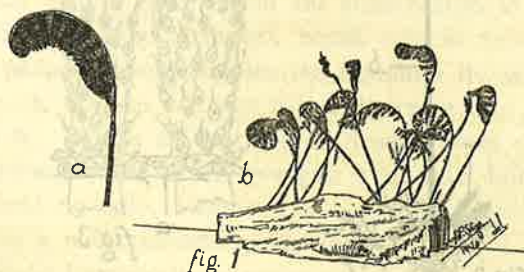


OBSERVAÇÕES SÔBRE A DEFESA DO POLYPODIUM POLY- PODIOIDES (L) HITSCHCOK EM RELAÇÃO AO FATOR ÁGUA

WALTER RADAMÉS ACCORSI

da E. S. Agricultura "Luiz de Queiroz"
da Universidade de São Paulo

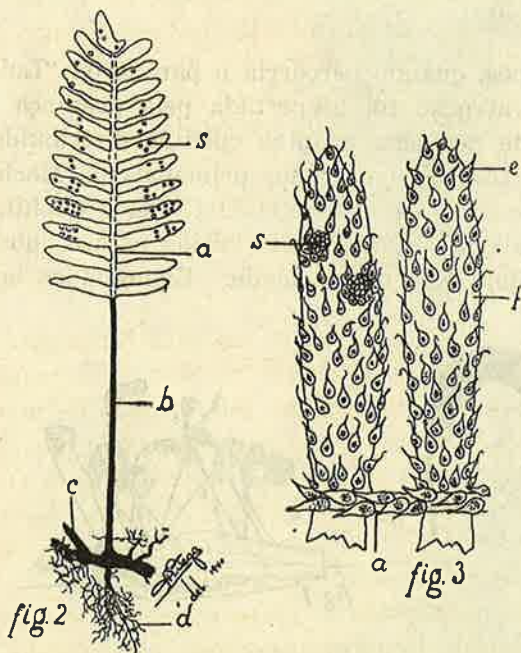
Há tempos, quando percorria o parque da "Luiz de Queiroz", minha atenção foi despertada pela presença de grande quantidade de pequenas plantas epífitas distribuidas de preferência nos troncos, nos ramos principais de *Machaerium tipu*, de *Cupressus* sp e no estipe de *Cycas Rumphii*, etc.. Tal fato foi, também, observado em várias plantas do jardim da praça José Bonifácio nesta cidade. Examinadas bem de per-



to, verifiquei tratar-se de representantes da família Polypodiaceae, que se mostravam com aspecto bem pronunciado de plantas sêcas, pois que suas fôlhas estavam enroladas, exibindo a forma de um báculo de côr marron (fig. 1-a-b.). À primeira vista, apresentavam-se com todos os caracteres de fôlhas castigadas pela sêca. O interessante é que dias depois, após haver chovido durante algumas horas, em observações

pelas mesmas localidades do parque, qual não foi a minha surpresa ao verificar que aquela minúscula flora epífita, que dias antes se apresentava completamente sêca, ostentava, agora as frondes bem distendidas (fig. 2) e coloridas de um belo verde escuro. Fiquei realmente surpreso. Colhi, por essa razão, grande quantidade de material que, conservado em laboratório, mostrava no dia seguinte novamente o mesmo aspecto sêco, bem como aquele situado sôbre as plantas citadas.

Examinadas as frondes ao binocular, observei que a face inferior ou dorsal das pinas (fig. 3-e) apresentava um denso



revestimento de escamas de coloração marron, assim como o pecíolo e até o próprio rizoma. A face superior das pinas, entretanto, não possuía escamas e mostrava-se com uma coloração verde bem carregada.

Enviado o material ao Departamento de Botânica da Estado de São Paulo, sob a proficiente direção do Dr. F. C.

Hoehne, foi o mesmo classificado como sendo o *Polypodium polypodioides* (L) Hitschcok.

Além desse *Polypodium* encontrei dois outros que serão objeto de estudos para outros artigos.

