

# ESTUDO DO ESCLERÊNQUIMA NO FLOEMA SECUNDÁRIO DE ALGUMAS DICOTILEDÔNEAS LENHOSAS

CLOVIS FERRAZ DE OLIVEIRA SANTOS

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Universidade de S. Paulo — Piracicaba

## INTRODUÇÃO

Um estudo comparativo dos elementos componentes do esclerênquima das estruturas secundárias, oferece dados de valor para um melhor conhecimento desse tecido. Além disso, foi também apontado por ESAU, CHEADLE & GIFFORD (1953) as características que devem ser estudadas com bases comparativas para aumentar o nosso conhecimento sobre a evolução do floema. Dentre as características por eles apontadas, está a ocorrência do esclerênquima.

O presente estudo procede com a revisão em 51 espécies, com 42 gêneros diferentes de 15 famílias das dicotiledôneas, com a presença ou ausência do esclerênquima no floema secundário, tipos de esclerênquimas presentes e a alongação das fibras do xilema e do floema em relação com as cambiais iniciais.

Para a distinção entre fibras e esclereídes, levamos em consideração: 1) a diferença no comprimento desses elementos; e, 2) a frequente ramificação dos esclereídes, muito embora, haja fibras curtas e esclereídes longos (como os da folha de *Olea*). Há, também, possibilidade das fibras se ramificarem nas pontas por um crescimento intrusivo.

Os esclereídes originam-se de células parenquimatosas e as fibras de fibras primordiais especializadas. Há, porém, muitos tipos de esclereídes que sofrem precoce especialização como os da *Camelia*, *Thochodendron* e epiderme das sementes de leguminosas. Muitas fibras parecem ser nada mais do que células parenquimatosas do floema que sofrem esclerificação

em suas paredes (exemplo em *Prunus*). As fibras possuem pontuações simples, levemente marginadas, nas paredes secundárias, ao passo que nos esclereídes as pontuações são frequentemente ramificadas.

No decorrer das nossas observações deparamos com algumas dificuldades para distinguir nitidamente os esclereídes e as fibras presentes em algumas das espécies estudadas. Isso vem confirmar o ponto de vista de ESAU (1953), quando afirma "que as fibras extra-axilares constituem o desenvolvimento de um grupo heterogêneo de células esclerênquimatosas de classificação ainda incerta". Temos aí um bom exemplo a apontar a necessidade de se proceder uma revisão minuciosa da classificação atualmente adotada para os elementos esclerênquimatosos, que considera somente dois grupos distintos ou sejam as fibras e os esclereídes. Isso porque, a mesma nos parece ainda insatisfatória. Concordamos com ESAU (1953) quando afirma "que uma tal divisão de séries graduais de formas em números limitados de categorias, só pode ser arbitrária, e o valor de uma tal divisão depende muito da clareza de definição e do critério sobre o qual é baseado".

### MATERIAL E MÉTODO

O floema secundário dos ramos de várias espécies de idades diferentes, foi observado em secções transversais, tangenciais e radiais, em material de lâminas permanentes, pertencentes à coleção do floema secundário das dicotiledôneas, do Departamento de Botânica da Universidade da Califórnia em Davis, Califórnia. As lâminas permanentes para o presente estudo foram preparadas de acôrdo com CHEADLE & outros (1953).

Em adição, para melhor interpretação dos elementos esclerênquimatosos, foi feita a maceração dos tecidos do cortex das espécies que foram julgadas conter fibras, de acôrdo com o exame prévio procedido nas lâminas permanentes. Não foi feita maceração nas espécies sem esclerênquima e naquelas contendo somente esclereídes. Devido a necessidade de se comparar o tamanho relativo das fibras do floema com base

no cambium inicial, e por ser difícil medir as lâminas permanentes em secções tangenciais e radiais, foi feita também a maceração dos tecidos do xilema, tomando por base o tamanho dos vasos membros como termo de comparação para o alongamento das fibras. Nas mensurações a substituição por vasos membros em lugar das cambiais iniciais é perfeitamente satisfatória, pois segundo ESAU (1950) aqueles elementos podem ser tomados como base para comparações em substituição às cambiais iniciais por sofrerem os mesmos pequena ou nenhuma alongação depois de formados.

