

ANATOMIA E DESENVOLVIMENTO ONTOGENÉTICO DE  
COFFEA ARABICA L. VAR. TYPICA CRAMER

DALVO MATTOS DEDECCA  
Engenheiro-Agrônomo  
Seção de Botânica  
Instituto Agronômico, Campinas  
Est. S. Paulo, Brasil

Tese para doutoramento apresentada à  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
em  
Outubro de 1.955

E R R A T A

<u>Pg</u>	<u>Linha</u>	<u>Onde se lê</u>	<u>Leia-se</u>
2	18	do cafeeiro, em 1941	do cafeeiro, e em 1941
8	30	do câmbio vascu- lar dos seus te- cidos	do câmbio vascu- lar e dos seus <u>te</u> cidos
12	1	Em cortes trans- versais	Em cortes tangen- ciais
19	1	O seus apareci- mento	O seu aparecimen- to
20	última linha	baseado neste <u>ca</u> racterístico	baseado nestes <u>ca</u> racterísticos
24	24	estamé	estame
25	38	von Faber (9)	von Faber (10)
42	segunda colu- na, linha 14	<u>n.m.</u> - nervura <u>me</u> diana	<u>n.med.</u> - nervura mediana

AOS MEUS PAIS

AOS MEUS IRMÃOS

A MINHA ESPOSA

OFEREÇO

ÊSTE TRABALHO

## C O N T E Ú D O

- 1 - INTRODUÇÃO.
- 2 - MATERIAL E MÉTODOS.
- 3 - ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS.
  - 3.1. - Raiz.
    - 3.1.1 - Estrutura primária.
    - 3.1.2 - Raízes laterais.
    - 3.1.3 - Estrutura secundária.
  - 3.2. - Caule.
    - 3.2.1 - Estrutura primária.
    - 3.2.2 - Estrutura secundária.
  - 3.3. - Fôlhas.
    - 3.3.1 - Pecíolo.
    - 3.3.2 - Lâmina foliar.
    - 3.3.3 - Domácias.
    - 3.3.4 - Estípulas.
- 4 - ANATOMIA DOS ÓRGÃOS DA REPRODUÇÃO.
  - 4.1 - Flôres.
  - 4.2 - Frutos.
  - 4.3 - Sementes.

RESUMO.

SUMMARY.

AGRADECIMENTOS.

LITERATURA CITADA.

ÍNDICE PARA AS ABREVIÇÕES UTILIZADAS NAS ILUSTRAÇÕES.

O estudo da anatomia de Coffea arabica L. var. typica Cramer representa o primeiro de uma série de trabalhos sobre as diversas variedades e espécies de cafeeiros, principalmente os de maior importância econômica, que serão posteriormente estudados de uma maneira comparada, considerando-se como básicos os dados fornecidos pelo exame da variedade typica.

Muito embora a anatomia ocupe, no momento, um lugar de destaque no fornecimento de informações que conduzam os taxonomistas a um melhor julgamento da natureza e afinidades dos grupos vegetais, a sua aplicação como instrumento auxiliar na classificação das plantas não constitui uma novidade.

Bailey (3) acentua esse pormenor e lembra que, na primeira edição de "Die natürlichen Pflanzenfamilien", Engler fizera eficiente uso dos característicos anatômicos na divisão da família Icacinaceae, o mesmo acontecendo com Pax ao estudar a família Monimiaceae, para não falar no valioso auxílio que o estudo da morfologia dos grãos de pólen proporcionou a Lindau na caracterização das sub-famílias e tribos de Acanthaceae. Portanto, o entusiasmo que atualmente se nota entre os chamados "neo-morfologistas", pelo emprêgo de novos métodos e pontos de vista, como por exemplo, o uso das evidências fornecidas pela anatomia na solução dos problemas apresentados pela taxonomia, nada mais é do que um renovado interesse em torno de fatos já de há longa data postos em uso. E, todo e qualquer ceticismo com relação a esta afirmativa por certo deixará de existir, ante uma pesquisa minuciosa através da vasta literatura botânica do século XIX, caso fôssem insuficientes os significativos exemplos acima citados.

No Instituto Agrônomo, em Campinas, uma equipe de pesquisadores vem há cerca de 20 anos dedicando-se ao estudo do cafeeiro - Coffea arabica L., suas variedades e espécies afins, realizando trabalhos nos setores da morfologia, citologia, genética, fisiologia, no que se refere às pesquisas básicas, e na elucidação dos problemas culturais, no campo das aplicações práticas.

Considerando-se que as pesquisas citológicas são praticamente da mesma natureza que as da anatomia, pode-se realmente dizer que os estudos anatômicos do cafeeiro tiveram, neste estabelecimento de pesquisas, o seu início, através dos trabalhos conduzidos por W.G. Houk e A. Carvalho, no período de 1935-38, quando o primeiro técnico chefiou a Seção de Botânica. As suas pesquisas seguiram-se outros estudos citológicos dos cafeeiros, realizados por Mendes (27,28) e outros técnicos da Seção de Citologia.

Embora estudado intensivamente sob outros aspectos, o cafeeiro ainda não fôra alvo de estudos anatômicos propriamente ditos; Krug, Mendes e Carvalho (23), ocupando-se da sua morfologia exterior, descreveram em forma de monografia 26 variedades, da espécie C. arabica L., fornecendo as informações básicas para o amplo programa de melhoramento do cafeeiro.

O estudo, que ora se inicia, sôbre a anatomia de algumas dessas variedades, tem por finalidade complementar as informações obtidas no campo da morfologia exterior e, dêste modo, tornar mais sólidos os conhecimentos sôbre a natureza dessas variedades.

Uma rápida revisão na literatura especializada demonstra que o gênero Coffea tem sido estudado continuamente por diversos autores, do ponto de vista anatômico. Marchand (25), em 1884, publicando estudos organográficos sôbre algumas espécies do gênero Coffea, e particularmente sôbre o desenvolvimento ontogenético da flor de C. arabica L., foi talvez o pioneiro neste setor de pesquisas. De Wildeman (37), em 1903, dedicou particular atenção ao estudo das domácias da fôlha do cafeeiro, em 1941 publicou uma extensa revisão do gênero Coffea L., analisando-o sob diferentes aspectos, morfológico, anatômico, etc. Solereder (33), em 1908, e mais recentemente Metcalfe e Chalk (30), resumindo as informações sôbre a anatomia das Rubiáceas citam diversos característicos do gênero Coffea. Mariani (26), também em 1908, contribuiu com valiosos estudos sôbre a anatomia das fôlhas, pesquisando a estrutura destes órgãos em 51 espécies e 5 variedades de cafeeiros. Von Faber (10), em 1912, realizou pesquisas morfológicas e fisiológicas na flor do cafeeiro, acentuando o modo de formação e a estrutura do endosperma. Bitancourt (4), no Brasil, em 1923, publicou algumas informações sôbre a anatomia dos órgãos vegetativos do cafeeiro. Freire (15), também no Brasil, no período de 1934-37 publicou resumidos artigos sôbre a constituição histológica de algumas espécies e variedades de cafeeiros. Houk (18,19), em 1936 e 1938, Graner (17,16), em 1936 e 1939, Fagerlind (11), em 1939, Mendes (27), em 1941, deram à publicidade os resultados que obtiveram nos seus estudos sôbre a estrutura do óvulo, o seu desenvolvimento em semente, cuidando particularmente da formação e estrutura do endosperma. Der Meulen (7), em 1939, realizou interessantes pesquisas sôbre a estrutura e o desenvolvimento periódico dos botões florais de diversas espécies do gênero Coffea. Varossieau (36), em 1940, estudou o desenvolvimento ontogenético do caule e das fôlhas de algumas espécies de

cafeeiro. Finalmente, Chevalier (5), em 1947, publicou um volumoso relatório sobre a sistemática dos cafeeiros de todo o mundo, utilizando-se em grande escala dos característicos anatômicos do caule, fôlha, fruto e semente.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo anatômico da raiz, do caule e das fôlhas, utilizaram-se plantas novas de Coffea arabica L. var. typica Cramer, obtidas a partir de sementes fornecidas pela Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas e pertencentes à progênie 12-9-2. Estas sementes foram inicialmente postas para germinar em caixas de Petri contendo papel de filtro umedecido, e posteriormente transferidas para caixas de terras ou canteiros no interior de estufas. Para o estudo da anatomia dos órgãos reprodutivos colheram-se botões florais, flôres, frutos novos e maduros e sementes, de cafeeiros da mesma progênie existentes na coleção da Seção de Café, na Estação Experimental Central do Instituto Agrônomo.

Na coleta do material vegetativo os diversos órgãos da planta foram seccionados em fragmentos de um centímetro, e estes numerados na ordem do seu desenvolvimento; as lâminas obtidas de cada bloco foram numeradas separadamente a fim de se poder, mais tarde, localizar a situação de um determinado corte, uma vez conhecida a espessura com que foram realizados os referidos cortes.

A fórmula de "Craf", modificada por Randolph (32), foi a que melhor resultado ofereceu para a fixação do material em estudo, operação esta normalmente realizada durante 24 horas. Em seguida procedeu-se à desidratação segundo a série álcool etílico - álcool butílico, infiltração em parafina e seção em micrótomo do tipo Minot, rotativo, tendo a espessura dos cortes variado, de um modo geral, entre 15-20 micros.

O material de raiz foi colorido em hematoxilina; para os demais órgãos utilizou-se uma solução de corante da seguinte composição:

sol. aq. de hematoxilina a 0,5%	-	6 partes;
sol. aq. de vermelho neutro a 1%	-	2 partes;
sol. sat. de floroglucina em HCl a 18%	-	1 parte.

A coloração foi realizada durante 24-48 horas; a contra-coloração foi conduzida segundo a série de álcool-xilol; finalmente, as lâminas foram montadas em bálsamo do Canadá.

Para o estudo das inclusões das células utilizou-se material recém-colhido e seccionado; as fibras que constituem o endocarpo e a película prateada da semente foram estudadas mediante a maceração destes tecidos durante 20-30 minutos na solução de Jeffrey, e montadas diretamente em uma gota de uma solução saturada de flo-roglucina em HCl a 18%.

No estudo das domácias e do suprimento vascular dos diversos verticilos florais, as fôlhas e as flores foram, respectivamente, clarificadas numa solução aquosa de NaOH a 5% e coloridas com safranina a 1% em álcool 50% e em seguida, trabalhadas segundo a série de álcool-xilol; finalmente, foram montadas em bálsamo do Canadá.

O estudo das lâminas foi realizado em microscópio Leitz-Ortholux, modelo II, de tubo combinado, mono-binocular, com aumento de até 1700 vezes. Os desenhos são na sua quase totalidade originais e foram realizados em câmara escura, com auxílio de um espelho de projeção adaptável ao microscópio Leitz-Ortholux, estando os aumentos utilizados discriminados junto às gravuras. As ilustrações de números 28-34, nas estampas VI e VII, são adaptadas do trabalho de Der Meulen (7).

### 3 - ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS

#### 3.1 - Raíz

De acôrdo com Franco e Inforzato (14), o cafeeiro não apresenta um sistema radicular típico, visto que nos seus estudos os autores tiveram a oportunidade de observar a grande influência que as propriedades físicas e químicas do solo exercem sobre as raízes do cafeeiro. Acentuam ainda, os mesmos autores, que a única afirmativa de ordem geral que pode ser feita é a de que as raízes primárias do cafeeiro não vão além de 0,5 m de profundidade. Essas raízes primárias, nas condições normais de cultura, ramificam-se abundantemente, dando formação a um volumoso conjunto de raízes laterais, que se aprofundam no solo e que, dependendo das características deste, podem atingir 2,5 e mesmo 3 m de profundidade.

3.1.1 - Estrutura primária - Cortes longitudinais da raiz põem em evidência as suas diferentes zonas (Est. I, fig. 1); a parte verdadeiramente terminal é ocupada por uma coifa (cf), muito bem desenvolvida, de 400-750 micros de comprimento e que reveste o meristema apical (m.a.), que é neste caso sub-terminal, protegendo-o contra as asperesas e o desscamento do solo. As células que constituem a coifa apresentam-se hialinas e são



grosseiramente isodiamétricas na forma, nas porções distantes da região meristemática, ao passo que as células laterais tendem a ser relativamente alongadas no sentido do eixo da raiz.

Em localização sub-terminal encontra-se o meristema apical da raiz, ou promeristema (m.a.), que é do tipo aberto e representado por uma zona meristemática transversal, que ocupa todo o ápice da raiz. Da atividade e divisão de suas células vão se originar todos os tecidos que constituem o corpo da raiz, bem como a adição, para o exterior, de novas células para a coifa. A partir da divisão das células da região marginal deste meristema transversal formam-se novas porções laterais da coifa e as células iniciais de camada dermatogênica (dr) e do periblema (pb). Por sua vez, as células da camada dermatogênica tornam-se alongadas no sentido do eixo da raiz e, mantendo a sua unidade através de repetidas divisões anticliniais, vão dar origem à epiderme da raiz (epid.). As células do periblema, a princípio compactamente unidas entre si, sem deixar espaços intercelulares, após um limitado período de atividade meristemática entram em diferenciação e vão constituir o córtex ou região cortical da raiz, caracterizada pelas suas células de forma isodiamétrica, de paredes delgadas e a presença de numerosos espaços intercelulares. A camada de células mais interna e que tem origem a partir do periblema vai constituir a endoderme.

Das células centrais do meristema apical formam-se, para o exterior da raiz, os novos tecidos da região mediana da coifa; para o interior, graças às contínuas divisões segundo planos transversais, têm origem as células que vão constituir o pleroma (pl). Dessas células, que se dividem repetidamente segundo planos tangenciais, tem formação o procâmbio (pc); as células procambiais entram em diferenciação numa zona situada mais ou menos a 3,5 mm do ápice da raiz. (Est. I, fig. 2). Notam-se então os primeiros elementos do protoxilema (px), que se colocam espaçados entre si segundo ângulos variáveis de 60° (nas raízes hexárquicas) a 33° aproximadamente (nas raízes que apresentam 11 feixes lenhosos). A esta altura, contudo, os elementos do protoxilema são ainda de paredes relativamente delgadas, e os espessamentos secundários das suas paredes somente são revelados em cortes praticados a partir de um centímetro do ápice da raiz (Est. I, fig. 3).

Por entre os elementos do protoxilema aparecem as iniciais do profloema (pf), reconhecidas pelo aspecto plasmolizado do

*Dr. Dodson*

seu citoplasma, como resultado da ação dos reagentes químicos e dos corantes. Envolvendo o protoxilema e o protofloema e logo abaixo da endoderme, aparece o periciclo (pr), representado por uma ou duas camadas de células (Est. I, fig. 2).

O xilema e o floema primários diferenciam-se centripetamente, isto é, a maturação dos seus elementos tem início no bordo mais externo dos respectivos feixes e progride num sentido centripeto. Da contínua diferenciação do xilema primário, segundo essa direção, resulta a formação de um massiço central sólido de xilema que confere à raiz uma estrutura radial tipicamente protoestélica (Est. I, fig. 4).

No término do seu desenvolvimento primário, a raiz da variedade typica apresenta-se com uma estrutura poliárquica, protoestélica, exárquica, exibindo nos cortes transversais praticados a 4 cm do ápice, as seguintes regiões ou zonas de tecidos (Est. I, fig. 4), consideradas de fora para dentro:

Epiderme (epid.) - constituída de uma só camada de células compactamente unidas entre si, e que somente se dividem segundo planos anticlinaes, alongadas ou algo retangulares na forma, de parede tangencial externa bastante espessa e de paredes radiais retas ou levemente inclinadas, cuja espessura diminui progressivamente para o interior. Numa região distal ao ápice da raiz, aproximadamente a 4 cm deste ápice, tem início a zona pilífera ou dos pêlos absorventes (Est. I, fig. 1). Nesta região as células epidérmicas dão origem aos pêlos capilares ou absorventes (p.a.), que são numerosos, na sua maioria pluricelulares, medindo os maiores cerca de 90 micros.

Córtex (ct) - a zona cortical da raiz é uma região bastante extensa, apresentando-se constituída de 6-8 camadas de células tipicamente parenquimatosas, isto é, isodiamétricas na forma, de paredes delgadas e deixando visíveis espaços entre si. Exteriormente o córtex apresenta uma camada de células mais compactamente unidas entre si e de paredes suberificadas, constituindo uma exoderma (exod.), não muito característica. As células das camadas seguintes do córtex são relativamente grandes e o seu tamanho diminui visivelmente nas camadas mais interiores. Um característico de muitas células corticais é a presença do oxalato de cálcio, quer sob a forma de grânulos pequenos e pouco numerosos, semelhantes a uma areia fina, quer sob a forma de densas massas de pequenos cristais (m.c.), que parecem ter tido origem a partir da aglomeração de numerosos cristais granulares. A localização destes cristais de oxalato de

cálcio parece revestir-se de uma certa especificidade, pois, percebe-se em cortes longitudinais, que os referidos cristais parecem estar presentes em células localizadas na mesma fileira vertical.

Endoderme (end.) - o limite interno do córtex está representado por uma camada contínua de células compactamente unidas entre si e que em corte transversal aparecem como um distinto anel rodeando o estelo. Esta camada é a endoderme e a sua identificação não oferece dificuldade devido à coloração forte evidenciada pelas paredes radiais das células, motivada pela deposição de material suberoso, constituindo as chamadas estrias de Caspary. As células que constituem a endoderme são vivas e mantêm-se ativas e dotadas de uma acentuada capacidade de reativar o desenvolvimento, o que é evidenciado por ocasião do aparecimento das raízes laterais (Est. 1, fig. 5), e durante os primeiros estágios do crescimento secundário da raiz. A endoderme em ambos os casos mantém-se contínua, e graças às divisões anticlinais de suas células, amolda-se ao aumento do estelo em diâmetro.

