

Angiospermas

As **angiospermas** são plantas que tem as sementes protegidas pelos frutos:

Angio, quer dizer vaso, e
Esperma, semente.

A principal característica das angiospermas é a presença das **flores e dos frutos**.



Jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*):

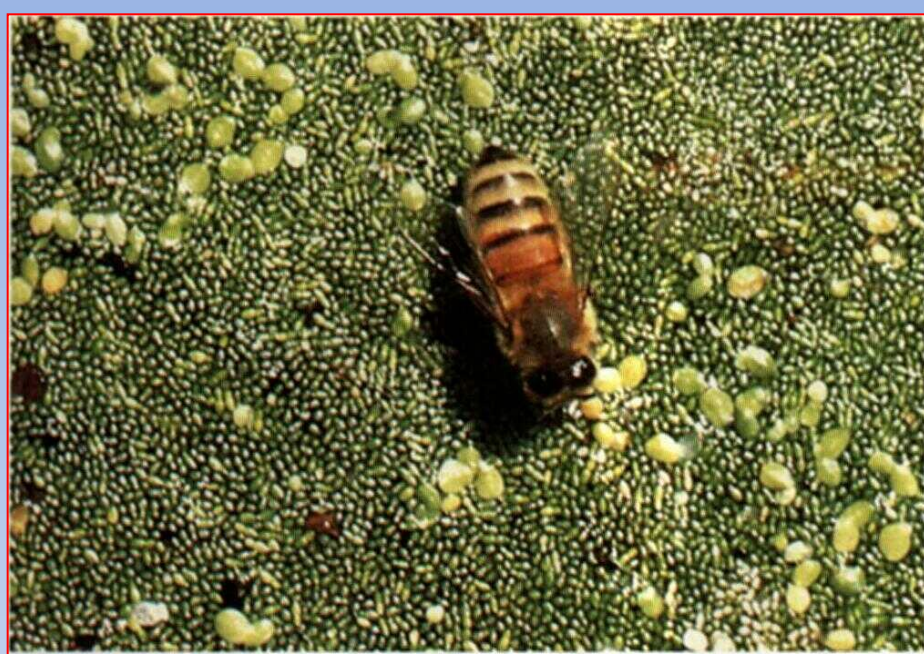


Sumaúma (*Ceiba pentandra*)

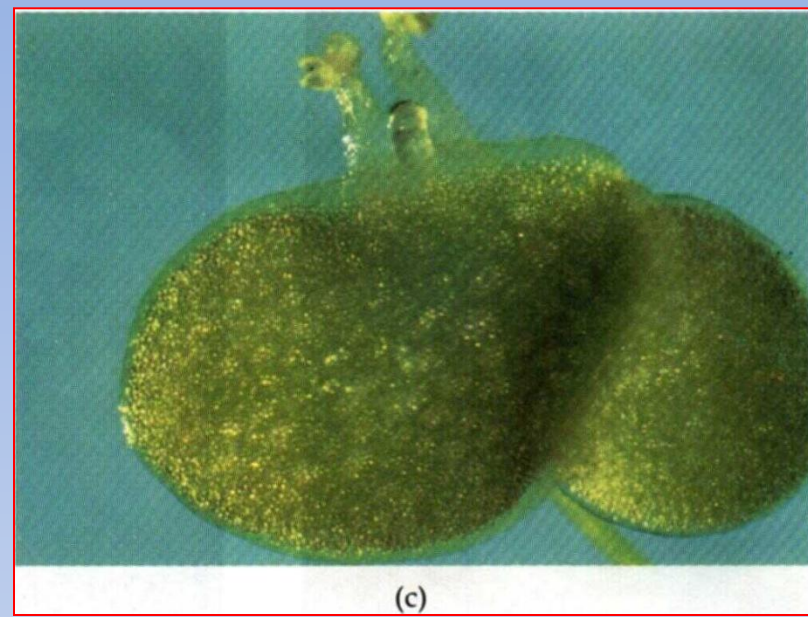
Maiores árvores do Brasil



Castanheira do Pará - *Bertholletia excelsa*



(a)



(c)

18.2

Membros da família Lemnaceae são as menores plantas com flores; suas características estruturais as colocam como parentes bastante reduzidos da família dos antúrios (Araceae), que inclui ainda o copo-de-leite (*Zantedeschia*) e os filodendros (*Philodendron*). (a) Uma abelha pousada sobre uma camada flutuante de três espécies de Lemnaceae. A maior planta é *Lemna gibba*, com cerca de 2 a 3 mm de comprimento; as menores são duas espécies de *Wolffia*, com até 1 milímetro de comprimento. (b) Uma planta florida de *W. borealis* com um estigma circular e côncavo (parecido com uma rosquinha) e uma antera diminuta logo acima, ambas projetando-se de uma cavidade central. Toda a planta tem menos de 1 mm de comprimento. (c) Planta florida de *L. gibba*; dois estames e um estilete saindo de uma cavidade na superfície superior da folha.

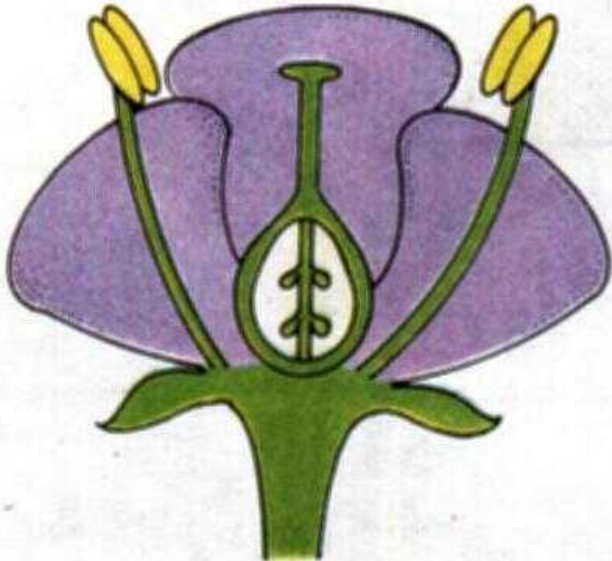


(b)

Quadro 18.1 *Principais Diferenças entre Mono- e Dicotiledôneas*

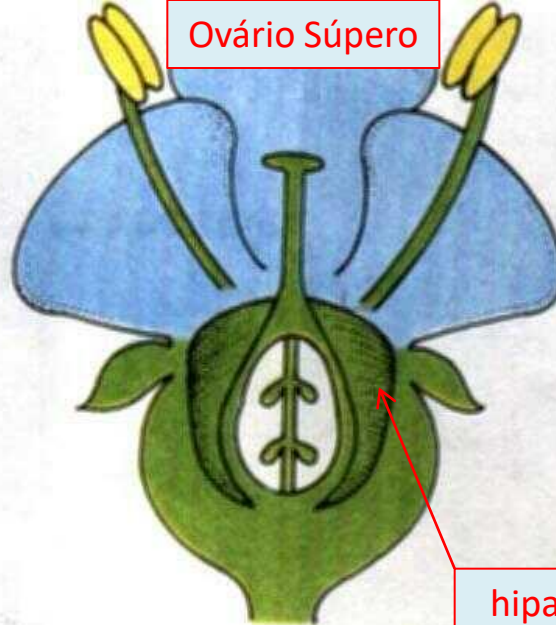
Característica	Dicotiledôneas	Monocotiledôneas
Partes florais	Múltiplos de 4 ou 5 (usualmente)	Múltiplos de 3 (usualmente)
Pólen	Basicamente tricolpado (com três sulcos ou poros)	Basicamente monocolpado (com um sulco ou poro)
Cotilédones	Dois	Um
Nervação da folha	Usualmente em rede	Usualmente paralela
Feixes vasculares primários do caule	Em um anel	Disposição complexa
Crescimento secundário, com câmbio vascular	Comumente presente	Ausente

Ovário Súpero



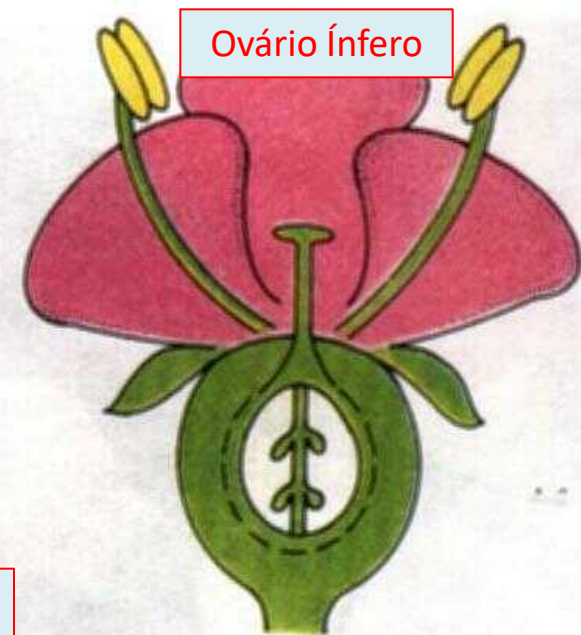
FLOR
HIPÓGINA

Ovário Súpero



FLOR
PERÍGINA

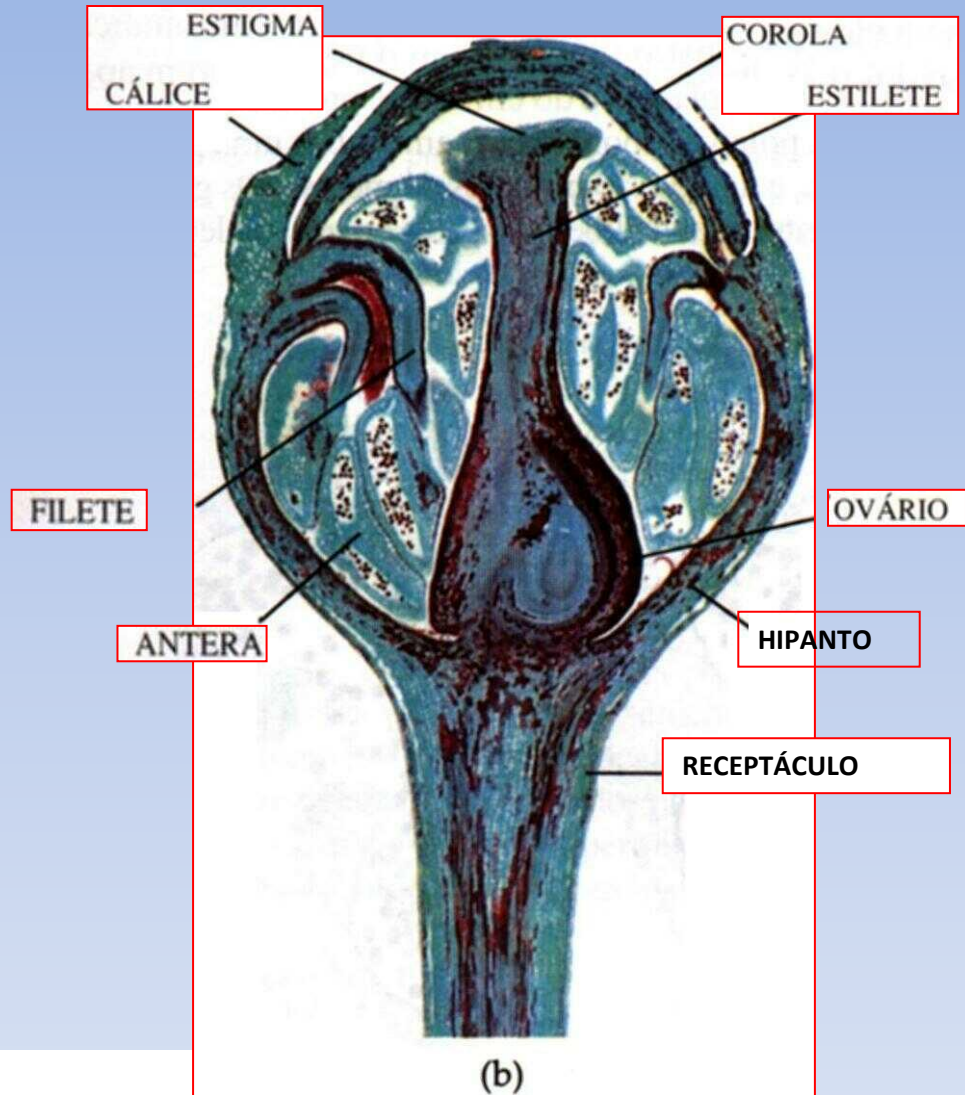
Ovário Ífero



FLOR
EPÍGINA

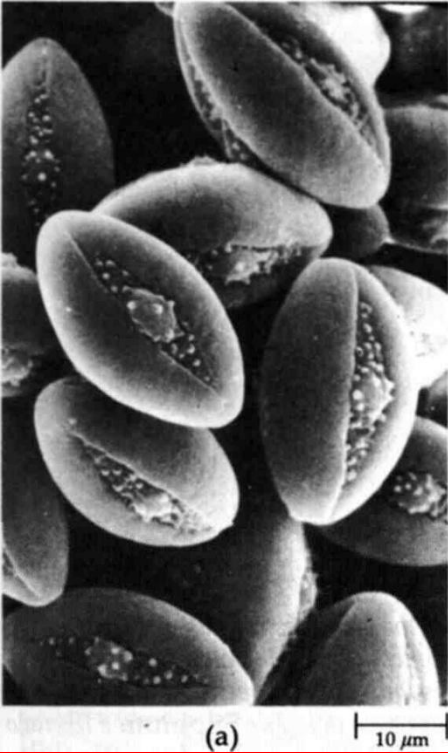
18.11

Tipos de inflorescência em famílias comuns de dicotiledôneas, mostrando diferenças na posição do ovário. Nas Ranunculaceae por exemplo, as sépalas, pétalas e estames estão abaixo do ovário, não existindo qualquer fusão; tais flores são ditas hipóginas. Muitas Rosaceae têm sépalas, pétalas e estames fixos abaixo do ovário; tais flores são no entanto períginas, pois os três primeiros verticilos estão fundidos formando um hipanto. Apiaceae, por exemplo, tem ovário ífero, isto é, sépalas, pétalas e estames estão acima do ovário; tais flores são ditas epíginas.



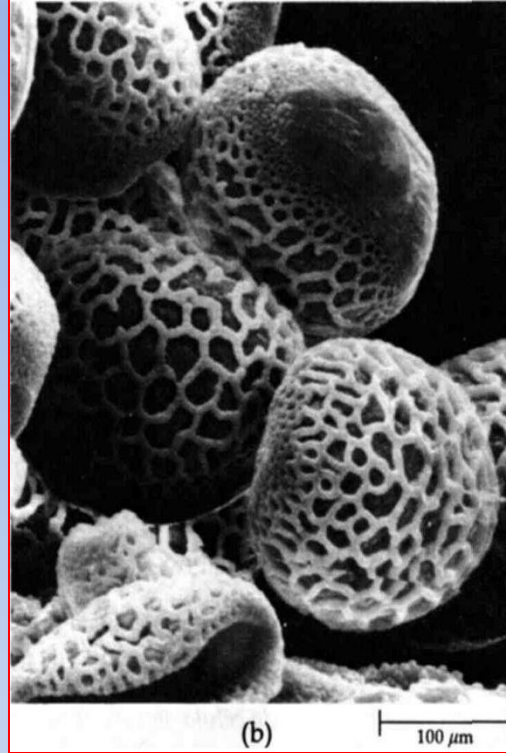
18.12

Flor de cerejeira (Prunus). (a) e (b) mostrando a periginia; as sépalas, pétalas e estames formam um hipanto (uma extensão cupuliforme do receptáculo). Em (b) os estames estão dobrados no hipanto, pois a flor ainda não abriu.



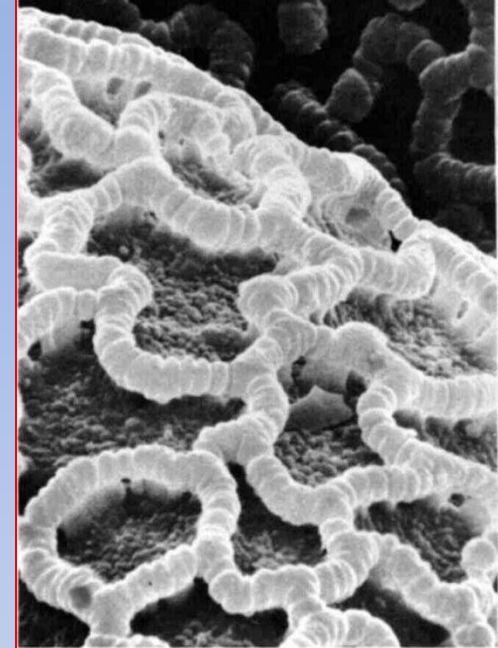
(a)

10 μm



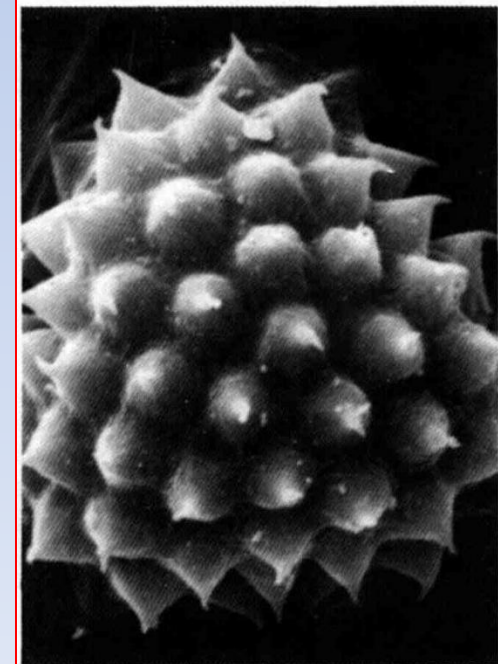
(b)

100 μm



(c)

5 μm



(d)

18.15

A parede dos grãos de pólen servem para proteger o gametófito masculino na sua jornada freqüentemente perigosa entre a antera e o estigma. A camada externa, ou exina, é composta principalmente de uma substância conhecida como esporopolenina, que parece ser um polímero composto principalmente por carotenóides. A exina, que é marcadamente rígida e resistente, é com freqüência elaboradamente ornamentada.

A ornamentação das paredes do grão de pólen é muito precisa e distinta entre uma espécie e outra, como revelado nestas fotomicrografias de microscopia de varredura. (a) Grãos de pólen do castanheiro-da-índia (*Aesculus hippocastanum*). O poro de cada grão, através do qual o tubo polínico emerge, pode ser visto nos sulcos. (b) Grãos de pólen de um lírio (*Lilium longiflorum*). (c) Detalhe da superfície do grão de *L. longiflorum*. (d) Grão de pólen de *Ambrosia psilostachya*. O pólen desta espécie é a causa primária da febre do feno. Grãos de pólen com espinhos como estes são comuns entre os membros da família do girassol (*Asteraceae*).



(a)

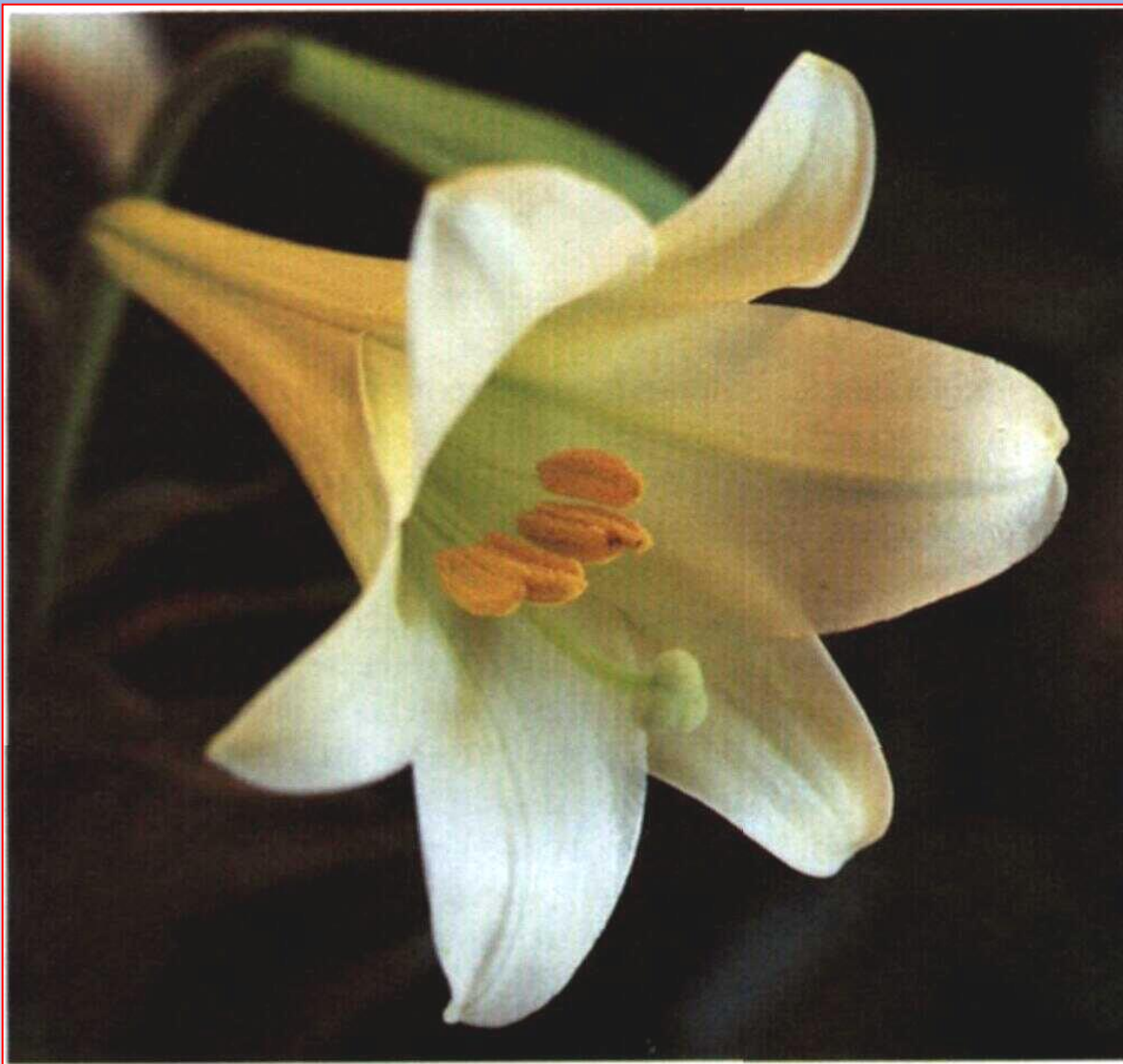


(b)

18.22

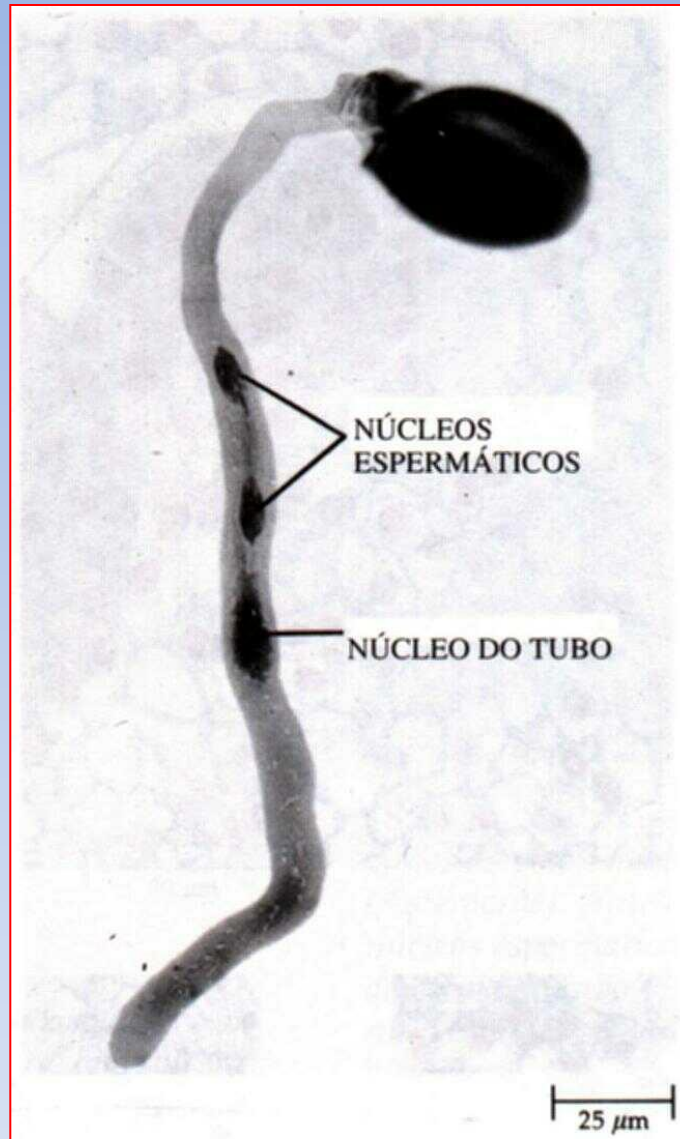
Estas flores de Epilobium angustifolium ilustram a dicogamia. (a) Flores na fase estaminada, produzindo pólen. (b) Flores na fase pistilada. Estas flores abrem-se ao longo da inflorescência, da base para o ápice. Logo que as flores abrem, as anteras começam a liberar o pólen; cerca de dois dias depois, o estilete, que estava fletido para o lado, move-se em direção ao centro da flor, o estigma abre-se, e a flor está na fase pistilada. Neste momento as anteras já liberaram todo seu pólen. O resultado é que as flores mais inferiores de um ramo que abriu há alguns dias estão na fase pistilada e as flores mais acima, na fase estaminada. Abelhas dirigem-se para os ramos das plantas, transferindo pólen para as flores pistiladas, e então voam para as flores mais inferiores da próxima planta.

Dicogamia: estratégia reprodutiva que inclui um tipo de hermafroditismo com separação temporal na produção de gametas masculinos e femininos num mesmo indivíduo



18.23

Esta flor de lírio (Lilium longiflorum) ilustra a grande separação espacial entre estigma e anteras, característica de muitas plantas.



18.19

Gametófito masculino maduro de Polygonatum. Os núcleos espermáticos e o núcleo do tubo podem ser vistos no tubo polínico.

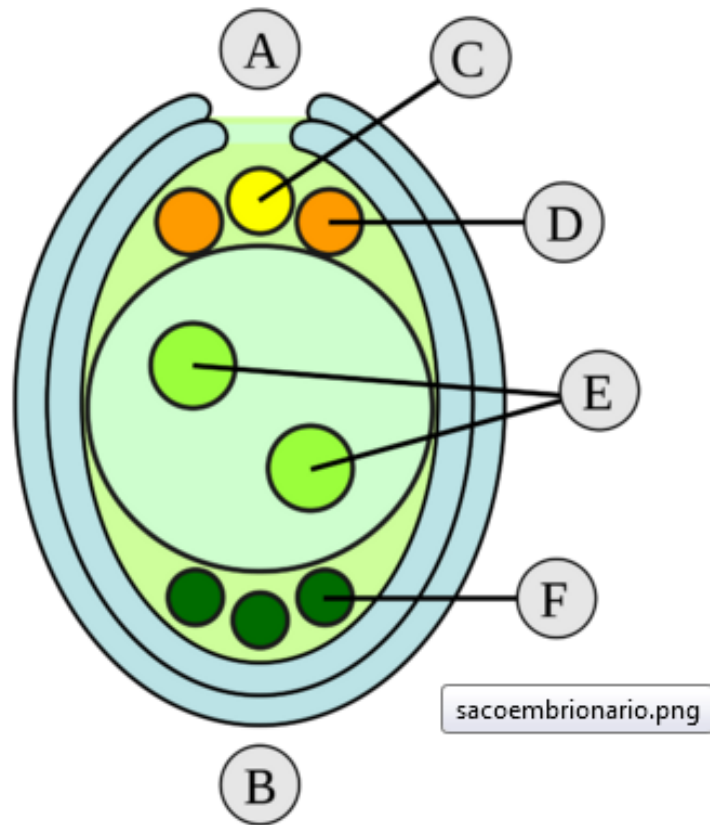
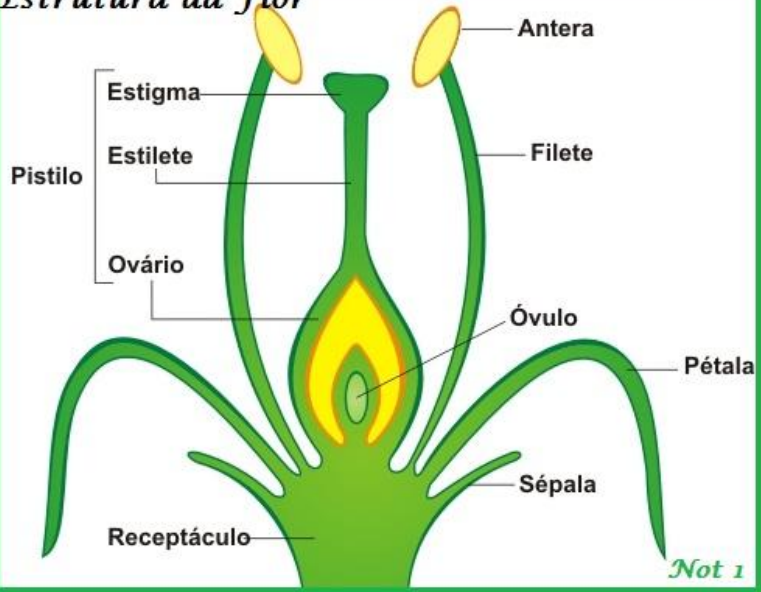
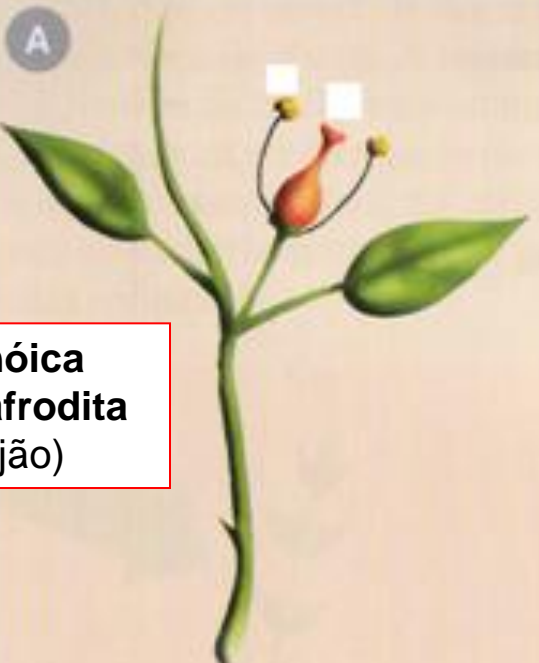


Figura 4. Saco embrionário.

