

# BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo

Vol. 16

Campinas, dezembro de 1957

N.º 23

## ANATOMIA E DESENVOLVIMENTO ONTOGENÉTICO DE *COFFEA ARABICA* L. VAR. *TYPICA* CRAMER (\*)

D. M. DEDECCA

Engenheiro-agrônomo, Seção de Botânica, Instituto Agronômico

### RESUMO

O presente estudo anatômico de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer tem por finalidade fornecer informações básicas necessárias ao estudo da anatomia comparada das principais espécies e variedades de cafeeiros, cultivadas 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, discutindo 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 folhas 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.

### 1 — INTRODUÇÃO

Este estudo, da anatomia de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer, é 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.

(\*) Tese apresentada, em novembro de 1955, à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia. Pela ajuda prestada nas diversas fases deste trabalho, o autor apresenta os seus agradecimentos às seguintes pessoas: Dr. Geraldo C. Melo Ayres, Sr. Theophilo G. Cyrino, Dna. Mary O. Boock, Srtas. Zorah de Mello e Adelaide Botignon.  
Recebido para publicação em 13 de fevereiro de 1957.

Bailey (5) acentua êsse 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 interêsse em tôrno de fatos já de longa data postos em uso. E todo e qualquer ceticismo, com relação a esta afirmativa, por certo deixaria 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 cêrca 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. Às suas pesquisas seguiram-se outros estudos citológicos dos cafeeiros, realizados por Mendes (28, 29) e outros técnicos da Seção de Citologia.

Embora estudado intensivamente sob outros aspectos, o cafeeiro ainda não fôra alvo de estudos anatômicos pròpriamente ditos; Krug, Mendes e Carvalho (25), ocupando-se da sua morfologia exterior, descreveram em forma de monografia 26 variedades da espécie *C. arabica* L., fornecendo informações básicas para um amplo programa de melhoramento do cafeeiro.

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

Uma rápida revisão da literatura especializada demonstra que o gênero *Coffea* tem sido estudado continuamente por diversos autores, do ponto de vista anatômico. Marchand, segundo citação de De Wildeman (39), em 1864, publicou estudos organográficos sôbre algumas espécies do gênero *Coffea*, e particularmente sôbre o desenvolvimento ontogenético da flor de *C. arabica* L., podendo ser

considerado como o pioneiro neste setor de pesquisas. De Wildeman (39), em 1903, dedicou particular atenção ao estudo das domácias da fôlha do cafeeiro, e em 1941 publicou uma extensa revisão do gênero *Coffea* L., analisando-o sob diferentes aspectos, morfológico, anatômico etc.. Solereder (35), em 1908, e mais recentemente Metcalf e Chalk (31), resumindo as informações sôbre a anatomia das Rubiáceas citam diversos característicos do gênero *Coffea*. Mariani (27), também em 1908, contribuiu com valioso estudo sôbre a anatomia das fôlhas, pesquisando a estrutura dêstes órgãos em 51 espécies e 5 variedades de cafeeiros. Von Faber (12), em 1912, realizou pesquisas morfológicas e fisiológicas na flor do cafeeiro, acentuando o modo de formação e a estrutura do endosperma. Bitancourt (6), no Brasil, em 1923, publicou algumas informações sôbre a anatomia dos órgãos vegetativos do cafeeiro. Freire (17), também no Brasil, no período de 1934-37 publicou resumidos artigos sôbre a constituição histológica de algumas espécies e variedades de cafeeiros. Houk (20, 21), em 1936 e 1938, Graner (18, 19), em 1936 e 1939, Fagerlind (13), em 1939, Mendes (28), 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 (9), em 1939, realizou interessantes pesquisas sôbre a estrutura e o desenvolvimento periódico dos botões florais de diversas espécies do gênero *Coffea*. Varosieau (38), em 1940, estudou o desenvolvimento ontogenético do caule e das fôlhas de algumas espécies de cafeeiro. Finalmente, Chevalier (7) publicou um volumoso relatório sôbre 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 Agrônômico 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 com terra 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 Agrônômico.

Na coleta do material vegetativo os diversos órgãos da planta foram seccionados em fragmentos de um centímetro, e êstes 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 (33), 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 substâncias ergásticas, das células, a saber, amido, oxalato de cálcio etc., 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 floroglucina em HCl a 18%.

No estudo das domácias e do suprimento vascular dos diversos verticilos florais, as folhas 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 C — I, na estampa 2, são adaptadas do trabalho de Der Meulen (9).

### 3 — ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS

#### 3.1 — RAÍZ

De acôrdo com Franco e Inforzato (16), o cafeeiro não apresenta um sistema radicular primário típico, visto que nos seus estudos êsses 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 a raiz primária do cafeeiro não vai além de 0,5 m de profundidade. Essa raiz primária, nas condições normais de cultura, ramifica-se abundantemente, dando formação a um volumoso conjunto de raízes laterais, que se aprofundam no solo e que, dependendo das características dêste, podem atingir 2,5 e mesmo 3 m de profundidade.

3.1.1 — ÁPICE DA RAIZ

Cortes longitudinais da raiz põem em evidência as suas diferentes zonas (fig. 1 e est. 1-A); 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 asperezas e o dessecação 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, na radícula, 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 dêste meristema transversal formam-se novas porções laterais da coifa e as células iniciais da 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 anticlinais, 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 isodia-

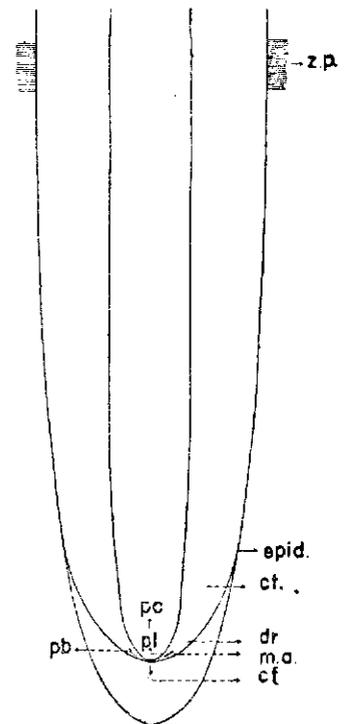


FIGURA 1. — Desenho esquemático do ápice da raiz, segundo um corte longitudinal (60 X): cf = coifa; m.a. = meristema apical; dr = camada dermatogênica; pb = periblema; pl = pleroma; pc = procâmbio; ct = córtex; epid. = epiderme; z.p. = zona pilifera.

métrica, 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 o endoderma.

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 (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 sòmente são revelados em cortes praticados a partir de um centímetro do ápice da raiz (fig. 3).

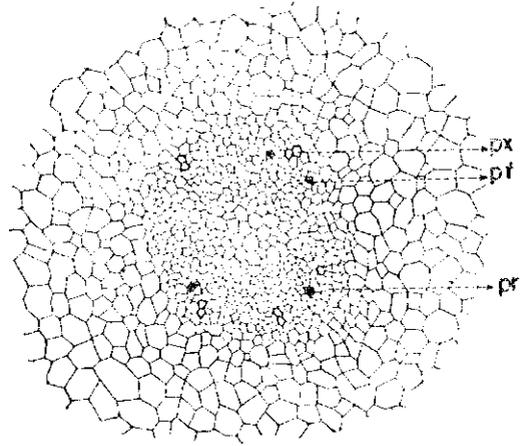


FIGURA 2. — Corte transversal da raiz, aproximadamente a 3,5 mm do ápice, mostrando o periciclo (pr) e a diferenciação dos primeiros elementos do protoxilema (px) e do protofloema (pf) (390 X).

Por entre os elementos do protoxilema aparecem as iniciais do protofloema (pf), reconhecidas principalmente pelo aspecto plasmolizado do seu citoplasma, como resultado da ação dos reagentes químicos e dos corantes. Envolvendo o protoxilema e o protofloema e logo abaixo do endoderma, aparece o periciclo (pr), representado por uma ou duas camadas de células (fig. 2).

O xilema e o floema primários diferenciam-se centrípetamente, isto é, a maturação dos seus elementos tem início na borda mais externa dos respectivos feixes e progride num sentido centrípeto. Da contínua diferenciação do xilema primário, nesse sentido, resulta a formação de um massiço central sólido de xilema, que confere à raiz uma estrutura radial tipicamente proto-estélica (fig. 4).

### 3.1.2 — ESTRUTURA PRIMÁRIA

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

**Epiderme (epid.)**  
— constituída de uma só camada de células compactamente unidas entre si, e que sòmente se dividem segundo planos anti-clinais, 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 do ápice da raiz, aproximadamente a 4 cm dêste ápice, tem início a zona pilífera ou dos pêlos absorventes fig. 1).

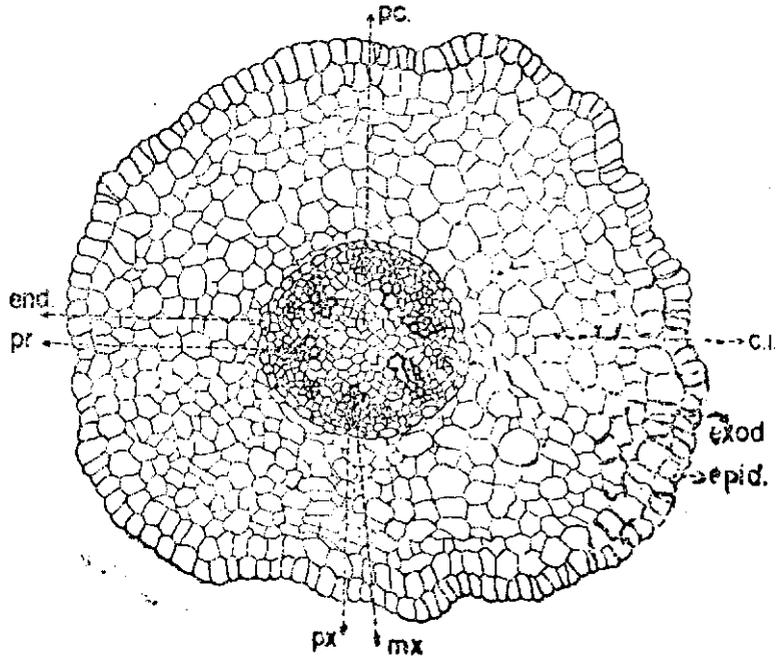


FIGURA 3. — Corte transversal da raiz, cerca de 1 cm do ápice, exibindo os feixes lenhosos e liberianos já completamente diferenciados (80 X). c.i. = córtex imaturo; end. = endoderma; exod. = exoderma; epid. = epiderme; mx = metaxilema; pc = procâmbio; pr = periciclo; px = protoxilema.

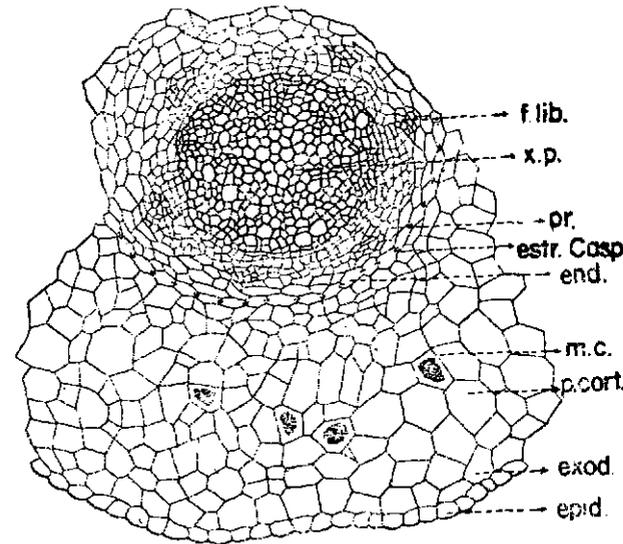


FIGURA 4. — Corte transversal da raiz, cerca de 4 cm do ápice, exibindo a sua estrutura proto-estélica, no término do desenvolvimento primário (80 X). end. = endoderma; epid. = epiderme; estr. Casp. = Estrias de Caspary; exod. = exoderma; f. lib. = feixe liberiano; m.c. = massas de cristais; p. cort. = parênquima cortical; pr = periciclo.

Nesta região as células epidérmicas dão origem aos pêlos capilares ou absorventes (p.a.), que são numerosos, na sua maioria unicelulares, 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 sukerizadas, constituindo um exoderma (exod.), não muito característico. 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, estarem presentes em células localizadas na mesma fileira vertical.

Endoderma (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 o endoderma 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 o endoderma 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 (fig. 5), e durante os primeiros estágios

do crescimento secundário da raiz. O endoderma em ambos os casos mantém-se contínuo, 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.

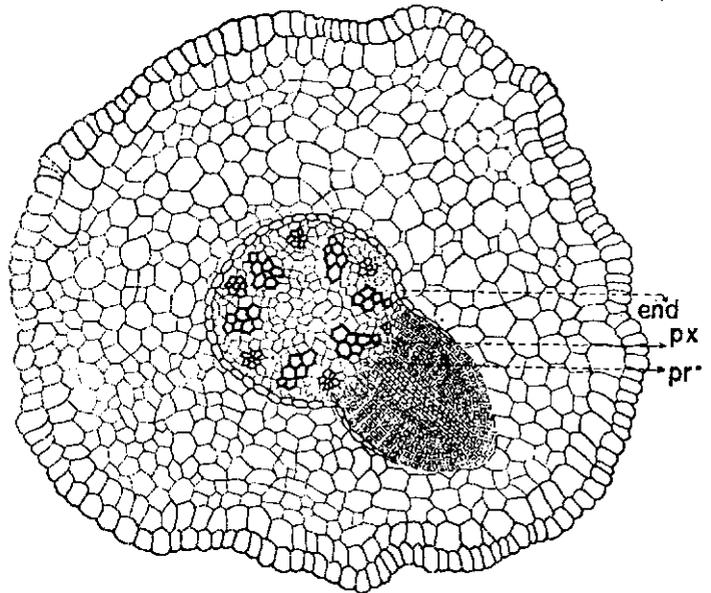


FIGURA 5. — Corte transversal da raiz, aproximadamente a 1,5 cm do ápice, mostrando a origem endógena das raízes laterais, a partir de células pericíclicas situadas na borda externa do protoxilema (80 X). end. = endoderma; pr = periciclo; px = protoxilema.

