

## Anatomia Vegetal

### UNIDADE 1 INTRODUÇÃO À ANATOMIA VEGETAL

Você sabia que a anatomia vegetal é o ramo da botânica que se ocupa em estudar a estrutura interna das plantas e que sua história confunde-se com a descoberta da célula? Quando Robert Hooke descobriu a célula em 1663, ele utilizou um pedaço de cortiça, que na verdade são células vegetais mortas que fazem parte da periderme dos caules e raízes em crescimento secundário. Portanto, a anatomia vegetal nasceu juntamente com os primeiros estudos da estrutura celular. Podemos estudar a anatomia dos órgãos vegetativos (raiz, caule e folha) e dos órgãos reprodutivos (flor, fruto e semente). Em nosso curso daremos ênfase, principalmente, à estrutura anatômica dos órgãos vegetativos. Um dos ramos da anatomia vegetal que tem revelado informações importantes é a anatomia da madeira ou anatomia do lenho. Essa parte da anatomia objetiva estudar a estrutura do xilema secundário e é muito aplicada em estudos de tecnologia da madeira e no entendimento do fluxo da água no corpo da planta. Estudos de dendrocronologia e paleobotânica valem-se do conhecimento da estrutura da madeira e são utilizados em pesquisas de paleontologia.

Atualmente estuda-se anatomia vegetal de uma forma mais aplicada, ou seja, faz-se uma anatomia funcional. Essa forma de estudar anatomia vegetal permite relacionar as diversas estruturas internas da planta com suas funções e assim verificar possíveis tendências adaptativas da planta aos diversos ambientes e entender a funcionalidade dos mecanismos fisiológicos da planta.

Outra aplicação importante da anatomia vegetal é a sua utilização na verificação de possíveis semelhanças entre grupos com certo grau de parentesco e auxiliar o posicionamento taxonômico desses indivíduos.

Nos cursos de graduação das áreas de Ciências Biológicas e Agrárias, devido à necessidade de se conhecer a estrutura interna das plantas, são ministrados os conteúdos de anatomia vegetal. Muitas áreas de estudo nos cursos citados utilizam os conhecimentos da anatomia vegetal para desenvolvimento de pesquisa. De acordo com os objetivos pode-se escolher um dos muitos ramos da anatomia vegetal, entre eles:

Anatomia descritiva – revela a estrutura dos tecidos vegetais e sua distribuição no corpo da planta.

Anatomia ecológica – ocupa-se em relacionar a estrutura interna das plantas com as condições ambientais.

Anatomia fisiológica – busca entender as funções dos diversos tecidos vegetais e relacioná-los com as atividades fisiológicas da planta.

Anatomia ontogenética – estuda a formação e desenvolvimento dos tecidos vegetais.

Anatomia aplicada à sistemática – procura identificar estruturas que possam juntar ou separar grupos vegetais.

Assim, esperamos que os conteúdos de anatomia vegetal possam ajudar na descoberta de fatos novos que venham enriquecer sua formação acadêmica.

## UNIDADE 2

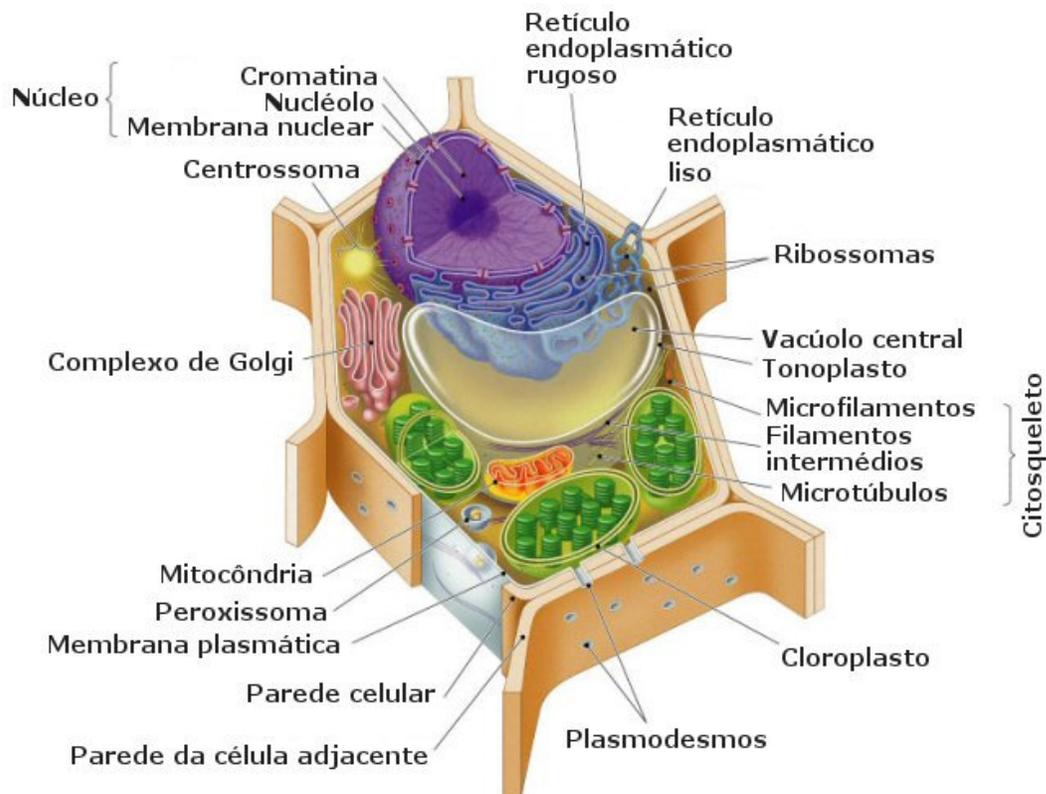
### CÉLULA VEGETAL E MERISTEMAS

#### 1. A CÉLULA VEGETAL

##### 1.1. PAREDE CELULAR

Sabemos que plantas e animais apresentam muitas diferenças e para isso basta fazer uma rápida observação no ambiente em que vivemos. Portanto, as diferenças nem sempre são visíveis. Você sabia que as células vegetais e animais são eucarióticas e podem apresentar semelhanças e diferenças entre si? Organelas como as mitocôndrias, o complexo golgiense e o retículo endoplasmático são comuns a ambas as células. Já os vacúolos, os plastídios e a parede celular celulósica são considerados estruturas típicas da célula vegetal (Figura 1).

**Figura 1. Célula vegetal com as principais organelas.**

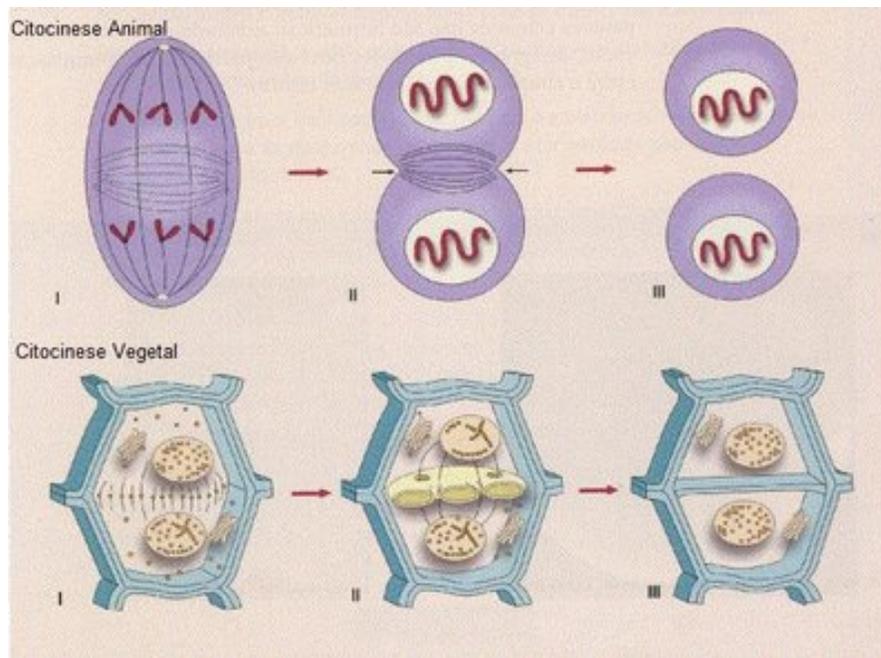


Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) - Pesquisa realizada em 20/06/09

A parede celular resulta da atividade secretora do protoplasma e de algumas enzimas como a glicose uridinadifosfato (GUDP). A parede celular envolve a membrana plasmática e diferentemente do que se imagina, é parte dinâmica da célula e passa por modificações durante o crescimento e desenvolvimento celular. É responsável não só pela forma e rigidez da célula, mas também pela restrição da expansão do protoplasto, pela defesa contra bactérias e fungos e por impedir a ruptura da membrana pela entrada de  $H_2O$  no interior da célula.

A parede celular é formada durante a telófase, fase final da mitose, momento no qual os grupos de cromossomos iniciam a separação e migração para as regiões polares. Nesse momento, nota-se a formação de um fuso de aspecto fibroso, o fragmoplasto (Figura 2) entre os grupos de cromossomos. O fragmoplasto, na linha mediana, inicia a formação da placa celular. Essa etapa é considerada a primeira evidência da parede celular que se inicia como um disco suspenso no fragmoplasto.

**Figura 2. Divisão celular. Formação da parede celular na região equatorial da célula vegetal. Citocinese (I e II), formação das células-filhas com parede celular primária.**



Fonte: [www.maisbiogeologia.blogspot.com](http://www.maisbiogeologia.blogspot.com) - Pesquisa realizada em 22/06/09

São os dictiossomos e retículo endoplasmático os responsáveis pela liberação das vesículas que formam a placa celular que se estende lateralmente até fundir-se com a parede da célula mãe. Depois de formada a parede celular, o protoplasma libera o material para formação da lamela média que irá unir células adjacentes.

Formada externamente à membrana plasmática, a parede celular apresenta-se como primária e secundária. As primeiras camadas formam a parede primária e as camadas depositadas posteriormente, conforme ocorre o desenvolvimento celular, formam a parede secundária que fica localizada internamente à parede primária e externamente à membrana plasmática, ficando assim entre a membrana e parede primária (Figura 3). A parede secundária pode apresentar até três camadas,  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ .

As paredes primárias e secundárias diferem muito em sua composição. A parede primária possui arranjo molecular frouxo e um percentual de aproximadamente 70% de água, os 30% restantes correspondem à matéria seca que está representada em sua maioria por polissacarídeos (celulose, hemicelulose e pectina). Estão presentes também, na parede primária, algumas proteínas como a expansina e a extensina. Já a parede secundária possui arranjo molecular firme, é composta principalmente por celulose (cerca de 50 a 80% da matéria seca), porém, também estão presentes

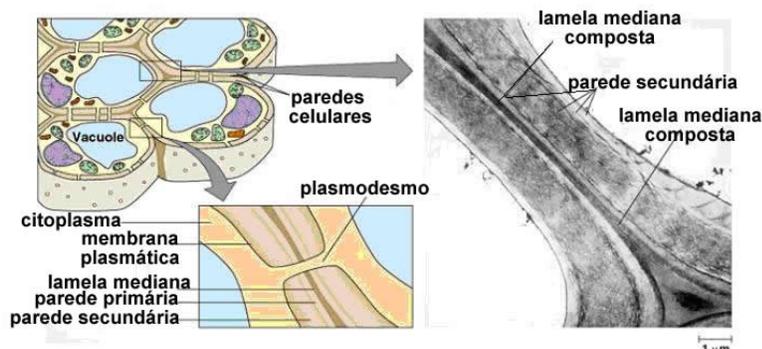
cerca de 5 a 30% de hemicelulose e 15 a 35% de lignina, já as pectinas e glicoproteínas estão aparentemente ausentes. Devido à deposição de lignina (polímero hidrofóbico), a parede secundária possui baixo teor de água, cerca de 20% apenas.

As células com paredes secundárias, geralmente, são células mortas, logo, as mudanças que nela ocorrem são de caráter irreversível. A lignina é um componente frequente nas paredes secundárias de tecidos como o xilema e o esclerênquima. A lignina aparece incrustando a matriz da parede e a sua produção se inicia na lamela mediana, progredindo até atingir a parede secundária, onde está presente em maior intensidade. O incremento de lignina na parede celular leva a lignificação da parede e aumenta sua resistência.

Entre as paredes primárias de duas células vizinhas encontra-se a lamela média e tem como função preencher espaços entre as células e funciona como uma espécie de cimento que irá unir células vizinhas.

Fazendo a conexão entre células vizinhas encontram-se os plasmodesmos, estes são formados por pequenos canalículos e pelas projeções do retículo endoplasmático liso (desmotúbulo) (Figura 3).

**Figura 3. Parede celular. Observe a posição das paredes. Primária e secundária e a presença dos plasmodesmas.**



Fonte: [www.ualr.edu.botimages.html](http://www.ualr.edu.botimages.html) - Pesquisa realizada em 23/06/09

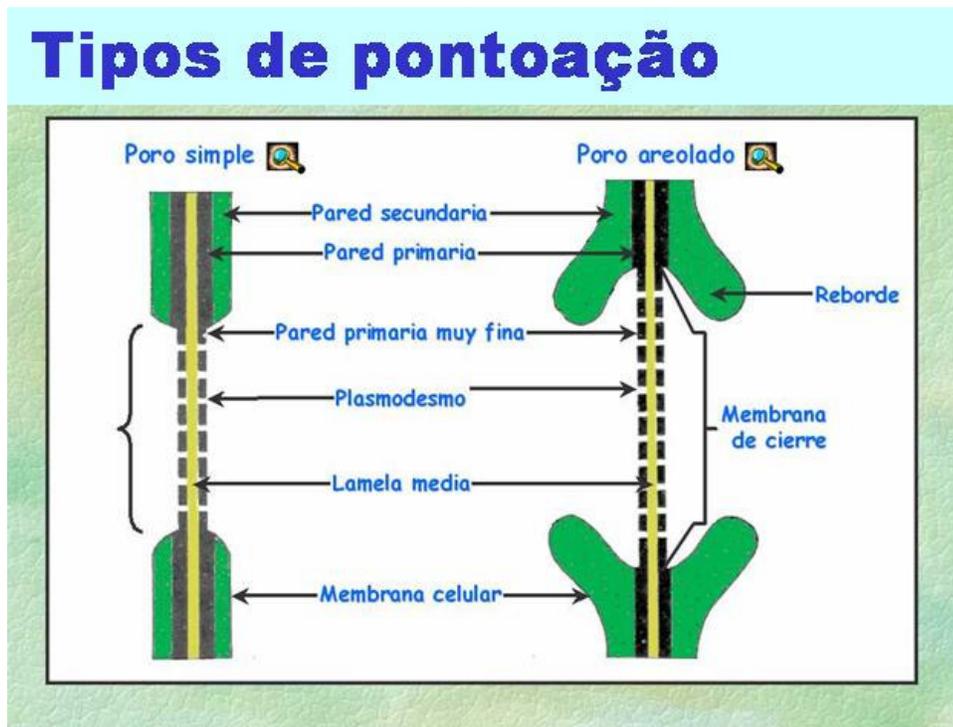
Os plasmodesmos atravessam a parede primária e a lamela média de células adjacentes permitindo a intercomunicação celular. Estas estruturas formam os campos primários de pontuação, que correspondem às porções da parede primária onde ocorre menor deposição de microfibrilas de celulose, formando pequenas depressões. Geralmente, nenhum material de parede é depositado durante a formação da parede secundária onde estão presentes os campos primários de pontuação, originando as pontuações.

As pontuações variam em tamanho e detalhes estruturais. Dentre os vários tipos de pontuações os mais comuns são: pontuação simples e pontuação areolada (Figura 4).

A pontuação simples é apenas uma interrupção da parede secundária sobre a parede primária, geralmente, sobre os campos de pontuação primário. O espaço em que a parede primária não é recoberta pela secundária constitui a chamada câmara da pontuação. Entre as paredes das duas células vizinhas podem existir pontuações que se correspondem e constituem um par de

pontoações. Neste caso, além das cavidades de pontoação, existe a membrana de pontoação, formada pelas paredes primárias de ambas as células do par mais a lamela mediana entre elas.