A conclusão a que cheguei após a observação dos fatos narrados foi a de que a posição assumida pelas frondes, quando se apresentam com a forma de báculo, é de defesa contra a seca a que estão sujeitos êsses vegetais, mesmo porque, o meio onde seu rizoma se desenvolve — como sejam fendas e depressões das cascas das árvores, intervalos formados pelas cicatrizes folhaves deixadas no estipe de *Cycas Rumphii*, etc. — por ser munto poroso, perde por evaporação e, em pouco tempo, tôda a água que absorveu durante as chuvas. O meio de que dispõe o *Polypodium*, por conseguinte, não possui o teor em água suficiente para garantir o turgor das células dos tecidos das plantinhas. Ademais, outros fatores inerentes à própria organização da plantinha, conforme se verá adiante, na descrição anatômica das frondes, concorrem para que a atitude de defesa seja mantida enquanto a quantidade de água no substratum onde vivem não fôr suficiente para que as frondes se distendam.

Para provar que o fator água no substratum é a causa principal da distensão das frondes, basta que se transplante o *Polypodium* para um solo comum ou formado de terriço de mata, como aquele que se usa em Silvicultura, e que seja regado diariamente. Tôdas as frondes se desenrolam em algumas horas e permanecem nessa posição enquanto houver suficiente humidade no solo, mesmo que o estado hygrometrico do ar seja baixo e a temperatura elevada.

Com relação à temperatura, posso asseverar que em nada influe sôbre a posição de defesa assumida pela fronde. Essa posição de defesa, é dévida, exculsivamente ao fator água no substratum, conclusão a que chego das observações que tenho feito das plantinhas "in natura" há mais de um ano, durante a variação de temperatura das quatro estações. Sempre verifiquei que após uma chuva, fosse qual fosse a temperatura reinante, as frondes distendiam suas pinas. No próprio laboratório pude provocar a distensão das pinas, bastando para

isso, humedecer o substratum ou imergir fragmentos de rizoma e seus apêndices em água para que a forma normal resurgisse, mesmo sob variação de temperatura do meio ambiente.

O fator luz, por sua vez, não tem interferencia no processo de defesa ou de retorno das frondes, porquanto, mesmo em ausência de luz provoqueei a distensão das frondes só com a presença do fator água no substratum.

Concluo por conseguinte, que a água no substratum é o único fator que influe no fenômeno.

O movimento executado nas frondes durante a transpiração inicia-se pelas pinas apicais, que se movem em tórno da raquis, juxtapondo-se pelas faces ventrais, seguindo-se as que lhe são inferiores, até que as duas metades da fronde estejam coladas entre si; agora a própria raquis que se encurva, a partir da ponta, em direção à base, assumindo a fronde a forma já assinalada, isto é, de um báculo. O pecíolo da fronde permanece direito, com exceção da região situada nas imediações das primeiras pinas a qual se encurva levemente, em virtude da sua própria estrutura. Nesta atitude permanecem as plantinhas até que sobrevenham as primeiras precipitações aquosas, quando elas expandem novamente suas delicadas frondes.

A absorção da água do meio ambiente, que determinará a distensão das pequenas frondes, pode dar-se das seguintes maneiras:

1) Irrigando o substratum onde está o rizoma com suas raízes finas e recobertas por um denso revestimento de pêlos absorventes.

2) Imergindo a ponta do rizoma em água. Neste caso observa-se que a distensão se inicia na fronde mais próxima da ponta imersa na água.

3) Imergindo, apenas, as frondes em água. Isto prova que a absorção da água dá-se, também, pelas frondes, através das epidermes.

O movimento se dá agora em sentido inverso ao da defesa; observa-se, primeiramente, que as pinas basais das frondes

começam a afastar-se, seguindo-se imediatamente as superiores e assim sucessivamente, até que tôdas as pinas fiquem colocadas quase no mesmo plano; a raquis, por sua vez, desenrola-se, tornando-se quase reta.

