-56	24-10-56	8-1-57
Máximos	36,1 (10,30 h)	27,7 (10,30 h)	17,9 (13 h)	29,8 (9 h)
Mínimos	23,8 (17,30 h)	13,4 (12,30 h)	8,2 (18 h)	3,8 (17 h)

Co 419 (Campo)

<i>Data da exp.</i>	3-4-58	1-8-58	8-1-57	5-5-57
Máximos	75,0 (8,30 h)	52,7 (9 h)	67,6 (8,30 h)	44,7 (14 h)
Mínimos	22,9 (17,30 h)	15,3 (17,50 h)	8,4 (17,30 h)	26,1 (8 h)

CB 41-76 (Campo)

<i>Data da exp.</i>	3-4-58	1-8-58	12-12-58	28-2-59
Máximos	42,1 (9 h)	37,1 (12,30 h)	47,9 (16,30 h)	12,9 (8 h)
Mínimos	18,0 (17,40 h)	20,0 (17,30 h)	29,2 (11,30 h)	5,0 (18 h)

CB 40-69 (Campo)

<i>Data da exp.</i>	3-4-58	2-8-58	13-12-58	28-2-59
Máximos	48,0 (8,15 h)	37,5 (9 h)	47,3 (17 h)	15,9 (14,30 h)
Mínimos	19,5 (17,15 h)	10,4 (17,30 h)	26,9 (8 h)	7,3 (17,30 h)

Os mínimos foram sempre encontrados no fim do dia (17-18 horas, dentro do limite do horário em que as experiências foram efetuadas), sendo o valor obtido na estação seca superior ao encontrado na estação chuvosa. O aparente paradoxo poderia ser explicado em função da temperatura e da umidade relativa que no verão, por exemplo, propiciam um declínio mais lento da evaporação, enquanto que a transpiração diminui mais rapidamente em virtude do fechamento fototativo dos estômatos ao entardecer (constatado pelo método de infiltração com xilol).

No campo (tab. 21), as médias diárias de transpiração relativa mostraram variações um pouco maiores que no laboratório cujas condições ambientes eram mais regulares. A média diária mais alta (30,6%) foi encontrada no fim da estação das chuvas e a mais baixa (15,2%) no início da estação chuvosa. Mas o pequeno valor encontrado nessa época deve ter sido estabelecido, principalmente, pela grande velocidade do vento que acarretou uma evaporação elevada, sem que a transpiração tenha acompanhado, proporcionalmente, tal elevação, embora os estômatos se mantivessem abertos.

A tabela 20 (Co 290 — campo) apresenta os máximos e os mínimos diários determinados em diversos períodos. Como aconteceu no laboratório, os máximos obtidos na estação chuvosa e início da seca foram superiores aos da estação seca e início das chuvas.

A variedade Co 419 apresentou médias diárias de transpiração relativa que variaram de 26 a 38% em diferentes épocas. Um confronto com a Co 290 (tab. 21), considerando-se os dados determinados em circunstâncias essencialmente comparáveis (janeiro, fevereiro e maio de 1957), nos mostra que a Co 419 apresenta, sempre, médias diárias mais altas que a Co 290. Os valores mais altos foram encontrados no período intermediário (maio, abril) entre a estação chuvosa e seca. Nesses meses, provavelmente, todos os fatores (água do solo abundante, evaporação e temperatura moderadas) concorreram para o desenvolvimento favorável da cana de açúcar que pôde manter num nível adequado, os vários processos metabólicos, entre os quais transpiração e assimilação.

Os máximos e os mínimos relativos aos dias dos meses de abril, agosto, janeiro e maio estão expostos na tab. 20 (Co 419).

TABELA 21
Transpiração relativa em %
(médias diárias)

M e s e s	Co 290	Co 419	CB 41-76	CB 40-69
Julho (1956)	20,2	—	—	—
Outubro	15,2	—	—	—
Janeiro (1957)	20,4	28,9	—	—
Fevereiro	25,3	26,2	—	—
Maio	30,6	38,0	—	—
Abril (1958)	—	32,2	29,4	36,1
Agosto	—	26,5	25,1	25,3
Dezembro	—	—	35,0	35,7
Fevereiro (1959)	—	—	9,0	10,2

As duas variedades CB (tab. 21), estudadas em condições bem comparáveis, não apresentaram entre si, diferenças pronunciadas, a não ser média diária mais alta para a CB 40-69 na determinação efetuada em abril de 1958. A transpiração relativa da Co 419, determinada nessa mesma ocasião, ocupa uma posição intermediária entre as duas CB: a CB 40-69 foi a variedade cuja transpiração relativa se apresentou mais elevada, seguindo-se a Co 419 e CB 41-76.

A tabela 21 mostra, ainda, que as variações nas diversas épocas não foram, de modo geral, muito grandes. Na época seca, as médias diárias foram mais baixas do que na estação chuvosa (com exceção das determinações de fevereiro de 1959) e fim da mesma, o que pode ser explicado pela ligeira restrição no andamento diário da transpiração. Em ambas as variedades, de fato, a partir do meio-dia, os valores de transpiração relativa foram sempre inferiores à média diária, estando os maiores no período entre 9 horas e meio-dia.

A tabela 20 (CB 41-76 e CB 40-69) apresenta as variações observadas no decorrer dos dias nas diferentes épocas. O decréscimo considerável da transpiração relativa em fevereiro de 1959, deve ter sido causado pelo vento. Dentre os possíveis efeitos do vento sobre a diminuição da transpiração relativa, podem ser destacados os seguintes: a — E' sabido que, em ambiente calmo, a evaporação através de um sistema de poros não se faz proporcionalmente à área das aberturas, mas ao diâmetro das mesmas, como foi calculado por

Stefan em 1881 e experimentalmente demonstrado por Brown e Escombe e outros, entre os quais Sierp, Seybold, Huber, van den Honert e Bangué (cf. 18, 23 e 34). Assim se explica o fato de que, embora a área das aberturas estomáticas de uma fôlha corresponda a uma pequena parte (1-3%) da superfície total (34), a transpiração total poderá chegar a 60-70% do valor da evaporação de igual superfície livre de água ou de um evaporímetro. No ar agitado (remoção das camadas de vapor d'água em difusão), porém, a evaporação através de um sistema de poros não mais será determinada pelo diâmetro dos mesmos, mas mais aproximadamente, pela área das aberturas (vide 23 ou 34). Assim, o aumento no valor da evaporação livre causado pelo vento (medidas efetuadas no evaporímetro), deverá ser muito maior que o aumento do valor da transpiração de uma fôlha de igual superfície total, mas de área transpirante efetiva muito menor (1-3%).

b — O fato já considerado no capítulo do andamento diário da transpiração de que, enquanto o evaporímetro permanecia desabrigado ao vento, as fôlhas eram pesadas em caixa de vidro aberta na face anterior.

c — As variações do grau de abertura estomática apresentadas pelas fôlhas expostas ao vento podem ter influído nos valores de transpiração (vide o capítulo referente ao andamento anual da transpiração).

Do que acabamos de expor, podemos salientar que na cana de açúcar, as variações nas diferentes épocas do ano foram pequenas e muito menores que as observadas no decorrer de um dia. Isto pode decorrer do fato de que a amplitude de variação da temperatura e da umidade relativa se apresente maior no decurso de um dia do que entre as médias diárias das diferentes épocas do ano. Por outro lado, tal comportamento mostra que as variedades de cana estudadas encontram-se, atualmente, em condições mesoiológicas favoráveis, sem necessidade de restrições sensíveis em tôdas as épocas consideradas. Em vegetais que vivem nos ambientes mais rigorosos, o comportamento transpiratório deverá ser muito diverso. Ferri (10), por exemplo, verificou que as plantas da Caatinga (Paulo Afonso), apresentavam nas duas épocas em que foram estudadas, diferenças consideráveis nos valores de transpiração relativa. Assim, em abril de 1952

(precipitação = 18,2 mm), *Spondias tuberosa* apresentou transpiração relativa igual a 10,6% e em janeiro de 1953 (precipitação = 2,9 mm), 0,5%. *Jatropha phyllacantha*, por sua vez, apresentou 18,8% em abril e 1,3% em janeiro. Essas diferenças bem marcantes da transpiração relativa demonstram uma regulação estomática da transpiração.

Como já assinalamos na parte da metodologia, os nossos valores de evaporação foram obtidos com o evaporímetro de Piche e não com um "Blatt-evaporimeter", usado pela maioria dos autores para a determinação da transpiração relativa. E' sabido que o tipo de evaporímetro influi nos valores absolutos de evaporação e conseqüentemente, nos da transpiração relativa. Dêsse modo, deixamos de estabelecer comparações com os dados de transpiração relativa determinados por outros autores, limitando-nos às 4 variedades de cana de açúcar, onde o método empregado foi sempre o mesmo.

ANDAMENTO ANUAL DA TRANSPIRAÇÃO

Os dados que compõem as curvas do andamento diário da transpiração, nas diferentes épocas do ano, podem ser reunidos para construção das curvas de andamento anual da transpiração. Tais curvas nos fornecem uma síntese do comportamento transpiratório das variedades consideradas, no decorrer do ano.

E' sabido que vários fatores influem no andamento anual da transpiração. Stocker (37) enumera, entre outros, o déficit de saturação do ar que age sobre a evaporação e conseqüentemente sobre o possível potencial da transpiração; a quantidade de água aproveitável do solo, como fator limitante do potencial absoluto da transpiração; a estrutura e a capacidade de reação fisiológica apresentadas pelo vegetal.

A variedade Co 290 (fig. 34), que em estudos periódicos do andamento diário da transpiração não demonstrou nenhuma restrição, apresenta uma curva anual concordante com a da evaporação.

Na variedade Co 419, a curva da transpiração também segue, em linhas gerais, a da evaporação (fig. 35). Mas, esta variedade apresentou, na época seca, uma redução nas suas fendas estomáticas,

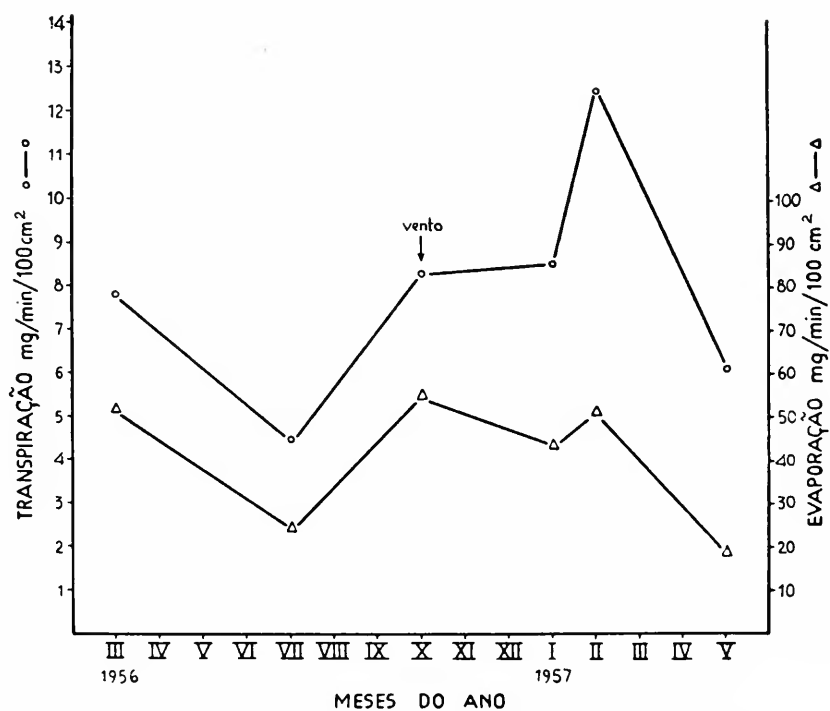


Fig. 34 — Co 290 — Andamento anual da transpiração e da evaporação.

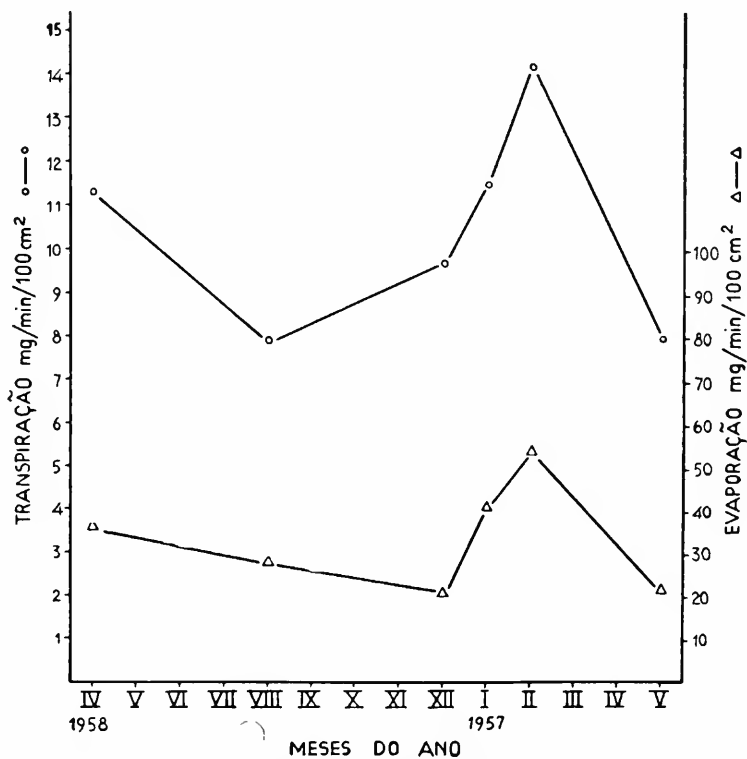


Fig. 35 — Co 419 — Andamento anual da transpiração e da evaporação.

o que deve ter sido a causa da maior queda na curva da transpiração anual, em relação à da evaporação, nessa época (ponto correspondente a agosto de 1958 na fig. 35).

A figura 36 mostra que a CB 41-76, em quase tôdas as estações, teve a transpiração moldada pelos fatores que agem sobre a evaporação. A restrição apresentada na época seca (fig. 27) não se fez evi-

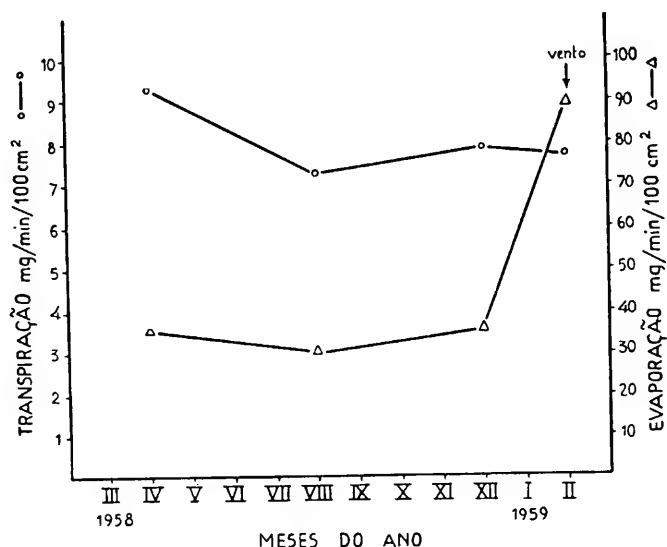


Fig. 36 — CB 41-76 — Andamento anual da transpiração e da evaporação.

dente, mesmo porque, nesta variedade, a variação dos valores da transpiração, no decorrer do ano, foi muito menor em relação à Co 419. No entanto, a queda causada pelo vento, na estação chuvosa, foi bem nítida.

A CB 40-69, tal como a Co 419, apresentou oscilações pronunciadas na grandeza da transpiração (fig. 37). Nas épocas favoráveis (abril e dezembro), os valores foram muito altos, ao passo que na estação seca se verificou uma grande depressão. Como na variedade CB 41-76, observou-se, na estação chuvosa, uma queda acentuada (vento). Segundo Stocker (37), dentro de certos limites, a influência do vento sobre a razão da transpiração em plantas com bom suprimento d'água, varia de acordo com as diversidades específicas.

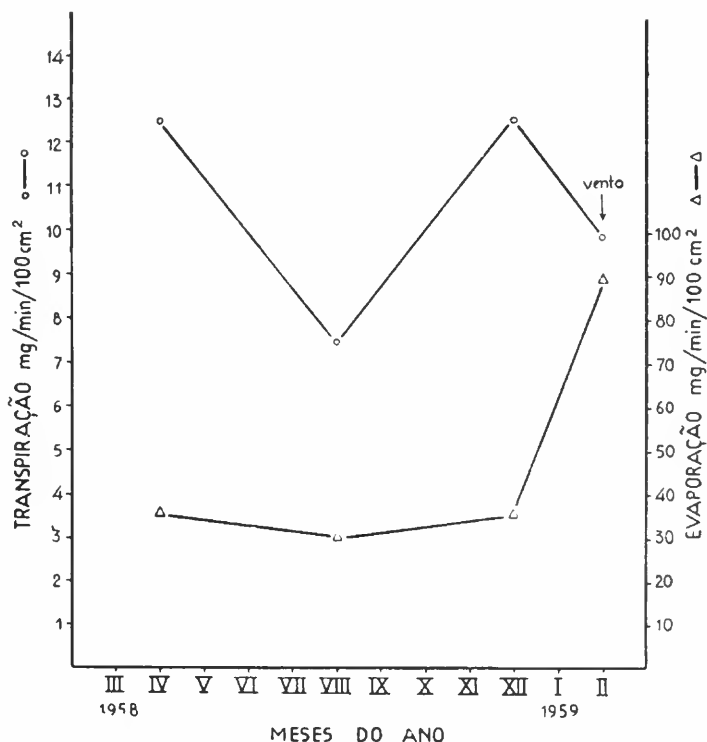


Fig. 37 — CB 40-69 — Andamento anual da transpiração e da evaporação.

Assim, de um lado, a transpiração pode aumentar, acompanhando a evaporação e, de outro, o efeito do vento pode se fazer notar em menor proporção (como no caso da Co 290 em outubro de 1956), ou ainda acarretar uma diminuição (caso das CB em fevereiro de 1959). Isto se deve, provavelmente, a diferentes graus de abertura estomática nas plantas. Wrenger (cf. 34) verificou haver uma estreita correlação entre a porcentagem de aumento da transpiração ao vento e o grau de abertura dos estômatos. Bange (cf. 34) igualmente, investigando a ação do vento sobre a transpiração, demonstrou que esta aumenta em proporção linear ao grau de abertura das fendas, exceto quando as aberturas estão extremamente reduzidas. Neste caso, as variações das aberturas se refletem, com maior intensidade, nos valores da transpiração.