Figura 4. Pontoações simples e pontoações areoladas



Fonte: [www.professores.unisantabr/maramagenta/Imagens](http://www.professores.unisantabr/maramagenta/Imagens) - Pesquisa realizada em 19/06/09

A pontoação areolada recebe este nome porque em vista frontal se mostra como uma aréola, ou seja, apresenta uma saliência de contorno circular e no centro desta encontra-se uma abertura, também circular. Neste tipo de pontoação, a parede secundária forma a aréola e a interrupção desta parede corresponde à abertura da aréola. Como a parede secundária apresenta-se bem separada da parede primária, delimita-se internamente uma câmara de pontoação. Pontoações areoladas deste tipo são encontradas em células como as traqueídes e os elementos de vaso do xilema.

Nas paredes das traqueídes (célula condutora do xilema das gimnospermas e de algumas angiospermas), ocorre, na região central da membrana da pontoação areolada, um espessamento especial denominado toro. Eventualmente, uma pontuação pode ser simples de um lado e areolada de outro, formando a pontoação semiareolada. Existem ainda as pontoações cegas, quando ela existe de um lado e do outro a parede é completa.

Nas aberturas das pontoações podem ocorrer impregnações de parede celular na forma de projeções, sendo definidas como pontoações guarnecidas. Esse tipo de pontoação auxilia na redução da pressão sobre a membrana que separa duas pontoações adjacentes, evitando a formação de embolias no interior dos vasos, que é responsável pela interrupção do fluxo de água no xilema. Esse tipo de pontoação é bastante comum em plantas de ambientes com pouca disponibilidade hídrica, como no caso da caatinga.

## 1.2. VACÚOLO

O vacúolo é uma estrutura característica da célula vegetal representando, muitas vezes, cerca de 90% do espaço intracelular (Figura 1). É delimitado por uma membrana simples denominada tonoplasto. Contendo em seu interior água e diversas substâncias orgânicas e inorgânicas, muitas das quais estão dissolvidas, constituindo o chamado suco vacúolar. Devido à composição das substâncias existentes no interior do vacúolo (açúcares, ácidos orgânicos, proteínas, sais e pigmentos) seu pH geralmente é ácido.

Osmoticamente ativo, o vacúolo desempenha papel dinâmico no crescimento e desenvolvimento da planta (controle osmótico), participa da manutenção do pH da célula, é responsável pela autofagia (digestão de outros componentes celulares) e também pode ser compartimento de armazenagem dinâmico, no qual íons, proteínas e outros metabólitos são acumulados e mobilizados posteriormente.

O vacúolo também pode armazenar pigmentos e substâncias ergásticas, como inclusões de oxalato de cálcio ou outros compostos, na forma de cristais prismáticos, drusas, estilóides ou ráfides, que atuam na defesa e na osmorregulação.

Substâncias ergásticas correspondem a produtos do metabolismo celular. Muitas dessas substâncias são materiais de reserva e/ou produtos descartados pelo metabolismo da célula. São encontradas na parede celular e nos vacúolos. Podendo também estar associadas a outros componentes protoplasmáticos. Entre as substâncias ergásticas mais conhecidas destacam-se: celulose, amido, corpos protéicos, lipídios, sais orgânicos e inorgânicos e até mesmo minerais na forma de cristais, como por exemplo, os cristais prismáticos (ráfides, drusas e areias cristalíferas).

Um exemplo bem conhecido de vacúolo de reserva é o que ocorre nas células do endosperma da semente de mamona (*Ricinus communis* – Euphorbiaceae), cujos microvacúolos contêm proteínas que são conhecidas como grãos de aleurona. As proteínas de reserva da maioria das sementes são sintetizadas no retículo endoplasmático liso e transportadas até o complexo golgiense, onde ocorre uma glicosilação posterior, sendo então empacotadas em corpos protéicos. Durante a germinação, uma protease é transportada para o interior do vacúolo, degradando as proteínas de reserva.

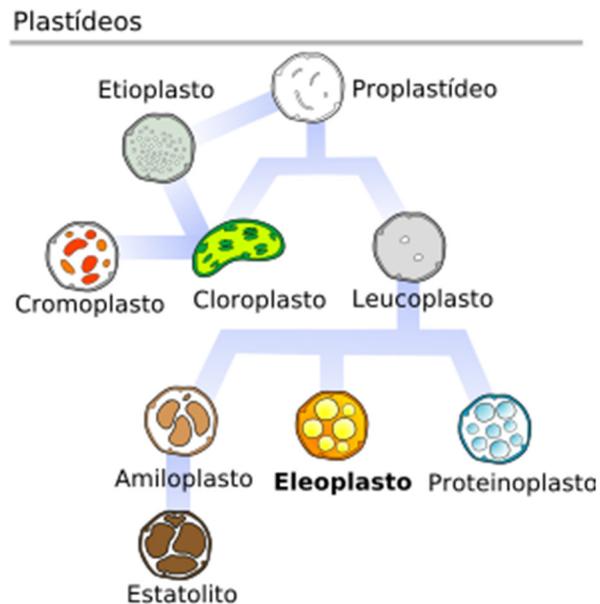
## 1.3. PLASTÍDIOS

Os estudos de filogenia dos eucariontes revelam que as mitocôndrias e os plastídios parecem ser remanescentes de organismos que estabeleceram relações simbióticas com os ancestrais dos eucariontes atuais. Estes estudos demonstram que os plastídios são organelas derivadas de cianobactérias, podem se autoduplicar e possuem genoma próprio. Os plastídios são classificados de acordo com a presença ou ausência de pigmento, ou com o tipo de substância acumulada, sendo encontrados três grandes grupos de plastídios: cloroplastos, cromoplastos e leucoplastos. O proplastídio é o precursor de todos os plastídios, ocorrendo na oosfera e nos tecidos meristemáticos (Figura 5).

Os cloroplastos são organelas celulares que contêm como pigmento principal a clorofila, estando também presentes os pigmentos carotenóides, ambos associados à fotossíntese. São encontrados em todas as partes verdes da planta, sendo mais numerosos e diferenciados nas folhas. No sistema de tilacóides do cloroplasto de plantas superiores distinguem-se pilhas de tilacóides em

forma de discos chamados de grânulo e os tilacóides de estroma, os quais conectam os grânulos (*grana*) entre si.

**Figura 5. Proplastídio e formação os plastídios.**



Fonte: [www.upload.wikimedia.org/wikipedia](http://www.upload.wikimedia.org/wikipedia) - Pesquisa realizada em 23/06/09

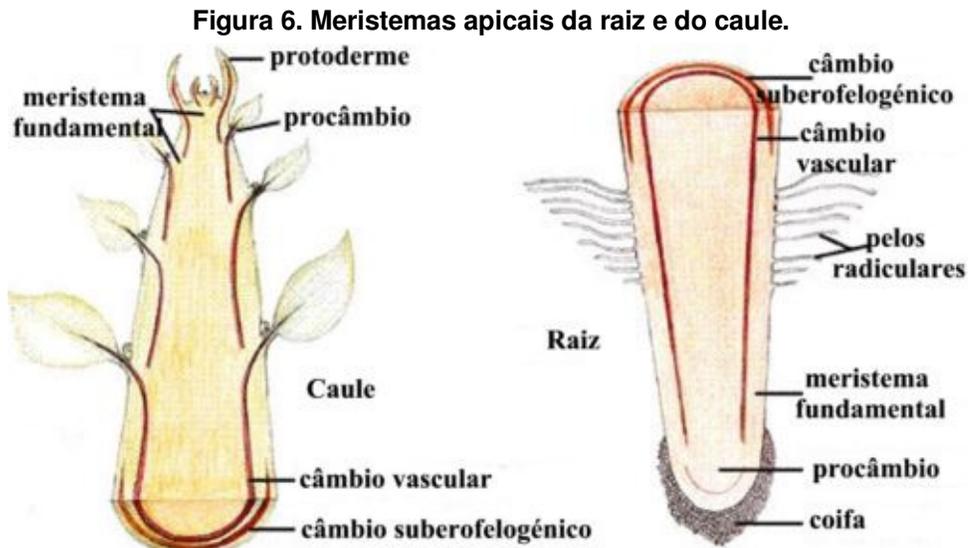
Os cromoplastos são plastídios portadores de pigmentos carotenóides e usualmente não apresentam clorofila ou outros componentes da fotossíntese, sendo encontrados usualmente nas células de pétalas e em outras partes coloridas de flores. Já os leucoplastos são tipos de plastídios que não possuem pigmentos e podem armazenar várias substâncias. Os que armazenam amido são chamados de amiloplastos e são comuns em órgãos de reserva com as raízes, caules e sementes. Um bom exemplo são os tubérculos de batata inglesa (*Solanum tuberosum* – Solanaceae). O etioplasto é um tipo de plastídio que se desenvolve no escuro e é considerado um cloroplasto em fase de diferenciação. Isso por que na presença da luz se converte rapidamente em cloroplasto.

## 2. MERISTEMAS

Você já observou que as plantas apresentam uma forma de crescimento bastante peculiar e que não param de crescer. Você sabe qual o motivo deste crescimento constante ou indeterminado?

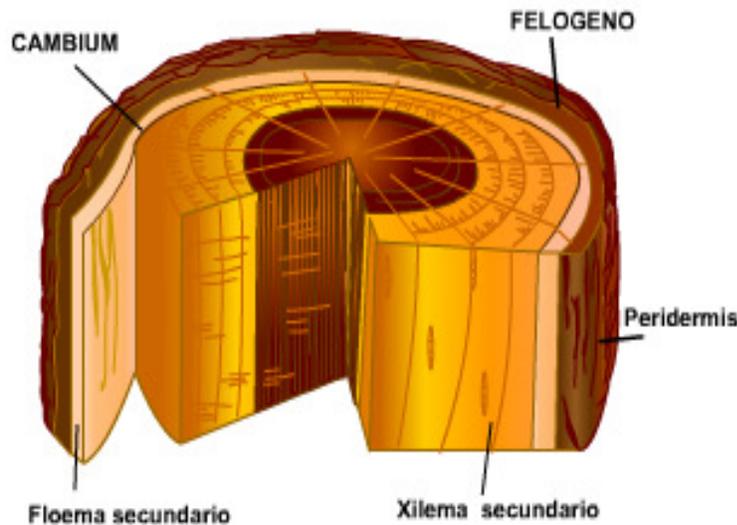
A explicação para essa pergunta é que as células vegetais podem sofrer muitas divisões sucessivas e um grupo especial de células, denominadas meristemas são as responsáveis por esta característica dos vegetais. As células meristemáticas apresentam capacidade de sofrer divisões sucessivas e por isso podem originar um ou vários tecidos. Dependendo de sua capacidade em originar os tecidos vegetais, as células meristemáticas são classificadas como unipotentes, multipotentes, pluripotentes e totipotentes. Os meristemas são responsáveis pela formação dos diversos tecidos que formam o corpo da planta e são divididos em meristemas primários ou apicais e meristemas secundários ou laterais. Os meristemas primários são: a protoderme, o procâmbio e o meristema fundamental (Figura 6). Os meristemas secundários são: o câmbio e o felogênio (Figura 7). As células meristemáticas são responsáveis pela origem dos diversos tipos celulares que formam

o corpo da planta. Caracterizam-se por possuírem parede celular primária delgada, proplastídios e redução de algumas organelas. Os meristemas apicais, exceto o do procâmbio, apresentam vacúolos grandes, citoplasma denso, numerosos vacúolos minúsculos e forma isodiamétrica. Nos meristemas laterais, as células iniciais cambiais ativas apresentam vacúolo grande, núcleo conspícuo e formas variadas.



Fonte: [www.curlygirl.no.sapo.pt/imagens/meristemas.jpg](http://www.curlygirl.no.sapo.pt/imagens/meristemas.jpg) - Pesquisa realizada em 23/06/09

**Figura 7. Meristemas laterais**



2005 © [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)

Fonte: <http://www.biologia.edu.ar/botanica> Pesquisa realizada em 20/06/09

## 2.1. MERISTEMAS APICAIS E LATERAIS

As plantas, independente da idade, estão sempre acrescentando o número de células nos seus diversos tecidos através, principalmente, da atividade dos meristemas apicais presentes nas extremidades do caule e da raiz. Esses se originam a partir dos promeristemas.

Os meristemas apicais: protoderme, meristema fundamental e procâmbio formam o corpo primário das plantas. Na região pró-meristemática há um conjunto de células que se dividem frequentemente. Entretanto, após a divisão, uma célula permanece como meristemática (a que fica na região pró-meristemática), enquanto a outra se desloca dessa região e se torna uma nova célula acrescida ao corpo da planta. As células que permanecem na região pró-meristemática são denominadas iniciais e as que são acrescidas ao corpo da planta são denominadas derivadas.

Geralmente, denominam-se meristema apical a um conjunto complexo de células que abrange as células iniciais e as derivadas mais recentes, inclusive os três meristemas apicais que irão formar o corpo primário da planta: protoderme, meristema fundamental e procâmbio. As derivadas também sofrem divisão e podem formar uma ou mais gerações de células. As maiorias das células, ao atingirem o processo final de diferenciação, perdem a capacidade de sofrer divisão.

O caule com seus nós e entrenós, folhas, gemas axilares, ramos e mais tarde as estruturas reprodutoras é mais complexo que a raiz. Todas estas estruturas resultam basicamente da atividade dos meristemas apicais.

Entre as teorias que descrevem o ápice meristemático caulinar, a de Schmidt, proposta em 1924 é a mais simples e aplicável à maioria das angiospermas, apesar de falhas em algumas situações. Esta teoria admite o conceito de túnica-corpo. Assim, o meristema apical consiste da túnica abrangendo uma ou mais camadas periféricas de células que se dividem em planos perpendiculares à superfície do meristema (divisões anticlinais), e do corpo, agrupamento situado abaixo da túnica, no qual as células dividem-se em vários planos.

As divisões que ocorrem no corpo permitem que o meristema apical aumente em volume, enquanto que na túnica permitem um crescimento em superfície. Tanto a túnica quanto o corpo formam novas células, sendo que as mais velhas vão se incorporando às regiões do caule abaixo do meristema apical. O corpo, assim como cada uma das camadas da túnica, possui suas próprias iniciais. As iniciais da túnica contribuem para a formação da parte superficial do caule: as células produzidas pelo corpo são adicionadas ao centro do eixo, isto é ao meristema da medula e, comumente, também à parte da região periférica do caule.

Os meristemas podem ser divididos em apicais (protoderme, meristema fundamental e procâmbio) e laterais (felogênio e câmbio). A protoderme origina a epiderme; o meristema fundamental origina o parênquima, o colênquima e o esclerênquima e o procâmbio origina o xilema e floema secundários. Já o felogênio origina o felema e a feloderma e a câmbio origina o xilema e o floema secundários. Didaticamente podemos dividir os meristemas em primários (axial) e secundários (laterais).

## PERGUNTAS???



Como as plantas conseguem se ajustar as diferentes condições ambientais e ajustar seu desenvolvimento sem sair do lugar?

## UNIDADE 3 TECIDOS VEGETAIS

### 1. EPIDERME

As plantas assim como os animais apresentam uma diversidade de tecidos e cada um desempenhando diferentes funções. Você já sabe com se formam os diferentes tecidos vegetais e agora vai aprender seus tipos, características e funções.

A epiderme é o tecido mais externo dos órgãos vegetais em estrutura primária, sendo substituída pela periderme em órgãos com crescimento secundário. Tem origem nos meristemas apicais, mais precisamente na protoderme. Geralmente é composta por uma única camada de células vivas, vacuoladas, perfeitamente justapostas e sem espaços intercelulares. Sua principal função é de revestimento, podendo desempenhar várias outras funções. A disposição compacta das células previne contra choques mecânicos e a invasão de agentes patogênicos (defesa), além de restringir a perda de água. Realiza trocas gasosas através dos estômatos, absorve água e sais minerais por meio de estruturas especializadas, como os pêlos radiculares, protege a planta contra a radiação solar devido à presença de cutícula espessa e presença de tricomas (Figura 8A).

A característica mais importante da parede das células epidérmicas das partes aéreas da planta é a presença da cutina. A cutina é uma substância de natureza lipídica, que pode aparecer tanto como incrustação entre as fibrilas de celulose, como depositada externamente sobre a parede, formando a cutícula.