Cilindro vascular - o cilindro vascular ou estelo está representado exteriormente por 1-2 camadas de células que constituem o periciclo (pr). Tendo se diferenciado relativamente cedo durante a histogênese da raiz, o periciclo aparece em contato direto com o protofloema e o protoxilema e mantém a sua capacidade meristemática por muito tempo; a partir de suas células irão formar-se as raízes laterais, porções do câmbio vascular e o câmbio suberoso ou felógeno.

Internamente ao periciclo aparecem os feixes lenhosos e liberianos, que originalmente exibiam uma posição radial e alternada (Est. 1, fig. 3). Nas porções mais velhas da raiz, os diversos feixes lenhosos, originalmente distintos entre si, apresentam-se unidos e dão formação a um massiço central de tecido lenhoso que confere à raiz a sua estrutura tipicamente protoestélica. (Est. 1, fig. 4). É variável o número de feixes de xilema e de floema primários nas raízes dos diferentes indivíduos da variedade typica, ou nas raízes de um mesmo indivíduo. O menor número observado foi 6, o que confere à raiz uma estrutura hexárquica; porém, como são frequentes as raízes com 7, 8, 9 e 11 feixes de xilema e floema primários, é preferível designar a raiz em estudo de poliárquica.

O protoxilema está constituído principalmente de fibras lenhosas não septadas, traqueídes e vasos; as paredes dos tra-

queídes exibem predominantemente espessamentos secundários do tipo espiralado; os vasos são pequenos no comprimento e no diâmetro tangencial, de placa perfurada simples e paredes laterais com espessamento pontuado a alternado. No metaxilema esses mesmos constituintes estão presentes, acrescentando-se a eles uma regular abundância de parênquima lenhoso, cujas células apresentam-se retangulares em seção e de paredes espessas com pontuações simples.

O floema primário parece ser exclusivamente constituído de tubos crivosos, células companheiras e parênquima liberiano.

3.1.2 - Raízes laterais - as raízes laterais, de origem endógena, têm formação a partir de células pericíclicas situadas no bordo exterior do protoxilema. Como a raiz de C. arabica L. var. typica Cramer é poliárquica, formam-se tantas fileiras verticais de raízes laterais quantos são os feixes lenhosos, isto é, 6, 7, 8, 9 e 11.

A raiz lateral em formação (Est. 1, fig. 5) desenvolve-se rapidamente e, à medida que progride centrífugamente rompendo as camadas do parênquima cortical, é acompanhada pela endoderme que multiplicou as suas células segundo planos anticlinais e deste modo ajusta-se àquele desenvolvimento que se projeta para fora do cilindro central.

Em pouco tempo, quando se encontra na parte média do parênquima cortical, a raiz lateral em formação apresenta-se perfeitamente constituída, sendo já visíveis uma coifa, camada dermatogênica, periblema e pleroma.

3.1.3 - Estrutura secundária - o crescimento secundário da raiz tem início em uma região pouco distante do ápice. Cortes transversais praticados a cerca de 5 cm do ápice põem em evidência o aparecimento do câmbio vascular dos seus tecidos derivados, xilema secundário, para o interior, e floema secundário para o exterior. Como é difícil na prática limitar a camada cambial dos seus derivados imediatos, é preferível utilizar-se da denominação zona cambial (z.c.), para aquela região onde tem início o crescimento em diâmetro da raiz (Est. II, figs. 6 e 7).

Células parenquimatosas situadas entre os feixes de xilema e de floema primários dão formação inicialmente às faixas cambiais, cujas células se dividem continuamente segundo planos tangenciais e formam centripetamente os elementos do xilema secundário e em sentido oposto, os elementos do floema secundário. À medida, porém, que se acentua o crescimento secundário, as faixas do câmbio, originalmente separadas, tornam-se unidas lateralmente e formam uma camada cambial contínua, graças, sobretudo, às

células pericíclicas situadas no bordo externo de cada feixe li  
beriano. A partir de cada área de protoxilema original extendem-  
se para o exterior raios lenhosos uni e bisseriados, que atraves  
sam todo o xilema e o floema secundários.

A atividade do câmbio vascular parece ser de duração ilimi-  
tada, a menos que agentes exteriores como insetos ou microrganismos  
ou distúrbios fisiológicos da planta determinem a paraliza-  
ção da sua vida. Normalmente, porém, formam-se anualmente contí-  
nuas camadas de xilema e de floema secundários, e a raiz aumenta  
acentuadamente em diâmetro. Este aumento é sempre acompanhado pe-  
lo desenvolvimento da endoderme que, para se ajustar à pressão  
das camadas de xilema e floema secundários que se formam, divide  
suas células continuamente segundo planos anticlinais.

O crescimento secundário da raiz ainda mais se acentua com  
o aparecimento do câmbio suberoso ou felógeno, o que se verifica  
apenas nas raízes mais velhas e em uma região bem distante do  
ápice.

O aparecimento da periderme é revelado nestas raízes pelo  
aspecto fragmentado e dilacerado da epiderme e das camadas paren-  
quimatosas corticais; rompendo-se e dilacerando, são êsses teci-  
dos substituídos pela periderme que passa a desempenhar as fun-  
ções protetoras da epiderme que está desaparecendo. O estudo do  
desenvolvimento da periderme, segundo cortes permanentemente pre-  
parados e montados torna-se algo difícil devido ao desprendimen-  
to dos tecidos que estão sendo rompidos. Contudo, é visível que  
as primeiras porções do felógeno têm origem a partir de divisões  
tangenciais de células do periciclo. Repetindo, por sua vez, a  
divisão de suas células segundo planos também tangenciais, o cân-  
bio suberoso dá origem, exteriormente, às camadas de células de  
suber e, interiormente, forma uma regular quantidade de parênqui  
ma felodérmico. O conjunto constituído pelo felógeno, suber e fe-  
loderma, forma uma periderme que tem uma espessura aproximada de  
90-100 micros.

### 3.2 - Caule

O cafeeiro da variedade em estudo, é um arbusto de caule  
erecto que pode atingir 2-3 metros de altura; os seus ramos são  
longos, flexíveis e trazem as fôlhas, que são opostas, decussadas  
e persistentes, e as flôres, dispostas em glomérulos axilares.

3.2.1 - Estrutura primária - todos os tecidos do caule, bem  
como os das fôlhas, podem ser traçados em origem a uma gema api-

cal (g.a.), de forma cônica, que mede 250-300 micros na sua maior altura, e, aproximadamente, 200 micros na sua base. (Est. II, figs. 8 e 9). O estudo detalhado desta gema apical revela a sua estrutura zonada, exibindo uma túnica que se compõe de duas camadas de células ( $T_1$  e  $T_2$ ), caracterizadas, sobretudo, por se dividirem segundo planos anticlinais predominantemente, exceto na região de nascimento de uma fôlha ou de uma gema. Envolvido pela túnica, acha-se um aglomerado irregular de células, sem planos definidos de divisão e que constitui o corpo (cp). A túnica e o corpo representam, respectivamente, zonas de crescimento em superfície e em volume.

Seções transversais do caule exibem um contôrno arredondado ou, mais comumente, retangular e apenas algo arredondado nos lados menores do retângulo. O estudo de seções praticadas a 500-600 micros da gema apical, já revela a diferenciação das diversas zonas de tecidos; esta diferenciação prolonga-se por um tempo relativamente longo, pois, somente cortes praticados a uma distância de 2 cm da gema apical é que exibem uma diferenciação mais adiantada de todos os tecidos que constituem a estrutura primária do caule. Esta estrutura é a seguinte (Est. III, figs. 10 e 11):

Epiderme - unisseriada, formada de células epidérmicas típicas e estomas, e desprovidas de tricomas de qualquer espécie. Revestindo a epiderme aparece uma delgada cutícula (c).

Córtex - representado por 7-9 camadas de células parenquimatosas, que deixam visíveis espaços entre si, ricas em cloroplastos e muito comumente encerrando grãos de amido e massas compactas de pequenos cristais granulares de oxalato de cálcio. As camadas mais externas do córtex já exibem um início de espessamento celulósico nos ângulos de união das células, constituindo os primeiros indícios do tecido colenquimatoso angular (col.), cuja diferenciação completa é atingida bem posteriormente. A camada cortical mais interna apresenta-se com as mesmas características das camadas exteriores e definitivamente não exhibe nas paredes radiais e transversais de suas células as deposições suberosas que constituem as estrias de Caspary; por êste motivo não se pode dizer que o caule apresenta uma endoderme típica.

Cilindro vascular - diretamente em contato com a camada mais interna de parênquima cortical está localizado o periciclo, que se apresenta sob a forma de duas camadas de células, a maioria das quais já exhibe grandes espessamentos secundários nas suas paredes, e constituem verdadeiras fibras. Envolvido pelo pe

riciclo encontra-se um grande número de feixes vasculares, do tipo colateral, que a princípio eram distintos entre si, mas que em virtude do seu desenvolvimento uniram-se lateralmente, de tal modo que o sistema vascular se apresenta constituído por um cilindro contínuo de floema primário envolvendo outro cilindro contínuo de xilema primário. No interior do cilindro vascular encontra-se uma região extensa de tecido parenquimatoso, de células grandes, paredes delgadas e visíveis espaços intercelulares. Este tecido que ocupa a região central do caule é a medula (med), as suas células apresentando as mesmas inclusões das células parenquimatosas do córtex, ou seja, grãos de amido e massas de pequenos cristais granulares. Apresentando os característicos atrás mencionados o caule, ao terminar o seu desenvolvimento primário, exhibe uma estrutura sifonoestélica, endárquica, ectofloica.

A diferenciação e a maturação radial e progressiva do xilema primário processam-se segundo um sentido centrífugo (xilema endárquico); o protofloema, ao contrário, diferencia-se centripetamente, de modo que os elementos liberianos mais velhos são encontrados em contato com o periciclo. Na constituição do floema primário entram tubos crivosos, células companheiras e, mais abundantemente, parênquima liberiano.

O protoxilema, ou seja, as primeiras porções de xilema primário a se diferenciarem, ocupa uma posição bastante interna, no limite com a medula. As porções sucessivas de xilema que se diferenciam para o exterior constituem o metaxilema. De um modo geral o xilema primário apresenta-se constituído de vasos anelados e traqueídes, parênquima lenhoso e fibras lenhosas não septadas.

3.2.2 - Estrutura secundária - o crescimento secundário do caule tem início numa região localizada aproximadamente a 2,5cm da gema apical. Células procambiais localizadas entre o metaxilema e o metafloema em cada feixe vascular continuam a se dividir segundo planos tangenciais e dão formação às primeiras porções de câmbio vascular, que assume um aspecto estratificado. Posteriormente, algumas células dos raios primários passam a exhibir uma atividade meristemática e como resultado disto formam-se porções de câmbio interfascicular por entre os feixes; êste logo se une às porções de câmbio fascicular, formando-se finalmente um cilindro contínuo de câmbio. Entrando em repetidas divisões tangenciais o câmbio vascular vai propagar o xilema secundário, constituído pelos elementos que se diferenciam centripetamente, ao passo que os elementos diferenciados para o exterior da zona cambial vão constituir o floema secundário (Est. III, figs. 12 e 13).

Em cortes transversais tornam-se visíveis os raios lenhosos e os raios liberianos que se apresentam uni ou bisseriados. Os raios medulares apresentam-se nessas seções com a forma de losângulos estreitos e alongados, em número de 8-10 células superpostas em fileira vertical. Segundo Chevalier (5), muitas dessas células que separam os feixes lenhosos encerram cristais prismáticos e a constância dessas inclusões em tôdas as espécies de cafeeiros da Seção Eucoffea pode ser considerada como um característico para a Seção.

Cortes transversais praticados nas regiões que já possuem um câmbio vascular em atividade apresentam uma estrutura um pouco diferente da estudada no desenvolvimento primário do caule. Exteriormente, a epiderme nada apresenta de novo; a região cortical, contudo, já revela algumas modificações, pois, além de apresentar-se muito mais desenvolvida, exhibe ainda uma composição heterogênea. Logo abaixo da epiderme, constituindo as camadas mais externas do córtex, aparecem 3-4 camadas de tecido colenquimatoso, constituído de células poligonais, pequenas, compactamente unidas entre si e que mostram espessamentos celulósicos pronunciados nos ângulos de confluência das células, constituindo, portanto, um colênquima angular típico.

Em seguida, o córtex tem continuidade sob a forma de 10-12 camadas de células parenquimatosas que deixam grandes espaços entre si, e que encerram grãos de amido e as inclusões de oxalato de cálcio já mencionadas. A endoderme não é distinta e à camada cortical mais interna segue-se o periciclo, representado por duas camadas de fibras. O floema primário está representado mais abundantemente por um parênquima liberiano, cujas células comumente exibem as inclusões do oxalato de cálcio sob a forma de massas de cristais granulares. Por entre as células do parênquima liberiano aparecem grupos de tubos crivosos e células companheiras. O floema secundário recém-formado é seguido pela zona cambial, de aspecto estratificado; para o interior aparece o xilema secundário, cujos vasos ligulados, de placa perfurada simples e paredes laterais com pontuações alternadas, são pequenos, medindo 700-900 micros de comprimento e 35-40 micros no seu diâmetro tangencial (Est. III, fig. 14). Seguem-se o xilema primário e a medula.

O crescimento secundário do caule tem prosseguimento com o aparecimento do câmbio suberoso ou felógeno em uma região distante da gema apical. Cortes realizados aproximadamente a 5 cm da gema apical já evidenciam a existência de uma periderme (pd), de



espessura aproximada de 70 micros e que no seu contínuo desenvolvimento vai empurrando para o exterior os tecidos corticais e a epiderme (Est. II, fig. 15). Estes, incapazes de resistirem a pressão interna dos novos tecidos em formação, tornam-se comprimidos e esmagados e acabam por se dilacerar e desprender do caule.

O felógeno ou câmbio suberoso tem origem a partir do crescimento e de repetidas divisões tangenciais das células que constituem as camadas mais internas do parênquima cortical. As primeiras porções do câmbio suberoso que se formam, desenvolvem-se e em pouco tempo constituem um cilindro contínuo e estreito de felógeno. A partir deste câmbio suberoso, graças às repetidas divisões tangenciais das suas células resultam para o exterior, camadas de suber e para interior, camadas parenquimatosas de feloderma. Observando-se um corte do caule neste estágio de desenvolvimento, nota-se que na sua estrutura estão presentes as seguintes regiões de tecidos (Est. IV, fig. 15):

Epiderme, unisseriada, de células comprimidas e em vias de dilaceramento; colênquima e parênquima corticais completamente esmagados e distorcidos; periderme, apresentando um aspecto estratificado e onde se notam os seguintes tecidos distinguidos pelas suas propriedades; uma ou duas camadas de suber (sb), constituídas de células grandes, compactamente unidas entre si, vasias e destituídas de protoplastos na maturação e providas de deposições de suberina, nas suas paredes não pontuadas; felógeno (fe), representado por uma camada estreita de células vivas, de citoplasma denso e núcleo volumoso; feloderme (fel), representado por 2 a 3 camadas de células menos espessas que as do suber, estratificadas, dotadas de protoplasta e de paredes celulósicas com pontuações. Em seguida à periderme surge o periciclo, representado por duas camadas de fibras que exibem uma seção transversal poligonal, paredes secundárias bastante espessas e luz ou lumem das células muito reduzida. Seguem-se as porções de floema primário, representado por tubos crivosos grandes e de paredes esmagadas, células companheiras e parênquima liberiano; floema secundário de elementos menores, não comprimidos; zona cambial, exibindo um aspecto estratificado; xilema secundário representado por grandes vasos pontuados, traqueídes de espessamentos espiralados, e fibras lenhosas não septadas; mais no interior encontra-se o xilema primário, de igual constituição ao anterior, porém, as suas células exibem um espessamento secundário das paredes muito mais acentuado; finalmente, a região central está ocupada por uma me-

dula formada de grandes células parenquimatosas. Por entre os feixes lenhosos e liberianos do xilema e floema secundários dispõem-se raios medulares uni e bisseriados.

### 3.3 - Fóllhas

A variedade typica de C. arabica, apresenta fóllhas opostas, decussadas, dorsiventrais, curto-peciolas, de lâmina elítica ou elítico-lanceolada, atenuada em ambas as extremidades, glabra, verde-luzidia na página superior e verde clara inferiormente, medindo 90-180 mm de comprimento e 30-70 mm de largura; nervação reticulada, nervura mediana desenvolvida, com 9-12 nervuras secundárias, recurvadas, de ambos os lados, salientes na página inferior; bordos inteiros, levemente ondulados; estípulas interpeciolares, deltoides, agudas.

3.3.1 - Peciolo - em cortes transversais praticados quase ao nível da inserção da fóllha sôbre os ramos, o peciolo exhibe um contôrno em forma de escudo, sendo provido na parte superior de duas azas ou aurículas que representam os primeiros estágios da expansão do limbo foliar (Est. IV, fig. 16). O seu sistema vascular está representado por um grande feixe central, em forma de arco fechado e que irá constituir-se na nervura mediana da fóllha. Este grande feixe vascular central, faz-se acompanhar de dois feixes menores, na parte superior e ao nível das azas, e que igualmente exibem o xilema voltado para a epiderme superior e o floema dirigido para a epiderme inferior. O sistema vascular do peciolo, assim constituido, é enquadrado no tipo tricíclico. Completam o seu suprimento vascular, feixes menores que nas seções transversais aparecem por entre o tecido parenquimatoso cortical em direção às azas, e cujo tamanho diminui no sentido da periferia do corte. Esses feixes secundários (f.s.), que apresentam uma disposição normal dos tecidos vasculares, isto é, o xilema voltado para a epiderme superior e o floema para a epiderme inferior, representam ramificações do grande feixe central.