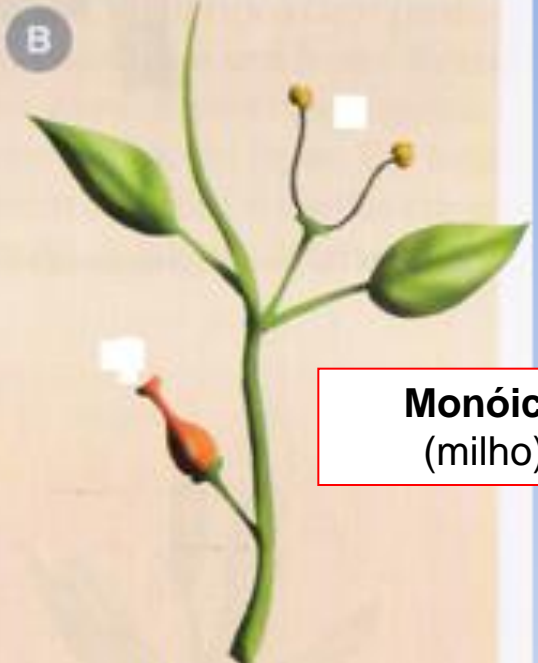
A. região micrópilo B. Região do calazal C. Oosfera D. Sinergídeas E. núcleo polares F. Antípodas

Estrutura da Flor





**Monóica
Hermafrodita
(feijão)**



**Monóica
(milho)**

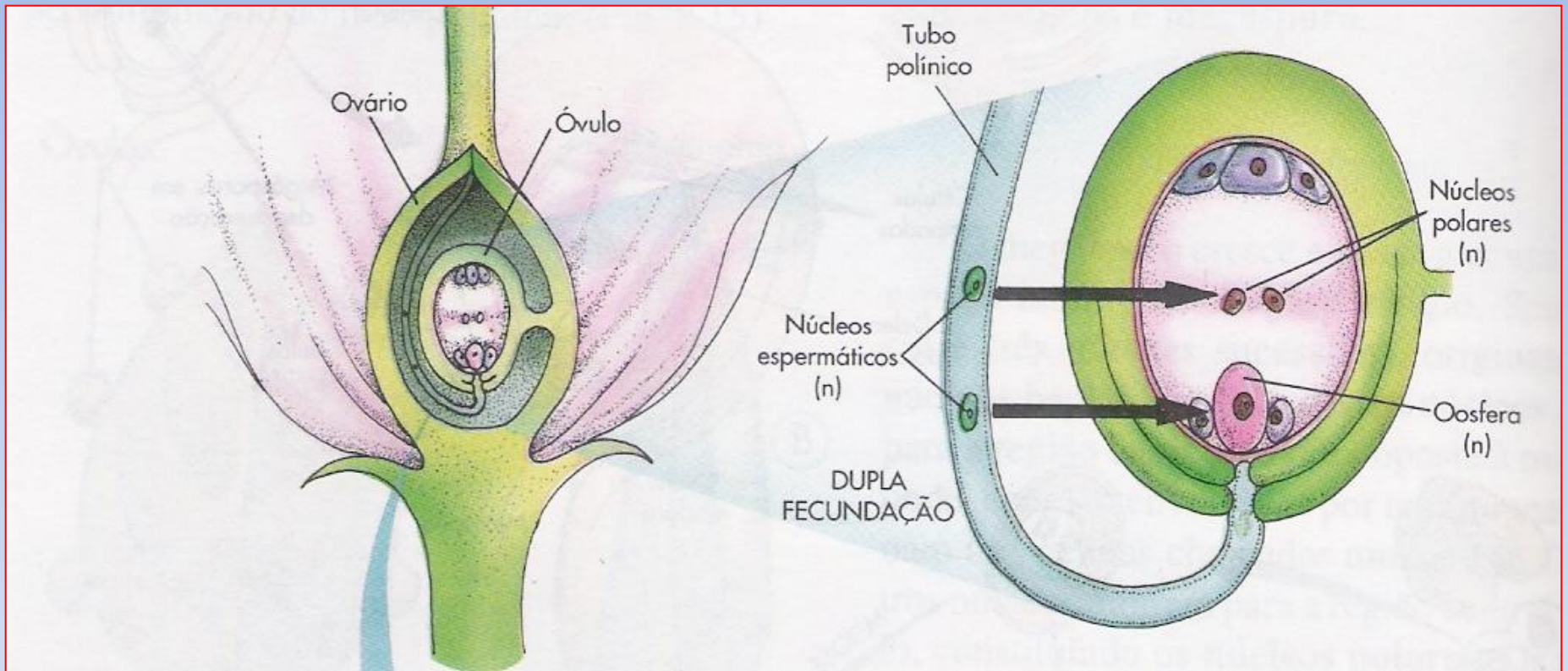


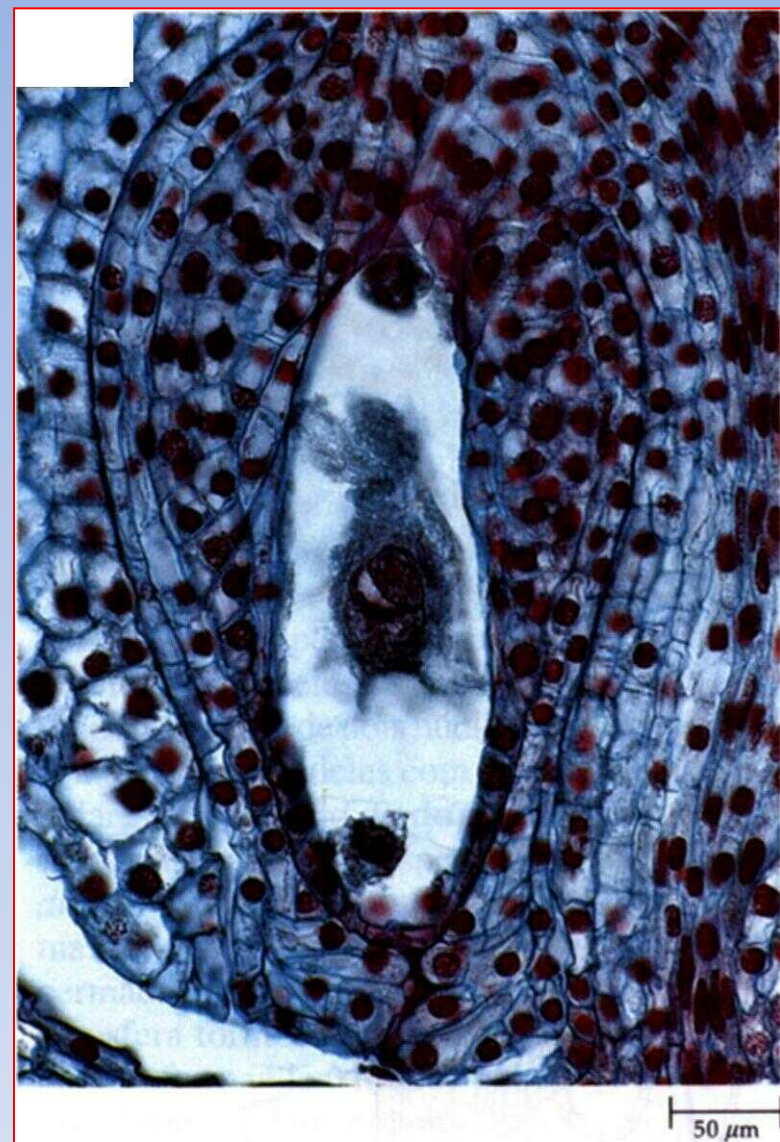
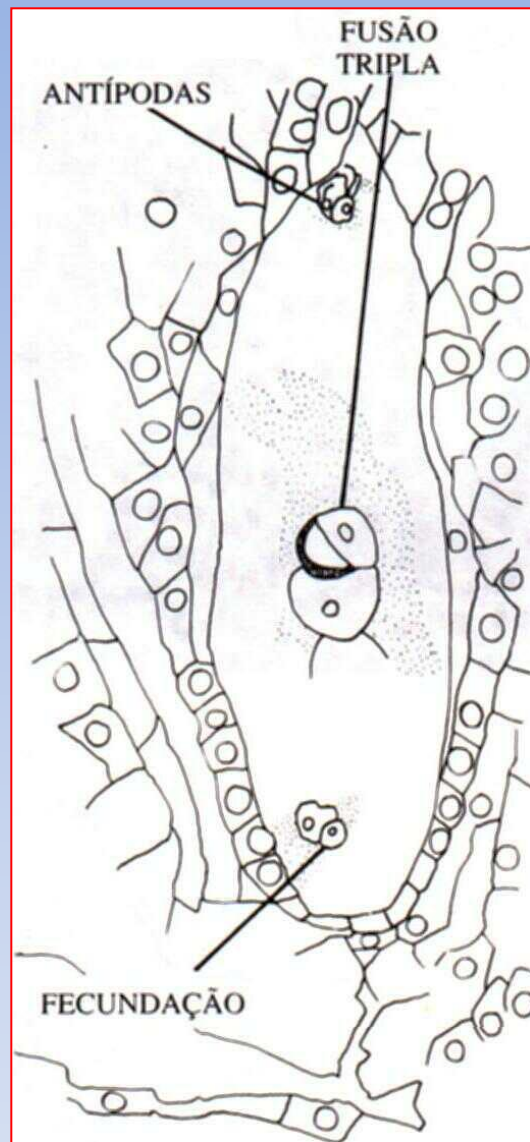
**Dióica
Masculina
(amora)**



**Dióica
Feminina
(amora)**

Dupla-fecundação:





18.20

Lilium. Dupla fecundação. União do núcleo espermático e oosfera pode ser vista na metade inferior da fotomicrografia. A tripla fusão com o outro núcleo espermático ocorre acima.

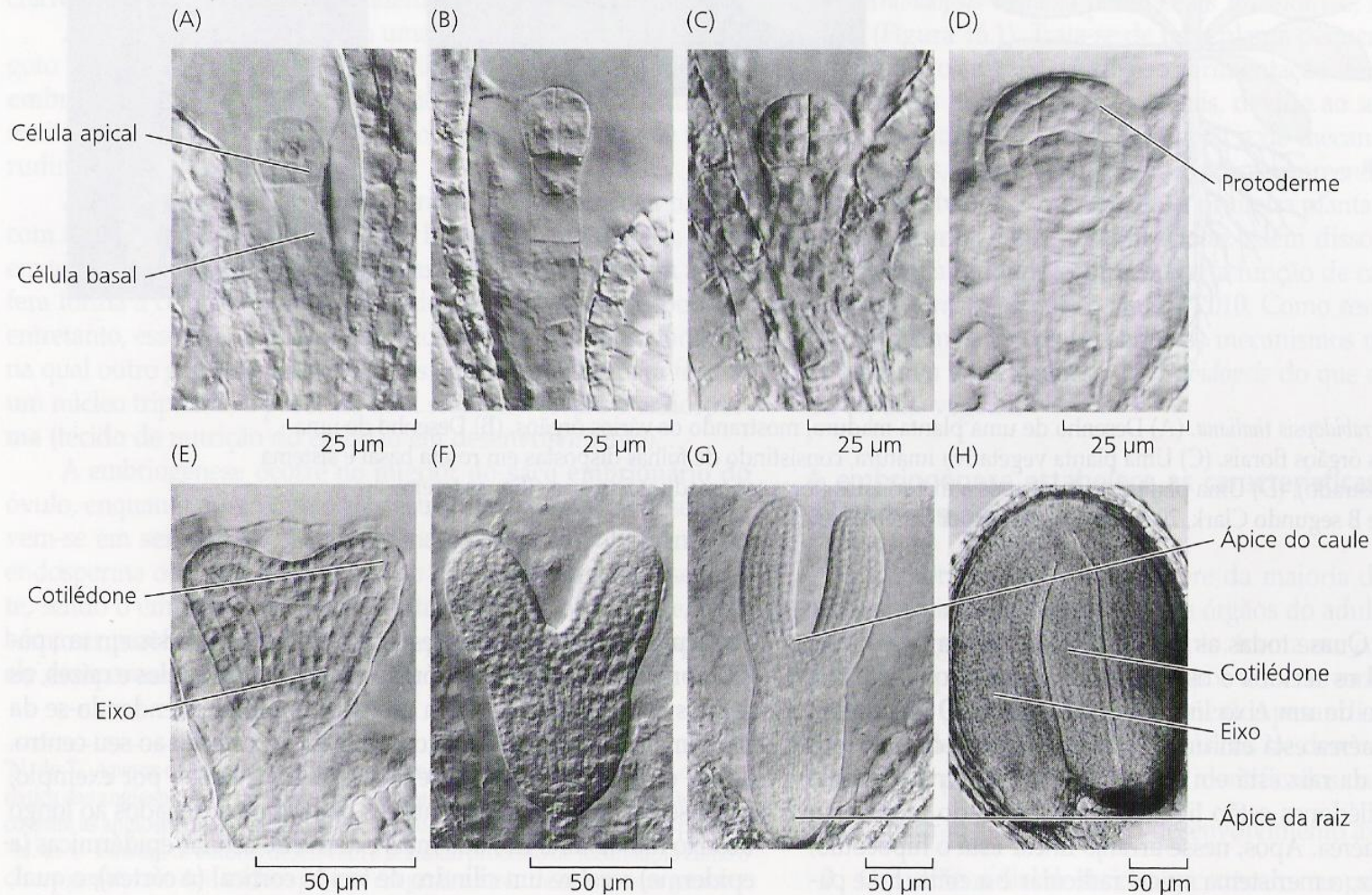
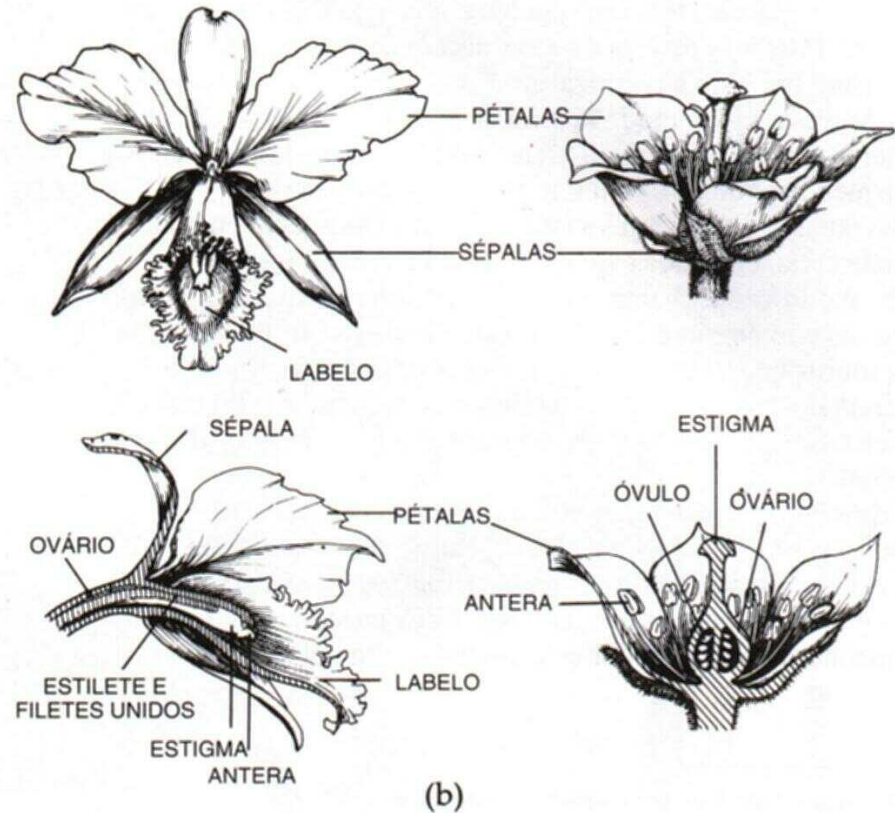


FIGURA 16.3 A embriogênese de *Arabidopsis* é caracterizada por um padrão definido de divisões celulares. Os estádios sucessivos da embriogênese estão aqui representados. (A) Embrião de uma célula após a primeira divisão do zigoto, formando as células apical e basal; (B) embrião de duas células; (C) embrião de oito células; (D) estágio globular inicial, que desenvolveu uma protoderme distinta (camada da superfície); (E) estágio de coração inicial; (F) estágio de coração tardio; (G) estágio de torpedo; (H) embrião maduro (West e Harada, 1993, fotografias de K. Matsudaira Yee; cedidas por John Harada, © American Society of Plant Biologists, impresso com permissão).

*N. de T. Segundo a nomenclatura atual, o meristema pró-vascular origina o sistema vascular primário, sem menção do termo procâmbio.



(a)



(b)

19.15

(a) Uma orquídea do gênero *Cattleya*. As orquídeas formam uma das famílias mais especializadas de monocotiledôneas. (b) Comparação entre as partes de uma flor de orquídea, à esquerda, com uma flor radialmente simétrica, à direita. O labelo é uma pétala modificada, que serve como plataforma de pouso para insetos.



(a)



(b)

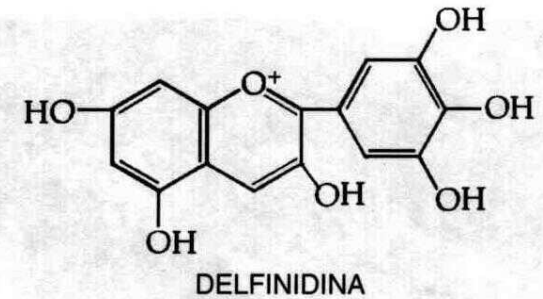
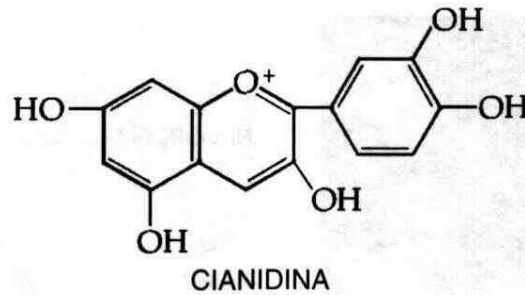
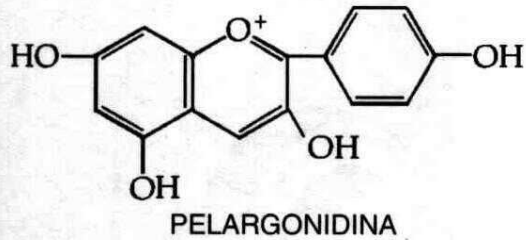
19.17

Vanilla, uma orquídea que é fonte do aromatizante baunilha. Originalmente utilizada pelos astecas, no México, Vanilla é agora cultivada principalmente em Madagáscar e outras ilhas no Oceano Índico, e em várias partes do Velho Mundo. A baunilha é extraída dos frutos secos e fermentados desta orquídea. O chocolate é uma mistura de cacau e baunilha. O aromatizante sintético de baunilha (vanilina) é agora usado como fonte de cerca de 95% de toda a baunilha consumida. (a) Flores de Vanilla planifolia. (b) Polinização manual de plantas de Vanilla no México; este procedimento é utilizado mesmo em plantas selvagens, para garantir uma boa colheita de frutos dos quais a baunilha é extraída.



Hugo Marie de Vries (Haarlem, 16 de fevereiro de 1848 - Lunteren, 21 de maio de 1935) foi um biólogo neerlandês, um dos três cientistas a quem se atribui o redescobrimto do trabalho de Mendel no ano de 1900, sobre as leis da hereditariedade. Cunhou o termo **mutação**.

A Coloração das Flores



19.37

Três pigmentos do tipo antocianina, o principal pigmento das flores das angiospermas. Pelargonidina (vermelho), cianidina (violeta) e delphinidina (azul). Compostos relacionados, conhecidos como flavonóis, são amarelos ou cor de marfim. Betacianinas (betalaínas) são pigmentos vermelhos que ocorrem em um grupo de dicotiledôneas. Misturas destes diferentes pigmentos, juntamente com mudanças no pH celular, produzem o amplo espectro de cores encontrado nas angiospermas. Mudanças na cor da flor são sinais aos polinizadores, "avisando-os" se a flor abriu-se recentemente, sendo assim mais capaz de fornecer-lhes alimento.

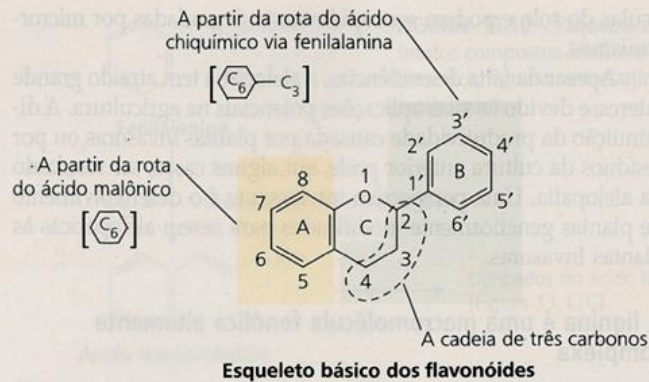


FIGURA 13.12 Estrutura do núcleo fundamental dos flavonóides. Os flavonóides são biossintetizados a partir de produtos das rotas do ácido chiquímico e do ácido malônico. As posições dos átomos de carbono recebem numeração conforme indicado.

reduz a digestibilidade dessas substâncias. A lignificação bloqueia o crescimento de patógenos e é uma resposta freqüente à infecção ou à lesão.

Existem quatro grupos principais de flavonóides

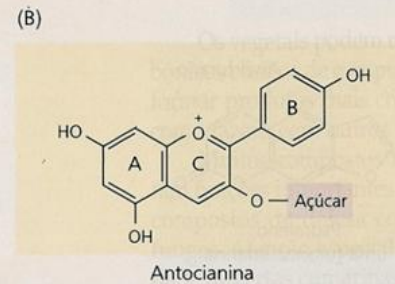
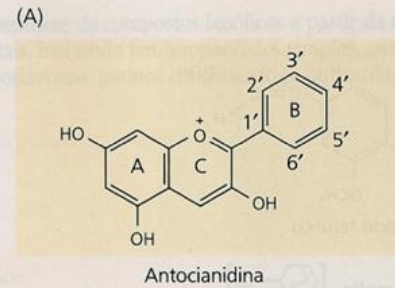
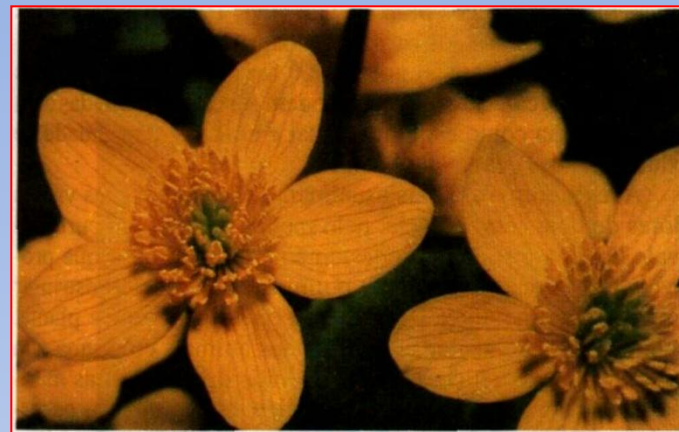


FIGURA 13.13 As estruturas das antocianidinas (A) e antocianinas (B). As cores das antocianidinas dependem, em parte, dos substituintes ligados ao anel B (ver Tabela 13.1). Um aumento no número de grupos hidroxila altera a absorção para um comprimento de onda mais longo, resultando na cor azul. A substituição do grupo hidroxila por um grupo metoxila (OCH_3) altera a absorção para um comprimento de onda um pouco mais curto, resultando na cor avermelhada.

TABELA 13.1

Efeito dos substituintes do anel na cor das antocianidinas

Antocianidina	Substituintes	Cor
Pelargonidina	4'—OH	Vermelho alaranjado
Cianidina	3'—OH, 4'—OH	Vermelho violáceo
Delfinidina	3'—OH, 4'—OH, 5'—OH	Azul violáceo
Peonidina	3'—OCH ₃ , 4'—OH	Vermelho rosado
Petunidina	3'—OCH ₃ , 4'—OH, 5'—OCH ₃	Violeta



(a)



(b)

(A)



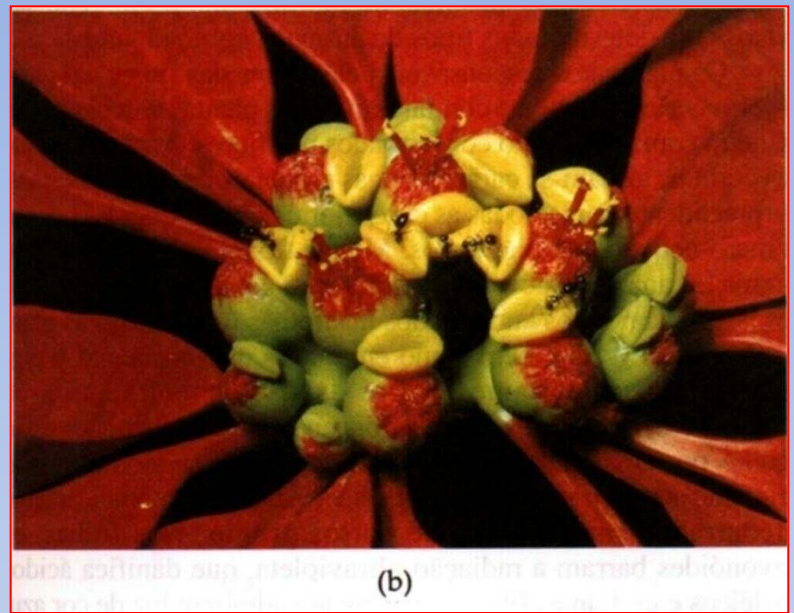
(B)



FIGURA 13.14 A margarida amarela (*Rudbeckia* sp) como vista por humanos (A) e como deve ser vista por abelhas (B). (A) Para humanos, a inflorescência apresenta lígulas amarelas e um disco central marrom. (B) Para abelhas, as extremidades das lígulas aparecem como amarelo-claro, a porção interna das lígulas como amarelo-escuro e o disco central, preto. Os flavonóis que absorvem na região da luz ultravioleta são encontrados nas partes internas das lígulas, mas não nas extremidades. A distribuição dos flavonóis e a sensibilidade dos insetos à parte do espectro UV contribuem para o padrão “olho-de-boi”, visto pelas abelhas, o que, possivelmente, as auxilia na localização do pólen e do néctar. Uma iluminação especial foi utilizada para estimular a sensibilidade espectral do sistema visual das abelhas. (Cortesia de Thomas Eisner.)

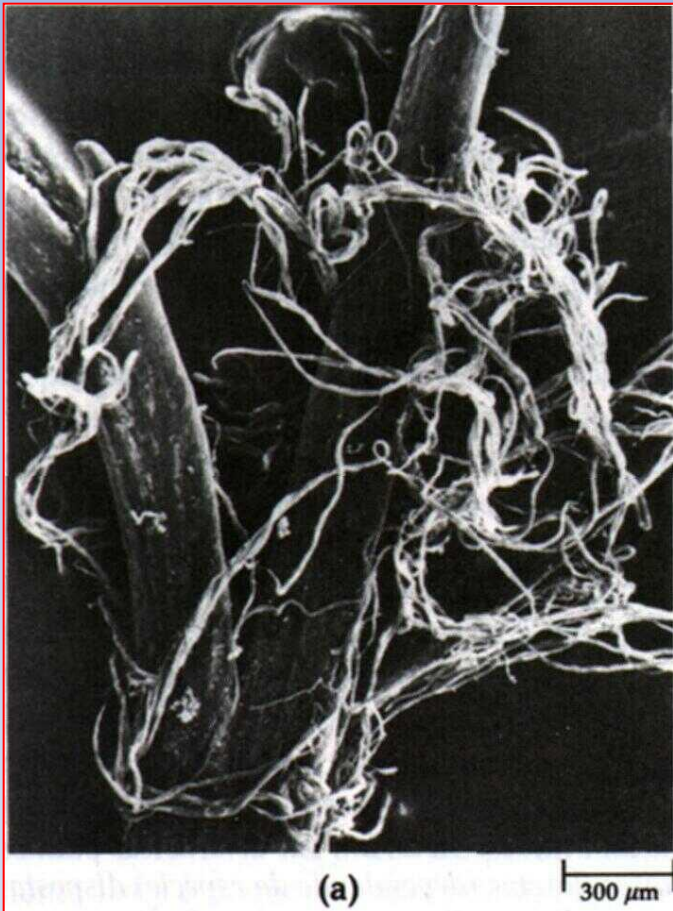
19.23

*A percepção de cores pelos insetos é diferente daquela dos seres humanos. Para uma abelha, por exemplo, luz ultravioleta (invisível para os humanos) é percebida como uma cor distinta. Estas fotografias mostram flores de *Caltha palustris* (a) em luz natural, mostrando a cor amarela aparente aos humanos, e em (b) sob luz ultravioleta. As partes da flor que aparecem claras em (b) refletem amarelo e ultravioleta, que se combinam para formar uma cor chamada de “púrpura de abelha”, enquanto as partes escuras da flor absorvem o ultravioleta e, portanto, aparecem amarelas quando vistas por uma abelha. (Ver também a página 398.)*



19.31

Exemplos de flores ornitófilas. (a) *Aquilegia canadensis*. Segmentos alternados do perianto são modificados em tubos de néctar. Os beija-flores visitam estas flores pendentes, retirando-lhes o néctar durante o voo; o néctar destas flores é inacessível para a maioria dos animais. (b) e (c) Bico-de-papagaio (*Euphorbia pulcherrima*). Nesta planta familiar, nativa do México, as flores são pequenas, esverdeadas e agrupadas, mas cada grupo* possui um grande nectário amarelo, que produz néctar em abundância. Formigas são vistas alimentando-se de néctar em (b). Folhas modificadas, de cor vermelho-brilhante, atraem os beija-flores para os grupos de flores.



(a)

300 μm



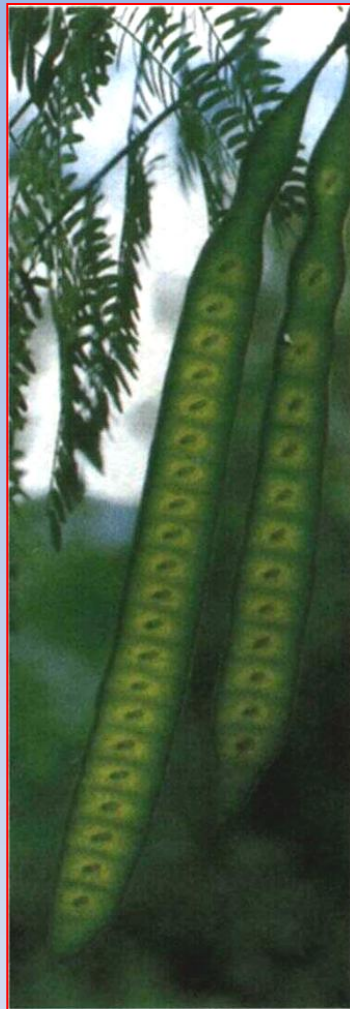
(b)

19.36

Sistemas de polinização excepcionais em angiospermas submersas. (a) Os estigmas bastante ramificados de *Amphibolis*, vistos aqui em microscopia eletrônica de varredura, capturaram muitos grãos de pólen filiformes, liberados por plantas masculinas desta espécie. (b) Pequenas flores estaminadas de *Vallisneria*, flutuando na depressão formada pela tensão superficial na película de água, ao redor da grande flor pistilada. Os grãos de pólen são visíveis na flor estaminada.



(a)



(b)



(c)

O legume, um tipo de fruto que é usualmente deiscente, é característico da família do feijão, Fabaceae (também chamada Leguminosae). Com cerca de 18.000 espécies, Fabaceae é uma das maiores famílias de angiospermas. Muitos membros da família são capazes de fixar o nitrogênio devido à presença de bactérias do gênero *Rhizobium*, que formam nódulos em suas raízes (ver Cap. 27). Por esta razão, estas plantas são geralmente os primeiros colonizadores em solos pouco férteis, como nos trópicos, podendo assim crescer rapidamente. As sementes de alguns membros da família são importantes fontes alimentares, como os feijões e ervilhas. (a) Legumes da ervilha, *Pisum sativum*. (b) Legumes de *Albizzia polyphylla*, crescendo em Madagáscar; cada semente está em um compartimento separado do fruto. (c) Legume de *Griffonia simplicifolia*, uma planta do oeste africano. As duas valvas do legume estão separadas, revelando as duas sementes em seu interior.