O material para a maceração das espécies julgadas conter fibras, foi retirado do estoque do referido laboratório, os quais são conservados com fixador Craff III conforme SASS (1940), em pequenos blocos cilíndricos de 2,5 cm de comprimento e de largura ou diâmetro variável. Com a finalidade de se obter elementos isolados de fibras e vasos membros, todo material utilizado foi separado em xilema e floema por uma secção através do câmbio inicial com o auxílio de uma gilete. Após todo o material ter sido separado foi o mesmo lavado separadamente em água corrente durante 24 horas, posteriormente colocado em soluções diferentes para maceração, a saber: a) para os elementos do xilema foi utilizada a solução aquosa de peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial (1 parte de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 4 partes de H<sub>2</sub>O + 5 partes de ácido acético glacial) e levado para estufa à temperatura de 57° durante 7 dias, variando com o material. Depois de bem macerado, foi o mesmo lavado em água destilada por duas a três mudanças e colorido com solução alcoólica de safranina a 1% (1 gr de safranina + 100 cc de álcool etílico a 50%); b) para a maceração dos elementos do floema foi empregada uma solução aquosa de ácido crômico a 5% e 10%, durante 4 a 5 dias. Depois do material estar bem macerado foi o mesmo lavado em água destilada por duas a 3 mudanças, e a seguir foi colorido com safranina nas mesmas bases para o xilema. Todo o material foi a seguir desidratado e montado em diafane.

## RESULTADOS E ANALISE ESTATÍSTICA

A ocorrência e o tipo dos elementos esclerênquimatosos encontrados nas 51 espécies estudadas, estão relacionados abaixo :

a) — Espécies sem esclerênquimas no floema secundário:

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1) <i>Acanthopanax sieboldianus</i> | 6) <i>Calycanthus occidentalis</i> |
| (*) (material de 5 anos)            | 7) <i>Calycanthus floridus</i>     |
| 2) <i>Akebia quinata</i>            | 8) <i>Chimonanthus praecox</i>     |
| 3) <i>Beaucarnea recurvata</i>      | 9) <i>Cotinus coggyria</i>         |
| 4) <i>Buxus sempervirens</i>        | 10) <i>Daphne mezereum</i>         |
| 5) <i>Calluna vulgaris</i>          | 11) <i>Daphniphyllum macropo-</i>  |
| (*) (material de 6 a 7 anos)        | <i>dum</i>                         |

b) — Espécies com esclereídes somente :

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1) <i>Akebia quinata</i>     | 8) <i>Carpodetus serratus</i>    |
| (*) (material de 6 anos)     | 9) <i>Celastrus scandens</i>     |
| 2) <i>Alnus rugosa</i>       | 10) <i>Chaenomeles lagenaria</i> |
| 3) <i>Aralea spinosa</i>     | 11) <i>Clethra alnifolia</i>     |
| 4) <i>Austrobaileya</i> sp.  | 12) <i>Cornus florida</i>        |
| 5) <i>Betula lutea</i>       | 13) <i>Cryptocarya miersii</i>   |
| 6) <i>Betula populifolia</i> | 14) <i>Cryptocarya rubra</i>     |
| 7) <i>Calluna vulgaris</i>   | 15) <i>Decaisnea fargesii</i>    |
| (*) (material de 12 anos)    | 16) <i>Drimys lanceolata</i>     |

c) — Espécies com fibras e esclereídes :

- |                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1) <i>Acer negundo</i>           | 9) <i>Azara microphylla</i>        |
| 2) <i>Acer pseudo-platanus</i>   | 10) <i>Berberis pruinosa</i>       |
| 3) <i>Acer rubrum</i>            | 11) <i>Bourreria ovata</i>         |
| 4) <i>Aesculus hippocastanum</i> | 12) <i>Carpinus carolinianus</i>   |
| 5) <i>Ailanthus altissima</i>    | 13) <i>Castanea dentata</i>        |
| 6) <i>Amelanchier arborea</i>    | 14) <i>Casuarina equisetifolia</i> |
| 7) <i>Asimina triloba</i>        | 15) <i>Deutzia scabra</i>          |
| 8) <i>Azara gilliesii</i>        |                                    |

d) — Espécies com fibras somente :

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1) <i>Annona cherimola</i>    | 6) <i>Carya cordiformis</i>         |
| 2) <i>Annona muricata</i>     | 7) <i>Catalpa bignonioides</i>      |
| 3) <i>Berberis thunbergii</i> | 8) <i>Catalpa speciosa</i>          |
| 4) <i>Campsis radicans</i>    | 9) <i>Cephalanthus occidentalis</i> |
| 5) <i>Cananga odorata</i>     | 10) <i>Cercidiphyllum japonicum</i> |

Os resultados das observações com relação ao comprimento de fibras e vasos estão expressos na tabela 1.