Histològicamente o peciolo apresenta a seguinte constituição (Est. IV, figs. 16 e 17): epiderme, unisseriada, semelhante à do caule, com delgada cutícula; um colênquima angular sub-epidérmico representado por 2-3 camadas de células; parênquima cortical formado de células grandes, poligonais ou mesmo arredondadas, que aumentam da periferia para o centro e que deixam visíveis espaços triangulares entre si. Essas células são ainda caracterizadas pelas suas inclusões de oxalato de cálcio, na forma de volumosas massas de cristais granulares; Mariani (26), e Che-

valier (5) assinalam, igualmente, para estas células a ocorrência de material tanoide. A camada mais interna do córtex não exibe as características típicas de uma endoderme, tal como já se verificara no caule. A presença de grãos de amido nas células que compõem essa camada tem sido o critério adotado por alguns autores para designá-la de endoderme. O periciclo constitui um anel quase contínuo ao redor do grande feixe vascular central e dos dois feixes menores e mantem-se no estado de células parenquimatosas ao longo de todo o pecíolo; raras vezes, algumas de suas células estão transformadas em fibras, a não ser na parte apical do pecíolo, já à altura da base do limbo, onde então as fibras são frequentes. O floema, representado por conjuntos de tubos crivosos e células companheiras separados entre si por um parênquima liberiano abundante, forma um cilindro contínuo que rodeia todo o xilema; nas células do parênquima liberiano são frequentes as inclusões de oxalato de cálcio. O cilindro de floema é de espessura praticamente igual ao de xilema que êle circunscreve. O xilema, que como foi dito se apresenta na forma de um cilindro contínuo, é formado por mais de 50 feixes dispostos radialmente e separados entre si por raios medulares uni e bisseriados. Cada feixe é constituído de 6 a 7 elementos traqueais bem desenvolvidos. Por entre o floema e o xilema é visível a existência de uma zona cambial.

A região central do grande feixe vascular está ocupada por uma medula de células parenquimatosas arredondadas, que deixam grandes espaços poligonais entre si e que encerram grãos de amido, massas de cristais granulares de oxalato de cálcio e tanino.

3.3.2 - Lâmina foliar - cortes transversais da lâmina foliar exibem uma estrutura normal, típica das folhas de simetria dorsiventral, a saber:

Epiderme superior ou adaxial, unisseriada, constituída exclusivamente de células epidérmicas de base poligonal (Est. IV, fig. 18), e que em vista superficial apresentam-se com contornos sinuosos. As células dessa epiderme, revestidas por uma delgada cutícula, são relativamente grandes na região do limbo foliar e tornam-se bem menores na epiderme que reveste o feixe vascular central correspondente à nervura mediana. A parede tangencial externa dessas células é a mais espessa; as laterais ou radiais apresentam-se retilíneas, pontuadas, são mais delgadas, a sua espessura diminuindo para o interior.

Epiderme inferior ou abaxial, também unisseriada, mas que difere em vários respeitos da superior. Constitui-se ela de célu

las epidérmicas menores que as da epiderme superior, seja na região do limbo, seja na região da nervura mediana. As células epidérmicas juntam-se os estomas que são em grande número e que exibem uma estrutura tipicamente rubiácea já descrita por Solereder (33) e minuciosamente estudada por Accorsi (1). As células estomáticas fazem-se acompanhar de duas células anexas (c.a.) e os estomas assim constituídos estão situados no mesmo nível das células epidérmicas (Est. V, fig. 20). Franco (12), estudando a relação entre o número de estomas e o número de cromossômios das diferentes espécies de cafeeiros, verificou que o primeiro diminui à medida que o último cresce, isto é, nas formas triploides e tetraploides é menor o número de estomas por unidade de área, do que nas formas diploides. Para a variedade typica, que é um cafeeiro tetraploide, numa contagem realizada em 24 espécimens, encontrou o autor citado o valor aproximado de 160 estomas por milímetro quadrado. De Wildeman (37), realizou semelhantes pesquisas e os seus resultados confirmam parcialmente o que foi atrás exposto. Contudo, prefere este último autor não considerar como de ordem geral a asserção de que o número de estomas por unidade de área decresce progressivamente nas formas poliploides, já que alguns dos resultados que obteve representam exceções; em segundo lugar, admite o autor que o número de plantas examinadas foi estatisticamente muito pequeno, motivo pelo qual novas verificações devem ser conduzidas.

Digna de especial menção é a ocorrência, na epiderme inferior, de certas estruturas denominadas domácias, cujo estudo detalhado será feito mais adiante.

Mesófilo foliar - na região do limbo o mesófilo foliar apresenta-se constituído por uma só camada de parênquima palissádico (p.p.), localizado logo abaixo da epiderme superior, e formado de células compactamente unidas entre si e dispostas com o seu maior eixo perpendicularmente à epiderme, ricas em cloroplastos, representando aproximadamente 1/5 a 1/6 da espessura de todo o mesófilo foliar (Est. IV, fig. 18). Em sucessão ao parênquima palissádico aparece o parênquima esponjoso ou lacunoso (p.s.), que constituindo a maior parte do mesófilo foliar mostra ser formado por 10-12 camadas de células que se dispõem de maneira irregular, menos ricas em cloroplastos e que deixam enormes espaços vãos entre si. Mergulhados no parênquima esponjoso e logo abaixo do parênquima palissádico dispõem-se os feixes vasculares correspondentes às nervuras secundárias e que nas seções transversais se apresentam gradativamente menores, à medida que se aproximam dos

bordos das fôlhas.

O oxalato de cálcio acha-se comumente presente nas células do mesófilo foliar na forma de massas compactas de pequenos cristais granulares e, segundo os estudos de Mariani (26), também o tanino ocorre nas células, quer do parênquima palissádico, quer do esponjoso. A reação de tanino foi pesquisada pelo autor em questão, em cortes de material vivo, concluindo o mesmo que os compostos de tanino nas fôlhas do cafeeiro estão ligados à cafeína, embora esse complexo químico não tenha sido ainda isolado das fôlhas.

Nas formas variegadas de cafeeiro, segundo Dedecca (6), a variegação parece ser devida a certas anormalidades na constituição dos cloroplastos ou distúrbios no mecanismo da formação da clorofila, resultando disto a ocorrência de células contendo cloroplastos normais (verdes, grandes e numerosos), ao lado de células que encerram cloroplastos anormais (amarelados, pequenos e reduzidos em número).

Na região da nervura mediana modifica-se a organização do mesófilo foliar, que se apresenta então constituído por um parênquima de células arredondadas, na forma de 7-8 camadas de células hialinas, dispostas de uma maneira concêntrica ao redor do grande feixe vascular mediano.

As células deste parênquima hialino (p.h.), são sempre pobres em cloroplastos, deixam grandes espaços vazios entre si e encerram com frequência as inclusões de oxalato de cálcio e de material tanoide já assinaladas. As camadas mais exteriores deste parênquima, próximas à epiderme inferior da fôlha, estão diferenciadas em um colênquima angular (3-4 camadas) que é a continuação do colênquima sub-epidérmico do pecíolo.

Sistema vascular - está representado na parte central por um grande feixe vascular, correspondente à nervura mediana, e dois feixes menores (estrutura tricíclica). Em ambos os lados, nas metades do limbo foliar, aparecem feixes menores que representam as nervuras laterais, que se ramificam várias vezes, dando ensejo a que se forme um sistema de nervuras reticulado. Estes feixes vasculares secundários apresentam o xilema voltado para a epiderme superior e o floema dirigido para a epiderme inferior, envolvidos por um anel de células parenquimatosas.

O floema constitui-se de massas de tubos crivosos, células companheiras e fibras liberianas, imersas no parênquima liberiano (Est. V, fig. 19). Os elementos traqueais do xilema dispõem-se em 50-60 séries radiais; estas séries são constituídas de 4-8

elementos bem desenvolvidos e acham-se separadas entre si por raios medulares uni e bisseriados. No interior do xilema está a medula formada de tecido parenquimatoso cujas células encerram inclusões de oxalato de cálcio e material tanoide.

A endoderme não é distinta; ao contrário, o periciclo apresenta-se sob a forma de um anel esclerenquimatoso contínuo, com a espessura de 2-3 células, a maioria das suas células sob a forma de fibras de paredes espessas.

3.3.3 - Domácias - um dos traços mais característicos da epiderme inferior da fôlha do cafeeiro é a ocorrência de certas estruturas, na maioria dos casos localizadas no ângulo que as nervuras secundárias formam com a nervura principal e que já constituíram o objeto de detalhadas investigações por parte de Mariani (26) e outros autores, que as denominaram domácias ou ácaro-domácias (Est. V, fig. 21). Nos seus estudos, Mariani constatou uma constante ocorrência dessas estruturas nas 51 espécies e 5 variedades de cafeeiros por êle pesquisadas.

A palavra domácia (domatia=pequena casa ou pequeno abrigo), parece ter sido criada, segundo Jackson (20), por Tubeuf, para indicar pequenas projeções ou saliências nos tecidos dos diversos órgãos das plantas e que têm por finalidade abrigar determinados parasitas. Embora já em 1864 Marchand tivesse assinalado a presença de domácias em C. arabica L., só bem posteriormente a sua ocorrência foi verificada em outras espécies do gênero Coffea e de outros gêneros mais ou menos afins da família Rubiaceae. Daí por diante, têm sido as domácias o objeto de muitos estudos por vários pesquisadores que lhes tem, através dos tempos, atribuído um maior ou menor significado sistemático e fisiológico. De Wildeman (37), Mariani (26), estão entre êstes pesquisadores e nos seus trabalhos pode ser encontrada uma revisão bem completa do assunto.

A domácia (do) apresenta-se como uma pequena cripta ou cavidade que se aprofunda pelo parênquima esponjoso a dentro; esta cripta ou cavidade em forma de saco, abre-se exteriormente, na epiderme inferior da fôlha, por uma abertura ou poro arredondado, oval ou elítico de diâmetro variável e cujos bordos podem se apresentar glabros ou revestidos por uma pilosidade mais ou menos abundante; a cavidade dilata-se para o interior do mesófilo foliar e na sua parte mais interna atinge um diâmetro 2 a 3 vezes maior que o da abertura exterior (Est. V, fig. 21). A presença da domácia não é, contudo, visível na fôlha antes que esta atinja um certo desenvolvimento já que ela não é aparente nas fô

lhas ainda muito novas. O seu aparecimento se dá, ao que parece, somente quando a fôlha já possui um comprimento de 3,5 cm, o que equivale aproximadamente a um período de 75-80 dias na vida da fôlha (Est. V, fig. 22). Ainda mais, a sua presença é inicialmente constatada apenas nas axilas das nervuras inferiores da fôlha, e o primeiro indício do seu aparecimento é representado por um tufo de longos pêlos (Est. V, fig. 23). O estudo de cortes transversais da fôlha na região das domácias revela a sua forma vesicular (Est. VI, fig. 24, A.F.). O aparecimento de uma domácia é revelado pelo surgimento de um aglomerado de células no parênquima esponjoso, que diferem das células vizinhas pelo seu aspecto irregular, devido aos diferentes planos de divisão celular. A seguir, surge uma cavidade na parte central desse massiço irregular de células, ao mesmo tempo que estas células vão assumindo uma disposição estratificada. A cavidade cresce progressivamente no sentido centrífugo até atingir a epiderme inferior, que parece se invaginar e revestir a cavidade exteriormente. A cripta assim formada expande-se ao máximo e a seguir começa a se fechar gradativamente, repetindo tôdas as fases que antecederam à sua abertura para o exterior, para finalmente desaparecer num aglomerado irregular de células. A camada de células que reveste a cavidade tem sempre aspecto de epiderme e nela podem ser encontrados estomas. A sua profundidade no mesófilo é, segundo Mariani (26), muito variável nas diferentes espécies e variedades de cafeeiro, assinalando o mesmo autor que em Coffea Arnoldiana De Wild. e C. Alleizetti Dub., por exemplo, a grande profundidade da domácia chega a determinar uma pequena saliência na página superior da fôlha. Em Coffea arabica L. var. typica Cramer as domácias de um modo geral aprofundam-se no mesófilo foliar um pouco além da sua parte mediana, não chegando, contudo, a atingir o parênquima palissádico.

Uma vez verificada a constância da ocorrência das domácias nas fôlhas de determinadas rubiáceas, duas questões principais foram a seguir o objeto de minuciosos estudos: o seu significado fisiológico e a sua morfologia. Do ponto de vista fisiológico, desde o início admitiu-se serem as domácias o abrigo, refúgio ou domicílio de determinados parasitas. Lundstroem (24), contudo, não acredita que as domácias abriguem somente parasitas e, pelo contrário, advoga o ponto de vista de que as relações entre os hóspedes das domácias e a planta podem igualmente ser do tipo de simbiose, e neste particular admite duas categorias de domácias: fitodomácias, se os hóspedes forem vegetais, como fungos (micodomá

cias e ficodomácias), e zoodomácias, se habitadas por animais, como por exemplo, ácaros (ácaro-domácia), formigas e coccídeos (mírmeco-domácias). O mesmo autor e também Penzig e Chiabrera (31), De Wildeman (37), acreditam que no caso do cafeeiro as domácias são o domicílio de certos ácaros, razão pela qual utilizam da denominação "ácaro-domácia" e mencionam como espécies acarófitas C. arabica L., C. liberica Bull. e C. congensis var. Froehneri Pierre ex De Wild. Posteriormente, Mariani (26), defendendo o mesmo significado fisiológico dos autores anteriores, as sinalou a ocorrência de domácias em outras 9 espécies de Coffea, e Dubard (8) em mais 4 espécies de cafeeiros de Madagascar.

Em 1912 von Faber (9), estudando a fôlha de diversas espécies dos gêneros Pavetta e Psychotria, verificou a ocorrência de pequenas nodosidades onde se alojam determinadas bactérias simbióticas, que têm a faculdade de fixar diretamente o nitrogênio do ar e que são transmitidas de uma geração para outra através das sementes. A estas nodosidades tem sido aplicado o nome de domácias por alguns autores, como por exemplo Valle (35); cumpre, porém, esclarecer que as duas estruturas são morfológica e fisiologicamente diferentes, e por êsse motivo não passíveis de uma denominação comum.

Outras explicações têm sido tentadas para a função das domácias, e é bem possível que o seu verdadeiro significado fisiológico ainda não tenha sido estabelecido. Não resta dúvida, portanto, que urgentes estudos se tornam necessários antes que seja dada a última palavra no tocante à função das domácias.

Quanto à sua morfologia, as domácias exibem uma certa variabilidade de forma o que deu ensejo a que diversos pesquisadores estabelecessem algumas categorias ou grupos. No estudo da morfologia das domácias, diversos característicos têm sido considerados como possuidores de um maior ou menor significado taxonômico, muito embora Mariani (26) opine que é muito difícil achar um característico morfológico constante que possa servir como diferença significativa para as diversas formas e grupos de cafeeiros. Dentre os característicos utilizados para classificar as domácias sobressaem em importância a sua localização, a forma da abertura ou poro exterior, a presença ou ausência de pêlos nos bordos desta abertura e no interior da cavidade, o tipo de pêlos, se apenas unicelulares ou somente pluricelulares, ou, se os dois juntos, a abundância de estomas no tecido que reveste a cavidade, etc.

De Wildeman (37), baseado neste característico reúne as di-



versas modalidades de domácias nas três categorias seguintes: 1) "fossette", nas quais as domácias são totalmente glabras ou apresentam poucos pêlos nos bordos da abertura exterior e se localizam no próprio tecido da nervura lateral, abrindo-se na própria nervura. Esta modalidade está bem representada em Coffea liberica Bull.; 2) já em C. congensis var. Froehneri Pierre ex De Wild.; ocorre o tipo denominado "touffe de poils"; neste caso as domácias localizam-se no ângulo das nervuras secundárias com a nervura principal e são providas de abundantes pêlos que revestem os bordos da abertura exterior e tôda a cavidade; 3) na mesma variedade, na base da fôlha ocorre o tipo designado "pochette", na qual a domácia se apresenta como uma membrana delgada ligando a nervura mediana às nervuras secundárias e a abertura exterior exhibe uma bordadura de pêlos.

Lebrun, citado por Chevalier (5), estudando os cafeeiros do Congo Belga, verificou um enorme polimorfismo das domácias e afirma, como resultado de seus minuciosos estudos, que domácias consideradas como típicas para determinadas formas ou variedades de cafeeiro, em muitos casos estavam ausentes em fôlhas inteiras ou em grandes áreas de uma mesma fôlha. Tomando como característicos básicos a localização e a estrutura, êste autor admite os seguintes tipos de domácias: 1) domácias localizadas na axila das nervuras secundárias com a nervura principal; 2) domácias localizadas sôbre as nervuras; 3) domácias obstruídas por um tufo de pêlos; 4) domácias ciliadas; 5) domácias glabras.

As domácias da variedade typica descritas por De Wildeman (37), como axilares, glabras ou ciliadas, estariam incluídas no tipo "pochette" da sua classificação.