Internamente ao periciclo aparecem os feixes lenhosos e liberianos, que originalmente exibiam uma posição radial e alternada (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 proto-estélica (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 freqüentes as raízes com 7, 8, 9 e 11 feixes de xilema e floema primários, é preferível designar tal raiz como poliárquica

O protoxilema está constituído principalmente de fibras lenhosas não septadas, traqueídes e vasos; as paredes dos traqueídes exibem predominantemente espessamentos secundários do tipo espiralado; os vasos são pequenos no comprimento e no diâmetro transversal, de placa perfurada simples e paredes laterais com espessamento pontuado a alternado. No metaxilema êsses mesmos constituintes estão presentes, acrescentando-se a êles 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.

### 3.1.3 — RAIZES LATERAIS

As raízes laterais, de origem endógena, têm formação a partir de células pericíclicas situadas na borda 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 (fig. 5) desenvolve-se rapidamente é, à medida que progride e caminha centrífugamente através das camadas do parênquima cortical, é acompanhada pelo endoderma que multiplicou as suas células segundo planos anticlinais e dêste 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 demarçogênica, periblema e pleroma.

### 3.1.4 — 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 e dos seus tecidos derivados, xilema secundário para o

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.

### 3.2.2 — ESTRUTURA PRIMÁRIA

Seções transversais do caule exibem um contôrnio arredondado ou, mais comumente, retangular e apenas algo arredondado nos lados menores do retângulo. O estudo de seções praticadas a 800-900 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 2,5 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 dada a seguir (fig. 10, A e B).

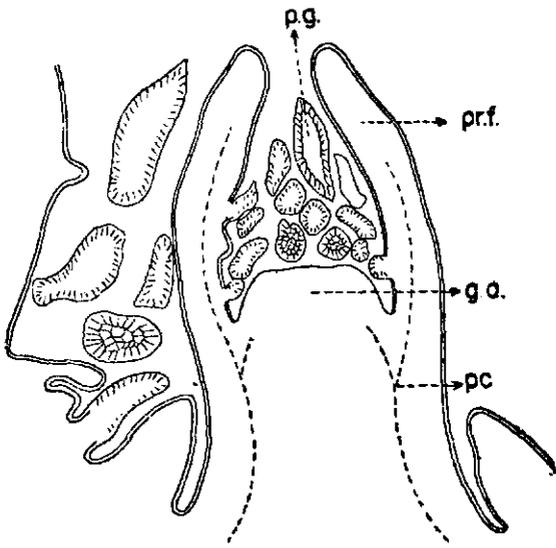


FIGURA 8. — Desenho esquemático de um corte longitudinal do caule, mostrando a gema apical e os primórdios foliares (40 X). g.a. = gema apical; pc = procâmbio; p.g. = pêlos glandulares; pr.f. = primórdio foliar.

**Córtex** — representado por 7-9 camadas de células parenquimatosas (que entre si deixam espaços visíveis), 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 de um colênquima 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 um endoderma típico.

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

Cilindro vascular — diretamente em contato com a camada mais interna do 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. Envolverdo pelo periciclo encontra-se um grande número de feixes vasculares, do tipo colateral, que a princípio eram distintos entre si mas que em virtude

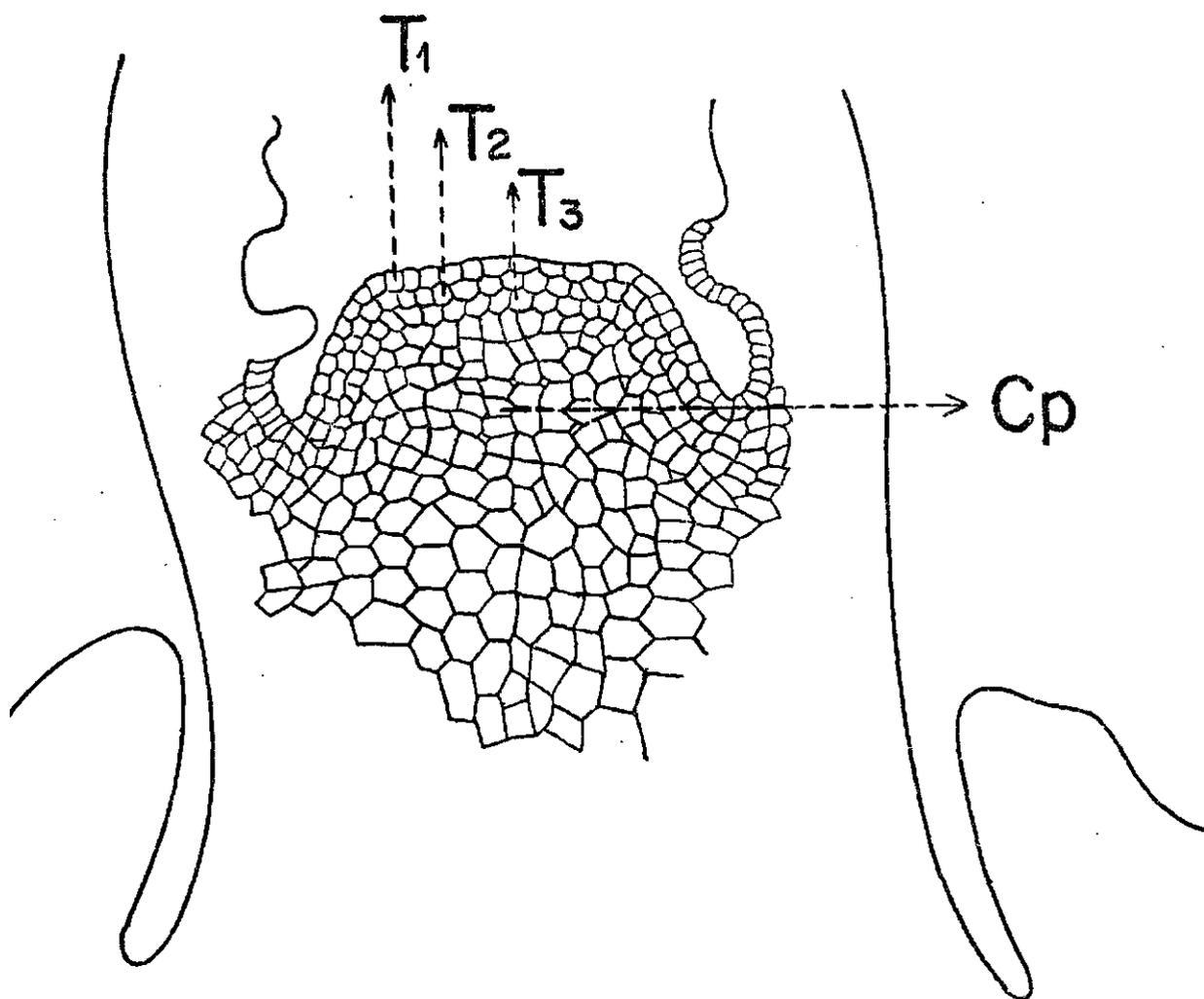


FIGURA 9. — Gema apical do caule, segundo um corte longitudinal, exibindo sua estrutura zonada (120 X). T = túnica; Cp = corpo.

do seu desenvolvimento se uniram 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 sejam, 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 sifono-estélica, endárquica, ectofloica.

A diferenciação e a maturação radial e progressiva do xilema primário se processam segundo um sentido centrífugo (xilema endárquico); o protofloema, ao contrário, se diferencia 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.

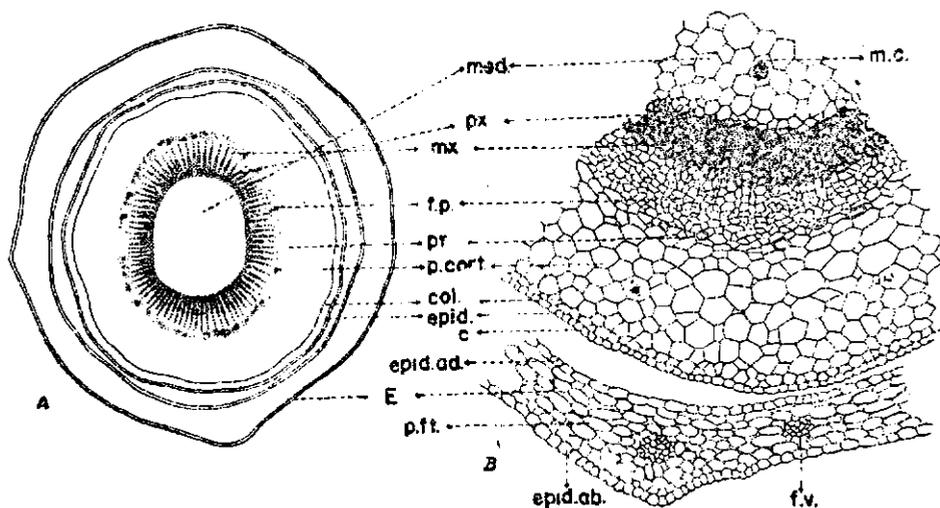


FIGURA 10. — A — Estrutura primária do caule: — desenho esquemático de um corte praticado cerca de 2 cm do ápice, sendo também visíveis as estípulas (24 X). c = cutícula; col. = colênquima; epid. = epiderme do caule; epid. ab. = epiderme abaxial da estípula; m.c. = massas de cristais; med. = medula; mx. = metaxilema; epid. ad. = epiderme adaxial da estípula; E = estípula; f.p. = floema primário; f.v. = feixe vascular; p.cort. = parênquima cortical; p.ft. = parênquima fotossintético; pr = periciclo; px = protoxilema; B — Detalhes histológicos de um setor do mesmo corte (60 X).

O protoxilema, ou seja, a primeira porção de xilema primário a se diferenciar, 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.

### 3.2.3 — ESTRUTURA SECUNDÁRIA

O crescimento secundário do caule tem início numa região localizada aproximadamente a 2,5 cm 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, células situadas entre essas porções do câmbio vascular passam a exibir uma atividade meristemática e como resultado disto formam-se porções de câmbio interfascicular; 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 dar origem ao 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 (figs. 11 e 12). Em cortes tangenciais 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 losangos estreitos e alongados, em número de 8-10 células superpostas em fileira vertical. Segundo Chevalier (7), 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 com espessamento angular típico.

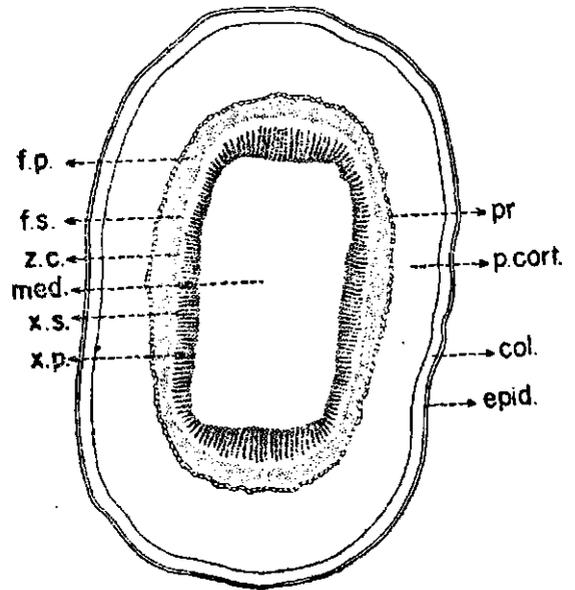


FIGURA 11. — Estrutura secundária do caule: — desenho esquemático de corte transversal praticado cerca de 2,5 cm do ápice, mostrando o aparecimento do câmbio vascular e os tecidos secundários que dele se originam (17 X). col. = colênquima; epid. = epiderme; f.p. = floema primário; f.s. = floema secundário; med. = medula; p.cort. = parênquima cortical; pr = periciclo; x.p. = xilema primário; x.s. = xilema secundário; z.c. = zona cambial.

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. O endoderma não é distinto 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

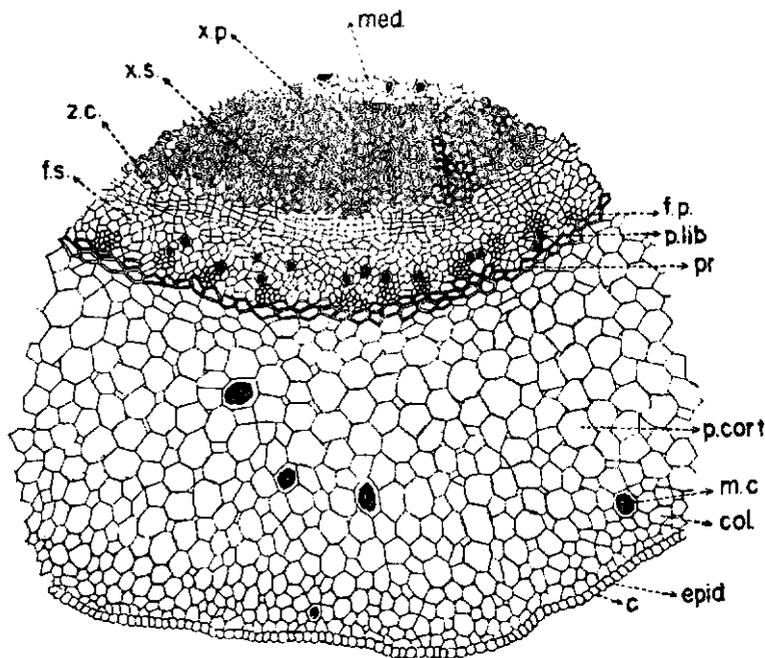


FIGURA 12 — Detalhes histológicos de um setor do corte da figura anterior (60 X).

aspecto estratificado; para o interior aparece o xilema secundário, cujos vasos ligulados, de placa perforada simples e paredes laterais com potuações alternadas, são pequenos, medindo 700-900 micros de comprimento e 35-40 micros no seu diâmetro tangencial (fig. 13). 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 4,5 cm da gema apical já evidenciam a existência de um periderma (pd), de espessura aproximada de 70 micros e que no seu contínuo desenvolvimento vai empurrando para o exterior os tecidos corticais e a epiderme (fig. 14). Êstes, incapazes de resistirem à 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 dêste câmbio suberoso, graças às repetidas

divisões tangenciais das suas células resultam, para o exterior, camadas de súber, e para o interior, camadas parenquimatosas de feloderma. Observando-se um corte do caule neste estágio de desenvolvimento, nota-se que na sua estrutura estão presentes as regiões de tecidos (fig. 14) dadas a seguir.