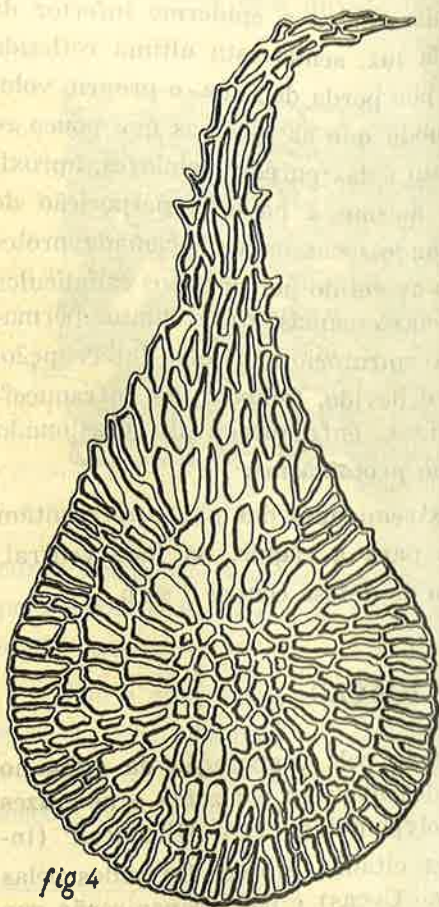


fig 4

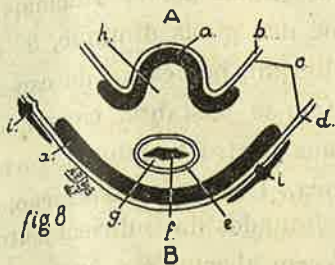


fig 8

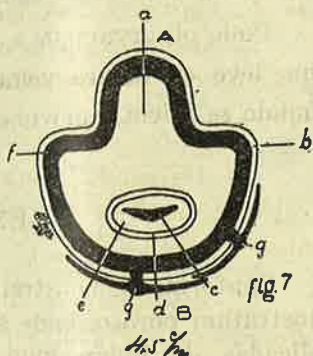


fig.7

1/5 mm

Durante a posição de defesa assumida pelas frondes, a transpiração cai ao mínimo, porque, em primeiro lugar a superfície folhar fica grandemente reduzida, em virtude da juxtaposição das faces ventrais de cada par de pinas, e, ao mesmo

tempo, dá-se o encurvamento do conjunto; o ar pouco circula por entre o canal assim formado, de modo que, não sendo renovado com facilidade, por não haver ventilação, a transpiração se reduz.

Em segundo lugar, o denso revestimento de escamas que cobre a face dorsal das pinas abriga a epiderme inferior da ação disecante do vento e da luz, sendo esta última refletida em grande parte. Ademais, por perda de água, o próprio volume das pinas diminui, de modo que as escamas que pouco se alteram, por causa da espessura das paredes celulares, aproximam-se bastante, chegando mesmo a haver superposição de suas partes terminais, formando-se assim uma camada protetora. Com essa disposição, o ar retido por entre os canalículos originados do embricamento das escamas; os estômatos permanecem abertos e o processo respiratório não sofre interrupção, embora menos ativo, o que é devido, também, ao enfraquecimento das funções fisiológicas, enfraquecimento ocasionado pela redução do fator água no protoplasma.

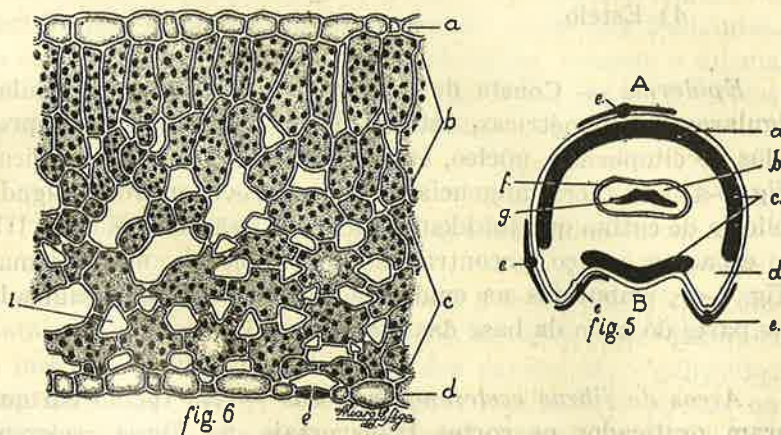
Pude observar que as extremidades das pinas apresentam uma leve curvatura voltada para a raquis, na face ventral, quando se inicia o movimento de defesa contra a seca.