Os presentes estudos confirmam essas informações, já que se observou que as domácias na variedade typica apresentam-se localizadas no ângulo formado pelas nervuras secundárias com a nervura principal (Est. V, fig. 21); a abertura exterior ou poro, de forma clítica ou arredondada, nas domácias bem desenvolvidas tem um diâmetro variável entre 200-260 micros, seus bordos são quase totalmente glabros, apresentando apenas alguns pêlos unicelulares esparsos numa região situada distante dos bordos da abertura, sendo ainda pequeno o número de estomas. O diâmetro interno da cavidade mede 350-500 micros, e como já foi dito, a cavidade aprofunda-se um pouco além da parte mediana do mesófilo foliar, não atingindo nunca o parênquima palissádico.

3.3.4 - Estípulas - as estípulas (E) interpeciolares do cafeeiro, de forma triangular e extremidade acuminada são unidas

na base, de modo a rodear completamente o caule (Est. II, figs. 10 e 11), e livres na sua maior porção (Est. VI, fig. 25); estruturalmente muito se assemelham às fôlhas. Por entre as epidermes superior e inferior, de células grandes, localiza-se um mesófilo homogêneo constituído de 3-4 camadas de células parenquimatosas alongadas, ricas em cloroplastos e com grandes espaços intercelulares, no seio das quais está distribuído o sistema vascular representado por um feixe central maior, de cujos lados aparecem 3-4 feixes gradativamente menores à medida que se aproximam dos bordos da estípula.

#### 4 - ANATOMIA DOS ÓRGÃOS DA REPRODUÇÃO

##### 4.1 - Flôres

As flôres do cafeeiro dispõem-se em glomérulos axilares, em número variável de 2-19 por axila, envolvidas por um cáliculo formado por dois pares de bractéolas, respectivamente lanceoladas e triangulares.

O estudo da composição da inflorescência de Coffea e do desenvolvimento ontogenético dos botões flôrais (Est. VI, figs. 26 e 27), primeiramente realizado por Der Meulen (7) e Marchand (25), revela que os primórdios florais aparecem na axila formada pelas brácteas com o eixo da inflorescência, sob a forma de estreitas faixas de tecido meristemático, que logo entram em diferenciação. No interior das brácteas são encontrados numerosos pêlos glandulares que secretam uma substância cerosa. Os bordos superiores de cada primórdio desenvolvem-se formando pequenas saliências que conferem a cada primórdio uma forma angulosa (Est. VI, fig. 28); os vértices ou ângulos são o início da diferenciação das sépalas (S), que permanecem sempre pequenas. Simultaneamente com a aquisição da forma angulosa, a face superior do primórdio floral achata-se e o cálice em formação torna-se visível sob a forma de pequenas elevações. A porção periférica do primórdio, que se situa acima e dentro das saliências que representam as sépalas, desenvolve-se para cima, a sua parte central permanecendo em situação inferior. Sobre as paredes do anel que assim se desenvolve aparecem os primórdios das pétalas (P) em situação alternada à das sépalas (Est. VII, fig. 29). Os estames (stm), são os próximos órgãos a se diferenciarem e o seu aparecimento se dá sob a forma de pequenas projeções no interior do anel formado pelas pétalas e em posição alternada aos primórdios destas. A flor em formação assume gradativamente um

aspecto contorcido. Para o reconhecimento das demais fases que marcam a diferenciação dos carpelos (cr) torna-se necessária a remoção dos estames e das pétalas do primórdio floral em estudo. As modificações que assinalam o aparecimento dos carpelos são as seguintes (Est. VII, figs. 30-34): o receptáculo floral alarg-se, os seus bordos tornam-se erguidos constituindo um anel espêss, no centro do qual permanece imersa a parte central do primórdio floral, que desde o início ocupava uma posição inferior. Dois pontos opostos nos bordos do espêss anel formado pelo receptáculo tornam-se alargados e elevados e continuam a crescer um em direção ao outro. Estes dois novos desenvolvimentos representam os primórdios dos carpelos que logo a seguir passam a se desenvolver ligados entre si e constituem uma estrutura em forma de pequeno monte, que apresenta uma pequena fenda no centro. Os primórdios dos carpelos desenvolvem-se ascendentemente para constituir o estilo e os lóbos estigmáticos; ao mesmo tempo a sua base se torna aplainada sob a forma de um disco pentagonal. Dêste modo tem formação o disco (d), colocado no interior do tubo da corola.

Cortes transversais praticados em botões florais põem em evidência a disposição dos diversos verticilos tal como o estudo ontogenético demonstrou. Os cortes realizados na parte superior do botão floral, atingindo o limbo da corola (Est. VII, fig. 35), mostram as cinco pétalas (P), em situação mais exterior e que exibem uma disposição contorcida. Interiormente aparecem as cinco anteras (a), que se dispõem alternadamente às pétalas, e a região central é ocupada pelos dois lóbos estigmáticos (l.est.), aderentes pelas suas epidermes internas, papilosas. Se os cortes estudados tiverem sido praticados na base do tubo da corola (Est. VII, fig. 36), será possível perceber as sépalas (S), que poderão se mostrar livres (segmentos calicinos) ou unidas formando o tubo do cálice, aderente ao ovário. Internamente às sépalas situa-se um anel contínuo que representa o tubo da corola, e no seu interior outra estrutura em forma de anel espêss, que é o disco (d). Finalmente, na região central aparece o estilo que exibe uma seção circular (st).

O cálice da flor do cafeeiro apresenta-se rudimentar e constituído de 5 pequenos segmentos, persistentes no fruto. Estruturalmente cada sépala ou segmento é uma fôlha modificada exibindo uma estrutura muito semelhante à das estípulas. O suprimento vascular das sépalas (t.v.) é representado por um único traço (Est. VIII, fig. 37). O mesmo pode ser dito em relação às brác-

teas.

A corola é de cõr branca, hipocraterimorfa, constituída de cinco pétalas unidas entre si até quase a parte mediana formando um tubo, e o restante expandindo-se em um limbo formado por cinco segmentos lineares e obtusos. A estrutura da pétala, que é igualmente uma fôlha modificada, apresenta-se diferente conforme a região considerada. Cortes transversais realizados no tubo da corola evidenciam que a pétala é constituída de epidermes, superior e inferior, por entre as quais se coloca um tecido parenquimatoso homogêneo cujas células deixam pequenos espaços entre si. Na porção livre, ou seja, na região do limbo, cada pétala exhibe por entre as epidermes um parênquima esponjoso formado por 7-8 camadas de células (Est. VIII, fig. 38), que são arredondadas ou oblongas e se dispõem de um modo irregular, sendo muito desenvolvidos os espaços vazios entre as células.

Na constituição da epiderme, além das células epidérmicas propriamente ditas, podem ser encontrados estomas. Cada pétala apresenta um só traço vascular que se ramifica mais ou menos abundantemente, de modo a conferir à pétala uma nervação típica.

Os estames, em número de cinco, são epipétalos, e inserem-se sobre o tubo da corola em posição alternada às pétalas. Cada estame é constituído de um filamento cilíndrico, curto, de comprimento igual à terça parte do comprimento da antera. O suprimento vascular do estamé é também um só traço vascular, que se estende do filamento até a antera, através do conectivo (cn). O filamento, além do feixe vascular central e da epiderme unisseriada, exhibe um parênquima homogêneo, normal. A antera no estado de maturação mede usualmente 8 mm (5-10 mm), prende-se ao filamento por meio de um conectivo situado na sua porção dorsal e mediana, é bilocular ou bitécica, e exhibe em corte transversal quatro sacos polínicos. O estudo da antera ainda verde, segundo cortes transversais, revela as seguintes zonas de tecidos (Est. VIII, fig. 39): epiderme unisseriada constituída de células grandes nos lados maiores da antera e paralelos às pétalas, células essas que diminuem gradativamente de tamanho no sentido dos lados menores; um tecido parenquimatoso de células grandes e encerrando frequentemente uma substância de natureza provavelmente tanoide, que assume uma cõr escura nos cortes preparados permanentemente. Na região central, envolvido por êste tecido parenquimatoso, aparece o feixe vascular que veio indiviso desde o filamento. Cada saco polínico (s.p.) apresenta-se revestido exteriormente pela epiderme e mais 2-3 camadas de tecido paren-

quimatoso de células pequenas e dispostas de uma maneira concêntrica; internamente, revestindo o saco polínico, está o tapete (tp), representado por uma só camada de células, e no seu interior localiza-se uma massa de tecido esporogênico. A microsporo gênese da variedade typica, investigada por Mendes (28), é perfeitamente normal.

Estudada quando no estado de maturação dos grãos de pólem, pouco antes da deiscência, a antera revela algumas das transformações que sofreu no seu amadurecimento (Est. VIII, fig. 40). O feixe vascular central apresenta-se mais desenvolvido, e o parênquima que o rodeia mostra-se formado de células cujas paredes estão mais espessas. O tapete praticamente desapareceu ou dêle somente restam vestígios. Ao redor de cada saco polínico aparece uma zona esclerenquimatosa representada por 2-3 camadas de fibras (fb), de disposição irregular e que serão diretamente responsáveis pela deiscência da antera segundo fendas longitudinais. No interior dos sacos polínicos estão os grãos de pólem (g.p.), que são numerosos, esféricos, de diâmetro variável entre 17 e 22 micros, de exina espessa, 3-4-sulcada e apresentando poros circulares.

O gineceu está representado por um ovário ínfero, constituído de dois carpelos unidos e que se assentam sobre um disco carnoso nectarífero (d); o estilo é terminal e superiormente se bifurca em dois lóbulos estigmáticos.

O ovário é normalmente bilocular (Est. VIII, fig. 41), cada lóculo encerrando um óvulo anátropo (ov), de funículo curto e inserido em placentas centrais. A epiderme externa do ovário é representada por uma camada de células estreitas e a ela se segue uma extensa região parenquimatosa (futuro mesocarpo do fruto), onde se dispõem 2-3 séries concêntricas de feixes vasculares. Grande número de células parenquimatosas exhibe um conteúdo escuro, provavelmente representado por material tanóide.

A estrutura do óvulo tem sido repetidamente estudada por diversos autores, o mesmo acontecendo com o seu desenvolvimento, nas diversas fases que constituem a macrosporogênese. Embora Houk (19) inicialmente tivesse afirmado que no óvulo de C. arabica L. var. typica Cramer o nucelo e o integumento eram indistintos, contrariamente ao que demonstrara von Faber (9), pesquisas mais recentes conduzidas por Graner (16), Fagerlind (11), Joshi (21), e Mendes (27), demonstraram de uma vez por todas, que estas duas zonas de tecido se apresentam bem distintas e separadas; o nucelo constitui-se de apenas uma camada de células

estreitas que rodeiam o macrosporo, e o único integumento, a primina, é espessa, formada por diversas camadas de células. A macrosporogênese é também normal, tal como constataram Graner (16, 17) e Mendes (27); segundo os mesmos autores a célula arqueosporial sofre uma primeira divisão meiótica; uma das duas células formadas divide-se outra vez, equacionalmente, e a outra pode ou não passar por esta segunda divisão. Dêste modo formam-se 3 ou 4 macrosporos, um dos quais, o chalazal desenvolve-se em saco embrionário e os outros 3 degeneram e desaparecem. O saco embrionário é do tipo normal, monospórico, 8-nucleado, apresentando a cosfera flanqueada pelas duas sinérgidas no polo próximo à micropila, as três antípodas no polo oposto e os dois núcleos polares na região central, que se fundem para formar o núcleo primário do endosperma.

O suprimento vascular do óvulo é representado por um só traço derivado do feixe da placenta; este traço vascular único penetra pela base do óvulo através do funículo e atinge a região da chalaza, de onde emite ramificações para o integumento.

O estilo terminal estudado em corte transversal (Est. VIII, fig. 42), exhibe um contôrno quase circular e mostra ser constituído de uma epiderme de células grandes, 5-6 camadas de tecido parenquimatoso e um feixe vascular central, que próximo à sua extremidade superior se bifurca no sentido dos lóbulos estigmáticos. Estes tem praticamente a mesma constituição histológica do estilo, diferindo apenas pela epiderme interna, cujas células estão transformadas em papilas (pa), particularmente desenvolvidas nos bordos laterais dos lóbulos estigmáticos (Est. IX, fig. 43).

Excepcionalmente são encontradas flôres que apresentam três lóbulos estigmáticos, o que pode ocorrer ou não em correlação com ovários triloculares.

#### 4. 2 - Frutos

O fruto de Coffea arabica L. var. typica Cramer é uma drupa globosa ou ovoide, curto-pedicelada, seu maior eixo medindo cerca de 14 mm, inicialmente de cor verde e depois avermelhada na maturidade, algumas vezes dividida por um sulco longitudinal em duas partes quase iguais, apresentando superiormente uma cicatriz circular correspondente à inserção do cálice e do disco. Encerra normalmente duas sementes, uma por lóculo, ou excepcionalmente 3 ou mais, seja devido à ocorrência de ovários triloculares ou pluriloculares, ou então, no caso de ovários biloculares que apresentam mais de um óvulo por loja (falsa poliembrionia). Outras vezes desenvolve-se apenas uma única semente, arredondada, devi-

do ao abôrto de um dos óvulos do ovário.

O pericarpo (Est. IX, figs. 44 e 45, pe), apresenta-se muito bem desenvolvido e nele podem ser distinguidas as três regiões normalmente assinaladas no fruto; exocarpo (exoc.), mesocarpo (m) e endocarpo (e). O exocarpo é representado por uma única camada de células, correspondentes à epiderme externa do ovário; estas células são estreitas e muito juntas entre si, de paredes delgadas, e entre elas podem ser encontrados estomas. O mesocarpo é uma região extensa formada de mais de 20 camadas de células parenquimatosas, grandes, frequentemente encerrando um conteúdo de cor escura, que é considerado um material tanóide, como o demonstrou Franco (13). Além dessa inclusão a maioria das células encerra açúcares, gomas e mucilagens diversas, que são responsáveis pela consistência suculenta do fruto do cafeeiro no estado de cereja. Por entre as células deste parênquima distribuem-se diversos feixes vasculares, dispostos em 2-3 séries concêntricas, tal como foi visto no estudo do ovário. Estes feixes encerram uma predominância de fibras e parênquima lenhoso de paredes celulares ainda pouco espessas.

O endocarpo está representado por 5-7 camadas de células menores, sem inclusões de qualquer espécie, e que se confundem com o tecido vestigial da placenta, formando um envoltório para as sementes, que se apresenta menos colorido e que irá constituir no fruto maduro o pergaminho da semente; Chevalier (5), designa este envoltório de "parche" e o considera como sendo constituido pelas camadas mais internas do mesocarpo; neste caso, então, o endocarpo estaria representado por uma só camada de células, a mais interna, correspondente à epiderme interna que revestia a cavidade ovariana.

À medida que o fruto se desenvolve no sentido do estágio de cereja, o pericarpo sofre uma série de transformações químicas e estruturais, as primeiras representadas pelo aumento dos teores de água, açúcares, taninos, etc., de suas células, e as segundas, traduzidas pelas alterações na forma e no tamanho dessas células, pelo espessamento e linificação das paredes celulares. A seguir intensifica-se a linificação das paredes das células e estas vão gradativamente reduzindo os seus teores das substâncias acima citadas, até que, ao atingir o estado de fruto sêco, o pericarpo, já bem reduzido em espessura, é constituido de células fortemente esclerosadas e destituidas de protoplastos.

Cortes transversais de frutos no estado de cereja (Est. IX, fig. 44 e 46), ou já completamente secos (Est. IX, fig. 45), evi

denciam a redução na espessura do pericarpo, que mede respectivamente 1,2-1,5 mm, e 0,4 mm. O estudo histológico dos frutos em cereja demonstra muitas das modificações verificadas no desenvolvimento dos mesmos. O exocarpo (Est. IX, fig. 46), representado por uma só camada de células que agora se apresentam distorcidas, é de paredes espessas e cutinizadas; esta camada de células não é contínua apenas devido à regular ocorrência de estomas (Est. IX, figs. 46 e 47, est.). As camadas mais externas do mesocarpo são constituídas de células grandes, poligonais, de paredes algo distorcidas, linificadas e espessas, exibindo no seu interior vestígios do protoplasto. Internamente o mesocarpo tem continuidade sob a forma de 4-5 camadas de células com os mesmos característicos anteriores, porém, que estão grandemente achatadas ou comprimidas e cujo tamanho diminui no sentido da periferia para o centro do pericarpo. Por entre as células deste mesocarpo assim modificado são encontrados os feixes vasculares dispostos em 2-3 séries concêntricas e caracterizados pelo grande espessamento das paredes de suas fibras e elementos traqueais.

De tôdas as regiões do pericarpo é, contudo, o endocarpo a que apresenta maiores modificações. No fruto já bem desenvolvido este endocarpo está representado pelo "pergaminho da semente", de cor branco-acinzentada ou branco-amarelada e de espessura aproximada de 100 micros, de textura flexível, resistente. O estudo do pergaminho (e) em cortes transversais do fruto (Est. IX, fig. 46), ou mediante macerações, onde os seus elementos se apresentam dissociados e isolados (Est. X, fig. 48), revela que os seus componentes são fibras de paredes bastante espessas e luz ou lumem muito reduzida, apresentando pontuações do tipo ramificado. Essas fibras são fusiformes, geralmente de comprimento igual a muitas vezes a largura, medindo 350-750 micros de comprimento por 20-45 micros de largura e se dispõem compactamente unidas entre si, mediante uma substância que atua como um cimento. Constituem elas, 5-6 camadas de células em posições cruzada ou oblíqua, o que confere ao endocarpo uma enorme resistência. A camada mais interna do endocarpo, a que reveste a cavidade da semente, é estreita e quase imperceptível.