E' interessante observar que o comportamento transpiratório anual da cana de açúcar difere bastante do apresentado pela bananeira (*Musa cavendishii*). Este vegetal, estudado por Morello (25) nas condições da cidade de São Paulo, apresentou transpiração mais

pronunciada na estação seca e menor no verão chuvoso, se bem que as diferenças não sejam grandes.

CONSUMO TOTAL ANUAL

A ordem de grandeza do consumo total de água, de uma área cultivada com cana de açúcar, pode ser avaliada, conhecendo-se a superfície foliar transpirante nela existente e a quantidade de água perdida por unidade de superfície.

O cálculo da superfície foliar de uma área cultivada com cana, obedeceu às seguintes operações. Foram colhidas 10 amostras da ponta de fôlhas, 10 do meio e 10 da base. Seus pesos e superfícies foram determinados (24, p. 539, tab. 7) e a partir destes, obtivemos o pêso fresco médio para 100 cm² de superfície foliar. Em seguida, tôdas as fôlhas de uma área cultivada de 100m², foram cortadas e pesadas. Da relação entre o pêso assim encontrado e o estabelecido para 100cm² da amostra, resultou a superfície foliar total da área considerada.

Essas determinações foram repetidas (5 vezes para a Co 290 e 4 para as demais) em diferentes idades e épocas do ano. Os resultados parciais, assim como as médias finais, estão representados nas respectivas tabelas (n.ºs 22, 23, 24 e 25).

De modo geral, o máximo de desenvolvimento foliar se verifica, nas variedades estudadas, entre 9 e 16 meses, com um visível declí-

TABELA 22
Relação entre pêso fresco e superfície foliar
Co 290

Idade em meses	Pêso fresco em mg/100cm ²	Pêso das fôlhas de 100m ² de plantação em kg	Superfície foliar em m ² /100m ² de plantação
9	1 725	173,0	1 002,8
12	1 862	135,5	727,6
13	2 039	230,0	1 127,7
16	2 255	241,0	1 068,8
16	2 198	85,0	386,7*
Média	2 015	172,9	862,7

* Superfície foliar reduzida em virtude do ataque por lagartas.

nio após 18 meses. Aliás, nesse período, mesmo as canas tardias, atingiram, praticamente, o desenvolvimento conveniente ao corte.

A superfície transpirante média, de 100m² de plantação de Co 290 (tab. 22) foi de 862,7m², o que equivale a 8,6 vezes a área cultivada. A Co 419 (tab. 23), apresentou maior superfície: 920,6m². Das variedades brasileiras, a que alcançou desenvolvimento foliar superior às Co, foi a CB 40-69 com 957,2m² (tab. 25). A CB 41-76 com 901,1m² (tab. 24) não ultrapassou senão a Co 290.

TABELA 23

Relação entre peso fresco e superfície foliar
Co 419

Idade em meses	Peso fresco em mg/100cm ²	Peso das folhas de 100m ² de plantação em kg	Superfície foliar em m ² /100m ² de plantação
9	2 094	164,0	783,1
12	2 258	280,0	1 239,8
16	2 071	255,0	1 230,9
18	2 193	94,0	428,6
Média	2 154	198,2	920,6

Embora vários fatores como o tipo do solo, o clima, a idade, variedades, etc., interfiram no desenvolvimento foliar, nossos resultados, acima referidos, são da mesma ordem de grandeza dos encontrados por outros autores (cf. 6, pp. 29 e 31), por métodos diferentes.

Assim, os dados citados por van Dillewijn foram calculados da forma seguinte: uma folha bem desenvolvida possui, considerando-se

TABELA 24

Relação entre peso fresco e superfície foliar
CB 41-76

Idade em meses	Peso fresco em mg/100cm ²	Peso das folhas de 100m ² de plantação em kg	Superfície foliar em m ² /100m ² de plantação
9	1 886	101,2	536,5
12	1 890	152,5	806,8
13	1 879	330,0	1 756,2
18	2 185	110,4	505,2
Média	1 960	173,5	901,1

as duas faces, uma superfície aproximada de $0,10\text{m}^2$, o que leva um colmo, com 10 folhas em média, a apresentar uma área total de 1m^2 . Avaliando-se que num hectare de cultura são encontrados 70.000 colmos, a superfície transpirante total ocupará 700.000m^2 , isto é, 7 vezes a área cultivada considerada.

Os nossos resultados variaram de 8,6 a 9,5 vezes a superfície do solo, sendo o número de colmos presentes num hectare, de 75.000 a 80.000. As canas mais precoces (31) foram as que apresentaram maior superfície foliar: Co 419 e CB 40-69. Isto concorda com as determinações de Loh e Chen, realizadas em Formosa, com as variedades F 108 (Formosa), precoce e POJ 2883 (Proof-Station Ost-Java), tardia (cf. 6, p. 100).

Determinada a superfície média transpirante de 100m^2 de plantação, devemos verificar, a seguir, a quantidade de água por ela perdida.

Sabemos, através das determinações do andamento diário da transpiração realizadas em diversas épocas do ano, que a variedade Co 290, por exemplo, transpira em média $8,0\text{mg}/\text{min}/100\text{ cm}^2$. No mesmo lapso de tempo, a superfície foliar de $862,7\text{m}^2$ (correspon-

TABELA 25
Relação entre pêso fresco e superfície foliar
CB 40-69

Idade em meses	Pêso fresco em $\text{mg}/100\text{cm}^2$	Pêso das folhas de 100m^2 de plantação em kg	Superfície foliar em $\text{m}^2/100\text{m}^2$ de plantação
9	1 999	133,4	667,2
12	1 912	143,0	747,7
13	1 866	325,0	1 741,2
18	2 140	144,0	672,8
Média	1 979	186,3	957,2

dente a 100 m^2 de área cultivada) perderá 690.160 mg . Se, no período de um ano, considerarmos 200 dias com 12 horas de transpiração e 150 dias com 10 horas (baseado no número de horas em que as folhas mostram infiltração positiva durante o dia), perfazendo um total de 3.900 horas ou 234.000 minutos (vide 24, p. 540)*,

* Os autores tecem considerações sobre o critério mais ou menos arbitrário dessa estimativa, levado a efeito por força das circunstâncias.

a mesma área acima mencionada terá um consumo anual de aproximadamente 1.600.000 litros. O valor de perda d'água, por hectare cultivado, será de 16.000.000 de litros por ano.

Da mesma forma avaliamos a ordem de grandeza do consumo anual das demais variedades. Na tabela 26 estão expostos os valores médios de transpiração, por unidade de superfície (mg/min/100 cm²), consumo anual em litros por hectare e, ainda, o equivalente à precipitação, em milímetros.

TABELA 26
Valores de transpiração de cana

Variedades	Transpiração mg/min/100cm ²	Transp. anual litros/hectare	Transp. anual mm
Co 290	8,0	16 000 000	1 600
Co 419	10,4	22 000 000	2 200
CB 41-76	8,0	16 000 000	1 600
CB 40-69	10,5	23 000 000	2 300

Queda pluviométrica anual da região em que os estudos foram efetuados: 1 400 mm

Em função direta dos valores de transpiração e do desenvolvimento foliar, a CB 40-69 e a Co 419, apresentaram maior consumo hídrico, com uma ligeira superioridade para a primeira. Além disso, a tabela nos indica, que a quantidade de água perdida por essas variedades ultrapassa de muito a queda pluviométrica anual da região (1.400 mm — média de 66 anos, obtida na Usina Ester, Cosmópolis). Mesmo as variedades CB 41-76 e Co 290, de consumo sensivelmente inferior à Co 419 e à CB 40-69, ainda superam a média da precipitação anual.

Para que possamos apreciar melhor a questão, apresentamos, a seguir, gráficos contendo alguns dados comparativos de transpiração e precipitação, obtidos no decorrer dos anos 1956 a 1959. Os valores da transpiração mensal que compõem os gráficos 38, 39, 40 e 41, traduzem as condições reais existentes numa plantação normal de

cana, nas diferentes épocas em que foram efetuadas as experiências. Assim, cada ponto da curva é o produto da transpiração diária apresentada por uma área cultivada (com determinada superfície foliar), pelo número de dias do mês correspondente.

A figura n.º 38 mostra que na variedade Co 290, apenas 2 das 6 determinações de transpiração se apresentaram inferiores às precipitações mensais correspondentes. Em julho de 1956, as chuvas foram relativamente abundantes (120 mm) para uma estação seca. E a transpiração, como consequência das condições de evaporação associadas à redução da superfície foliar (consequência do ataque por lagartas), apresentou-se mínima. Em janeiro de 1957, a transpiração alcançou apenas 55% da precipitação, cujo valor foi de 391 mm.

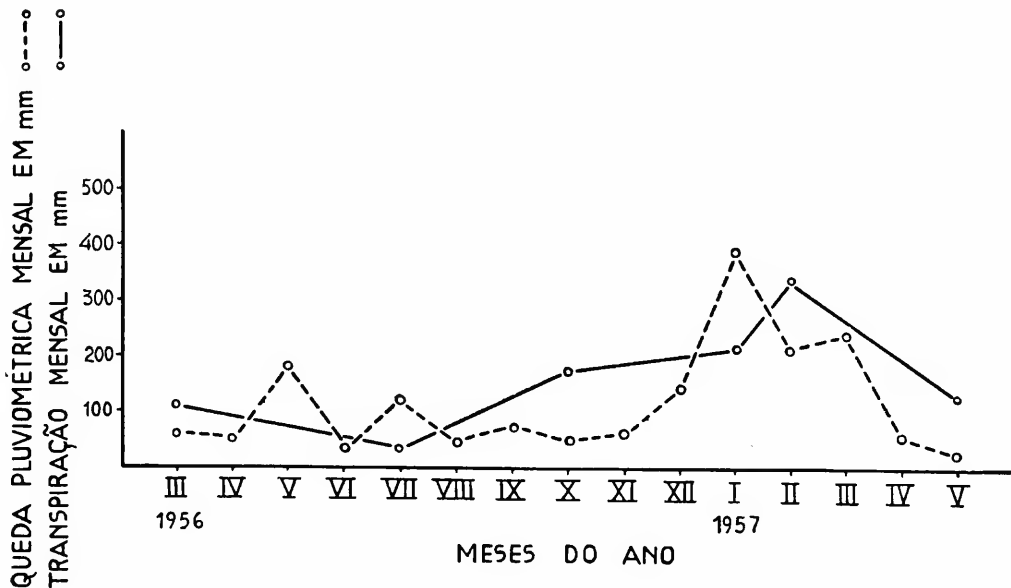


Fig. 38 — Co 290 — Curvas comparativas do consumo hídrico e pluviosidade mensal (dados obtidos na Usina Ester, Cosmópolis).

A transpiração de Co 419, suplantou de modo notável as precipitações nas várias épocas em que foram feitas as determinações, com exceção de janeiro de 1957 (fig. 39).

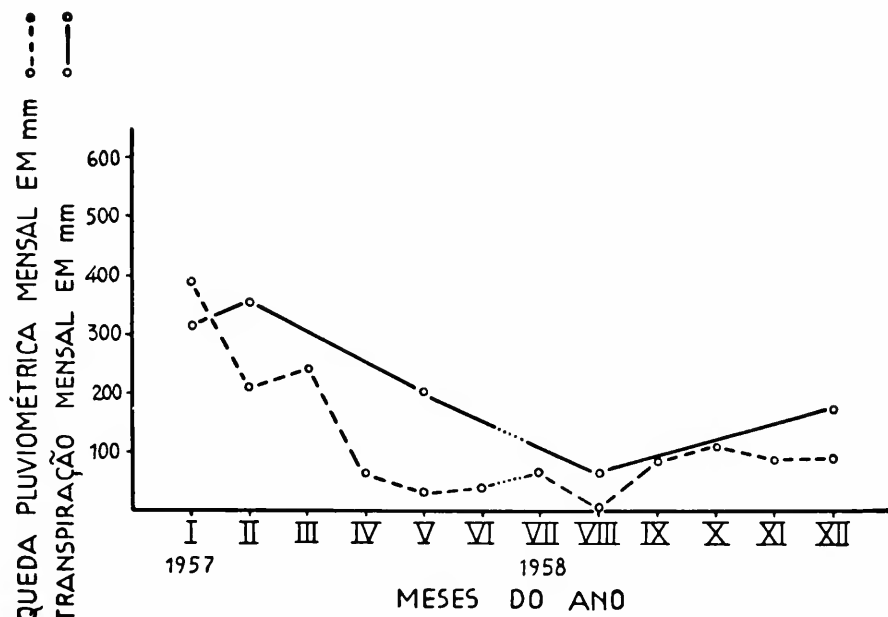


Fig. 39 — Co 419 — Curvas comparativas do consumo hídrico e pluviosidade mensal (dados obtidos na Usina Ester, Cosmópolis).

A CB 41-76, de consumo apenas superior à Co 290, mostrou, igualmente, excluída a estação chuvosa, um balanço negativo (fig. 40).

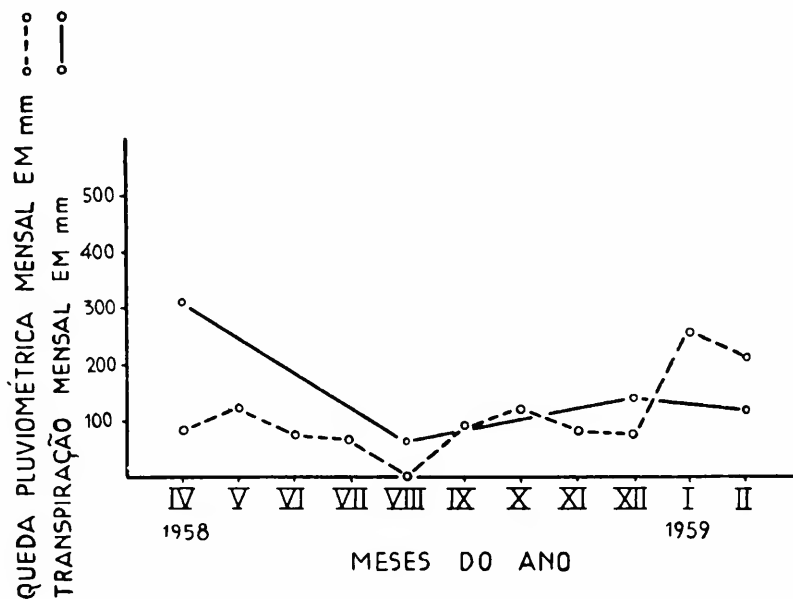


Fig. 40 — CB 41-76 — Curvas comparativas do consumo hídrico e pluviosidade mensal (dados obtidos na Usina Ester, Cosmópolis).

A CB 40-69, observadas as proporções devidas ao seu maior consumo, teve o mesmo comportamento da anterior (fig. 41).

Assim, podemos considerar que as precipitações locais foram suficientes para a cobertura da transpiração, somente na estação chuvosa. Na estação seca, ainda que os valores de perda d'água fôsem reduzidos, o balanço d'água se apresentou francamente negativo. Nos demais meses do ano também predominou tal balanço negativo, o que se reflete, claramente, nos resultados gerais apresentados na tabela 26.

Casos semelhantes de vegetais com valores de transpiração superiores aos de precipitação local, são citados com relativa frequência na literatura ecológica. Henrici, por exemplo, verificou que *Eucalyptus* (plantação velha) transpirava, anualmente, 1200 mm e *Acacia mollissima* (plantação velha), 2 500 mm, numa região (Pre-

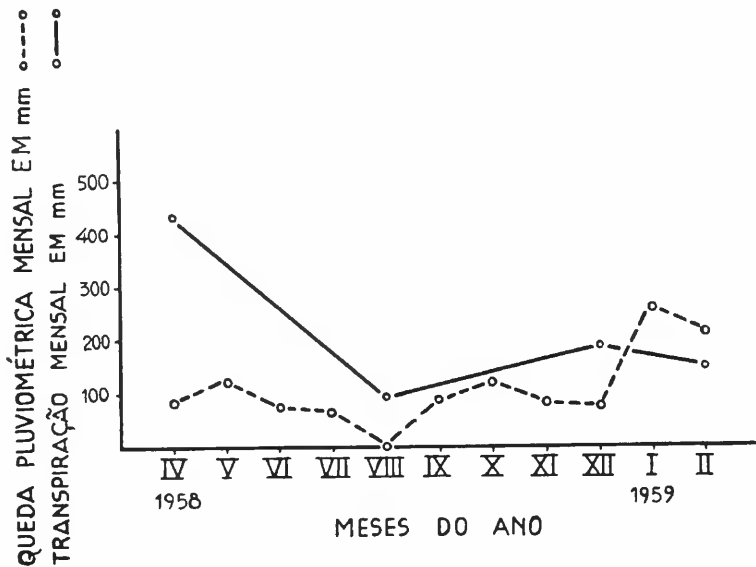


Fig. 41 — CB 40-69 — Curvas comparativas do consumo hídrico e pluviosidade mensal (dados obtidos na Usina Ester, Cosmópolis).

toria) da África do Sul, onde a precipitação anual atingia apenas 760 mm (cf. Stocker, 37). Podemos mencionar ainda, os casos de *Eucalyptus saligna* (14 e 16) e *Cedrela fissilis* (39) que serão detalhadamente discutidos no fim do presente trabalho.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As dificuldades inerentes às pesquisas de campo, não nos permitiram a realização de experimentos nos moldes rigorosos de planejamento. No entanto, em trabalhos desta natureza, preferimos, sempre, os resultados obtidos em condições normais de campo, aos frutos de experiências efetuadas no ambiente confinado de um laboratório. Isto porque as plantas, quando desenvolvidas isoladamente numa área muito restrita, ou em estufas especiais, não apresentam, via de regra, do ponto de vista quantitativo, o mesmo comportamento das que integram associações naturais ou extensas áreas de cultura. Assim, os nossos resultados quantitativos encontrados em condições de campo, não alcançam grande precisão, mas nos permitem avaliar a ordem de grandeza dos fenômenos considerados *.

Feitas essas considerações, passaremos à apreciação geral dos resultados.