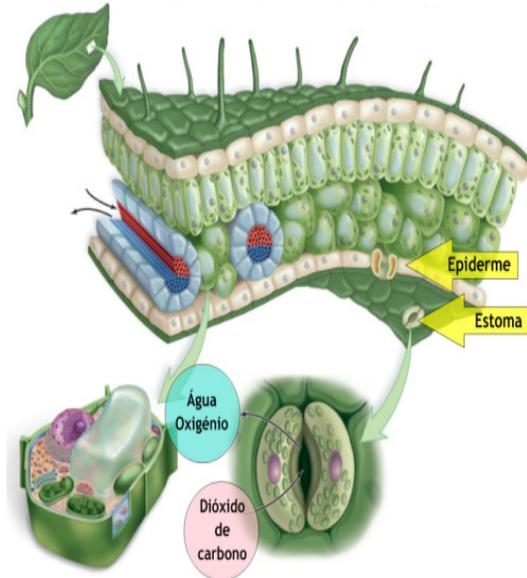
O processo de incrustação de cutina na matriz da parede é denominado cutinização e à deposição de cutina sobre as paredes periclinais externas, dá-se o nome de cuticularização. A cutícula ajuda a restringir a transpiração; por ser brilhante ajuda a refletir o excesso de radiação solar e por ser uma substância que não é digerida pelos seres vivos, atua também como uma camada protetora contra a ação dos fungos e bactérias. A formação da cutícula começa nos estádios iniciais de crescimento dos órgãos. Acredita-se que a cutina é o resultado da polimerização de certos ácidos graxos produzidos no retículo endoplasmático das células epidérmicas e depositada externamente através de poros existentes na parede celular.

A epiderme pode apresentar vários tipos de células exercendo diferentes funções, constituindo um tecido complexo. A maior parte do tecido é composta por células epidérmicas de formato tabular, porém algumas apresentam formas e funções específicas, como as células-guarda dos estômatos (únicas células epidérmicas que sempre apresentam cloroplastos), as células buliformes, os litocistos, as células suberosas e silicosas e uma grande variedade de tricomas.

Entre os diversos tipos de células epidérmicas merecem destaque os estômatos (Figura 8B).

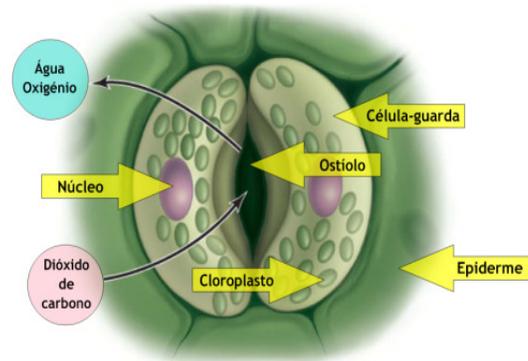
O termo estômato é utilizado para indicar uma abertura, o ostíolo, delimitado por duas células epidérmicas especializadas, as células-guarda. A abertura e o fechamento do ostíolo são determinados por mudanças no formato das células-guarda, causadas pela variação do turgor dessas células. Muitas espécies podem apresentar ainda duas ou mais células associadas às células-guarda, que são conhecidas como células subsidiárias. Estas células podem ser morfológicamente semelhante às demais células epidérmicas, ou apresentarem diferenças na morfologia e no conteúdo.

**Figura 8A. Secção da folha evidenciando epiderme.**



Fonte: [www.cientic.com](http://www.cientic.com). Pesquisa realizada em 23/06/09

**Figura 8B. Visão geral do estômato.**



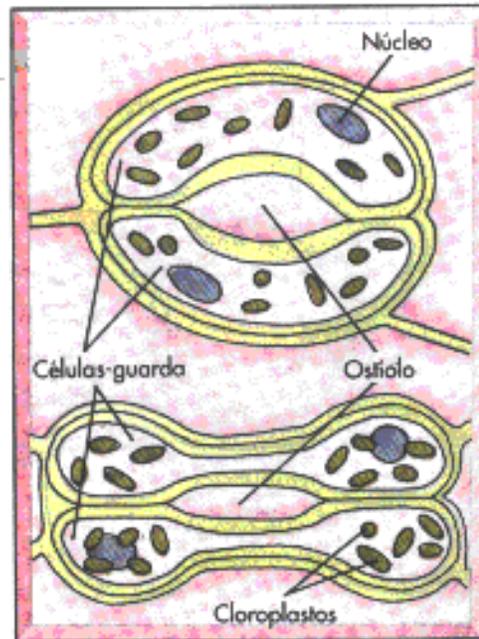
Fonte: [www.cientic.com](http://www.cientic.com)  
Pesquisa realizada em 23/06/09

O estômato, juntamente com as células subsidiárias, forma o aparelho estomático ou complexo estomático. Em secção transversal, podemos ver sob o estômato uma câmara subestomática, que se conecta com os espaços intercelulares do mesófilo. Os estômatos desempenham uma importante função, são responsáveis pelas trocas gasosas. É através dos estômatos que as plantas captam o  $\text{CO}_2$  de atmosfera e liberam o oxigênio vital para a nossa sobrevivência. (Figura 8B).

As células-guarda, ao contrário das demais células epidérmicas, são clorofiladas e geralmente têm o formato reniforme, quando em vista frontal e são comuns nas eudicotiledôneas (Figura 9). As paredes dessas células apresentam espessamento desigual: as paredes voltadas para o ostíolo são mais espessas e as paredes opostas são mais finas.

Nas monocotiledôneas, as células-guarda assemelham-se a outras; suas extremidades são alargadas e com paredes finas, enquanto a região mediana, voltada para o ostíolo, é mais estreita e apresenta paredes espessadas (Figura 9).

**Figura 9. Estômatos. Parte superior estômatos de eudicotiledônea e na inferior de monocotiledônea**



Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) - Pesquisado em 25/06/09

O tipo, número e posição dos estômatos são bastante variados. Quanto à sua posição na epiderme, os estômatos podem se situar acima, abaixo ou no mesmo nível das demais células epidérmicas, em criptas estomáticas ou mesmo em protuberâncias. A sua frequência também é variável, mas geralmente são mais numerosos nas folhas. No entanto, este número também varia nas duas superfícies foliar, bem como, em diferentes folhas de uma mesma planta ou nas diferentes regiões da mesma folha.

A posição dos estômatos nas folhas, geralmente, está relacionada às condições ambientais. Nas folhas flutuantes das plantas aquáticas, os estômatos são encontrados apenas na face superior da folha, enquanto que, nas plantas de ambientes xéricos (secos), os estômatos podem aparecer na face inferior da folha, escondidos em criptas estomáticas ou não, numa tentativa de reduzir a perda de água na forma de vapor, quando estes se abrem.

Quanto à distribuição dos estômatos, as folhas podem ser classificadas em: anfiestomáticas, quando os estômatos estão presentes nas duas faces da folha; hipoestomáticas, com os estômatos apenas na face inferior da folha e epiestomáticas, com os estômatos presentes apenas na face superior.

Características como: posição e número dos estômatos na epiderme podem variar e ser altamente influenciadas pelo ambiente em que a planta vive, apresentando assim, pouca aplicação taxonômica. No entanto, existem classificações baseadas na presença ou não, e na origem das células subsidiárias, que podem ter utilização taxonômica.

Os estômatos apresentam-se de várias formas e dependo da disposição, presença ou ausência das células do complexo estomática, estes podem ser classificados segundo Metcalfe e Chalk (1950) em:

Anomócítico ou tipo de células irregulares (ranunculáceo) - não apresenta células subsidiárias, possui um número variado de células epidérmicas circundando irregularmente o estômato;

Anisocítico ou tipo de células desiguais (crucífero) - envolvido por três células subsidiárias, sendo uma delas de tamanho diferente das outras duas;

Paracítico ou tipo de células paralelas (rubiáceo) - há duas células subsidiárias, cujos eixos longitudinais são paralelos ao das células-guardas;

Diacítico ou tipo de células cruzadas (cariofiláceo) - duas células subsidiárias, cujas paredes comuns formam ângulo reto com o eixo longitudinal do estômato;

Tetracítico - estômato com quatro células subsidiárias, sendo duas polares e duas laterais (este tipo é comum em algumas Monocotiledôneas).

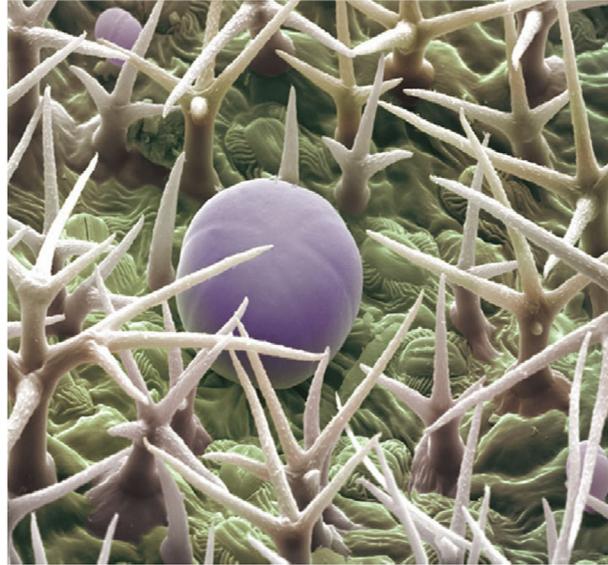
Os tricomas, tipos especiais de células epidérmicas, são altamente variados em estrutura e função e que podem ser classificados em: tectores, secretores e peltados.

Tectores: podem ser unicelulares, como por exemplo, as “fibras” de algodão que são tricomas da semente do algodoeiro, formados por uma única célula que se projeta para fora da epiderme e apresentam paredes secundárias celulósicas espessadas. Os tricomas tectores não produzem nenhum tipo de secreção e acredita-se que possam, entre outras funções, reduzir a perda de água por transpiração das plantas que vivem em ambientes xéricos (secos), auxiliar na defesa contra insetos predadores e diminuir a incidência luminosa.

Secretores: esses tricomas possuem um pedúnculo e uma cabeça (uni ou pluricelular) e uma célula basal inserida na epiderme. A cabeça geralmente é a porção secretora do tricoma. Estes são cobertos por uma cutícula. A secreção pode ser acumulada entre a(s) célula(s) da cabeça e a cutícula e com o rompimento desta, a secreção é liberada ou a secreção pode ir sendo liberada gradativamente através de poros existentes na parede. Estes tricomas podem apresentar funções variadas, dentre elas: produção de substâncias irritantes ou repelentes para afastar os predadores; substâncias viscosas para prender os insetos (como nas plantas insetívoras) e substâncias aromáticas para atrair polinizadores.

Tricomas peltados (escamas): esses tricomas apresentam um disco formado por várias células que repousa sobre um pedúnculo que se insere na epiderme. Nas bromeliáceas os tricomas peltados estão relacionados com a absorção de água da atmosfera (Figura 10).

**Figura 10. Tricomas tectores e glandulares**



Fonte: [www.upload.wikimedia.org/wikipedia](http://www.upload.wikimedia.org/wikipedia) - Pesquisado em 20/06/09

Pelos radicais: são projeções das células epidérmicas que se formam inicialmente como pequenas papilas na epiderme da zona de absorção de raízes jovens das plantas. Estes são vacuolados e apresentam paredes delgadas, recobertas por uma cutícula delgada e estão relacionados com absorção de água do solo. Estes também são conhecidos como pelos absorventes. Apesar de se originarem sempre da protoderme, o desenvolvimento dos tricomas é bastante complexo e variado, dependendo de sua estrutura e função.

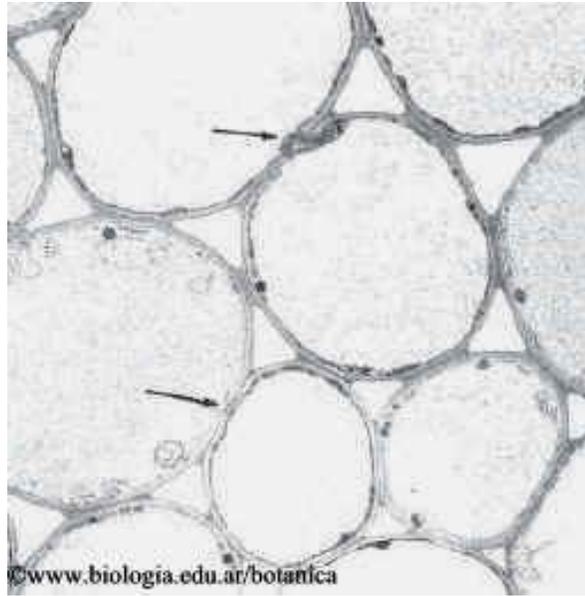
## **2. PARÊNQUIMA, COLÊNQUIMA E ESCLERÊNQUIMA**

O parênquima, o colênquima e o esclerênquima são tecidos simples, presentes no corpo primário da planta, pertencentes ao sistema fundamental e são originados a partir do meristema fundamental.

O parênquima é constituído de células vivas, considerado um tecido potencialmente meristemático, conserva a capacidade de divisão celular. Geralmente suas células possuem apenas paredes primárias delgadas, com grandes vacúolos e espaços intercelulares característicos. Esse tecido está distribuído em quase todos os órgãos da planta, apresentando funções essenciais como: fotossíntese, reserva, transporte, secreção e excreção. Comumente o parênquima se especializa para determinada função, podendo-se distinguir três tipos básicos de parênquima: de preenchimento, clorofiliano e de reserva.

Dependendo da posição no corpo do vegetal e do conteúdo apresentado por suas células, os principais tipos de parênquima são: fundamental, clorofiliano, reserva, aquífero e aerênquima (Figura 11).

**Figura 11. Células parenquimáticas**

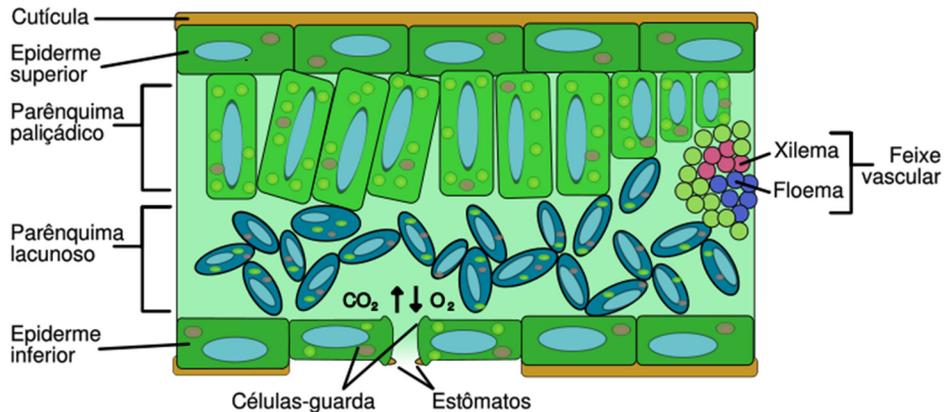


Fonte: [www.biologia.edu.ar](http://www.biologia.edu.ar) - Pesquisado em 22/06/09

Fundamental ou de Preenchimento: encontrado no córtex e na medula do caule e no córtex da raiz. Apresenta células aproximadamente isodiamétricas, vacuoladas, com pequenos espaços intercelulares.

Clorofiliano: ocorre nos órgãos aéreos dos vegetais, principalmente nas folhas. Suas células apresentam paredes primárias delgadas, numerosos cloroplastos e são intensamente vacuoladas. O tecido está envolvido com a fotossíntese, convertendo energia luminosa em energia química, armazenando-a sob a forma de carboidratos. Os dois tipos de parênquimas clorofilianos mais comuns encontrados no mesófilo são: o parênquima clorofiliano paliçádico, cujas células cilíndricas se apresentam dispostas perpendicularmente à epiderme e o parênquima clorofiliano esponjoso, cujas células, de formato irregular, se dispõem de maneira a deixar numerosos espaços intercelulares (Figura 12).

**Figura 12. Desenho esquemático de uma folha**

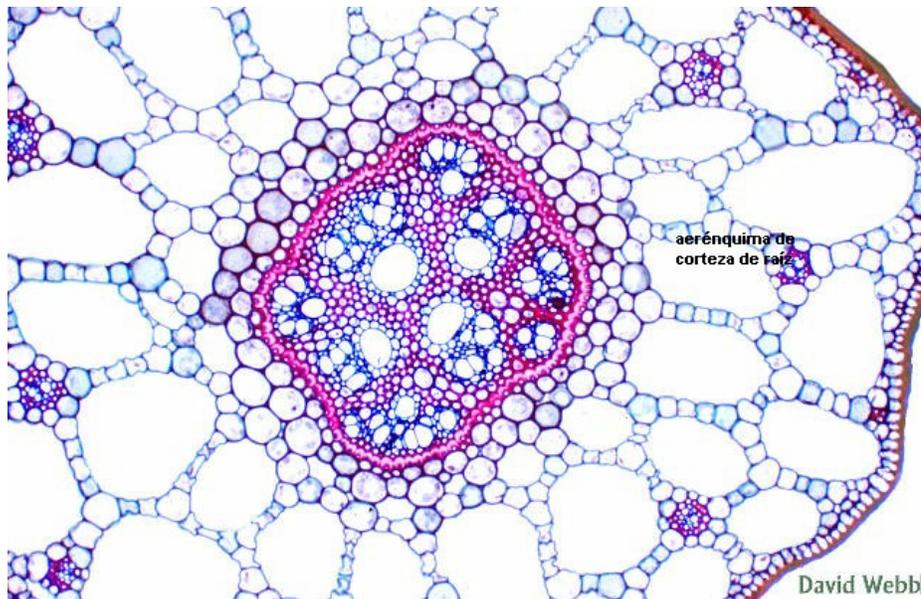


Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) - Pesquisado em 20/06/09

Reserva: o parênquima pode atuar como tecido de reserva, armazenando diferentes substâncias ergásticas, como por exemplo, amido, proteínas, óleos, etc., resultantes do metabolismo celular. São bons exemplos de parênquimas de reserva, o parênquima cortical e medular dos órgãos tuberosos e o endosperma das sementes (Figura 11).