Chevalier (5), na ilustração que faz da estrutura do pericarpo do fruto de C. arabica L., indica a existência de uma zona de tecido localizada entre as camadas mais internas do mesocarpo e o endocarpo (pg. 45, estampa 4, fig. A); o referido autor designa esta região de zona gelificada (couche gelifiée) e



atribui à mesma uma grande importância no preparo industrial do café (pg. 39). Esta zona, que se mostra constituída por 3-4 camadas de células esclerenquimatosas dispostas à maneira de uma palissada, é com toda a certeza, a mesma assinalada por Ukers (34) e Winton (38), nos seus estudos sobre a estrutura do fruto do café. Embora esse tecido palissádico possa ocorrer no fruto de certas espécies e variedades de Coffea, as presentes investigações confirmam amplamente a afirmação de Menezes e Maniero (29), ou seja, a não existência da referida zona no pericarpo do fruto de C. arabica L. var. typica. Igualmente, não foi assinalada a zona de tecido à qual Menezes e Maniero denominaram "nova camada" palissádica, responsável, na opinião dos autores, pelo armazenamento de grande quantidade de água nos frutos maduros.

#### 4.3 - Sementes

As sementes do cafeeiro são plano-convexas, elíticas ou ovais, sulcadas longitudinalmente na face plana e constituem-se de embrião, endosperma e um envoltório representado por uma película fina e quebradiça denominada película prateada ou espermoderma. Medições realizadas em um grande número de sementes revelam que na variedade typica elas medem 10-18 mm de comprimento por 6,5-9,5 mm de largura. As transformações do óvulo em sementes foram minuciosamente estudadas por Houk (18,19), Graner (16), Mendes (27), e outros autores, tendo sido questão de continuada controvérsia a existência ou não de um verdadeiro endosperma na semente do cafeeiro.

O envoltório seminal, película prateada ou espermoderma (p. pr.), de cerca de 70 micros de espessura, estudado em vista superficial (Est. X, fig. 49), o que se consegue montando fragmentos desta película diretamente em uma gota de floroglucina em HCl e recobrando-se com uma lamínula, apresenta-se constituído por numerosas células esclerenquimatosas, dispostas em diversas direções, a maioria delas paralelas à superfície da semente. Estas células fusiformes, que devido à sua forma prosenquimatosa podem ser consideradas como verdadeiras fibras (fb), formam um estrato que se assenta sobre um conjunto de células hialinas, alongadas longitudinalmente ou amorfas devido ao dessecamento que sofreram e que são, portanto, células mortas, destituídas de protoplastos. Em cortes transversais da semente (Est. IX, fig. 46, p. pr.), percebe-se a constituição deste tecido amorfo (t.a.), e ainda mais, nota-se que a camada mais interna que está direta-

mente em contato com o endosperma da semente, tem as células completamente indistintas. As fibras e o tecido amorfo tiveram origem a partir do único integumento do óvulo, a primina, que era espessa, sendo as fibras formadas pela camada de células mais externa deste integumento.

As fibras fusiformes da película prateada apresentam no seu conjunto e na sua disposição uma certa semelhança com as fibras que constituem o pergaminho; contudo, são menores, de paredes menos espessas, e as suas paredes exibem outro tipo de pontuações.

Apresentam essas fibras um comprimento de 180-320 micros e uma largura de 18-30 micros; suas paredes espessas medem 5-7 micros, e apresentam um grande número de pontuações, 10-50 em cada face, que são do tipo simples, arredondadas, alongadas, ovoides, etc.

O tamanho dessas fibras (relação comprimento/largura), a espessura das suas paredes, e o número de pontuações nas paredes são característicos utilizados por Chevalier (5), na separação das espécies mais importantes de cafeeiros.

Finalmente, a película prateada exibe ainda um suprimento vascular (f.v.), representado pelas ramificações do feixe vascular que penetrou no óvulo pelo funículo e que à altura da chalaça enviou ramificações para o integumento do óvulo (Est.X, fig.49).

O endosperma (endosp.), constituindo a quase totalidade do tecido da semente, investigado por Mendes (27), é de natureza triploide ( $3n$ ) e teve origem a partir da fusão do segundo gameta ( $n$ ), do tubo polínico, com o primeiro núcleo do endosperma ( $2n$ ), completando o processo de dupla fertilização dos angiospermas. Houk (18), estudando a transformação do óvulo em semente afirmou que no cafeeiro esta era desprovida de um verdadeiro endosperma, e que a massa de tecido que constitui quase toda a semente representava um "perisperma". Mendes (27), e outros pesquisadores estudando o mesmo assunto forneceram as provas citológicas da existência do endosperma, o que fôra anteriormente demonstrado mediante bases genéticas por Krug e Carvalho (22). Segundo Mendes (27), o endosperma de C. arabica L. var. typica Cramer que é sempre do tipo nucleado, pode ser observado na semente aproximadamente entre 21 e 27 dias após a abertura da flor; no seu desenvolvimento, o número de núcleos aumenta consideravelmente, podendo este número atingir 90 e mesmo 120, em flôres observadas 60 dias após a sua abertura.

Ainda segundo o mesmo autor, no desenvolvimento do óvulo em semente o nucelo é muito cedo absorvido e desaparece; os tecidos que constituem a primina formam inicialmente um "perisperma" (de

nominação imprópria)<sup>(1)</sup>, que é gradativamente absorvido pelo endosperma que vai se desenvolvendo, de tal modo, que na semente madura o referido "perisperma", grandemente reduzido em espessura, está representado pela película prateada.

Na semente madura o endosperma apresenta-se como um tecido córneo, esverdeado ou côr de cana, de células poliédricas ou mais ou menos isodiamétricas, orientadas paralelamente à superfície externa, de paredes primárias, portanto celulósicas, excessivamente espessas; a celulose representa também uma substância de reserva. A espessura dessas paredes celulósicas não é uniforme, pois nelas percebem-se regiões mais espessas e estrangulamentos que lhe dão um aspecto moniliforme. As áreas menos espessas representam campos de pontuações primárias, nas quais Ayres (2), mediante técnica especial demonstrou a existência de plasmodesmas. Essa estrutura apresentada pelas paredes de células endospermicas é considerada por Chevalier (5) como um dos característicos mais constantes exibidos pelos cafeeiros das seções Eucoffeia e Mascarocoffea.

Um exame detalhado das diversas camadas de tecido endospermico revela diferenças na sua estrutura que provavelmente estão ligadas à diferenças na composição química. Sementes completamente nuas, ao germinarem mostram os cotilédones envolvidos numa espécie de capuz, constituído pelas camadas mais externas do endosperma e que muito se assemelha ao envoltório que recobre os cotilédones das plantinhas obtidas a partir de semente das quais não se retirou o pergaminho.

A camada mais externa de tecido endospermico, aquela que se encontra diretamente revestida pela película prateada, é uniforme e tem o aspecto de uma epiderme, cujas células apresentam paredes espessas (Est. IX, fig. 47); seguem-se diversas camadas de células poliédricas e ao nível da região mediana do endosperma, junto à cavidade embrionária (c.emb.), as células se tornam achatadas e alongadas paralelamente à superfície externa, constituindo um conjunto de camadas comprimidas que estabelecem uma região

---

(1) - A nosso ver a impropriedade desta denominação reside no facto de atualmente haver uma tendência para se considerar como perisperma somente aqueles tecidos que tiveram origem a partir do nucelo. No entanto, no caso do cafeeiro, Mendes é o primeiro a admitir que o nucelo é absorvido e desaparece muito cedo, na transformação do óvulo em semente.

mais densa de células. A seguir, para o interior, as células reas sumem a sua forma inicial. A zona densa marcaria o limite entre as duas porções de endosperma geralmente aceitas pelos autores: Moeller, citado por Ukers (34) designa respectivamente endosperma duro e endosperma mole, às porções para o exterior e para o interior da zona densa, favorecendo assim a suposição de que realmente elas são diferentes quanto à sua composição química. Ao que parece, o embrião, ao se desenvolver, alimenta-se quase que unicamente das camadas de endosperma mole situadas para o interior da cavidade embrionária, ao passo que as camadas exteriores, de endosperma duro, destacam-se e vão constituir o capuz que envolve os cotilédones da plântula em desenvolvimento (Est. X, fig. 50).

Algumas das células mais internas do endosperma possuem paredes primárias mucilaginosas e que, segundo Ukers (34), quando tratadas com água, desaparecem deixando visível apenas a lamela mediana. Nestas condições a seção de tecido endospermico exibe um aspecto peculiar.

Constituindo o endosperma a parte mais importante da semente, do ponto de vista da utilidade do cafeeiro, tem sido êle objeto de intensivos estudos no que diz respeito à sua composição química. Segundo Winton (38), o endosperma encerra além de água, proteínas, os alcaloides cafeina e cofearina, óleos, açúcares, dextrina, pentosanas, celulose, ácidos derivados da cafeina, outros ácidos e componentes menores. A reserva gordurosa pode ser facilmente apreciada nas seções de endosperma, notando-se numero sas gotas esféricas de óleo em cada célula.

Pelo processo de torrefação altera-se grandemente a composição química do endosperma, já que êsse processo é uma destilação destrutiva acompanhada de desidratação, ocorrendo ainda várias reações de oxidação e redução. Sabe-se que durante esta operação a maior parte da água é eliminada, os açúcares são transformados em caramelo, os ácidos derivados da cafeina reduzem-se à metade, bem como há perda do teor da cafeina. Como resultado de tôdas essas reações desenvolve-se no pó de café o aroma, que é um dos seus principais atributos.

Na face plana das sementes, o endosperma apresenta um sulco longitudinal, cuja profundidade e forma são consideradas de importância por De Wildeman (37), para caracterizar espécies e variedades de cafeeiros. Cortes transversais da semente evidenciam que tanto o endocarpo do fruto (pergaminho), como a película prateada inyaginam-se na região do sulco, estando presentes no seu interior.

O embrião de Coffea arabica L. var. typica Cramer, pequeno e localizado na base da semente, na sua face convexa, é representado por um hipocótilo e dois cotilédones cordiformes. A diferenciação do embrião tem lugar relativamente tarde; de acordo com Mendes (27), a célula ovo permanece em estado de repouso por 60-70 dias, ao cabo dos quais sofre a primeira divisão da qual resultam duas células irmãs; a apical torna-se a dividir outra vez transversalmente, formando um proembrião tricelular; a célula apical é que, a seguir, se divide longitudinalmente, e essa primeira divisão longitudinal marca o início da diferenciação do embrião propriamente dito, ao passo que as outras células vão constituir o suspensor. Aproximadamente 150 dias após a abertura das flôres, quando o endosperma já se encontra perfeitamente desenvolvido, tem início a diferenciação dos cotilédones.

Normalmente os cotilédones (cot.) cordiformes e justapostos são em número de 2 (Est. X, fig. 51), porém, podem ser encontrados embriões com 3 e 4 cotilédones (Est. X, figs. 52 e 53). Compõem-se eles de epiderme com estomas (Est. X, fig. 54), mesófilo homogêneo, portanto sem distinção de parênquima palissádico e esponjoso, e apresentam, no centro, o seu suprimento vascular na forma de um feixe procambial (pc).

Igualmente, o hipocótilo (Est. X, figs. 55 e 56), que em seção transversal exhibe um contorno elítico ou quase circular, constitui-se de epiderme, córtex não diferenciado, procâmbio e medula não diferenciada.

#### R E S U M O

O presente estudo anatômico de Coffea arabica L. var. typica Cramer, tem por finalidade fornecer as informações básicas necessárias ao estudo da anatomia comparada das principais espécies e variedades de cafeeiros cultivados no Estado de São Paulo.

Nesta primeira contribuição o autor realiza o estudo anatômico detalhado dos órgãos vegetativos e reprodutivos da variedade typica, não se limitando apenas à anatomia descritiva dos diversos órgãos, mas também, sempre que possível, discute o desenvolvimento ontogenético das diversas partes do cafeeiro. No estudo da raiz e do caule procurou-se estabelecer a duração do desenvolvimento primário, assinalando o local de aparecimento, primeiramente, do câmbio vascular e, posteriormente, do felógeno ou câmbio suberoso. Na discussão da anatomia das fôlhas mereceu especial atenção o estudo das domácias, sua morfologia e possível função. As flôres são estudadas detalhadamente nos seus diversos

elementos. Nos capítulos referentes à anatomia do fruto e da semente, além do estudo puramente descritivo das suas estruturas são ainda discutidas as diversas modificações verificadas durante o desenvolvimento do ovário e dos óvulos, respectivamente em fruto e sementes.

ANATOMY AND ONTOGENETICAL DEVELOPMENT OF  
COFFEA ARABICA L. VAR. TYPICA CRAMER

S U M M A R Y

The knowledge of the anatomy of Coffea arabica L. var. typica Cramer should be considered as a basic contribution to the comparative study of the anatomy of coffee species and varieties cultivated in the State of São Paulo, Brazil. The detailed investigations carried out on the vegetative and reproductive organs of the coffee plant revealed the following:

The roots at the end of the primary growth present a protostelic, poliarch (6, 7, 8, 9, 11 primary xylem bundles), and exarch structure, the following tissues or zone of tissues being visible: root cap, epidermis, exodermis, cortex, endodermis, pericycle, primary phloem and primary xylem. This primary growth has a very short duration and is very soon followed by the secondary growth, formed from a vascular cambium which makes its first appearance in a region localized approximately 5 cm from the root apex. Phellogen arises first in the pericycle and later in phloem and gives origin to a relatively thin periderm; this protective layer replaces the epidermis that is gradually killed and sloughs away. Lateral roots originate from pericyclic cells situated at the protoxylem outer edges.

The origin of all stem tissues, as well as those of the leaves, can be traced back to a cone-shaped shoot apex, which measures 200 microns in diameter and 250-300 microns in its major height; this shoot apex interpreted under the terms of Schmidt's theory shows to possess a tunica composed of two cell layers, and a corpus, represented by a central core of irregularly arranged cells. Differentiation of meristematic tissues initiates at the distance of 500-600 microns from the shoot apex, but the complete primary tissue differentiation is only achieved in a region situated 2 cm from the shoot apex. Stem cross sections at this level exhibit the following tissues zones: epidermis, angular collenchyma, cortical parenchyma, pericycle,

primary phloem, primary xylem and pith. No distinct endodermis is visible.

The vascular cambium, firstly visible in a region distant 2.5 cm from the shoot apex, originates from procambial cells localized between the xylem and phloem, being at the beginning only fascicular; the cells of the primary rays undergo cambiform meristematic activity, and interfascicular cambium is thereby formed between the vascular bundles. Following a centripetal differentiation the cambial derivatives give rise to a continuous band of secondary xylem and secondary phloem.

Older stem cross sections present a periderm which is about 70 microns thick. Cork cambium arises from the innermost cells of cortex and produces cork externally and phelloderm internally.

Petiole presents a tricyclic structure, exhibiting three vascular bundles, the major one corresponding to the mid-rib; all the bundles show a normal orientation of the xylem and phloem tissues. Secondary vascular bundles are also present towards the wings of the petiole cross section.

The structure of foliage blade is that of typical leaves of dorsiventral symmetry. At an early stage the blade consists of seven layers of relatively undifferentiated cells.

At maturity, just one layer of palisade parenchyma and ten to twelve layers of spongy cells are present. Upper epidermis is uniseriate and formed only by epidermal cells proper; uniseriate lower epidermis exhibits these cells and stomata which are of the rubiaceous type, being formed by two guard cells and two subsidiary cells. Remarkable is the occurrence on the lower epidermis of certain structures called domatiae; the constancy of these structures on the lower epidermis of the leaves of Coffea and a few other rubiaceous genera has been considered an important taxonomic characteristic for genera identification. On the other hand, the domatia localization, shape, size and constitution, as well as the presence or absence of stomata on their outermost cell layer or the presence or absence of hairs on the borders of the domatia aperture, have shown to be important characteristics to be utilized in the differentiation on Coffea species and varieties.

In Coffea arabica L. var. typica Cramer the domatiae are localized at the very angle formed by the secondary veins with the mid-rib, have a vesicular shape and open externally through and elliptical or round pore which measures 200-260 microns in diameter; the borders of the pore are nearly glabrous, a few

hairs appearing only in a region distant from the borders; very few stomata are also present on the outermost cell layer of the domatia.

Stipule structure is similar to that of foliage blade, but no differentiation between palisade parenchyma and spongy cells is apparent.

Flowers are disposed in axilar glomerules; bracteoles are in number of two pairs for each flower set, being respectively lanceolate and triangular, and presenting the same structure of the stipules.

Calyx is very rudimentar; the sepals resemble the leaves anatomically, and present only a trace supply; the petals are united in a tube forming a salver-shaped corolla, presenting a single vascular trace each. Stamens are epipetalous and have also a single trace as vascular supply; the anthers are two-celled, opening lengthwise. At maturity each anther exhibits in cross section four pollen-sacs, surrounded by an uniseriate epidermis, two fiber layers and a narrow strip of tapetum vestiges. Microsporogenesis is reported to be normal by several authors. Pollen grains are numerous, globose, with a very thick, smooth, and 3-4-sulcate exine.

Pistil is represented by an inferior ovary, terminal style and two stigmatic branches. Ovary is normally two-celled, each one bearing a single anatropous ovule on central placenta; funicle is very short, and the embryo-sac is of the normal type, monosporic, 8-nucleate. Anatomically the ovary shows to be formed by uniseriate epidermes, the outer one presenting stomata; between the epidermes there is parenchymatous tissue, and distributed in this thick parenchyma there are 2 or 3 concentric vascular bundle series.