19.43

Os pequenos frutos indeiscentes do dente-de-leão, conhecidos tecnicamente como cipselas (mas freqüentemente chamados de aquênios), são dispersos por seu cálice modificado (o pappus). Esta fotografia mostra os capítulos frutificados de uma planta do gênero *Agoseris*, bastante relacionado aos dentes-de-leão.



19.44

Em *Salsola*, a planta inteira solta-se e é levada pelo vento, espalhando suas sementes enquanto rola pelo solo. A fotografia mostra a grande quantidade de plantas deste tipo que foram levadas pelo vento, na cidade de Mobridge, Dakota do Sul, em 8 de novembro de 1989. *Salsola* é nativa da Eurásia, mas é facilmente encontrada na América do Norte e outros locais.



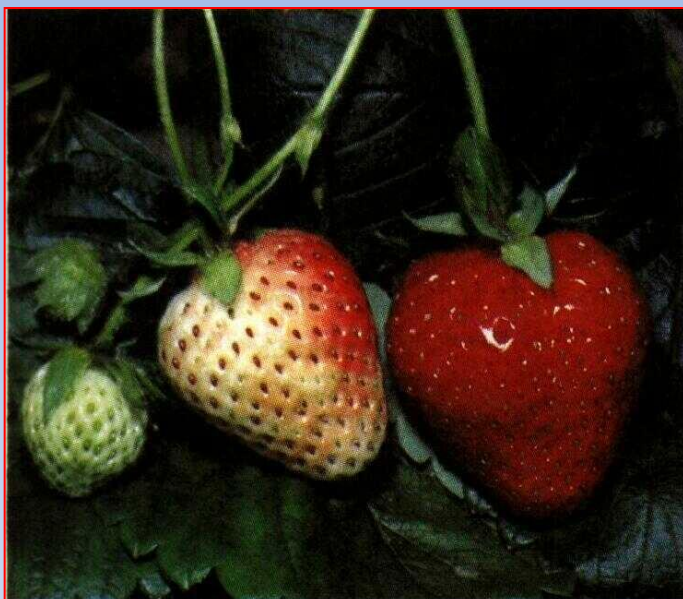
(a)



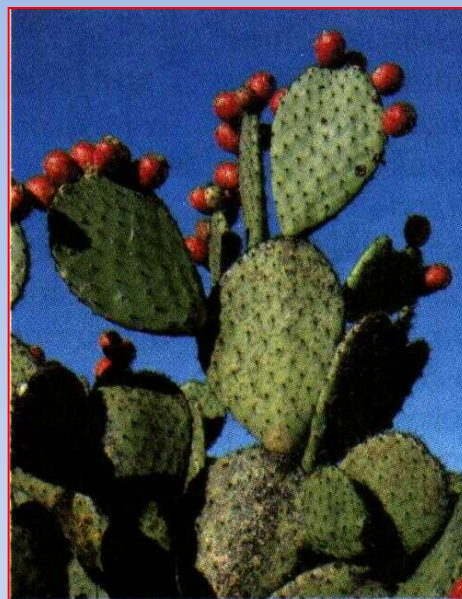
(b)

19.45

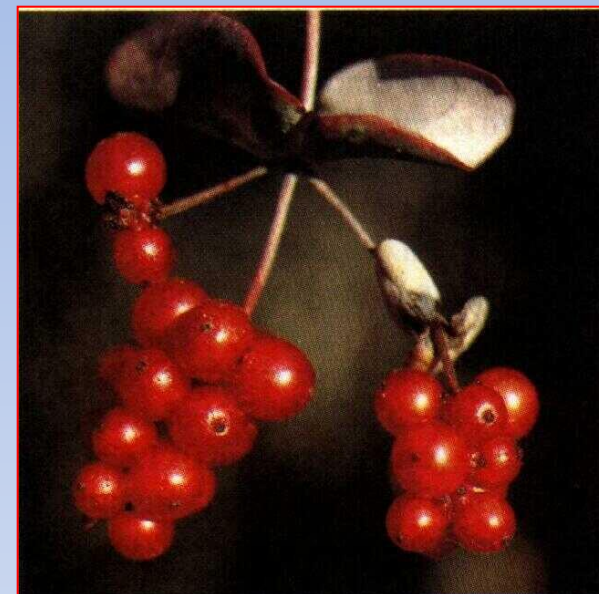
Visco-anão (Arceuthobium), uma dicotiledônea parasita, a mais séria causadora de perda de produtividade florestal no Oeste americano. (a) Uma planta crescendo num ramo de pinheiro na Califórnia. (b) Descarga da semente. Uma pressão hidrostática muito forte forma-se no fruto e lança as sementes a até 15 metros de distância. As sementes têm uma velocidade inicial de cerca de 100 quilômetros por hora. Este é um dos modos pelos quais as sementes podem ser espalhadas para outras árvores, apesar de serem pegajosas e poderem ser carregadas nos pés de aves a distâncias bem maiores.



(a)



(b)



(c)

19.46

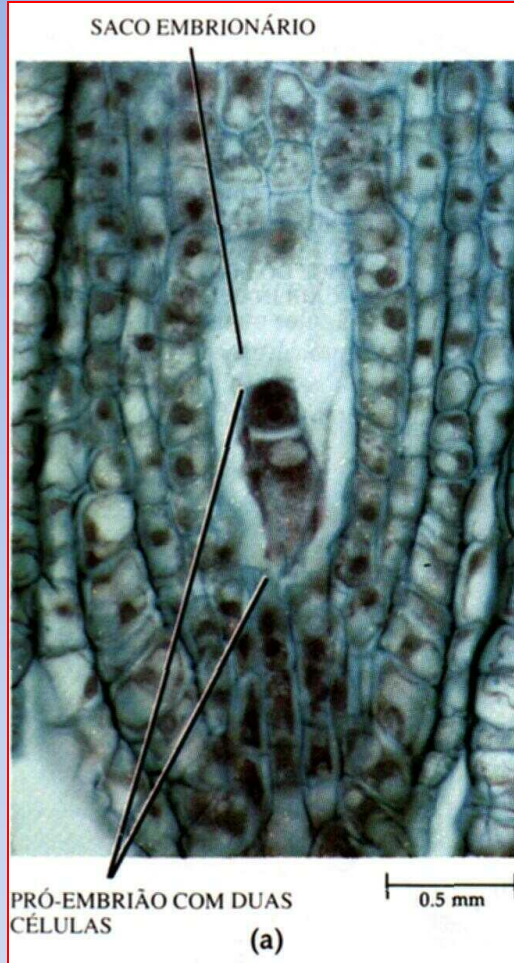
As sementes dos frutos carnosos são geralmente dispersas por vertebrados, que comem os frutos e regurgitam as sementes ou as liberam através das fezes. Exemplos de frutos dispersos por vertebrados são mostrados aqui. (a) Morangos (*Fragaria*), um exemplo de fruto agregado. Os aquênios estão sobre a superfície do receptáculo carnoso. Morangos imaturos, como os estágios imaturos da maioria das plantas dispersas por aves e mamíferos, são verdes, mas tornam-se vermelhos quando as sementes estão maduras, e assim prontas para a dispersão. (b) As bagas de muitos cactos, como este figo-da-índia (*Opuntia*) que cresce no sul do México, são conspícuas na maturidade. (c) Bagas de *Lonicera hispidula*. Estas bagas desenvolvem-se de ovários ínferos e, portanto, possuem partes de alguns verticilos florais incorporados a elas. Uma flor desta espécie é mostrada na Fig. 19.13c.



19.47

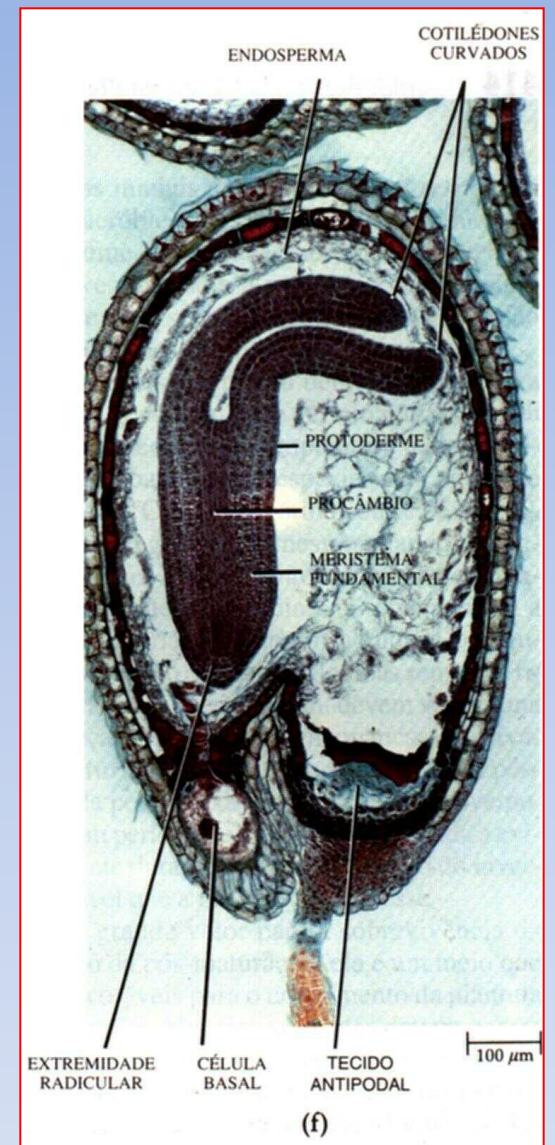
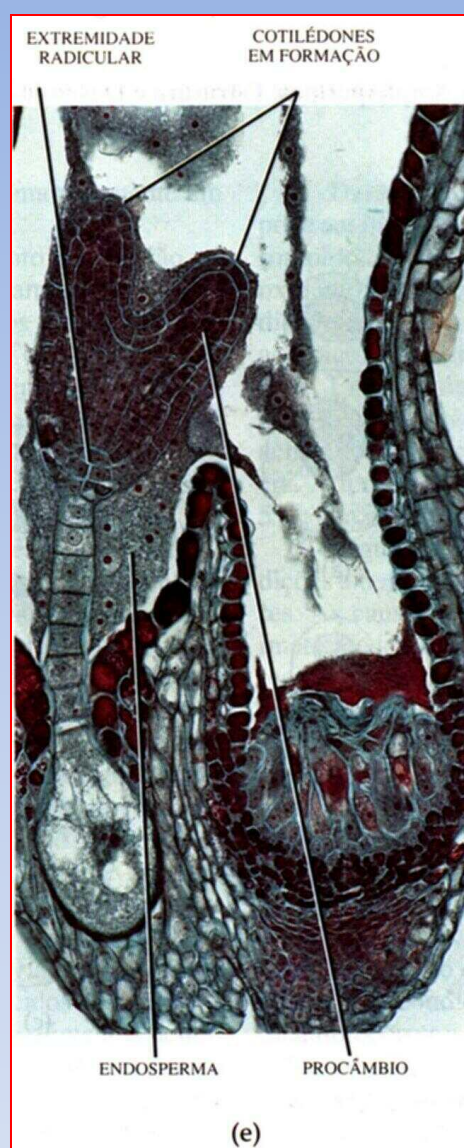
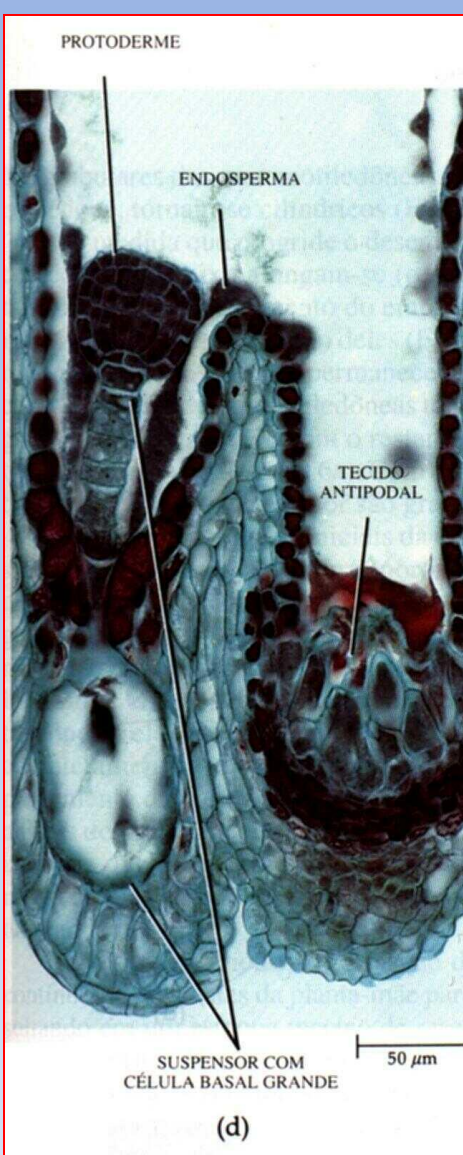
Os frutos da planta africana *Harpagophytum* (família *Pedaliaceae*) estão equipados com ganchos, através dos quais podem grudar na pelagem das pernas de grandes mamíferos e, assim, espalharem-se de um lugar ao outro.

Desenvolvimento Inicial da Planta

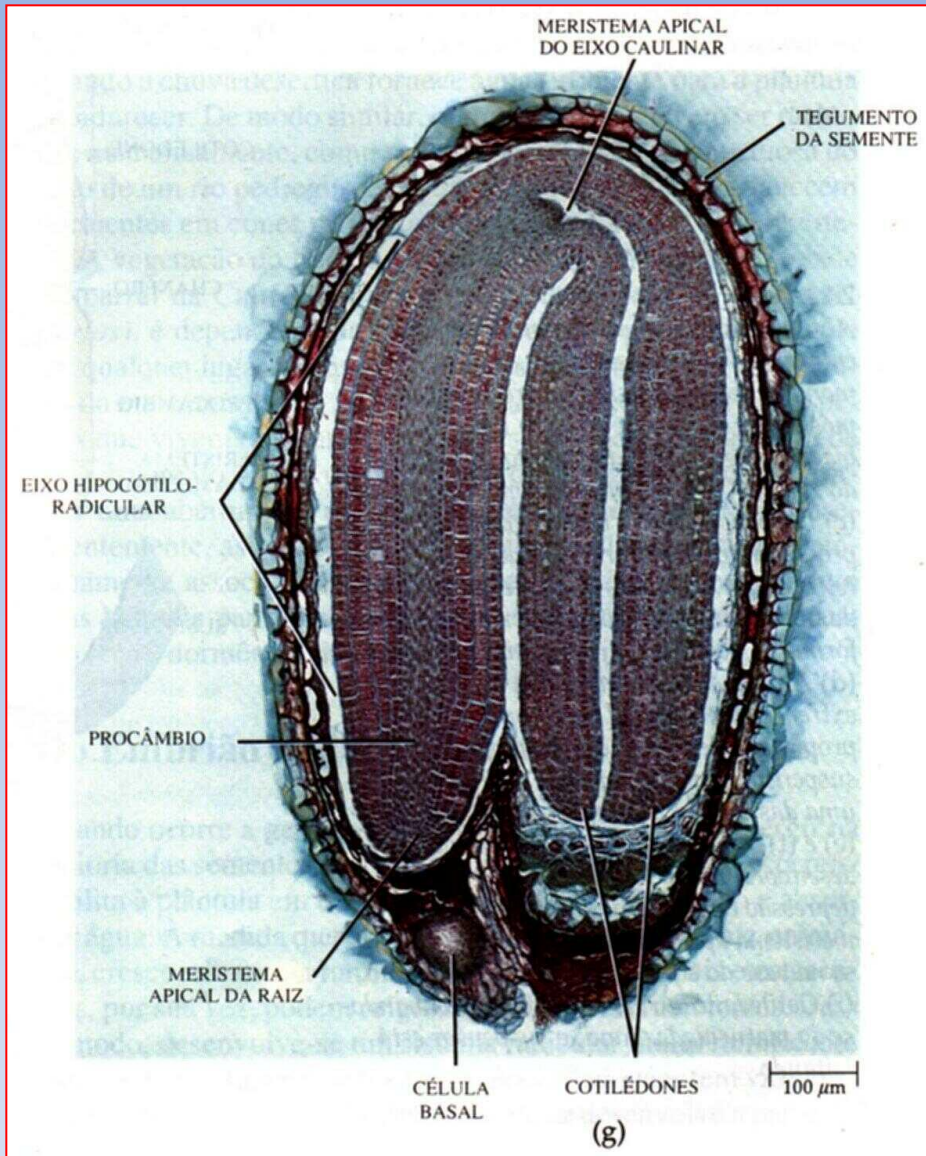


20.3

Estágios do desenvolvimento do embrião da bolsa-de-pastor (Capsella bursa-pastoris), uma dicotiledônea. (a) Estágio bicelular, resultante da divisão transversal do zigoto. (b) Pró-embrião com três células. (c) Pró-embrião com seis células. O suspensor é agora distinto a partir de duas células terminais, as quais se desenvolvem no embrião propriamente dito. (d) O embrião propriamente dito é globular e tem uma protoderme. A célula grande próxima ao fundo é a célula basal do suspensor. (e) Embrião em estágio cordiforme (emergência dos cotilédones). (f) Embrião em estágio de torpedo. Em Capsella o embrião curva-se. (g) Embrião maduro.

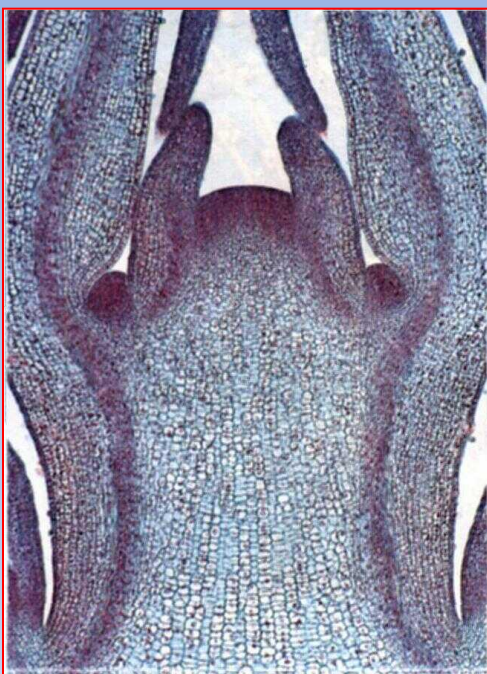


propriamente dito. (d) O embrião propriamente dito é globular e tem uma protoderme. A célula grande próxima ao fundo é a célula basal do suspensor. (e) Embrião em estágio cordiforme (emergência dos cotilédones). (f) Embrião em estágio de torpedo. Em *Capsella* o

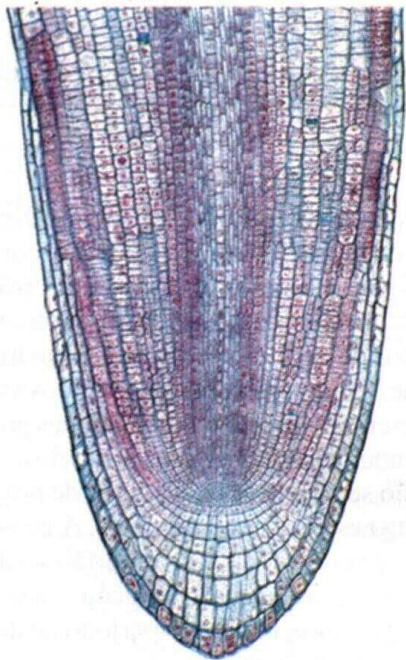


20.3

Estágios do desenvolvimento do embrião da bolsa-de-pastor (Capsella bursa-pastoris), uma dicotiledônea. (a) Estágio bicelular, resultante da divisão transversal do zigoto. (b) Pró-embrião com três células. (c) Pró-embrião com seis células. O suspensor é agora distinto a partir de duas células terminais, as quais se desenvolvem no embrião propriamente dito. (d) O embrião propriamente dito é globular e tem uma protoderme. A célula grande próxima ao fundo é a célula basal do suspensor. (e) Embrião em estágio cordiforme (emergência dos cotilédones). (f) Embrião em estágio de torpedo. Em Capsella o embrião curva-se. (g) Embrião maduro.



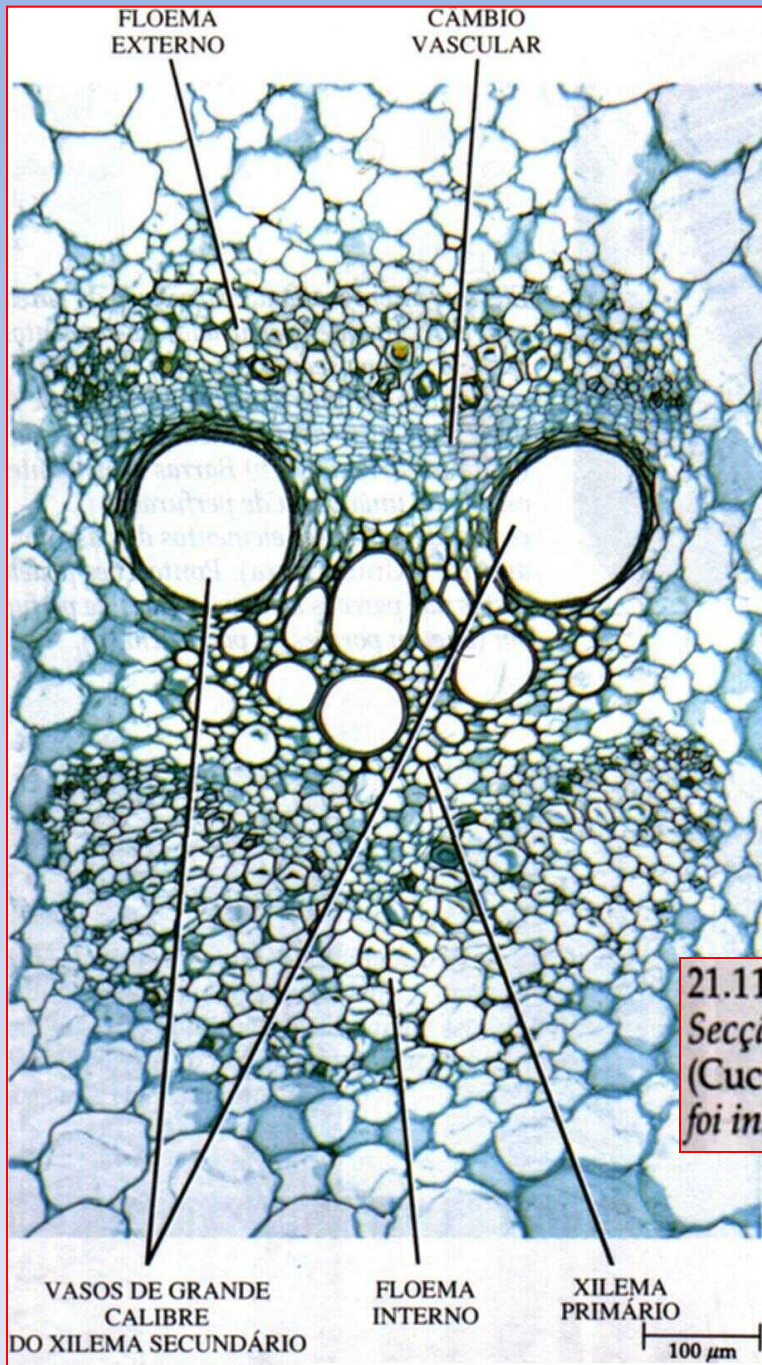
(a)



(b)

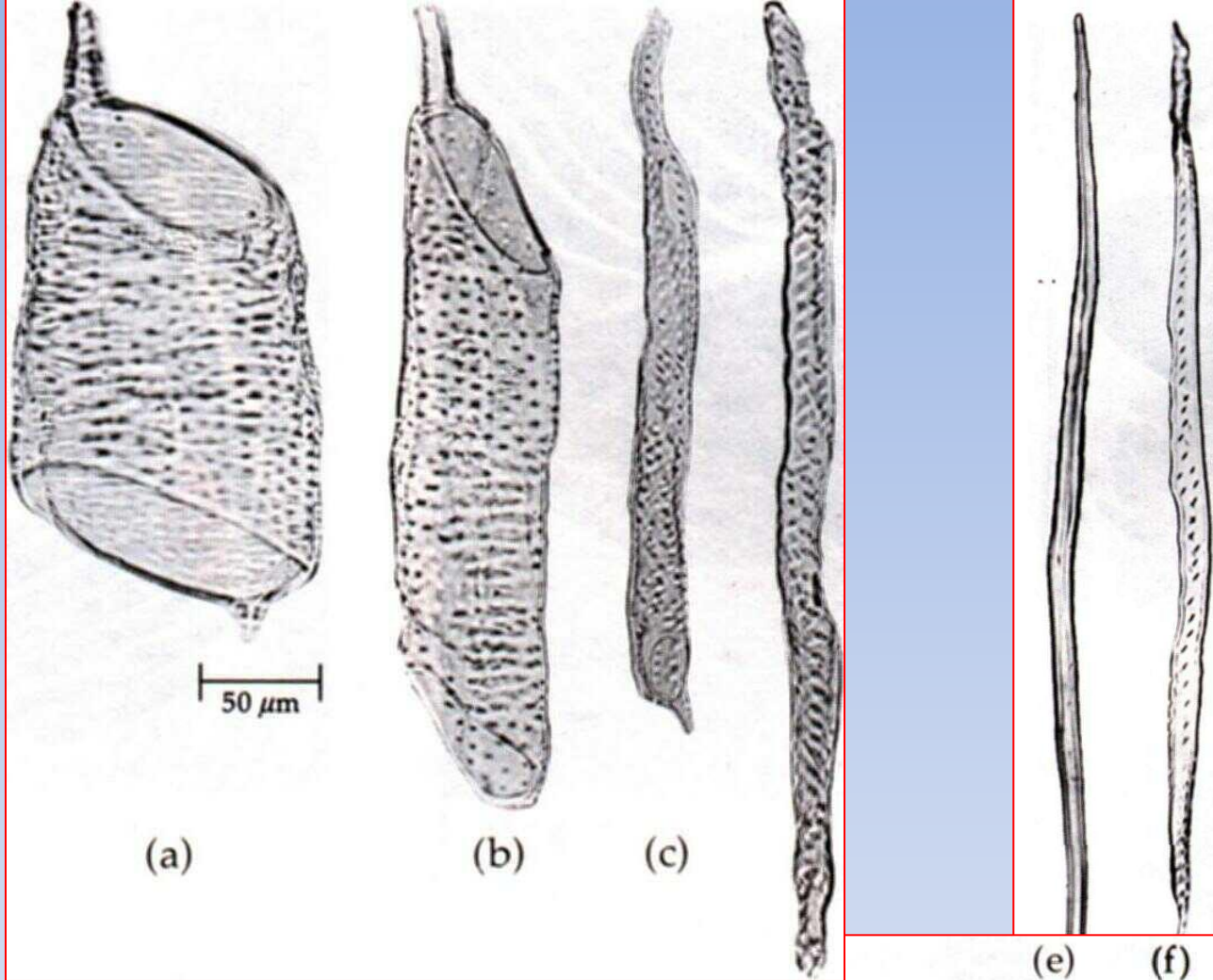
21.1

Secção longitudinal da (a) extremidade do sistema caulinar do lilás (Syringa vulgaris) e da (b) extremidade radicular do rabanete (Raphanus sativus), mostrando os meristemas apicais. Primórdios de folhas e gemas axilares estão presentes em (a). Em (b) uma coifa cobre o meristema apical.



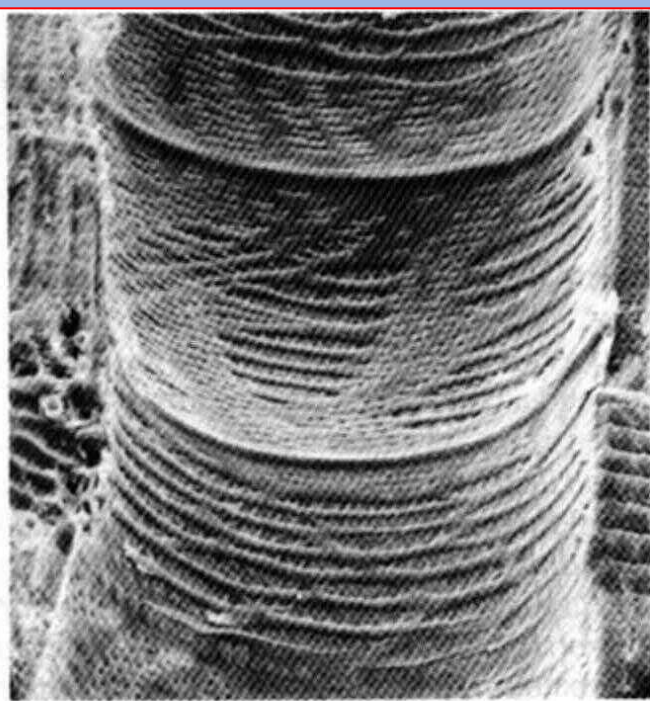
21.11

Secção transversal de um feixe vascular do caule da aboboreira (Cucurbita maxima). O floema ocorre em ambos os lados do xilema e foi instalado um câmbio vascular entre o floema externo e o xilema.



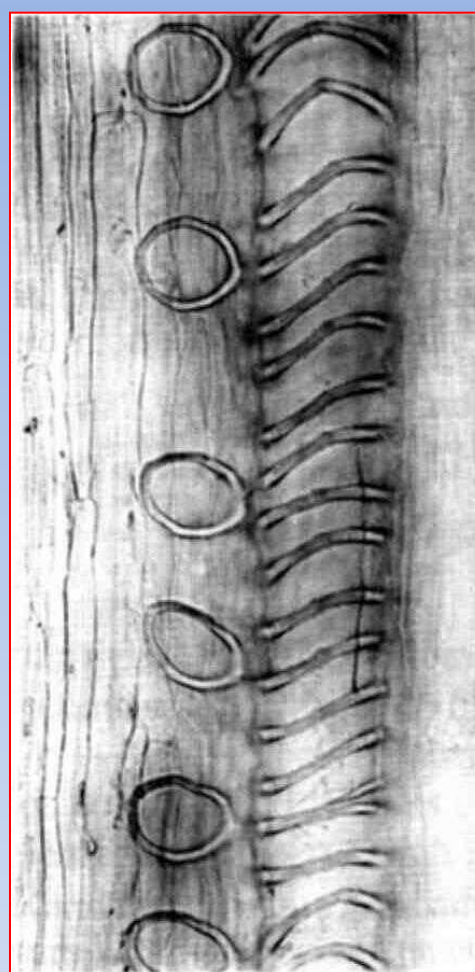
21.12

Tipos de células do xilema secundário ou lenho de uma árvore do carvalho (Quercus) ilustrados a partir de tecido macerado (tecido em que os seus constituintes celulares foram separados) não corado. (a) e (b) Elementos de vaso largos. (c) Elemento de vaso estreito. (d) Traqueíde. (e) Fibrotraqueíde. (f) Fibra libriforme (o tipo de fibra mais longo no lenho do carvalho). Os pontos escuros nas células são pontoações da parede; as pontoações não são discerníveis em (f).