EXPLICAÇÃO

Conforme demonstrei atrás pela evaporação da água no substratum poroso, onde se desenvolvem o rizoma e as raízes delicadas do *Polypodium polypodioides* (L) Hitschcock (interstícios da casca das árvores citadas, espaços formados pelas cicatrizes folhaves no estipe de *Cycas*) e pela transpiração que se processa na parte superior do pecíolo e das pinas, a fronde inicia o seu movimento de defesa. Para compreendê-lo é preciso que se estude a estrutura anatômica dos seguintes órgãos: pecíolo (na região próxima às pinas), raquis e pinas.

ESTRUTURA DO PECÍOLO

A estrutura do pecíolo varia de acôrdo com a região considerada, se na base (onde se insere no rizoma), se na região média ou na parte superior (proximidades do primeiro par de pinas). Preferi esta última região do pecíolo porque ela se



curva um pouco durante o movimento que as frondes executam para assumir a posição de defesa, devido mesmo a sua organização interna.

Com o micrótomo de congelação pratiquei cortes da espessura de 12 μ , usando como matriz o ágar a 5%, de acôrdo com a técnica de Evenden and Schuster (1). Fiz a montagem das secções obtidas em glicerina. A conformação dos cortes é se-

(1) Evenden and Schuster — The use of agar as a matrix for sectioning plant material with freezing microtome" — "Stain and Technology" Vol 13 — n.º 4 — 1938.

melhante a uma ferradura (fig. 5). Constan do exterior para o centro das seguintes partes:

- 1) Epiderme com escamas esparsas.
- 2) Arcos de fibras esclerenquimatosas.
- 3) Parênquima cortical.
- 4) Estelo.

Epiderme — Consta de uma camada contínua de células regulares, isodiamétricas, estreitamente unidas entre si, providas de citoplasma, núcleo, etc., de paredes finas e celulósicas (fig. 5-a); as faces tangenciais externas revelam uma delgada película de cutina que foi identificada pela reação do Sudam III. De espaço a espaço, encontram-se no pecíolo algumas escamas (fig. 5-e), embutidas na epiderme por meio de um pedúnculo que parte do meio da base das mesmas.

Arcos de fibras esclerenquimatosas — Na região em que foram praticados os cortes transversais, as fibras esclerenquimatosas distribuem-se em dois arcos: o primeiro tem a conformação de um U (fig. 5-c) e ocupa toda a região dorsal do pecíolo; o segundo, bem menor do que o primeiro, está colocada na parte ventral do pecíolo (fig. 5c). As fibras componentes do primeiro arco, bem menor do que o primeiro, está colocado de um vermelho tijolo bem pronunciado, em virtude do ácido felicitânico. Por entre os espaços deixados pelas extremidades dos arcos esclerenquimatosos dispõe-se o parênquima cortical (fig. 5-d) que se comunica, nesses intervalos com a epiderme. Cortes praticados mais abaixo mostraram que os arcos estão unidos e os arcos esclerenquimatosos dispõe-se o parênquima cortical geral encontram-se nos arcos três fiadas de fibras.

As fibras esclerenquimatosas conferem ao pecíolo a resistência necessária para mantê-lo em posição vertical e suportar a fronde. Da maneira como estão dispostos os dois arcos de fibras, na região considerada, fácil é compreender-se o mo-

vimento de curvatura provocado pela diminuição da turgescência das células corticais.

Córtex — É constituído de um tecido parenquimatoso clorofilado, cujas células deixam entre si meatos, trazem secção circular e exibem parede mais espessa do que no geral (fig. 5-d).