Veremos de início a relação existente entre o número de estômatos por unidade de superfície e a razão de transpiração. Kuijper constatou não haver, nas variedades por êle estudadas (cf. tabela 77, cit. in van Dillewijn, 6, p. 288), uma relação direta entre a densidade estomática e a razão de transpiração. Tal fato foi confirmado por Evans (cf. 6). Nas variedades por nós analisadas, a Co 290 e a CB 41-76 com maior número de estômatos, foram as que apresentaram transpiração menor. Esta situação se deve, possivelmente, ao fato de que, nessas variedades, as fendas estomáticas se mantenham mais reduzidas, apresentando como consequência, transpiração em nível inferior (menor transpiração relativa). Maximov (23) considera que não há uma relação constante entre a quantidade de água

* Análises estatísticas não foram realizadas, uma vez que os resultados foram obtidos em condições de uma cultura canavieira normal, onde, dificilmente, poderiam ser excluídas as interferências de numerosos fatores que fogem ao nosso controle. Podemos citar a propósito, as considerações de Franco e Inforzato (15): "os fatores que influem na quantidade de água transpirada, anualmente, por uma planta, em condições de cultura, são tantos e tão diversos, e as precipitações pluviométricas tão variáveis de ano para ano, que tornariam sem expressão prática os resultados de uma análise estatística rigorosa obtida com dados de um determinado ano".

perdida e o número de estômatos por unidade de superfície, mas sim, em relação ao comportamento dos mesmos. Stalfelt (34), igualmente atribui uma importância limitada ao número dos estômatos. Êste apenas influiria na grandeza absoluta da transpiração, quando as fendas estomáticas apresentassem aberturas máximas, o que raramente ocorre. O autor (Stalfelt) admite que "Meistens greifen die Stomata regulierende ein, wobei sie gemäss der bestehenden Wasserbilanz nur teilweise geöffnet sind. Die Spaltzahl ist daher nur für die transpiratorische Wirkung der Veränderungen, nicht aber für die erreichte Grösse der Transpiration von Bedeutung". Mas isto não significa que as variedades com fendas estomáticas mais reduzidas devam fechar com maior rapidez os seus estômatos durante o processo hidroativo. Haja visto o caso de certas plantas da Caatinga (11), como *Jatropha phyllacantha*, *Maytenus rigida*, *Zizyphus joazeiro*. Estas plantas podem reduzir a transpiração de 50% dentro de 2-10 minutos, muito muito o fechamento hidroativo completo se efetue após 40-60 minutos. E segundo Stalfelt (34), "Die physiologische Regulierbarkeit der Transpiration ist auch von der Geschwindigkeit der Schliessbewegungen und dem Synchronismus der Stomata abhängig. Diese beiden Grössen zeigen Schwankungen, die mit dem physiologischen Zustand der Pflanzen zusammenhängen. Infolgedessen kann der Regulator schneller oder langsamer eingreifen".

A rapidez do fechamento hidroativo nas canas não mostrou diferenças intervarietais muito grandes, a não ser Co 419 que se destacou um pouco pela rapidez das demais variedades estudadas. Por outro lado, um confronto com os resultados obtidos por diversos autores em diferentes vegetais, mas pelo mesmo método, nos mostra que cana de açúcar se classifica entre os de reação mais rápida. Por exemplo, Morello (25) verificou que em bananeira (*Musa cavendishii*), o fechamento estomático completo se efetua após 50-60 minutos de pesagem. Villaça e Ferri (39), obtiveram para *Eucalyptus tereticornis*, 30 minutos. Rawitscher (28) encontrou para café (*Coffea arabica*) 35 minutos, para *Cedrela fissilis*, 22-24 minutos e Rachid (27), para *Craniolaria integrifolia*, uma planta periódica do Cerrado, 10-15 minutos. As variedades estudadas de cana de açúcar apresentaram valores que oscilaram de 15 a 22 minutos.

Tal comparação pode ser feita, também, em relação à rapidez do movimento fotoativo. Se tomarmos novamente a bananeira (25), verificamos que seus estômatos levam cerca de 60 minutos para o fechamento completo e 50-58 minutos para a reabertura, isto é, quase o dobro do tempo exigido para o fechamento fotoativo dos estômatos de cana. O comportamento de cana de açúcar está mais próximo, por exemplo, do de *Spondias tuberosa*, uma planta da Caatinga estudada por Ferri e Labouriau (9), que aos 33 minutos de escurecimento fecha os estômatos e após 10 minutos de exposição à luz, já inicia o movimento de reabertura, completando-o aos 22 minutos. Rachid (27), igualmente, verificou que *Craniolaria integrifolia* fecha os estômatos após 30-40 minutos de escurecimento, mas os reabre após 26 minutos de exposição à luz. Em todos esses dados notamos que a reabertura se processa em menor lapso de tempo do que o fechamento (talvez com exceção da bananeira em que os valores são muito próximos). E esta diferença, em cana, se apresenta com maior nitidez (30-40 minutos para o fechamento e 10 para a reabertura). Como já dissemos em páginas anteriores, a explicação desse fenômeno, pelo menos no momento, não é perfeitamente conhecida. Mas os resultados comprovam, sem dúvida alguma, que a cana de açúcar pode ser incluída entre os vegetais de estômatos mais sensíveis à hidro e foto-reação.

Quanto à transpiração cuticular, verificamos que a sua grandeza varia de acordo com o estado de saturação da folha em questão (vide 30 e 33). Em experiências efetuadas após o fechamento hidroativo dos estômatos, as variedades brasileiras apresentaram valores ligeiramente inferiores de transpiração cuticular. Mas em condições normais de suprimento d'água (medida efetuada após o fechamento fotoativo dos estômatos), as variedades indianas por nós estudadas perderam menos água através da cutícula.

No que diz respeito ao comportamento transpiratório e às exigências hídricas de cada uma das variedades, podemos associá-los ao grau de produtividade (vide as pesquisas de Segalla e Alvarez, 29, em várias Usinas do Estado de São Paulo).

Em nossas condições, a Co 290, apresentando um consumo mais reduzido, pode manter a transpiração nas diferentes épocas do ano, sem restringí-la. Por outro lado, a rapidez do fechamento hidroativo

dos estômatos faz-nos prever a sua capacidade de restrição em condições mais severas. Mas esta variedade, dominante em nossas culturas (80%) até 1950 (31), está sendo, atualmente, eliminada e substituída por outras de maior rendimento. A Co 419 é uma das introduzidas recentemente e, nos últimos anos, iniciou-se a cultura de numerosas variedades brasileiras, entre as quais estão a CB 40-69 e CB 41-76. Destas três variedades incluídas entre as mais recomendadas para o nosso Estado, pela produtividade (31), a última se destava, a nosso ver, pelo seu consumo hídrico mais baixo (comparável ao da Co 290), aliado à capacidade de restrição. A Co 419 e a CB 40-69, embora apresentem capacidade de restrição nas épocas mais secas, consomem, no decorrer do ano, maiores quantidades de água. Devemos salientar que, quando nos referimos à Co 290 e à CB 41-76 como variedades de baixo consumo, só o fazemos em relação à Co 419 e à CB 40-69, pois, se as confrontarmos, por exemplo, com as variedades estudadas por Kuijper (cf. 6), veremos que elas apresentam valores de transpiração dos mais elevados. Kuijper determinou a transpiração em colmos cortados e colocados em recipientes com água, cuja superfície era coberta com uma fina camada de óleo para evitar a evaporação. O consumo era estimado por pesagem do conjunto e o autor limitou as suas observações a períodos inferiores a 10 horas, pelo fato de que a condução, nessas condições, era perturbada e conseqüentemente, a transpiração se tornaria sub-normal. As oito variedades assim estudadas apresentam média de transpiração diária de 321 a 629 g por colmo (vide tabela 77 transcrita por van Dillewijn, 6, p. 288). Nossos resultados oscilaram de 570 g (Co 290 e CB 41-76) a 860 g (Co 419 e CB 40-69), por colmo, por dia. Estes valores foram obtidos, dividindo-se a média do consumo total diário apresentado por uma determinada área de cultura, pelo número de colmos aí encontrados. Uma comparação mais detalhada não será conveniente, uma vez que os métodos empregados, assim como as condições ambientes não são os mesmos.

Por outro lado, Krutman (20), no Estado de Pernambuco, utilizando o método de Kuijper, encontrou para as sete variedades seguintes, Co 419, Co 331, POJ 2887 e mais quatro IANE (Instituto Agrônômico do Nordeste) recentemente criadas pela secção de genética do Instituto Agrônômico do Nordeste, um consumo variável

entre 344 e 567 g por colmo. A autora verificou que as diferenças observadas entre as variedades não apresentavam significação estatística, embora tenha encontrado, na determinação da superfície foliar, diferenças significativas. Disso concluiu: "...os fatores extrínsecos revelaram-se mais importantes para transpiração que os intrínsecos". Mas, autores como Kamerling e Evans, entre outros (cf. 4 e 6), obtiveram evidências de que diferentes variedades apresentavam diferentes razões de transpiração. Realmente, diferenças varietais quanto ao consumo d'água existem e são notadas quando as medidas se efetuam em condições mesológicas idênticas. Em ambientes diversos, as variações causadas pelo meio, podem ou não superar as diferenças intervarietais. Assim, a Co 419 transpirou 860 g por colmo, por dia, em nossas condições e em Pernambuco, 507 g. Neste caso, supondo-se que os resultados sejam comparáveis, a variação causada pelo meio seria maior do que a devida às diferenças intervarietais, pois, a CB 41-76, por exemplo, transpirou cerca de 570 g (em Cosmópolis, São Paulo).

Quanto à relação existente entre a transpiração total e a precipitação, verificamos ser negativo o balanço anual em tôdas as variedades que estudamos. E as comparações estacionais mostraram que apenas no verão, as precipitações cobriram o consumo. A quantidade de água aproveitável, naturalmente, não está limitada às precipitações locais e momentâneas. Há que considerar lençóis subterrâneos alimentados pelo excedente das chuvas (de verão no nosso caso), ou ainda, procedente de regiões circunvizinhas. E esta deve ser a situação atual da cultura canavieira no Estado de São Paulo, uma vez que essa planta transpira, senão livremente, com mínimas restrições, durante todo o ano.

De qualquer modo, a cana de açúcar constitui uma das culturas de grande consumo hídrico. Isto pode ser observado na tabela 27 que reúne os dados de consumo anual encontrados para algumas plantas no Estado de São Paulo em relação às precipitações locais: *Coffea arabica*, variedade Bourbon, sem (13) e com sombreamento de *Inga edulis* (15); *Eucalyptus saligna* (14 e 16); *Musa cavendishii* (25); *Cedrela fissilis* (39) e, finalmente, as variedades de cana aqui

TABELA 27
Consumo hídrico de diversas plantas cultivadas no Estado de São Paulo

Planta	Espaçamento em m	Consumo anual em m	Precipitação anual em m	Autor
<i>Coffea arabica</i> , sem sombreamento	3,5 x 3,5	593	1 391 (Campinas)	C. M. Franco e R Inforzato, 1950.
<i>Coffea arabica</i> , som- breada por <i>Inga edulis</i>		1 120	1 391 (Campinas)	C. M. Franco e R Inforzato, 1951.
<i>Coffea</i>	3,5 x 3,5	476		
<i>Inga</i>	10,5 x 10,5	644		
<i>Eucalyptus saligna</i>	2,0 x 2,0	4 900	1 300 (Rio Claro)	C. M. Franco e R Inforzato, 1950-52. J. Morello, 1953.
<i>Musa cavendishii</i>	3,5 x 3,5	479	1 327 (São Paulo)	
	2,0 x 2,0	1 496	2 425 (Santos)	
<i>Cedrela fissilis</i>	2,0 x 2,0	9 300	1 327 (São Paulo)	Villaça e Ferri, 1954.
Cana Co 290	espaço entre as fileiras	1 600	1 400 (Cosmópolis)	M. Meguro.
Co 419	± 1,40 m	2 200		
CB 41-76		1 600		
CB 40-69		2 300		

* Valor calculado por Villaça e Ferri, 1954, a partir dos dados de transpiração cuticular de Rawitscher e Ferri, 1942.

consideradas *. Podemos verificar que somente cafeeiro sem sombreamento e bananeira com espaçamento de 3,5 x 3,5, ou 2,0 x 2,0, em condições de litoral (Santos), apresentam um balanço positivo. Já o cafeeiro sombreado com ingazeiro mostra valores que quase se igualam, e a bananeira, no espaçamento de 2,0 x 2,0 (excluído o caso do litoral), indica um pequeno déficit no balanço hídrico. *Eucalyptus saligna*, por sua vez, transpira aproximadamente 3 vezes a precipitação e mais do que o dobro dos valores encontrados para as variedades Co 419 e CB 40-69. *Cedrela fissilis* supera, mais ou menos na mesma proporção anterior, o gasto de *Eucalyptus*. Naturalmente, tal valor, calculado a partir dos dados obtidos num exemplar isolado, deve decrescer em condições de competição entre os indivíduos (39).

Tendo em vista esses fatos e a preservação do equilíbrio hídrico de uma determinada região, devemos ter, constantemente, a preocupação de escolher espécies ou variedades vegetais, cujo consumo d'água se apresente num nível compatível com as possibilidades da região, levando em conta o problema do rendimento e outros igualmente importantes como resistência às doenças e pragas. Aliás, Fernandes (8), no seu plano de trabalho, chama a atenção para a obtenção de "variedades xeromorfas", para que no nordeste (úmido), a cultura canavieira seja compatível com o rendimento e possa arcar com as necessidades de eventual irrigação. Aquêlê autor ainda sugere a limitação da cultura "às áreas constituídas por várzeas irrigáveis e solos de boa capacidade", para resolver economicamente os vários problemas, inclusive o de fertilizantes.

A nosso ver, para a produção e a seleção de novas variedades, devem ser considerados, não tanto os caracteres xeromorfos, mas, principalmente, os de natureza fisiológica, incorporando, entre nós, definitivamente, no rol da experimentação, o estudo do balanço d'água. Isto porque, os caracteres morfológicos podem ou não ser favoráveis como elementos de adaptação à seca (11 e 38). No moderno conceito do xerofitismo, atribui-se importância cada vez maior às adap-

* Para obter maiores informações sobre a grandeza da transpiração, não somente em plantas de cultura, mas também em diversas associações vegetais, vide Stocker (37) no capítulo: Größenordnungen der Bestandtranspiration.

tações fisiológicas, pois, vegetais de regiões secas podem ou não apresentar xeromorfismo * (de natureza genotípica ou fenotípica). Por outro lado, certas plantas de cultura, quando submetidas à seca, apresentam caracteres xeromorfos (modificação fenotípica).

Lal e Mehrotra, em 1949 (21), realizaram estudos em cana de açúcar, no sentido de estabelecer uma relação entre os caracteres celulares (tamanho e número) e a capacidade de resistência à seca. Verificaram esses autores que, de certa maneira, as dimensões das células epidérmicas e estomáticas permitem segregar as variedades resistentes de cana (por exemplo, Rheora) das relativamente sensíveis à seca (por exemplo, Co 213). Embora vários autores tenham notado a ocorrência de baixos índices celulares em vegetais adaptados à seca, Lal e Mehrotra tomam uma atitude de cautela a esse respeito, uma vez que as diferenças entre a maioria das variedades de cana não se apresentaram significativas: "It is difficult at this stage to ascertain to what extent such measurements of cell indexes would be of ecological significance in sugarcane". Salisbury (vide 21), em outras plantas de cultura, não encontrou relação significativa, particularmente, entre a frequência estomática e certas funções fisiológicas tais como, transpiração e assimilação.

Entre as adaptações de natureza fisiológica à seca, podemos citar por exemplo, a capacidade de suportar o murchamento, o alto valor osmótico das células, alta viscosidade plasmática e eficiente reação estomática (vide 23, 38).

Stocker e Klein (38), estudando o andamento diário do movimento estomático em variedades resistentes e sensíveis de aveia, ambas submetidas às condições de seca, verificaram que as primeiras mostravam maior mobilidade estomática tanto à foto como à hidro-reação. As variedades resistentes abriam os estômatos rapidamente durante a manhã, quando as condições de evaporação eram menos rigorosas e fechavam-nos logo que as condições se tornavam desfavoráveis.

* Os caracteres xeromorfos citados com maior frequência são: superfície total limitada, sistema radicular desenvolvido, folhas pequenas e espessas com tendência à suculência, pêlos abundantes, enervação abundante, células epidérmicas fortemente cutinizadas, estômatos pequenos e numerosos situados em níveis inferiores às células epidérmicas, parênquima paliádico desenvolvido, etc

Os comportamentos de plantas do Cerrado e da Caatinga estudados por Ferri (11), finalmente, vêm demonstrar que os elementos fisiológicos são de maior importância. As plantas da Caatinga, de condições muito mais rigorosas do que no Cerrado, possuem estômatos de rápida reação e podem regular a transpiração, fechando-os nas épocas desfavoráveis. Mas na grande maioria dessas plantas não são encontrados os elementos morfológicos de proteção, como acontece, com grande frequência e variedade, nas plantas permanentes do Cerrado. Estas, por sua vez, não apresentam comportamento estomático tão eficiente como o encontrado em plantas da Caatinga.

AGRADECIMENTOS

Externamos aqui, o nosso grande aprêço e gratidão ao Professor Mário Guimarães Ferri que, com incansável dedicação, nos introduziu no campo da pesquisa botânica e orientou o presente trabalho.

Nosso reconhecimento às seguintes Instituições e pessoas que auxiliaram na realização dêste trabalho:

Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí que concedeu, através do convênio estabelecido com o Departamento de Botânica, uma bolsa no período — janeiro de 1956 a abril de 1957 e recursos para as viagens.

Rockefeller Foundation, à qual devemos a aquisição de numerosos aparelhos utilizados.

Da Usina Ester, Dr. Paulo Nogueira Neto que proporcionou todas as facilidades necessárias para a execução da parte experimental no campo; Dr. Luiz de Andrade Maia cujos auxílios e informações foram inestimáveis.

Dr. Karl Silberschmidt do Instituto Biológico pelas observações críticas do "Zusammenfassung".

Srta. T. Denda pelo auxílio no trabalho de datilografia e revisão.

Do Departamento de Botânica, D. Maria Amélia Braga de Andrade que, gentilmente, nos acompanhou e auxiliou nas pesquisas de campo; igualmente à Dra. Berta Lange de Morretes; D. Else Graf

Kalmus pela versão do resumo em inglês e alemão, auxílio na redação e trabalho de datilografia; D. Maria José Guimarães que cobriu os gráficos a nankin; os funcionários do Departamento que direta ou indiretamente colaboraram para o bom andamento das experiências.

RESUMO

O presente trabalho estuda a transpiração de quatro variedades de cana de açúcar: Co 290, Co 419 (Clones Coimbatore — Índia); CB 41-76 e CB 40-69 (Campos — Brasil). Experiências no laboratório e no campo foram feitas só com a Co 290, sendo as demais estudadas apenas em condições normais de cultura, nos canaviais da Usina Ester, Cosmópolis, Estado de São Paulo.

O método empregado para as medidas de transpiração e para o estudo do movimento estomático foi o de pesagens rápidas, acompanhado por observações por infiltração com xilol.

O estudo anatômico da folha nada revelou de especial, quanto à estrutura fundamental, em confronto com as descrições já existentes, com exceção do número de estômatos.

Quanto ao comportamento estomático, tôdas as variedades estudadas demonstraram elevado grau de sensibilidade quanto às reações hidro e fotoativas. O fechamento hidroativo se processou em 15 minutos para a Co 419, 18 para a Co 290, 20 para a CB 40-69 e 21 para a CB 41-76. O fechamento fotoativo consumiu cerca de 30-40 minutos em tôdas as variedades, sendo a reabertura mais rápida: cerca de 10 minutos.