The coffee fruit is a drupe, containing normally two seeds; exceptionally there is the occurrence of three or more seeds in the cases of tri-celled or pluri-celled ovaries, or through false polyembryony, when bi-celled ovaries present more than one ovule in each cell. On the other hand, by abortion of an ovule one-seeded fruit may be formed (peaberry). Ripe fruits have a fleshy and thick pericarp. Fruit development brings about a series of chemical and morphological modifications that lead to a reduction in the thickness of pericarp, from 1.5 mm in ripe fruits to 0.4 in dried fruits. Exocarp is represented by a single layer of hardened and lignified cells, with scattered stomata. Mesocarp is formed by several layers of polyhedric,



large and lignified cells, the innermost of which are somewhat compressed and flattened. Amidst these cells are visible the vascular bundles showing a great amount of fibers. Endocarp is about 100 microns thick and constitutes in the ripe fruits the so-called "seed parchment". Studied in cross section the endocarp shows to be formed by 5-6 layers of intercrossing strong fibers, what gives this zone of tissue an extraordinary strength. Maceration allows the detailed examination of the individual fibers which measure 350-370 microns in length by 20-45 microns in tranverse diameter. The cell walls are very thick and provided with ramiform pits; cell lumen is almost occluded.

The coffee seeds or coffee beans are elliptical or egg-shaped, plane-convex, possessing a longitudinal furrow on the plane surface. Seed coat is represented by the so-called "silver skin", which ontogenetically originates from the primine, the single ovule integument. This seed coat is about 70 microns thick and anatomically shows to be constituted by an outer layer of fibers somewhat similar to the endocarp fibers; they are, however, shorter, measuring the longest ones 180-320 microns in length and 18-30 microns in transverse diameter. Their thick walls are provided with round, elliptical, or elongated simple pits. The size of these fibers, the thickness and number of pits on their walls are considered by Chevalier as important taxonomic characteristics for the differentiation of Coffea species.

Completing the silver skin structure there are several layers of amorphic parenchyma tissue, and a layer of indistinct cells which originate from the innermost cell layers of the primine. On the other hand, the fibers had their origin from the outermost cell layer of the primine.

Endosperm is formed by polyhedric cells of very thick cellulosic walls, functioning the cellulose in this case as food storage. With the aid of a special technique plasmodesmata can be detected in the primary-pit-fields of the endosperm cell walls.

The endosperm tissue seems to present differences in the structure and chemical composition of its various layers; thus, at the level of the embryo cavity the cells are flattened and elongated constituting a region which probably desintegrates during embryo development. The outer layers represented by hard endosperm slough away as a cap that involves the cotyledons of seedlings obtained from completely naked seeds. This cap resembles the seed parchment in gross morphology. The inner layers are considered soft endosperm. As to the chemical composition, the endosperm cells besides water, contain protein, the alkaloids

caffeine and coffearine, oil, sugar, dextrans, pentosans, cellulose, caffetannic acids, ash, various acids and minor constituents.

The small embryo, localized at the bottom of the seed, on its convex surface is represented by an hypocotyl and two adherent cordiform cotyledons. Very seldom there is the occurrence of embryos with 3 or 4 cotyledons.

#### A G R A D E C I M E N T O S

É com satisfação que consignamos os nossos melhores agradecimentos às seguintes pessoas pelo seu auxílio nas diversas fases que constituíram êste trabalho: Dr. Geraldo C. Mello Ayres, pelo preparo de lâminas durante a sua atuação como assistente da Seção de Botânica; Sr. Theophilo G. Cyrino e D. Mary O. Boock, técnicos de laboratório, também pelo preparo de lâminas; Srta. Zorah de Mello, pela valiosa colaboração na confecção dos desenhos; Srta. Adelaide Botignon, pelo trabalho de datilografia das diversas provas do trabalho até à sua redação final.

Igualmente, somos gratos aos Drs. A. Carvalho, H. Antunes Filho, C.M. Franco, A.J. Teixeira Mendes, Heli C. Mendes, Luiz O. Teixeira Mendes e Alvaro S. Costa, pela leitura dos manuscritos e pelas suas sugestões no preparo dos mesmos. Especial agradecimento é feito à redação técnica da revista "Bragantia" pelo empréstimo dos clichês das ilustrações, antes mesmo que êles fossem utilizados pela revista.

#### L I T E R A T U R A C I T A D A

1. ACCORSI, W.R. A ocorrência das células anexas dos estômatos na Família Rubiaceae. Ann. Esc. Agr. Queiroz, Separ. nº 7: 157-175. 1944.
2. AYRES, G.C.M. A ocorrência de plasmodesmas no endosperma de Coffea arabica L. var. typica Cramer. Bragantia 13: 281-285. 1954.
3. BAILEY, I.W. The anatomical approach to the study of genera Chron. Bot. 14: 121-125. 1953.
4. BITANCOURT, A.A. Estrutura anatômica das principais plantas cultivadas no Brasil. Rio de J. Emp. Ind. O. Norte. 1923. 43 p. (Tese)

5. CHEVALIER, AUGUSTE Les caféiers du globe. III. Systematique des caféiers et faux - caféiers, maladies et insectes nuisibles. Paris, Lechevallier, 1947. 356 p. (Encyclopédie biologique n<sup>o</sup>. 28)
6. DEDECCA, D.M. Aspectos anatômicos da variegação da fôlha de Coffea arabica L. var. typica Cramer. (Em preparo)
7. DER MEULEN, A. van. Over den Bouw en de periodieke ontwikkeling der Bloemknoppen bij Coffea-soorten. Kon. Ned. Akad. Wet. Verh. 38: 1-128. 1929. (Resumo inglês)
8. DUBARD, M. Les caféiers sauvages de Madâgascar. Bull. Mus. Hist. nat. Paris, 13: 280-282. 1907.
9. FABER, F.C. von. Das erbliche Zusammenleben von Bakterien und tropischen Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 51: 243-264. 1912.
10. ----- Morfologische-physiologische Untersuchungen an Blüten von Coffea-Arten. Ann. Jard. bot. Buitenz. 2: 59-160. 1912.
11. FAGERLING, G. Perisperm oder Endosperm bei Coffea? Svensk Botanisk Tidskr. 33: 303-309. 1939.
12. FRANCO, C.M. Relation between chromosome number and stomata in Coffea. Bot. Gaz. 100: 817-827. 1939.
13. ----- Sôbre compostos fenólicos no café. J. Agron. Piracicaba. 2: 131-138. 1939.
14. ----- & INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solos do Est. de S. Paulo. Bragantia 6: 443-478. 1946.
15. FREIRE, C.V. Contribuição ao estudo histológico dos cafeeiros no Brasil. Rev. Dep. nac. café 3: 987-991. 1934.
16. GRANER, E.A. Embriogênese de Coffea. I. Desenvolvimento do óvulo em Coffea arabica L. Ann. I. Cong. sulam. Bot. 3: 193-202. 1939.
17. ----- Megasporogênese in Coffea arabica L. Arch. Inst. Biol. veget. Rio de J. 3: 1. 1936.
18. HOUK, W.G. Endosperm and perisperm of coffee with notes on the morphology of the ovule and seed development. Amer. J. Bot. 25: 56-61. 1938.
19. ----- The ovule and seed of Coffea arabica L. Science 83: 464-465. 1936.
20. JACKSON, B.D. Glossary of Botanic Terms. Londres, Duckworth, 1928. IV, 481 p.
21. JOSHI, A.C. A note on the morphology of the ovule of Rubiaceae with special reference to Cinchona and Coffea. Curr. Sci. 7: 236-237. 1938.
22. KRUG, C.A. & CARVALHO, A. Genetical proof for the existence of coffee endosperm. Nature 144: 515. 1939.

23. KRUG, C.A., MENDES, J.E.T. & CARVALHO, A. Taxonomia de Coffea arabica. Descrição das variedades e formas encontradas no Est. de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1939. 59 p. (Bol. Técn. nº. 62)
24. LUNDSTROEM, A.E. Pflanzenbiologische Studien. II. Die Anpassungen der Pflanzen an Tiere. Domatienführende Pflanzen. Nov. Act. ref. Soc. sci. Upsaliensis. 13: 1-88. 1887.
25. MARCHAND, L.L. In Wildeman, É De. Études sur le genre Coffea L. Classification, caractères morphologiques, biologiques et chimiques, sélection et normalization. Bruxelles, Palais des Académies, 1941. 496 p. (Fondation Agathon de Potter nº. 2)
26. MARIANI, M.J. Les caféiers. Structure anatomique de la feuille. Paris. Lons-le-Saunier, 1908. 140 p. (Tese)
27. MENDES, A.J.T. Cytological observations in Coffea. IV. Embryo and endosperm development in Coffea arabica L. Amer. J. Bot. 28: 784-798. 1941.
28. ----- Observações citológicas em Coffea. XV. Microsporogênese em C. arabica L. Bragantia 10 (3): 79-87. 1950.
29. MENEZES, J.B.F. (junior) & MANIERO, J. Sobre um método microscópico para contagem de cascas no café em pó. Rev. Inst. Adolfo Lutz 11: 13-47. 1951.
30. METCALFE, C.R. & CHALK, L. In Rubiaceae. Anatomy of the dicotyledons. Oxford. Clarendon Press, 1950. 1500 p.
31. PENZING, O. & CHIABRERA, C. Contributo alle conoscenza delle planta acarofile. Malpighia 18: 429-487. 1903.
32. RANDOLPH, L.F. A new fluid and a revised schedule for the paraffin method in plant cytology. Stain Tech. 10: 95-96. 1935.
33. SOLEREDER, H. In Rubiaceae. Systematic anatomy of the dicotyledons. Oxford. Clarendon Press, 1908. 1183 p.
34. UKERS, W.H. All about coffee. 2ª ed. New York, The Tea & Coffee Trade Journal Company. 1955. 818 p.
35. VALLE, F.P. Família das Rubiáceas; estudo geral aplicado. Belo Horizonte. Empr. Queiroz Breyner Ltda., s.d. 120 p. (Tese)
36. VAROSSIEAU, W.W. On the development of the stem and the formation of leaves in Coffea species. Leiden, Brill, 1940. 88 p. (Tese)
37. WILDEMAN, É. DE. Études sur le genre Coffea L. Classification, caractères morphologiques, biologiques et chimiques, sélection et normalization. Bruxelles, Palais de Académies, 1941. 496 p. (Fondation Agathon de Potter (nº. 2).
38. WINTON, A.L. & WINTON, K.B. The structure and composition of foods. New York, John Wiley, 1939. vol. IV. 580 p.

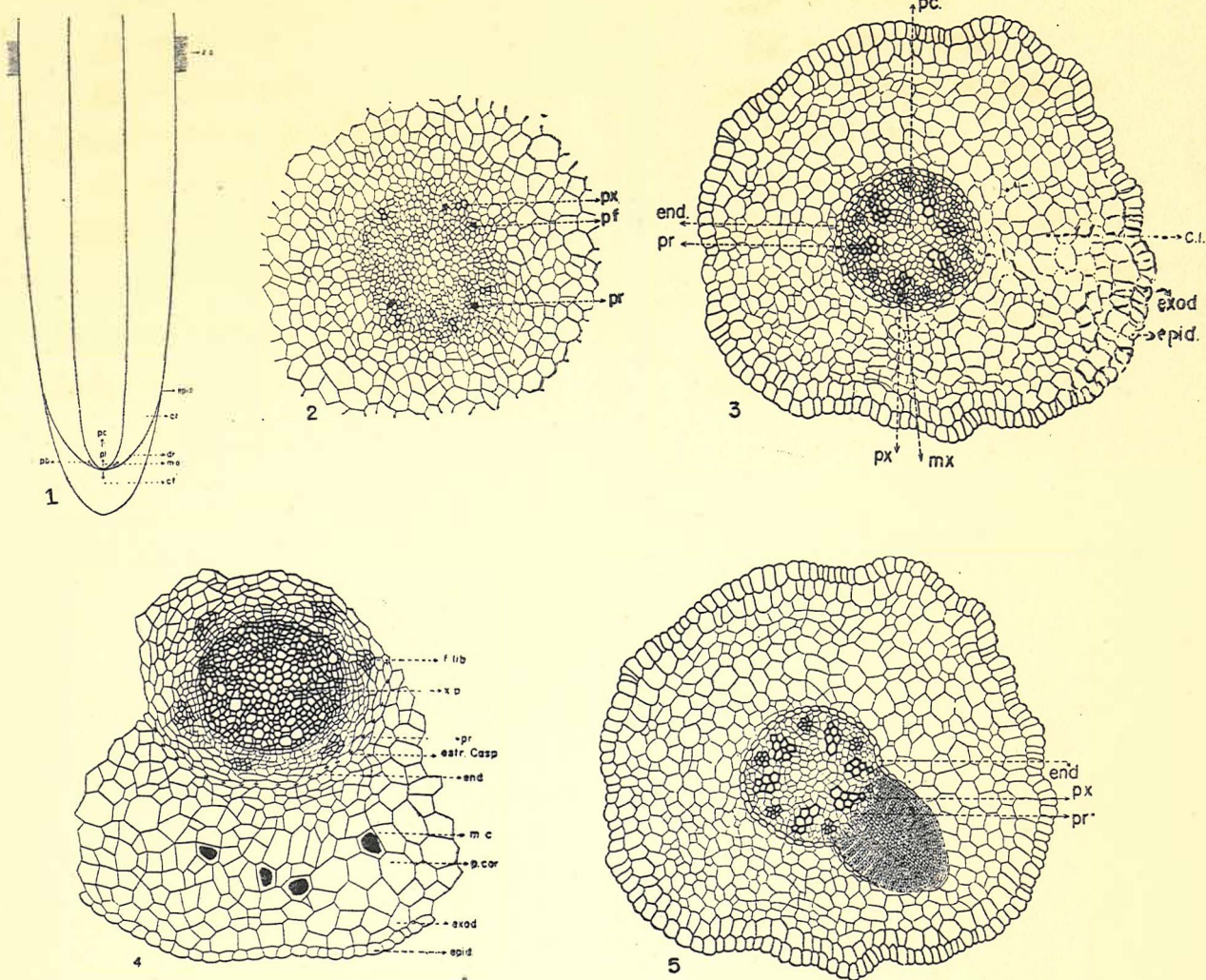
I L U S T R A Ç Õ E S

ÍNDICE PARA AS ABREVIACÕES UTILIZADAS NAS ILUSTRAÇÕES

- a - antera  
a.e. - abertura externa  
a.i. - abertura interna  
c - cutícula  
c.a. - células anexas  
c.e. - células epidérmicas propriamente ditas  
c.emb. - cavidade embrionária  
c.est. - células estomáticas  
cf - coifa  
c.g. - cristais granulares  
c.i. - córtex imaturo  
cn - conectivo  
col. - colênquima  
cot. - cotilédone  
cp - corpo  
cr - carpelo  
ct - córtex  
d - disco  
do - domácia  
dr - camada dermatogênica  
E - estípula  
e - endocarpo  
end. - endoderme  
endosp. - endosperma  
endosp.d. - endosperma duro  
endosp.m. - endosperma mole  
epid. - epiderme  
epid.ab. - epiderme abaxial  
epid.ad. - epiderme adaxial  
est. - estoma  
est.Casp. - estrias de Caspary  
exoc. - exocarpo  
exod. - exoderme  
F - fôlha  
f - floema  
fb - fibras  
fe - felógeno  
fel. - feloderma  
fil. - filamento  
f.lib - feixe liberiano  
f.p. - floema primário  
f.s. - floema secundário  
f.v. - feixe vascular  
g.a. - gema apical  
g.p. - grão de pólen  
l. - limbo  
l.est. - lóbos estigmáticos  
m. - mesocarpo  
m.a. - meristema apical  
m.c. - massa de cristais  
med. - medula  
mx - metaxilema  
n.l. - nervura lateral  
n.m. - nervura mediana  
ov - óvulo  
P - pétala  
p.ab. - pêlo absorvente ou capilar  
pa - célula papilosa  
pb - periblema  
pc - procâmbio  
p.cort. - parênquima cortical  
pd - periderme  
pe - pericarpo  
pf - protofloema  
p.ft. - parênquima fotossintético  
p.h. - parênquima hialino  
pl - pleroma  
p.ln - parênquima lenhoso  
p.lib. - parênquima liberiano  
p.p. - parênquima palissádico  
p.pr. - película prateada  
pr - periciclo  
pr.f. - primórdio foliar  
pr.fl. - primórdio floral  
p.s. - parênquima esponjoso  
px - protoxilema  
r.med. - raios medulares

S - sépala  
sb - súber  
se - semente  
s.p. - saco polínico  
st - estilo  
stm - estame  
 $T_1$  e  $T_2$  - túnica  
t.a. - tecido amorfo  
t.c. - tubo da corola

tp. - tapete  
tr - traqueíde  
t.v. - traço vascular  
v - vaso  
x - xilema  
x.p. - xilema primário  
x.s. - xilema secundário  
z.c. - zona cambial  
z.p. - zona pilífera.



Estampa I

Fig. 1 - Desenho esquemático do ápice da raiz, segundo um corte longitudinal (60 X).