Aerênquima: as angiospermas aquáticas e aquelas que vivem em solos encharcados desenvolvem parênquima com grandes espaços intercelulares, o aerênquima, que pode ser encontrado no mesófilo, pecíolo, caule e nas raízes dessas plantas. O aerênquima promove a aeração nas plantas aquáticas, além de conferir-lhes leveza para a sua flutuação (Figura 13).

**Figura 13. Aerênquima da região cortical da raiz.**



Fonte: mazinger.sisib.uchile.cl - Pesquisado em 21/06/09

Aquífero: as plantas suculentas de regiões áridas, como certas cactáceas, euforbiáceas e bromeliáceas possuem células parenquimáticas que acumulam grandes quantidades de água - parênquima aquífero. Neste caso, as células parenquimáticas são grandes e apresentam grandes vacúolos contendo água e seu citoplasma aparece como uma fina camada próxima à membrana plasmática.

O colênquima, assim como o parênquima, é constituído de células vivas e é capaz de retornar à atividade meristemática. Possui parede primária com espessamento irregular, com campos primários de pontoação. Possui função de sustentação em regiões onde o crescimento é primário ou que estão sujeitas a movimentos constantes. Pode ser classificado de acordo com o tipo de espessamento da parede celular, podendo ser: angular; lamelar, lacunar e anelar. Às vezes o colênquima pode sofrer espessamento mais acentuado e lignificar-se, sendo convertido em esclerênquima.

Colênquima angular - quando as paredes são mais espessas nos pontos de encontro entre três ou mais células, como por no caule de **Curcubita** (aboboreira) (Figura 14).

Colênquima lamelar - as células mostram um maior espessamento nas paredes tangenciais internas e externas, como o visto no caule jovem de **Sambucus** (sabugueiro) (Figura 15).

Colênquima lacunar - quando o tecido apresenta espaços intercelulares e os espessamentos de parede primária ocorrem nas paredes celulares que limitam estes espaços. Este tipo de colênquima pode ser encontrado no caule de **Asclepia** (erva-de-rato) e de **Lactuca** (alface) (Figura 16).

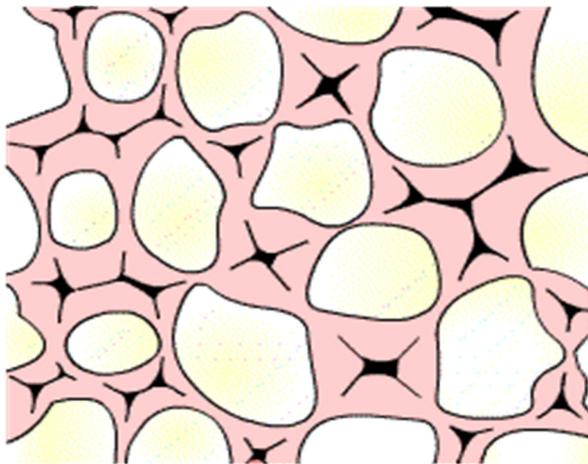
Colênquima anelar ou anular – quando as paredes celulares apresentam um espessamento mais uniforme, ficando o lume celular circular em secção transversal (Figura 17).

A polpa de frutos quando são maciços e comestíveis geralmente são colenquimatosas. Raízes terrestres raramente formam colênquima, uma exceção pode ser encontrada nas raízes de videiras (**Vitis vinifera**).

O esclerênquima é um tecido de sustentação, normalmente possui células mortas com parede secundária espessa e uniforme, possuindo cerca de 35% de lignina, o que lhe fornece um revestimento estável, evitando ataques químicos, físicos ou biológicos. É encontrado em vários órgãos e pode formar faixas ou calotas ao redor dos tecidos vasculares, fornecendo proteção e sustentação. Há basicamente dois tipos celulares no esclerênquima: as fibras e as esclereides.

As fibras são células longas e largas, com paredes secundárias espessas e lignificadas, suas extremidades são afiladas e possuem a função de sustentar partes do vegetal que não se alongam mais. Já as esclereides são células isoladas ou em grupos esparsos, distribuídas por todo o sistema fundamental da planta. Possuem paredes secundárias espessas, muito lignificadas, com numerosas pontuações simples.

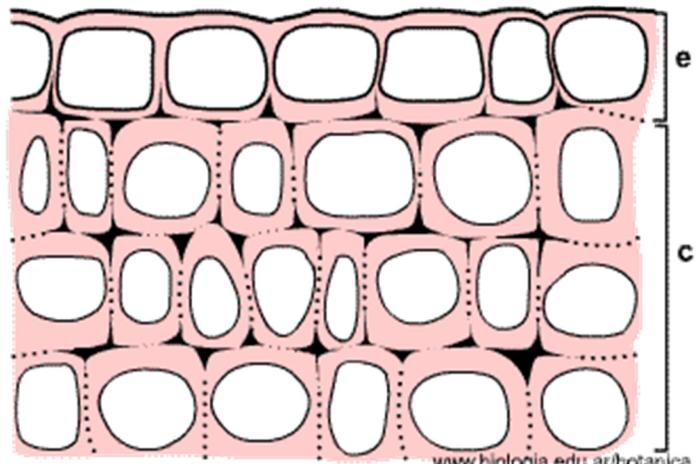
Figura 14. Colênquima angular



[www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)

Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica) Pesquisado em 26/06/09

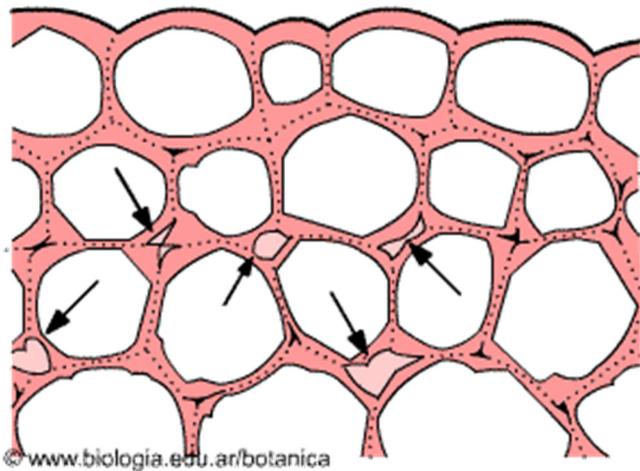
Figura 15. Colênquima lamelar  
Epiderme (e). colênquima lamelar (c)



[www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)

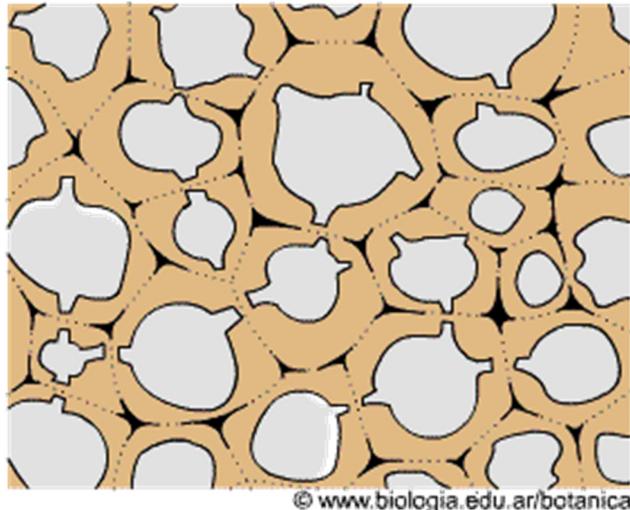
Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica) Pesquisado em 26/06/09

Figura 16. Colênquima lacunar. Espaço intercelular (setas)



Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)  
Pesquisado em 26/06/09

Figura 17. Colênquima anelar



Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)  
Pesquisado em 26/06/09

Tipos de esclereídes:

Braquiesclereídes ou células pétreas: são isodiamétricas, ocorrendo, por exemplo, na polpa de **Pyrus** (pêra) e no marmelo, onde aparecem em grupos entre as células parenquimáticas (Figura 18).

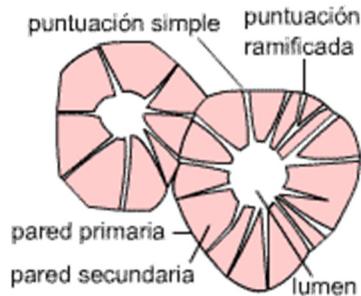
Macroesclereídes: são células alongadas ou colunares distribuídas em paliçadas e podem ser encontradas no envoltório externo (testa) das sementes das leguminosas, por exemplo, em **Pisum** (ervilha) e **Phaseolus** (feijão) (Figura 19).

Osteoesclereídes: esclereídes alongadas, com as extremidades alargadas, lembrando a forma de um osso, como as esclereídes observadas sob a epiderme (tegmen) da semente das leguminosas (células em ampulheta) (Figura 20).

Astroesclereídes: com a forma de uma estrela, com as ramificações partindo de um ponto mais ou menos central. São comumente encontradas nas folhas de **Nymphaea** sp (lírio d'água) (Figura 21).

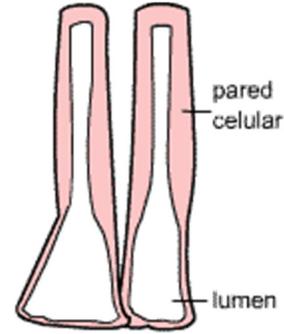
Tricoesclereídes: esclereídes alongadas, semelhante à tricomas, ramificados ou não, como vistas nas folhas de **Olea deliciosa** (oliveira) e nas folhas de **Musa** sp (bananeira).

**Figura 18. Braquiosclereídes**



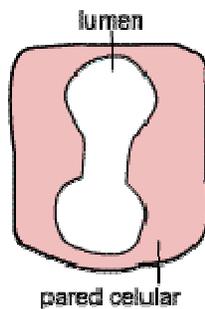
Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)  
Pesquisado em 26/06/09

**Figura 19. Macrosclereídes**



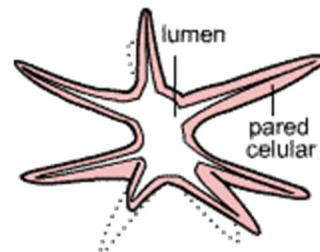
Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)  
Pesquisado em 26/06/09

**Figura 20. Osteosclereídes**



Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)  
Pesquisado em 26/06/09

**Figura 21. Astrosclereídes**



Fonte: [www.biologia.edu.ar/botanica](http://www.biologia.edu.ar/botanica)  
Pesquisado em 26/06/09

### 3. ESTRUTURAS SECRETORAS

Muitos dos metabólitos que resultam das diversas atividades celulares ficam depositados em células especiais, denominadas idioblastos excretores, ou serem liberadas para o meio externo através dos tricomas secretores. O material secretado, denominado exsudato, apresenta uma composição química bastante variável (água, mucilagem, goma, proteínas, óleo, resinas, látex e néctar). De um modo geral, as células secretoras se caracterizam por apresentarem paredes primárias delgadas, núcleo desenvolvido, citoplasma ativo, com organelas envolvidas na síntese protéica, muitos vacúolos diminutos, muitos plasmodesmos e mitocôndrias em grande quantidade para garantir o suprimento energético utilizado nas diversas atividades de síntese.

São exemplos de estruturas secretoras (nectários, glândulas digestivas, glândulas de sal, hidropódios, tricomas urticantes, laticíferos, hidatódios).

Os tricomas urticantes são bons exemplos de estruturas secretoras e funcionam como defesa das plantas contra a herbivoria. O tricoma consiste de uma única célula vesiculosa na base e gradualmente afilada em direção ao ápice, cuja região intermediária entre a base e o ápice lembra um tubo capilar fino. Quando este tricoma é tocado, o ápice rompe-se ao longo de uma linha determinada e o líquido que está no interior do tricoma é introduzido no corpo do animal.

Outro exemplo são os nectários presentes em órgãos vegetativos (raiz, caule e folha) e reprodutivos (flor, fruto e semente) das plantas. Apresentam diversas funções, entre elas atrair

agentes polinizadores, no caso das flores. Os nectários produzem, principalmente, sacarose, glicose e frutose que servem de recompensa para os agentes polinizadores (Figura 22). Basta observar os insetos e aves que visitam as flores em busca de alimento e acabam por atuar na primeira etapa da reprodução das angiospermas, a polinização. Quanto à posição, o nectário pode ser classificado em extrafloral (ocorrem em folhas, caules e pecíolos) e floral (restritos à flor).

**Figura 22. Flores com nectários.**



Fonte: [www.cienciahoje.uol.com.br/images](http://www.cienciahoje.uol.com.br/images) - Pesquisado em 27/06/09

### **AREGAÇANDO AS MANGAS!!!**



Você sabe que um dos grandes problemas ambientais que tem levado, segundo alguns pesquisadores, ao aquecimento global é o aumento da emissão de gases dos efeitos estufa na atmosfera. Agora pense e responda: Qual a ligação entre os estômatos e o processo de aquecimento global?

## **4. SISTEMA VASCULAR**

Uma das principais mudanças na estrutura do corpo das plantas para conquista do ambiente de terra firme foi o desenvolvimento de um sistema vascular capaz de transportar água, sais minerais e nutrientes e os compostos orgânicos produzidos durante o processo de fotossíntese. As primeiras plantas a apresentarem esse sistema, foram as pteridófitas (plantas vasculares mais simples) e completou sua complexidade nas gimnospermas e finalmente nas angiospermas. As briófitas por não possuírem esse tipo de sistema são chamadas plantas avasculares.

Formado pelo xilema e floema, o sistema condutor origina-se do procâmbio (xilema e floema primários) e do câmbio (xilema e floema secundários).

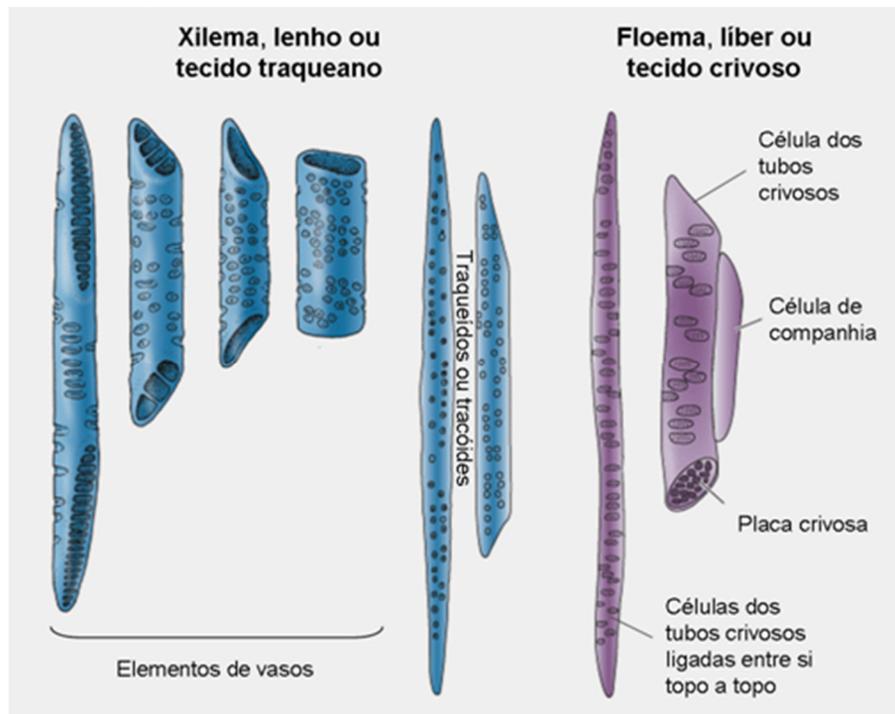
## 4.1. XILEMA

O xilema é o tecido responsável pelo transporte de água e solutos a longa distância, armazenamento de nutrientes e suporte mecânico. Esse sistema pode apresentar-se como primário (originado do procâmbio), ou secundário (formado a partir do câmbio). Sendo, portanto, um tecido complexo e formado por elementos traqueais, células parenquimáticas e fibras.