Epiderme unisseriada, de células comprimidas e em vias de dilaceramento; colênquima e parênquima corticais completamente esmagados e distorcidos; periderma

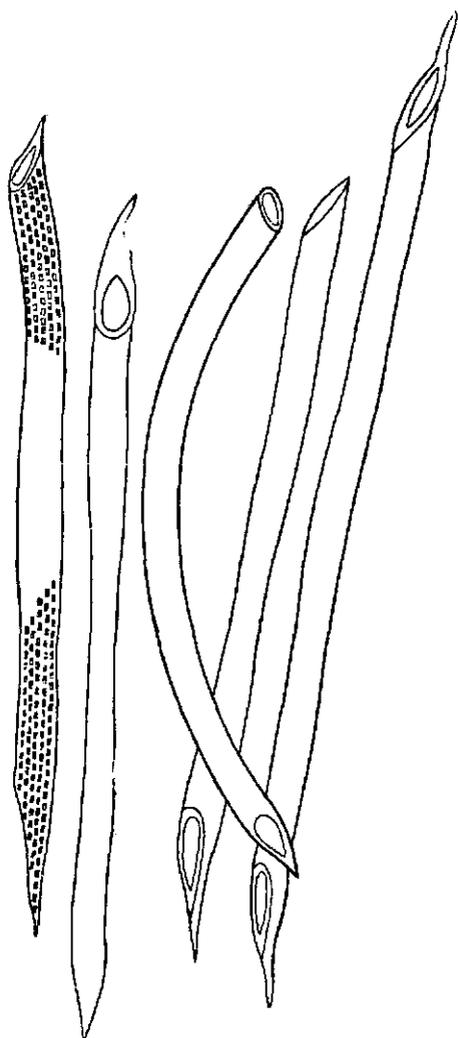


FIGURA 13. — Vasos ligulados do xilema secundário do caule, mostrando a placa perfurada simples e as paredes laterais com pontuações alternadas (48 X).

apresentando um aspecto estratificado e onde se notam os seguintes tecidos distintos pelas suas propriedades: uma ou duas camadas de súber (sb), constituídas de células grandes, compactamente unidas entre si, vazias 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; feloderma (fel), representado por 2 a 3 camadas de células menos espessas que as do súber, estratificadas, dotadas de protoplasto e de paredes celulósicas com pontuações. Em seguida ao periderma surge o periciclo, representado por duas camadas de fibras que exibem uma seção transversal poligonal, paredes secundárias bastante espessas e luz ou lúmen das células muito reduzido. 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 pela medula, formada de grandes células parenquimatosas. Por entre os feixes lenhosos e liberianos do xilema e floema secundário dispõem-se raios medulares uni- e bisseriados.

## 3.3 — FÔLHAS

A variedade *typica* de *C. arabica* apresenta folhas opostas, decussadas, dorsiventrals, curto-pecioladas, 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 de ambos os lados, recurvadas, salientes na página inferior; bordas inteiras, levemente onduladas; estípulas interpeciolares, deltóides, agudas.

## 3.3.1 — PECÍOLO

Em cortes transversais praticados quase ao nível da inserção da folha sobre os ramos, o pecíolo exibe um contorno em forma de escudo, sendo provido na parte superior de duas azas ou aurículas que representam os primeiros estágios da expansão do limbo foliar (fig. 15). O seu sistema vascular está representado por um grande feixe central, em forma de arco fechado e que irá constituir a nervura mediana da folha. Este grande feixe vascular central é acompanhado 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 pecíolo, assim constituído, é enquadrado no tipo tricíclico. Completam o seu suprimento vascular, feixes menores que nas seções transversais aparecem por entre o tecido parenquimatoso

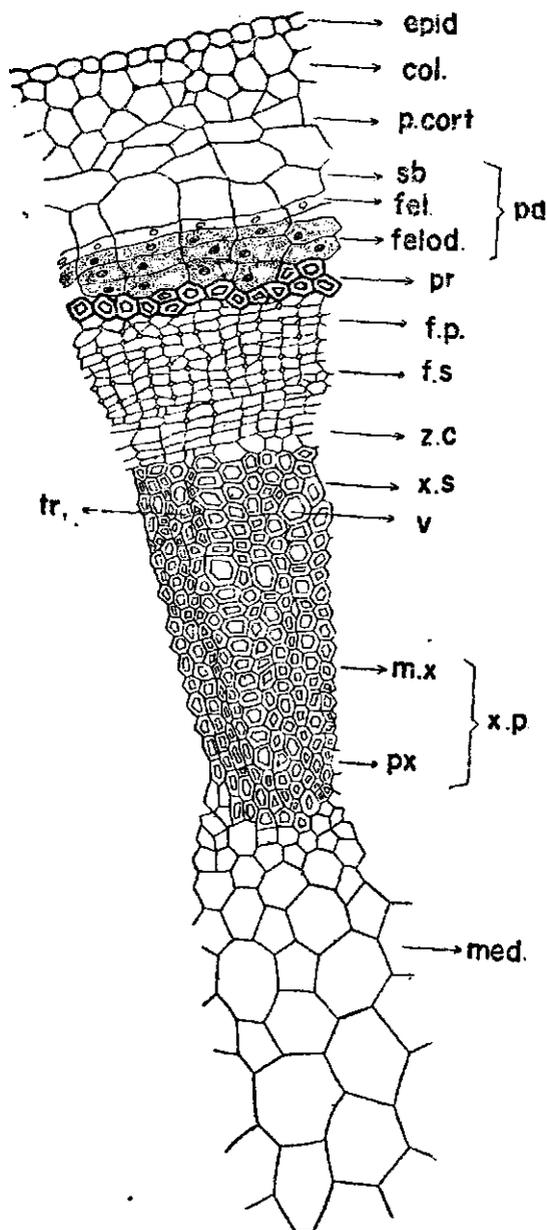


FIGURA 14. — Estrutura secundária do caule: — corte transversal praticado cerca de 4,5 cm da gema apical, com o periderma já visível (140 X). col. = colênquima; epid. = epiderme; fel. = felógeno; felod. = feloderme; f.p. = floema primário; f.s. = floema secundário; med. = medula; mx = metaxilema; p.cort. = parênquima cortical; pd = periderma; pr = periciclo; px = protoxilema; sb = súber; tr = traqueíde; x.p. = xilema primário; x.s. = xilema secundário; z.c. = zona cambial.

cortical em direção às azas, e cujo tamanho diminui no sentido da periferia do corte. Esses feixes secundários (n.l.), 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.

Histológicamente o pecíolo apresenta a seguinte constituição (figs. 15 e 16): 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 amido e de oxalato de cálcio, as últimas sob a forma de volumosas massas de cristais granulares; Mariani (27) e Chevalier (7) assinalaram, igualmente, para estas células a ocorrência de material tanóide. A camada mais interna do córtex não exhibe as características típicas de um endoderma, tal como já se verificara

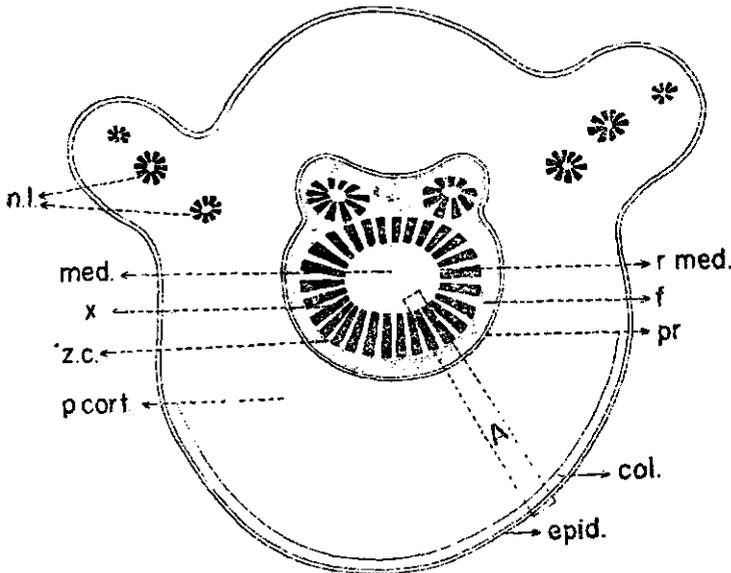


FIGURA 15. — Desenho esquemático do pecíolo segundo um corte transversal praticado na base do limbo foliar (26 X). col. = colênquima; epid. = epiderme; f = floema; med. = medula; n.l. = feixes secundários (nervuras laterais); p.cort. = parênquima cortical; pr = periciclo; r.med. = raio medular; x = xilema; z.c. = zona cambial.

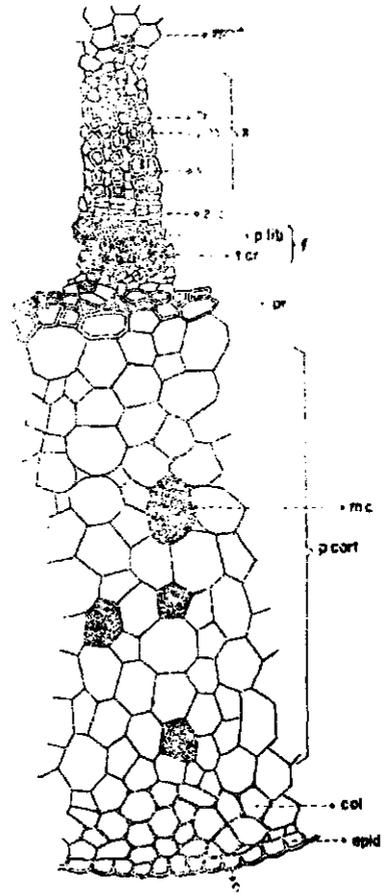


FIGURA 16. — Detalhes histológicos do setor A, assinalado na figura anterior (80 X). c = cutícula; col. = colênquima; epid. = epiderme; f = floema; med. = medula; m.c. = massa de cristais; p.cort. = parênquima cortical; p.lib. = parênquima liberiano; pr = periciclo; r.m. = raio medular; t.cr. = tubo crivoso; tr = traqueíde; x = xilema; z.c. = zona cambial.

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 endoderma. O periciclo constitui um anel quase contínuo ao redor do grande feixe vascular central e dos dois feixes menores e mantém-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 freqüentes. O floema, representado por conjunto 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 freqüentes as inclusões de oxalato de cálcio. 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, como a seguir.

Epiderme superior ou adaxial, unisseriada, constituída exclusivamente de células epidérmicas de base poligonal (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 células 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 (35) e minuciosamente estudada por Accorsi (1, 2, 3). 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 (figs. 19 e 20). Franco (14), estudando a relação entre o número de estomas e o de cromossomos das diferentes espécies de cafeeiros, verificou que o primeiro diminui à medida que o último cresce, isto é, nas formas triplóides e tetraplóides é menor o número de estomas por unidade de área, do que nas formas diplóides. Para a variedade *typica*, que é um cafeeiro tetraplóide, numa contagem realizada em 24 espécimes, encontrou o autor citado o valor aproximado de 160 estomas por milímetro quadrado. De Wildeman (39) realizou pesquisas semelhantes e os seus resultados confirmam parcialmente o que foi atrás exposto.

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

Mesofilo foliar — na região do limbo o mesofilo foliar apresenta-se constituído por uma só camada de parênquima paliçádico (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 e grãos de amido, representando aproximadamente 1/5 a 1/6 da espessura de todo o mesofilo foliar (fig. 17). Em sucessão ao parênquima paliçádico aparece o parênquima esponjoso ou lacunoso (p.s.), que constituindo a maior parte do mesofilo foliar mostra ser formado por 10-12 camadas de células que se dispõem de maneira irregular,

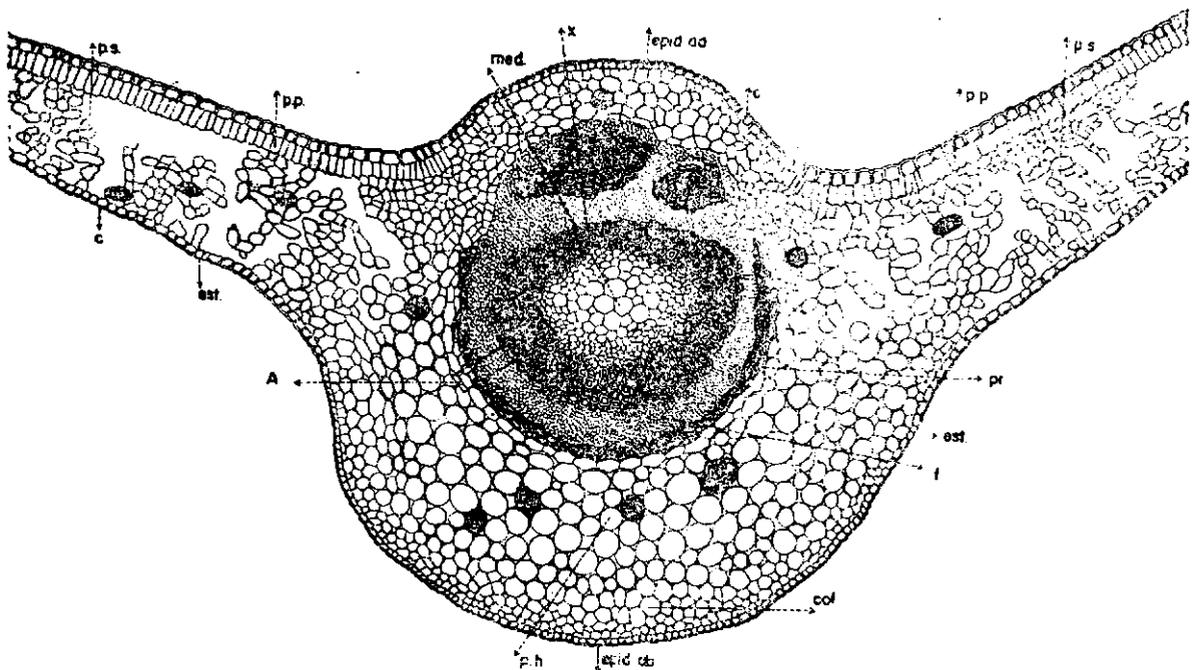


FIGURA 17. — Corte transversal da lâmina foliar (35 X). c = cutícula; col. = colênquima; epid.ab. = epiderme abaxial; epid.ad. = epiderme adaxial; est. = estoma; f = floema; med. = medula; p.h. = parênquima hialino; p.p. = parênquima paliçádico; pr = periciclo; p.s. = parênquima esponjoso; x = xilema.