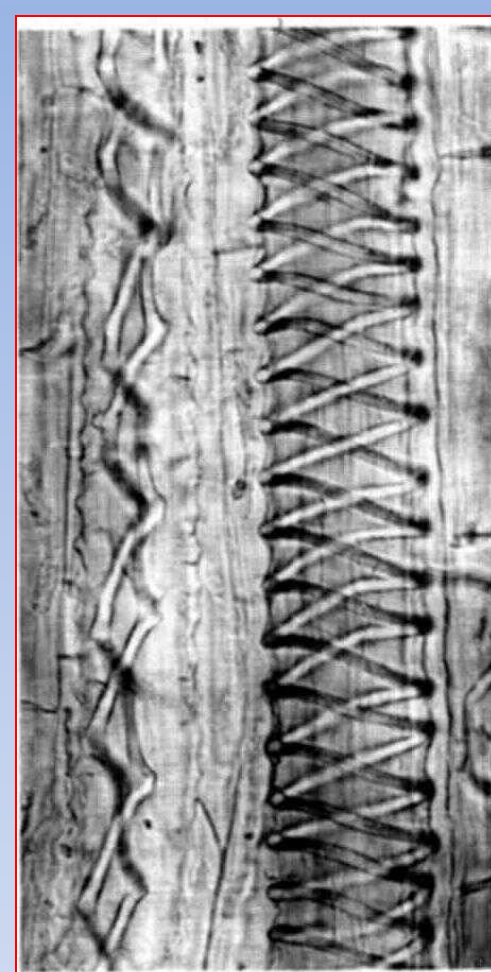


100 μm

21.14
*Elétron-micrografia de varredura mostrando regiões de três elementos de vaso do xilema secundário do carvalho-vermelho (*Quercus rubra*). Observe os aros entre os elementos de vaso.*

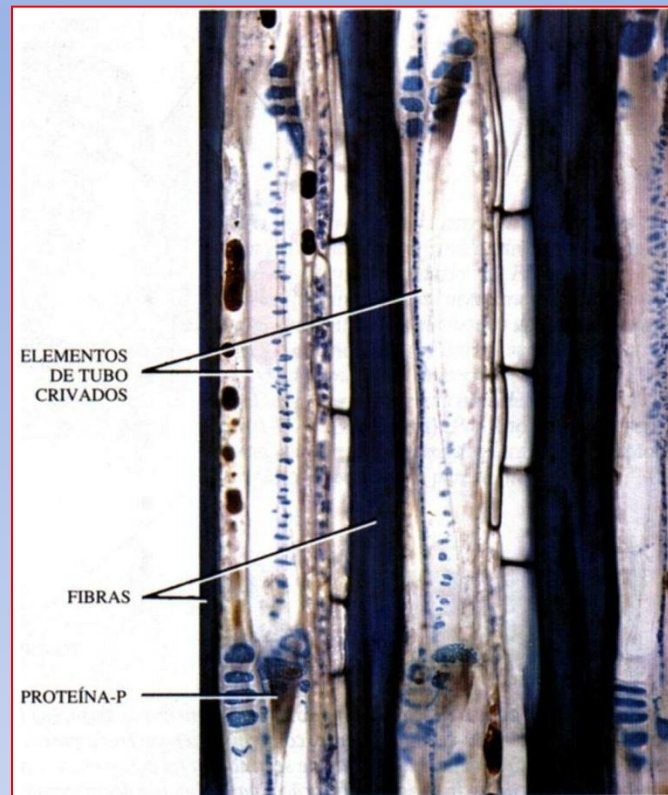


(a) 50 μm

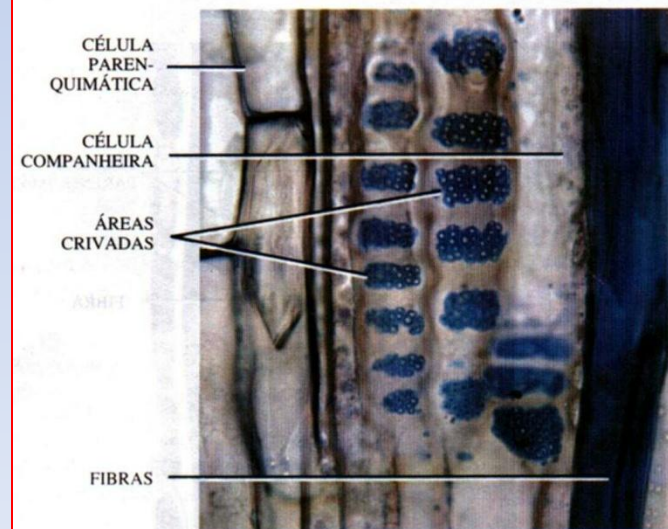


(b) 50 μm

21.15
*Porções de elementos traqueais do primeiro xilema primário formado (protoxilema) da mamona (*Ricinus communis*). (a) Espessamentos anelares (formas semelhantes a anéis, à esquerda) e helicoidais em elementos parcialmente distendidos. (b) Espessamentos duplamente helicoidais em elementos que foram distendidos. O elemento da esquerda foi muito distendido e as espirais das hélices foram afastadas.*



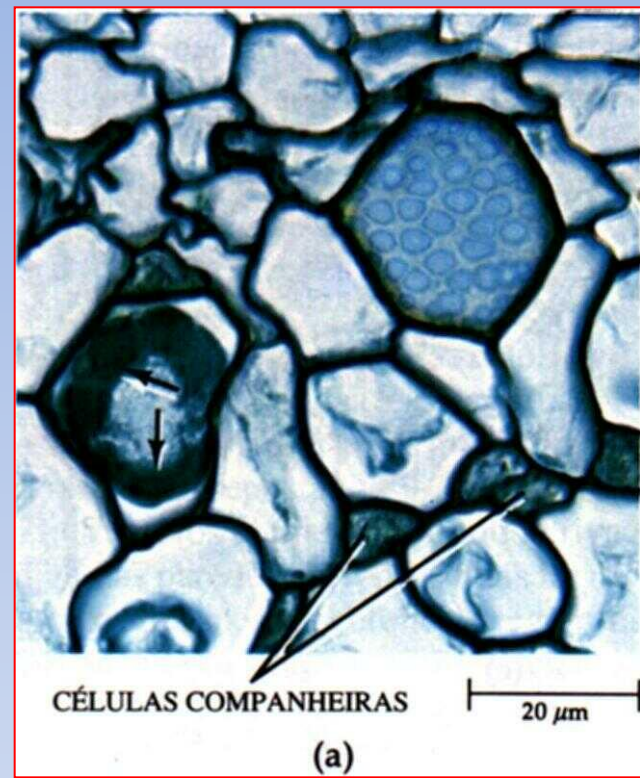
(a) 50 μm



(b) 20 μm

21.18

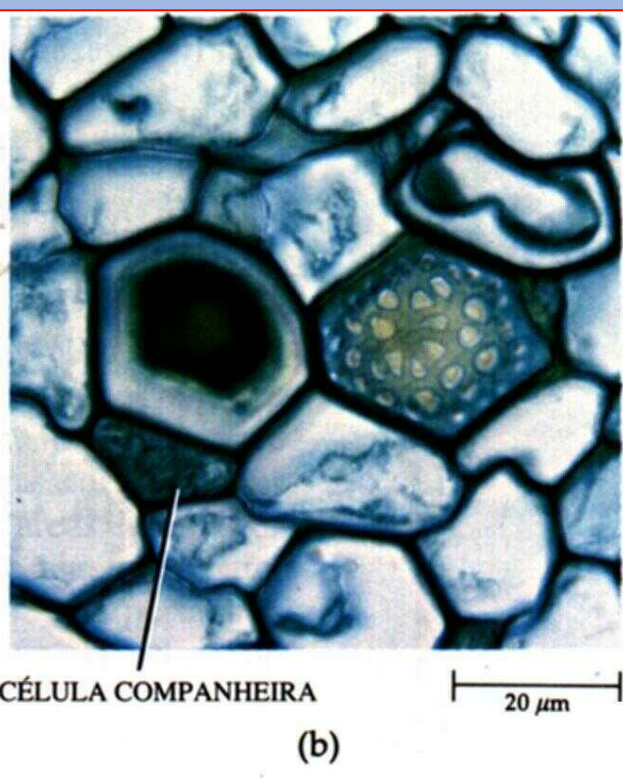
(a) *Vista longitudinal (radial) do floema secundário da tília (Tilia americana) mostrando elementos de tubo crivados e grupos conspícuos de fibras com paredes espessadas. (b) Placas crivadas compostas de elementos de tubo crivados da tília (placas crivadas compostas consistem em duas ou mais áreas crivadas). Cada área crivada é constituída por poros circundados por cilindros de calose, os quais estão corados de azul nesta secção.*



CÉLULAS COMPANHEIRAS

20 µm

(a)



CÉLULA COMPANHEIRA

20 µm

(b)



PLACA
CRIVADA

CÉLULA
COMPANHEIRA

50 µm

(c)

21.20

Floema do caule da abóboreira (*Cucurbita maxima*) visto em fotomicrografias. (a) Secção transversal mostrando dois elementos de tubo crivados imaturos. Corpúsculos de proteína-P (setas) podem ser vistos no elemento de tubo crivado da esquerda e uma placa crivada imatura no da direita, acima. As placas crivadas da abóbora são placas crivadas simples (uma área crivada por placa). As células pequenas e densas são células companheiras. (b) Secção transversal mostrando alguns elementos de tubo crivados maduros. Um tampão de mucilagem pode ser visto no elemento de tubo crivado da esquerda; uma placa crivada madura pode ser vista no da direita. As células pequenas e densas são células companheiras. (c) Secção longitudinal mostrando elementos de tubo crivados maduros. As setas apontam corpúsculos de proteína-P em células imaturas.

Quadro 21.1 *Resumo dos tecidos vegetais e tipos de células*

Tecido	Tipo
Epiderme	Células básicas; células-guarda e células que formam tricomas; células esclerenquimáticas
Periderme	Células do súber; células do câmbio da casca; células parenquimáticas da feloderme; células esclerenquimáticas
Xilema	Traqueídes; elementos de vaso; células esclerenquimáticas; células parenquimáticas
Floema	Células crivadas; elementos de tubo crivados; células albuminosas; células companheiras; outras células parenquimáticas; células esclerenquimáticas
Parênquima	Células parenquimáticas
Colênquima	Células colenquimáticas
Esclerênquima	Fibras; esclereídes

Quadro 21.2 *Resumo dos tipos de células*

Tipo de Célula	Características	Localização	Função
Parênquima	<p>Forma: comumente poliédrica (muitas faces); variável</p> <p>Parede celular: primária ou primária e secundária; pode ser lignificada, suberizada ou cutinizada</p> <p>Viva na maturidade</p>	<p>Por toda a planta, como tecido parenquimático do córtex, como medula e raios medulares; no xilema e no floema</p>	<p>Processos metabólicos tais como respiração, digestão e fotossíntese; reserva e condução; cicatrização de injúria e regeneração</p>
Colênquima	<p>Forma: alongada</p> <p>Parede celular: espessamento desigual; somente primária — não lignificada</p> <p>Viva na maturidade</p>	<p>Na periferia (abaixo da epiderme) nos caules jovens em alongamento; geralmente como um cilindro de tecido ou somente em trechos; em faixas ao longo das nervuras em algumas folhas</p>	<p>Sustentação no corpo primário vegetal</p>
Fibras	<p>Forma: geralmente muito alongada</p> <p>Parede celular: primária e secundária espessada — frequentemente lignificada</p> <p>Freqüentemente (nem sempre) morta na maturidade</p>	<p>Algumas vezes no córtex dos caules, mas freqüentemente associadas com xilema e floema; nas folhas das monocotiledôneas</p>	<p>Sustentação; reserva</p>

Quadro 21.2 *Resumo dos tipos de células*

Tipo de Célula	Características	Localização	Função
Esclereídes	<p>Forma: variável, geralmente mais curtas do que as fibras</p> <p>Parede celular: primária e secundária espessada — geralmente lignificada</p> <p>Podem ser vivas ou mortas na maturidade</p>	Por toda a planta	Mecânica; proteção
Traqueíde	<p>Forma: alongada e pontiaguda</p> <p>Parede celular: primária e secundária; lignificada; contém pontoações mas não perfurações</p> <p>Morta na maturidade</p>	Xilema	Principal elemento condutor de água nas gimnospermas e plantas vasculares inferiores; também encontrada nas angiospermas
Elemento de vaso	<p>Forma: alongada, geralmente não tão longa como as traqueídes; vários elementos de vaso unidos pelas extremidades constituem um vaso</p> <p>Parede celular: primária e secundária lignificada; contém pontoações e perfurações</p> <p>Morta na maturidade</p>	Xilema	Principal elemento condutor de água nas angiospermas

Quadro 21.2 Resumo dos tipos de células (Continuação)

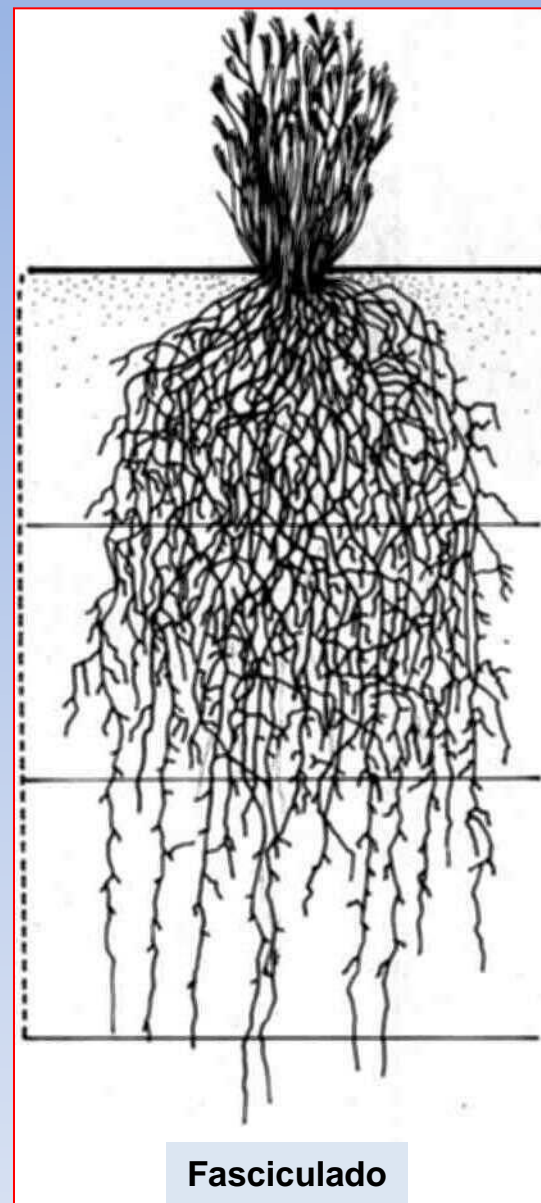
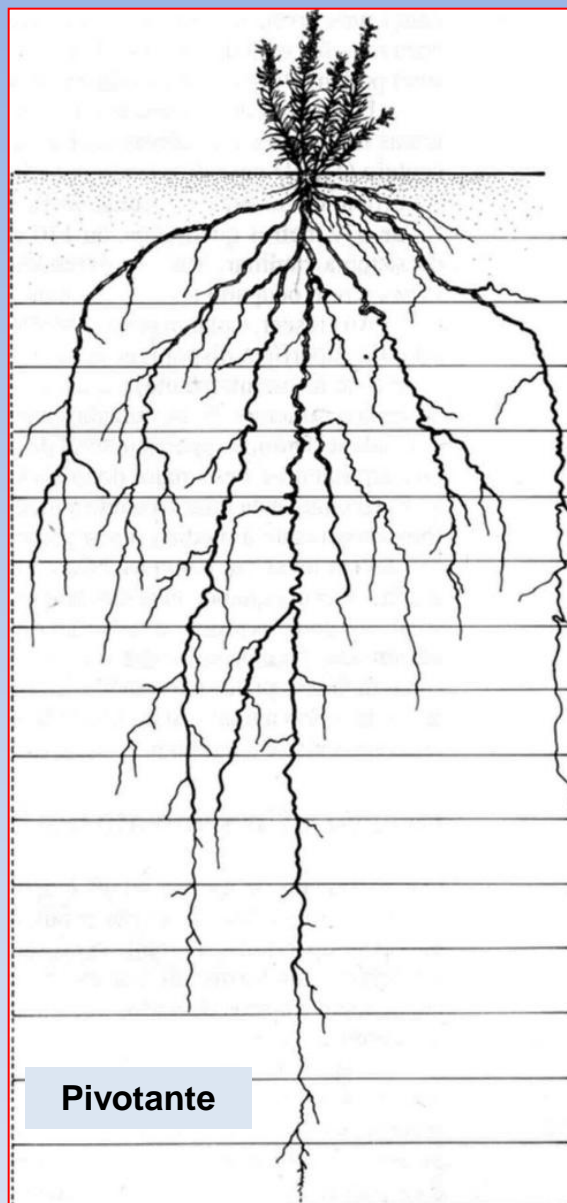
Tipo de Célula	Características	Localização	Função
Célula crivada	<p>Forma: alongada e pontiaguda</p> <p>Parede celular: primária na maioria das espécies; com áreas crivadas; calose freqüentemente associada com a parede e poros</p> <p>Viva na maturidade; carece ou contém remanescentes de um núcleo na maturidade; sem distinção entre vacúolo e citoplasma</p>	Floema	Elemento condutor de alimento nas gimnospermas e plantas vasculares interiores
Célula albuminosa	<p>Forma: geralmente alongada</p> <p>Parede celular: primária</p> <p>Viva na maturidade; associada com a célula crivada, mas geralmente não derivada da mesma célula-mãe da célula crivada; tem numerosas conexões de plasmodesmas com a célula crivada</p>	Floema	Admite-se que desempenhe um papel no movimento do alimento para dentro e para fora da célula crivada

Quadro 21.2 Resumo dos tipos de células (Continuação)

Tipo de Célula	Características	Localização	Função
Elemento de tubo crivado	<p>Forma: alongada</p> <p>Parede celular: primária, com áreas crivadas; áreas crivadas nas extremidades da parede com poros muito maiores do que aqueles das paredes laterais — esta região da parede é denominada placa crivada; calose freqüentemente associada com as paredes e os poros</p> <p>Viva na maturidade; falta o núcleo na maturidade ou contém apenas remanescentes do núcleo; nas dicotiledôneas e algumas monocotiledôneas contém uma substância protéica conhecida como proteína-P; vários elementos de tubo crivados em série vertical constituem um tubo crivado</p>	Floema	Elemento condutor do alimento nas angiospermas
Célula companheira	<p>Forma: variável, geralmente alongada</p> <p>Parede celular: primária</p> <p>Viva na maturidade; intimamente associada com os elementos de tubo crivados; derivada da mesma célula-mãe do elemento de tubo crivado; tem numerosas conexões de plasmodesmas com o elemento de tubo crivado</p>	Floema	Admite-se que desempenhe um papel no movimento do alimento para dentro e para fora do elemento de tubo crivado

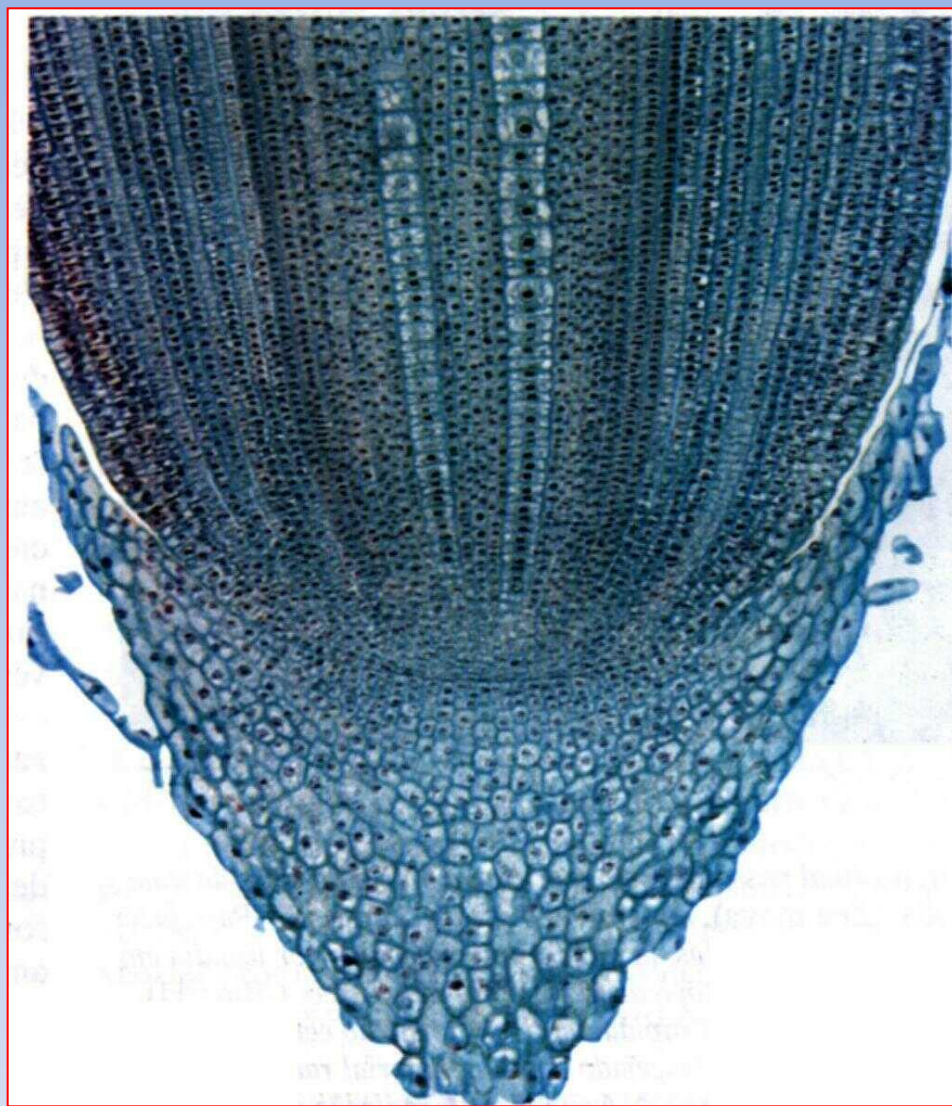
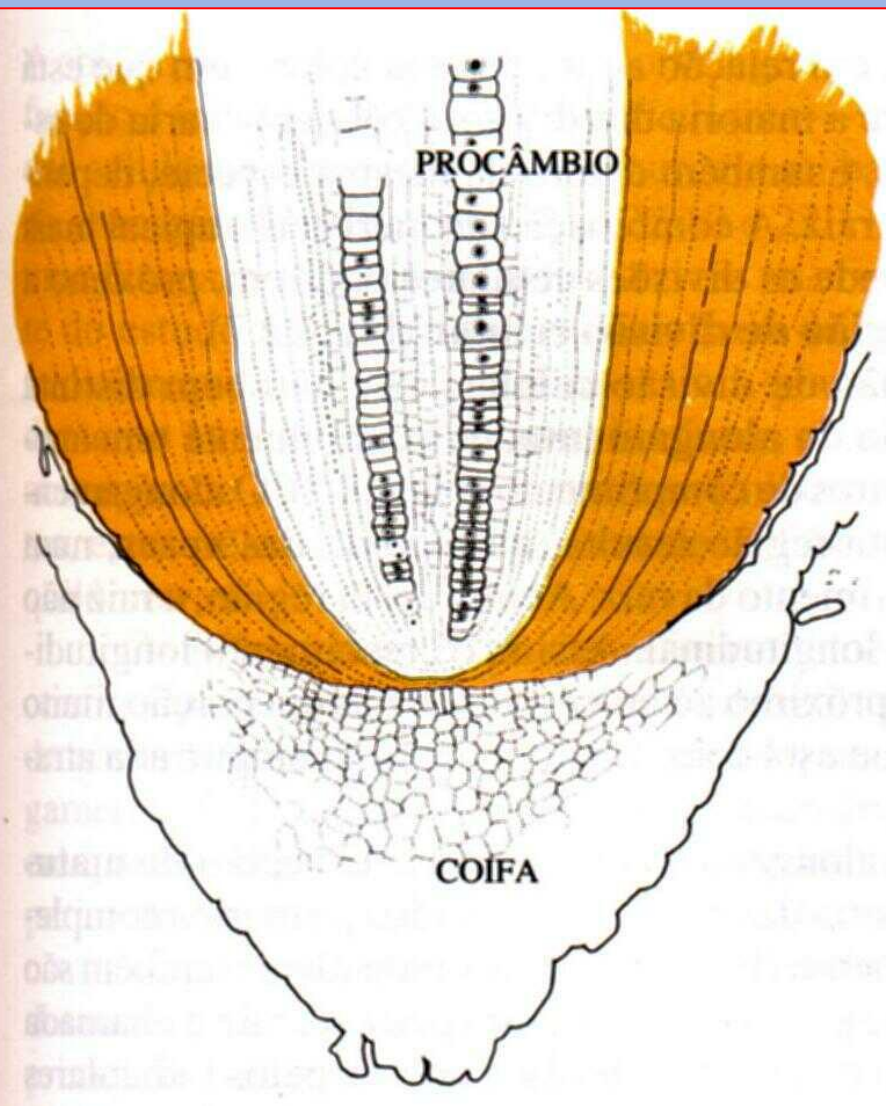
Raízes

Estrutura e Desenvolvimento



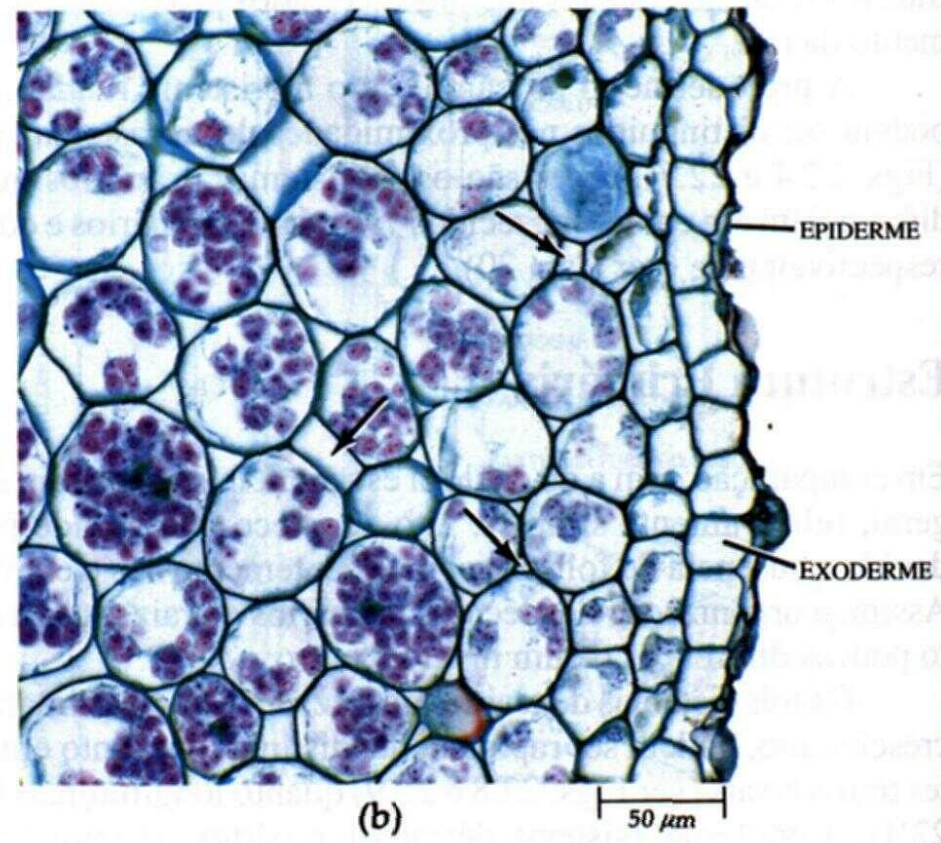
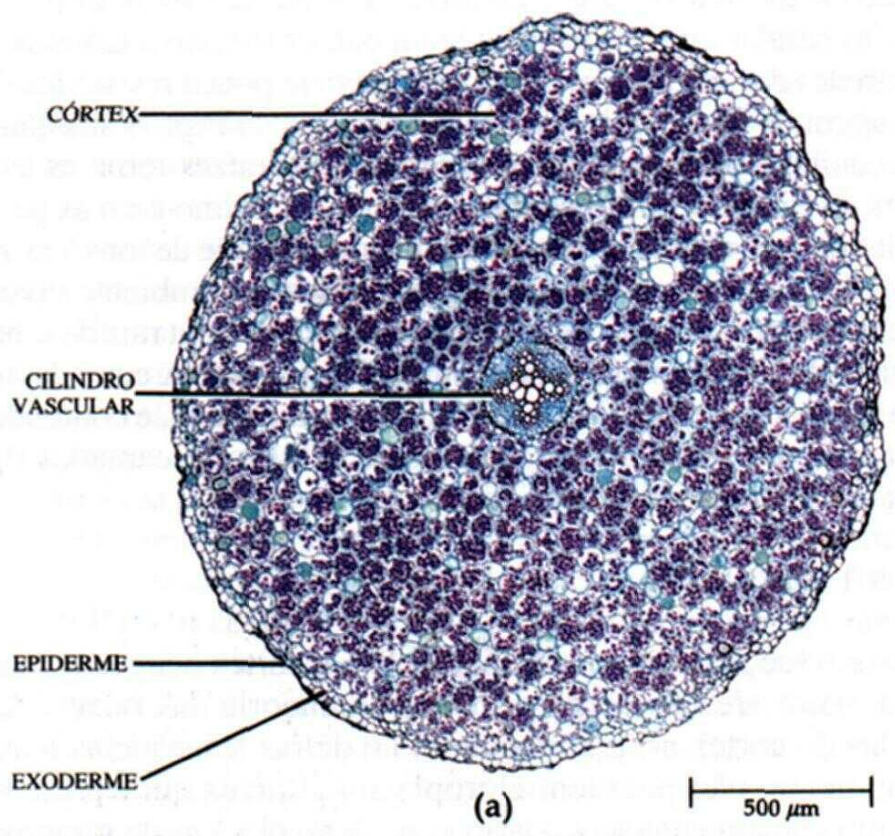
22.2

Dois tipos de sistemas radiculares, representados por duas plantas de campo. (a) Sistema pivotante de *Liatris punctata*. (b) Sistema fasciculado de *Aristida purpurea*. Cada unidade tracejada representa cerca de 30,5 cm (1 pé). O sistema pivotante, em geral, penetra mais profundamente no solo do que o sistema fasciculado.



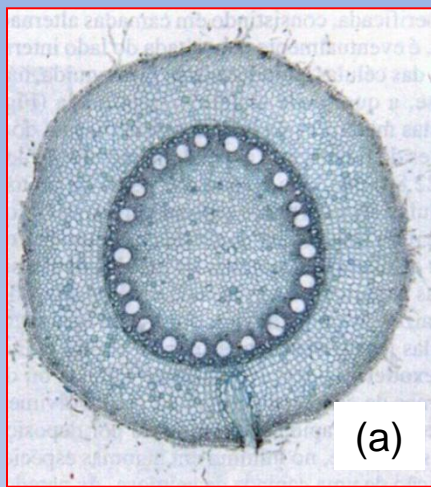
22.5

Meristema apical da ponta da raiz de milho (Zea mays). Notar as três diferentes camadas de iniciais. A camada inferior dá origem à coifa; a camada mediana, à protoderme e ao meristema fundamental ou cortical; e a camada superior, ao procâmbio ou cilindro vascular.