Há dois tipos básicos de elementos traqueais: as traqueídes, que são células imperfuradas e mais encontradas em gimnospermas; e os elementos de vaso, dotados de placas de perfuração e mais frequentes em angiospermas. Tanto as traqueídes como os elementos de vaso perdem seus protoplasmas, tornando-se aptos para o transporte de água e sais minerais (Figura 23).

No xilema primário podemos encontrar o protoxilema e o metaxilema. No início do desenvolvimento da planta surge o protoxilema, que se desenvolve pouco e apresenta menor diâmetro quando comparado ao metaxilema, que amadurece mais tarde e possui maior diâmetro (Figura 24).

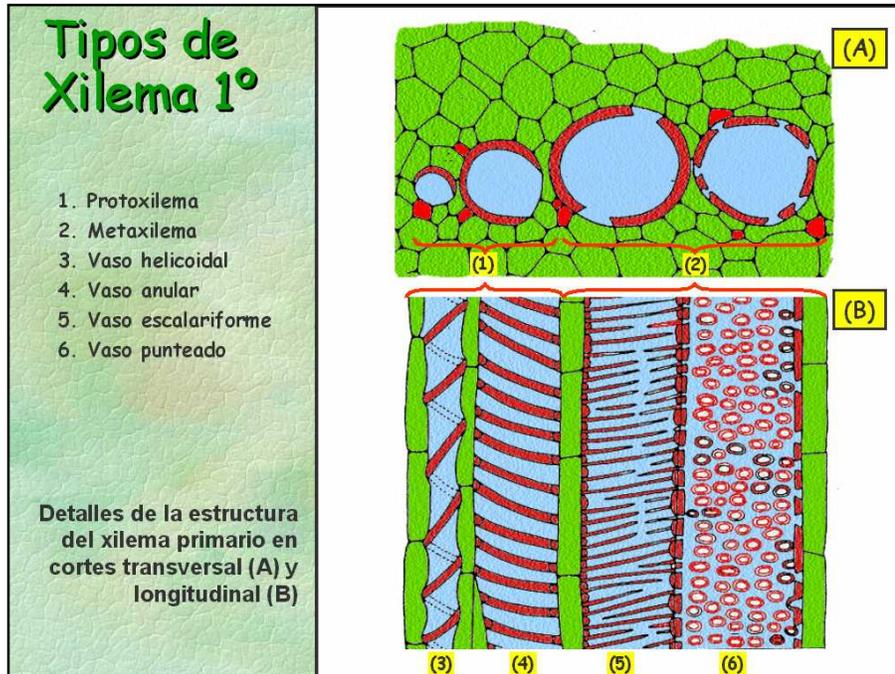
**Figura 23. Elementos traqueais do xilema e do floema**



Fonte: [www.biogilde.files.wordpress.com/2009/04/xilema\\_floema](http://www.biogilde.files.wordpress.com/2009/04/xilema_floema) - Pesquisado em 17/05/09

A deposição de parede secundária pode variar de acordo com o desenvolvimento do sistema vascular da planta (Figura 24). Essa deposição pode ocorrer de duas formas: ocupando pouca área da parede primária, com a vantagem de extensibilidade, representado pelos padrões anelar e helicoidal (protoxilema); ou ocupando quase toda a área, tendo a resistência como vantagem maior e sendo representado pelos padrões escalariforme, reticulado e pontoado (metaxilema).

Figura 24. Elementos do xilema primário



Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) - Pesquisado em 19/06/09

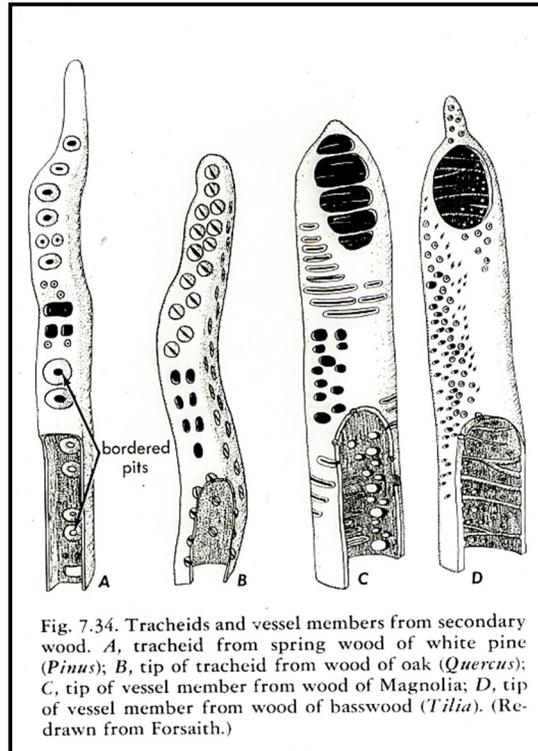
Após a parede secundária ter sido depositada, as células entram em processo de lise do protoplasto e de certas partes da parede celular. Terminados os processos de diferenciação, síntese e deposição de material de parede, lignificação da parede depositada, lise do citoplasma e formação das placas de perfuração, a célula torna-se funcional em condução. A placa de perfuração está presente nos elementos de vaso e ausente nas traqueídes (Figura 25). Os elementos de vaso são característicos das angiospermas e é considerado um avanço evolutivo. Já as traqueídes são células características das gimnospermas.

Os parênquimas, classificados em axial e radial, possuem a função de armazenamento e translocação de água e solutos a curta distância. As fibras são células de sustentação, responsáveis pela rigidez e flexibilidade da madeira, possuem forma alongada e extremidades afiladas, com maior dimensão no sentido do eixo longitudinal do órgão.

O xilema secundário apresenta os mesmos tipos celulares básicos do sistema primário. A diferença é que os tipos celulares do xilema primário estão organizados apenas no sistema axial, enquanto que no secundário, além do sistema axial, ocorre também o sistema radial. O xilema em estrutura secundária é comercialmente chamado de madeira.

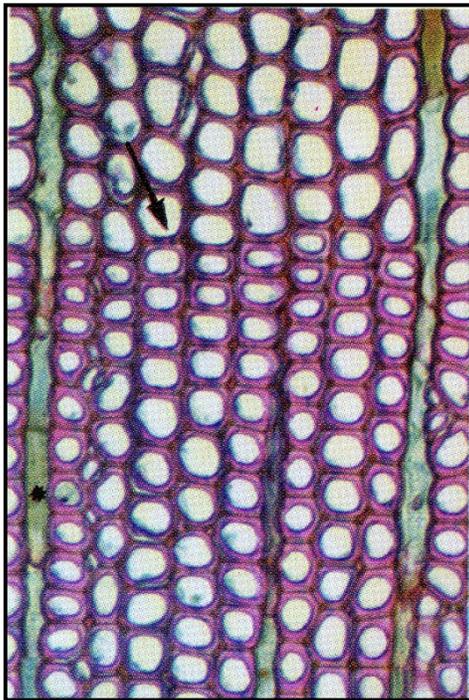
A organização do lenho das gimnospermas e angiospermas apresentam padrões específicos e característicos de cada grupo. Ausência, predominância e forma de distribuição de alguns elementos celulares estão entre estas diferenças. (Figuras 26 e 27).

Figura 25. Traqueídes e elementos de vaso



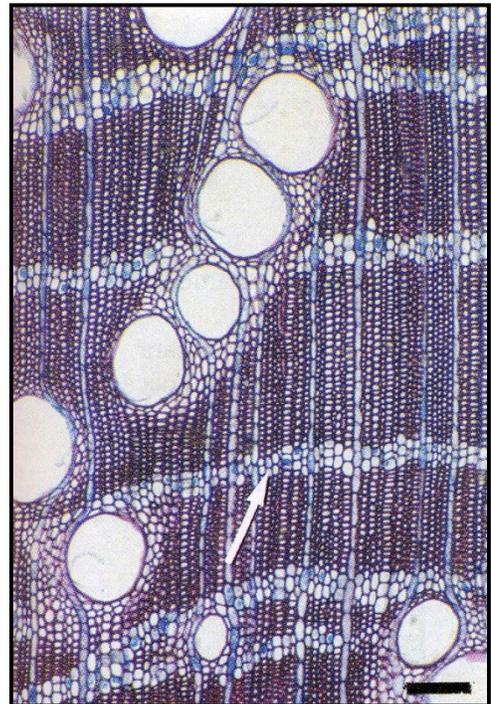
Fonte: Esaú (1974)

Figura 26. Madeira de gimnospermas. Note diâmetro das traqueídes (seta)



Fonte: www.wikipedia.org  
Pesquisado em 19/06/09

Figura 27. Madeira de angiospermas. Elementos de vaso (maior diâmetro)



Fonte: www.wikipedia.org  
Pesquisado em 19/06/09

## 4.2. ESTRUTURA DO LENHO DAS GIMNOSPERMAS

Ausência de elementos de vaso. Os elementos condutores são as traqueídes, tipo celular com pontoações areoladas, toro e espessamento helicoidal. Fibrotraqueídes podem ocorrer; fibras libriformes estão ausentes. Parênquima axial pode ou não estar presente. Parênquima radial com largura de uma célula ou bisseriado (Figura 26). Como base no Glossário de termos da IAWA (1964) e no trabalho de Burger e Richter (1991), a estrutura do lenho das gimnospermas apresenta.

Traqueídes axiais: são células alongadas e estreitas, quando comparadas com os elementos de vaso, são mais ou menos pontiagudas, não possuem placa de perfuração e ocupam até 95% do volume da madeira (Figura 26). Uma vez formados pelo câmbio, estes elementos celulares têm uma longevidade muito curta; perdem o conteúdo celular tornando-se tubos ocos de paredes lignificadas que desempenham funções de condução e sustentação do lenho. As paredes dessas células apresentam pontoações areoladas, pelas quais os líquidos circulam célula a célula. O estudo dessas pontoações e sua disposição têm grande valor para a identificação e utilização da madeira.

Parênquima radial ou raios: são faixas de células parenquimáticas de altura, largura e comprimento variáveis, que se estendem radialmente no lenho, em sentido perpendicular ao dos traqueídes axiais, cuja função é armazenar, transformar e conduzir transversalmente substâncias nutritivas. Os raios das Gimnospermas podem ser constituídos unicamente de células parenquimáticas: raios homogêneos, como em *Araucaria*; ou apresentar traqueídes radiais geralmente em suas margens: raios heterogêneos, como em *Cedrus*. Nos gêneros *Pinus*, os raios heterogêneos, além de células parenquimáticas comuns e traqueídes radiais, podem apresentar canais resiníferos delimitados por células parenquimáticas epiteliais produtores de resina. Neste caso são mais alargados, recebendo o nome especial de raios fusiformes.

Traqueídes dos raios (traqueídes radiais): São células da mesma natureza dos traqueídes axiais, portanto caracterizadas pela presença de pontoações areoladas em suas paredes, porém bem menores que aqueles. Dispõem-se horizontalmente e ocorrem associados aos raios, normalmente formando suas margens superiores e inferiores, e só mais raramente encontram-se no seu interior. Sua presença é característica de alguns gêneros como em *Pinus*, ao passo que em outros são sempre ausente, como em *Araucaria*. Tem como função a condução transversal de nutrientes no lenho e a sustentação do vegetal.

Parênquima axial: São células de formato retangular e paredes normalmente finas e não lignificadas, bem mais curtas do que os traqueídes axiais, que tem por função o armazenamento de substâncias nutritivas no lenho. Esse tipo de célula nem sempre ocorre em gimnospermas, estando ausente, por exemplo, nas *Araucaria*. Quando existentes, podem estar dispersas pelo lenho-parênquima axial difuso formando faixas junto aos limites dos anéis de crescimento – parênquima axial marginal; ou associadas aos canais resiníferos. A presença desse tipo celular nas gimnospermas é bastante discutida, visto que muitos autores não aceitam sua existência neste grupo de planta.

Células epiteliais: São células de parênquima axial, especializadas na produção de resina, que delimitam os canais resiníferos formando um epitélio. Morfologicamente distinguem-se dos elementos de parênquima axial por serem mais curtas e hexagonais e conterem um núcleo grande e um denso citoplasma enquanto vivas.

Canais resiníferos: São espaços intercelulares delimitados por células epiteliais, que neles vertem a resina. Podem ocupar no lenho a posição vertical ou horizontal. Podem surgir em consequência de ferimentos provocados na árvore, mesmo em madeiras que os canais são ausentes, sendo denominados canais resiníferos traumáticos.

Traqueídes em séries verticais: Observados em algumas espécies, caracterizam-se como um tipo especial de traqueíde, mais curto, de extremidades retas, semelhante morfologicamente às células de parênquima axial, das quais se distinguem pela presença de pontoações areoladas. Tem como função a condução e a sustentação da árvore. São provavelmente vestígios do processo evolutivo do reino vegetal. Ocorrem no lenho em séries verticais principalmente associadas aos canais resiníferos, junto com as células de parênquima axial, quando essa última existe.

### 4.3. ESTRUTURA DO LENHO DAS ANGIOSPERMAS

A madeira das angiospermas é mais complexa do que a das gimnospermas. Nas angiospermas, os elementos de vaso são responsáveis pela condução de água e apresentam maior diâmetro quando comparado com os traqueídes das gimnospermas (Figura 27). Algumas angiospermas podem apresentar tanto traqueídes como elementos de vaso. A distribuição dos vasos pode variar, sendo a distribuição difusa mais comum. As fibras dividem-se em: libriformes (com pontoações simples) e fibrotraqueídes (que possuem pontoações areoladas). O parênquima pode ser (axial e radial) e dependendo da distribuição são classificados em: apotraqueal e paratraqueal. Como base no Glossário de termos da IAWA (1964) e no trabalho de Burger e Richter (1991), a estrutura do lenho das angiospermas apresenta.

Vasos: São tipos celulares que ocorrem nas Angiospermas, salvo raras exceções, e por esse motivo constitui o principal elemento de diferenciação entre estas e as gimnospermas. Para permitir a circulação de substâncias líquidas, os elementos vasculares possuem extremidades perfuradas, denominadas placas de perfuração, que podem ser múltiplas (escalariforme, reticulada e foraminada) ou simples. O tipo de placa de perfuração e os aspectos dos elementos de vasos são características relacionadas ao estágio evolutivo do vegetal e adaptação deste às condições ambientais.

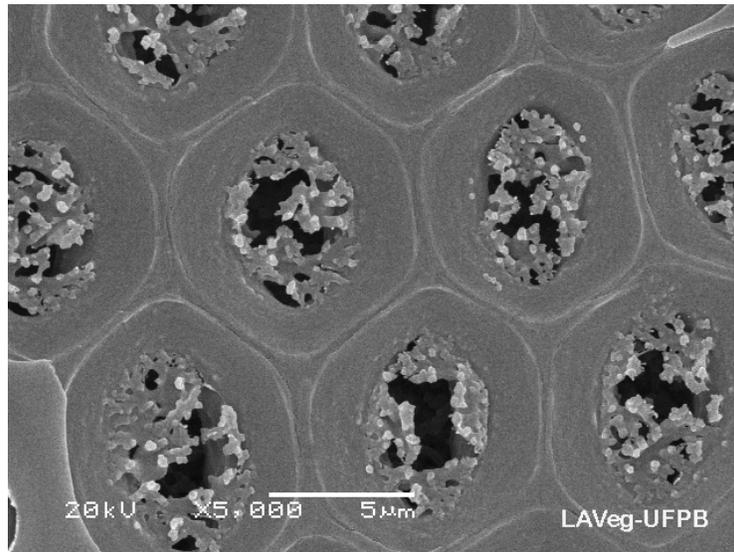
Além da placa de perfuração, os vasos apresentam pontoações em suas paredes laterais para comunicação com as células vizinhas, cuja disposição, aspecto, tamanho e forma caracterizam algumas madeiras e constituem importante elemento para sua identificação. Quando estabelecem contato de vaso para vaso são denominadas pontoações intervasculares; quando a comunicação é de vaso para parênquima axial, pontoações parênquimo-vasculares; quando de vaso para raio, denominam-se raio-vasculares. Nas áreas de contato entre vaso e fibra existe rara ou nenhuma pontoação.