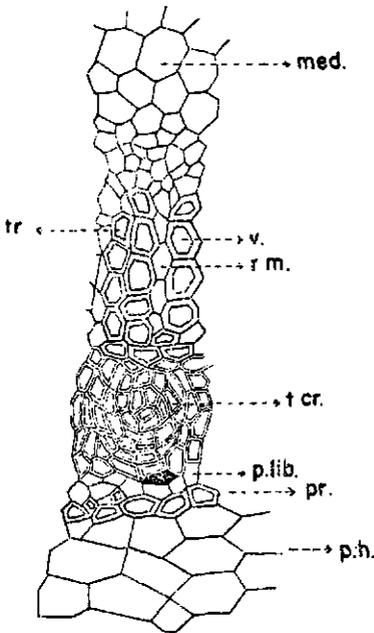


FIGURA 18. — Detalhes histológicos do setor A, assinalado na figura anterior (175 X). **med.** = medula; **p.h.** = parênquima hialino; **p.lib.** = parênquima liberiano; **pr** = periciclo; **r.m.** = raio medular; **t.cr.** = tubo crivoso; **tr** = traqueíde; **v** = vaso.

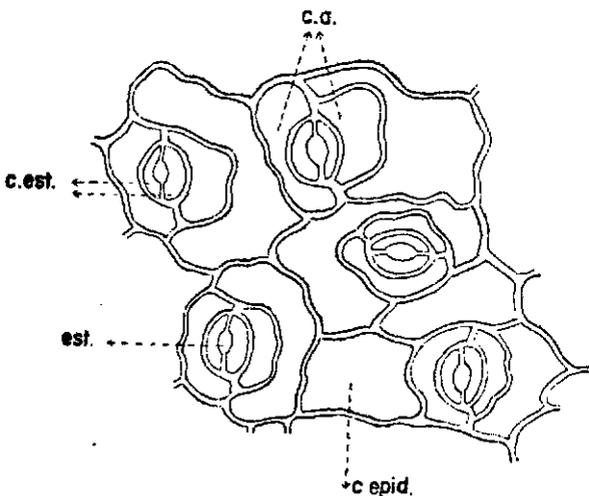


FIGURA 19. — Vista superficial dos estomas da epiderme abaxial ou inferior da folha, exibindo a sua estrutura tipicamente rubiácea (285 X). **c.a.** = células anexas; **c.est.** = células estomáticas; **c.epid.** = células epidérmicas; **est.** = estoma.

menos ricas em cloroplastos e que deixam enormes espaços vazios entre si. Mergulhados no parênquima esponjoso e logo abaixo do parênquima paliádico dispõem-se os feixes vasculares correspondentes às nervuras secundárias e que nas seções transversais se apresentam gradativamente menores, à medida que se aproximam das bordas das folhas.

Grãos de amido e inclusões de oxalato de cálcio acham-se comumente presentes nas células do mesofilo foliar, o último sob a forma de massas compactas de pequenos cristais granulares e, segundo os estudos de Mariani (27), também o tanino ocorre nas células, quer do parênquima paliádico, 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 folhas do cafeeiro estão ligados à cafeína, embora êsse complexo químico não tenha sido ainda isolado das folhas.

Nas formas variegadas de cafeeiro da mesma variedade, segundo Dedecca (8) 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 mesofilo 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 freqüência as inclusões de oxalato de cálcio e de material tanóide 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 vêzes, dando ensejo a que se forme um sistema de nervuras reticulado. Nos cortes praticados na base do limbo foliar, êsses 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 (fig. 18). 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 grãos de amido, inclusões de oxalato de cálcio e material tanóide.

O endoderma não é distinto; 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.

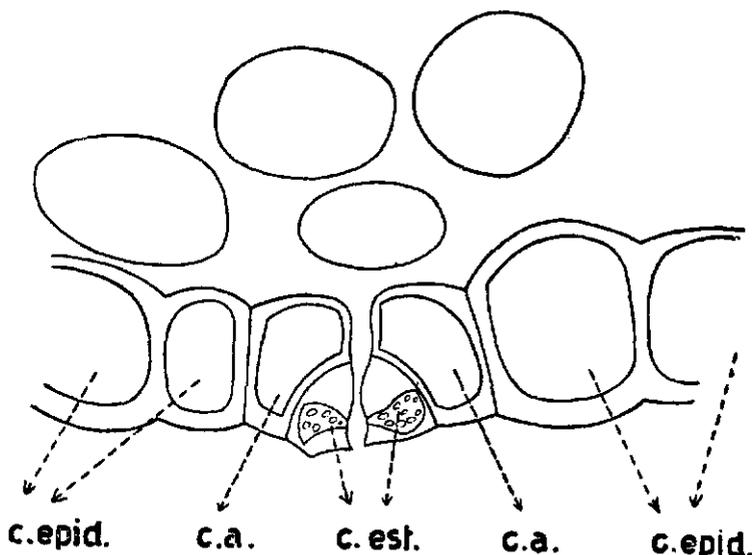


FIGURA 20 — Estoma segundo um corte transversal do limbo foliar (770 X). c.a. = células anexas; c.epid. = células epidérmicas; c.est. = células estomáticas.

### 3.3.3 — DOMÁCIAS

Um dos traços mais característicos da fôlha do cafeeiro é a ocorrência de certas estruturas, chamadas domácias ou ácaro-domácias (fig. 21 e est. 1-C), que na maioria dos casos se localizam no

ângulo formado pela nervura principal com as nervuras secundárias e se abrem na epiderme inferior sob a forma de poros visíveis mesmo a olho nu. Estas estruturas têm sido objeto de estudo de vários investigadores, inclusive Mariani (27), que verificou a constante ocorrência das mesmas em 51 espécies e 5 variedades de cafeeiros.

A palavra domácia (domatia = pequena casa ou pequeno abrigo) segundo Jackson (22), parece ter sido criada por Tubeuf, para indicar pequenas projeções ou saliências nos tecidos dos diversos órgãos das plantas e que têm por finalidade abrigar determinados parasitos. 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 objeto de muitos estudos por vários pesquisadores que lhes têm, através dos tempos, atribuído um maior ou menor significado sistemático e fisiológico. De Willdeman (39) e Mariani (27) estão entre estes pesquisadores e nos seus trabalhos pode ser encontrada uma revisão bem completa do assunto.

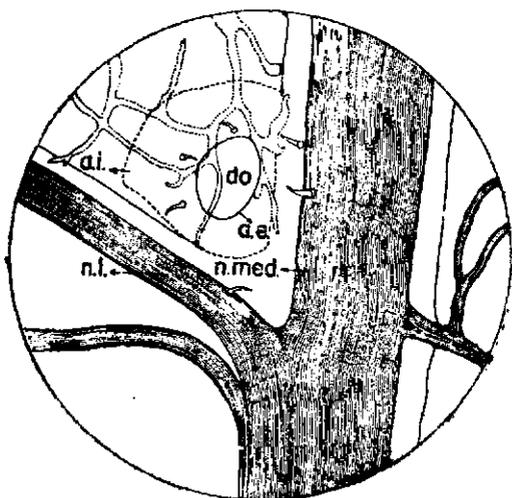


FIGURA 21. — Vista superficial da epiderme abaxial da fôlha, exibindo uma domácia na axila da nervura mediana com uma nervura lateral (35 X). a.i. = abertura interna; a.e. = abertura externa; do = domácia; n.l. = nervura lateral; n.med. = nervura mediana.

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 um poro arredondado, oval ou elítico, de diâmetro variável e cujas

bordas podem se apresentar glabras ou revestidas por uma pilosidade mais ou menos abundante; a cavidade dilata-se para o interior do mesofilo foliar e na sua parte mais interna atinge um diâmetro 2 a 3 vezes maior que o da abertura exterior (fig. 21 e est. 1-D). A presença da domácia não é, contudo, visível na fôlha antes que esta atinja um certo desenvolvimento, já que ela não é aparente nas fôlhas ainda muito novas. A sua observação, a olho nu, é possível somente quando a fôlha possui um comprimento de 3,5 cm, o que equivale aproximadamente a um período de 75-80 dias na vida da fôlha (fig. 22). Ainda mais, a sua presença é inicialmente constatada apenas nas axilas das nervuras inferiores

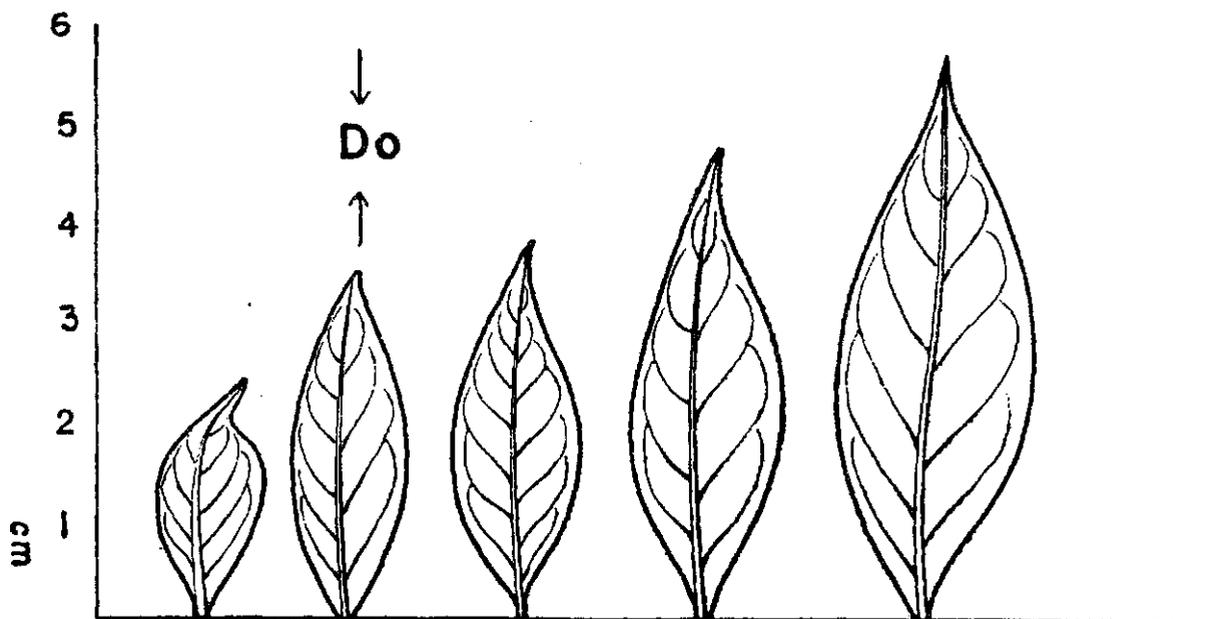


FIGURA 22. — Gráfico indicando a relação entre o desenvolvimento das folhas e o tempo em que as domácias se tornam visíveis mesmo a olho nu.

da folha, e o primeiro indicio do seu aparecimento é representado por um tufo de longos pêlos (fig. 23). O estudo de cortes transversais da folha na região das domácias revela a sua forma vesicular (fig. 24, A-F). O aparecimento de uma domácia é revelado pela formação 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 dêsse 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 mesofilo é, segundo Mariani (27), muito variável nas diferentes espécies e variedades de cafeeiro, assinalando

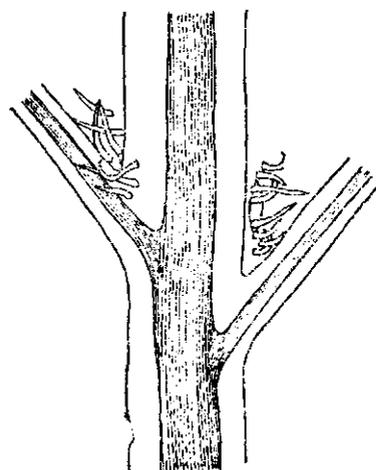


FIGURA 23. — Vista superficial da epiderme inferior de uma folha nova, evidenciando o tufo de pêlos que assinala o aparecimento de uma domácia (50 X).

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 mesofilo foliar um pouco além da sua parte mediana, não chegando, contudo, a atingir o parênquima paliádico.

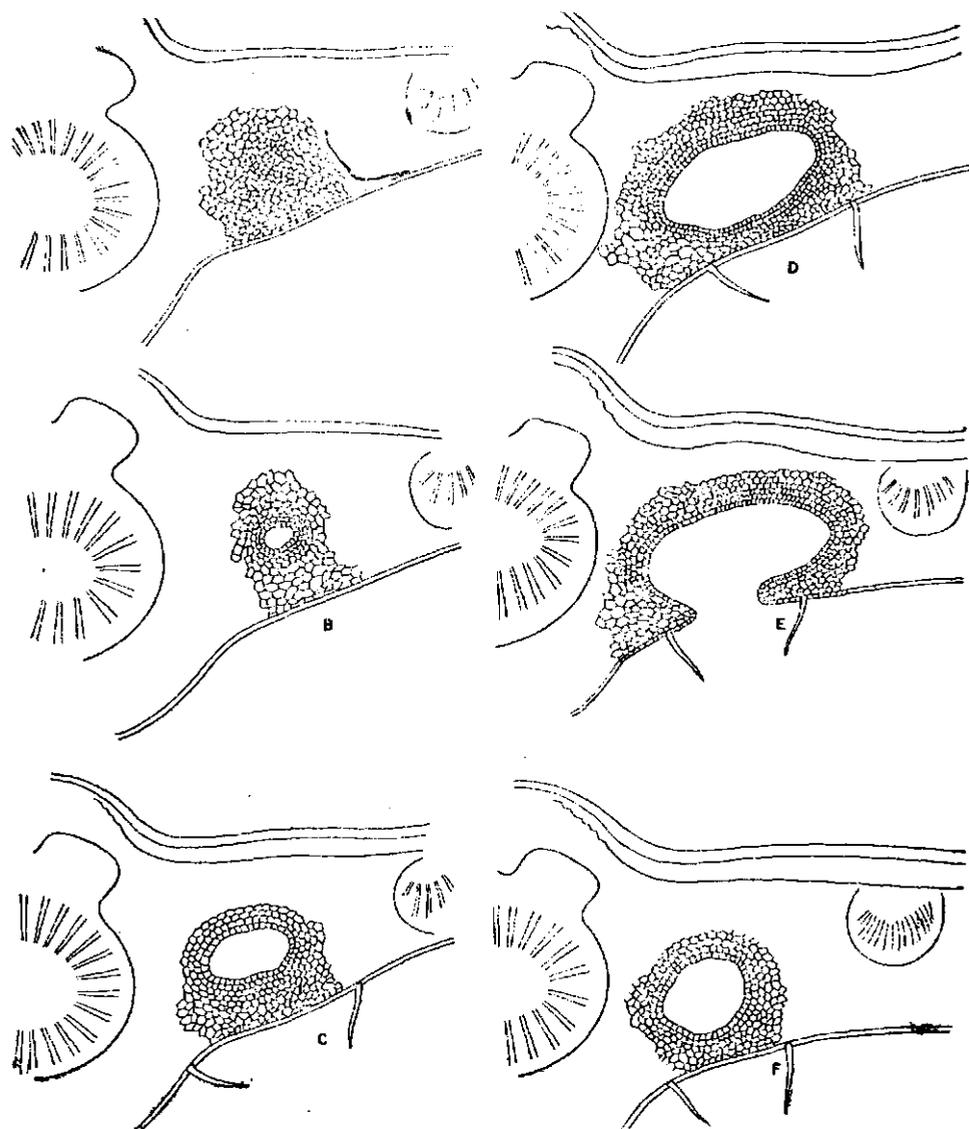


FIGURA 24 — A — F — Seis estágios sucessivos de uma domácia, segundo cortes transversais, mostrando a sua forma vesicular (60 X).