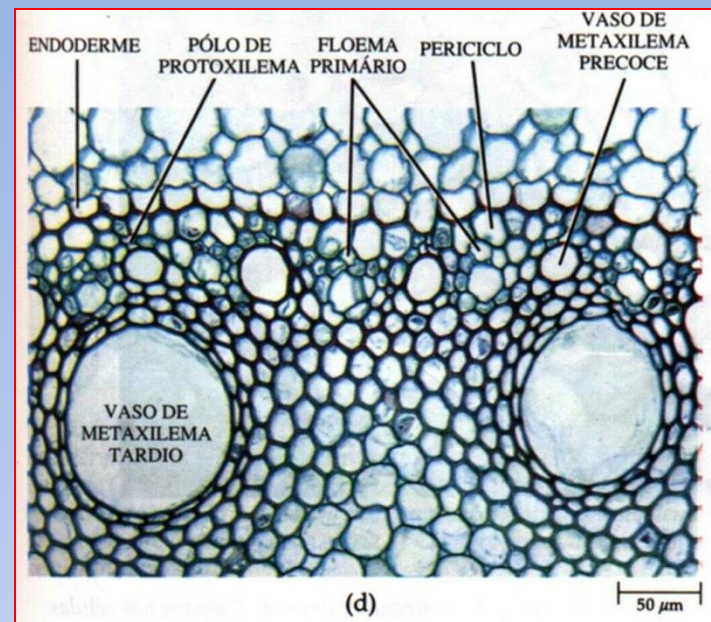


22.8

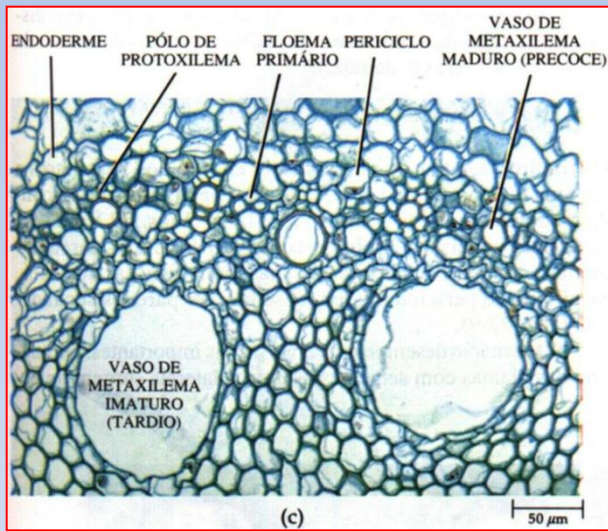
Secção transversal da raiz de um ranúnculo (*Ranunculus* sp.). (a) Aspecto geral da raiz diferenciada. (b) Detalhe da parte externa da mesma raiz. Nesta raiz, a epiderme morreu e foi substituída pela exoderme, que funciona como a camada superficial. Note os espaços intercelulares (ponta das setas) do parênquima cortical, em contraste com o arranjo justaposto das células da exoderme. (c) Detalhe do cilindro vascular



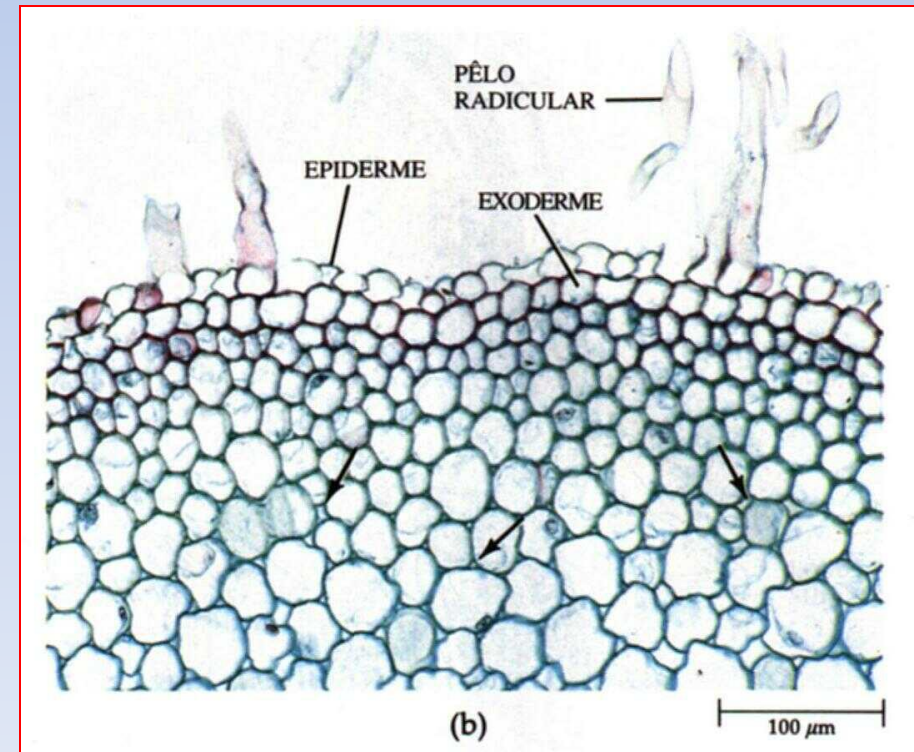
(a)



(d)



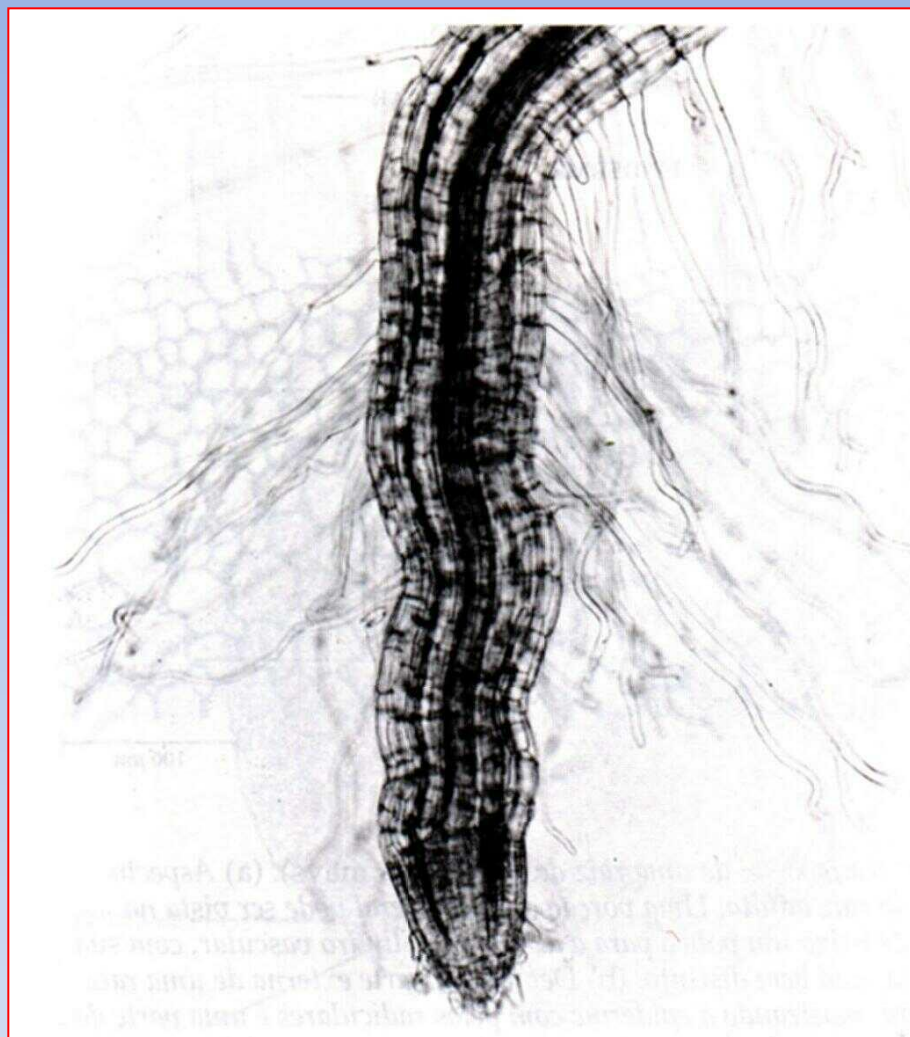
(c)



(b)

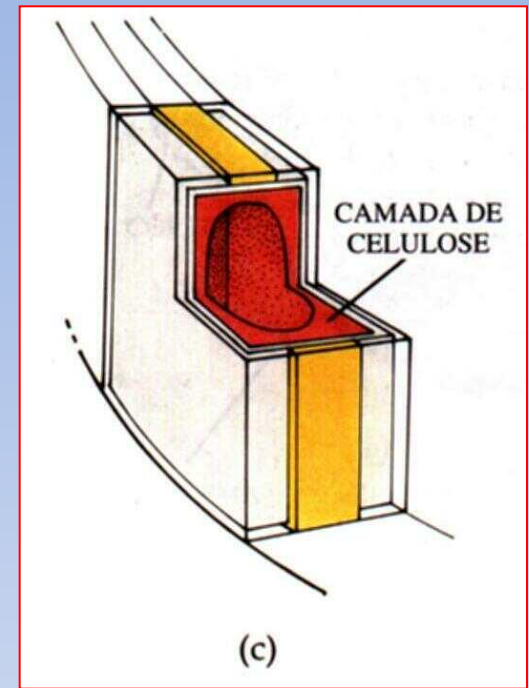
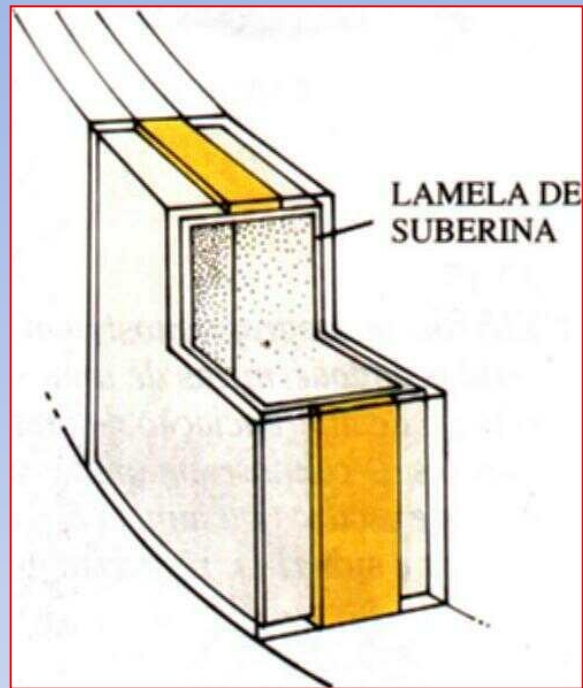
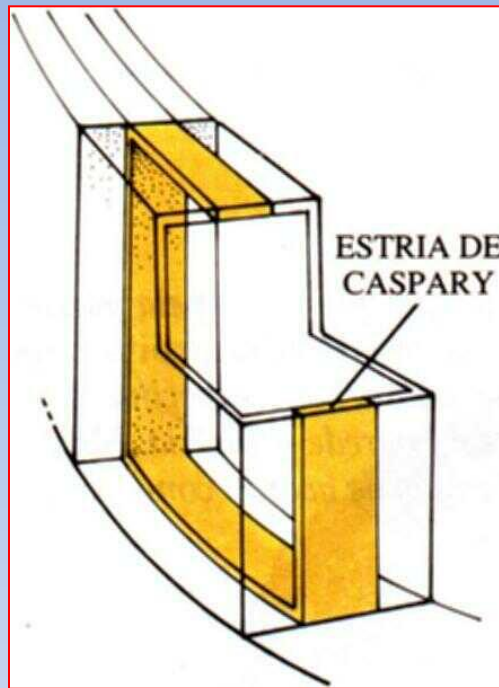
22.9

Secção transversal de uma raiz de milho (*Zea mays*). (a) Aspecto geral da raiz adulta. Uma porção da raiz lateral pode ser vista na parte de baixo um pouco para a direita. O cilindro vascular, com sua medula, está bem distinto. (b) Detalhe da parte externa de uma raiz madura, mostrando a epiderme com pêlos radiculares e uma parte do córtex. A camada externa do parênquima cortical está diferenciada numa exoderme com arranjo compacto das células. Note os espaços (ponta das setas) entre as demais células corticais. (c) Detalhe de um cilindro vascular imaturo. (d) Detalhe do cilindro vascular maduro.



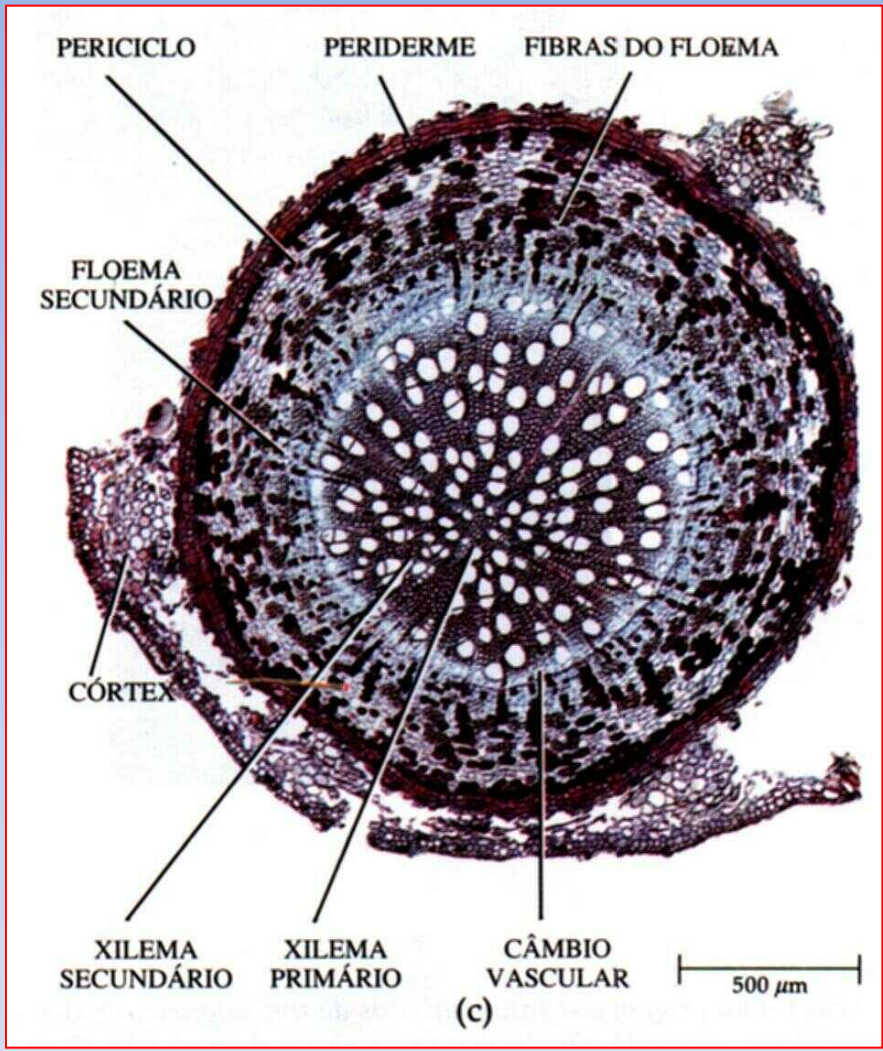
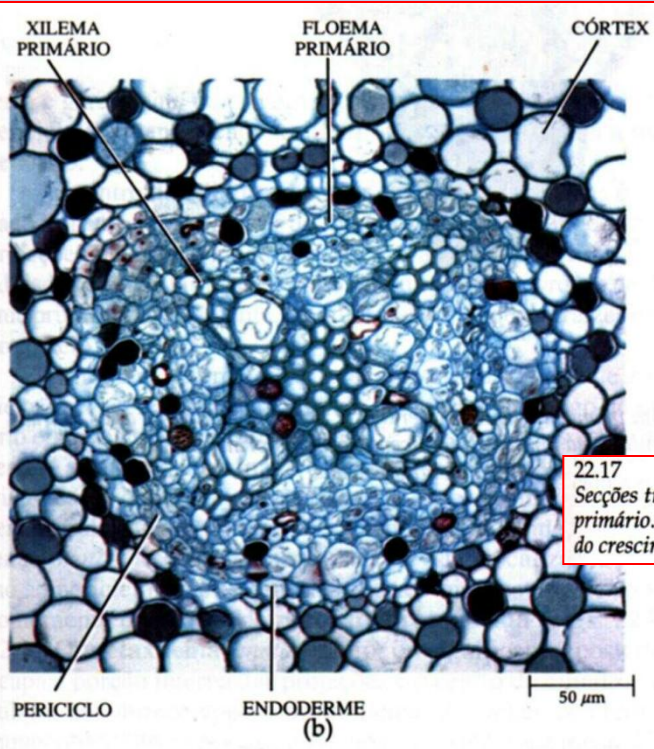
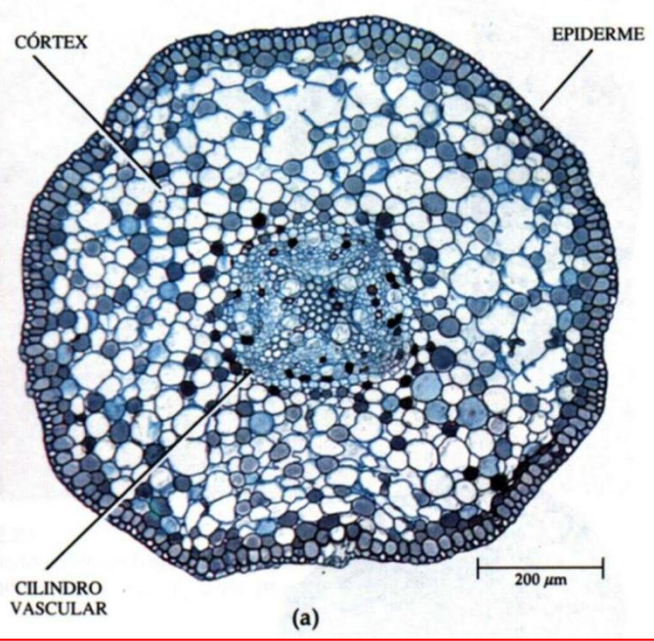
22.11

Raiz de uma plântula de capim-panasco (Agrostis tenuis), mostrando pêlos radiculares. Os pêlos radiculares chegam a 1,3 cm de comprimento e podem completar seu crescimento em questão de horas. Cada pêlo tem uma vida relativamente curta, mas a formação de novos pêlos e a morte dos pêlos mais velhos continuam, desde que a raiz esteja em crescimento.

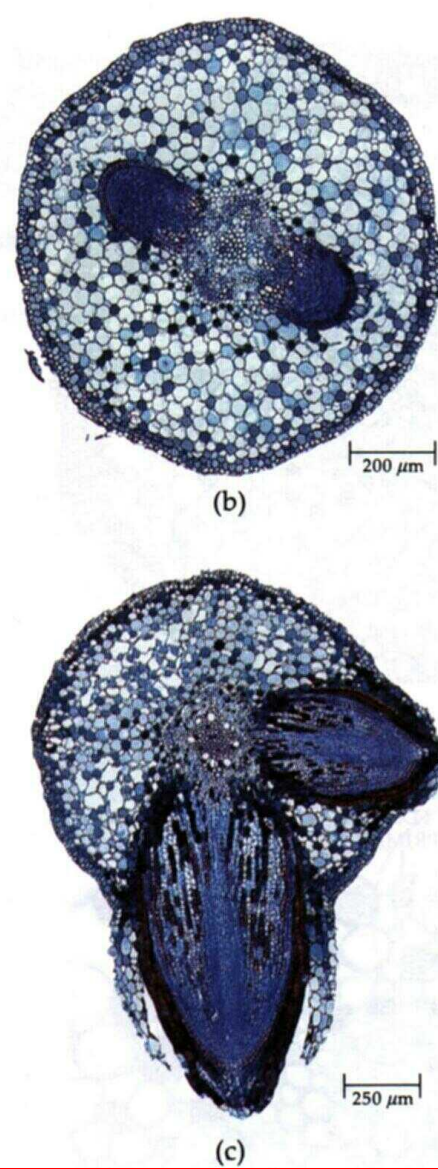
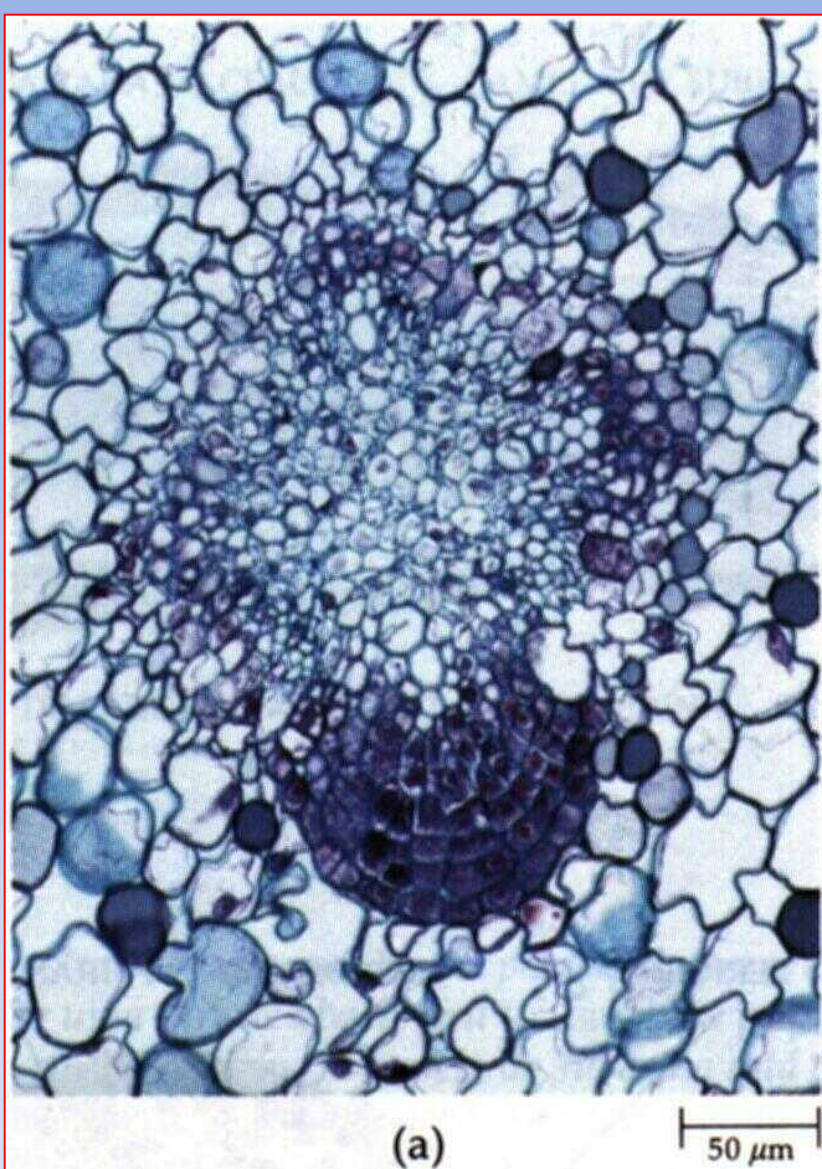


22.14

Diagramas tridimensionais mostrando três estágios de desenvolvimento de uma célula endodérmica de uma raiz em estado primário. (a) Inicialmente, a célula endodérmica é caracterizada pela presença de uma estria de Caspary nas suas paredes anticlinais. (b) Em seguida, uma lamela de suberina se deposita internamente por todos os lados da parede. (c) Por último, a lamela de suberina é coberta por uma camada de celulose espessa e freqüentemente lignificada. O lado de fora da raiz está ao lado esquerdo em todos os diagramas.



22.17
 Seções transversais da raiz do salgueiro (*Salix* sp.), que se tornaram lenhosas. (a) Vista geral da raiz, perto de completar o seu crescimento primário. (b) Detalhe do cilindro vascular primário. (c) Vista geral de raízes no final do primeiro ano de desenvolvimento, mostrando os efeitos do crescimento secundário no corpo primário da planta.



22.18

Três estágios na origem das raízes laterais de um salgueiro (*Salix* sp.). (a) Um primórdio de raiz lateral está presente (abaixo) e duas outras estão iniciando o seu desenvolvimento na região do periciclo. O cilindro vascular está ainda muito jovem. (b) Dois primórdios de raiz penetrando o córtex. (c) Uma raiz lateral que alcançou o exterior, e outra que está perto de completar sua saída.



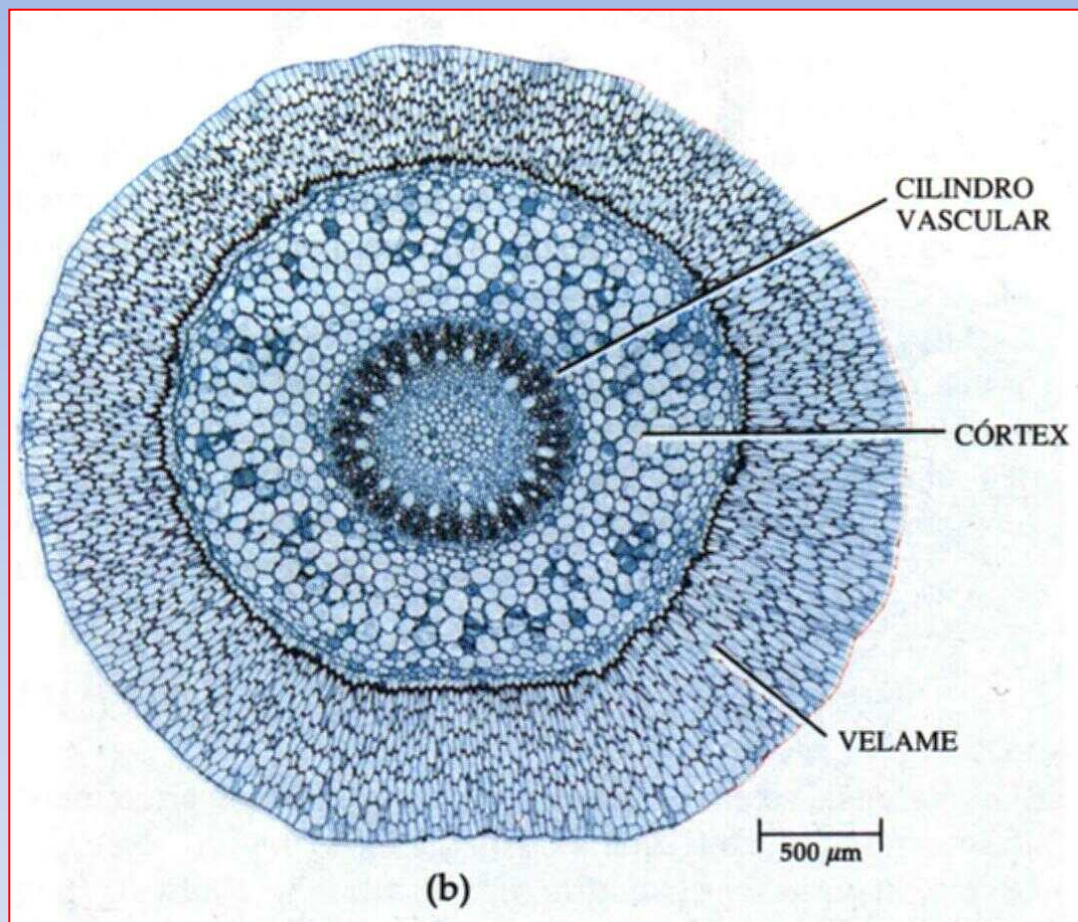
22.19

Raízes-escoras de milho (Zea mays), um tipo de raiz adventícia.



22.20

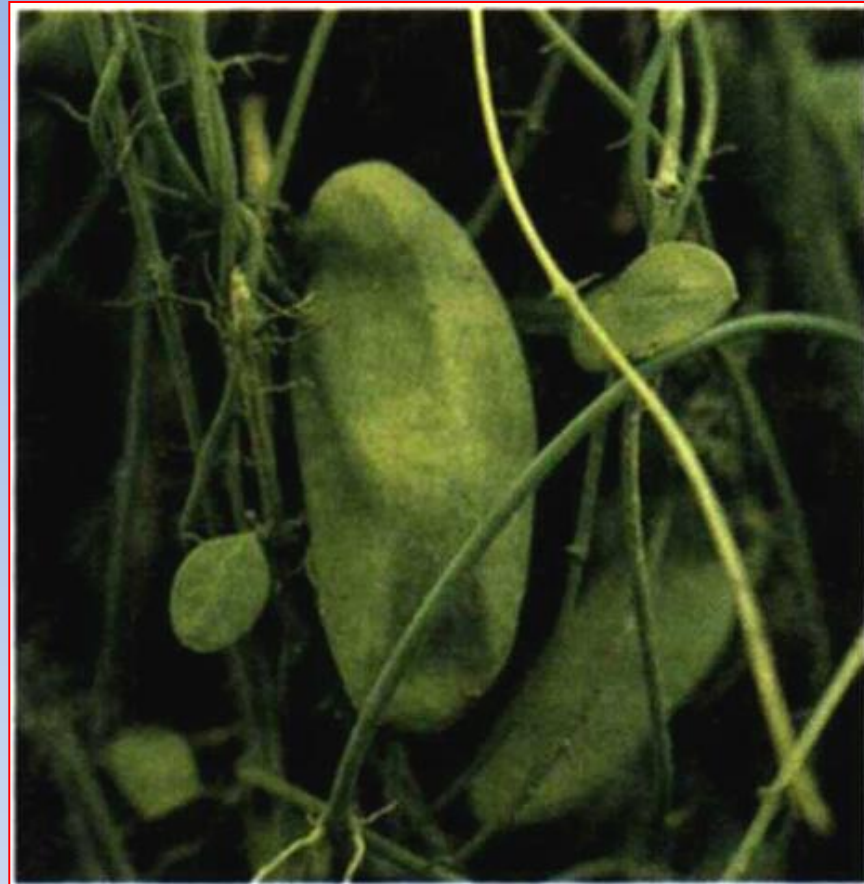
Pneumatóforos (raízes de aeração) da siriúba (Laguncularia racemosa), saindo da lama, próximo à base de uma árvore.



22.21

(a) Raízes aéreas de uma orquídea epífita (*Oncidium sphacelatum*).

(b) Corte transversal de uma raiz de orquídea, mostrando uma epiderme múltipla ou velame.