Os valores de transpiração cuticular estabelecidos após o fechamento hidroativo foram sempre inferiores (12,5-14,6% do valor inicial) aos obtidos após o fechamento fotoativo dos estômatos (24,7-31,6% do valor inicial), possivelmente em conseqüências da maior saturação das folhas.

O estudo do andamento diário da transpiração em diversas épocas do ano, demonstrou que a Co 290 não restringe a sua transpiração. As três outras variedades apresentaram uma ligeira restrição na época seca. As CB, quando expostas ao vento, apresentaram

apreciável queda nos valores de transpiração. O comportamento das quatro variedades, no decorrer do ano, foi sintetizado em curvas anuais de transpiração.

A transpiração relativa de CB 40-69 foi a mais alta, seguindo-se-lhe a Co 419, a CB 41-76 e a CO 290.

As oscilações encontradas nas diferentes épocas do ano mostraram-se inferiores às observadas no decorrer de um dia.

Foi, também, avaliada a ordem de grandeza do consumo anual apresentado por uma determinada área cultivada. Em função direta do desenvolvimento foliar e dos valores de transpiração por unidade de superfície, as variedades CB 40-69 e Co 419 mostraram maior consumo hídrico: 2 300 mm e 2 200 mm, respectivamente. As Co 290 e CB 41-76 gastaram 1 600 mm. Tôdas excederam a média da precipitação anual (1 400 mm) da região em que as medidas foram feitas. Dentre as quatro variedades, a CB 41-76 apresenta-se mais vantajosa, em vista do seu menor consumo hídrico e de sua boa produtividade.

O consumo hídrico anual da cana foi comparado ao de várias plantas, como *Coffea arabica* (sem ou com sombreamento de *Inga edulis*), *Eucalyptus saligna*, *Musa cavendishii* e *Cedrela fissilis*, verificando-se que cana se situa entre as culturas de maior consumo.

Salientou-se a necessidade de melhor conhecimento no que diz respeito ao consumo d'água, quando da escolha de espécies ou variedades vegetais destinadas a uma determinada região, para que o seu equilíbrio hídrico seja preservado.

SUMMARY

The present paper studies the transpiration of four varieties of sugar cane: Co 290, Co 419 (Coimbatore — India); CB 41-76 and CB 40-69 (Campos — Brazil).

Experiments were made under laboratory and field conditions with Co 290, whereas, with the others, all the experiments were carried out only under the conditions of a regular sugar cane plantation, belonging to the Usina Ester, Cosmópolis, State of São Paulo.

The methods employed for the transpiration measurements and the investigation of stomatal movements were rapid weighings with

a torsion balance (Junge-Heidelberg) and Molisch's infiltration method with xylol.

Anatomical studies of the leaves did not show anything special in the fundamental structure, that is not already described, except the number of stomata, which may change with varieties.

Concerning the stomatal behavior, all four varieties showed a great sensitivity both to water and light changes. The hydroactive movement of closure was performed within 15 minutes by Co 419, 18 by Co 290, 20 by CB 40-69 and 21 by CB 41-76, in average. The photoactive movement of closure occurs, for the four varieties, in 30-40 minutes of darkness, and the reopening takes place at about 10 minutes after exposure to light.

The values of cuticular transpiration measured after the hydroactive closure of the stomates, were, in all varieties, smaller than those obtained after the photoactive closure, probably as a result of differences in the saturation of the leaves.

The study of the daily course of transpiration, performed at the different seasons demonstrated that Co 290 does not restrict its water consumption. All other varieties presented a small restriction during the dry season. The two CB, when exposed to a high wind speed, showed an appreciable drop in their transpiration rates. The behavior of the four varieties studied, was synthetized in yearly transpirations curves.

CB 40-69 showed the highest relative transpiration values, followed by Co 419, CB 41-76 and Co 290. Oscillations during the different seasons of the year presented by all the varieties investigated, proved to be smaller than those shown in a single day.

The order of magnitude of the yearly water consumption of a certain cultivated area was calculated. CB 40-69 and Co 419 were the varieties that showed the highest consumption (2.300 and 2.200 mm respectively) as a function of foliar development and transpiration rates. Co 290 and CB 41-76 consumed 1.600 mm. All varieties exceeded the yearly rainfall of the region — 1.400 mm. From our point of view, CB 41-76, with a good productivity and a relatively small water consumption, seems, at the present time, to be the best among the four varieties.

The water consumption of other cultivated plants, such as *Coffea arabica* (without or with shading with *Inga edulis*), *Eucalyptus saligna*, *Musa cavendishii* and *Cedrela fissilis* was compared with that of sugar cane.

It was found that sugar cane stands among the plants with a high water requirement. Based upon the present data, attention was called to the necessity of a careful consideration of the water expenditure of the cultivated plants and of the water available in the region, so as to preserve the desirable equilibrium.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit stellt das Ergebnis von Untersuchungen über die Transpiration von vier Zuckerrohr-Sorten: Co 290, Co 419 (Klon Coimbatore — Indien); CB 41-76 und CB 40-69 (Campos — Brasilien) dar.

Co 290 wurde unter Laboratoriums- und Freilandbedingungen untersucht, während die anderen Sorten ausschliesslich unter den auf einer normalen Rohrzuckerplantage herrschenden Bedingungen (in unserem Fall die "Usina Ester" in Cosmópolis, Staat São Paulo) beobachtet wurden.

Zur Transpirationsmessung und Untersuchung der Spaltöffnungsbewegungen verwendeten wir die Methoden der Schnellwägung auf einer Torsions-Waage (Jung, Heidelberg) und der Infiltration mit Xylol nach Molisch.

Die Untersuchungen der Blattanatomie bestätigten die Beobachtungen früherer Autoren hinsichtlich der Grundstruktur und zeigten auf Neue, dass die Zahl der Spaltöffnungen je nach der Sorte variieren kann.

Was das stomatäre Verhalten anbelangt, zeigten alle vier Sorten grosse Empfindlichkeit, sowohl Feuchtigkeits- als auch Lichtwechsel gegenüber. Die mittlere hydroaktive Schliessbewegung (von mindestens je 15 Experimenten) vollzog sich binnen 15 Minuten bei Co 419, binnen 18 Minuten bei Co 290, binnen 20 bei CB 49-69 und binnen 21 Minuten bei CB 41-76. Die photoaktive Schliessbewegung nahm bei den vier Sorten 30 bis 40 Minuten (berechnet vom Beginn

der Verdunkelung and) in Anspruch und die Wiederöffnung bei Lichtexposition beanspruchte fast 10 Minuten.

Die nach der hydroaktiven Schliessung der Stomata gemessenen kutikulären Transpirationswerte waren in allen Sorten niedriger als die nach der photoaktiven Schliessung erhaltenen, wahrscheinlich wegen des unterschiedlichen Sättigungsgrades der Blätter.

Der während der verschiedenen Jahreszeiten untersuchte Tagesgang der Transpiration zeigte, dass bei der Sorte Co 290 keine Einschränkung des Wasserverbrauches festzustellen ist. Alle anderen Sorten zeigten nur eine unbedeutende Einschränkung während der Trockenzeit. Beide CB Sorten erlitten, wenn grossen Windstärken ausgesetzt, eine ansehnliche Verminderung ihrer Transpirationswerte.

Das Verhalten der vier untersuchten Sorten wurde in Jahres-Transpirationskurven zusammengefasst.

In Bezug auf ihre relativen Transpirationswerte können die Sorten in die folgende absteigende Reihe gruppiert werden: CB 40-69, Co 419, CB 41-76 und Co 290. Die während der verschiedenen Zeitabschnitte des Jahres bei allen untersuchten Sorten festgestellten Schwankungen erwiesen sich kleiner als die im Tageslauf erwiesenen.

Bei der Berechnung der "Bestandtranspiration" (d. h. des jährlichen Wasserverbrauches einer bebauten Fläche), ergab sich, dass die Sorten CB 40-69 und Co 419 den höchsten Wasserverbrauch (2300 bzw. 2200 mm) aufwiesen. Die beiden restlichen Sorten (Co 290 und CB 41-76) zeichneten sich durch geringere Werte des Wasserverbrauches 1600 mm) aus. Die Berechnung dieser Werte stützt sich auf die Ergebnisse unserer Beobachtungen hinsichtlich der Blattoberflächenentwicklung und der Transpiration der betreffenden Sorte. Der Wasserverbrauch aller Sorten übertrifft den Wert des jährlichen Regenfalles der Region: 1400 mm. Von unserem Standpunkt aus betrachtet, scheint die Sorte CB 41-76 hinsichtlich ihres zufriedenstellenden Ertrages bei relativ bescheidenem Wasserverbrauch zur Zeit die günstigste zu sein.

Beim Vergleich des Wasserverbrauches des Zuckerrohres mit dem anderer Kulturpflanzen wie *Coffea arabica* (in Licht = und Schattenkultur, letztere durch Assoziation mit *Inga edulis*), *Eucalyptus saligna*, *Musa cavendishii* und *Cedrela fissilis* ergibt sich, dass das

Zuckerrohr zu den Pflanzen mit hohem Wasserverbrauch zu zählen ist.

Auf Grund der vorliegenden Befunde wird auf die Notwendigkeit hingewiesen bei der Auswahl von Nutzflächen für landwirtschaftliche Zwecke sorgfältig einerseits den em betreffenden Grundstück zufallenden Betrag an Wasser und andererseits den Wert des Wasserverbrauches der anzubauenden Pflanzen in Betracht zu ziehen, um eine Störung des Gleichgewichtes zwischen beiden Werten zu vermeiden.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — ANDERSON, N. E., C. H. HERTZ and H. RUFELT: A new fast recording hygrometer for plant transpiration measurements. *Physiologia Plantarum* 7 (4): 753-767. 1954.
- 2 — ARTSCHWAGER, E.: Anatomy of the vegetative organs of sugarcane. *Jour. Agric. Res.* XXX (3): 197-221. 1925.
- 3 — ARTSCHWAGER, E.: Morphology of the vegetative organs of sugarcane. *Jour. Agric. Res.* 60 (8): 503-549. 1940.
- 4 — BURR, G. O., C. E. HARTT, H. W. BRODIE, T. TANIMOTO, H. P. KORTSCHAK, D. TAKAHASHI, F. M. ASHTON and R. E. COLEMAN: The sugarcane plant. *Ann. Rev. of Plant Physiology*, 8: 275-308. 1957.
- 5 — COUTINHO, L. M. e M. G. FERRI: Transpiração de plantas permanentes do Cerrado na estação das chuvas. *Rev. Brasil. Biologia* 16 (4): 501-518. 1956.
- 6 — DILLEWIJN, C. van: Botany of sugarcane. The Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., E.U.A., 1955.
- 7 — ECKARDT, F.: Méthodologie des échanges hydriques. (Publicação mimeografada). Unesco/ NS/ AZ/ 416. Paris, le 31 mars 1959.
- 8 — FERNANDES, C. S.: O regime hídrico do solo e a produção açucareira — Plano para o estudo do regime de umidade do solo e das qualidades xeromórficas das variedades de cana cultivadas no Nordeste Brasileiro. *Bolet. da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio. Est. de Pernambuco*, 21 (1-2): 1-5, 1954.
- 9 — FERRI, M. G. and L. G. LABOURIAU: Water balance of plants from the Caatinga. 1 — Transpiration of some of the most frequent species of the Caatinga of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. *Rev. Brasil. Biol.* 12 (3): 301-312. 1952.
- 10 — FERRI, M. G.: Water balance of plants from the "Caatinga" II — Further information on transpiration and stomatal behavior. *Rev. Bras. Biol.* 13 (3): 237-244. 1953.

- 11 — FERRI, M. G.: Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado e da Caatinga — Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. Bol. Fac. Fil., Ciênc. Letr. 195 — Botânica n.º 12: 1-170. 1955.
- 12 — FERRI, M. G. and M. MEGURO: Photoactive movement of the stomata of sugarcane. Rev. Brasil. Biol. 17 (2): 223-226. 1957.
- 13 — FRANCO, C. M. e R. INFORZATO: Quantidade de água transpirada pelo cafeiro cultivado ao sol. Bragantia 10: 247-257. 1950.
- 14 — FRANCO, C. M. e R. INFORZATO: Transpiração de *Eucalyptus saligna*. Ciênc. e Cult. 2, 1. 1950.
- 15 — FRANCO, C. M. e R. INFORZATO: Quantidade de água transpirada pelo cafeiro sombreado e pelo ingazeiro. Bragantia 11: 121-125. 1951.
- 16 — FRANCO, C. M. e R. INFORZATO: Nota sobre a transpiração de *Eucalyptus saligna*. Palestra mimeografada pelo Serv. Flor. do Estado — Secretaria da Agricultura de São Paulo, n.º 28. 1952.
- 17 — HEATH, O. V. S.: Light and carbon dioxide in stomatal movements. In W. RUHLAND — Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. XVII: 415-464. Springer-Verlag. 1959.
- 18 — HUBER, B.: Die Evaporation. In W. RUHLAND — Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. III: 265-282. Springer-Verlag. 1956.
- 19 — KETELLAPER, H. J.: The mechanism of stomatal movement. Amer. Jour. of Botany 46 (3): 225-231. 1959.
- 20 — KRUTMAN, S.: Ensaio de transpiração em variedades de cana. Resumo apresentado na X Reunião anual da S. B. B. 1959.
- 21 — LAL, K. N. and O. N. MEHROTRA: Studies in crop physiology -cell-size characteristics of sugarcane varieties in relation to drought resistance. Bot. Gaz. 111: 193-210. 1949.
- 22 — LOFTFIELD, J. V.: The behavior of stomata. Carn. Institut. Washington. Publ. 314. 1921.
- 23 — MAXIMOV, N. A.: The plant in relation to water. Trad. R. YAPP. London. 1929.
- 24 — MEGURO, M. e M. G. FERRI: Economia d'água de cana de açúcar. An. Acad. Brasil. Ciênc. Vol. 28, n.º 4: 523-543. 1956.
- 25 — MORELLO, J.: Transpiración y balance de água de la bananera en las condiciones de la ciudad de São Paulo. Bol. Fac. Fil., Ciênc. Letr. 1956 — Botânica n.º 10. 1953.
- 26 — OPPENHEIMER, H. R.: An experimental study on ecological relationships and water expences of Mediterranean forest vegetation. Palest. Journ. Bot. VIII (2): 103-124. Rehovot Ser. 1953.
- 27 — RACHID, M.: Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão nos campos cerrados de Emas. Bol. Fac. Fil., Ciênc. Letr. LXXX — Botânica n.º 5. 1947.

- 28 — RAWITSCHER, F.: Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sôbre o Brasil meridional — 1a. parte. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. XXVIII — Botânica n.º 3. 1942.
- 29 — RAWITSCHER, F.: Beobachtungen zur Methodik der Transpirationsmessungen bei Pflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. LXVIII, Heft 8: 287-296. 1955.
- 30 — RAWITSCHER, F. e M. G. FERRI: Observações sôbre a metodologia para o estudo da transpiração cuticular em plantas brasileiras, especialmente em *Cedrela fissilis*. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. XXVIII — Botânica n.º 3. 1942.
- 31 — SEGALLA, A. L. e R. ÁLVAREZ: Variedades de cana de açúcar II. Série de ensaios realizados em 1953-1956. Bragantia, 17: 45-80. 1958.
- 32 — STALFELT, M. G.: Der stomatäre Regulator der pflanzlichen Transpiration. Planta, 17: 22-85. 1932.
- 33 — STALFELT, M. G.: Die cuticuläre Transpiration. In W. Ruhland — Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. III: 342-350. Springer-Verlag. 1956.
- 34 — STALFELT, M. G.: Die stomatäre Transpiration und die Physiologie der Spaltöffnungen. In W. Ruhland — Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. III: 351-426. Springer-Verlag. 1956.
- 35 — STALFELT, M. G.: Sonstige Reizreaktionen der Spaltöffnungen. In W. Ruhland — Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. XVII: 554-471. Springer-Verlag. 1959.
- 36 — STOCKER, O.: Messmethoden der Transpiration. In W. Ruhland — Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. III: 293-311. Springer-Verlag. 1956.
- 37 — STOCKER, O.: Die Abhängigkeit der Transpiration von den Umweltfaktoren. In W. Ruhland — Encyclopedica of Plant Physiology. Vol. III: 436-488. Springer-Verlag. 1956.
- 38 — STOCKER, O.: Die Dürresistenz. In W. Ruhland — Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. III: 696-734. Springer-Verlag. 1956.
- 39 — VILLAÇA, H. e M. G. FERRI: Transpiração de *Eucalyptus tereticornis*. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. 173 — Botânica n.º 11. 1954.

EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE XEROFITISMO

MARIO G. FERRI

EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE XEROFITISMO

MARIO G. FERRI

Dept. de Botânica

Fac. Fil., Ciênc. e Letras,

Univ. de São Paulo.

O termo xerófita foi usado pela primeira vez por Schouw, em 1822 (cf. Grieve, 1955, Killian e Lemée, 1956, Oppenheimer (1959) para indicar plantas de ambientes secos. Foi Schimper (1889) quem pôs em evidência o fato de que muitas plantas xerofíticas apresentavam um certo número de características morfológicas que ele supunha peculiares a elas. Em 1911 Fitting mostrou que uma Zigo-filácea, *Peganum harmala*, que não apresentava, de forma evidente, aquelas características atribuídas por Schimper às plantas de ambientes secos, era, todavia, perfeitamente adaptada a viver nesses ambientes. As estruturas mencionadas teriam, segundo Schimper, o papel de reduzir o consumo de água. *Peganum harmala* não restringia tal consumo e Fitting explicou o fato pelos altos valores osmóticos (até 100 Atm) das células das raízes, o que permitia a essa planta retirar água de solos relativamente secos.

Altos valores de transpiração em plantas de habitats secos foram determinados por Maximov, em 1923. Ele verificou que muitas plantas de deserto, mesmo com suprimento de água relativamente escasso, não diminuem o consumo, mas suportam elevadas perdas. Agravando-se a seca, todavia, elas fecham perfeitamente os estômatos e sua cutícula oferece proteção muito eficiente, reduzindo a transpiração a um nível mínimo.

Tais fatos levaram Maximov a uma nova conceituação de xerofitismo: xerofitas são plantas de habitats secos, capazes de diminuir a transpiração ao mínimo, quando em condições de deficiência de água.

Shreve, em 1924, encontrou, em *Encelia farinosa*, aumento do poder de retenção de água nas folhas.