Quanto à disposição, as pontoações intervasculares podem apresentar-se como alternas, opostas e escalariformes. Variam ainda, na sua forma (arredondadas, poligonais e ovaladas). A abertura das pontoações pode apresentar-se dentro das aréolas (inclusas), encostadas nas aréolas (tocantes) ou se estender para fora destas (exclusas). Quando a abertura de duas ou mais pontoações se tocam, temos as chamadas pontoações intervasculares coalescentes, de aspecto escalariforme.

Em ambientes com pouca disponibilidade de água, como a caatinga, é comum a ocorrência de pontoações guarnecidas (Figura 28). Esse tipo de pontoação caracteriza-se por apresentar projeções na abertura da pontoação que tendem a evitar a embolia (formação de bolhas no interior dos

elementos de vaso). Assim, as pontoações são consideradas estratégias que conferem segurança na condução de água através do xilema.

**Figura 28. Detalhe das pontoações guarnecidas**



**Foto: LAVeg-UFPB**

Na secção transversal, os vasos recebem o nome de poros e quanto ao agrupamento, eles podem ser classificados em solitários e múltiplos (radiais, tangenciais e racemiformes). Poros múltiplos de dois, são geralmente chamados de poros geminados. Quanto à disposição e diâmetro, a porosidade da madeira pode ser: difusa (poros dispersos pelo lenho independentemente dos anéis de crescimento), ou em anel (concentração de poros de diâmetro maior no início do período vegetativo). O tipo de porosidade da madeira é uma característica anatômica suscetível a variações provocadas pela adaptação da planta às condições ecológicas.

Árvores que possuem densa folhagem e crescem em regiões de estações anuais bem definidas apresentam comumente porosidade em anel, por causa da necessidade de grandes poros no início do período vegetativo para suprir as exigências fisiológicas de uma grande copa.

Parênquima axial: desempenha a função de armazenamento no lenho e é normalmente mais abundante nas angiospermas do que nas gimnospermas. Suas células se destacam das demais por apresentarem paredes finas e não lignificadas, pontoações simples e por sua forma retangular e/ou fusiforme nos planos longitudinais. Seu arranjo é observado em secção transversal, em que se distinguem dois tipos básicos de distribuição:

Parênquima paratraqueal: associado aos vasos e pode ser classificado em: paratraqueal escasso, paratraqueal vasicêntrico, paratraqueal vasicêntrico confluyente, paratraqueal unilateral, paratraqueal aliforme, paratraqueal aliforme confluyente, paratraqueal em faixas.

Parênquima apotraqueal: não associado aos vasos e classificado em apotraqueal difuso, apotraqueal difuso em agregados, apotraqueal reticulado, apotraqueal escalariforme, apotraqueal em faixas e apotraqueal marginal.

Fibras: São células peculiares às angiospermas constituindo, geralmente, a maior porcentagem do seu lenho (20-80%) no qual normalmente desempenham função de sustentação. São classificadas em fibrotraqueídes e fibras libriformes, sendo a distinção entre elas as pontoações:

as fibrotraqueídes possuem pontoações distintamente areoladas e relativamente grandes, enquanto que as fibras libriformes possuem pontoações pequenas, inconspicuamente areoladas, sendo também normalmente menores em comprimento e diâmetro.

Parênquima transversal (parênquima radial ou raios): Como nas gimnospermas, os raios das angiospermas também realizam funções de armazenamento, transformação e condução transversal de substâncias nutritivas, mas se apresentam com uma riqueza morfológica bem maior, variando em tipo, número e tamanho da célula. Junto com o parênquima axial, constituem um dos mais eficazes elementos de distinção entre as espécies. Podem ser classificados em:

1. Homogêneos: formado por células parenquimáticas de um único formato; por células procumbentes, quando vistos em secção radial.

2. Heterogêneos: são aqueles que incluem células de mais de um formato, procumbentes, quadradas e eretas, nas mais diversas combinações.

Traqueídes vasculares: São células presentes em certas angiospermas como vestígios da evolução ocorrida no reino vegetal e semelhante a pequenos elementos de vasos de lenho tardio, porém suas extremidades são imperfuradas e apresentam pontoações areoladas em suas paredes e desempenham no caule a função de condução. Em secção transversal são facilmente confundidos com poros pequenos.

Traqueídes vasicêntricos: Assim como os vasculares, são resquícios da origem evolutiva presentes ainda em certas madeiras. São mais curtos e irregulares do que os traqueídes vasculares, de extremos arredondados e com pontoações areoladas em suas paredes finas. Vistos em secção transversal, não apresentam o alinhamento radial típico dos traqueídes axiais das gimnospermas. Ocorrem associados aos vasos, aos quais se assemelham transversalmente, participando da função de condução.

#### 4.4. CARACTERES ESPECIAIS DO LENHO

De acordo com Burger e Richter (1991), o do lenho das gimnospermas e angiospermas pode apresentar:

Canais celulares e intercelulares: São canais análogos aos canais resiníferos das gimnospermas, que contêm diversas substâncias como resinas, gomas, bálsamos, taninos, látex, etc. Peculiar de algumas famílias botânicas como Anacardiaceae (canais radiais), Moraceae (tubos laticíferos), Rutaceae (canais traumáticos), Miristacaceae (tubos taniníferos). Podem ocupar no lenho posições tanto verticais como horizontais.

Células oleíferas, mucilaginosas: São células parenquimáticas especializadas que contêm óleo, mucilagem ou resinas, facilmente distinguíveis das demais por suas grandes dimensões. São geralmente características de madeiras de certas famílias botânicas, como em Lauraceae (família do abacate). A presença de substâncias especiais na madeira, além de aumentar apreciavelmente o seu peso, permite, em certos casos, o aproveitamento industrial de óleos essenciais para fins medicinais e de perfumaria. Por outro lado, pode comprometer na utilização da madeira para fabricação de polpa e papel, dificultar a aplicação de tintas e revestimentos, bem como a colagem da madeira.

Floema incluso: Em alguns gêneros e famílias, o câmbio forma esporadicamente células de floema para o interior do tronco. Este detalhe constitui uma peculiaridade normal para esses grupos vegetais. O floema incluso pode se apresentar como concêntrico (formando faixas concêntricas no lenho) ou foraminoso (espalhado pelo lenho em forma de feixes longitudinais).

**Estrutura estratificada:** Em espécies mais evoluídas, os elementos axiais podem estar organizados formando faixas horizontais regulares ou estratos. É mais evidenciado no corte longitudinal tangencial e pode limitar-se a alguns elementos estruturais do lenho (estratificação parcial) ou estender-se a todos (estratificação total).

**Fibras septadas:** Em algumas espécies, antes da morte de suas fibras, estas se dividem e surgem paredes transversais posteriores, separando o seu interior em compartimentos. Constitui uma importante característica na diferenciação e identificação da espécie.

**Cristais e sílica:** Apesar de não serem caracteres anatômicos, sua presença é importante para a anatomia, identificação e utilização da madeira. Cristais são depósitos, em sua grande maioria de sais de cálcio, especialmente oxalato de cálcio, que se encontram principalmente em células parenquimáticas. Sua presença é mais comum em angiospermas, sendo raro em gimnospermas. Podem se apresentar de diversas formas, como por exemplo, em ráfides (cristais em forma de agulha formando feixes compactos); drusas (agrupamentos globulares de cristais); estilóides (cristais alongados); rombóides (monocristais); areia de cristal e cistólitos (concreções de carbonato de cálcio). A sílica é um material cuja fórmula química e dureza assemelha-se ao diamante. Pode ocorrer no interior das células em forma de partículas ou grãos, normalmente nos raios e no parênquima axial, e em casos mais raros, nos outros elementos verticais. Outra forma de ocorrência é em blocos compactos nos lumes dos elementos verticais, sobretudo fibras e vasos, e raramente em células parenquimáticas. Em outras partes da planta, como nas folhas, os diferentes tipos de cristais podem funcionar como proteção contra a herbivoria.

**Conteúdos vasculares e tilos:** Embora também não se trate de elementos estruturais, a presença de conteúdo dentro dos vasos, genericamente designados como resinas, tem considerável importância para a anatomia, identificação e propriedades tecnológicas da madeira. Nem todas as espécies os apresentam, mas sua existência é típica em determinados grupos botânicos.

### 4.5. FLOEMA

O floema é o principal tecido responsável pela condução de materiais orgânicos e inorgânicos, em solução, nas plantas vasculares. Realiza o movimento entre órgãos produtores (fonte) e consumidores (dreno). Esse tecido pode apresentar-se como primário (originado do procâmbio), ou secundário (formado a partir do câmbio). Sendo, portanto, um tecido complexo formado por elementos crivados, células parenquimáticas, células especializadas (células companheiras, de transferência e albuminosas), fibras e esclereídes.

Os elementos crivados são as células mais especializadas do floema. Essas células são vivas e caracterizam-se, principalmente, pela presença das áreas crivadas, que são poros modificados, nas suas paredes e pela ausência de núcleo nas células maduras. Os elementos crivados do floema podem ser de dois tipos: células crivadas e elementos de tubo crivado (Figura 23).

As paredes celulares dos elementos crivados são primárias, geralmente, mais espessas do que as paredes das células do parênquima do mesmo tecido. Em algumas espécies, essas paredes são bastante espessas e quando observadas ao microscópio óptico, em cortes de material fresco, mostram um brilho perolado e são denominadas de paredes nacaradas.

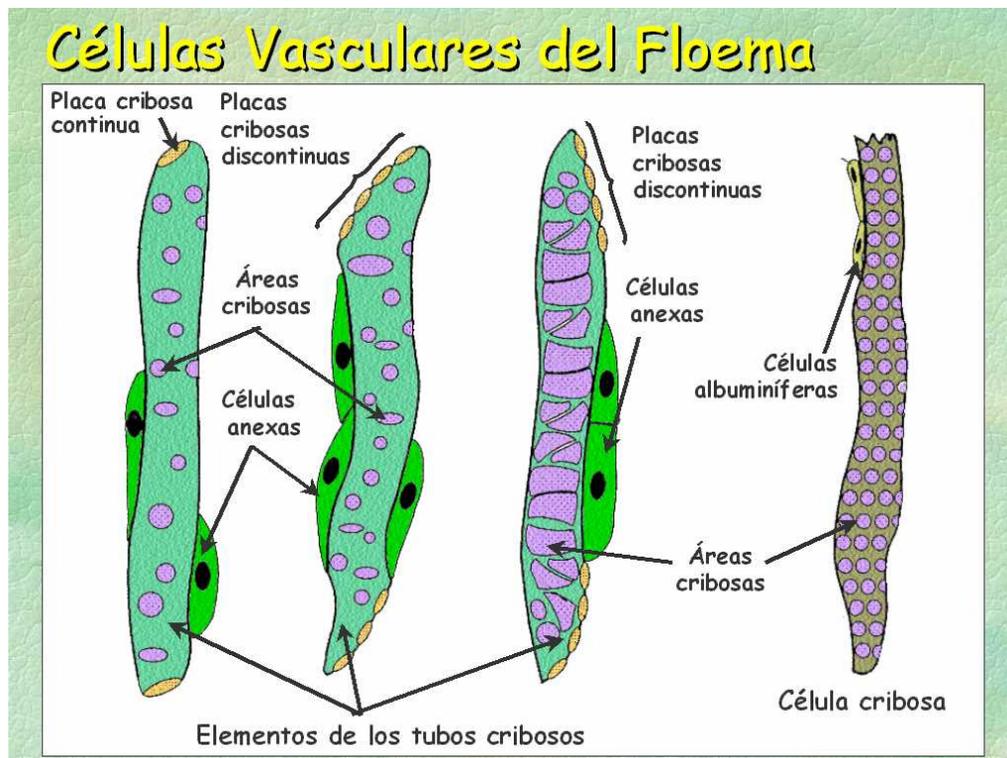
As áreas crivadas são áreas da parede com grupos de poros, através dos quais o protoplasto de elementos crivados vizinhos podem se comunicar, tanto no sentido vertical como no lateral. Esses poros são semelhantes aos poros dos plasmodesmos, porém de maior diâmetro. Nas áreas crivadas

os poros apresentam cerca de 1-2 µm de diâmetro, enquanto os poros dos plasmodesmos possuem cerca de 60 µm de diâmetro. As regiões da parede de um elemento de tubo crivado que possuem áreas crivadas mais especializadas, com poros de maior diâmetro, (até 14 µm de diâmetro) são denominadas de placas crivadas. Uma placa crivada pode apresentar apenas uma área crivada, sendo, portanto uma placa crivada simples ou apresentar várias áreas crivadas, sendo denominada placa crivada composta.

Durante a diferenciação dos elementos crivados o seu protoplasto passa por várias modificações. O núcleo se desintegra, embora os plastídeos sejam mantidos e armazenando amido e/ou proteína, juntamente com o retículo endoplasmático e as mitocôndrias. O tonoplasto também se desintegra, mas o plasmalema permanece. No floema das eudicotiledôneas (e de algumas monocotiledôneas) é comum a presença de uma substância protéica, denominada proteína P que aparece inicialmente sob a forma de grânulos no citoplasma do elemento crivado em diferenciação e sob a forma de filamentos, no citoplasma residual dessa célula.

Células crivadas (presente nas gimnospermas) e elementos de tubo crivado (presente nas angiospermas) são os tipos celulares do e diferem entre si, pelo grau de especialização das áreas crivadas e pela distribuição das mesmas nas paredes de suas células (Figura 29).

Figura 29. Células condutoras do floema



Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) - Pesquisado em 19/06/09

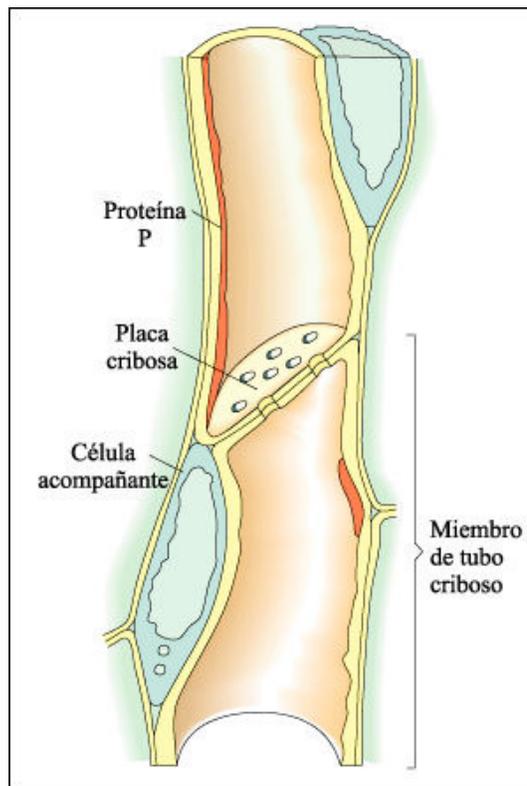
As células crivadas, consideradas mais primitivas ou mais simples, presentes no floema das pteridófitas e das gimnospermas são células alongadas e apresentam áreas crivadas, com poros pouco desenvolvidos, nas suas paredes laterais e terminais.

Os elementos de tubo crivado presentes no floema das angiospermas são células mais curtas e apresentam um maior grau de especialização do que o observado nas células crivadas. Essas

células apresentam áreas crivadas com poros menores nas suas paredes laterais, enquanto que, nas paredes terminais e, ocasionalmente, nas paredes laterais também, ocorrem áreas crivadas mais especializadas, com poros de diâmetro maior, de até 14  $\mu\text{m}$ , formando as placas crivadas, que podem ser simples ou compostas. Os elementos de tubo crivado se distribuem em longas séries longitudinais, unidos pelas placas crivadas, formando assim os tubos crivados do floema.

As células companheiras estão relacionadas ontogeneticamente com os elementos de tubo crivado, pois ambos derivam da mesma inicial procambial ou cambial. As células companheiras estão associadas ao elemento de tubo crivado por várias conexões citoplasmáticas e mantêm-se vivas durante todo o período funcional do elemento de tubo crivado. Acredita-se que elas têm importante papel na distribuição dos assimilados do elemento de tubo crivado, além de comandar as atividades destes por meio da transferência de moléculas informais e ou outras substâncias (Figura 30). As células companheiras estão ligadas diretamente à formação de calose em células de elementos de tubo crivado. A calose pode funcionar com uma defesa e reparar danos causados por injúrias e evitar a perda de substâncias do floema.

**Figura 30. Elemento de tubo crivado e sua respectiva célula companheira**



Fonte: [peleteiro.es/departamentos/biologia](http://peleteiro.es/departamentos/biologia) Pesquisado em 25/06/09

Durante a formação de um órgão, distinguem-se duas categorias de floema primário, o protofloema e o metafloema. O protofloema é constituído pelos elementos crivados que se formam no início da diferenciação do floema, nas partes jovens da planta que ainda estão crescendo. Já o metafloema diferencia-se mais tardiamente que o protofloema, estando presente nas partes que já pararam de crescer em extensão, seus elementos condutores são mais persistentes que os do

protofloema, sendo a única porção do floema que é condutora nas plantas que não apresentam crescimento secundário.