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 domi-

maior porção (fig. 25); estruturalmente muito se assemelham às fôlhas. Por entre as epidermes superior e inferior, de células grandes, localiza-se um mesofilo 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, em cujos lados aparecem 3-4 feixes gradativamente menores à medida que se aproximam das bordas da estípula.

#### 4 — FLÔRES

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

##### 4.1 — INFLORESCÊNCIA E GEMAS FLORAIS

O estudo da composição da inflorescência de *Coffea* e do desenvolvimento ontogenético das gemas florais (est. 2 — A-I) foi detalhadamente realizado por Der Meulen (9).

Este estudo revelou que a inflorescência é do tipo homotático composto, ou seja, uma inflorescência na qual os eixos laterais têm o mesmo sistema de formação que o eixo principal. Pode mesmo ser dito que a inflorescência de *Coffea arabica* L. é, em princípio, a continuação da estrutura da porção vegetativa, as brácteas e bractéolas nesta inflorescência sendo homólogas às verdadeiras fôlhas e às estípulas interpeciolares dos ramos vegetativos de primeira e segunda ordem.

Os eixos laterais da inflorescência nascem a partir de gemas dispostas em séries descendentes, nas axilas formadas pelos pares cruzados de fôlhas com os ramos primários. Cada gema desta série desenvolve-se em um eixo curto, que termina numa flor. Nestes novos eixos nascem pares de brácteas, também cruzados, na axila das quais se formam outras séries descendentes de gemas. Por sua vez, essas gemas dão origem a novos eixos curtos, semelhantes aos eixos-mãe etc., e o processo se repete por diversas vezes.

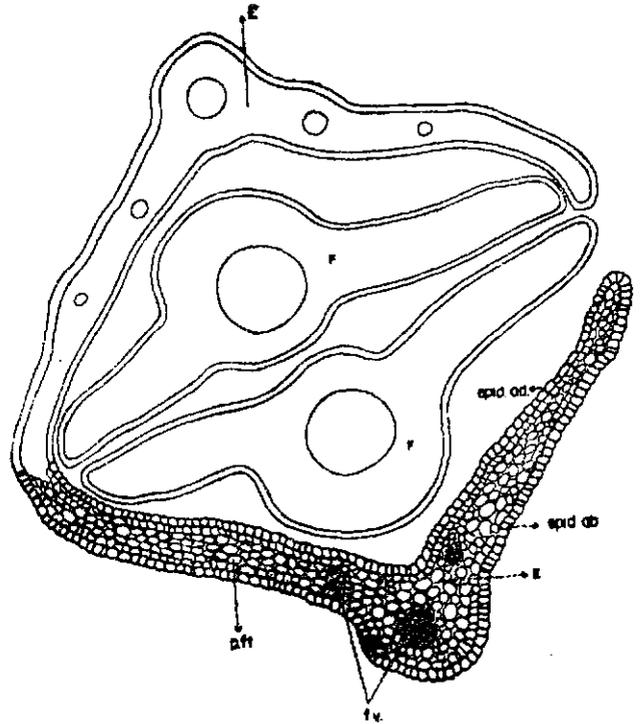


FIGURA 25. — Estípulas, segundo um corte transversal (60 X). E = estípulas; epid.ab. = epiderme abaxial; epid.ad. = epiderme adaxial; p.ft. = parênquima fotossintético; f.v. = feixe vascular.

Como os eixos que suportam as flôres são sempre muito curtos, a inflorescência em conjunto assume um aspecto compacto, o que lhe valeu a denominação de glómérulo, dada por diversos autores. O desenvolvimento das gemas parece obedecer às regras seguintes:

a) dentro da mesma série de gemas o desenvolvimento se processa a partir da gema que se encontra mais próxima ao seu eixo floral;

b) as gemas pertencentes a uma ramificação de ordem superior desenvolvem-se primeiro que aquelas das ramificações de ordem inferior;

c) dentre as gemas das ramificações de mesma ordem, o desenvolvimento se dá em primeiro lugar nas das axilas superiores, e prossegue no sentido daquelas situadas nas axilas mais inferiores.

As investigações de Der Meulen (9) ainda revelam 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 segregam uma substância cerosa. As bordas superiores de cada primórdio desenvolvem-se formando pequenas saliências que conferem a cada primórdio uma forma angulosa (est. 2 — C); 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. 2 — D). 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. 2 — E-I): o receptáculo floral alarga-se, as suas bordas tornam-se erguidas constituindo um anel espesso 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 espesso 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 pequena elevação que apresenta uma pequena fenda no centro. Os primórdios dos car-

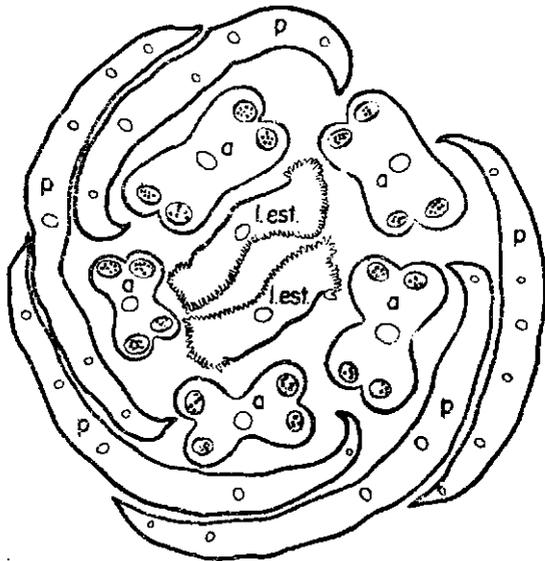


FIGURA 26. — Corte transversal no ápice de um botão floral, indicando a disposição e a composição dos diversos verticilos (22 X). P = pétala; a = antera; l.est. = logo estigmático.

mente às pétalas, e a região central é ocupada pelos dois lóbulos estigmáticos (l.est.), aderentes pelas suas epidermes internas, papilosas. Se os cortes estudados forem praticados na base do tubo da corola (fig. 27), 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 espesso, que é o disco (d). Finalmente, na região central aparece o estilo que exibe uma seção circular (st).

4.2 — ÓRGÃOS DE PROTEÇÃO:  
CALICE, BRACEAS E COROLA

O cálice da flor do cafeeiro apresenta-se rudimentar e constituído de cinco pequenos segmentos, persistentes no fruto. Estruturalmente cada sépala ou segmento é

desenvolvem-se ascendentemente para constituir o estilo e os lóbulos 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 (fig. 26), mostram as cinco pétalas (P), em situação mais exterior e que exibem uma disposição contorcida. Interiormente aparecem as cinco anteras (a), que se dispõem alternada-

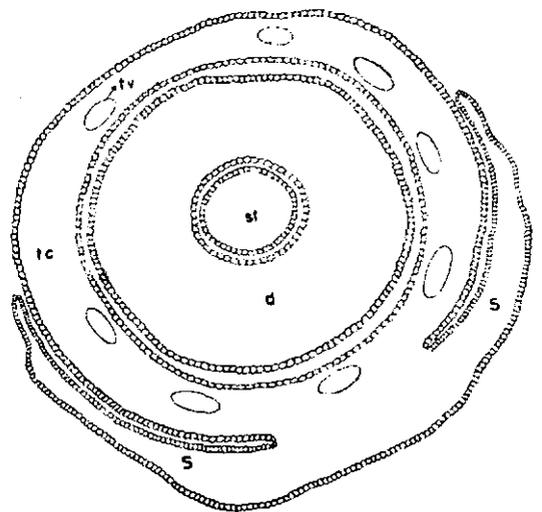


FIGURA 27. — Corte transversal de um botão floral, praticado na base da corola, mostrando o cálice rudimentar (S), o tubo da corola (t.c.), o disco (d) e o estilo (st) (30 X).

uma fôlha modificada, exibindo uma estrutura muito semelhante à das estípulas. O suprimento vascular das sépalas (t.v.) é representado por um traço único (fig. 28). O mesmo pode ser dito em relação às brácteas.

A corola é de côr 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 modifica-

da, 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 (fig. 29), 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 pròpriamente 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.

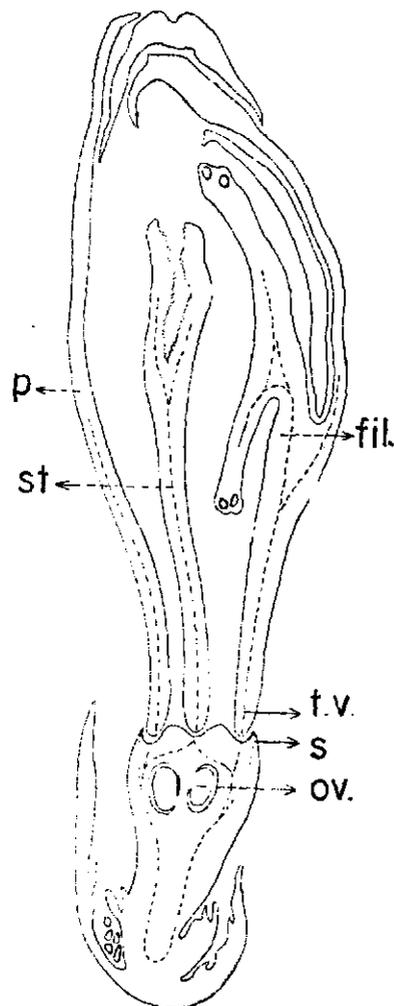


FIGURA 28. — Corte longitudinal de um botão floral, indicando os traços vasculares dos diversos elementos florais (21 X). **fil.** = filete; **ov.** = óvulo; **P** = pétala; **S** = sépala; **st** = estilo; **t.v.** = traço vascular.

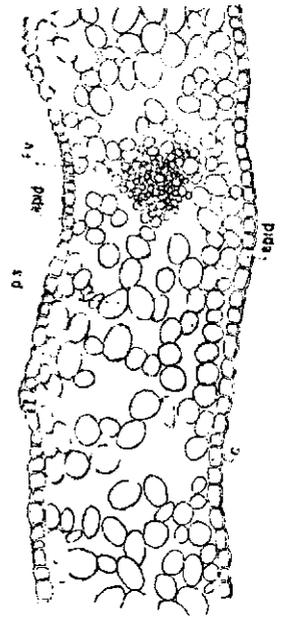


FIGURA 29. — Estrutura da pétala; corte transversal realizado na sua parte livre (60 X). **c** = cutícula; **epid.** = epiderme; **f.v.** = feixe vascular; **p.s.** = parênquima esponjoso.

#### 4.3 — ÓRGÃOS DA REPRODUÇÃO: ANDROCEU E GINECEU

Os estames, em número de cinco, são epipétalos e inserem-se sôbre 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 estame é também um só traço vascular, que se estende do filamento até a antera, através do conetivo (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 conetivo 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 (fig. 30): 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 freqüentemente uma substância de natureza provavelmente tanóide, que assume uma cor escura nos cortes preparados permanentemente com os reativos já citados. Na região central, envolvido por este 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 parenquimatoso de células pequenas e dispostas de uma maneira concêntrica; internamente, revestindo o saco polínico, está o tapête (tp), representado por uma só camada de células, e no seu interior localiza-se uma massa de tecido esporogênico. A microsporogênese de *C. arabica* L., investigada por Mendes (29), é perfeitamente normal.

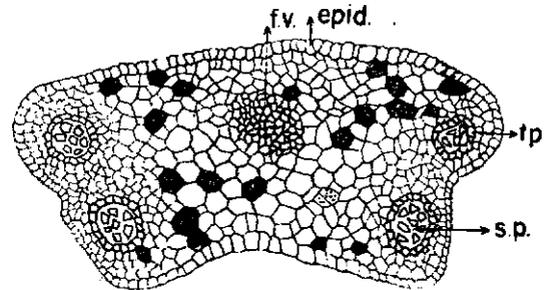


FIGURA 30. — Corte transversal de uma antera jovem (96 X). epid. = epiderme; f.v. = feixe vascular; s.p. = saco polínico; tp = tapête.

Estudada quando no estado de maturação dos grãos de pólen, pouco antes da deiscência, a antera revela algumas das transformações que sofreu no seu amadurecimento (fig. 31). 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 tapête praticamente desapareceu ou dêle sòmente 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 pólen (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; o estilo é terminal e assenta-se sôbre um

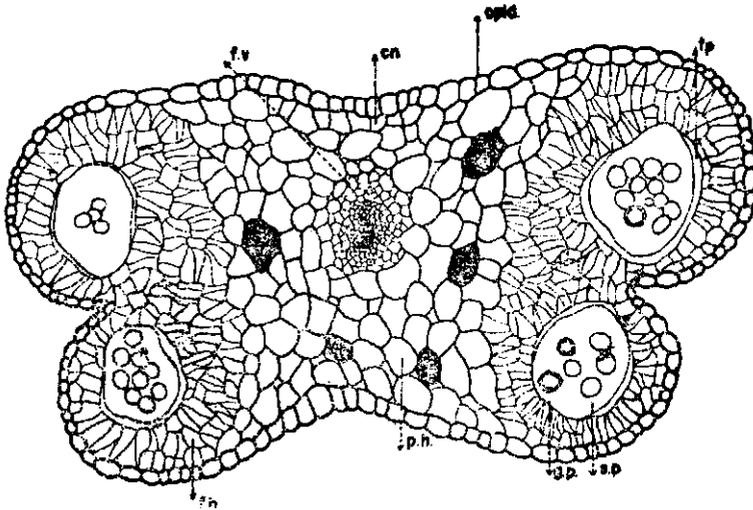


FIGURA 31. — Corte transversal de uma antera madura, pouco antes da sua deiscência (90 X). **cn** = conectivo; **epid.** = epiderme; **fb** = fibras; **f.v.** = feixe vascular; **g.p.** = grãos de pólen; **p.h.** = parênquima hialino; **s.p.** = saco polínico; **tp** = tapête.

rido 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 (20) 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 (12), pesquisas mais recentes conduzidas por Graner (18), Fagerlind (13), Joshi (23), e Mendes (28), demonstraram, de uma vez por tôdas, que estas duas zonas de tecido se apresentam bem distintas e separadas; o nucelo constitui-se de apenas uma camada de células estreitas

disco carnoso nectarífero (d), e superiormente se bifurca em dois lóbulos estigmáticos. O néctar segregado acumula-se na base do tubo da corola e segundo as observações de Santos (34), apresenta uma concentração de açúcar variável de 32 a 40%.