Êsses elementos fisiológicos, que garantem à planta sobreviver em condições áridas, terão, certamente, maior importância para a sua adaptação às condições de ambiente seco do que os elementos morfológicos inventariados por Schimper (Cf. também Killian e Lemée). Mesmo as reservas de água, comuns em muitas plantas de ambientes secos, têm papel limitado, como salientou Thoday (1931). Essas reservas esgotam-se, finalmente, quando a seca se prolonga e nesse caso, outro mecanismo protetor, também freqüente, pode ocorrer: a queda das folhas. Este fenômeno é periódico em certas plantas e caracteriza o grupo das tropófitas, criado por Schimper, junto ao das xerófitas e das higrófitas; tornou-se, porém, um fenômeno permanente e de ocorrência comum, em outras plantas como certas Cactáceas, Euforbiáceas, Asclepiadáceas, etc., as quais já não produzem mais folhas, reduzindo, assim, permanentemente, a superfície transpirante, realizando, com isso, economia no consumo de água.

Outra adaptação a ambientes secos é resistir a uma intensa dessecação, persistindo as plantas vivas. Neste grupo se enquadram as espécies que Walter (1931) chamou de poiquilohidras, em oposição às homeohidras que não toleram déficits de saturação elevados. A tais plantas poiquilohidras Killian (1951) chamou revivescentes, nome que não aprovamos, porque elas, evidentemente, permanecem vivas enquanto se encontram em anidrobiose.

Em 1942, numa apresentação didática sobre xerofitismo, Rawitscher enumerou quatro importantes caracteres fisiológicos de plantas adaptadas a ambientes áridos: 1 — suportar o murchamento em grande escala; 2 — ter funcionamento rápido e perfeito dos estômatos; 3 — ter altos valores osmóticos; 4 — ter possibilidade de desenvolver fortes pressões negativas da membrana. Acrescenta que um quinto caráter deveria ser considerado: capacidade de formar rapidamente novas raízes secundárias. Esse caráter foi evidenciado por Stocker (1933) em plantas das estepes húngaras. Sua importância é facilmente compreensível: plantas de regiões áridas que tenham tal capacidade, podem aproveitar rapidamente chuvas que caíam mesmo durante um período relativamente curto.

Houve, pois, como vimos, na evolução do conceito de xerofitismo, uma primeira fase em que certas características morfológicas eram tidas como prova de adaptação às condições de seca (Schimper, 1889). Em uma segunda fase, demonstrou-se que, mesmo plantas sem tais caracteres, podem ser bem adaptadas à seca (Fitting, 1911). Surgiu, mais tarde, a idéia de que boa adaptação é a que permite à planta consumir água livremente, enquanto possível, para reduzir o consumo ao mínimo, somente quando as condições se agravarem (Maximov, 1923 a 1931).

Deu-se, desta maneira, um deslocamento da ênfase das características morfológicas para as fisiológicas, na conceituação do xerofitismo e surgiu, dessa forma, a necessidade de distinguir entre xerofitismo e xeromorfismo. Como elementos de xerofitismo enumeram-se (vide também Arens, 1958): 1 — redução da superfície foliar; 2 — nervuras densas; 3 — muitos estômatos pequenos por unidade de superfície; 4 — estômatos situados em depressões epidérmicas; 5 — células epidérmicas pequenas; 6 — revestimento com pêlos; 7 — paredes das células epidérmicas espessadas; 8 — esclerênquima muito desenvolvido; 9 — cutícula e camadas cuticulares espessas; 10 — presença de cêra, taninos, óleos voláteis, resinas, mucilagens; 11 — várias camadas de parênquima paliçádico; 12 — hipoderme e parênquima aquífero, etc.

Dúvidas quanto à utilidade destes elementos xeromorfos na adaptação da planta a condições secas não tardaram em surgir. Já em 1914, Kamerling emprega o termo “pseudo-xerófitas”, para designar plantas xeromorfas que, todavia, possuem elevada transpiração. Shreve (1924) negou toda e qualquer correlação entre xeromorfismo e transpiração. Kamp (1930), Ferri (1944), Evenari (1949), entre outros, mostraram que não há, necessariamente, correlação entre a espessura da cutícula e o valor da transpiração cuticular. Wood, em 1933, descreveu a ocorrência de uma vegetação esclerófila no oeste da Austrália, em lugares com precipitação superior à evaporação, em todos os meses.

Em 1953, Hygen admitiu que o xeromorfismo pode não ter utilidade como elemento de proteção contra a seca e pode até ser prejudicial à planta. Em outros autores encontram-se dados sobre este problema (Killian e Lemée, 1956; Stocker, 1956, por exemplo)

que, todavia, ainda se encontra por resolver, pois, há autores que continuam afirmando a importância do xeromorfismo na resistência à seca. Carr e Gaff (1959), por exemplo, atribuem às membranas espessas um papel protetor pela água que contêm e que é cedida ao ambiente, retardando, dessa forma, a perda de água do protoplasma.

Em 1955, Ferri mostrou que a vegetação permanente, arbórea e arbustiva, dos cerrados brasileiros, é acentuadamente xeromorfa, embora não esteja fisiologicamente adaptada a reduzir a transpiração. Enquanto isso, a flora da caatinga, com xeromorfismo pouco pronunciado, possui boa adaptação para a sobrevivência no ambiente incomparavelmente mais árido em que se encontra.

O mesmo autor mostrou (1960) que, na caatinga do Rio Negro (Amazonas), em habitat em que evidentemente não falta água, a vegetação, destituída em geral de adaptações fisiológicas para suportar a seca, apresenta, todavia, muitos elementos de xeromorfismo. Arens (1958), revendo o problema do xeromorfismo foliar, lembrou a importância de se considerar o metabolismo todo da planta.

A literatura especializada contém inúmeras informações relativas a este assunto, as quais podem ser encontradas nos trabalhos de Grieve (1953), Killian e Lemée (1956), Stocker (1956), Arens (1958), entre outros. Este último autor admite que o escleromorfismo foliar pode ser determinado por diversas causas que interfiram no balanço entre os hidratos de carbono produzidos e os consumidos pela planta, de tal forma a determinar uma relação superior a 1, o que significa um acúmulo dessas substâncias.

Interpretação semelhante encontra-se em Killian e Lemée que salientam a importância da relação trófica $N + \frac{H_2O}{C}$. Todos os fatores tendentes a elevar essa relação favoreceriam o desenvolvimento de caracteres xeromorfos, pois o excesso de carboidratos seria acumulado na forma de membranas espessas, etc.

Torna-se, pois, evidente, a necessidade de distinguir entre xeromorfismo, determinado por falta de água, e outro fenômeno que leva às mesmas conseqüências aparentes, mas que teria causa fundamentalmente diversa. Se essa causa residir em deficiências nutricionais que levem ao desenvolvimento de determinadas características, o fenômeno terá o nome específico de "escleromorfismo oligotrófico".

Verificou-se há muito que inúmeras xerófitas não são xeromorfas, enquanto que certas higrófitas sim. A literatura refere-se a tais plantas como xerófitas higromorfas e higrófitas xeromorfas, respectivamente (Montfort, 1918). Stocker (1956) cita como o mais interessante exemplo conhecido, o caso da vegetação do cerrado e da caatinga, no Brasil. A última, em seu comportamento fisiológico, revela-se xerofítica, embora não apresente notável xeromorfismo, enquanto que a primeira, de comportamento não xerofítico, é nitidamente xeromorfa (Ferri, 1955).

Para explicar êsses fatos, aparentemente paradoxais, Ferri admitiu que os elementos que, no conjunto, constituem o xeromorfismo, determinam certa proteção contra a sêca, mas, em geral, menor que a resultante de mecanismos fisiológicos. É fácil imaginar que as plantas do cerrado sejam, eventualmente, submetidas a sêcas não muito intensas nem duradouras; as da caatinga, porém, vivem num ambiente de rigores extremos, onde só os elementos mais eficientes de proteção lhes garantem a sobrevivência. No decurso da evolução, as plantas do cerrado que desenvolveram elementos morfológicos de adaptação à sêca, puderam sobreviver mesmo na ausência de adaptações fisiológicas. Na caatinga, só terão sobrevivido as espécies nas quais as adaptações fisiológicas tenham aparecido antes ou simultaneamente. Aquelas em que apenas as adaptações morfológicas hajam surgido, terão sido eliminadas, porque tais adaptações não lhes deram tóda a proteção requerida pelo meio.

Não seria difícil imaginar que para as espécies em que os dois tipos de adaptação surgiram, houvesse uma desvantagem em relação àquelas em que apenas adaptações fisiológicas apareceram. A existência de depressões em que se abriguem os estômatos e a presença de muitos pêlos que dificultam a saída de água, criando um gradiente de umidade da plantas para o meio, podem, talvez, diminuir o rendimento fotossintético, pela redução da intensidade luminosa, ou por dificultar a difusão de gás carbônico. Na caatinga, isso seria importante, pois aí os estômatos ficam abertos muito pouco tempo; no cerrado, ao contrário, onde os estômatos permanecem quase sempre abertos, isso não seria inconveniente. Assim, o valor adaptativo da combinação de caracteres morfológicos e fisiológicos seria grande no cerrado e a seleção tenderia a manter e aperfeiçoar tal combinação; na

caatinga, ela seria de valor negativo e a seleção tenderia a desfazê-la por eliminação dos caracteres menos favoráveis.

Do exposto depreende-se a complexidade que o problema do xerofitismo atingiu. E em virtude dessa complexidade, a literatura encontra-se cheia de opiniões contraditórias sobre o conceito do xerofitismo. Ainda hoje, qual o critério que se deve seguir para considerar xerófita determinada planta, é um problema não resolvido. Alguns autores, como Oppenheimer (1959) não incluem entre as xerófitas, plantas que, como as anuais, completem o seu ciclo antes que a seca faça sentir seus efeitos. Para êle, tais plantas não resistem à seca, mas fogem dela. Essas plantas são as chamadas "drought-escaping", desde Kearney e Shantz (1911). Para Levitt e col. (1960) não basta a resistência à seca para considerar uma planta como xerófita. Para tanto, além de possuir resistência à seca, a planta deve possuir propriedades que a habilitem a crescer e completar seu ciclo em um clima seco. Conseqüentemente, plantas não xerofíticas podem possuir resistência à seca, desde que essa resistência não esteja acompanhada da capacidade de crescer e completar o ciclo de vida em um clima seco. Com estas considerações em vista, Levitt e col. enquadram como xerófitas, 1 — plantas capazes de reduzir o consumo de água a um mínimo ("water-savers — drought avoiding"); 2 — plantas capazes de obter grandes quantidades de água durante a seca ("water-spenders — drought-evading"); 3 — plantas capazes de completar seu ciclo antes que a seca chegue ao apogeu (efêmeras — "drought-escaping"); 4 — plantas capazes de sobreviver a um considerável dessecamento ("drought-tolerant"). Estas seriam diversas modalidades de resistir à seca. Aliadas à habilidade de crescer e se desenvolver num clima seco confeririam às plantas a qualidade de xerófitas.

Killian e Lemée (1956) consideram como xerófitas plantas das seguintes categorias: 1 — anuais (efêmeras); 2 — esclerófilas de folhas persistentes, a — com restrição da transpiração durante a seca, b — com transpiração elevada mesmo durante a seca (plantas de raízes profundas), c — intermediárias entre a e b; 3 — xeromorfas afilas; 4 — plantas vivazes caducifólias, a — que passam a estação seca em vida ativa, reduzindo ou não o consumo de água e b — que passam a estação seca em repouso; esta categoria se subdivide em

duas outras, a das vivazes efêmeras, que passam a estação sêca em vida subterrânea e a das caméfitas, que perdem as fôlhas nessa estação ("drought-enduring"); 5 — plantas que reduzem a superfície transpirante na época sêca; 6 — suculentas, que podem apresentar caules suculentos desprovidos de fôlhas (certas Cactáceas, Euforbiáceas, Asclepiadáceas, etc.) e plantas com fôlhas suculentas (como certas Crassuláceas, por exemplo).

O estudo da literatura mostra, pois, como dissemos, que as opiniões sôbre o conceito do xerofitismo encontram-se divididas. Tudo depende, evidentemente, de como se define êsse fenômeno. Se êle fôr definido como adaptação à vida nas condições de ambientes áridos, parecerá, à primeira vista, não poderem ser tidas como xerófitas plantas que, embora tenham grande resistência à sêca, não ocorram nesses ambientes. De outro lado, se definirmos xerofitismo como resistência à sêca, poderemos considerar como xerófita tôda e qualquer planta que apresente tal resistência, não importando a sua proveniência.

Na mesma categoria de coisas ou de indivíduos, colocam-se tôdas as coisas ou indivíduos que tenham, em comum, o caráter considerado ao criar-se essa categoria, podendo êles diferir, embora, em tudo o mais. Assim, por exemplo, quando se considera a categoria das Angiospermas, nela se colocam tôdas as plantas que produzam flores, não importando quão diversas sejam, umas das outras, quanto a todos os demais caracteres.

Se considerarmos a categoria das xerófitas como a de plantas adaptadas a ambientes áridos, reuniremos nessa categoria plantas dos mais diversos tipos, dos mais variados comportamentos, dos mais diferentes ambientes, pois a expressão ambientes áridos comporta e engloba locais de condições as mais diversas.

Há, todavia, algo de comum nesses ambientes — a escassez de água (Cf. Meigs, 1953). E', pois, êste elemento, comum a todos os ambientes áridos — escassez de água — que permite reunir na categoria das xerófitas as plantas que nêles vivem.

Por que não incluir, então, na mesma categoria, plantas que, embora de ambientes diversos dos áridos, apresentem em comum com as que nêles vivem, adaptações que permitam sobrevivência em escassez de água, ainda que por período mais curto?

Se assim procedermos, passaremos a definir xerófitas como plantas adaptadas a resistirem à seca. E, nesse caso, xerofitismo será a capacidade das plantas de resistirem à seca em qualquer grau, eventual em muitos ambientes, obrigatória em outros.

Assim admitindo, encontraremos xerófitas nos mais variados ambientes e nos mais diversos tipos de vegetação. Haverá algum inconveniente nisso? Poderia ser lembrado como tal, o reunir na mesma categoria plantas de proveniências muito diversas.

Não nos parece, entretanto, que isso seja, realmente, uma desvantagem, mas, ao contrário, uma virtude desse sistema, por refletir melhor a realidade.

Com efeito, nenhum ambiente é perfeitamente homogêneo. No ambiente da mata, como no de qualquer outro tipo de vegetação, temos um mosaico de nichos ecológicos diversos, de condições mais secas uns, mais úmidas outros. E o mesmo nicho, úmido hoje, poderá estar seco amanhã. Por que surpreender-se, pois, que no ambiente geral de uma floresta pluvial, mas ocupando nichos diversos, encontrem-se higrófitas e xerófitas?

Por que não admitir-se que num ambiente que em geral é úmido mas que eventualmente pode, ao menos em algum de seus nichos, revelar-se seco, possam se encontrar xerófitas?

Com efeito, as pesquisas de Coutinho (1960), revelam que na mata pluvial tropical encontram-se inúmeros exemplos de xeromorfismo, bem como de adaptações fisiológicas a condições de seca. Tais adaptações aparecem, sobretudo, entre trepadeiras que podem ter problemas de condução (cf. também Gessner, 1956), e nas epífitas e herbáceas terrestres, cujos sistemas radiculares, aéreos ou desenvolvidos em camadas superficiais que secam facilmente, podem encontrar-se em ambientes, ao menos temporariamente muito secos. Gessner (1956) também afirma que, igualmente quanto à transpiração, a maioria das epífitas se comporta como verdadeiras xerófitas.

As determinações de Coutinho (1960), de resistência à seca, feitas em plantas como *Hymenophyllum polyanthos* e *Polytrichum commune*, revelam que tais plantas podem sobreviver até 20 dias num dessecador com atmosfera de 5-10% de umidade relativa, a uma temperatura de 20°C. A resistência destas plantas ao desseca-

mento é comparável à de outras, de ambientes muito mais sêcos, como, por exemplo, *Selaginella convoluta*, da caatinga, que Morello (1954) verificou persistir viva em umidade relativa de 0% durante 25 dias.

A nosso ver o xerofitismo é um fenômeno geral, que pode manifestar-se em graus diversos. Nos ambientes áridos predominam condições mais severas, nos não áridos condições mais brandas; eventualmente, ainda que por períodos relativamente breves, pode haver condições mais úmidas em ambiente árido que em úmido. Trata-se, pois, de um fenômeno quantitativo e não qualitativo. Não há uma qualidade específica de plantas de ambientes áridos e outra de plantas de ambientes úmidos, que permitam distinguí-las. E é por causa dessa ausência de qualidade específica que as higrófitas são, em geral, caracterizadas negativamente, isto é, pela falta das qualidades que supomos peculiares às xerófitas, as quais, todavia, não o são. São qualidades comuns a todas as plantas, mas que se apresentam em grau maior naquelas que até agora costumamos chamar de xerófitas.

Todas as plantas, quaisquer que sejam os ambientes em que vivam, devem estar adaptadas a suportar, por períodos variáveis, graus diversos de seca. Umas toleram apenas uma seca moderada por período muito curto; outras suportam seca intensa, por períodos muito extensos. Essa admissão é imperativa, se considerarmos que a vida vegetal surgiu na água e que só posteriormente as plantas conquistaram a terra. E desde que o fizeram, todas tiveram que enfrentar, num período ou n'outro, no decurso da evolução, o problema da seca, em grau mais ou menos acentuado. Sobreviveram e hoje existem, obviamente, as que estavam adaptadas, de qualquer forma, a suportar a falta de água, grande ou pequena, por pouco ou por muito tempo.

Assim, todas as plantas que hoje existem possuem xerofitismo em grau maior ou menor, de acordo com o ambiente em que foram selecionadas. E' por isso, justamente, por todas possuírem esta qualidade, que encontramos a maior dificuldade em caracterizar o xerofitismo. Se se tratasse de algo peculiar a um grupo limitado de plantas, essa qualidade se revelaria imediatamente.

Para concluir, resumimos: 1 — o termo "xerofitismo" deve ser usado como sinônimo da expressão "resistência à seca"; 2 — como todas as plantas têm, em graus variados, tal resistência, todas as plan-

tas são xerófitas, não havendo, pois, conveniência em manter este nome que até agora foi usado para designar um grupo limitado de plantas; 3 — não há razão, igualmente, para persistirem os termos “higrófitas” e “mesófitas”; 4 — a palavra xeromorfismo pode ser mantida, para designar o conjunto de características morfológicas de proteção contra a seca, desde que não haja dúvida quanto a isso; 5 — em ausência de escassez d'água, muitas vezes ocorre escleromorfismo, que pode ser de natureza oligotrófica, o que só experimentalmente pode ser resolvido; 6 — em consequência da posição agora adotada, em lugar de dispendar tempo e esforço em procurar saber se determinada planta é ou não xerófita, procuraremos resolver problemas mais importantes e promissores de sucesso, qual o do mecanismo que garante a essa planta resistir à seca e em que grau tal resistência se manifesta.