Assim como o xilema secundário, o floema secundário consiste de um sistema radial, ou horizontal, e de um sistema axial, ou vertical, ambos derivados do câmbio vascular.

#### 4.6. CARACTERÍSTICAS DO FLOEMA PRIMÁRIO

O floema primário é constituído pelo protofloema e pelo metafloema, assim como ocorre com o xilema em estrutura primária. O protofloema ocorre nas regiões que ainda estão em crescimento por alongamento e, assim, seus elementos crivados sofrem estiramento e logo param de funcionar, eventualmente podem ficar obliterados. O protofloema é constituído por elementos crivados geralmente estreitos e não conspícuos, podendo ou não ter células companheiras. Podem estar agrupados ou isolados entre as células parenquimáticas. O metafloema diferencia-se mais tarde e nas plantas desprovidas de crescimento secundário constitui o único floema funcional nas partes adultas da planta. As células condutoras do metafloema são, em geral, mais largas e numerosas quando comparadas às do protofloema. As fibras estão, em geral, ausentes.

#### 4.7. CARACTERÍSTICAS DO FLOEMA SECUNDÁRIO

O floema secundário é proveniente do câmbio. A quantidade do floema produzida pelo câmbio é em geral menor que a do xilema. No caso de algumas gimnospermas o sistema axial (longitudinal e vertical) contém células crivadas, células albuminosas, células parenquimáticas, fibras e esclereídes. O sistema radial (transversal ou horizontal) é constituído por raios unisseriados com células albuminosas e células parenquimáticas.

Fibras estão presentes em pinheiros, porém ocorrem em outras espécies de gimnospermas. Nas angiospermas, nos grupos inferiores e extintos, o sistema axial é formado por tudo crivado, células companheiras e células parenquimáticas. As fibras podem estar ausentes ou presentes e, neste caso, formam uma faixa contínua ao redor de toda a circunferência do órgão (caule e raiz) ou faixas isoladas.

O sistema radial formado pelos raios unicelulares ou pluricelulares compõe-se de células parenquimáticas, podendo ainda conter esclereídes ou células parenquimáticas esclerificadas com cristais. Os raios podem aparecer dilatados como consequência de divisões anticlinais radiais das células em resposta ao aumento da circunferência do eixo.

#### SAIBA MAIS!!!



Faça uma pesquisa em livros e internet, sobre a importância do sistema vascular no processo de evolução das plantas.

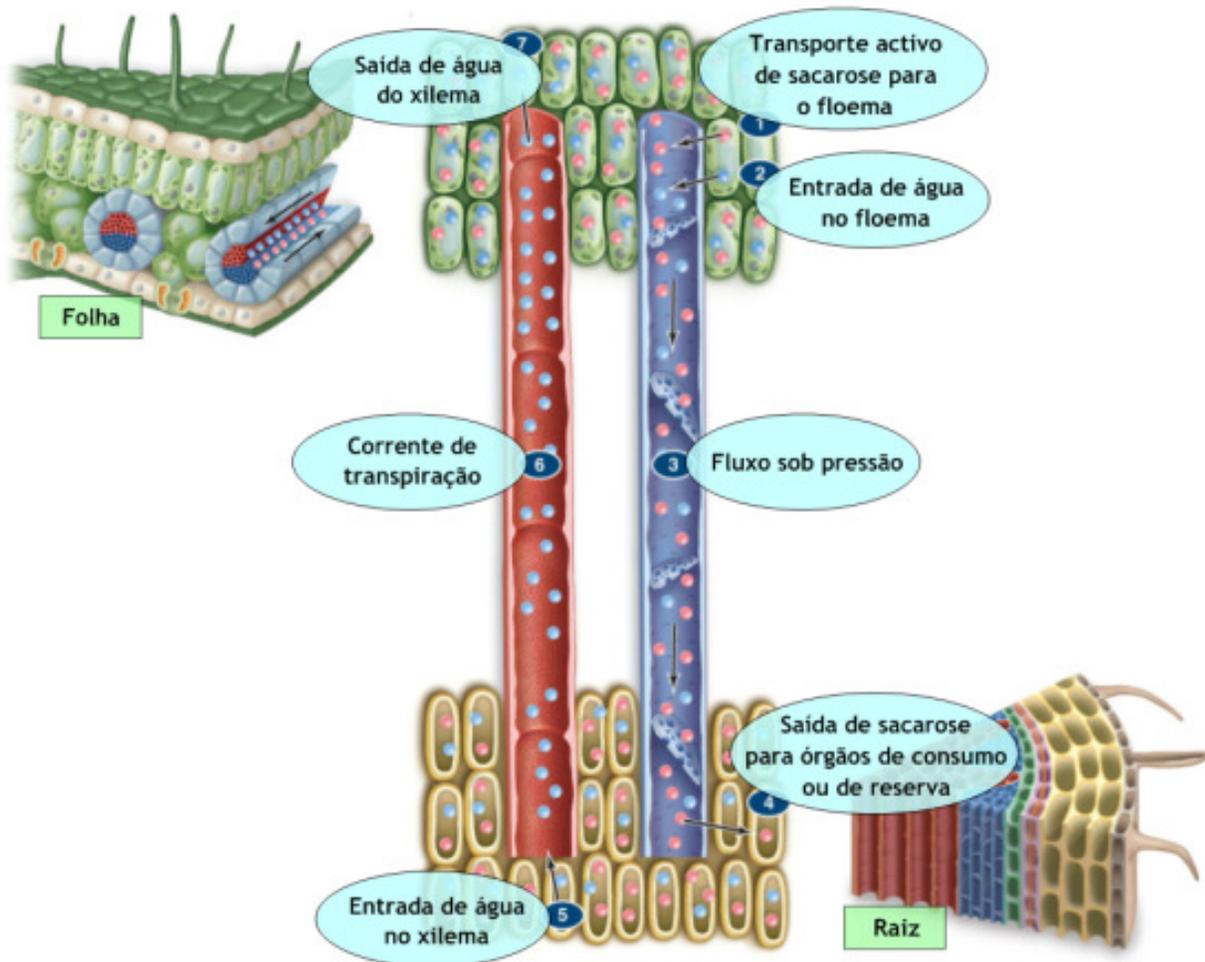
## UNIDADE 4

### ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS: RAIZ, CAULE E FOLHA

Você já observou que as plantas apresentam o corpo dividido em órgãos vegetativos (raiz, caule e folha) e órgãos reprodutivos (flor, fruto e semente). Aqui iremos abordar apenas as características anatômicas da raiz, do caule e da folha. Para o entendimento da anatomia vegetal, faz-se necessário imaginar a planta com um corpo único, onde cada tecido está ligado de forma direta ou indireta. Na estrutura da célula vegetal viva encontramos os plasmodesmos que fazem a ligação entre as células. No caso das células mortas (com parede celular secundária espessa) estas ligações fazem-se através das pontoações na parede celular.

No momento em que a planta absorve água do solo para utilizar no processo de fotossíntese, fica fácil entender essa conexão. A água é absorvida pela raiz e o processo de fotossíntese ocorre na folha (Figura 31). Para efeito de comparação serão consideradas entre as angiospermas somente as eudicotiledôneas (antes denominadas dicotiledôneas) e monocotilédones.

**Figura 31. Fluxo de água e nutrientes na planta**



Fonte: [www.cientific.com](http://www.cientific.com) Pesquisado em 20/06/09

## 1. ANATOMIA DA RAIZ

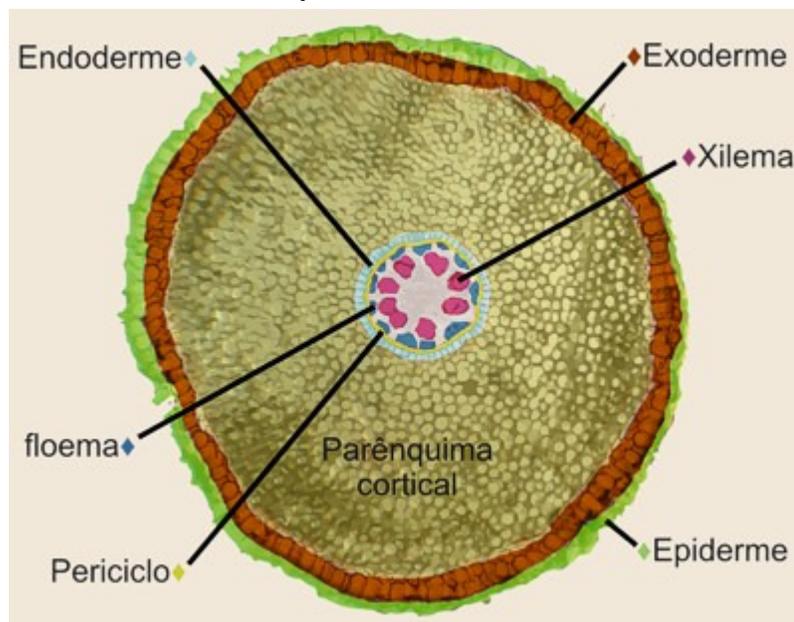
A raiz é o órgão da planta responsável pela sua fixação no solo e pela absorção da água e sais minerais. Deste modo, faz-se necessário o reconhecimento da arquitetura interna desse órgão.

As plantas vasculares apresentam uma grande variação em suas estruturas internas no que se refere à raiz, porém, daremos ênfase apenas àquelas pertencentes às Angiospermas (eudicotiledôneas e monocotiledôneas). De um modo geral, observam-se nas raízes dois tipos de crescimento, um primário, resultado da atividade dos meristemas apicais (protoderme, meristema fundamental e procâmbio) e outro secundário, resultado da ação dos meristemas laterais (felogênio e câmbio).

O crescimento secundário é conhecido de forma clara apenas nas eudicotiledôneas, porém, algumas monocotiledôneas podem apresentar espessamento secundário. Ele, geralmente, ocorre no final do primeiro ano de vida da planta. Recentemente estudos já comprovam crescimento em alguns grupos de monocotiledôneas.

Em estrutura primária, a raiz apresenta os três sistemas de tecido, o dérmico, o fundamental e o vascular. Vista em secção transversal, a raiz, em estrutura primária, mostra uma epiderme geralmente uniestratificada. Localizada logo abaixo desta, encontra-se a região cortical, formada principalmente pelo parênquima, podendo ocorrer ainda esclerênquima e raramente, colênquima, que aumenta em diâmetro em decorrência de divisões periclinais e do aumento radial das células (Figura 32).

**Figura 32. Tecidos da raiz em estrutura primária. Nesse caso, o xilema e o floema são primários.**



Fonte: [www.cb.ufrn.br/atlasvirtual/anatomia.htm](http://www.cb.ufrn.br/atlasvirtual/anatomia.htm) - Pesquisado em 22/06/09

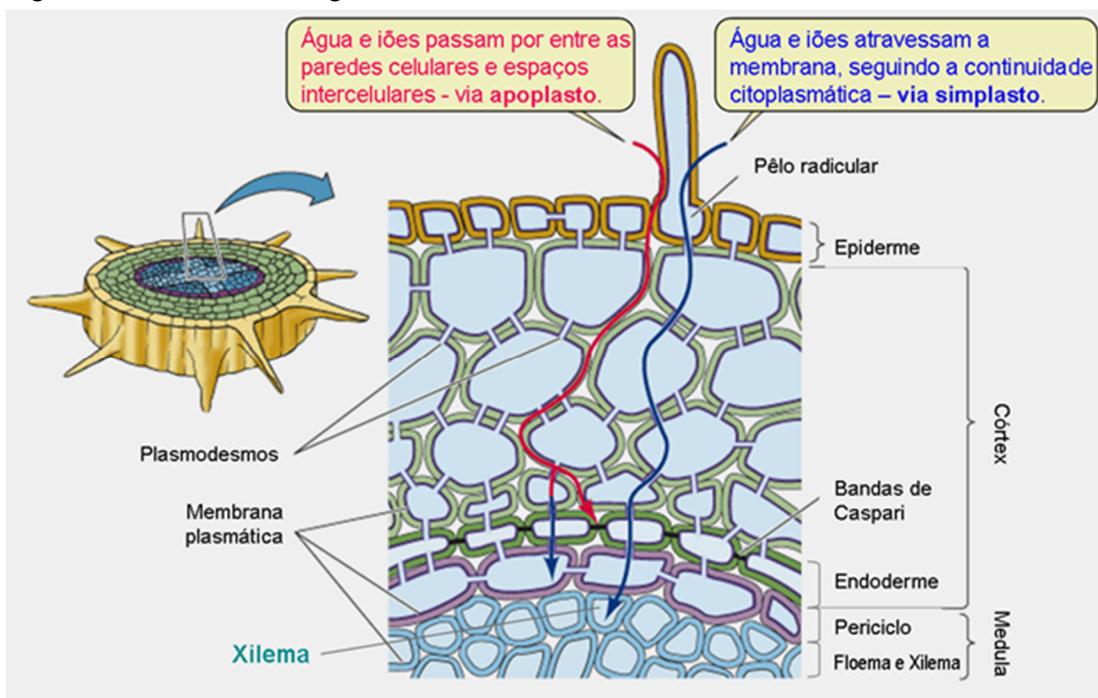
A camada mais interna da região cortical é diferenciada, e recebe o nome de endoderme. Essa camada possui, em suas paredes anticlinais, faixas de suberina e lignina, essas fitas recebem a denominação de estria de Caspary. Essas estrias controlam a entrada de água no cilindro vascular e ocorrem nas eudicotiledôneas. Nas raízes das monocotiledôneas, a endoderme apresenta um

espessamento em U (Figura 33) e nesse caso para que a água possa atravessar a endoderme existem as células de passagem que não apresentam o espessamento em U e permitem que a água possa atingir o xilema.

Em algumas raízes, pode ocorrer a estratificação da camada mais externa do córtex, formando a exoderme. Espaços intercelulares são proeminentes no córtex da raiz, com a finalidade de facilitar a entrada de água e nutrientes na mesma, ocorrendo o contrário na endoderme que desvia o fluxo de solutos através do apoplasto (pelos espaços intercelulares e paredes intercelulares) para o simplasto (por dentro as membranas celulares).

O cilindro vascular é formado pelo periciclo e os tecidos condutores, xilema e floema. O periciclo é responsável pela origem das raízes laterais. O xilema, geralmente, forma um maciço central e projeções em direção ao periciclo, com seus pólos se alternando com o floema.

Figura 33. Caminho da água através da raiz.



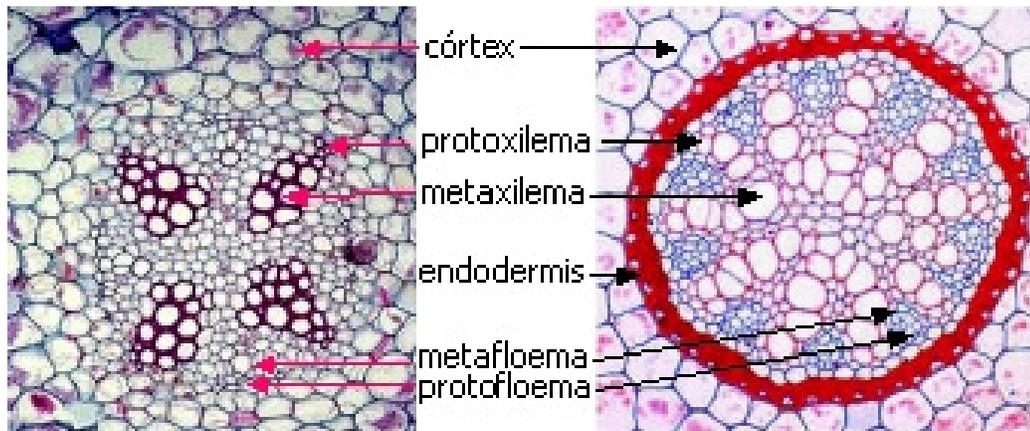
Fonte: <http://www.cientific.com/portal> - Pesquisado em 20/06/09

O número de pólos, também chamados de arcos, do xilema se diferencia em raízes de mono e eudicotiledônea. Dependendo do número de arcos, as raízes podem ser denominadas: diarcas (dois arcos), triarcas (três arcos), tetraarcas (quatro arcos) e poliarcas (cinco ou mais arcos). (Figura 34).