Foi feito o teste de correlação dos dados referentes às

(\*) As espécies acima referidas são de idades diferentes

cambiais iniciais e o aumento nos comprimentos das fibras do xilema e do floema. Os resultados obtidos foram os seguintes:

|   | Fibra Xilema  | Fibra Floema  |
|---|---------------|---------------|
| N. de observações                           | 25            | 25            |
| Grau de liberdade                           | 23            | 23            |
| Valor do Coef. - Correlação                 | $r = - 0,281$ | $r = - 0,445$ |
| Grau de liberdade mínima nos limites 5 a 1% | 45 e 78       | 18 e 30       |
| Conclusão                                   | Não signif.   | Significante  |

(Segundo tabela +)

### DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

É sabido que os esclereídes tem origem das células parenquimatosas através da esclerose secundária das suas paredes, sendo portanto um elemento que pode surgir nos tecidos secundários tanto no sistema vertical como no horizontal dos caules das plantas, ao passo que as fibras do xilema e do floema, nos caules tem origem das células procambiais e cambiais, sendo elementos do sistema vertical. Se considerarmos as definições bem como certas características desses elementos, tais como tamanho, forma, largura, espessamento da parede secundária, pontuações etc., deparamos em algumas espécies como *Azara gilliesii*, *Azara microphylla*, *Berberis pruinosa*, *Bourreria ovata*, *Carpinus carolinianus*, *Casuarina equisetifolia*, elementos esclerênquimatosos (fibras e esclereídes) de difícil distinção. Uma das importantes razões dessa dificuldade é devido à tendência que tem os esclereídes de crescerem e desenvolverem-se antes de formar a parede secundária em suas células. Dêsse modo eles podem se tornar muito alongados durante esse crescimento

Na fotografia B de *Azara gilliesii*, apresentamos um exemplo de esclereíde encontrado, e na fotografia A, uma fibra do mesmo material, que muito se assemelha a um esclereíde, pois a mesma é acentuadamente tortuosa, prosenquimatosa, porém mais larga do que as fibras típicas dessa espécie, possuindo pontuações simples e ramificadas nas paredes secundárias, somente na porção mediana, de ápices longos e fi-

(\*) F. G. Brieger, 1937 — Tábuas e fórmulas para estatística, Comp. Melhoramentos, S. Paulo.

nos. A mesma dificuldade pode ser observada em secção transversal, conforme mostra a figura C.

Na espécie *Borreria cvata* também se nota a mesma dificuldade, pois tanto em secção transversal como mostra a fotografia D e no material macerado, não se pode distinguir nitidamente êsses dois elementos.

Êsses elementos assim indistintos, nós tivemos que acomodá-los dentro da atual classificação, num ponto intermediário, aos quais nós chamaríamos de fibras-esclereídes, por apresentarem caracteres em comum.

*Comprimento das fibras*: de acôrdo com ESAU (1953) do ponto de vista do desenvolvimento o alcance de um grande comprimento pelas fibras é de particular interesse, pois tanto as fibras primárias como as secundárias mostram pronunciadas diferenças no seu desenvolvimento. Enquanto as fibras atingem consideráveis comprimentos através do crescimento simplástico e intrusivo, as fibras secundárias só podem fazê-lo através do crescimento intrusivo. Disso advem que as fibras do xilema e do floema secundário são conhecidas serem mais longas do que as cambiais iniciais que as produzem. Porém, nenhuma informação na literatura é referida nos seguintes tópicos: a) — em uma determinada espécie, seriam as fibras do xilema e do floema ambas alongadas?; b) — sendo ambas alongadas, êsses alongamentos seriam iguais?; c) — é sabido, que em diferentes espécies as cambiais iniciais variam no seu comprimento — seria o alongamento das fibras, de igual grau nas diferentes espécies, com células cambiais iniciais curtas e longas?