BIBLIOGRAFIA

- ARENS, K. — 1958 — Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. 224 — Botânica 15: 25-56.
- CARR, D. J. and D. F. GAFF — 1959 — The rôle of the cell wall water in the water relation of leaves. UNESCO. NS/AZ/467.
- COUTINHO, L. M. — 1962 — Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata pluvial tropical. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. 257 — Botânica 18: 1-219.
- EVENARI, M. — 1949 — Ecologia de las plantas de desierto. Rev. Argent. Agron. 16: 121-148.
- FERRI, M. G. — 1944 — Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. 41, Botânica 4: 161-224.
- FERRI, M. G. — 1955 — Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr. 195, Botânica 12: 1-170.
- FERRI, M. G. — 1960 — Contribution to the knowledge of the ecology of the “Rio Negro Caatinga”. Bull. Res. Council of Israel, vol. 8D: 195-208.
- FITTING, H. — 1911 — Die Wasserversorgung und die osmotischen Druckverhältnisse der Wüstenpflanzen. Zeitschr. f. Bot. 3: 209-275.
- GESSNER, F. — 1956 — Der Wasserhaushalt der Epiphyten und Lianen. Handb. Pflanzenphysiol. — Pflanze und Wasser, Bd. III: 915-950. Springer-Verlag.

- GRIEVE, B. J. — 1955 — The Physiology of Sclerophyll Plants. Jour. Royal Soc. West. Australia, vol. 39: 31-45.
- HYGEN, G. — 1953 — Studies in plant transpiration. I and II. *Physiol. Plantarum* 6: 106-133.
- KAMERLING, Z. — 1914 — Welche Pflanzen wollen wir Xerophyten nennen? *Flora* 106: 433.
- KAMP, H. — 1930 — Untersuchungen über Kutikularbau und Transpiration von Blättern. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 72: 413-465.
- KEARNEY, T. H. and H. L. SHANTZ — 1911 — The water economy of dryland crops. *Yearb. U. S. Dep. Agric.* 10: 351-362.
- KILLIAN, Ch. — 1951 — Mesures écologiques sur les végétaux types du Fouta-Djallon (Guinée française) et sur leur milieu en saison sèche. *Bull. Inst. Français Afr. Noire*, 13 (3): 601-682.
- KILLIAN, Ch. et G. LEMÉE — 1956 — Les Xérophytes: leur économie d'eau. *Handb. Pflanzenphys. — Pflanze und Wasser*, Bd. III: 785-824, Springer-Verlag.
- LEVITT, J., C. Y. SULLIVAN and E. KRULL — 1960 — Some problems in drought resistance. *Bull. Res. Counc. of Israel*, vol. 8D: 173-180.
- MAXIMOV, N. A. — 1923 — Physiologisch-ökologische Untersuchungen über die Dürresistenz der Xerophyten. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 62: 128-144.
- MAXIMOV, N. A. — 1929 — The plant in relation to water. *Trad. R. Yapp*, London.
- MAXIMOV, N. A. — 1931 — The physiological significance of the xeromorphic structure of plants. *Jour. Ecol.* XIX, 2.
- MEIGS, P. — 1953 — World distribution of arid and semi-arid homoclimates. *Arid Zone Hydrology*. UNESCO: 203-210.
- MONTFORT, C. — 1918 — Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen als Voraussetzung der physiologischen Trockenheit der Hochmoore. *Zeitzchr. f. Bot.* 10: 257-352.
- MORELLO, J. — 1954 — Ecologia de una planta reviviscente de la caatinga. *Rev. Bras. Bio.* 14 (1): 108.
- OPPENHEIMER, H. R. — 1959 — L'adaptation à la sécheresse: Le Xérophytisme. UNESCO NS/AZ/415.
- RAWITSCHER, F. — 1942 — Problemas de fitoecologia com considerações especiais do Brasil meridional, 1a. parte. *Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr.* 28, Botânica 3.
- SCHIMPER, A. F. — 1898 — *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*. Gustav Fischer, Jena.

- SHREVE, E. — 1924 — Factors governing seasonal changes in transpiration of *Encelia farinosa*. Bot. Gaz. 77: 432-439.
- STOCKER, O. — 1933 — Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen II — Untersuchungen in der ungarischen Alkalisteppe. Jahrb. f. wiss. Bot. 78 (5): 751-856.
- STOCKER, O. — 1956 — Die Dürresistenz. Handb. Pflanzenphysiol. — Pflanze und Wasser — Bd. III: 696-741. Springer-Verlag.
- THODAY, D. — 1931 — The significance of reduction in size of leaves: Symposium on Xeromorphy, Internat. Bot. Congress. Cambridge 1930. Jour. Ecol. V, XIX (2).
- WALTER, H. — 1931 — Die Hydratur der Pflanze. Gustav Fischer, Jena.
- WOOD, I. G. — 1933 — The physiology of xerophytism in Australian plants. II. Carbohydrate changes in the leaves of sclerophyll plants. Austral. Jour. Exper. Biol. and Med. Sci. 11: 139-150.

***THE LIFE-HISTORY OF PORPHYRA ATROPURPUREA
(OLIVI) DE TONI. I.***

A. B. JOLY ¹ and N. T. YAMAGUISHI ²

THE LIFE-HISTORY OF PORPHYRA ATROPURPUREA (OLIVI) DE TONI. I.

A. B. JOLY¹ and N. T. YAMAGUISHI²

1. INTRODUCTION.

It is already known since the discovery made by DREW (1949) and later confirmed by numerous experiments DREW (1954), YAMASAKI (1954), GRAVES (1955), HOLLENBERG (1958), KORNMANN (1960), that *Porphyra* has an alternation of two dissimilar generations. The plant bearing the name *Porphyra* being the leafy, macroscopic sexual phase of a much branched uniseriate filament growing inside dead shells, the other phase; this one being very similar in appearance to an alga described as early as 1892 by BATTERS as *Conchocelis rosea*. This discovery led to the conclusion that the so-called *Conchocelis rosea* is nothing else than one phase on the life-cycle of *Porphyra*. Recently it was shown by IWASAKI (1961) that the production of sexual organs by the leafy *Porphyra* or the spores by the filamentous *Conchocelis* and the vegetative growth of both phases are controlled by the duration of the day-length. This finding explains the yearly disappearance of *Porphyra* during the summer-months and its resettlement at the end of autumn. It is interesting to note that for at least one species, *Porphyra perforata* J. G. Agardh, whose development was described by HOLLENBERG (1958), has not the filament pattern of the typical *Conchocelis* of other species since this species does not grow naturally inside shells. On the other hand we know that at least for one species of *Porphyra* whose *Conchocelis* filaments naturally occur inside shells, can, in

(1) Department of Botany, Univ. of S. Paulo.

(2) "Instituto de Botânica do Estado de São Paulo".

culture, develop without shells, as was shown recently by IWASAKI (1961).

2. MATERIAL AND METHODS.

The cultures were carried in natural sea-water previously filtered and, or boiled. This water after returning to the temperature of the laboratory was well aerated before starting the experiments. We used two types of containers: glass cylinders of ca. 3 l capacity and Petri dishes of ca. 80 cm³ capacity. The bottom of the containers were covered with sterilized sand. This sand was collected in three different beaches near Santos. Slender pieces of mollusk shells (flakes) collected at a "sambaqui" (Indian mound) and belonging to the genera *Ostrea* and *Atrina* and another mollusk from the freshwater genus *Diplodon* ⁽³⁾ were dispersed over the sandy layer. The cultures were maintained near a north-facing window. To prevent undue evaporation, the Petri-dishes were maintained closed and the glass-cylinders were covered with transparent glass. The temperature of the water in the cultures was controlled daily. It showed a variation from 14°C to 25°C (from late winter to summer). The cultures started at the end of the winter of 1961 and are still going on. Small fertile portions of the thallus margin either containing monospores or carpospores were selected under a microscope and placed in the containers. Two days later these portions were removed. All the following descriptions are based in cultures obtained with this method.

Observations began three days after the removal of the blade portions from the cultures. During the first month, each 3 days, a fragment of shell infested with spores was selected and examined under the microscope. Afterwards weekly observations were made.

3. THE LEAFY THALLUS.

The vegetative thallus of *Porphyra atropurpurea* is a monostromatic, irregularly shaped blade attached by an inconspicuous holdfast to the rocks located above the usual high-tide line, on well

(3) Kindly identified by Prof. J. C. Mendes.

exposed situations. This leafy thallus starts to attract attention on the shore by the end of the autumn-season (late May in the southern hemisphere). From there on the plant is very common and can be found at the proper stations till the beginning of the summer (December). During the summer the plants almost completely disappear. Isolated and apparently protected individuals, sometimes reaching unusual dimensions, can be occasionally found after this time. The mature thallus reproduces by the usual formation of monospores (Figs. 1-3) at the margins of the blades during the winter season and the beginning of spring. At the end of the winter season (August), during the springtime and with increasing intensity at the beginning of the summer, the blades produce also sexual organs. These, carpogonia and spermatangia, are formed on the same plant, since this species is a homothallic one. These organs are produced, like the monosporangia, at the well thorn margin by then. The first indication of the production of carpogonia in our species is that the blade becomes distromatic, near the fertile margins (Figs. 4-5), as seen in transsections. The two layers of carpogonia are not continuous, since many cells remain vegetative and others produce spermatia. Each carpogonium has a small protuberance towards the free surface. This is usually referred to as a primitive tricogyne. As can be seen from Fig. 6, several carpogonia are in the process of fertilization or on post fertilization stages. The remains of spermatia are seen in the drawing. After fertilization takes place, the zygote still surrounded by the wall of the carpogonium undergoes two successive divisions leading to the production of four carpospores. These are arranged in two tiers of twos. The carpospores are liberated by the progressive desintegration of the blade.

4. DEVELOPMENT OF MONOSPORES.

Monospores produced by the leafy thallus are liberated by desintegration of the margin of the blade. They are able to escape from the gelatinized margins by slow ameboid movements (Figs. 3, 7-9). The rounded monospore, when still in place, gradually assumes an elongated form, apparently squeezing itself out of the muscillaginous margin. After liberation the rounded form is reassumed. Some mo-

nospores, by an unknown reason, failing to escape, are able to germinate "in situ". Others having successfully escaped from inside the frond remained attached to its surface and there germinated (Fig. 10). Both kinds were found in freshly collected material from which the Figs. 8, 11 and 12 were made. The monospores have the same size as carpospores. They have a diameter of about 18μ . The striking difference between monospores and carpospores, besides the way they are produced, is the behavior during germination. The monospores through successive divisions of its contents and accompanying enlargement, become a leafy structure. Very soon rhizoids start to grow from the lower cells. As one can see from Figs. 8 and 11, the monospore does not produce a germination tube like the carpospore. In culture the monospores started to develop a leafy structure clearly seen in Figs. 13-15. No further development was followed. Apparently after one month the development was proceeding at a very slow rate, if one compares the Fig. 15 (3 months old thallus) with the preceding Figs. 13 and 14 (near one month and a little over one month old thallus).

5. DEVELOPMENT OF CARPOSPORES.

The carpospores liberated by the desintegration of the frond are a roundish structure (Fig. 16) about the same size as the monospores. They have a diameter ranging from 14μ to 20μ , being 18μ the more frequent size. The carpospores after escaping the frond, sometimes germinated when still immersed in the gelatinous vicinity of the blade margins (Fig. 17). They can produce 1, 2 and sometimes up to 3 germination tubes. The carpospores allowed to germinate upon slender pieces of shells did develop very rapidly. The beginning of the germination (Fig. 18) showed the same pattern as above described. One or two, sometimes more, germination tubes started to grow on the surface of the shell and afterwards penetrated inside. The development inside the shell was surprisingly rapid, confirming the previous findings of DREW (1954) for *Porphyra umbilicalis*. Our Figs. 19 and 20 were obtained 8 and 9 days, respectively, after the beginning of the experiments. Fig. 21 shows another filament 14 days old. It can be seen from this figure that some carpospores have

started to develop at a considerably slow rate. (Note the spore with a short germination tube at the lower left). It can also be seen from Figs. 19 and 20 the beginning of the irregular branching pattern characteristic of the *Conchocelis*-like phase. Note also that apparently no transverse septa have developed. Figs. 22 and 23 are from a filament 11 and 15 days old, respectively. It is possible to see at the center of the last-mentioned figure the membrane of the spore that did originate the filament (rounded structure with a broken line at the surface of the shell). Fig. 24 shows a one month old plant. Further development was at a very rapid rate and after 4 months (by the middle of December), the shells were completely infested by the filamentous "*Conchocelis*". The development of this phase was very similar to that obtained by DREW (1954). As described by her, the *Conchocelis* filament inside the shell does not have a regular formation of septa. Another feature very characteristic is the fusion that takes place between neighbouring filaments. In old plants, this fusion can assume the aspect shown in Figs. 25 and 26. DREW (1954) also reports such unusual feature of the *Conchocelis* filaments. By the end of the summer season, seven months after the beginning of the cultures, a different pattern of the filament appeared in the shells. These started first as a localized swelling of a lateral branch (Figs. 27-32). This swelling has a denser content than the usual *Conchocelis* filaments. As development proceeds, a certain number of cells, organized as a uniseriate ramified filament, are clearly seen from above (Figs. 33-34). These filaments show very little branching and are composed of few cells. They appear everywhere in the shell. They are of the same kind referred to by DREW (1954) as the "fertile cell rows". Indeed, in our material, shortly after the appearance of these "fertile cell rows", it was possible to find a few isolated rounded cells upon the shell surface. Trying to clarify the origin of these cells, it was found that they were liberated from inside the shell by special pores developed at the free end of the "fertile cell rows" (Figs. 35-36). These were growing from below directly to the surface in a somewhat upright fashion. At the surface a clear pore is seen ending such filaments (Figs. 35 and 36). This is in agreement with the findings of YAMASAKI (1954) and TSENG and CHANG (1955) for *Porphyra tenera*. The spores are liberated one by one,

apparently by active sliding movements through this aperture. This is accomplished through the dissolution of the transverse septa separating the cell row at the end of such filaments (Fig. 35). This breaking-down of the transverse septa were already reported by DREW (1954) as well as by YAMASAKI (1954) and TSENG and CHANG (1955). At the end of this process, an emptied tube, with a definite pore is seen from above.

Experiments are being carried on in order to elucidate the behaviour and the fate of this kind of spore, called by some authors, "conchospores".

6. DISCUSSION.

The facts observed are in agreement with the findings of previous authors regarding the production of the *Conchocelis*-like phase by the germinating carpospore of different species of *Porphyra*.

From the observations above described it is now possible to explain how the conchospores, produced from cells of the "fertile cell rows" inside the shell, are liberated.

If the development of monospores produced by the leafy thalli of other species of *Porphyra* is similar to the above described process of germination, they cannot be confounded with the behaviour of the carpospores. Perhaps the previous references of the behaviour of "neutral" spores by other authors (usually with the origin of this kind of spore not well defined) can possibly be a mistake with carpospores, since it is difficult, not knowing its origin, to separate them, because, as we have seen, they have the same size.

7. ABSTRACT.

Porphyra atropurpurea is a common rock-weed in Southern Brazil. A *Conchocelis*-like phase, unknown for this species has been obtained by cultures of carpospores. A detailed description of the methods employed, as well as the results obtained, are given.

Direct observation showed the way conchospores produced by the filamentous phase, are liberated from inside the shell through a well-developed pore. Cultures started from monospores liberated

by the leafy thallus resulted in the production of the leafy phase. Detailed description of this process shows remarkable difference in behaviour of this kind of spore regarding its germination. Experiments are still in progress.

8. SUMÁRIO.

Porphyra atropurpurea é uma alga vermelha comum nas costas rochosas do Sul do Brasil. Através da cultura de carpósporos obteve-se o desenvolvimento da fase filamentosa, conhecida pelo nome de *Conchocelis*. Culturas de monósporos produzidas pelo talo adulto, mostraram que estas estruturas dão origem ao talo foliáceo por um processo de germinação inteiramente diferente da germinação dos carpósporos. Uma detalhada discussão dos métodos empregados e dos resultados obtidos é apresentada. As experiências continuam.

9. BIBLIOGRAPHY.

- DREW, K. M. — 1949 — *Conchocelis*-Phase in the Life-History of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kütz. Nature 164: 748-749.
- 1954 — Studies in the Bangioideae III. The life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kütz. var. *laciniata* (Lightf.) J. Agardh. Ann. Bot. 18 (n.s.): 183-211 + Pl. IX-XII.
- GRAVES, J. M. — 1955 — Life-cycle of *Porphyra capensis* Kütz. Nature 175: 393-394.
- HOLLENBERG, G. J. — 1958 — Culture studies of marine algae III. *Porphyra perforata*. Amer. Journ. Bot. 45 (11): 653-656.
- IWASAKI, H. — 1961 — The life-cycle of *Porphyra tenera* in vitro. Biol. Bull. 121: 173-187.
- KORNMANN, P. — 1960 — Von *Conchocelis* zu *Porphyra*. Helgol. Wiss. Meeres-centers. 7 (4): 189-193.
- TSENG, C. K. and T. J. CHANG — 1955 — Studies on the life-history of *Porphyra tenera* Kjellmann. Scientia Sinica 4: 375-398 (cit. ap. Hollenberg 1958).
- YAMASAKI, H. — 1954 — Studies on the ecology of the *Conchocelis*-phase of *Porphyra tenera* Kjellmann I. Bull. Japanese Soc. Sci. Fisheries 20 (6): 442-446.

PLATE I

- Figs. 1, 2, 3. Transections of blade. Note several monosporangia; in the last figure several spores are escaping the frond (living material).
- Figs. 4, 5, 6. Transections of the blade. Note double layer of cells, several carpogonia with trichogyne, espermatangia; in the last figure, the fertilization process (living material).
- Figs. 7, 8, 9, 10, 11. Margin of monosporic blades (seen from above). Note several monospores in the process of liberation and the begining of the germination. Note how the monospore give rise to new plants without producing germination tubes (living material).