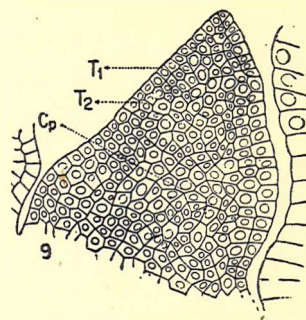
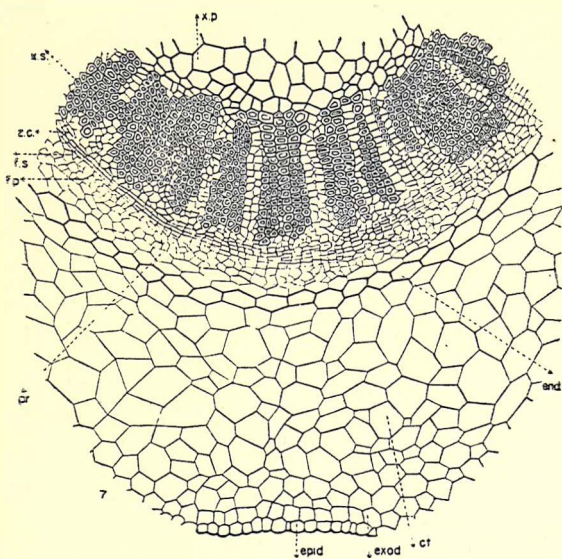
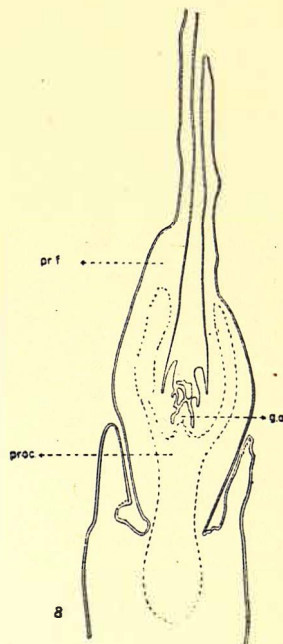
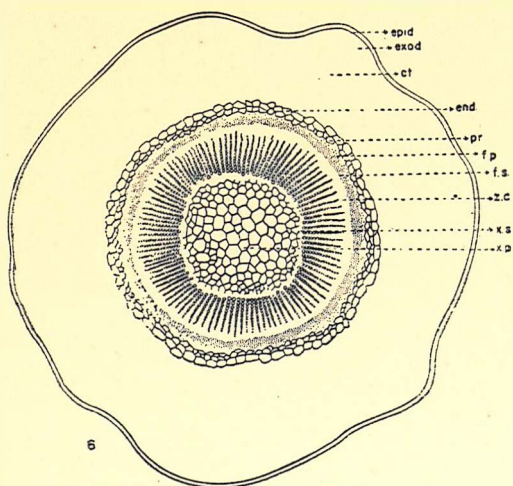
Fig. 2 - Corte transversal da raiz, aproximadamente à 3,5 mm do ápice, mostrando a diferenciação dos primeiros elementos do protoxilema e do protofloema (390 X).

Fig. 3 - Corte transversal da raiz à cerca de 1 cm do ápice, exibindo os feixes lenhosos e liberianos já completamente diferenciados (80 X).

Fig. 4 - Corte transversal da raiz à cerca de 4 cm do ápice, exibindo a sua estrutura protoestémica, no término do desenvolvimento primário (80 X).

Fig. 5 - Corte transversal da raiz, aproximadamente à 1,5 cm do ápice, mostrando a origem endógena das raízes laterais, a partir de células pericíclicas situadas no bordo externo do protoxilema (80 X).





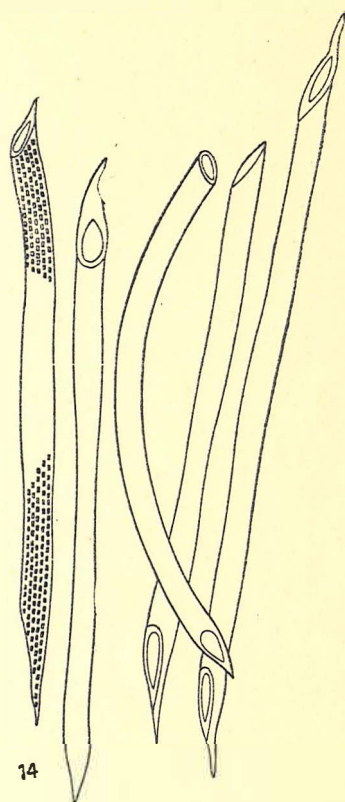
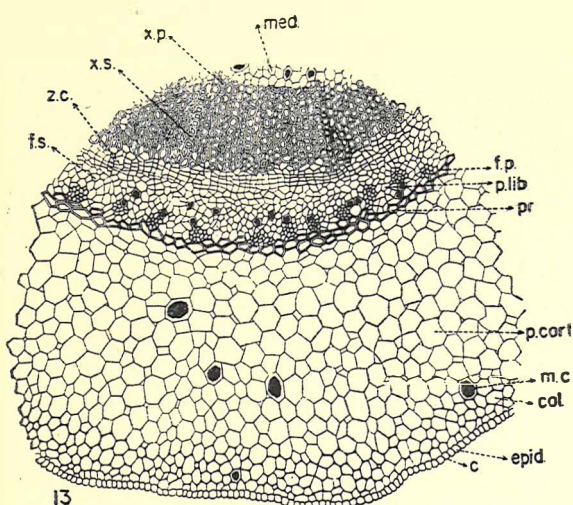
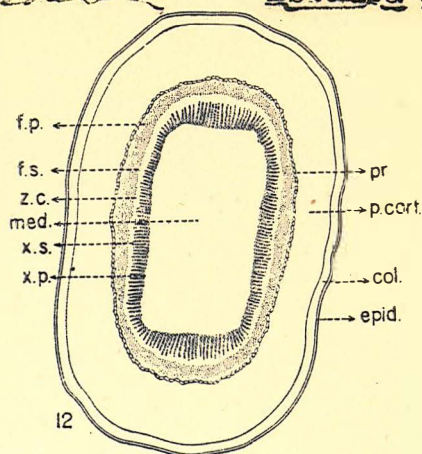
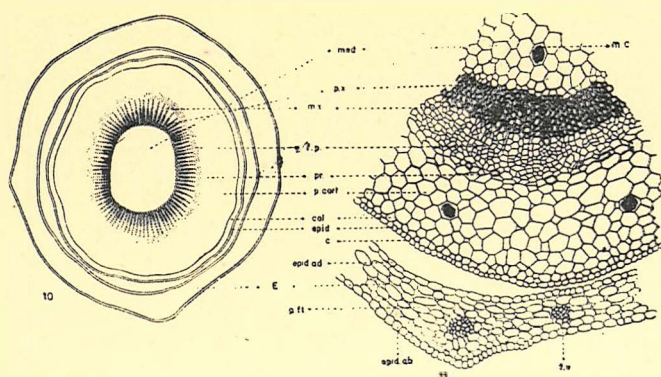
Estampa II

Fig. 6 - Desenho esquemático de um corte transversal da raiz, praticado à 5 cm do seu ápice, mostrando as diferentes zonas de tecidos, no início do seu desenvolvimento secundário, logo após ao aparecimento do câmbio vascular (27 X).

Fig. 7 - Detalhes histológicos de um setor do mesmo corte (60 X).

Fig. 8 - Desenhos esquemático de um corte longitudinal do caule, mostrando a gema apical e os primórdios foliares (17 X).

Fig. 9 - A gema apical do caule, segundo um corte longitudinal, exibindo sua estrutura zonada (160 X).



Estampa III

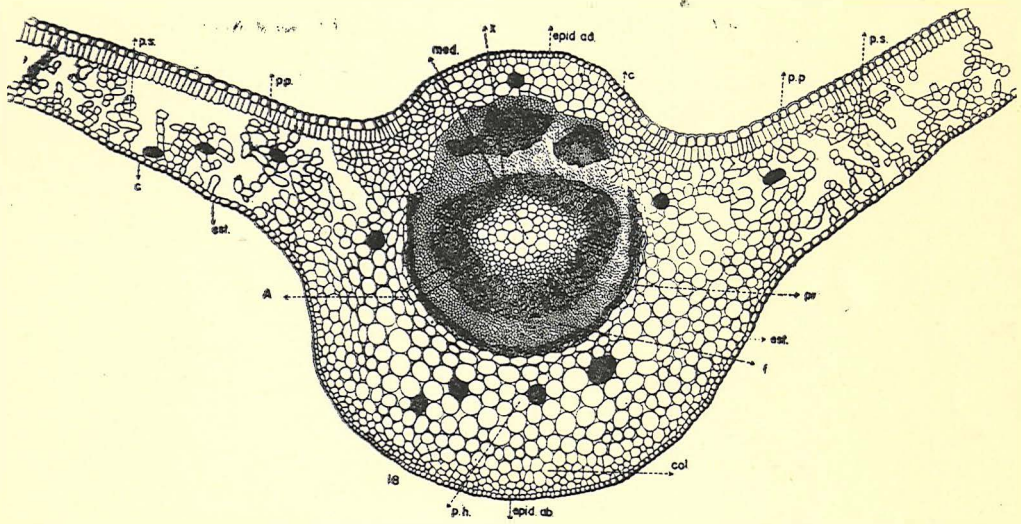
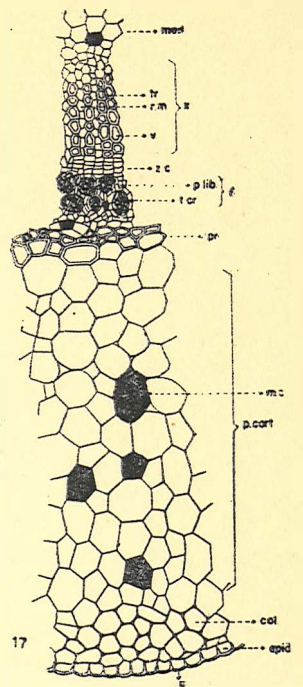
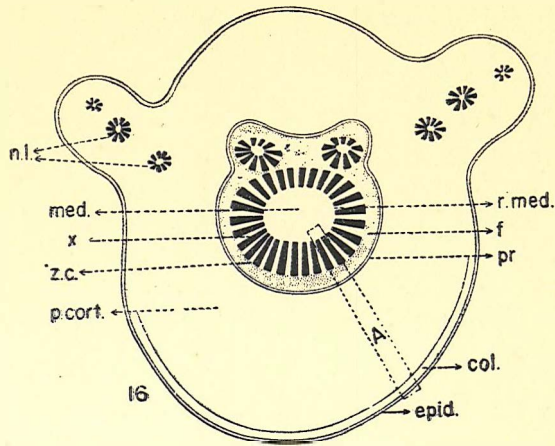
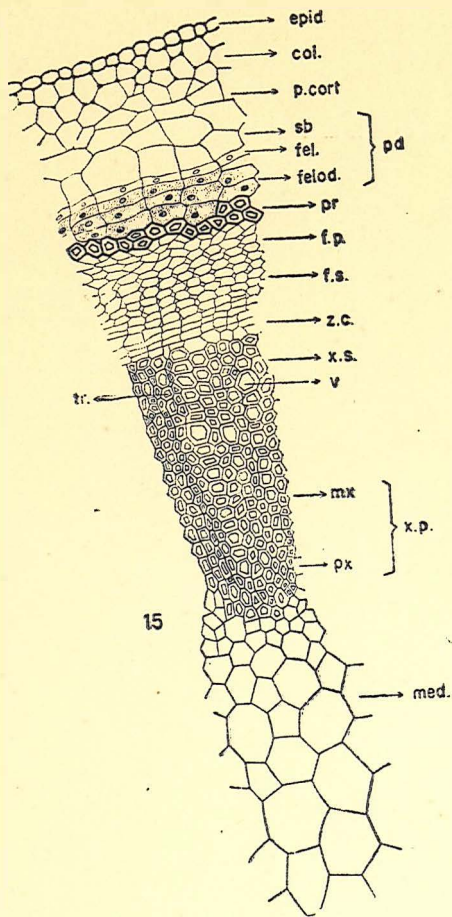
Fig. 10 - Estrutura primária do caule:- desenho esquemático de um corte transversal praticado à cêrca de 2 cm do ápice, sendo tam**é**m visíveis as estípulas (24 X).

Fig. 11 - Detalhes histológicos de um setor do mesmo corte (60 X).

Fig. 12 - Estrutura secundária do caule:- desenho esquemático de um corte transversal praticado à cêrca de 2,5 cm do ápice, mos|trando o aparecimento do câmbio vascular e os tecidos secundários que dêle se originaram (17 X).
|  |

Fig. 13 - Detalhes histológicos de um setor do corte anterior (60 X).

Fig. 14 - Vasos ligulados do xilema secundário do caule, mos|trando a placa perfurada simples e as paredes laterais com pontua**ç**ões alternadas (48 X).
|  |



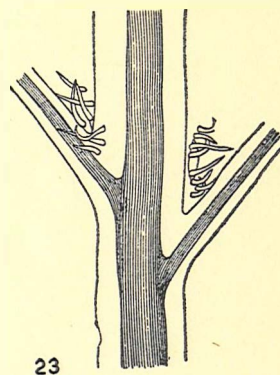
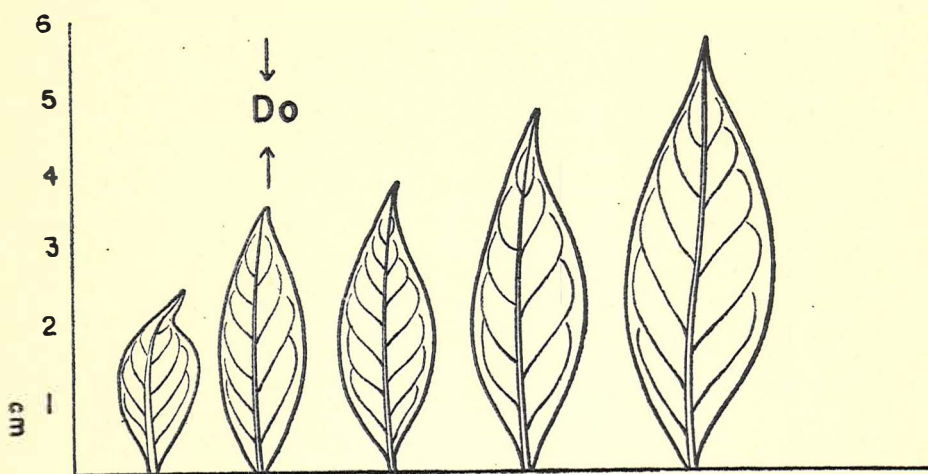
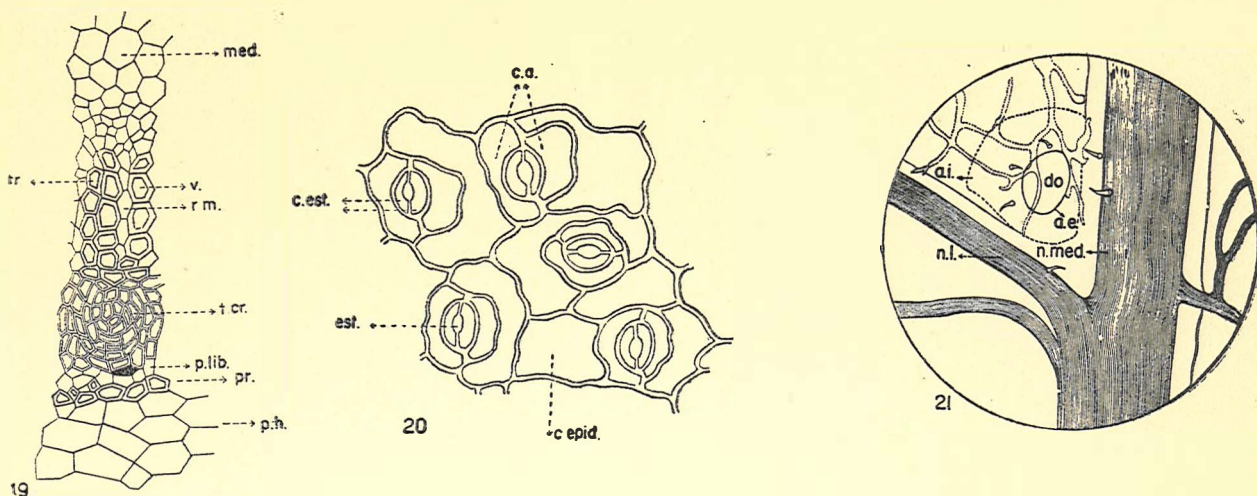
Estampa IV

Fig. 15 - Estrutura secundária do caule:- corte transversal praticado à cerca de 5 cm da gema apical, com a periderme já visível (140 X).

Fig. 16 - Desenho esquemático do pecíolo segundo um corte transversal (26 X).

Fig. 17 - Detalhes histológicos do setor A, assinalado na figura anterior (80 X).

Fig. 18 - Corte transversal da lâmina foliar (35 X).