O ovário é normalmente bilocular (fig. 32), cada lóculo encerrando um óvulo anátropo (ov), de funículo curto e inse-

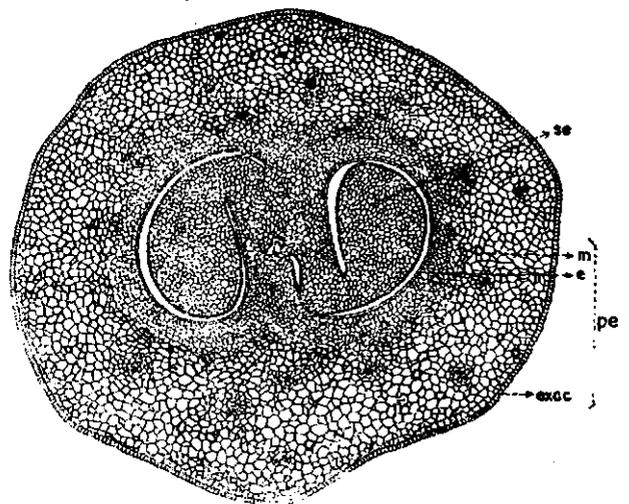


FIGURA 32. — Corte transversal do ovário fecundado ou fruto muito novo (30 X). **e** = endocarpo; **exoc.** = exocarpo; **m** = mesocarpo; **pe** = pericarpo; **Se** = semente.

que rodeiam o macrósporo, e o único integumento, a primina, é espesso, formado por diversas camadas de células. A macrosporogênese, é também normal, tal como constataram Graner (18, 19) e Mendes (28); segundo os mesmos autores a célula arquesporial 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 três ou quatro macrósporos, um dos quais, o calazal, desenvolve-se em saco embrionário e os outros três degeneram e desaparecem. O saco embrionário é do tipo normal, monospórico, 8-nucleado, apresentando a oosfera flanqueada pelas duas sinérgidas no polo próximo à micrópila, as três antípodas no polo oposto e os dois núcleos polares na região central, que se fundem para formar o núcleo primário do endosperma.

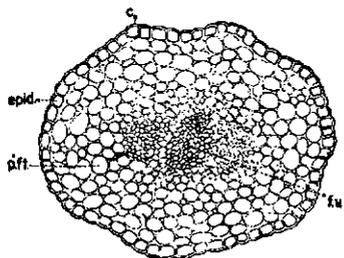


FIGURA 33. — Estilo segundo um corte transversal (90 X). c = cutícula; epid. = epiderme; f.v. = feixe vascular; p.ft. = parênquima fotossintético.

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

O estilo terminal, estudado em cortes transversais (fig. 33), 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 lobos estigmáticos. Êstes têm praticamente a mesma constituição histológica do estilo, diferindo apenas pela epiderme interna, cujas células estão transformadas em papilas (pa), particularmente desenvolvidas nas bordas laterais dos lobos estigmáticos (fig. 34).

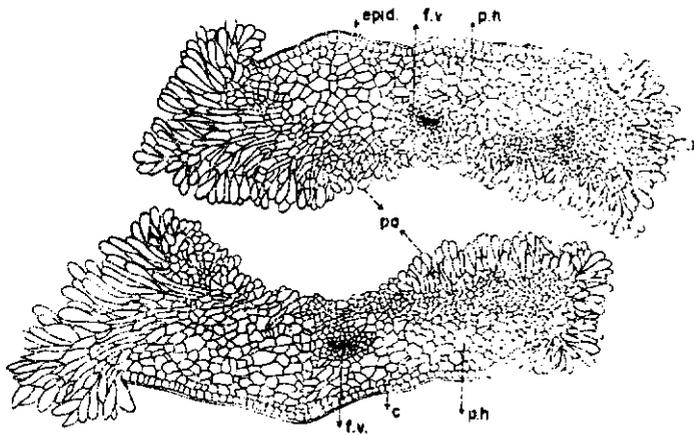


FIGURA 34. — Corte transversal dos lobos estigmáticos, vendo-se as papilas (pa) nas bordas internas e laterais (60 X). c = cutícula; f.v. = feixe vascular; p.h. = parênquima hialino; pa = papila.

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

rizadas pelo grande espessamento das paredes de suas fibras e elementos traqueais.

Internamente, no limite com o endocarpo, e constituindo as últimas porções do mesocarpo, aparecem 1-2 camadas de células colunares, com tôdas as características de um tecido paliçádico, e à qual Menezes e Maniero (30) denominam "nova camada paliçádica", responsável, na opinião dêsses autores, pelo armazenamento de grandes quantidades de água nos frutos maduros. Desde que essa zona de tecido parece ser presente no fruto de algumas espécies e variedades de cafeeiro e ausente em outras, a sua constatação reveste-se de importância como valioso característico de diferenciação.

De tôdas as regiões do pericarpo, contudo, é o endocarpo a que apresenta maiores modificações. No fruto já bem desenvolvido este endocarpo está representado pelo "pergaminho da semente", de côr branco-acizentada ou branco-amarelada e de espessura aproximada de 100 micros, de textura flexível, resistente. O estudo do pergaminho (e) em cortes transversais do fruto (fig. 37), ou mediante macerações, onde os seus elementos se apresentam dissociados e isolados (fig. 39), revela que os seus componentes são fibras (1) de pa-

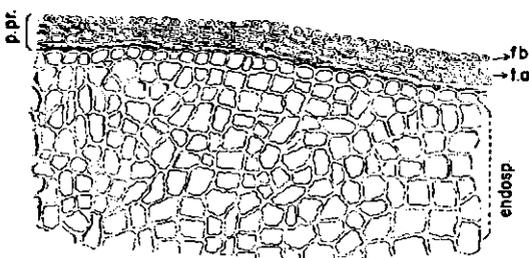
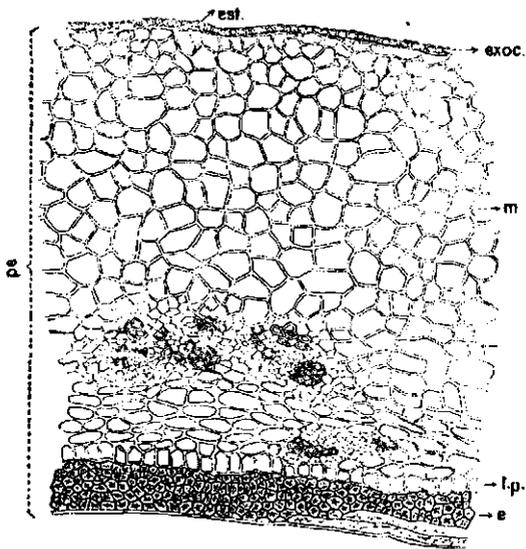


FIGURA 37. — Corte transversal do fruto no estado de desenvolvimento, mostrando a constituição histológica do pericarpo (pe) e da semente (e) (50 X). e = endocarpo; endosp. = endosperma; est. = estoma; exoc. = exocarpo; fb = fibras; m = mesocarpo; pe = pericarpo; p.p. = película protodérmica; t.a. = tecido amarfio; t.p. = tecido paliçádico.

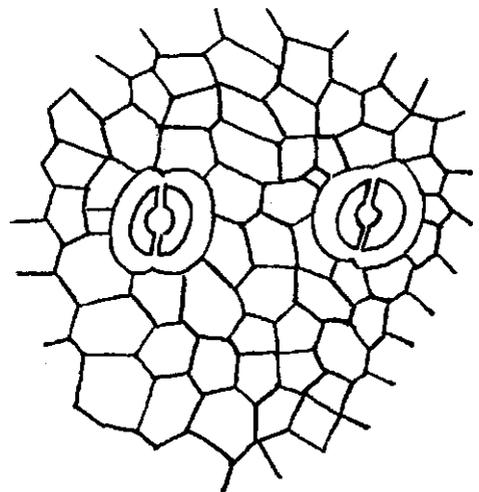


FIGURA 38. — Vista superficial do exocarpo do fruto, mostrando os estomas (400 X).

(1) Estas células são consideradas pela maioria dos autores como esclerócitos. A admissão, neste trabalho, de que elas são fibras baseadas na forma e exclusivamente no critério modernamente usado para distinguir êsses dois tipos de esclerocitomas, isto é, o esclerócito possui forma mais ou menos isodiamétrica, e a fibra é caracterizada pelo seu comprimento bem maior que a largura.

redes bastantes espêssas e luz ou lúmen muito reduzido, apresentando pontuações do tipo ramificado. Essas fibras são fusiformes, geralmente de comprimento igual a muitas vêzes 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 cimento. Constituem elas 5-6 camadas de células em posições cruzadas ou oblíquas, 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 (7), 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; o referido autor designa esta região de zona gelificada (*couche gelifiée*) e atribui à mesma uma grande importância no preparo industrial do café (p. 39). Esta zona, que se mostra constituída por 3-4 camadas de células esclerenquimatosas dispostas à maneira de uma paliçada, é com tôda a certeza, a mesma assinalada por Ukers (36) e Winton (40), nos seus estudos sôbre a estrutura do fruto do café. Embora êsse tecido paliçádico possa ocorrer no fruto de certas espécies e variedades de *Coffea*, as presentes investigações confirmam amplamente a afirmação de Menezes e Maniero (30), ou seja, a da não existência da referida zona no pericarpo do fruto de *C. arabica* L. var. *typica* Cramer.

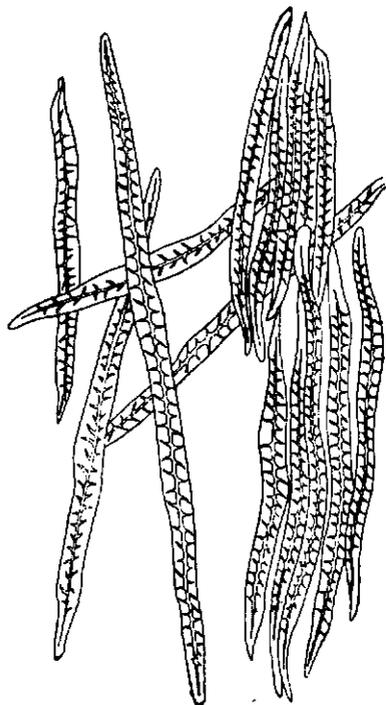


FIGURA 39. — Fibras isoladas do pergaminho da semente (endocarpo do fruto), com as suas paredes espêssas, pontuações ramiformes e luz estreita (90 X).

## 6 — 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 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 semente foram minuciosamente estudadas por Houk (20, 21), Graner (18), Mendes (28), e outros autores, tendo sido questão de continuada controvérsia a existência ou não de um verdadeiro endosperma na semente.

## 6.1 — O ENVOLTÓRIO SEMINAL

O envoltório seminal, película prateada ou espermoderma (p.pr.), de cerca de 70 micros de espessura, estudado em vista superficial (fig. 40), o que se consegue montando fragmentos dessa película diretamente em uma gôta de floroglucina em HCl e recobrimdo-se com uma lamínula, apresenta-se constituído por numerosas células esclerenquimatosas, dispostas em diversas direções, a maioria delas paralela à superfície da semente. Estas células, fusiformes, consideradas geralmente como esclerócitos, mas que devido à sua forma prosenquimatosa podem ser encaradas como verdadeiras fibras (fb),

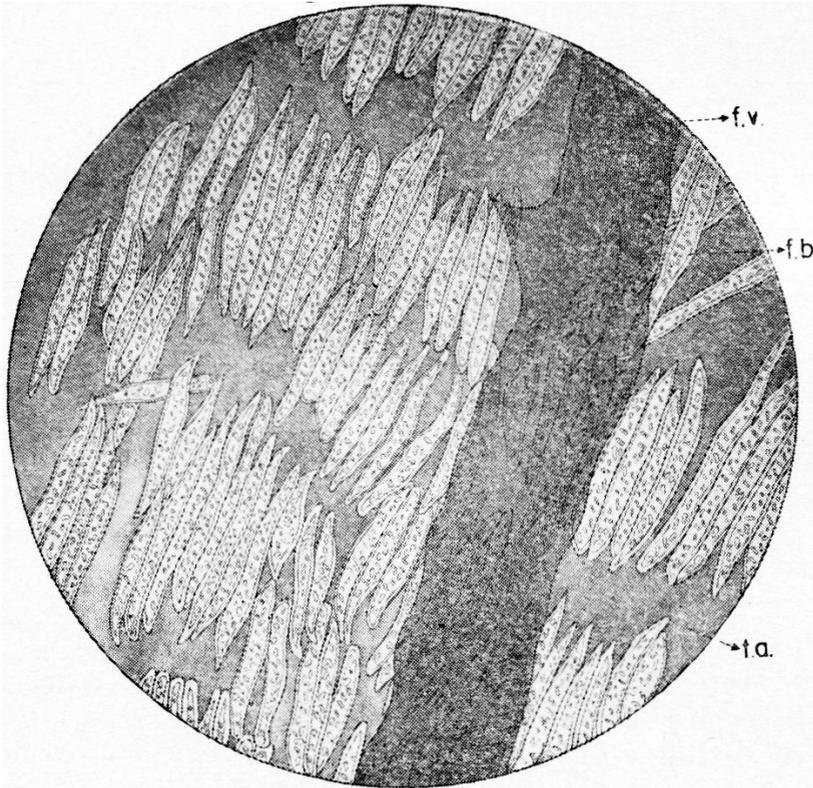


FIGURA 40. — Vista superficial da película prateada, vendo-se as fibras fusiformes (fb) sôbre um tecido amorfo (t.a.), e o seu suprimento vascular (f.v.) (90 X).

formam um estrato que se assenta sôbre 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 (fig. 37, p. pr.) percebe-se a constituição dêste tecido amorfo (t.a.) e, ainda mais, nota-se que a camada mais interna, que está diretamente 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 mais externa de células dêste 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.