Analisando os resultados expressos na tabela N. 1 na coluna do aumento percentual das fibras em relação aos vasos membros, verificamos que tanto as fibras do xilema como as do floema são alongadas, embora com valores diferentes, dentro de uma dada espécie. Isso vem responder o primeiro e o segundo item dos 3 tópicos acima propostos.

Comparando-se o alongamento das fibras com relação ao vaso membro, verifica-se pelos resultados da análise estatística dos dados, que, para as fibras do xilema, o resultado não nos permite afirmar que haja correlação entre o comprimento dos vasos membros e as fibras. Porém, para as fibras do floema o resultado foi significativo e com sinal negativo, o que vem mostrar que há uma correlação negativa entre as fibras do floema e os vasos membros.

## CONCLUSÕES

Através dessas observações, embora feitas apenas em algumas espécies, podemos concluir o seguinte: 1) — há necessidade de se proceder uma revisão na classificação dos elementos esclerenquimatosos, por ser a mesma, a nosso ver, ainda insatisfatória. Isso porque, há ainda elementos esclerenquimatosos de posição incerta na classificação atual, aos quais nós chamaríamos de fibras-esclereídes, por possuírem certos caracteres em comum; 2) — do exame dos resultados expressos na tabela 1 e dos da análise estatística, verificamos que: as fibras do xilema e do floema numa dada espécie sofrem ambas alongamentos com valores diferentes. Esses elementos quando comparados com o tamanho dos vasos membros (tomado em substituição as cambiais iniciais), têm maiores alongamentos, justamente nas espécies onde ocorre menores vasos membros.

Isso nos mostra que as cambiais iniciais menores são as que originam fibras maiores.

## SUMMARY

The present study deals with a survey of secondary phloem of branches of plants of 31 species in 42 genera of 13 families of dicotyledons for the presence or absence of sclerenchyma and for the types of sclerenchym cells present in this tissue. Furthermore, the fibers of the phloem were compared with the xylem fibers with regard to the degree of ontogenetic elongation of the two kinds of fibers. This degree of elongation was estimated by comparing the fibers with the vessel members.

The permanent slides of sections of phloem used for this study belong to the collection of the Department of Botany, University of California, Davis, California. In addition, slides bearing macerated tissues, xylem and phloem, were prepared from material that was judged to have fibers according to the previous examination of the permanent slides. There were 25 such species.

In some species, we found it difficult to distinguish between fibers and sclereids. This experience points out the necessity for a re-evaluation of the classification into fibers and sclereids. The fibers of both tissues, xylem and phloem, are longer than the vessel members of the same species; in other words, both kinds of fibers elongate during their ontogeny. The two kinds of fibers elongate to a different degree as jud-

ged from the percent increase in length in comparison with the vessel members of the same plant. The observations on the 25 species with fibers in the phloem suggest that fibers with short cambial initials (short vessel members) tend to elongate more than of species with longer cambial initials.

#### LITERATURA CITADA

- CHEADLE, V. I., E. J. GIFFORD, & K. ESAU, 1953 — A staining combination for phloem and contiguous tissues. *Stain Tech.* 28 (2): 49-53.
- ESAU, KATHERINE, 1953 — *Plant anatomy*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- ESAU, KATHERINE, 1950 — Development and structure of the phloem tissue. II. *Bot. Rev.* 16 (12): 67-114.
- CHEADLE, V. I. & E. M. GIFFORD, 1953 — Comparative structure and possible trends of especialization of the phloem. *Amer. Jour. Bot.* 40 (1): 9-19.
- SASS, J. E., 1940 — *Elements of botanical microtechnique*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

#### AGRADECIMENTOS

Desejamos aqui expressar os nossos sinceros agradecimentos à Dra. KATHERINE ESAU, Professora de Anatomia Vegetal da Universidade da Califórnia, em Davis, uma das maiores cientistas nessa especialidade, pela orientação geral dada a êste trabalho realizado durante o nosso estágio naquela Universidade, seguindo curso de anatomia vegetal por ela ministrado.

Estendemos também os nossos agradecimentos à Fundação Rockefeller que nos permitiu, como bolsista, trabalhar e fazer curso em Anatomia Vegetal, junto ao Departamento de Botânica da Universidade da Califórnia, em Davis.