(a)



(b)

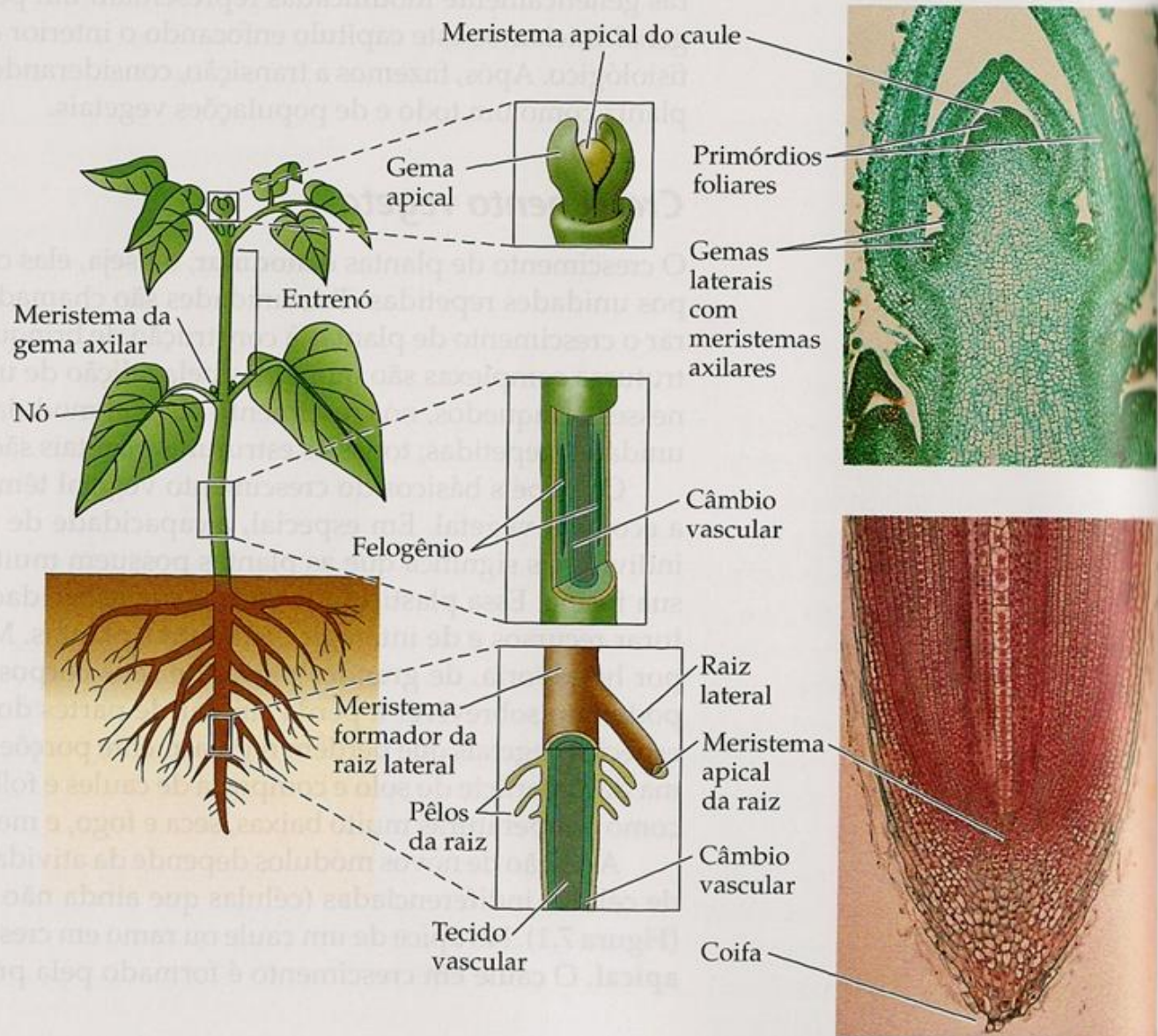
22.22

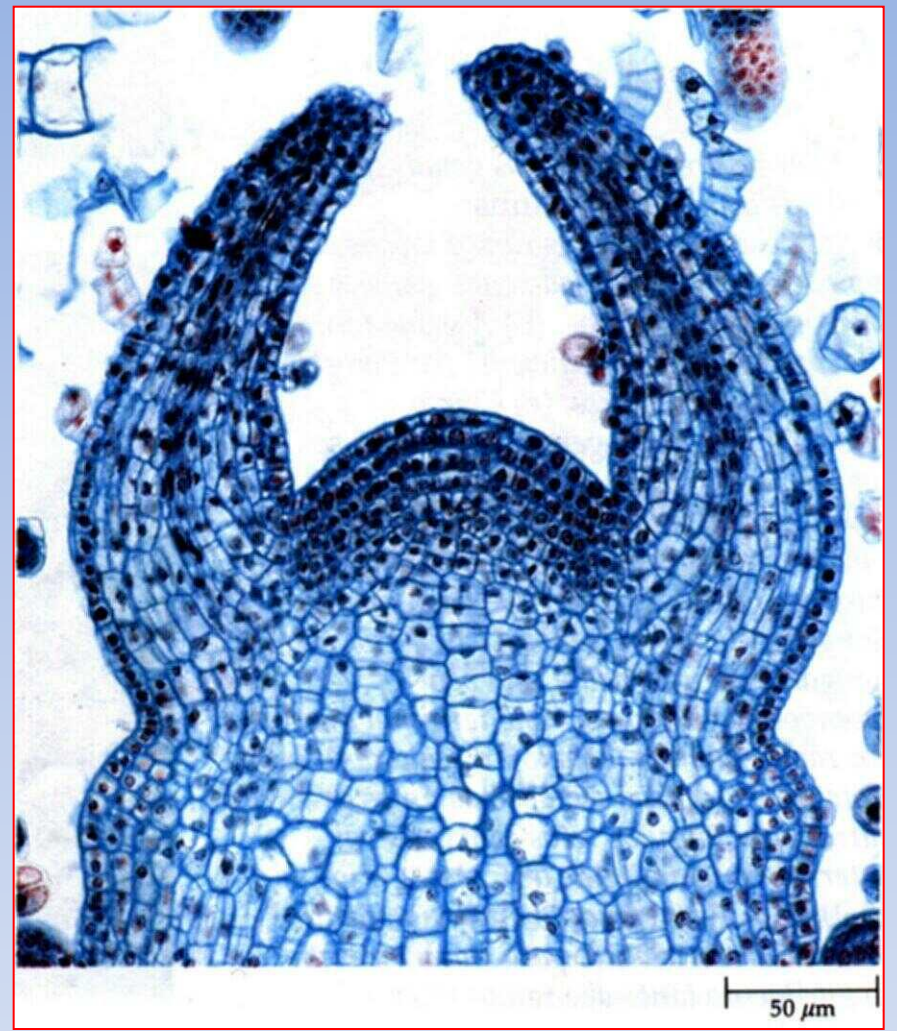
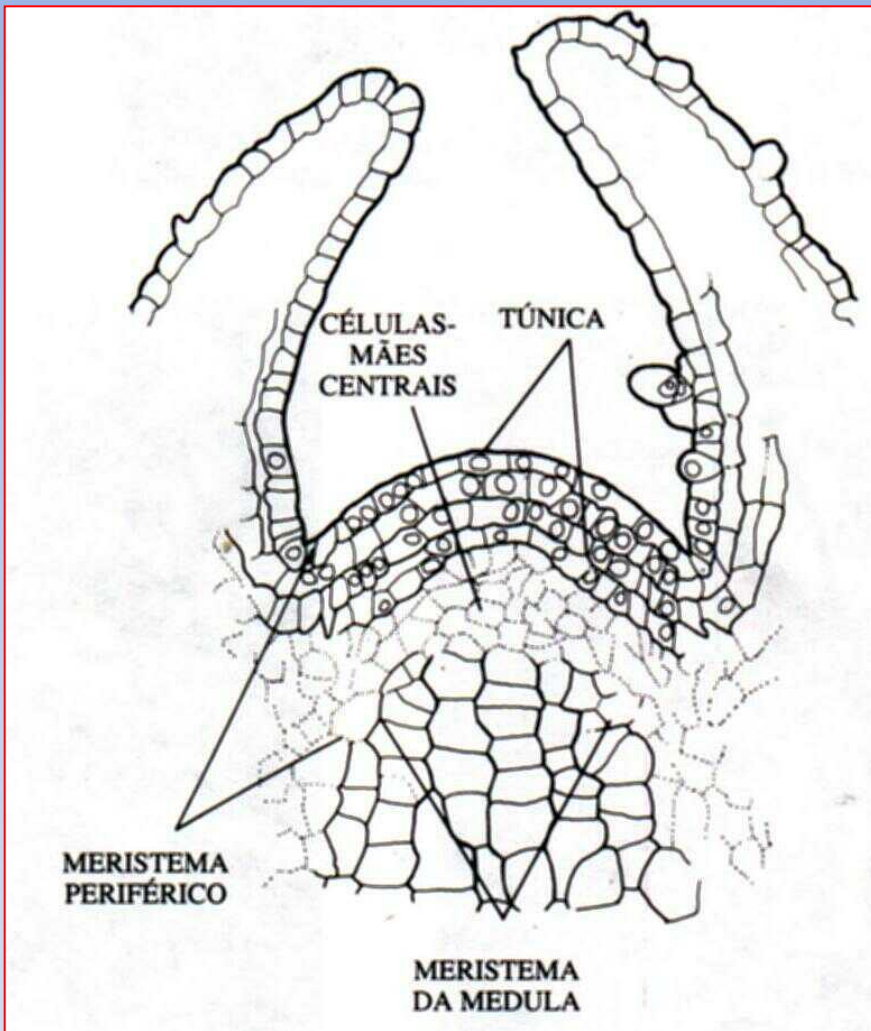
Uma epífita (*Dischidia rafflesiana*), ou “flower pot plant”. (a) Uma folha modificada, ou “jarra”, que coleta resíduos e água de chuva. (b) Folha modificada cortada e aberta para mostrar as raízes que crescem dentro dela.

Sistema Caulinar:

Estrutura Primária e Desenvolvimento

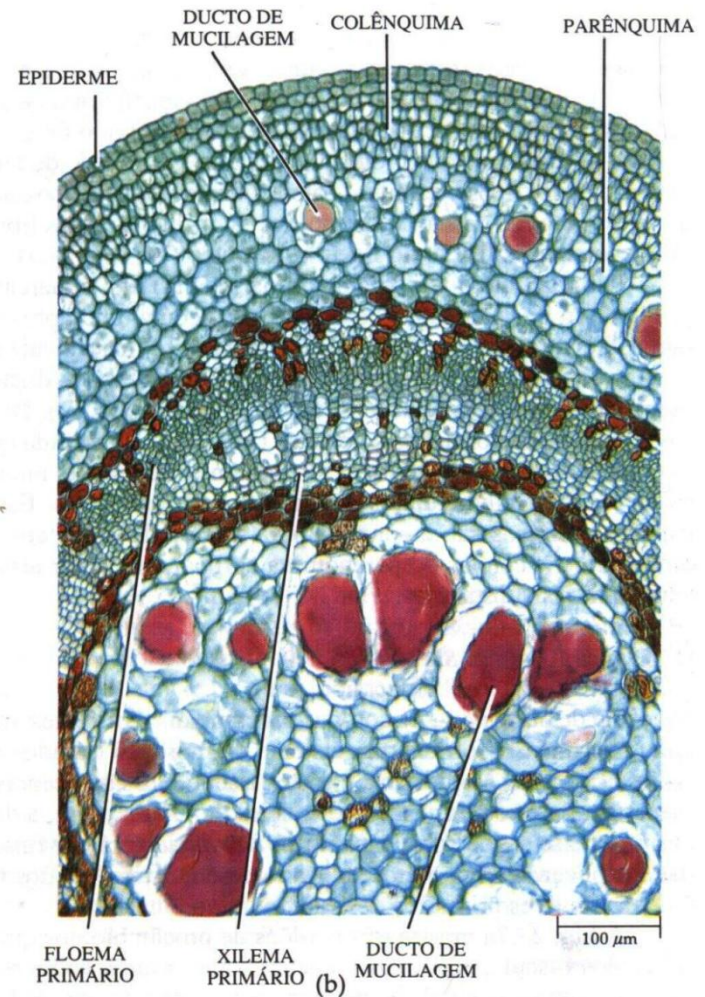
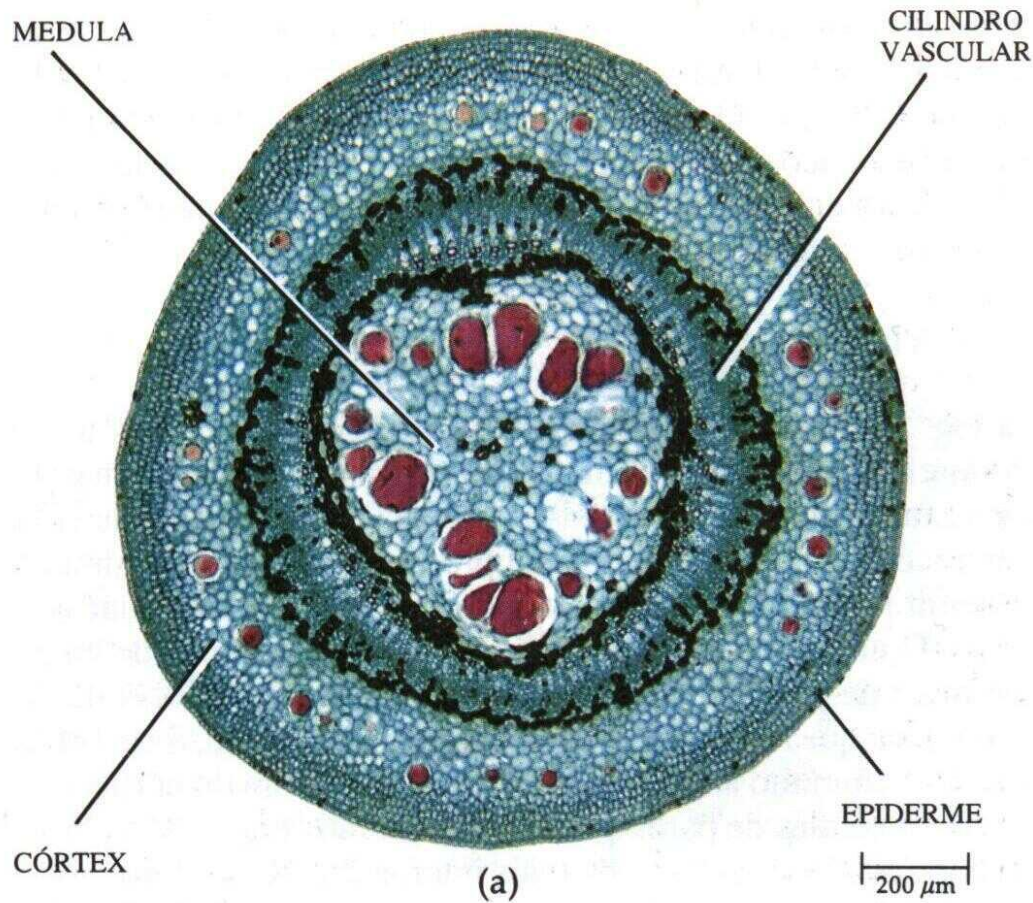
Figura 7.1 As estruturas básicas envolvidas no crescimento vegetal. No caule, o meristema apical produz uma gema – localizada na axila da folha, contendo um meristema axilar e as células primordiais para um novo ramo ou órgãos laterais (tais como folhas e flores). Os nós são os pontos no caule em que esses órgãos laterais (ou gemas) são presos. Os primórdios foliares expandem-se e tornam-se folhas. Os caules aumentam em circunferência pela divisão do câmbio vascular, o que constitui o chamado crescimento secundário (segundo Purves et al., 2001; fotografias de J. R. Waaland/Biological Photo Service).





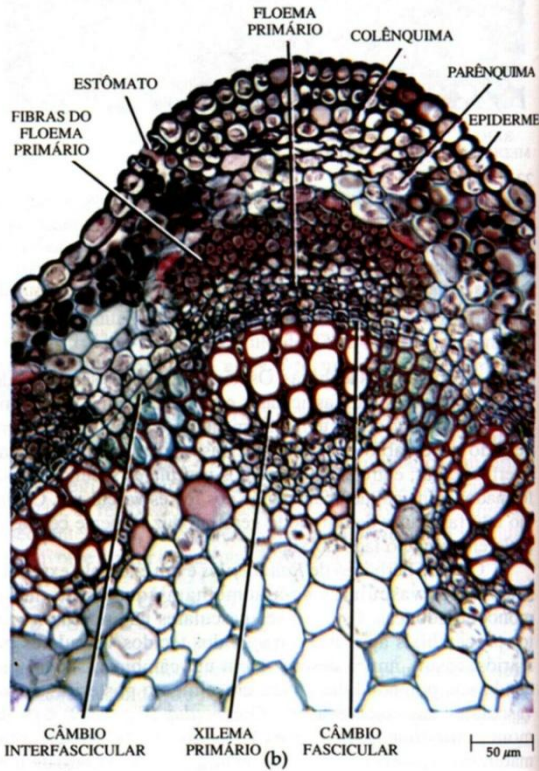
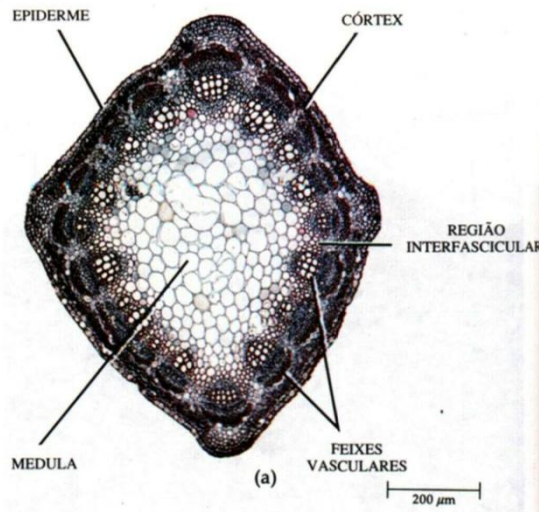
23.3

Detalhe do ápice caulinar de Coleus blumei, mostrando a organização túnica-corpo. A zona de células-mães centrais corresponde ao corpo.

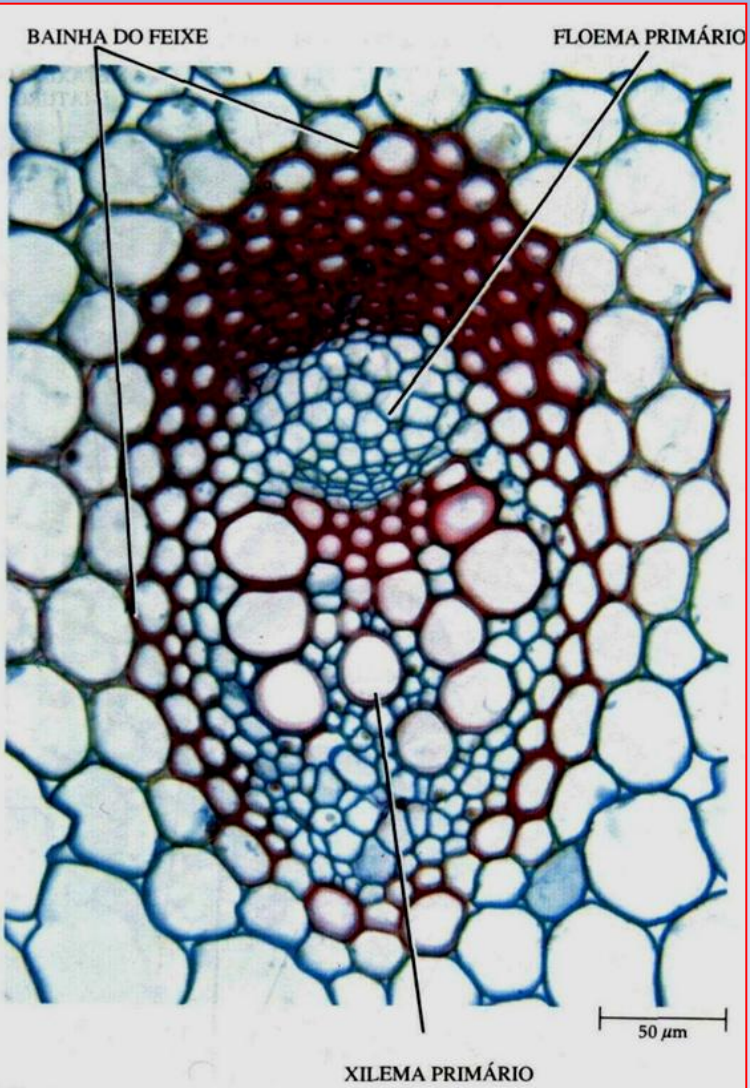


23.6

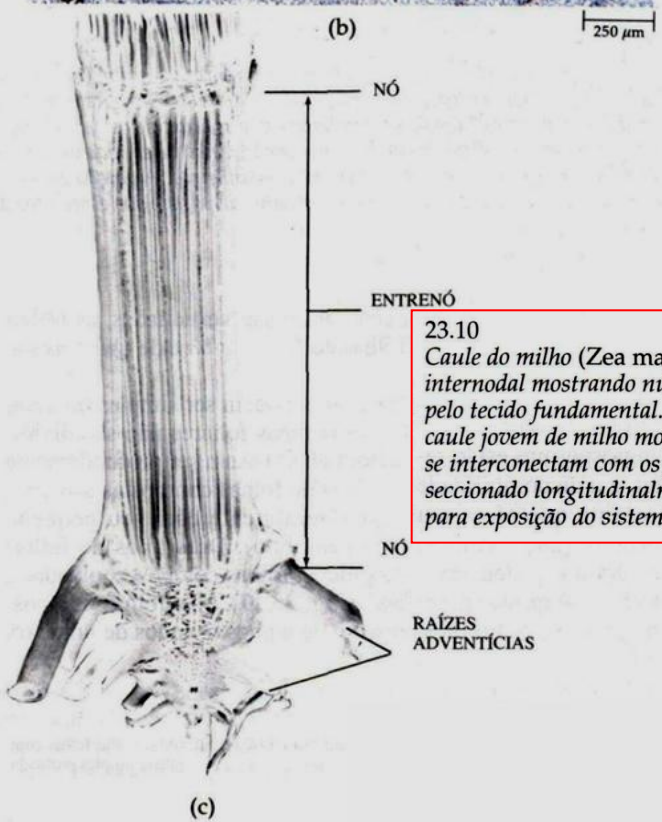
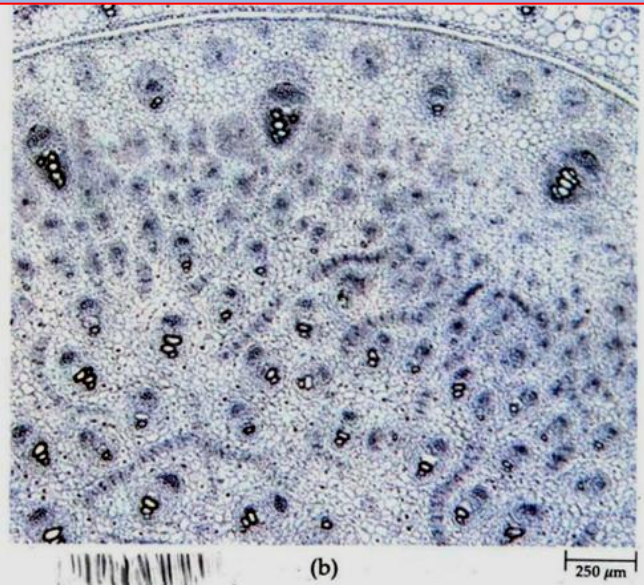
(a) *Secção transversal do caule de tília (Tilia americana) em estágio primário de crescimento. Os tecidos vasculares aparecem como um cilindro oco contínuo que divide o tecido fundamental em medula e córtex. (b) Detalhe de uma porção do mesmo caule.*



23.8
 (a) *Secção transversal do caule de alfafa (Medicago sativa), uma dicotiledônea com feixes vasculares pouco desenvolvidos.* (b) *Detalhe de uma porção do mesmo caule.*



23.9
 Secção transversal do feixe vascular de ranúnculo (*Ranunculus*), uma dicotiledônea herbácea. Os feixes vasculares do ranúnculo são fechados, ou seja, todas as células procambiais maturam anteriormente ao crescimento secundário. O floema e o xilema primários são circundados por uma bainha de células de esclerênquima com paredes espessas. Compare o feixe vascular mostrado aqui com o feixe vascular maduro do milho mostrado na Fig. 23.11c.



23.10
 Caule do milho (*Zea mays*). (a) Secção transversal da região internodal mostrando numerosos feixes vasculares, dispostos ao acaso pelo tecido fundamental. (b) Secção transversal da região nodal de um caule jovem de milho mostrando cordões procambiais horizontais, que se interconectam com os feixes verticais. (c) Um caule maduro seccionado longitudinalmente; o tecido fundamental foi removido para exposição do sistema vascular.

23.14

Alguns exemplos de folhas simples. (a) Amoreira branca (*Morus alba*). (b) *Veronicastrum virginicum*. (c) *Acer saccharum*. (d) *Acer saccharinum*. (e) *Carvalho vermelho* (*Quercus rubra*).
Notar a disposição alterna das folhas na amoreira branca e espiralada em *V. virginicum*. A disposição foliar em *Acer* é dística e no carvalho é alterna, embora tenham sido mostradas aqui somente folhas isoladas destas árvores.





(a)



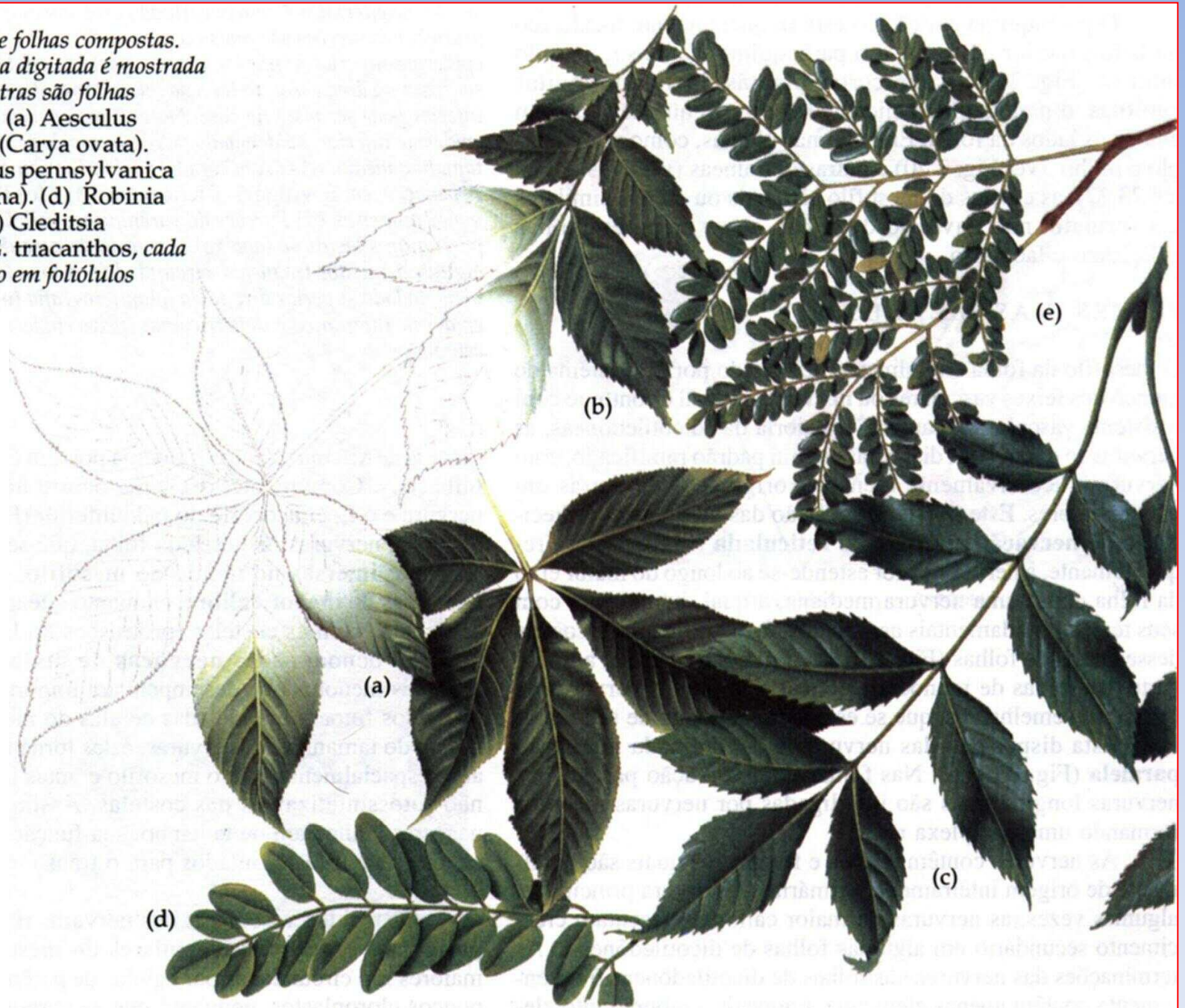
(b)

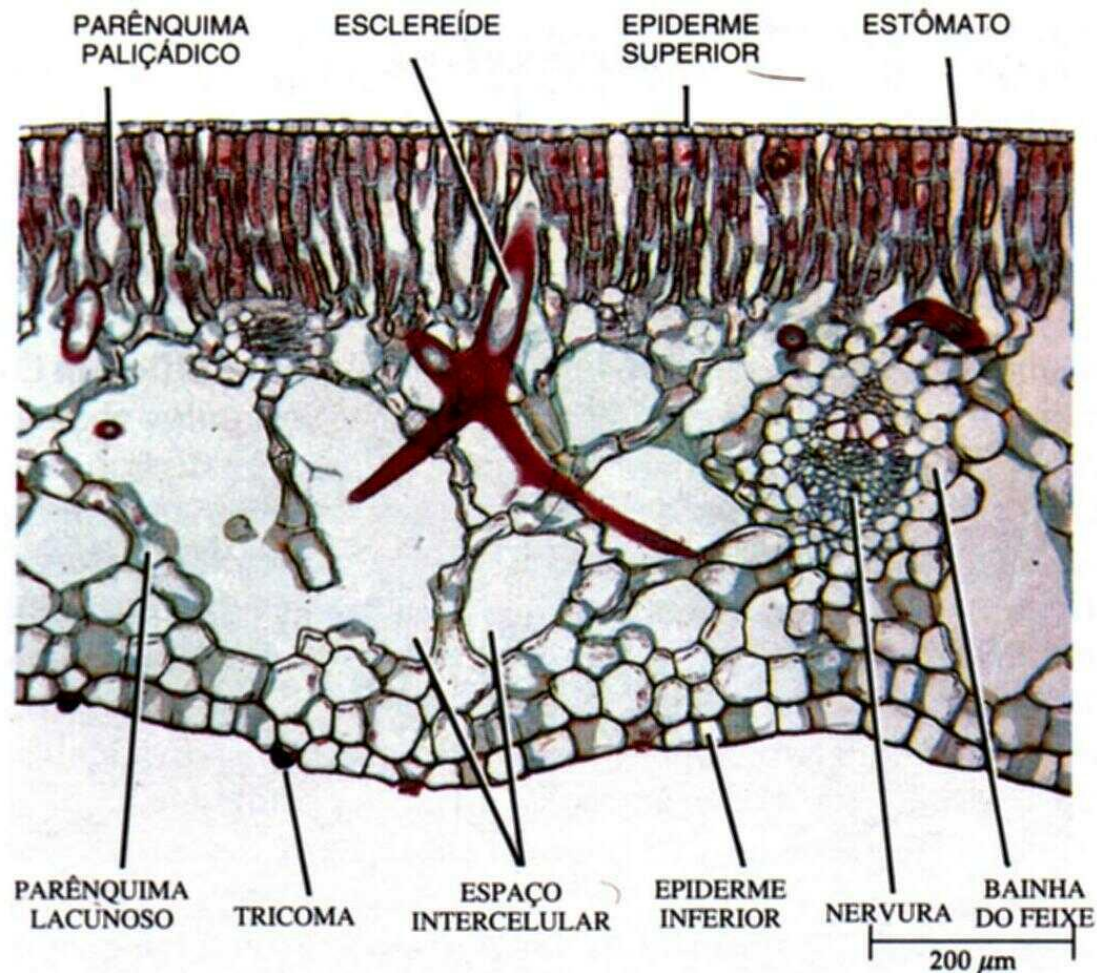
23.16

Folhas sésseis (folhas sem pecíolo) são freqüentemente encontradas entre as dicotiledôneas, tais como Moricandia, um membro da família da mostarda (a), mas são particularmente características das gramíneas e de outras monocotiledôneas (b). No milho (Zea mays), uma monocotiledônea, a base da folha forma uma bainha em torno do caule. A lígula é visível como uma pequena dobra de tecido que se estende para cima da bainha. A disposição paralela das nervuras longitudinais é conspícua na porção da lâmina aqui mostrada.