Essas fibras apresentam um comprimento de 180-320 micros e uma largura de 18-30 micros; suas paredes, espessas, medem

formam um estrato que se assenta sôbre 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 (fig. 37, p. pr.) percebe-se a constituição dêste tecido amorfo (t.a.) e, ainda mais, nota-se que a camada mais interna, que está diretamente em contato com o endosperma da semente, tem as células completamente

5-7 micros e apresentam um grande número de pontuações, 10-50 em cada face, que são do tipo simples, arredondadas, alongadas, ovóides 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 (7), na separação das espécies mais importantes de cafeeiros.

Finalmente, a película prateada exhibe ainda um suprimento vascular (f.v.), representado pelas ramificações do feixe vascular que penetrou no óvulo pelo funículo e que à altura da calaza enviou ramificações para o integumento do óvulo (fig. 40).

## 6.2 — O ENDOSPERMA

O endosperma (endosp.), constituindo a quase totalidade do tecido da semente é de natureza triplóide ( $3n$ ) e tem origem a partir da fusão do segundo gâmeta ( $n$ ) do tubo polínico com o primeiro núcleo do endosperma ( $2n$ ), completando o processo de dupla fertilização das angiospermas. Houk (20), estudando a transformação do óvulo afirmou que no cafeeiro a semente é desprovida de um verdadeiro endosperma e que a massa de tecido que constitui quase toda a semente representava um "perisperma". Mendes (28), 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 (24). Segundo Mendes (28), 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 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" — denominação imprópria (2) — que é gradativamente absorvido pelo endosperma que se vai 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 ex-

(2) A nosso ver a impropriedade desta denominação reside no fato 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 (28) é o primeiro a admitir que o nucelo é absorvido e desaparece muito cedo, na transformação do óvulo em semente.

terna, 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 (4) mediante técnica especial demonstrou a existência de plasmodesmas. Essa estrutura apresentada pelas paredes de células endospérmicas é considerada por Chevalier (7) como um dos característicos mais constantes exibidos pelos cafeeiros das seções *Eucoffea* e *Mascarocoffea*.

Um exame detalhado das diversas camadas de tecido endospérmico revela diferenças na sua estrutura, que provavelmente estão ligadas a diferenças na composição química. Sementes completamente nuas, ao germinar 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 plântinhas obtidas de sementes das quais não se retirou o pergaminho.

A camada mais externa de tecido endospérmico, aquela que se encontra diretamente revestida pela película prateada, é uniforme e tem o aspecto de uma epiderme, cujas células apresentam paredes espessas (fig. 37); 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 mais densa de células. A seguir, para o interior, as células reassumem a sua forma inicial. A zona densa marcaria o limite entre as duas porções de endosperma geralmente aceitas pelos autores: Moeller, citado por Ukers (36), 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 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 plântinha em desenvolvimento (fig. 41).

Algumas das células mais internas do endosperma possuem paredes primárias mucilaginosas e que, segundo Ukers (36), quando tratadas com água, desaparecem deixando visível apenas a lamela mediana. Nestas condições a seção de tecido endospérmico exhibe 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 (40), o endosperma encerra além de água, proteínas, os alcalóides cafeína e cofeaina, óleos, açúcares, dextrina, pentosanas, celulose, ácidos derivados da cafeína, outros ácidos e componentes menores. A reserva gordurosa pode ser facilmente apreciada nas seções de endosperma, notando-se numerosas 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 cafeína reduzem-se à metade, bem como há perda no teor da cafeína. 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 (39), para caracterizar espécies e variedades de cafeeiros. Cortes transversais da semente evidenciam que tanto o endocarpo do fruto (pergaminho) como a película prateada invaginam-se na região do sulco, estando presentes no seu interior.

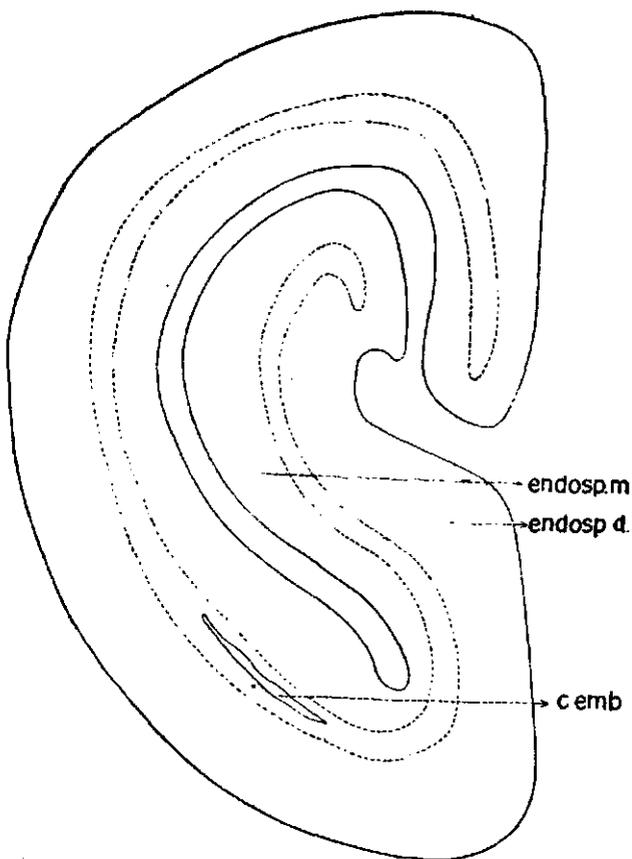


FIGURA 41. — Corte transversal da semente, indicando a cavidade embrionária (c.emb.), que estabelece o limite entre as camadas de endosperma duro (endosp.d.), para o exterior, e as de endosperma mole (endosp.m.), para o interior (40 X).

### 6.3 — EMBRIÃO

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 se verifica relativamente tarde; de acôrdo com Mendes (28), o zigoto ou célula-ôvo 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

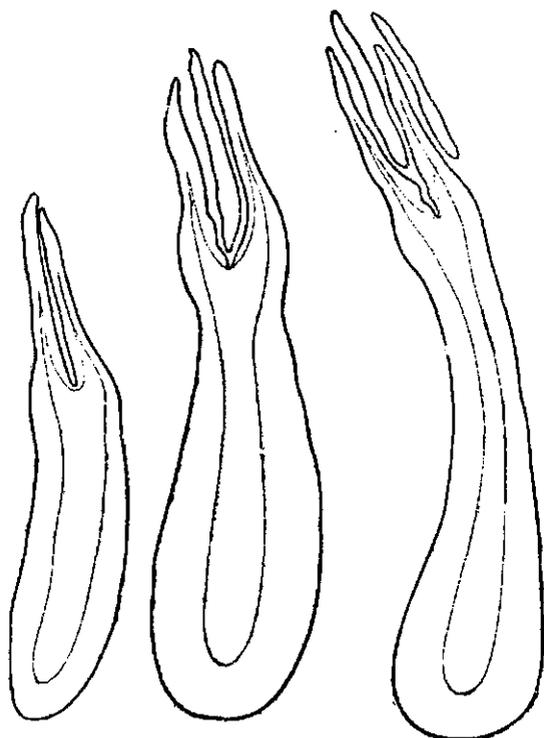


FIGURA 42. — Cortes longitudinais de três embriões, respectivamente com 2, 3 e 4 cotilédones (55 X).

vez transversalmente, formando um proembrião tricelular; a célula mais apical destas três 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 flores, 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 dois, porém, podem ser encontrados embriões com três e quatro cotilédones (fig. 42). Compõem-se eles de epiderme com estomas (fig. 43), mesofilo homogêneo, portanto sem distinção de parênquimas pa-

licádico e esponjoso, e apresentam, no centro, o seu suprimento vascular na forma de um feixe procambial (pc).

Igualmente, o hipocótilo (figs. 44 e 45), que em seção transversal exibe um contorno elítico ou quase circular, constitui-se de epiderme, córtex não diferenciado, procâmbio e medula não diferenciada.

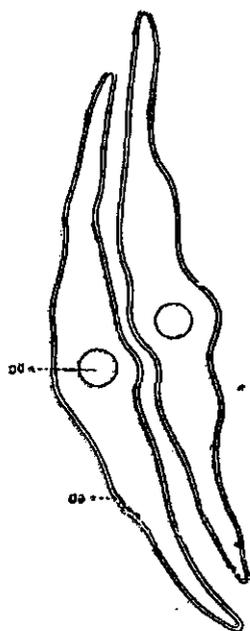


FIGURA 43. — Corte transversal dos cotilédones (55 X). ep = epiderme; pc = procâmbio.

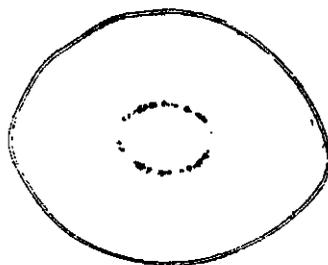


FIGURA 44. — Desenho esquemático do hipocótilo segundo um corte transversal (55 X).

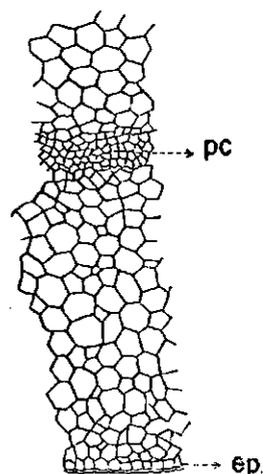


FIGURA 45. — Detalhes histológicos do corte da figura 44 (109 X): ep = epiderme; pc = procâmbio.

## 7 — CONCLUSÕES

O estudo da anatomia e do desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer revelou que a estrutura do cafeeiro é bastante normal, não tendo sido assinaladas diferenças estruturais acentuadas em relação a outras espécies rubiáceas de constituição histológica já conhecida.

A raiz é tipicamente proto-estélica, exárquica e poliárquica, apresentando mais comumente 6, 7, 8, 9 e 11 feixes de xilema e floema primários. Foi constatado que o número destes feixes varia não somente nas raízes de diferentes indivíduos, como também, entre as raízes de um mesmo indivíduo.

O câmbio vascular torna-se visível nos cortes praticados cerca de 5 cm do ápice da raiz, sendo inicialmente formado a partir de células parenquimatosas situadas entre os feixes de xilema e floema primários; posteriormente, células pericíclicas localizadas na borda externa de cada feixe liberiano participam também da formação do câmbio vascular.

A observação de um periderma nas raízes, torna-se muito difícil devido, sobretudo, ao aspecto fragmentado e dilacerado dos tecidos epidérmicos e corticais que se desprendem; contudo, é certo que o felógeno ou câmbio suberoso tem seu início a partir de divisões tangenciais de células do periciclo e que repetidas divisões das suas células, segundo este mesmo plano de divisão, podem conduzir à formação de um periderma de espessura variável entre 90-100 micros.

A gema do caule, a partir da qual têm origem todos os tecidos do caule e da folha, apresenta-se com forma e dimensões típicas das gemas dos angiospermas, isto é, assume a forma de uma pequena elevação e, quanto ao seu tamanho, as dimensões se mostram muito variáveis dependendo de ser a gema dormente ou estar em atividade. A sua estrutura zonada, interpretada sob a luz da teoria de Schmidt, revela a existência de duas ou três camadas na túnica envolvendo o massiço central de células, que constitui o corpo.

A estrutura primária do caule é tipicamente sifono-estélica e endárquica e tem uma duração relativamente curta, já que uma zona cambial pode ser observada nos cortes transversais praticados cerca de 2,5 cm do ápice. A presença de cristais prismáticos de oxalato de cálcio em muitas células dos raios medulares tem sido considerada como um característico taxonômico para as espécies de cafeeiros da seção *Eucoffea*. Somente estudos cuidadosos e demorados com outras variedades de *C. arabica* L. é que poderão indicar a sua utilidade ou não para a caracterização de variedades de cafeeiros.

O câmbio suberoso ou felógeno, visível em cortes realizados aproximadamente a 4,5 cm da gema apical, é formado a partir de

células que constituem as camadas mais internas do parênquima cortical e da sua atividade resulta um periderma de 70 micros de espessura, aproximadamente.

Nas fôlhas são encontradas as estruturas que, de um modo mais particular, caracterizam as espécies do gênero *Coffea* e de outros gêneros mais ou menos afins das rubiáceas. Essas estruturas são as domácias, que apresentando uma certa variabilidade na sua constituição, fornecem diversos característicos cujo valor taxonômico constitui um ponto de discussão, o que igualmente acontece com relação ao seu significado fisiológico. Neste último particular é evidente, à luz dos presentes estudos, que a denominação domácia deve ser aplicada somente às estruturas localizadas na fôlha dos cafeeiros e outras rubiáceas, no ângulo formado pela nervura principal com as secundárias, e não deve ser utilizada para designar certas nodosidades esparsas nas fôlhas de diversas espécies dos gêneros *Pavetta* e *Psychotria*, nodosidades estas onde se alojam bactérias simbióticas que têm a faculdade de fixar diretamente o nitrogênio atmosférico.

A inflorescência do cafeeiro é do tipo homotático composto, e o pequeno desenvolvimento dos eixos laterais é o responsável pelo aspecto condensado da mesma, de modo a conferir-lhe a denominação de glomérulo. A seqüência do desenvolvimento ontogenético dos diversos verticilos florais é a que normalmente tem sido encontrada para outras espécies. A microsporogênese é relatada como normal, na literatura especializada. Numerosos são os trabalhos realizados sobre a estrutura do óvulo, bem como sobre seu desenvolvimento nas diversas fases da macrosporogênese. À luz destas investigações mais recentes ficou comprovado que no óvulo do cafeeiro o nucelo e o integumento se apresentam como entidades distintas, o primeiro constituído de uma só camada de células, e a primina, único integumento, é espessa, formada de várias camadas de células. Revelam ainda estas investigações que a macrosporogênese é normal, e que dos 3 ou 4 macrósporos que podem se formar, somente o calazal é que se desenvolve em saco embrionário e os demais degeneram e morrem. Por sua vez, o saco embrionário assim formado é do tipo normal, 8-nucleado.