Finalmente, bem no centro do pecíolo encontra-se o estelo, isolado do parênquima cortical pelo endoderma (fig. 5-f). O estelo tem a mesma conformação do estelo das *Felicinias*, isto é, os tecidos vasculares são concêntricos, estando o xilema (fig. 5-g) circundado pelo floema (fig. 5-b); entre os tecidos vasculares e o endoderma está o periciclo.

ESTRUTURA DO LIMBO DAS PINAS

A estrutura do limbo das pinas é a mema das fôlhas das plantas Dicotiledoneas; assim, entre as epidermes dispõe-se um mesófilo heterogêneo, formado dos parênquimas paliçádico e lacunoso (fig. 6-b-c). Os estômatos localizam-se apenas na epiderme inferior (fig. 6-e); as células estômáticas são providas de numerosos e pequenos grãos de clorofila.

Todavia, cito algumas particularidades dignas de nota. Assim, as células epidérmicas (fig. 6-a-d) além dos caracteres já conhecidos, possuem parede celular relativamente espessa, celulósica, revestidas externamente por uma delicada película de cutina; por conseguinte, a transpiração cuticular deve ser bem mais ativa do que nas demais fôlhas e sobrepuja mesmo a transpiração estomatar; é por essa razão que as frondes perdem com rapidez a água, quando o substratum onde vivem se desseca. A epiderme inferior apresenta-se revestida por numerosas escamas (fig. 3), bem próximas entre sí, que se embriçam por ocasião do movimento de defesa executado pelas frondes. A epiderme superior, entretanto, é dsprovida de estômatos e de escamas.

O parênquima paliçádico (fig. 6-b) é constituído de uma única camada de células, bem juxtapostas entre si, de secção

quase retangular. Percebe-se, em certos lugares, uma segunda camada de células paliádicas menores que as primeiras.

Abaixo do parênquima paliádico vem o tecido lacunoso disposto em várias camadas de células (3-4) (fig. 6-c).

As células do parênquima lacunoso revelam, em secção transversal, do limbo, a forma estrelada, com cinco braços em média, os quais se unem aos braços das células vizinhas, havendo na região de separação uma membrana transversal provida de pontuações simples. Os espaços intercelulares, isto é, as lacunas, são geralmente triangulares e bem volumosas.

As paredes das células do mesófilo são tão espessas quanto aquelas das células epidérmicas. Embutidas no mesófilo foliar encontram-se algumas nervuras de diâmetro reduzido, paralelas ao comprimento da pina, e, portanto, perpendiculares à raquis. Em secção transversal são circulares. Todas elas trazem uma estrutura bem simples, possuindo o xilema envolvido pelo floema; em lugar do endoderma verifica-se um anel de células parênquimatosas, quasi circulares, tendo as paredes voltadas para os tecidos vasculares mais espessos do que as outras. Não há, propriamente, uma nervura principal que sobrepuja as demais em diâmetro. Em linhas gerais são essas as particularidades a considerar no estudo da estrutura do limbo das pinas de *Polypodium polypodioides*.

ESTRUTURA DA RAQUIS

Uma vez que as pinas giram em torno da raquis, juxtapondo-se pelas faces ventrais, à medida que se processa a perda de água, resolvi estudar a estrutura anatômica da raquis e da região da raquis onde se inserem as pinas.

Raquis — Apresenta-se em secção transversal com a forma de uma pá de cabo curto (fig. 7). Na sua estrutura encontram-se as mesmas partes descritas para o pecíolo, mesmo porque a raquis nada mais é do que um prolongamento do mesmo. Mostra, contudo, pequenas diferenças. Os arcos de fibras esclerenquimatosas estão unidos, formando uma bainha de largura uniforme em todo o perímetro (fig. 7-f) e composta

de 2-3 fiadas de células; a face dorsal da bainha esclerenquimatosa também é avermelhada. Os segmentos da raquis compreendidos entre dois pares sucessivos de pinas são, por essa razão rijos e inflexíveis. A bainha esclerenquimatosa segue-se um parênquima clorofilado (fig. 7-a), cujas células possuem paredes espessas e celulósicas, assemelhando-se a um tecido colenquimatoso. Finalmente vem o estelo, bem próximo à face dorsal da raquis, e tendo a mesma estrutura que a do pecíolo.