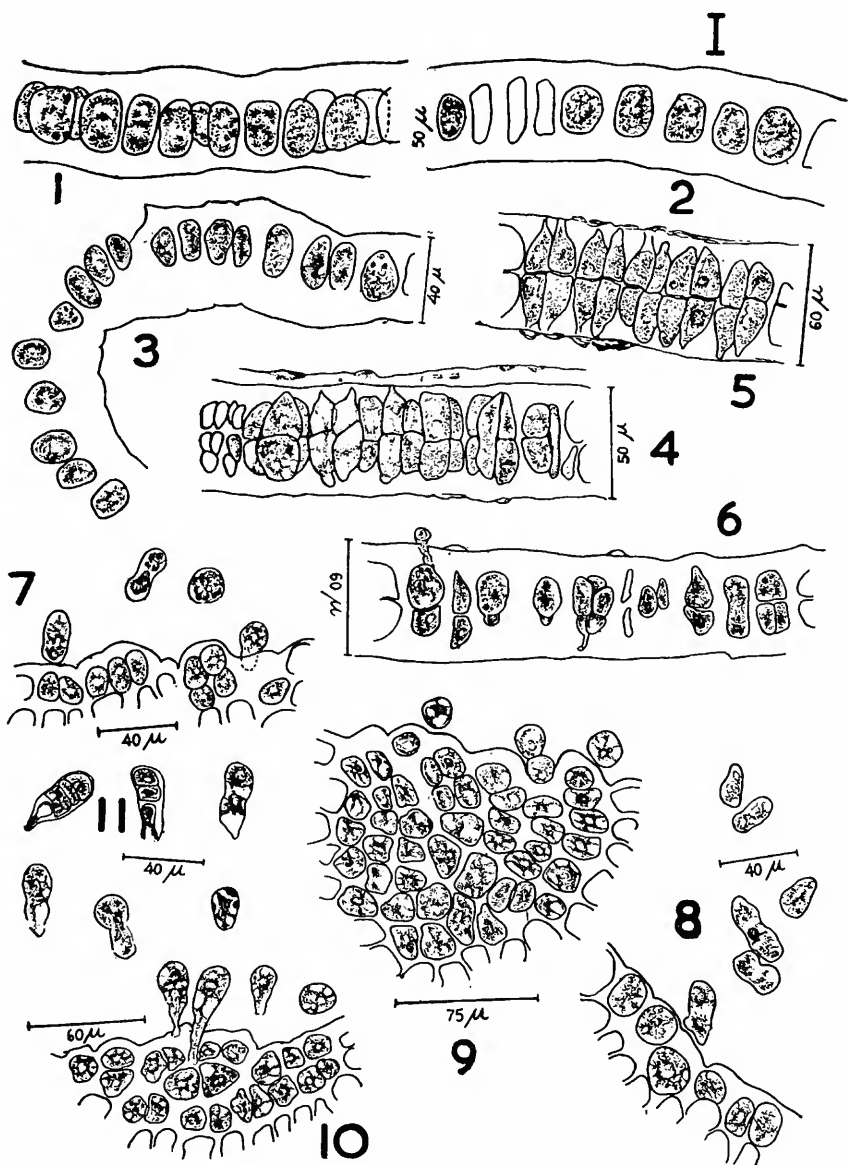


PLATE II

- Fig. 12. Plantlet originated by monospore, growing attached to the margin of the blade (living material).
- Figs. 13, 14, 15. Plantlets obtained in culture from monospores, 30, 34 and 84 days old respectively (living material).
- Figs. 16, 17. Margin of carposporic blade (seen from above). Note at fig. 16 one carpospore and 4 spermatia in the neighborhood of the blade, and several carpospores in place. Note at fig. 17, 4 germinating carpospores and several spores in place (living material).
- Fig. 18. Culture material. Germinating carpospores (living material).
- Figs. 19, 20, 21, 22. Culture material. "Conchocelis" filaments, 8, 9, 14 and 11 days old plants respectively, growing inside "*Ostrea*" flakes (living material).

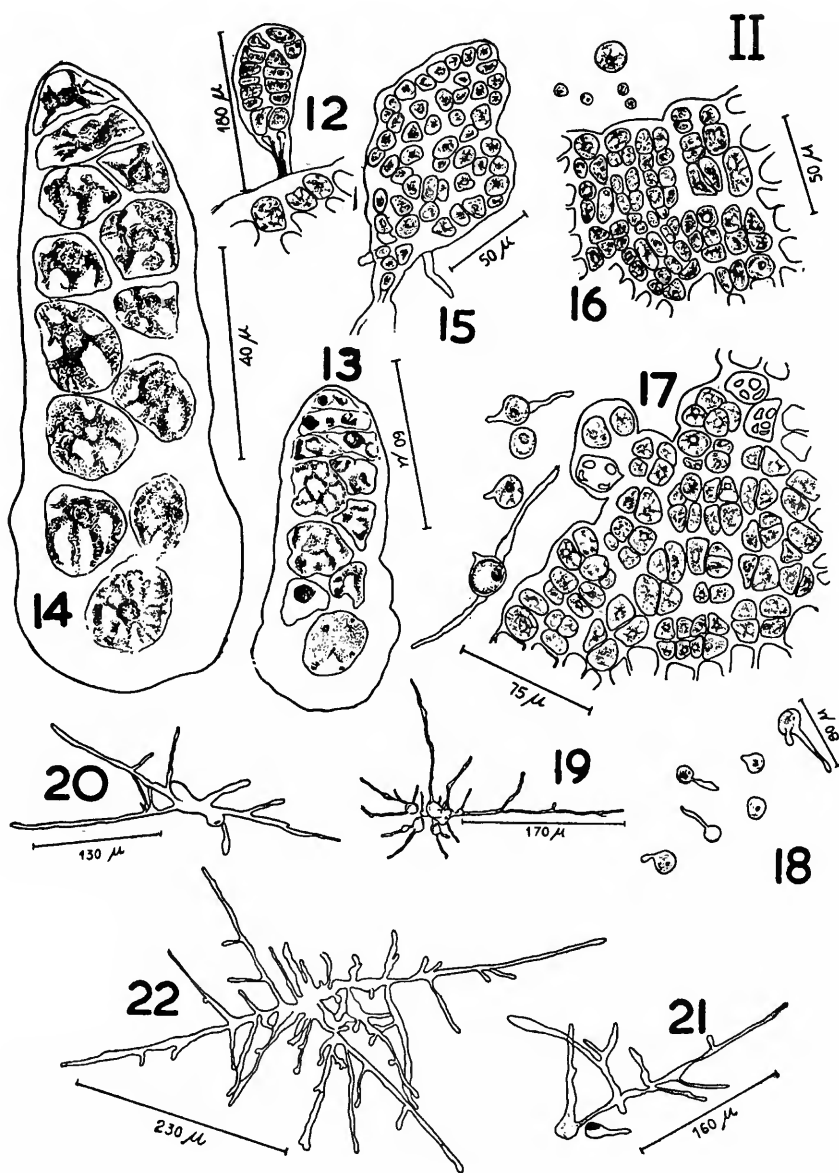


PLATE III

- Figs. 23, 24. "Conchocelis" filaments. Note at fig. 23 the inicial carpospore still visible at the surface of the shell. Note also the characteristic branching pattern and the absence of septa (living material) .
- Figs. 25, 26. "Conchocelis" filaments. The last fig. 32 days old plant. Note the fusion between neighbors filaments (living material) .
- Figs. 27, 28, 29, 30. Localized swellings of "Conchocelis" filaments in 9 months old cultures (living material) .

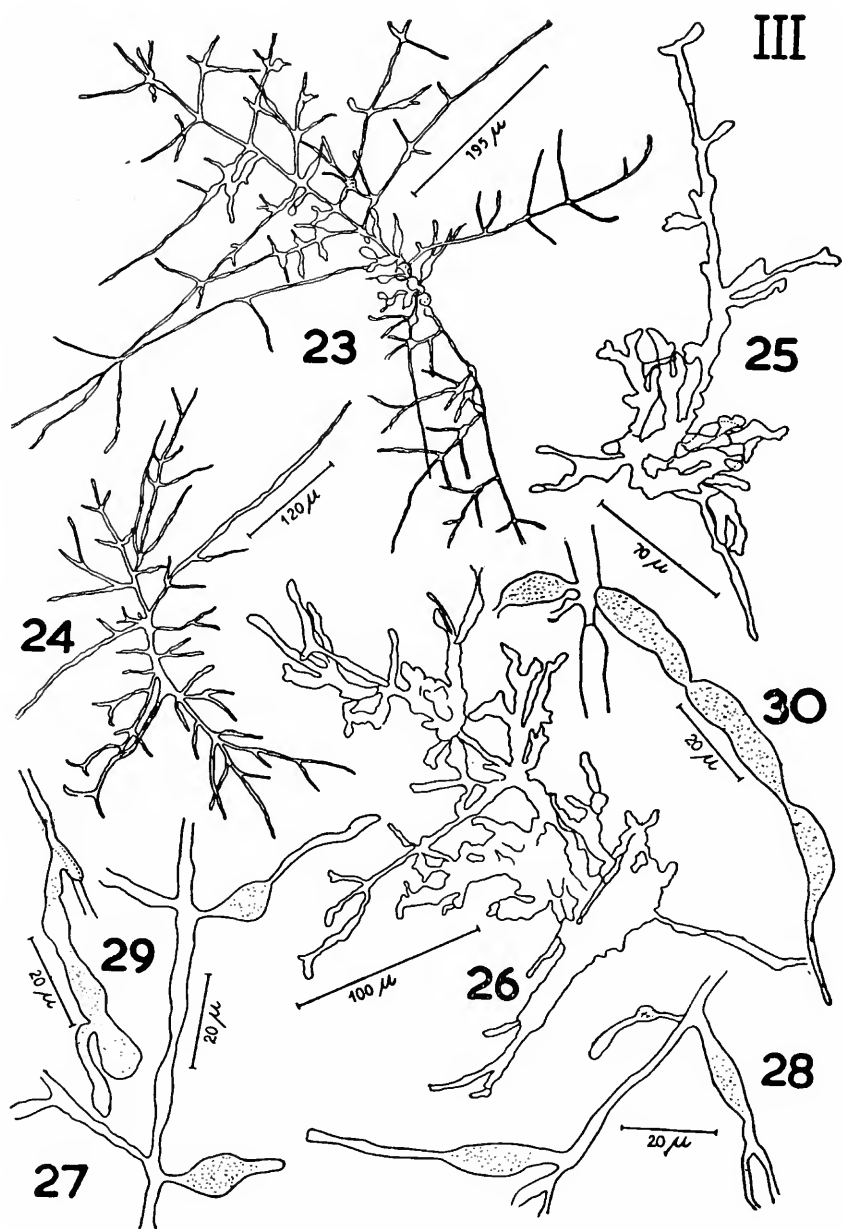
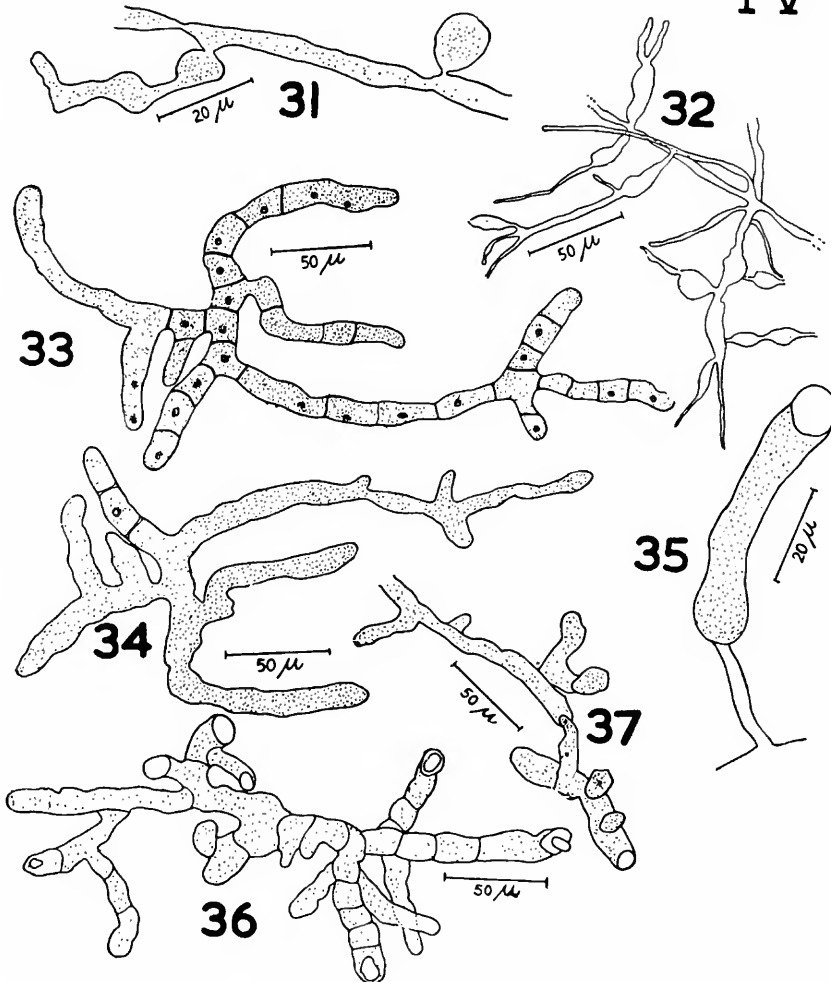


PLATE IV

- Figs. 31, 32. Normal "Conchocelis" filaments, showing the beginning of the swellings (living material) .
- Figs. 33, 34. The formation of the "fertile cell rows" (living material) .
- Figs. 35, 36, 37. Fertile cell rows, showing several pores at the surface of the shell (living material) .

IV



**TWO NEW SPECIES OF ACROCHAETIUM
FROM SOUTHERN BRAZIL**

A. B. JOLY and M. CORDEIRO

TWO NEW SPECIES OF ACROCHAETIUM FROM SOUTHERN BRAZIL

A. B. JOLY¹ and M. CORDEIRO²

INTRODUCTION

In the course of preparation of the Northeastern marine flora of the State of São Paulo, Brazil, the senior author came across two interesting species of *Acrochaetium* which, we believe, are new to science.

One of them is an endophyte in *Agardhiella tenera* (J. Agardh) Schmitz and the other has been found growing associated with a silicious sponge. Though endophytic *Acrochaetia* are not uncommon, the association with sponges is of a rare occurrence. As far as we were able to find, there are only two other species of *Acrochaetium* known to be associated with sponge: *A. spongicolum* WEBER VAN BOSSE (WEBER VAN BOSSE 1921) and *A. spiculiphilum* DAWSON (DAWSON 1953), besides *Rhodochortonopsis spongicolum* YAMADA (YAMADA 1944).

Acrochaetium epispiculum sp. n.

Plate I (figs. 1-4)

Thallus endozoicus, in spiculis spongiae silicosae generis *Zygomycale* vivens, irregulariter dispersus in hospite, filamentis dicotomicis ramosis cum invenia sunt, atque unilateraliter deinde, prima forma, hac re, obscurata. Filamenta non modo in spiculis esqueleticis sed mesenchymaticis etiam crescunt, diametro variabili, ex $4,8\mu$ usque ad $7,2\mu$, prima mensura frequentiore. Cellulae longiores quam latiores $16,8-30,5\mu$ longae. Ramulorum cellulae secundariorum mi-

(1) Department of Botany, University of S. Paulo, São Paulo, Brazil.

(2) "Instituto de Botânica do Estado de São Paulo", São Paulo, Brasil.

nores sunt, eadem diametro sed minores, 12-18 μ longae. Cellulae 2-3 chromatophoris parietalibus, sed non semper visilibus, filamentis tum roseis uniformibus. Monosporangia extremo ramulorum aliquorum producta, bifarium aut unilateraliter, circa 7,2 μ lata atque 15,2 μ longa.

Thalli endozoic forming irregularly dispersed patches in the host. The filaments are formed by somewhat elongated cells with a varying diameter. These filaments are, when young, seemingly dichotomous (Fig. 1). The cells at the base of each such dichotomy have a very characteristic shape. They have a triangular outline with the broader part towards the free ends of the filaments. This broadening of the terminal cells of the filaments is the indication of the beginning of the branching (Fig. 1). Afterwards, by additional lateral branching, chiefly from one side (Fig. 2), this initial pattern is obscured. This is especially true in old infested areas where the spicules are completely covered by algae. Apparently also occurs intercalary cell division. The filaments have a diameter varying from 4.8 to 7.2 μ being the smaller diameter more frequent. The cells are longer than broad, measuring 16.8 to 30.5 μ long. Cells of the secondary branches are somewhat smaller. They have the same diameter as above, but are considerably shorter, measuring from 12 to 18 μ long. The cells have two or three parietal chromatophores. These are in some places very difficult to see. The cells appear with a uniform somewhat granular rosy colour. Reproductive bodies, seemingly of the monospore type in the genus, were found. They are produced at the free end of certain branches. The ultimate cells of these branches bud off unilaterally or bilaterally the monosporangia, giving a peculiar appearance to this part of the plant. Fig. 4 shows one of such branches with several developping monosporangia and an emptied one. The monosporangia have a denser content and a somewhat darker colour. The mature monosporangia are longer than broad, with a diameter up to 7.2 μ and are 15.2 μ long. Several emptied monosporangia were also found and they had the same measures as above. The filaments of this plant grow directly apposed to the spicules of the sponge and they can bridge neighboring spicules forming a dense network. The filaments can be found upon large skeletal spicules (Figs. 2-3) as well as on the smaller spicules of the mesenchyma

(Fig. 1). This sponge can attain a height of more than half a meter and has a somewhat elongated shape, being very irregularly perforated in all possible directions. In some of these perforations, sometimes inside, sometimes at the surface, red patches caused by the algae attract the attention on the otherwise gray-purple colour of the sponge.

Type Holotype is deposited in the Herbarium of the Dept. of Botany, Univ. of São Paulo.

Type locality: Growing in the sponge *Zygomyscale parishii* (Bowerbank) Topsent³ in the "Enseada do Flamengo", municipality of Ubatuba, State of São Paulo, Brazil.

Acrochaetium agardhiellae sp. n.

(Plate II, Figs. 1-4)

Thallus partim endophyticus, interiore thalli *Agardhiellae tenerae* atque exteriore crescens, fimbriis crebre ramosis hospitis thalli interiore, et parte libera duobus fimbriarum generibus formata: longis, non ramosis, sterilibus ac parvis, ramosis, fertilibusque.

Primum genus cellulis 14-87 μ longis, 4,8-10,8 μ latis, chromatophoris parietalibus. Ramuli fertiles monosporis 7,8 μ latis et 12,8 μ longis. Pars endophytica fimbriis irregulariter ramosis formata, cellulis quae inter alias corticalis regionis atque subcorticalis miscent, usque ad centrale hospitis thalli cavum et ibi spargunt.

Cellulae endophytici systematis breviores ac contortae, atque aliquibus regionibus quidem septa non visibilia.

Plants partly endophytic growing in- and outside the thallus of *Agardhiella tenera*, composed of a very ramified endophytic system of filaments and a free portion. This is originated from inside the *Agardhiella* and emerges perpendicularly to the surface. These filaments are of two kinds. Non branched, long, sterile ones and of especially branched, fertile ones. The former has long cells (Fig. 3) measuring from 14.4 to 87 μ long and with a diameter ranging from 4.8 to 10.8 μ , with parietal chromatophores. The fertile branches are much

3) Kindly identified by Dr. L. Fournieris of the "Instituto Oceanográfico" of the Univ. of São Paulo.

shorter, bearing few laterals, some of which produce monosporangia. These appear in small clusters, are ovoid, having a diameter of 7.8μ and are 12.8μ long. They are easily recognized by its denser red contents and its thicker membrane (Fig. 4).