Aos Drs. V. I. CHEADLE e H. B. CURRIER, respectivamente Chefe do Departamento de Botânica e Professor de Fisiologia Vegetal do mesmo departamento, os nossos agradecimentos pela amável acolhida, possibilitando êste trabalho.

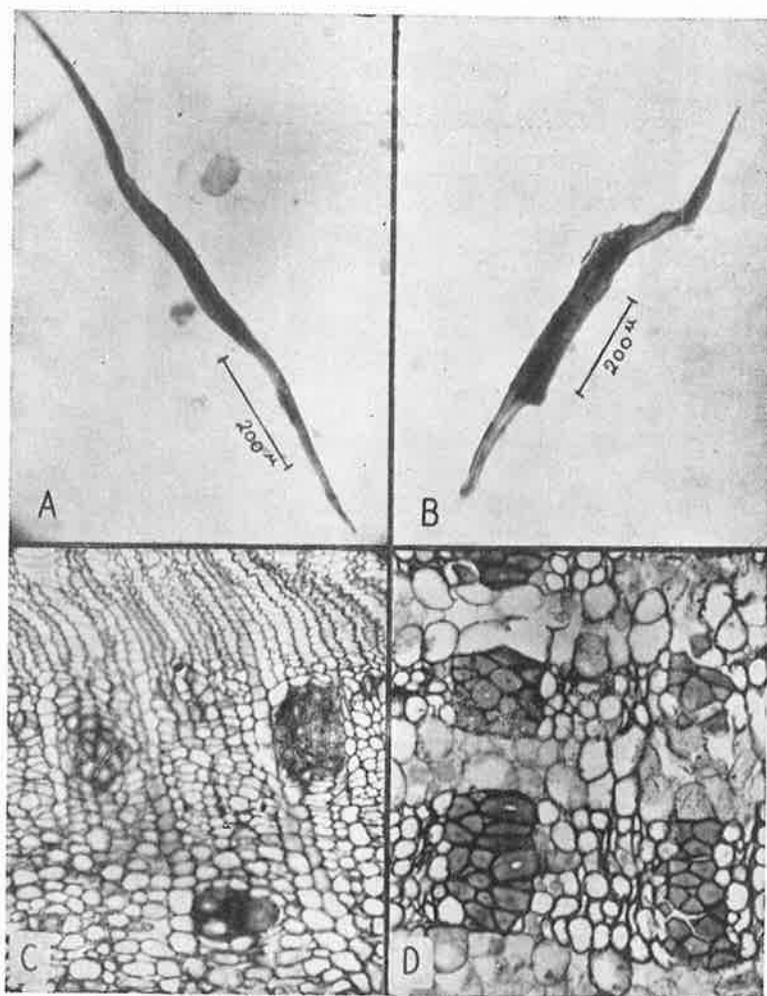
Pela análise estatística dos dados somos gratos aos Drs. FREDERICO PIMENTEL GOMES e IZAIAS RANGEL NOGUEIRA.