Os frutos estudados em diversas fases do seu desenvolvimento mostraram possuir uma estrutura bem normal em suas diferentes porções. Torna-se oportuno assinalar a ocorrência de estomas por entre as células que constituem o exocarpo, fato êsse que já foi objeto de dúvidas, como também a existência de um tecido paliçádico no mesocarpo, representado por 1-2 camadas de células colunares, diretamente em contato com as fibras do endocarpo.

O endocarpo está representado por 5-7 camadas de células e vai constituir no fruto maduro o chamado pergaminho da semente. Desta maneira, o nosso ponto de vista contraria a opinião de Che-

valier (7), de que o endocarpo seria representado apenas por uma camada de células, a mais interna do pericarpo, e correspondente à epiderme interna da cavidade ovariana, e que o pergaminho da semente ("parche") seria formado a partir das camadas mais internas do mesocarpo.

Os elementos que constituem o pergaminho da semente, pela natureza das suas paredes e pela sua forma prosenquimatosa, mostram ser verdadeiras fibras, e os seus diversos característicos de tamanho, espessura das paredes, número de camadas etc., deverão ser levados em consideração como possíveis característicos taxonômicos.

As presentes investigações não revelaram a existência, no pericarpo do fruto da variedade *typica*, da zona gelificada ("couche gélifiée") assinalada e descrita por Chevalier (7), mas, como foi dito anteriormente, encontrou-se a zona de tecido a que Menezes e Maniero (30) fazem menção em seus trabalhos e à qual denominaram "nova camada paliçádica".

Do estudo da anatomia das sementes conclui-se que no envoltório seminal, espermoderma ou película prateada estão localizados os característicos mais importantes a serem utilizados na caracterização das espécies e variedades de cafeeiros. Estes característicos dizem respeito às dimensões das fibras que constituem a referida película, à espessura das suas paredes e ao número de pontuações nestas paredes etc..

Contrariando a suposição inicial de Houk (20) de que na semente do cafeeiro não havia um verdadeiro endosperma, diversos investigadores demonstraram por meio de provas citológicas e genéticas a existência dêsse endosperma, que é do tipo nucleado. Contestação é feita, contudo, no presente trabalho, ao uso da denominação "perisperma" para designar os restos dos tecidos da primina, que na semente madura estão representados pela película prateada.

A admissão por parte de outros autores, como por exemplo Moeller, citado por Ukers (36), de que também do ponto de vista da composição química o endosperma se apresenta heterogêneo nas suas diversas camadas, de tal modo que se torna possível considerar-se duas porções diferentes, uma mais interna, de endosperma mole, e outra mais externa, de endosperma duro, é amplamente confirmada pelos característicos anatômicos dessas diferentes porções e pelo fato de plantinhas obtidas a partir de sementes completamente nuas trazerem os cotilédones recobertos por uma espécie de capuz, que seria constituído apenas pelas camadas de endosperma duro.

O estudo da forma e profundidade do sulco longitudinal que ocorre no endosperma, na face plana da semente, conduzido em grande número de variedades e espécies de cafeeiros, deverá indicar se os mesmos representam ou não característico de algum valor taxonômico.

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

SUMMARY

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 dome-shaped shoot apex, which measure 220-360 microns in diameter and 48-120 microns in its major height; this shoot apex interpreted under the terms of Schmidt's theory shows to possess a **tunica** composed of two or three cell layers, and a **corpus**, represented by a central core of irregularly arranged cells. Differentiation of meristematic tissue initiates at the distance of 800-900 microns from the shoot apex, but the complete primary tissue differentiation is only achieved in a region situated 2.5 cm from the shoot apex. Stem cross sections at this level exhibit the following tissue 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 of *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 an 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.

The inflorescence is of the homotatic type, the lateral axes being very short; consequently the 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 rudimentary; 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 a 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 transverse 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 amorphous parenchyma tissue, and a layer of indistinct cells which originate from the innermost cell layer 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, contains protein, the alkaloids caffeine and coffearine, oil, sugar, dextrans, pentosans, cellulose, caffetannic acids, minerals, various acids and minor constituents.

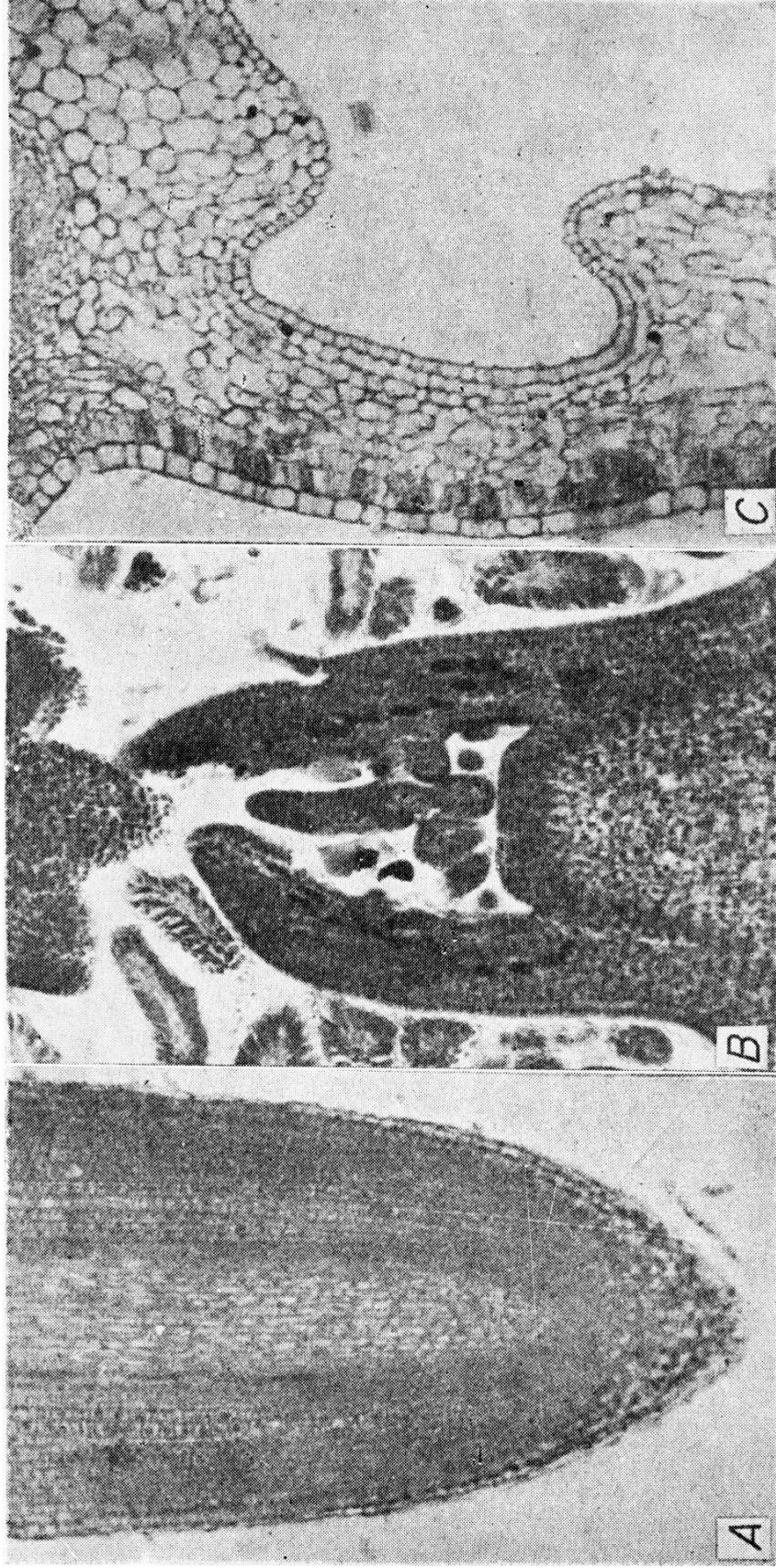
The small embryo, localized at the bottom of the seed, on its convex surface is represented by an hypocotyl and two adherent cordiform cotyledons. Very seldom there is the occurrence of embryo with 3 or 4 cotyledons.

#### LITERATURA CITADA

1. ACCORSI, W. R. A ocorrência das células anexas dos estômatos na família Rubiaceae. I. Solo, Piracicaba 33:[27]-37. 1942.
2. ——— A ocorrência das células anexas dos estômatos na família Rubiaceae. II. Ann. Esc. Agric. Queiroz 1:[157]-175. 1944. (Separata)
3. ——— A ocorrência das células anexas dos estômatos na família Rubiaceae. III. Ann. Esc. Agric. Queiroz 4:[411]-436. 1947. (Separata)
4. AYRES, G. C. M. A ocorrência de plasmodesmas no endosperma de *Coffea arabica* L. var. *typica* Cramer. Bragantia 13:[281]-285. 1954.
5. BAILEY, I. W. The anatomical approach to the study of genera. Chron. bot. 14:121-125. 1953.
6. BITANCOURT, A. A. Estrutura anatômica das principais plantas cultivadas no Brasil. Rio de J., Emp. Ind. O Norte, 1923. 43 p. (Tese) [Microfilme copiado]
7. CHEVALIER, AUGUSTE. Les caféiers du globe. III. Systematique des caféiers et faux-caféiers, maladies et insects nuisibles. Paris, Lechevallier, 1947. 356 p. (Encyclopédie biologique n. 28)
8. DEDECCA, D. M. Aspectos anatômicos da variação na fôlha do cafeeiro. Bragantia 16:[389]-410. 1957.
9. DER MEULEN, A. VAN. Over den Bouw en de periodieke ontowikkeling der Bloemknoppen bij Coffea-soorten. Kon. Ned. Akad. Wet. Verh. 38:1-128. 1929.
10. DUBARD, M. Les caféiers sauvages de Madagascar. Bull. Mus. Hist. nat., Paris 13:280-282. 1907.
11. FABER, F. C. VON. Das erbliche Zusammenleben von Bakterien und tropischen Pflanzen. Jb. wiss. Bot. 51:243-264. 1912.

12. \_\_\_\_\_ Morfologische-physiologische Untersuchungen an Blüten von Coffea-Arten. Ann. Jard. bot. Buitenz. 2:59-160. 1912.
13. FAGERLIND, G. Perisperm oder Endosperm bei Coffea? Svensk Botanisk Tidskr. 33:303-309. 1939.
14. FRANCO, C. M. Relation between chromosome number and stomata in Coffea. Bot. Gaz. 100:817-827. 1939.
15. \_\_\_\_\_ Sobre compostos fenólicos no café. J. Agron., Piracicaba 2:131-138. 1939.
16. \_\_\_\_\_ & INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solos do Estado de São Paulo. Bragantia 6:[443]-478. 1946.
17. FREIRE, C. V. Contribuição ao estudo histológico dos cafeeiros no Brasil. Rev. Dep. Café, Rio de J. 3:987-991. 1934.
18. GRANER, E. A. Embriogênese de Coffea. I. Desenvolvimento do óvulo em Coffea arabica L.. In Reunião sul-americana de Botânica, 1.<sup>a</sup>, Rio de J., 1938. Anais. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1939. v. 3 p. 193-202.
19. \_\_\_\_\_ Megasporogenesis in Coffea arabica L. Arch. Inst. Biol. veg., Rio de J. 3:69. 1936.
20. 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.
21. \_\_\_\_\_ The ovule and seed of Coffea arabica L.. Science 83:464-465. 1936.
22. JACKSON, B. D. Glossary of Botanic Terms. Londres, Duchworth, 1928. iv, 481 p.
23. 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.
24. KRUG, C. A. & CARVALHO, A. Genetical proof of the existence of coffee endosperm. Nature 144:515. 1939.
25. \_\_\_\_\_, 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. Tecn. n. 62)
26. LUNDSTROEM, A. E. Pflanzenbiologische Studien. II. Die Anpassungen der Pflanzen an Tiere. Domatienführende Pflanzen. Nova Acta Soc. Sci. upsal. 13:1-88. 1887.
27. MARIANI, M. J. Les caféiers. Structure anatomique de la feuille. Paris, Lons-le-Saunier, 1908. 140 p. [Microfilme copiado]
28. MENDES, A. J. T. Cytological observations in Coffea. IV. Embryo and endosperm development in Coffea arabica L.. Amer. J. Bot. 28:784-798. 1941.
29. \_\_\_\_\_ Observações citológicas em Coffea. XV. Microsporogênese em C. arabica L.. Bragantia 10:[79]-87. 1950.
30. MENEZES, J. B. F. (júnior) & MANIERO, J. Sobre um método microscópico para contagem de cascas no café em pó. Rev. Inst. Lutz 11:13-47. 1951.
31. METCALFE, C. R., CHALK, L., CHATTAWAY, M. M. [e outros] Anatomy of the dicotyledons. Oxford, Clarendon Press, 1950. 1500 p. 2 v.
32. PENZIG, O. & CHIABRERA, C. Contributo alle conoscenza delle planta acarofile. Malpighia 18:429-498. 1903.
33. RANDOLPH, L. F. A new fluid and a revised schedule for the paraffin method in plant cytology. Stain Tech. 10:95-96. 1935.

34. SANTOS, CLOVIS F. O. Contribuição ao conhecimento dos nectários de algumas espécies da flora apícola. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1954. 66 p. (Tese). [Mimeografado]
35. SOLEREDER, H. Systematic anatomy of the dicotyledons. Oxford, Clarendon Press, 1908. 1183 p.
36. UKERS, W. H. All about coffee. 2.<sup>a</sup> ed. New York, The Tea & Coffee Trade Journal Company. 1955. 818 p.
37. VALLE, E. P. Família das Rubiáceas; estudo geral aplicado. Belo Horizonte, Empr. Queiroz Breyner Ltda., sd.. 120 p. (Tese)
38. VAROSSIEAU, W. W. On the development of the stem and the formation of leaves in *Coffea* species. Leiden, Brill, 1940. 88 p. (Tese)
39. 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 n. 2)
40. WINTON, A. L. & WINTON, K. B. The structure and composition of foods. New York, John Wiley, 1939. 580 p. v. 7.



**A** — Fotomicrografia do ápice da raiz, segundo um corte longitudinal (160 X); **B** — fotomicrografia da gema apical do caule, segundo um corte longitudinal mediano (70 X); **C** — fotomicrografia de um corte transversal da fôlha, na região de uma domácia (120 X).