23.17

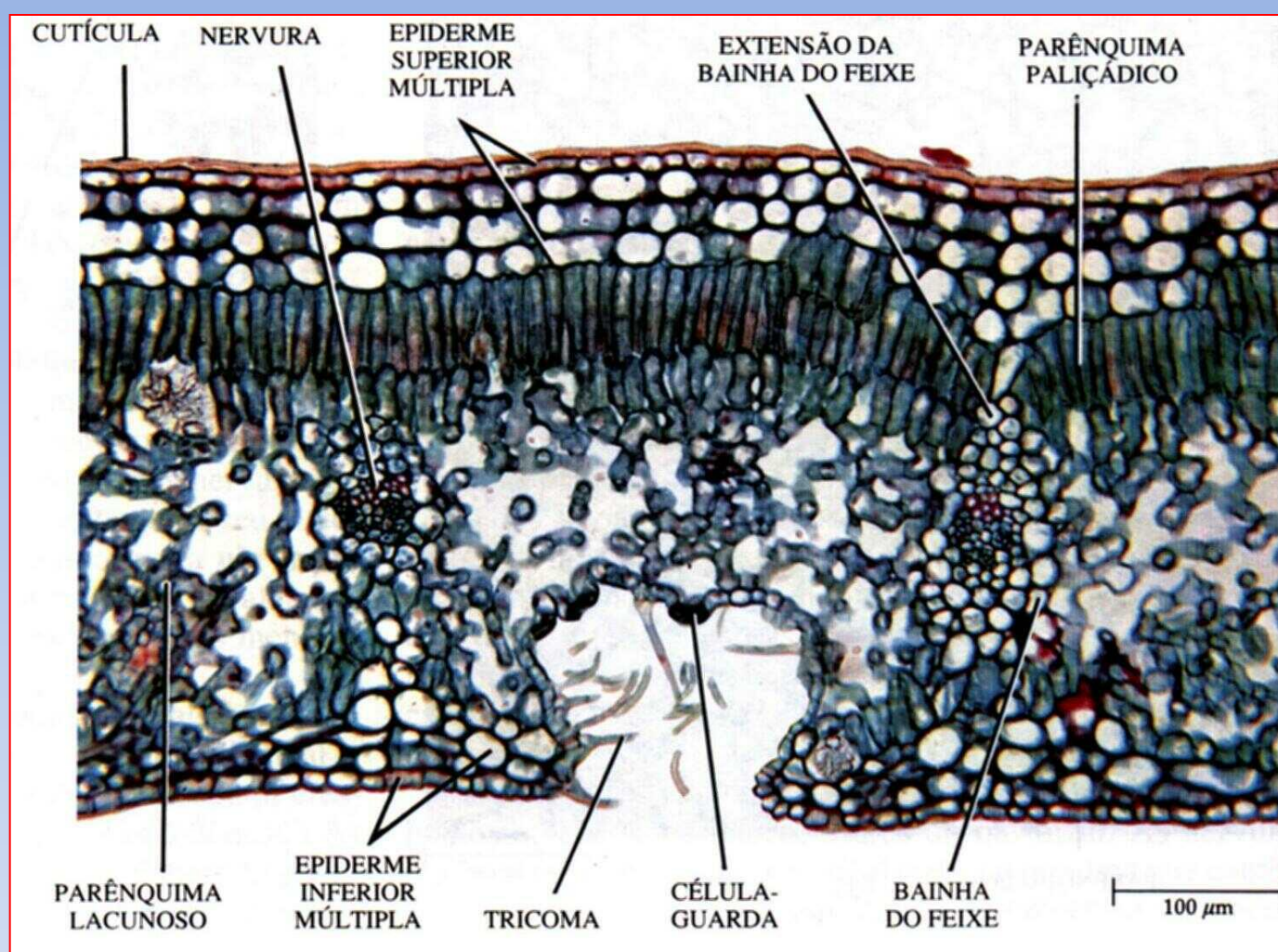
Alguns exemplos de folhas compostas.
Uma folha composta digitada é mostrada
em (a); todas as outras são folhas
compostas pinadas. (a) *Aesculus*
pavia. (b) *Hicória* (*Carya ovata*).
(c) *Freixo* (*Fraxinus pennsylvanica*
var. subintegerrima). (d) *Robinia*
pseudo-acacia. (e) *Gleditsia*
triacanthos. Em *G. triacanthos*, cada
folíolo é subdividido em foliólulos
menores.





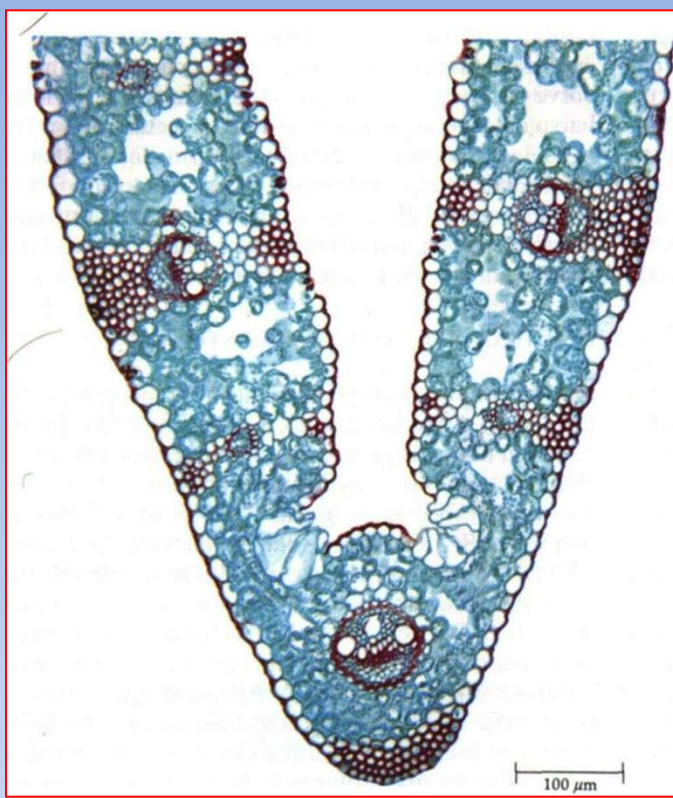
23.19

Secção transversal da folha de nenúfar (Nymphaea odorata), que flutua na superfície da água e tem estômatos apenas na epiderme superior. Como é típico das hidrófitas, o tecido vascular na folha de Nymphaea é muito reduzido, especialmente o xilema. O parênquima paliçádico consiste em várias camadas de células acima do parênquima lacunoso. Notar os grandes espaços intercelulares (aeríferos), os quais contribuem para a flutuação desta folha.



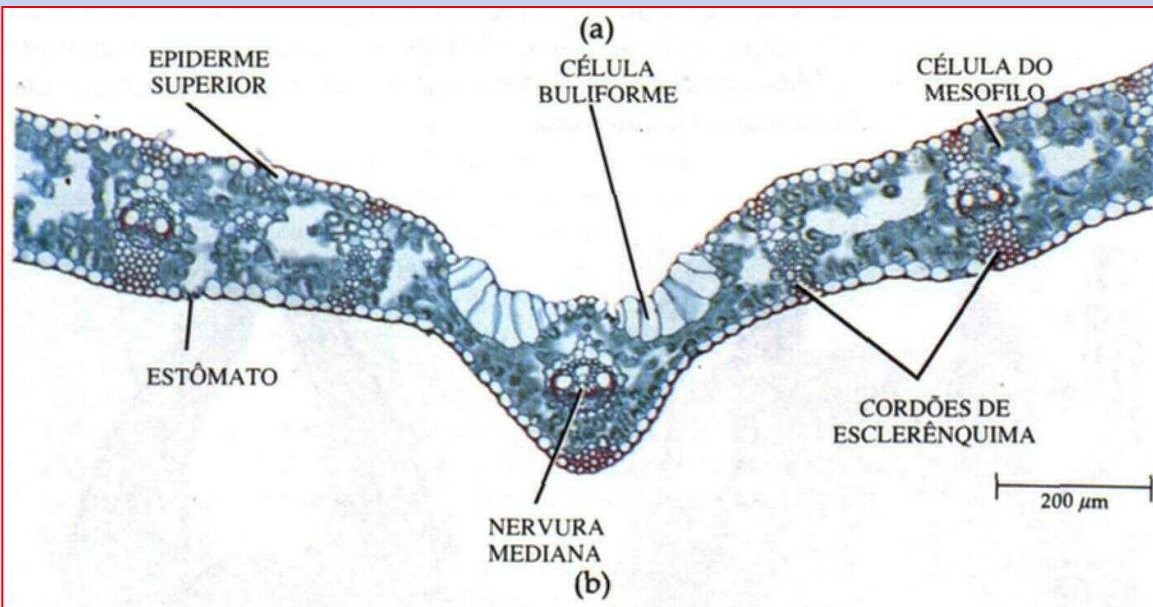
23.20

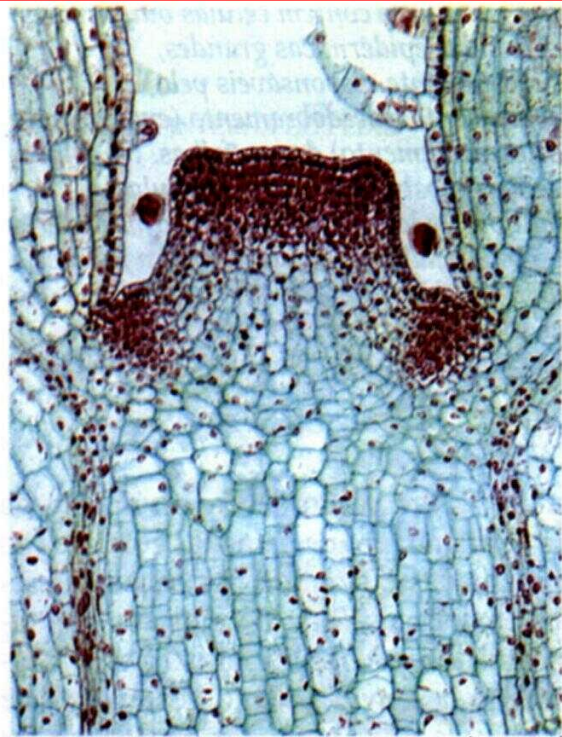
Secção transversal da folha de espierradeira (Nerium oleander). Esta é uma xerófita e isto se reflete na sua estrutura foliar. Notar a cutícula muito espessa cobrindo a epiderme múltipla (com várias camadas) nas superfícies superior e inferior da folha. Os estômatos e os tricomas são restritos às porções invaginadas da epiderme inferior, denominadas criptas estomáticas.



23.27

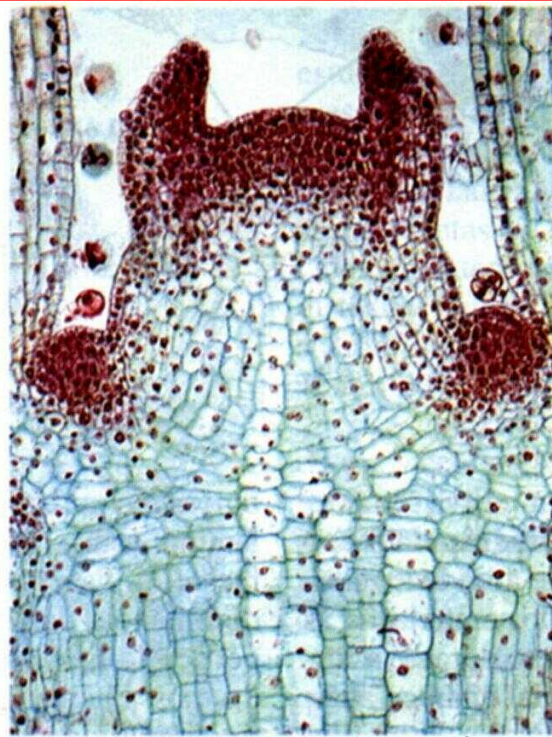
Secções transversais da folha do capim pé-de-galinha (*Poa annua*, uma gramínea anual C_3). Porções de folhas dobrada (a) e desdobrada (b) incluindo a nervura mediana. Na folha de gramíneas, o mesofilo não é diferenciado em parênquimas paliçádico e lacunoso. Cordões de células de esclerênquima comumente ocorrem acima e abaixo das nervuras. A epiderme da folha das gramíneas contém células buliformes — células epidérmicas grandes, supostamente responsáveis pelo dobramento e desdobramento (enrolamento e desenrolamento) dessas folhas. Na folha de *Poa* mostrada em (a), as células buliformes localizadas na epiderme superior estão parcialmente colapsadas e a folha está dobrada. Um aumento na turgescência das células buliformes presumivelmente causaria o desdobramento da folha (b).





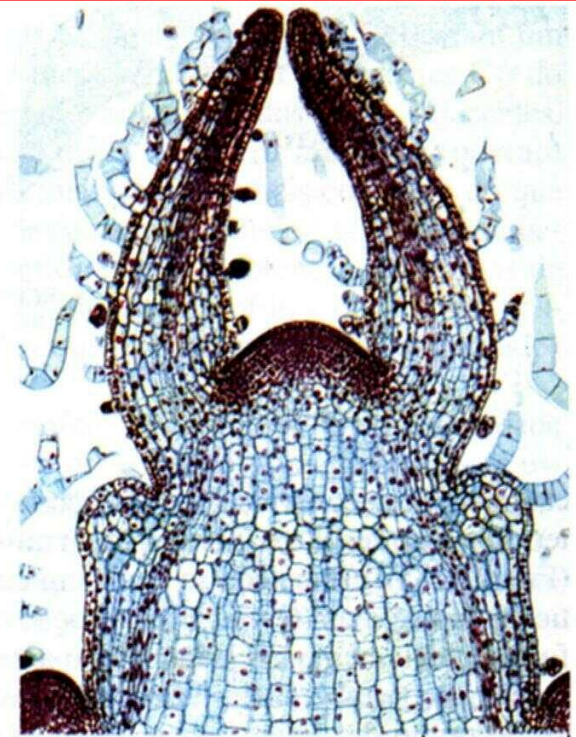
(a)

80 μm



(b)

80 μm

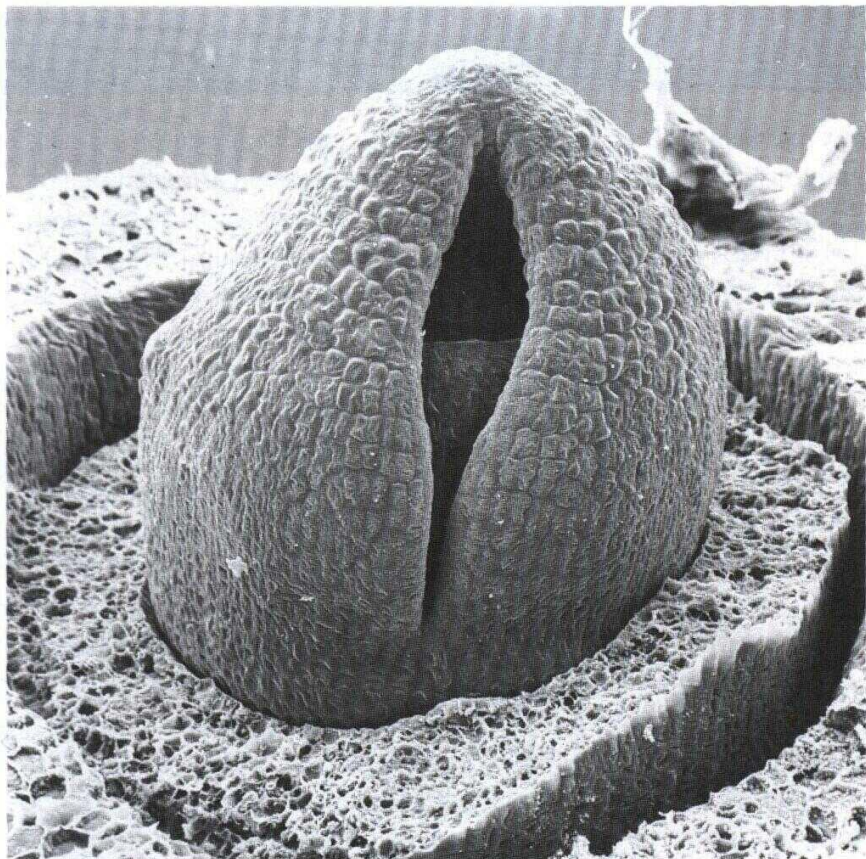


(c)

180 μm

23.28

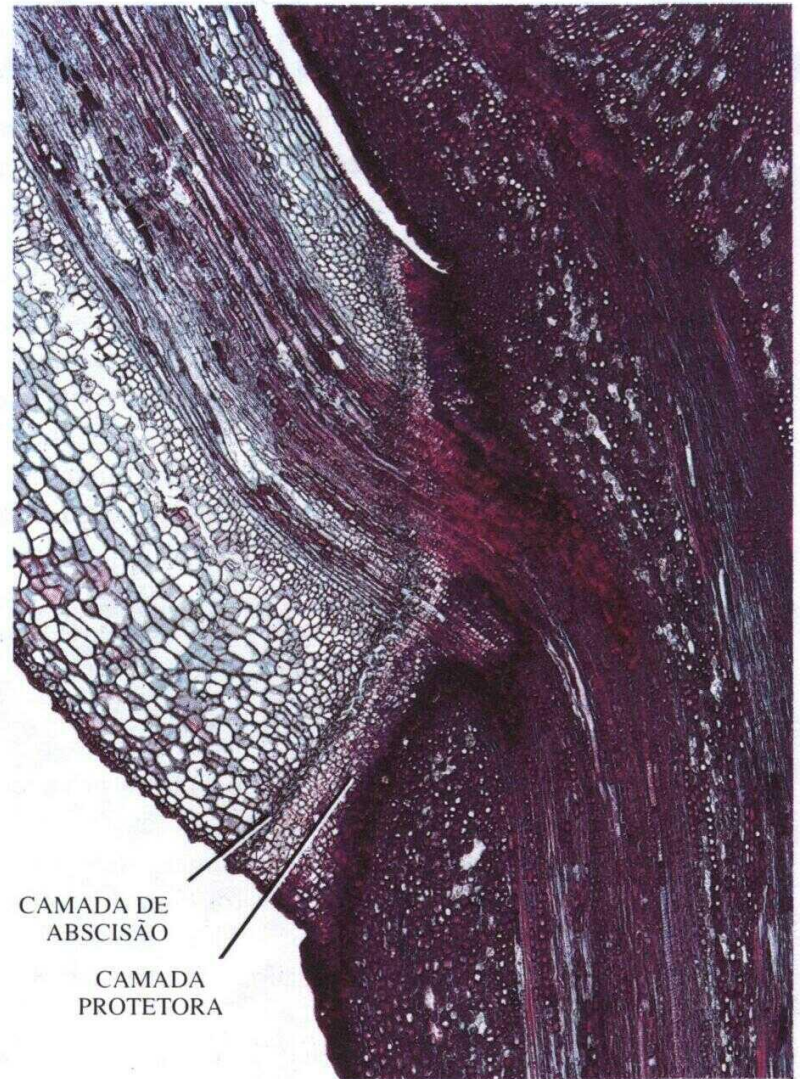
Alguns estágios iniciais do desenvolvimento foliar em *Coleus blumei*, observado em secções longitudinais do ápice do eixo caulinar. As folhas em *Coleus* ocorrem em pares, opostas umas às outras nos nós (ver Fig. 23.2). (a) Duas pequenas saliências ou protuberâncias foliares podem ser vistas opostas uma à outra nos flancos do meristema apical. Além disso, um primórdio de gema pode ser visto surgindo na axila de cada uma das duas folhas jovens, abaixo. (b) Dois primórdios foliares eretos se desenvolvem das gemas foliares. Notar os cordões procambiais estendendo-se para cima dentro do primórdio foliar. Os primórdios das gemas, abaixo, estão mais adiantados no desenvolvimento do que aqueles em (a). À medida que os primórdios foliares se alongam (c), os cordões procambiais, que são contínuos com os traços foliares do procâmbio no caule, continuam a se desenvolver em folhas. Tricomas, ou pêlos epidérmicos, desenvolvem-se muito precocemente de certas células protodérmicas, muito antes de a protoderme maturar e originar a epiderme.



50 μ m

23.31

Elétron-micrografia de varredura de uma folha em desenvolvimento de cevada (Hordeum vulgare). Neste estágio, a lâmina em desenvolvimento tem a forma de capuz. O ápice do eixo caular pode ser visto através da abertura do capuz.



CAMADA DE
ABSCISÃO

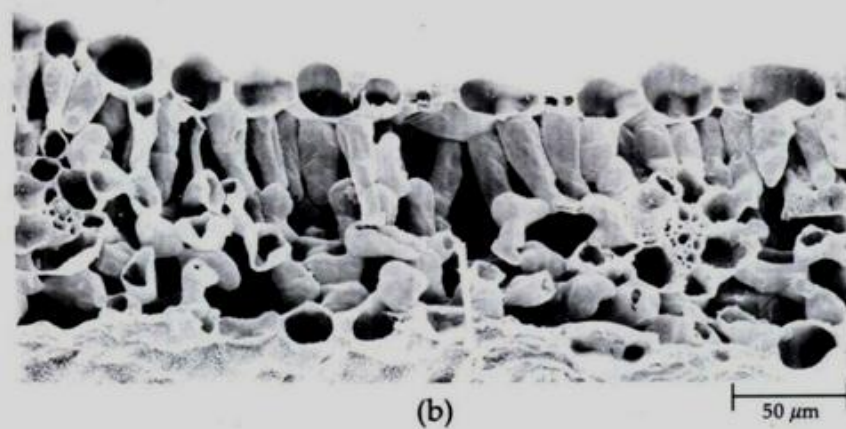
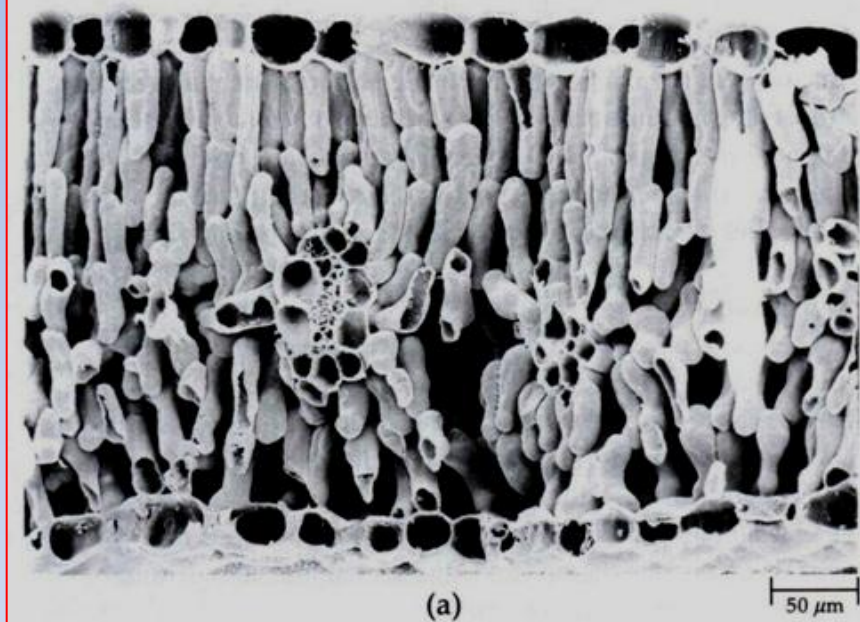
CAMADA
PROTETORA

50 μ m

23.33

Zona de abscisão na folha de Acer, vista em secção longitudinal através da base do pecíolo.

lógicas e é transformado em ápice reprodutivo. Conseqüentemente, a floração pode ser considerada como um estágio do desenvolvimento do ápice vegetativo do eixo caular e da planta como um



23.32

Elétron-micrografia de varredura mostrando as nervuras transversais de (a) folhas de sol e (b) folhas de sombra de Thermopsis montana, um membro da família da ervilha (Fabaceae). Notar que a folha de sol é consideravelmente mais espessa do que a folha de sombra, uma condição devida principalmente ao maior desenvolvimento do parênquima paliçádico na folha de sol.

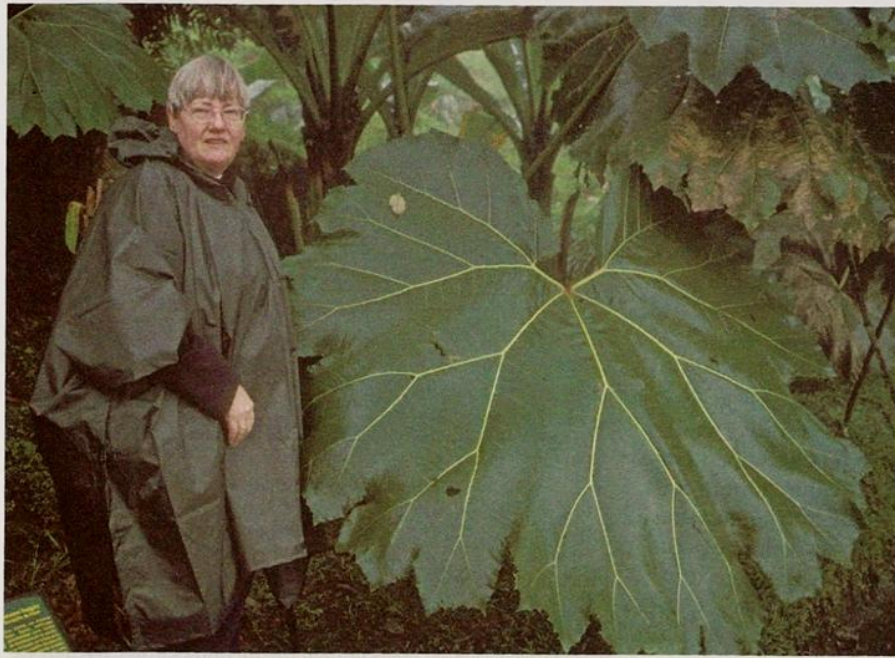
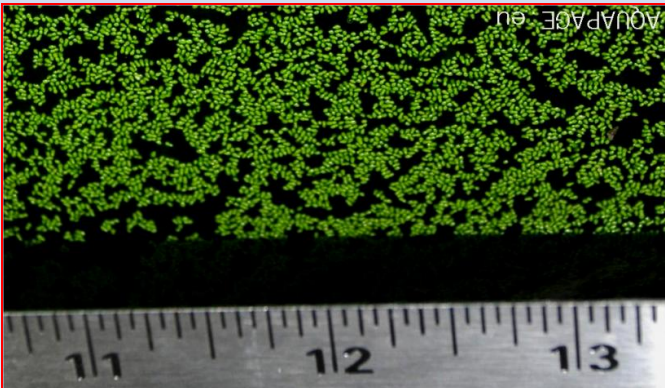


Figura 3.22 *Gunnera insignis* (guarda-chuva de pobre; Gunneraceae), uma espécie herbácea nativa da América Central com folhas impressionantemente grandes; esta foto foi tirada na Costa Rica, em uma floresta nebulosa (fotografia de S. Scheiner).

Folha de *Coccoloba* sp. Maior folha maior folha indivisa (não dividida). A folha da árvore *Coccoloba* sp., a maior dicotiledônea (planta superior) registrada no Brasil, com dois metros de altura e 1,34 metro de largura.

REGISTRO Número de Herbário do INPA, 171.619. Coleção C.A.Cid Ferreira, J.T.França & R. Gribel, 11.150 em 28/09/93. Guinness Book 1997.

A menor folha do mundo é a lentilha d'água (*Wolffia brasiliensis*), que atinge, no máximo, um milímetro de comprimento e também ocorre na região amazônica.





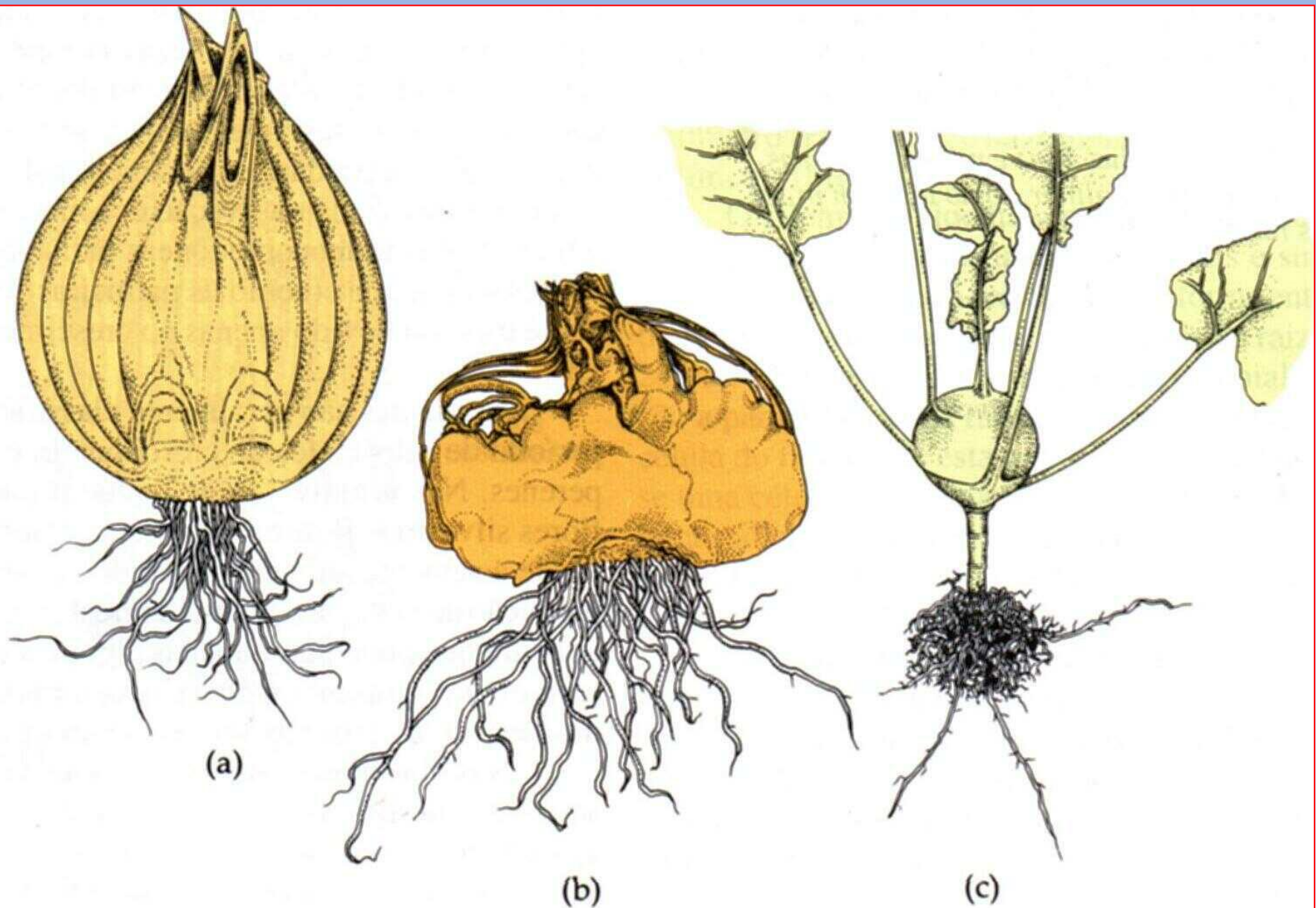
(a)



(b)

23.39

(a) Espinhos, como neste *Ferocactus melocactiformis*, são folhas modificadas. (b) Espinhos mostrados nesta fotografia de *Crataegus* são ramos modificados, os quais se originam nas axilas das folhas.