Executei cortes transversais nas frondes, perpendicularmente a raquis, passando bem no centro da região de inserção das pinas (fig. 8). Observa-se nestas condições, que a bainha de fibras esclerenquimatosas da raquis está fragmentada em duas partes que trazem a mesma largura: uma inferior, em forma de arco bem aberto (fig. 8-a), situada na face dorsal da fronde e cujos ramos penetram um pouco no mesófilo das pinas junto à epiderme, e outra, superior, em forma de alça (fig. 8-a) também com as suas extremidades encaixadas no mesófilo, logo abaixo da epiderme. O parênquima da raquis comunica-se com o mesófilo das pinas. Esta disposição característica apresentada pelos arcos de fibras esclerenquimatosas (considerando-se a região média das pinas) nos dá a chave do movimento de rotação das pinas em torno da raquis, quando as condições de água do ambiente são desfavoráveis.

Assim, quando o substratum onde medra o *Polypodium polypodioides* se desseca e, em virtude da transpiração cuticular e estomatar (mais intensas na face ventral das pinas do que na dorsal, por causa das escamas), continuarem até que a plantinha assuma a posição de defesa, as células do parênquima do pecíolo, do parênquima da raquis, do mesófilo das pinas, vão perdendo água; em consequência, sua turgescência reduz-se consideravelmente, o volume das células diminui por essa razão e, por conseguinte, também os tecidos.

Nestas condições, pela diminuição do volume das células do parênquima que liga as faces internas dos arcos fibrosos, os ramos da alça tendem a se aproximar cada vez mais, (tornando-se mais fechada) o mesmo se sucedendo ao arco inferior que se torna mais fechado, provocando a aproximação das pinas. Em consequência dessa contração e pelo fato das pinas trans-

pirarem mais pela face superior, (que se encurta mais do que a inferior) inicia-se o movimento das pinas de acôrdo com o que foi explicado. Os segmentos da raquis, situados entre dois pares de pinas se encurvam para dentro (face superior da fronde). Agora é a própria raquis que se encurva para dentro (em direção à base do pecíolo) porque as extremidades de cada segmento da raquis funcionam como articulações acionadas pela contração da alça e do arco de fibras (sendo êste último que determina a curvatura). Assim permanecem as pinas até que sobrevenham as primeiras chuvas, quando se inicia o movimento de expansão das frondes, o que se realiza precisamente em ordem inversa ao da defesa.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS

Figura 1

- a — fronde de *Polypodium polypodioides* em posição de defesa.
 b — fragmento da casca do tronco de *Machaerium tipu* com várias plantinhas em posição de defesa.

Figura 2

Fronde distendida, vista pela face dorsal e inserida no rizoma a — raquis b — pecíolo c — rizoma d — raízes s — proeminência correspondente a um soro.

Figura 3

Duas pinas vistas pela face dorsal

- a — fragmento da raquis s — soros mostrando os esporângios f — limbo e — escamas.

Figura 4

Escamas da face inferior (dorsal das pinas) muito aumentada

Figura 5

Corte transversal praticado na face superior do pecíolo

A — face dorsal B — face ventral

a — epiderme b — floema c — arcos de fibras esclerenquimatosas d — parênquima do pecíolo e — escamas f — endoderma g — xilema

Figura 6

Corte transversal do limbo de uma pina

a — epiderme superior b — parênquima paliçádico c — parênquima lacunoso d — epiderme inferior e — estômato l — lacuna triangular.

Figura 7

Corte transversal de um segmento de raquis

A — face ventral B — face dorsal

a — parênquima da raquis b — epiderme c — xilema d — endoderma e — floema f — anel de fibras esclerênquimatosas g — escamas

Figura 8

Corte transversal das pinas na região de inserção da raquis

A — face ventral B — face dorsal

a — arco de fibras esclerênquimatosas em forma de alça b — epiderme inferior c — mesófilo da pina d — epiderme inferior e — endoderma f — xilema g — floema h — parênquima da raquis i — escamas.