The endophytic system has a quite different appearance (Figs. 1-2). It is composed of irregularly branched filaments which grow in between the cortical and sub-cortical layers of the host (Fig. 2), penetrating the hollow cavity at the center of the thallus (Fig. 1). In older infested plants of *Agardhiella*, the central cavity can be filled up with a dense network of *Acrochaetium* filaments. The cells of the endophytic filaments are much shorter, have an irregular and somewhat contorted outline (Fig. 2). In some parts, septa are not visible, thus giving to these portions a peculiar siphonaceous appearance (Fig. 1). The filaments that reach and bridge the hollow cavity of the host thallus, are more regular in outline, like the external ones, though the cells are shorter.

Type Holotype is deposited in the Herbarium of the Dept. of Botany, University of São Paulo.

Type locality: On *Agardhiella tenera* growing attached to rocks at the "Enseada do Flamengo", municipality of Ubatuba, State of São Paulo, Brazil.

DISCUSSION

Acrochaetium epispiculum finds its place near the two previously described species of *Acrochaetium* that inhabit sponges: *A. spongicolum* WEBER VAN BOSSE (1921, p. 192-196, Figs. 56, 57) and *A. spiculiphilum* DAWSON 1953, p. 22, Pl. 10, Figs. 2-4). Nevertheless we think it is sufficiently different to merit recognition as a new entity. It differs considerably in habit from *A. spiculiphilum*, having our plant larger cells. Nothing can be said about the reproductive structures of this species whose monospores were described by DAWSON as being "not positively identified". The other species, *A. spongicolum*, is also different, as can be judged by the drawing presented by Mme. WEBER VAN BOSSE. It differs also in size, being

our plant larger. Since reproductive structures were not found on the material described by her, nothing can be said in comparison with our material. *A. spongicolum*, on the other hand, has been found growing upon a corneous sponge.

Acrochaetium agardhiellae differs from the truly endophytic *Acrochaetia* and allied genera known to occur in the American Atlantic (see TAYLOR 1960) in the following way: 1. From *A. hypneae* (BÖRGESEN) BÖRGESEN (BÖRGESEN 1916, p. 51, Figs. 53-54) in its much more developed basal system, its longer cells and different position of the monosporangia. 2. From *A. repens* BÖRGESEN (BÖRGESEN 1916, p. 52, Figs. 55, 56) in its much more developed basal system and in its non branched, erect, sterile filaments. 3. From *A. phacelorhizum* BÖRGESEN (BÖRGESEN 1916, p. 54, Figs. 57-59) in its quite different habit. 4. From *A. homorrhizum* BÖRGESEN (BÖRGESEN 1916, p. 50, Figs. 50-52) in its more endophytic habitus, distinct non-moniliform basal filaments and non-branched, erect portion. 5. From *A. nemalionis* (DE NOTARIS) BORNET, in its more developed basal system and non-branched, erect, sterile, filaments. 6. From *Kylinia liagoriae* (BÖRGESEN) PAPENFUSS (BÖRGESEN 1916, p. 57, Figs. 60-62) in its very different habitus, besides the generic difference.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors want to express their gratitude to Dr. EDMUNDO FERRAZ NONATO from the "Instituto Oceanográfico" of the University of São Paulo, for the facilities offered at the "Base Norte" concerning field work.

We want to acknowledge Mr. Mário Pereira Bicudo Filho who kindly prepared the Latin diagnosis.

ABSTRACT

Two new species of *Acrochaetia* are described: *Acrochaetium epispiculum* and *Acrochaetium agardhiellae*. The former was found growing associated with a silicious sponge and the other is an endo-

phyte on *Agardhiella tenera*. Besides the Latin diagnose, detailed descriptions as well as two plates are given.

SUMÁRIO

O presente trabalho descreve duas novas espécies de algas vermelhas: *Acrochaetium epispiculum* e *Acrochaetium agardhiellae*. A primeira vive associada a uma esponja silicosa e a segunda é uma endófito em *Agardhiella tenera*, outra alga vermelha. Além da diagnose latina, uma descrição detalhada, bem como duas pranchas com numerosos desenhos são apresentados.

REFERENCES

- BÖRGESSEN, F. — 1916 — The marine algae of the Danish West Indies. Part III. Rhodophyceae (1). Dansk. Bot. Foren. 3 (1a): 1-80.
- DAWSON, E. Y. — 1953 — Marine red algae of Pacific Mexico. Part I. *Bangiales* to *Corallinaceae*, subf. *Corallinoideae*. Allan Hancock Pacific Expeditions 17 (1): 1-239 (incl. 33 Pl.).
- TAYLOR, Wm. R. — 1960 — Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas: IX + 1-870 (incl. 80 Pl.). Ann Arbor. The Univ. of Michigan Press.
- WEBER VAN BOSSE, A. — 1921 — Liste des algues du Siboga. II. *Rhodophyceae*. Première partie. Siboga Expeditie 59b. Uitkomsten op Zoologisch, Botanisch, Oceanographisch en Geologisch Gebied verzameld in Nederlandsch Oost Indië 1899-1900...: 187-533 + Pl. XI-XVI.
- YAMADA, Y. — 1944 — Notes on some Japanese algae X. Sci. Papers Inst. Alg. Res. Hokkaido Imp. Univ. 2 (1): 1-34. (cit. ap. DAWSON, 1953).

ESTAMPAS

PLATE I

Acrochaetium epispiculum sp. n.

- Fig. 1 Young dichotomic filaments growing upon mesenchyma spicules.
- Fig. 2 Young filaments; note beginning of terminal branching.
- Fig. 3 Older filaments attached upon a skeletal spicule; note secondary branching.
- Fig. 4 Older filaments. Pattern of original branching not discernible.
- Fig. 5 Fertile portion with monosporangia; note the tendency of unilateral disposition.

All figures from the type collection. Drawings made from formalin preserved material with exception of figs. 1 and 2, obtained from living material.

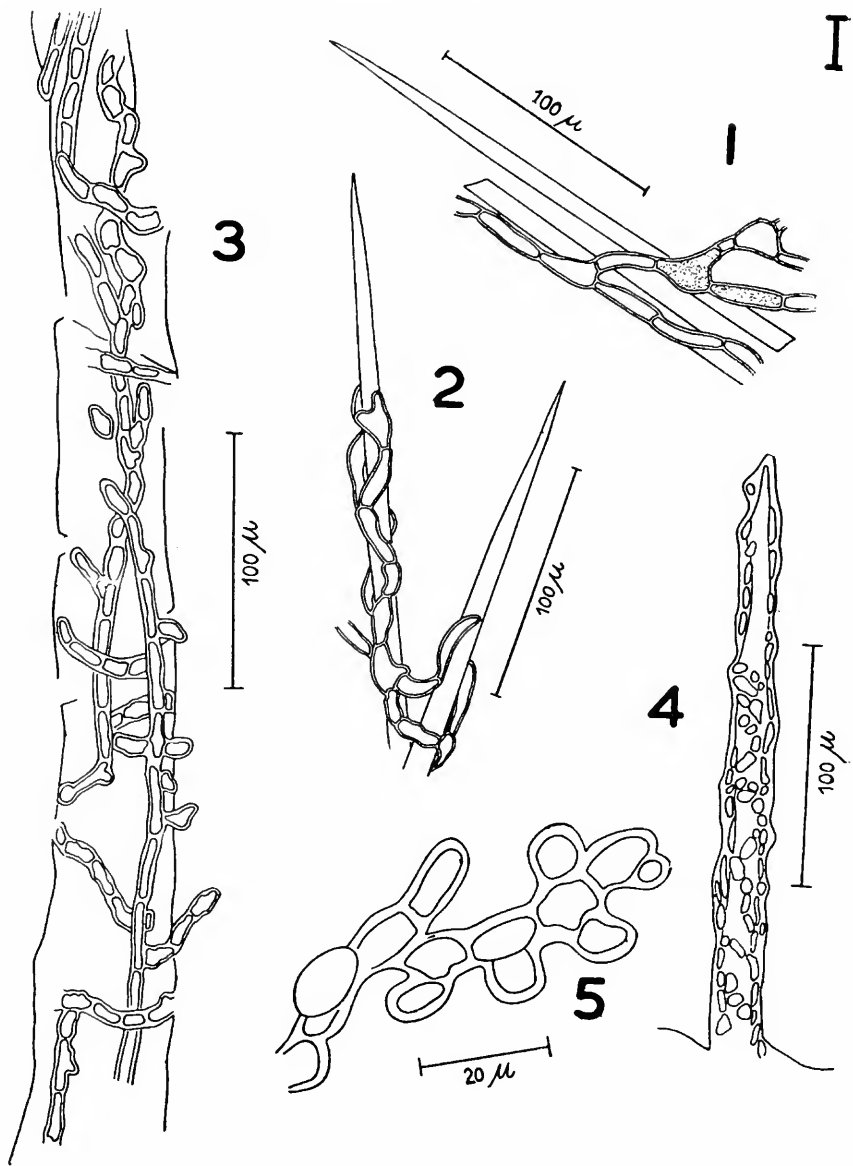


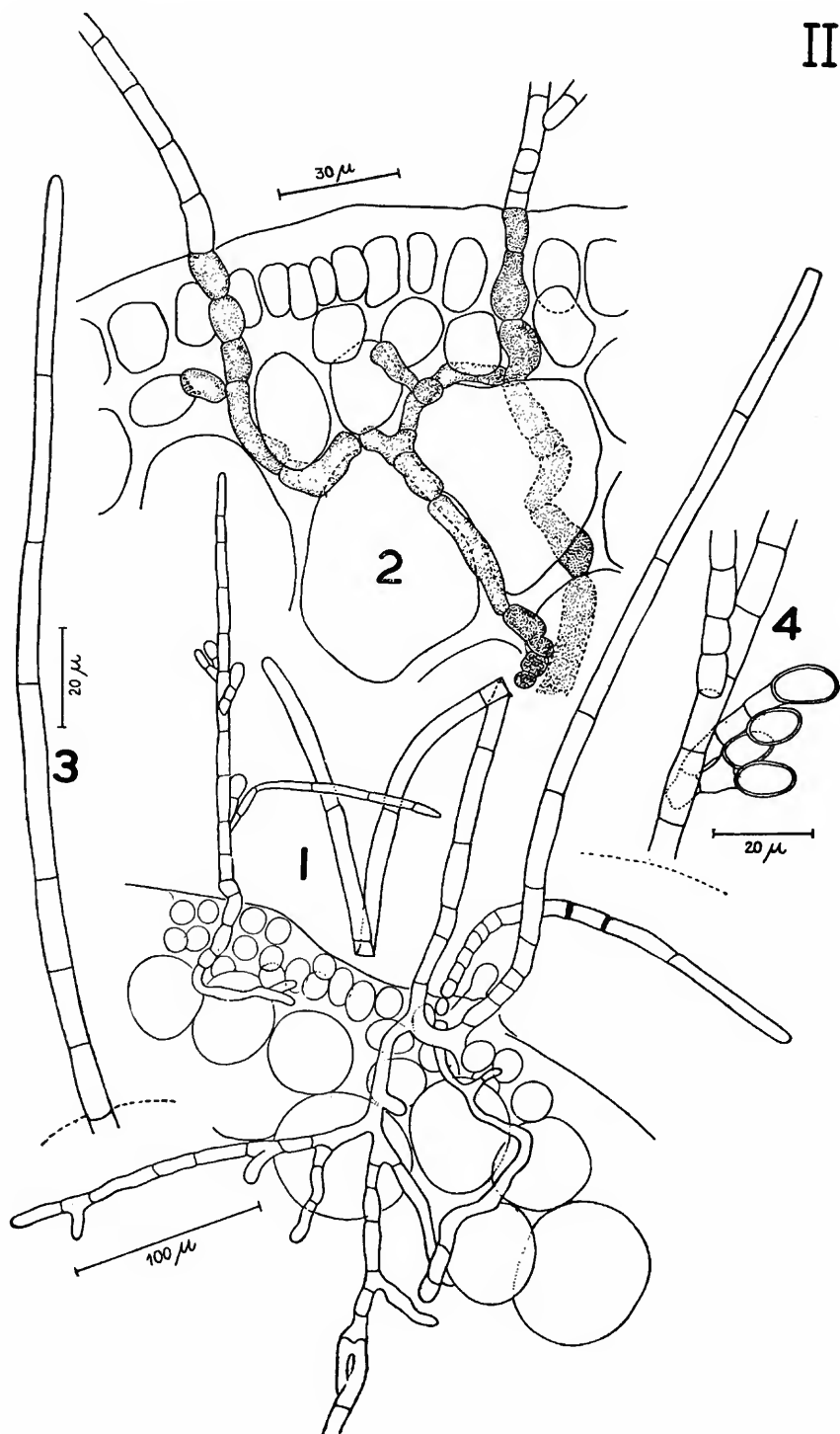
PLATE II

Acrochaetium agardhiellae sp. n.

- Fig. 1 Cross section of *Agardhiella*, showing endophytic and external portions of *Acrochaetium*. Note non branched sterile filaments and siphonaceous appearance of certain endophytic threads.
- Fig. 2 Cross section of *Agardhiella*, showing details of the endophytic *Acrochaetium*.
- Fig. 3 Erect non branched external filament.
- Fig. 4 Detail of monosporangia.

All figures from the type collection Drawings made from formalin preserved material with exception of fig. 2 obtained from living material.

II



BOLETINS PUBLICADOS PELO DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

N.º 1 — 1937:

RAWITSCHER, F. — Experiências sôbre a symetria das fôlhas.

ARENS, K. — Sôbre o papel do Potássio na Photosynthese aquática e aérea.

ARENS, K. — O processo de infecção da *Bremia Lactucae*.

N.º 2 — 1939:

RAWITSCHER, F. — Sôbre a reprodução vegetativa no gênero *Kalanchoe*.

KLEEREKOPER, H. — Estudo limnologico da Represa de Santo Amaro em São Paulo.

N.º 3 — 1942:

RAWITSCHER, F. K. — Problemas de Fitoecologia com Considerações especiais sôbre o Brasil Meridional.

RAWITSCHER, F. K. e FERRI, M. G. — Observações sôbre a Metodologia para o estudo da Transpiração Cuticular em Plantas Brasileiras, especialmente em *Cedrela fissilis*.

N.º 4 — 1944:

RAWITSCHER, F. K. — Problemas de Fitoecologia com Considerações especiais sôbre o Brasil Meridional. 2a. parte.

FERRI, M. G. — Transpiração de plantas permanentes dos "Cerrados".

N.º 5 — 1947:

RACHID, M. — Transpiração e sistema subterrâneos da vegetação de verão dos campos cerrados de Ema.

N.º 6 — 1948:

FERRI, M. G. e JOLY, A. B. — Partenocarpia induzida com ácido β -naftóxi-acético.

N.º 7 — 1949:

MORRETES, B. L. de — Ciclo evolutivo de *Pilacrella delectans* Möll.

JOLY, A. B. — Contribuição para o conhecimento da vegetação do Brasil Meridional. I — Plantas raras ou pouco conhecidas.

N.º 8 — 1950:

JOLY, A. B. — Estudo fitogeográfico dos campos de Butantã (São Paulo).

SCHUBART, O. e RAWITSCHER, F. — Notas sôbre os movimentos de água subterrânea de Emas — Pirassununga.

N.º 9 — 1951:

FERRI, M. G. — Foto-Destruição do Fito-Hormônio Ácido indolil-3-Acético por Compostos Fluorescentes.

N.º 10 — 1953:

HUECK, K. — Distribuição e habitat natural do Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*).

MORELLO, J. — Transpiración y balance de água de la Bananera en las condiciones de la ciudad de São Paulo.

N.º 11 — 1954:

VILLAÇA, H. e FERRI, M. G. — Transpiração de *Eucalyptus tereticornis*.

VILLAÇA, H. e FERRI, M. G. — On the Morphology of the Stomata of *Eucalyptus tereticornis*, *Ouratea spectabilis* and *Cedrela fissilis*.

JOLY, A. B. — The Genus *Bostrychia* Montagne, 1838 in Southern Brasil. Taxonomic and Ecological Data.

N.º 12 — 1955:

FERRI, M. G. — Contribuição ao Conhecimento da Ecologia do Cerrado e da Caatinga — Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação.

N.º 13 — 1956:

JOLY, A. B. — Addition to the marine flora of Brasil. I.

JOLY, A. B. — The sexual female plants of *Griffithsia tenuis* C. Agardh.

RACHID-EDWADS, M. — Alguns dispositivos para a proteção de plantas contra a seca e o fogo.

N.º 14 — 1957:

JOLY, A. B. — Contribuição ao conhecimento da flora ficológica marinha da baía de Santos e arredores.

N.º 15 — 1958:

FERRI, M. G. — In memoriam Felix Rawischer.

ARENS, K. — Considerações sobre o xeromorfismo foliar

ARENS, K. — O Cerrado como vegetação oligotrófica.

JOLY, A. B. e TEIXEIRA CLOVIS — Observação sobre a anatomia da casca do Guapuruvú, *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake.

FERRI, M. G. e COUTINHO, LEOPOLDO M. — Contribuição ao conhecimento da ecologia do Cerrado. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação em Emas (Est. Paulo), Campo Grande (Est. de Mato Grosso) e Goiânia (Est. de Goiás).

N.º 16 — 1959:

MORRETES, B. L. e FERRI, M. G. — Contribuição ao Estudo da Anatomia das Fôlhas de Plantas do Cerrado.

SCHUBART, O. — Segunda contribuição sôbre o Movimento da Água Subterrânea de Emas-Pirassununga.

N.º 17 — 1960:

CAMARGO, P. N. — Contribuição para o Conhecimento da Anatomia de "Hymenaea Stilbocarpa" Hayne.

FERRI, M. G. — Nota Preliminar Sôbre a Vegetação de Cerrado em Campo do Mourão (Paraná).

COUTINHO, L. M. e FERRI, M. G. — Transpiração e Comportamento Estomático de Plantas Permanentes de Cerrado em Campo do Mourão (Est. do Paraná).

FERRI, M. G. e LAMBERTI, A. — Informações Sôbre a Economia D'água de Plantas de um Tabuleiro no Município de Goiana (Pernambuco).

N.º 18 — 1962:

COUTINHO, L. M. — Contribuição ao Conhecimento da Ecologia da Mata Pluvial Tropical.

JOLY, A. B. e CORDEIRO, Marilza — Additions to the Marine Flora of Brasil — II.