22

Estampa V

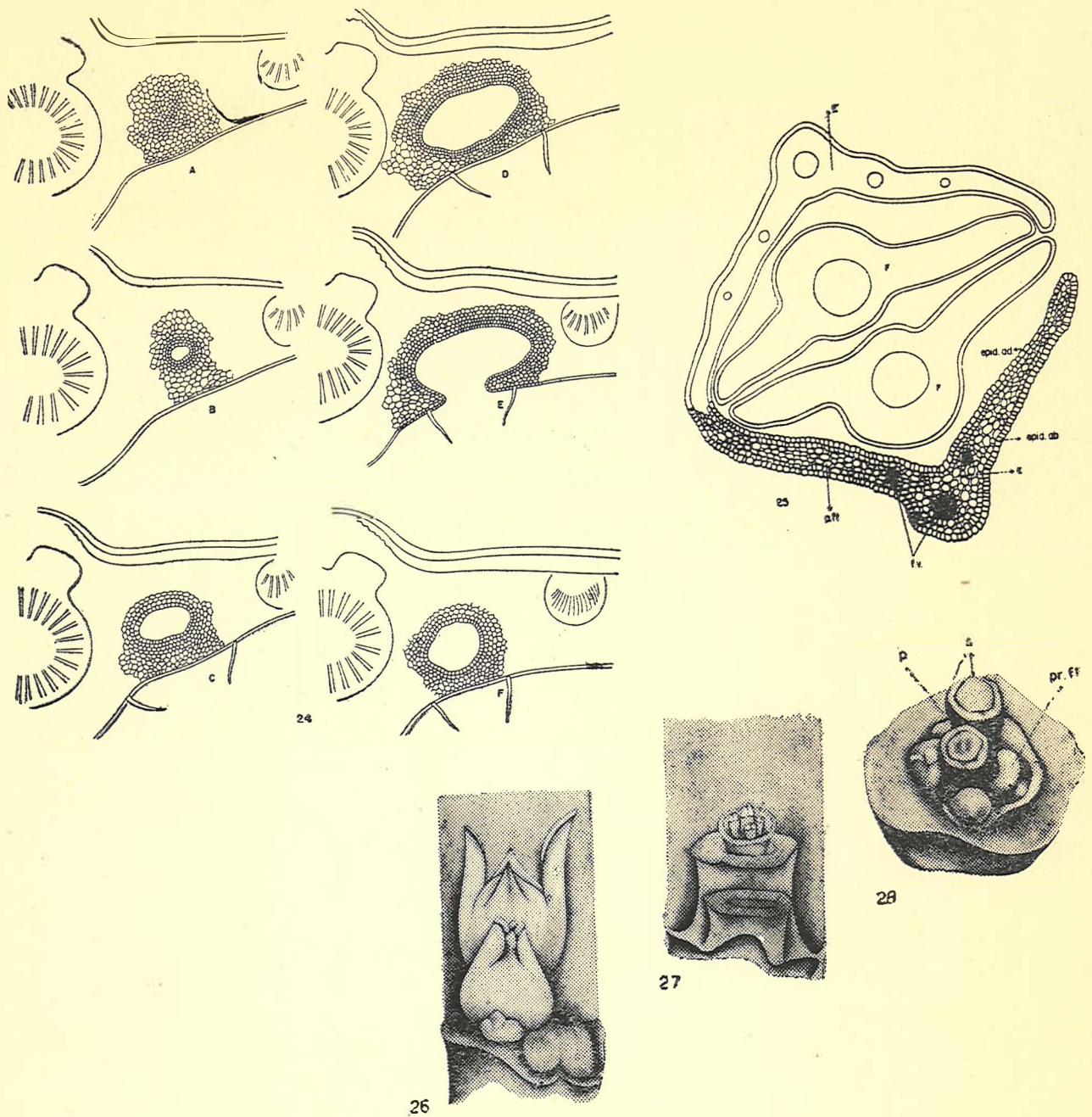
Fig. 19 - Detalhes histológicos do setor A, assinalado na figura anterior (175 X).

Fig. 20 - Vista superficial dos estomas da epiderme abaxial ou inferior da fôlha, vendo-se as células anexas (285 X).

Fig. 21 - Vista superficial da epiderme abaxial da fôlha, exibindo uma domácia na axila da nervura mediana com uma nervura lateral (35 X).

Fig. 22 - Gráfico indicando a relação entre o tamanho das fôlhas e o tempo de aparecimento das domácias.

Fig. 23 - Vista superficial da epiderme inferior de uma fôlha nova, evidenciando o tufo de pêlos que assinala o aparecimento da domácia (50 X).



Estampa VI

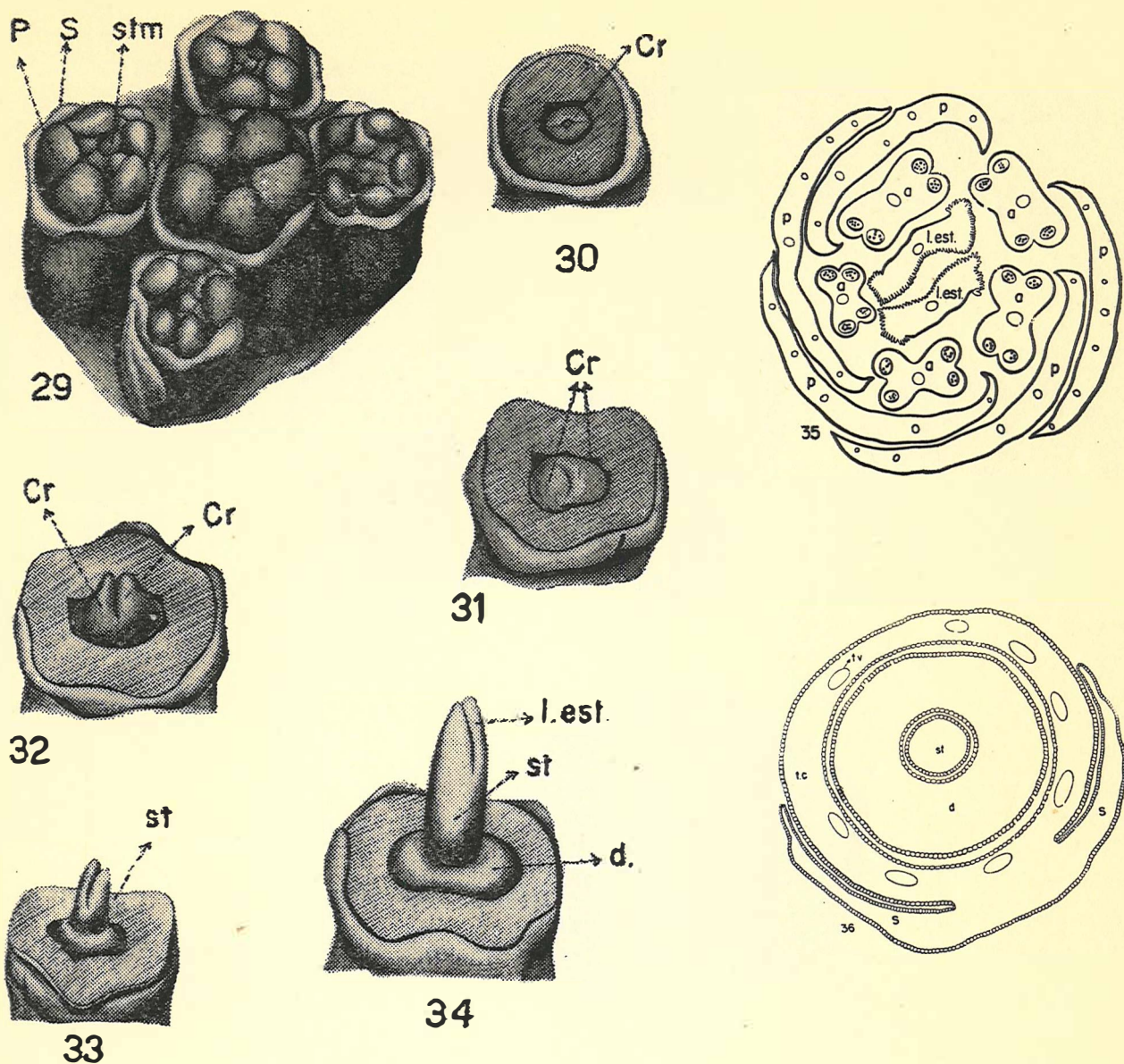
Fig. 24 - A-F: - Seis estágios sucessivos de uma domácia, segundo cortes transversais, mostrando a sua forma vesicular (60 X).

Fig. 25 - Corte transversal das estípulas (60 X).

Fig. 26 - Gemas florais na axila das fôlhas, tendo sido retiradas as fôlhas e as estípulas (6 X).

Fig. 27 - Gema floral, da qual foram retiradas as brácteas, mostrando no seu interior as flores em formação (6 X).

Fig. 28 - Primórdios florais: - as angulosidades indicam a diferenciação das sépalas (38 X). (Adaptado do trabalho de Der Meulen).



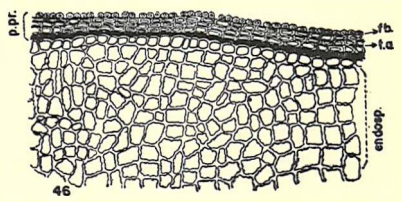
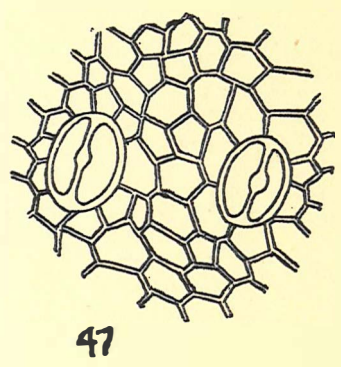
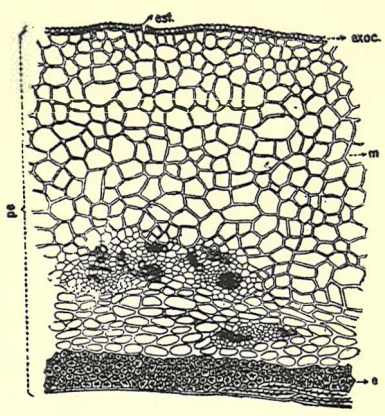
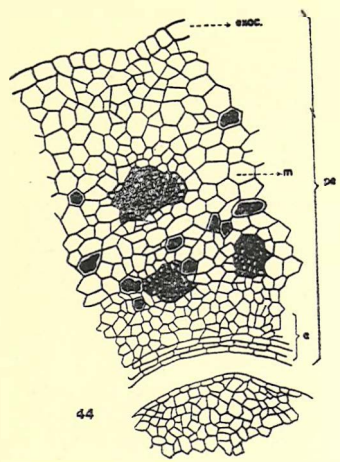
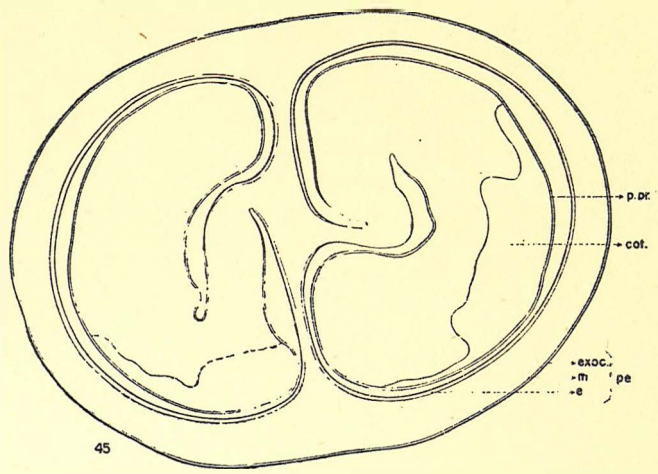
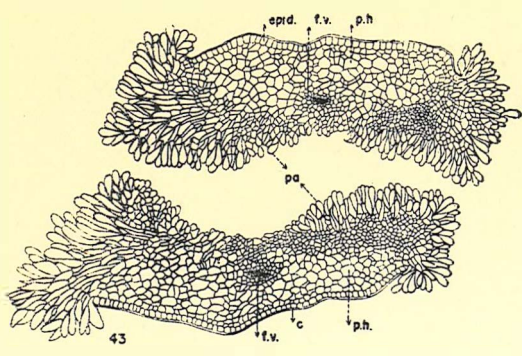
Estampa VII

Fig. 29 - Primórdios florais mostrando a diferenciação das pétalas e dos estames (65 X). (Segundo Der Meulen).

Figs. 30-34 - Cinco fases da diferenciação dos carpelos, que conduz à formação do ovário ínfero, do estilo, dos lóbulos estigmáticos e do disco (55 X). (Segundo Der Meulen).

Fig. 35 - Corte transversal no ápice de um botão floral, indicando a disposição e a composição dos diversos verticilos (22 X).

Fig. 36 - Corte transversal na base da corola, mostrando o cálice rudimentar, o tubo da corola, o disco e o estilo (30 X).



Estampa IX

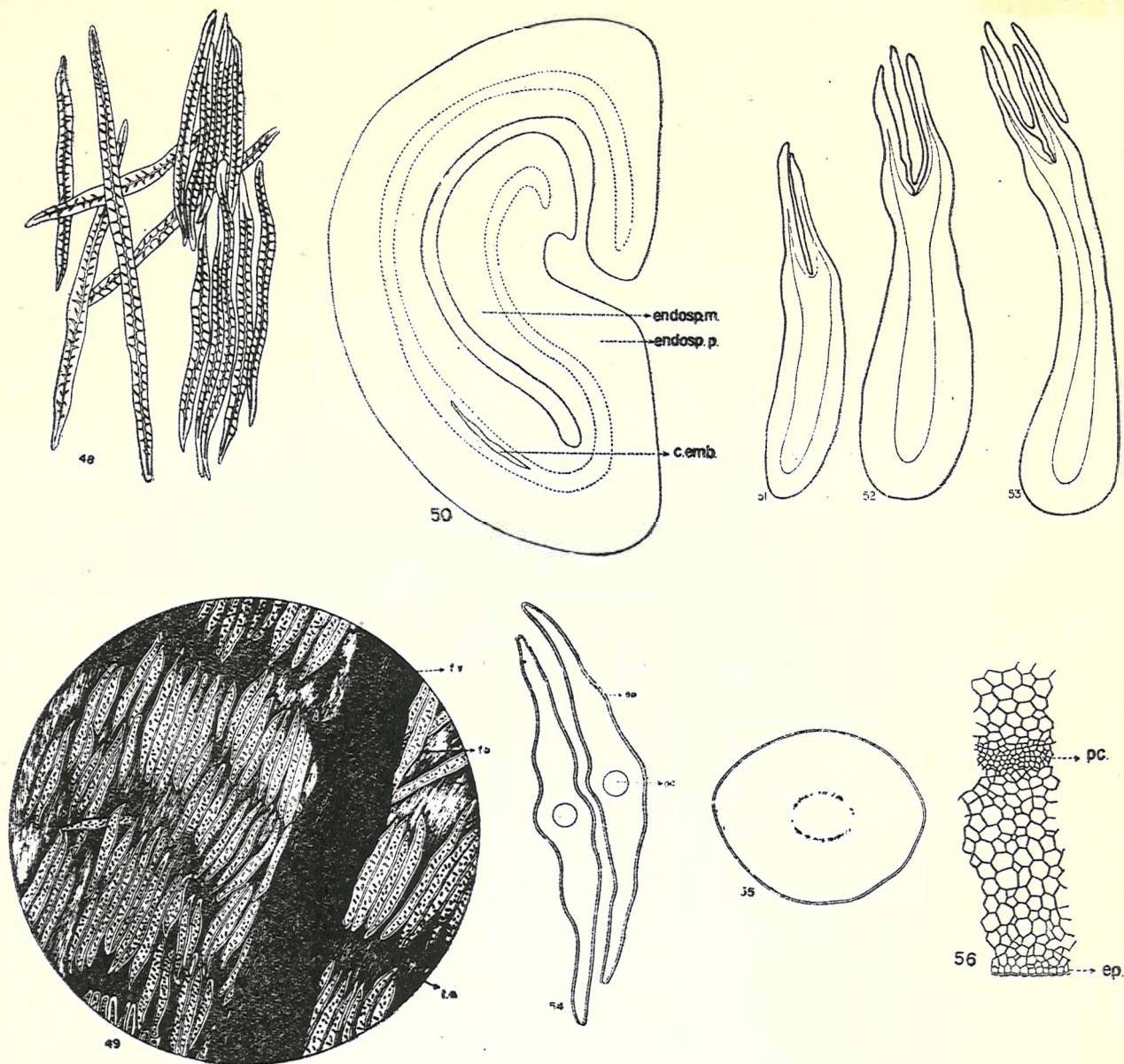
Fig. 43 - Corte transversal dos lóbulos estigmáticos, vendo-se as papilas nos bordos internos e laterais (60 X).

Fig. 44 - Corte transversal de um fruto no estado de cereja mostrando a espessura do pericarpo (80 X).

Fig. 45 - Corte transversal de um fruto sêco, mostrando o pericarpo já grandemente reduzido em espessura (16 X).

Fig. 46 - Corte transversal do fruto no estado de cereja, exibindo a constituição histológica do pericarpo, da película prateada e do endosperma da semente (48 X).

Fig. 47 - Vista superficial do exocarpo do fruto, mostrando os estomas (400 X).



Estampa X

Fig. 48 - Fibras isoladas do pergaminho da semente (endocarpo do fruto), com as suas paredes espêssas, pontuações ramiformes e luz estreita (90 X).

Fig. 49 - Vista superficial da película prateada, vendo-se as fibras fusiformes sôbre um tecido amorfo, e o seu suprimento vascular (90 X).

Fig. 50 - Corte transversal da semente, indicando a cavidade embrionária que estabelece o limite entre as camadas de endosperma duro, para o exterior, e as de endosperma mole, para o interior (40 X).

Figs. 51-53 - Cortes longitudinais de três embriões, respectivamente com 2, 3 e 4 cotilédones (55 X).

Fig. 54 - Corte transversal dos cotilédones (55 X).

Fig. 55 - Desenho esquemático do hipocótilo segundo um corte transversal (55 X).

Fig. 56 - Detalhes histológicos dêste corte (109 X).