Tabela 1 — Resultados das medições no comprimento

| N. | Espécies                         | Família           | Comprimento   |   |
|----|----------------------------------|-------------------|---------------|---|
|    |                                  |                   | Vasos membros | X |
| 1  | <i>Berberis thunbergii</i>       | Berberidaceae     | 144           |   |
| 2  | <i>Asimina triloba</i>           | Annonaceae        | 224           |   |
| 3  | <i>Catalpa bignonioides</i>      | Bignoniaceae      | 248           |   |
| 4  | <i>Berberis pruinosa</i>         | Berberidaceae     | 270           |   |
| 5  | <i>Acer negundo</i>              | Aceraceae         | 276           |   |
| 6  | <i>Catalpa speciosa</i>          | Bignoniaceae      | 298           |   |
| 7  | <i>Acer pseudo-platanus</i>      | Aceraceae         | 314           |   |
| 8  | <i>Annona cherimola</i>          | Annonaceae        | 320           |   |
| 9  | <i>Campsis radicans</i>          | Bignoniaceae      | 328           |   |
| 10 | <i>Cephalanthus occidentalis</i> | Rubiaceae         | 338           |   |
| 11 | <i>Annona muricata</i>           | Annonaceae        | 340           |   |
| 12 | <i>Carya cordiformis</i>         | Juglandaceae      | 366           |   |
| 13 | <i>Ailanthus altissima</i>       | Simarubaceae      | 378           |   |
| 14 | <i>Aesculus hippocastanum</i>    | Hippocastanaceae  | 398           |   |
| 15 | <i>Cananga odorata</i>           | Annonaceae        | 400           |   |
| 16 | <i>Bourreria ovata</i>           | Boraginaceae      | 402           |   |
| 17 | <i>Amelanchier arborea</i>       | Rosaceae          | 414           |   |
| 18 | <i>Azara microphylla</i>         | Flacourtiaceae    | 414           |   |
| 19 | <i>Acer rubrum</i>               | Aceraceae         | 418           |   |
| 20 | <i>Azara gilliesii</i>           | Flacourtiaceae    | 432           |   |
| 21 | <i>Casuarina equisetifolia</i>   | Casuarinaceae     | 444           |   |
| 22 | <i>Castanea dentata</i>          | Fagaceae          | 448           |   |
| 23 | <i>Deutzia scabra</i>            | Saxifragaceae     | 600           |   |
| 24 | <i>Carpinus carolinianus</i>     | Betulaceae        | 696           |   |
| 25 | <i>Cercidiphyllum japonicum</i>  | Cercidiphyllaceae | 1.116         |   |

das fibras do floema, xilema e vasos membros

| to em micra |        | Comp. fibras menos<br>Comp. vasos<br>membros |        | Aumento no comp.<br>das fibras em % |        |
|-------------|--------|--|--------|-------------------------------------|--------|
| Fibras      |        | Xilema                                       | Floema | Xilema                              | Floema |
| Xilema      | Floema |  |        |                                     |        |
| 358         | 440    | 214  | 296    | 148,6                               | 205,6  |
| 748         | 1.376  | 524  | 1.152  | 233,9                               | 514,0  |
| 600         | 504    | 352  | 256    | 141,9                               | 103,2  |
| 550         | 306    | 280  | 36     | 107,7                               | 13,8   |
| 588         | 854    | 312  | 518    | 113,0                               | 187,7  |
| 426         | 784    | 128  | 486    | 42,9                                | 163,1  |
| 606         | 862    | 232  | 488    | 73,9                                | 155,4  |
| 968         | 1.440  | 648  | 1.120  | 202,5                               | 350,0  |
| 538         | 998    | 210  | 670    | 64,0                                | 204,3  |
| 766         | 1.000  | 428  | 662    | 126,6                               | 195,8  |
| 920         | 1.524  | 580  | 1.184  | 170,6                               | 348,2  |
| 104         | 1.076  | 738  | 710    | 201,6                               | 194,0  |
| 902         | 1.422  | 524  | 1.044  | 138,6                               | 276,2  |
| 558         | 870    | 160  | 472    | 40,0                                | 118,6  |
| 712         | 1.596  | 312  | 1.196  | 78,0                                | 299,0  |
| 596         | 778    | 780  | 376    | 194,0                               | 93,5   |
| 824         | 1.068  | 410  | 654    | 99,0                                | 157,9  |
| 690         | 726    | 276  | 312    | 66,7                                | 75,4   |
| 722         | 990    | 204  | 572    | 48,8                                | 136,8  |
| 728         | 722    | 296  | 290    | 68,5                                | 67,1   |
| 744         | 646    | 300  | 202    | 67,6                                | 45,5   |
| 1.016       | 842    | 568  | 394    | 126,8                               | 87,9   |
| 1.168       | 1.894  | 568  | 1.274  | 94,7                                | 212,3  |
| 1.074       | 728    | 378  | 32     | 54,3                                | 4,6    |
| 568         | 1.248  | 452  | 132    | 40,5                                | 11,8   |



- Fotografia A: Esclereíde de *Azara gilliesii*, isolado por maceração;
- Fotografia B: Fibra-esclereíde de *Azara gilliesii*, isolado por maceração;
- Fotografia C: Secção transversal do caule de *Azara gilliesii*, mostrando os elementos esclerenquimatosos do floema secundário.
- Fotografia D: Secção transversal do caule de *Bourreria ovata*, mostrando os elementos esclerenquimatosos do floema secundário.