23.41

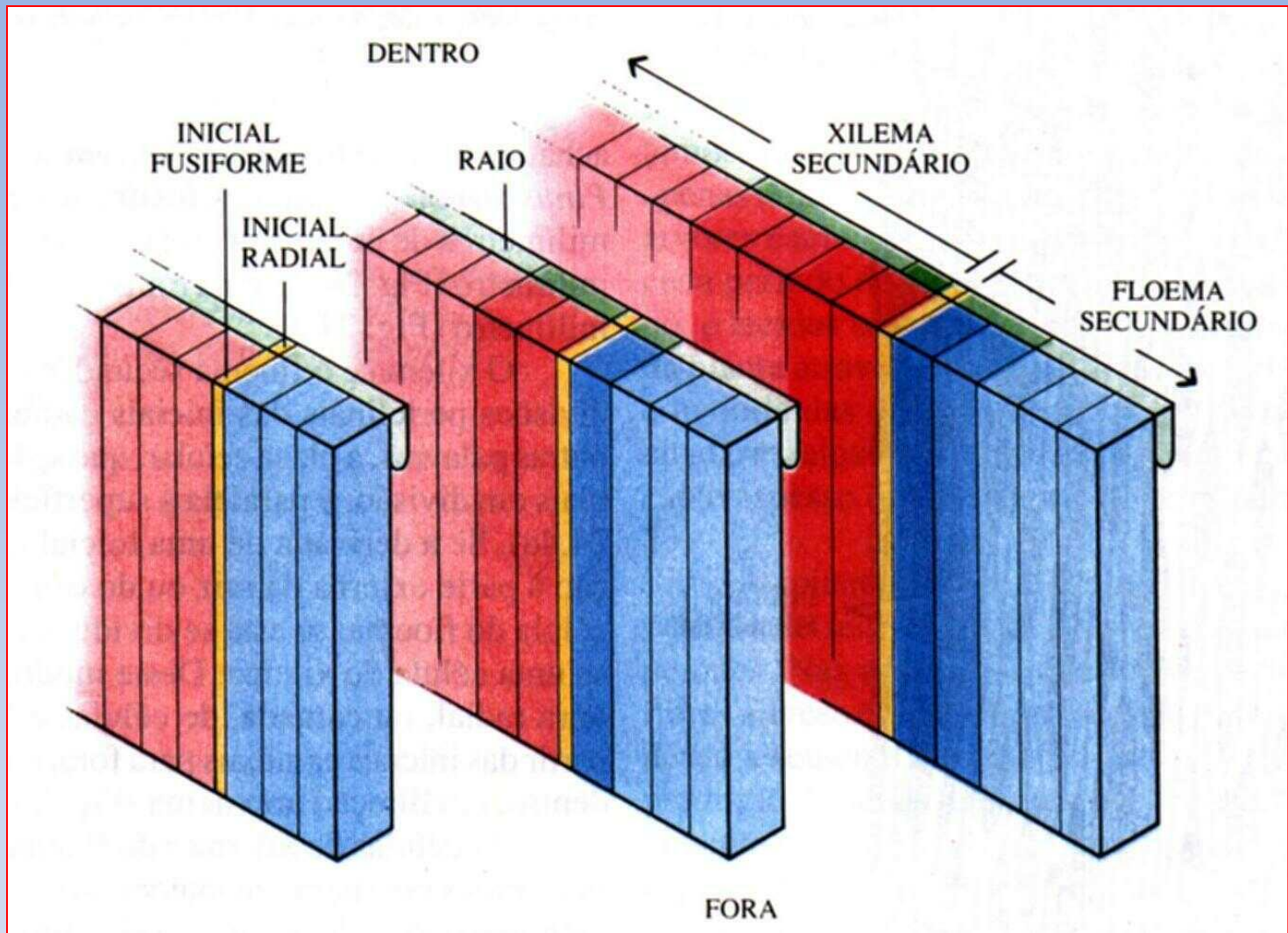
Exemplos de folhas ou caules modificados. (a) Um bulbo de cebola (*Allium cepa*), o qual consiste em um caule cônico com folhas escamiformes, armazenadoras de alimentos. As folhas são a parte da cebola que nós comemos. (b) Um cormo de um gladiolo (*Gladiolus grandiflorus*), que é um caule carnoso com pequenas e delgadas folhas. (c) O caule de reserva suculento da couve-rábano (*Brassica oleracea* var. *caulocarpa*).

Crescimento Secundário em Caules



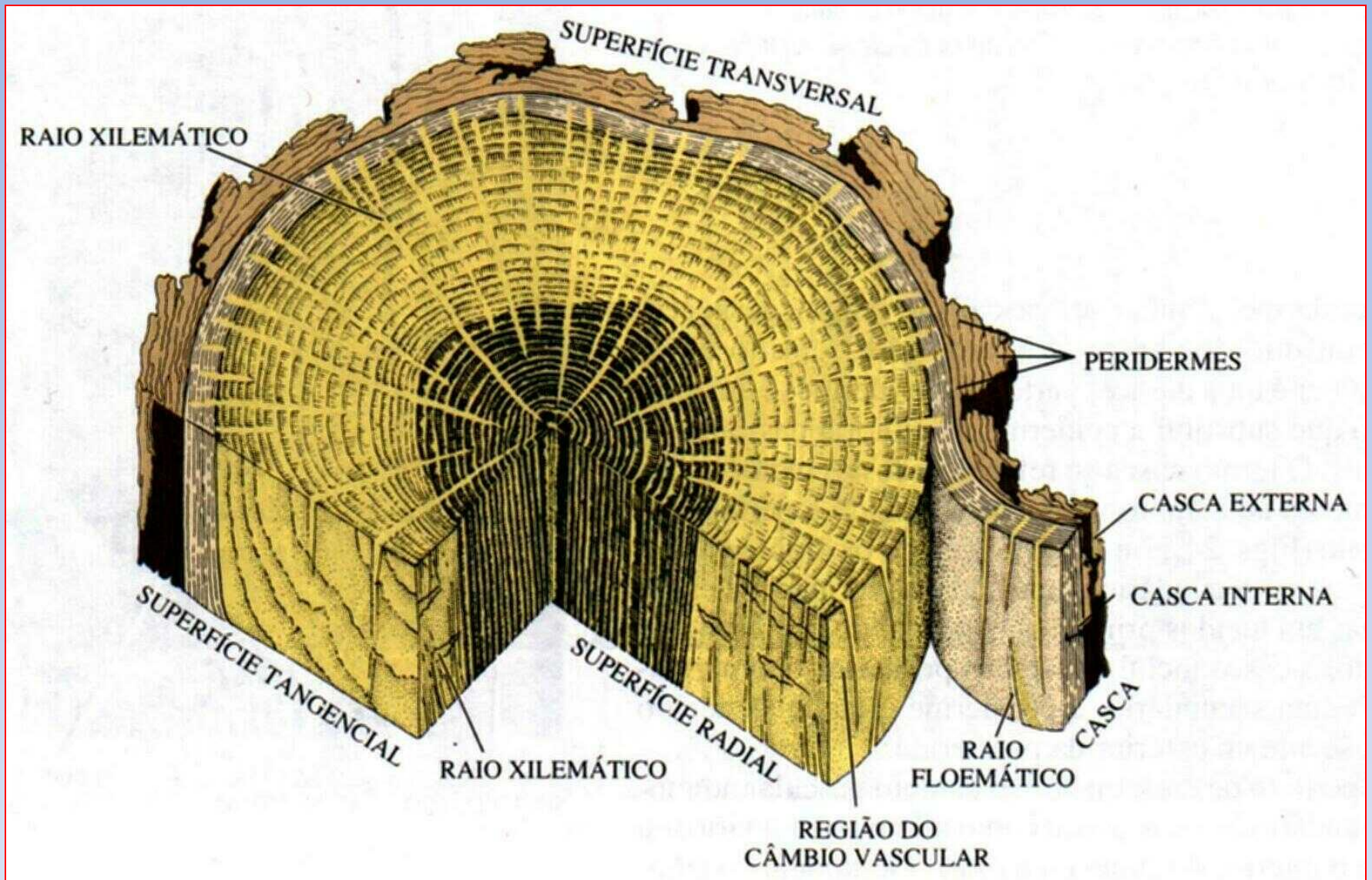
24.1

Uma hicória (Carya ovata) solitária em condições de verão. As plantas têm sido capazes de atingir grandes alturas devido à capacidade de suas raízes e caules em aumentar a circunferência, ou seja, de possuir crescimento secundário. A maior parte dos tecidos produzidos desta maneira constitui-se de xilema secundário ou madeira, que não somente conduz água e minerais para as partes mais distantes do sistema caulinar, como também provê grande resistência às raízes e caules.



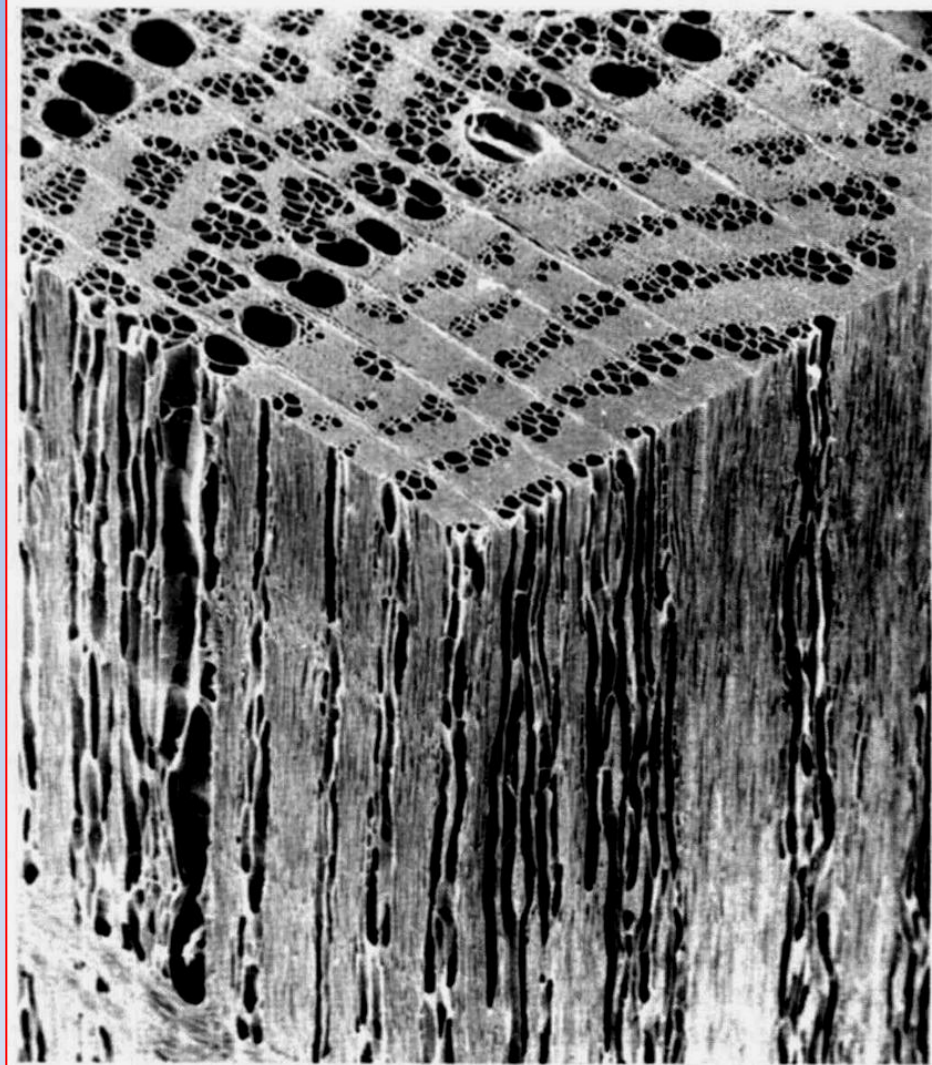
24.5

Diagrama mostrando a relação do câmbio vascular com seus tecidos derivados — xilema e floema secundários. As células mais escuras são as derivadas mais recentes. O câmbio vascular é composto por dois tipos de células — iniciais fusiformes e iniciais radiais — que dão origem ao sistema axial e radial, respectivamente, dos tecidos vasculares secundários. As iniciais cambiais quando se dividem periclinalmente produzem xilema e floema secundários. Com a divisão de uma inicial, uma célula-filha (a inicial) continua meristemática e a outra (a derivada da inicial) pode formar uma ou mais células do tecido vascular. As células produzidas em direção à superfície interna do câmbio vascular formam os elementos do xilema, e aquelas produzidas em direção à superfície externa formam os elementos do floema. As iniciais radiais se dividem para formar os raios vasculares, que formam um ângulo reto com as derivadas das iniciais fusiformes. Com a produção de xilema secundário adicional, o câmbio vascular e o floema secundário são deslocados para fora. Os diagramas (da esquerda para a direita) representam sucessivamente os estágios de maturação.

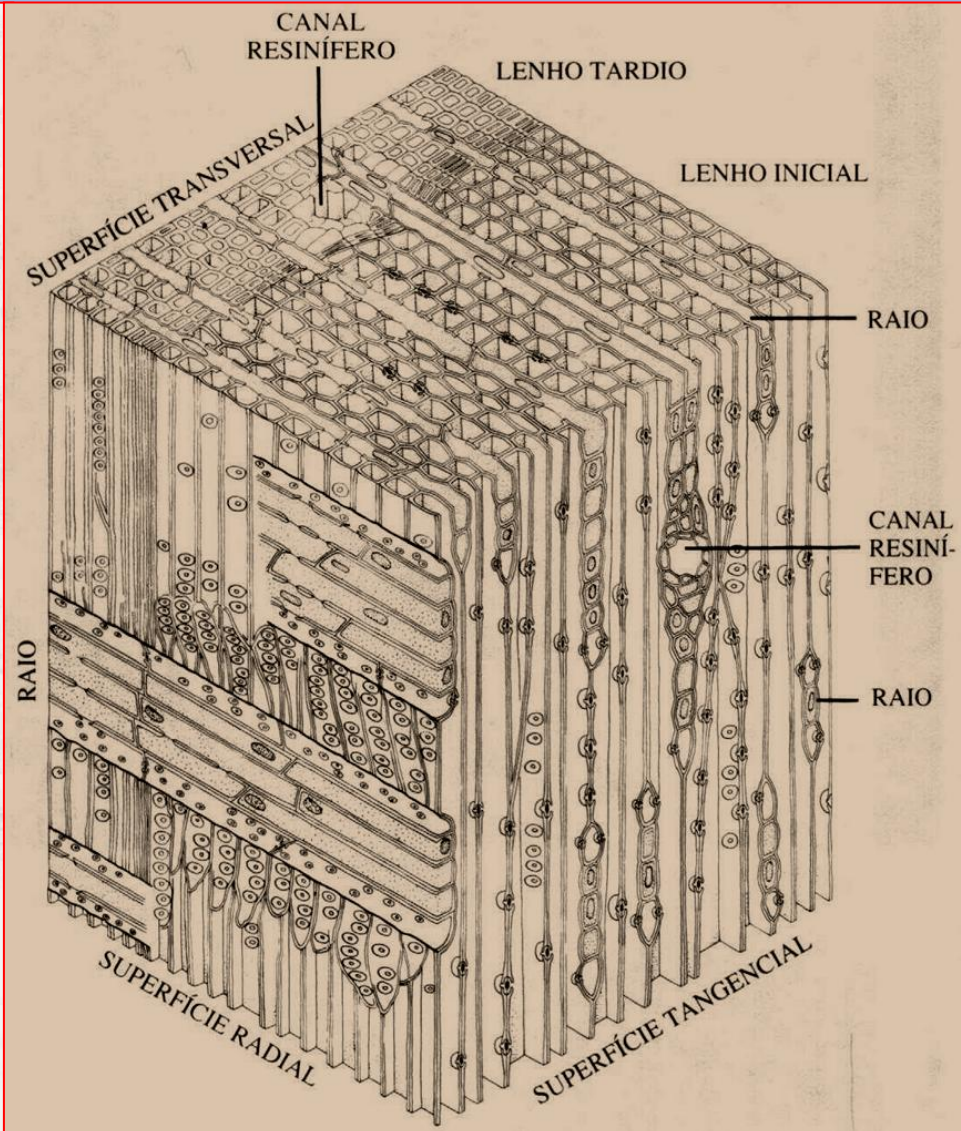


24.12

Diagrama de uma porção de caule de carvalho-vermelho (*Quercus rubra*), mostrando as superfícies transversal, tangencial e radial. A área escura no centro é o cerne. A área mais clara do lenho é o alburno.

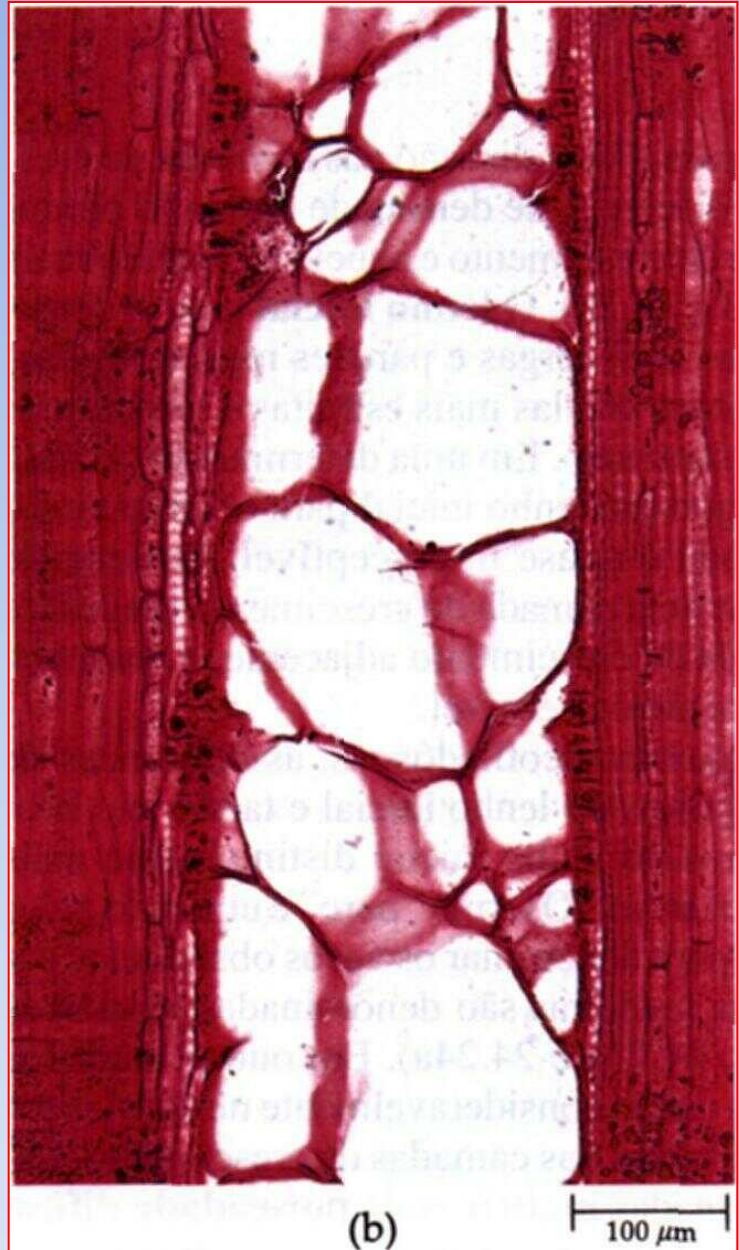
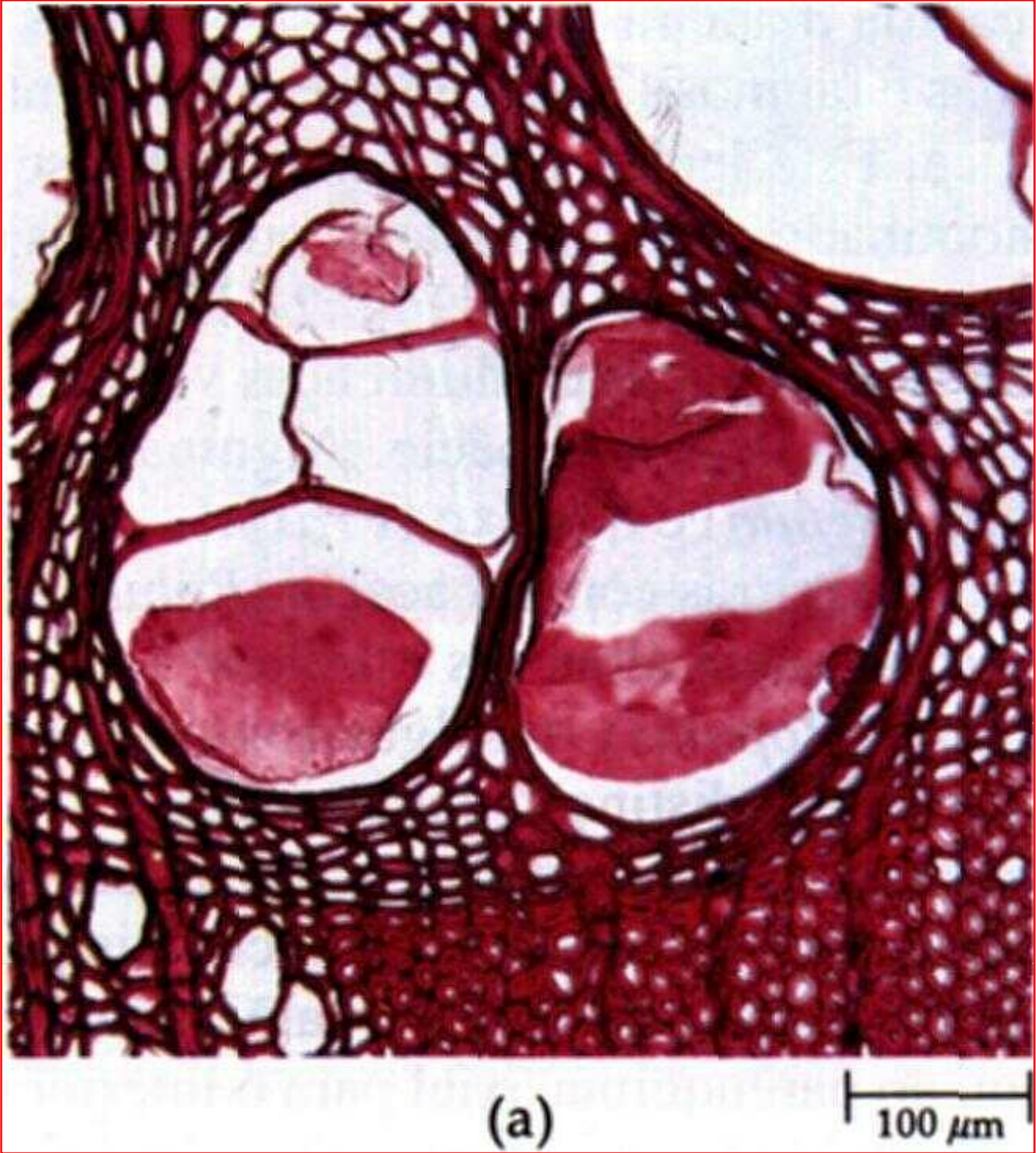


2,5 mm



24.25

Elétron-micrografia de varredura de um cubo de madeira de olmo americano (*Ulmus americana*), mostrando as três faces, ou superfícies da madeira. Por comparação com as Figs. 24.19, 24.23 e 24.24, você será capaz de identificar cada superfície. Esta é uma madeira com anel semiporoso, onde os vasos do lenho tardio estão arranjados em linhas tangenciais onduladas, uma característica típica dos olmos. Identifique os vasos do lenho inicial e tardio, bem como os raios nas três superfícies. A região densa da madeira é composta basicamente por fibras. As células do parênquima axial também estão presentes, mas não são distinguíveis neste aumento. (A madeira do olmo americano possui uma densidade básica de 0,46.)



24.27
Tilos, protuberâncias em forma de balões, que crescem a partir das células parenquimáticas, bloqueando total ou parcialmente o lume do vaso. Seções (a) transversal e (b) longitudinal, mostrando tilos nos vasos de carvalho-branco (*Quercus alba*), observado em microscópio óptico.

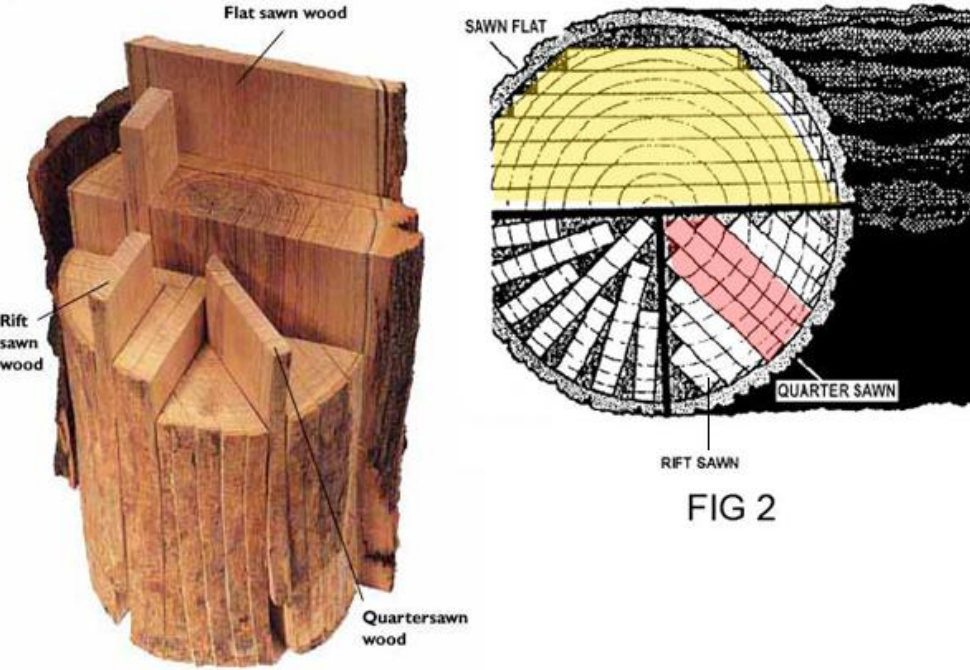
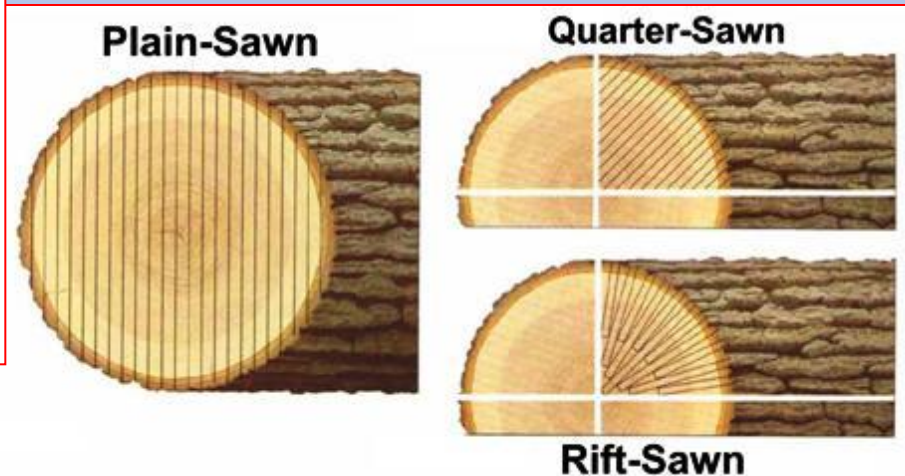


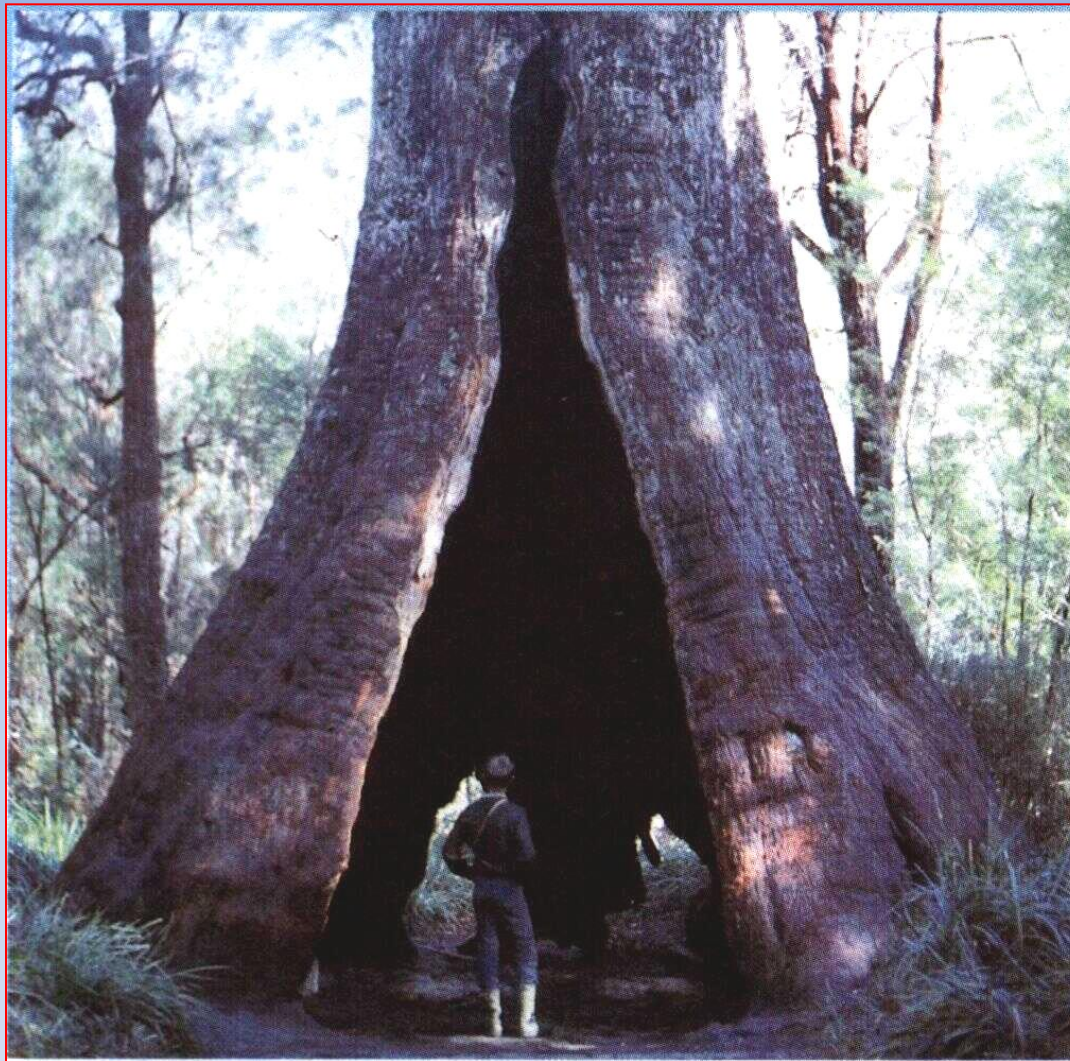
FIG 2

FIG 1

Diferentes Tipos de Cortes em Madeiras



Plain-Sawn Quarter-Sawn Rift-Sawn



18.1

Um eucalipto gigante (Eucalyptus jacksonii) crescendo no Vale dos Gigantes, no sudoeste da Austrália. Note o homem em frente à base oca desta enorme angiosperma.



Photo courtesy Celso Foelke





Castanha do Pará



Cedro



Copaíba



Ipê amarelo



Jacarandá



Jatobá



Maçaranduba



Mogno



Pau-Brasil



Seringueira



Mangabeira



Pequizeiro



Umbuzeiro