A maturação dos elementos traqueais ocorre centripetamente, ou seja, o protoxilema está voltado para a periferia do órgão e o metaxilema, para o interior, caracterizando o xilema como exarco. Se não houver diferenciação do xilema no centro da raiz, este será ocupado por uma medula composta de parênquima e esclerênquima, sendo conhecido como cilindro vascular oco. Algumas células dessa medula podem prolongar para fora, no sentido radial, por entre os vasos, são os raios medulares.

A grande diferença entre as estruturas primária e secundária presentes nas eudicotiledôneas é a ação do câmbio, que se origina das células do procâmbio e de células do periciclo, formando um anel contínuo de meristema secundário, o câmbio. Este passando a formar xilema para dentro e floema para fora. Deste modo, a raiz que apresentava os feixes de xilema e floema alternados passará a apresentar a forma circular, com o xilema formando uma circunferência interna e o floema uma externa.

**Figura 34. Diferenças no número de polos de protoxilema. Na esquerda a raiz é denominada tetrarca e na direita denomina-se poliarca.**



Fonte: [www.biologia.edu.ar](http://www.biologia.edu.ar) Pesquisado em 22/06/09

Com a atividade do câmbio, o periciclo prolifera-se para a periferia, onde originará várias camadas de parênquima. Da camada mais externa do periciclo origina-se o felogênio, também denominado câmbio da casca, camada que substituirá a epiderme. O felogênio forma súber para fora e feloderme para dentro.

Uma raiz em estrutura primária apresenta de fora para dentro e de modo geral, as camadas: epiderme, córtex e cilindro vascular. Medula geralmente presente em monocotiledôneas e em raízes adventícias.

A epiderme consiste, em geral, de células de paredes finas. Se persistir torna-se cutinizada ou suberificada. Nas paredes externas ocorrem espessamentos em raízes aéreas e em raízes que retêm suas epidermes por muito tempo. Às vezes até ocorre um processo de lignificação.

A epiderme geralmente é unisseriada, mas pode ser multisseriada nas raízes aéreas de certas orquídeas, araceae epífitas e de outras monocotiledôneas terrestres, como da família Iridacea (lírio). Em certas orquídeas esta epiderme multisseriada é constituída de células mortas com paredes espessadas e recebe o nome de velame.

O córtex da raiz pode ser homogêneo ou conter diversos tipos de células. O grau de diferenciação aparentemente está relacionado com a longevidade do córtex. Em plantas com crescimento em espessura e que o córtex é composto apenas por células parenquimáticas e é logo perdido.

As raízes desenvolvem, geralmente, abaixo da epiderme uma camada especializada, a exoderme, que pode ser uni ou pluriestratificada. A camada cortical mais interna da raiz das plantas com sementes diferencia-se em endoderme. As células do córtex radicular apresentam grandes espaços intercelulares para facilitar a passagem da água. Em plantas aquáticas pode ser encontrado um tipo especial de parênquima, o aerênquima.

Em quase todas as raízes está presente uma endoderme caracterizada por uma estria de Caspary nas suas células. Estas estrias são formadas durante a ontogênese da célula e fazem parte da parede primária: são de natureza química muito discutida. Tem sido descrita com espessamento de lignina, suberina ou ambos. Essas estrias, usualmente, aparecem nas paredes anticlinais (radiais transversais) das células endodérmicas e a membrana plasmática encontra-se ligada a essa estria.

A deposição das estrias, entre as paredes celulares da endoderme, seleciona a passagem da água para o interior do cilindro central (Figura 33). O tipo de espessamento pode diferenciar as monocotiledôneas (espessamento em U) das eudicotiledôneas (espessamento em faixa).

## 2. ANATOMIA DO CAULE

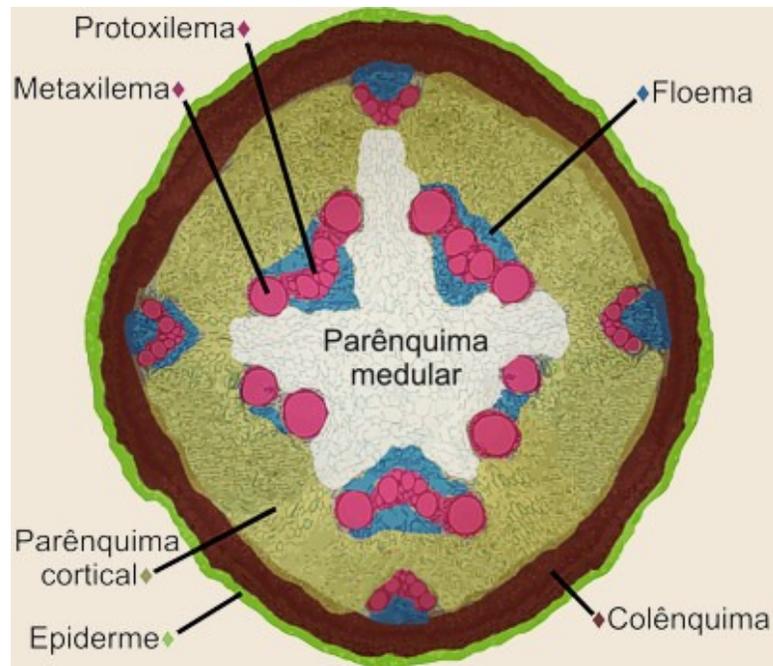
Assim como a raiz, o caule apresenta os três sistemas de tecidos: o dérmico, o fundamental e o vascular, bem como o crescimento primário e secundário. Porém, esses dois órgãos diferenciam-se pelo fato do caule apresentar uma organização mais complexa, uma vez que dele partem vários apêndices laterais, como: ramos, folhas, flores, frutos, espinhos. Parte da estrutura do caule secundário foi discutida no item sobre xilema secundário.

Na região cortical do caule em crescimento secundário observa-se a presença de parênquima, colênquima e esclerênquima. O parênquima ocorre também na medula. Essa região medular não é observada em raízes, salvo algumas exceções. Esse tecido apresenta, geralmente, tanto no córtex como na medula, a função de armazenamento, além de poder apresentar cloroplastos (caule jovem) e realizar fotossíntese.

No caso dos outros dois tecidos, colênquima e esclerênquima, a função é de sustentação. No caule não se evidencia facilmente a endoderme, o que ocorre é uma bainha amilífera formada pelas células mais externas do córtex. O periciclo, por sua vez, é frequentemente observado.

Em estrutura primária, o caule apresenta feixes vasculares colaterais, ou seja, na região cortical encontram-se os cordões de floema (para fora) e xilema (para dentro), separados pelo câmbio fascicular. A grande diferença entre a estrutura da raiz e do caule reside, principalmente, na disposição dos feixes vasculares: enquanto na raiz estes são alternos, no caule são fasciculares (Figura 35).

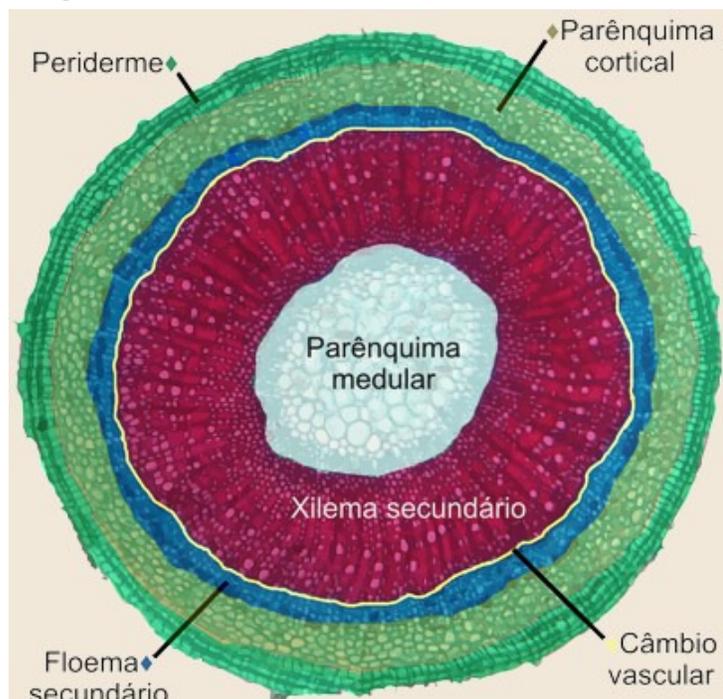
**Figura 35. Tecidos do caule em estrutura primária. Nesse caso, o xilema e o floema são primários.**



Fonte: [www.cb.ufrn.br/atlasvirtual/anatomia.htm](http://www.cb.ufrn.br/atlasvirtual/anatomia.htm) Pesquisado em 22/06/09

Pela atividade do câmbio interfascicular e do felogênio, dá-se o crescimento secundário do caule. Entre os feixes vasculares surge o câmbio interfascicular, que se liga com o câmbio fascicular formando, agora, um anel contínuo de tecido cambial. Em seguida, inicia-se a formação de xilema para dentro e floema para fora, evidenciando-se agora um sistema vascular concêntrico (Figura 36).

**Figura 36. Tecidos do caule em estrutura secundária**



Fonte: [www.cb.ufrn.br/atlasvirtual/anatomia.htm](http://www.cb.ufrn.br/atlasvirtual/anatomia.htm) - Pesquisado em 22/06/09

O felogênio surge da diferenciação dos tecidos subepidérmicos (colênquima e parênquima) e vai originar felema, ou súber, para periferia e feloderma para dentro. A esse conjunto constituído por felema, felogênio e feloderma dá-se o nome de periderme, que surge no crescimento secundário em substituição à epiderme.

Os caules diferem-se na quantidade e no arranjo do tecido vascular primário e também no acúmulo de tecido secundário. O sistema vascular primário pode se arranjar desde um cilindro até o arranjo de poucos feixes.

De um modo geral, as monocotiledôneas apresentam feixes vasculares de maneira difusa no interior do caule. Este tipo de disposição é chamado de atactostélica. Em estrutura primária as eudicotiledôneas e gimnospermas apresentam os tecidos vasculares com uma organização do tipo eustélica, na qual há cordões de tecidos formando um cilindro descontínuo, ou então, uma organização do tipo sifonostélico, na qual se forma um cilindro contínuo de tecidos vasculares e a região medular é preenchida pelo parênquima. As monocotiledôneas permanecem em estrutura primária durante toda vida, salvo poucas exceções, enquanto eudicotiledôneas e gimnospermas desenvolvem estruturas que lhe permitem crescer em espessura. Existem eudicotiledôneas e gimnospermas herbáceas que não crescem em espessura.

Entre as diferenças na estrutura primária e secundária do caule, temos: a mudança de um sistema vascular composto por feixes colaterais para um sistema composto por feixes concêntricos e o surgimento da periderme. No caule, em estrutura primária, a disposição dos feixes vasculares na região cortical permite fazer diferença entre monocotiledônea e eudicotiledônea. No caso das monocotiledôneas, os feixes vasculares apresentam-se dispersos por toda a região cortical, e em eudicotiledôneas estes feixes mostram-se em disposição circular. Já em estrutura secundária não se pode fazer comparação, uma vez que monocotiledônea não apresenta crescimento secundário claramente definido na maioria dos grupos.

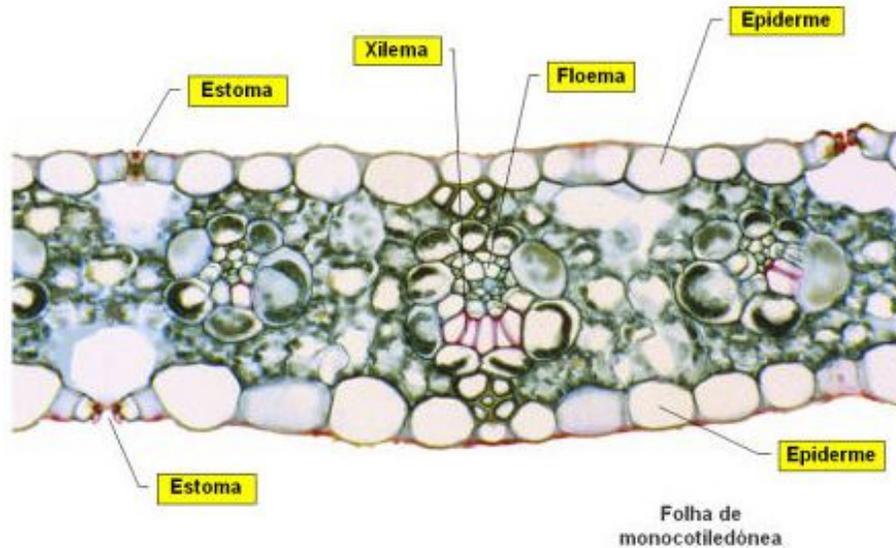
### 3. ANATOMIA DA FOLHA

Assim como a raiz e o caule, a folha apresenta os três sistemas de tecido (dérmico, fundamental e vascular). O pecíolo foliar, que é uma expansão do caule, apresenta epiderme com cutícula e estômatos, parênquima e colênquima na região cortical, sendo que o primeiro funciona como tecido de reserva e o segundo com tecido de sustentação. O feixe vascular apresenta-se com o xilema voltado para fora, ou superfície adaxial, e floema para dentro, ou superfície abaxial, envolvendo a medula. Normalmente, a forma assumida pelo feixe é a de um arco.

A folha é revestida por uma epiderme que, por sua vez, é revestida pela cutícula (cutina e cera). Esta possui a função de evitar a perda de água por transpiração. A epiderme é contínua, constituindo as superfícies adaxial e abaxial, do limbo foliar.

Na epiderme nota-se a presença de muitas estruturas resultantes de modificações de células epidérmicas, entre elas podem se citadas: os estômatos e os tricomas (Figuras 8 e 10). A região localizada entre as duas faces da folha é denominada de mesofilo. Nesta região se encontra o tecido fundamental formado pelos parênquimas paliçádico e esponjoso, e o feixe vascular (Figura 37).

**Figura 37. Secção da folha mostrando epiderme e mesofilo**



Fonte: [www2.esec-mirandela.rcts.pt/E\\_Vegatais/folha\\_1.jpg](http://www2.esec-mirandela.rcts.pt/E_Vegatais/folha_1.jpg) - Pesquisado em 20/06/09

Quanto à distribuição dos estômatos na epiderme, as folhas podem ser classificadas em: anfiestomáticas, quando os estômatos estão presentes nas duas faces da folha; hipoestomáticas, com os estômatos apenas na face inferior da folha e epiestomáticas, com os estômatos presentes apenas na face superior.

Na folha, o parênquima está representado por dois tipos (paliçádico e esponjoso) envolvidos diretamente no processo de fotossíntese. A maior parte do tecido fundamental do mesofilo está representada por estes tipos celulares (Figuras 7, 12 e 37).

O parênquima paliçádico, formado por células uniformes e alongadas e dispostas perpendicularmente. Esse parênquima encontra-se, geralmente, localizado logo abaixo de superfície adaxial. Isso pelo fato de essas células possuírem cloroplastos, e nessa posição, adaxial, os raios solares atingem a folha com maior intensidade. Porém, pode ser encontrado, também, na face abaxial. O parênquima esponjoso é formado por células irregulares, localizadas geralmente na superfície abaxial. Paliçádico = células alongadas, perpendiculares à epiderme e número variado de camadas. Esponjoso = células de formato variado, frequência irregular, com projeções bráquiformes que se estendem de uma célula a outra. O tecido paliçádico, em geral, está voltado para a superfície adaxial da folha (a posição do xilema também indica a superfície adaxial). Contudo, em algumas espécies, o pecíolo da folha sofre uma torção, invertendo a posição do parênquima paliçádico, que se encontra na superfície abaxial.

Durante o processo evolutivo dos vegetais ocorreu uma especialização do tecido paliçádico que conduziu a uma maior eficiência fotossintética. No mesofilo claramente dorsiventral, a grande maioria dos cloroplastos é encontrada nas células do parênquima paliçádico. Devido à forma e ao arranjo das células do paliçádico, os cloroplastos podem se apresentar em uma posição parietal (paralelamente às paredes) das células, utilizando desse modo o máximo de luz. Outro importante fator que aumenta a eficiência fotossintética, é a ampliação de um sistema de espaços intercelulares no mesofilo, já que facilita as trocas gasosas e permite o acúmulo de  $\text{CO}_2$  nas câmaras subestomáticas. Devido ao arranjo das células do mesofilo, grandes superfícies das células ficam expostas e entram em contato com o ar, presente nos espaços intercelulares.

Dependendo da disposição dos dois tipos de parênquima, podemos classificar a folha em: dorsiventral, isobilateral e homogênea.

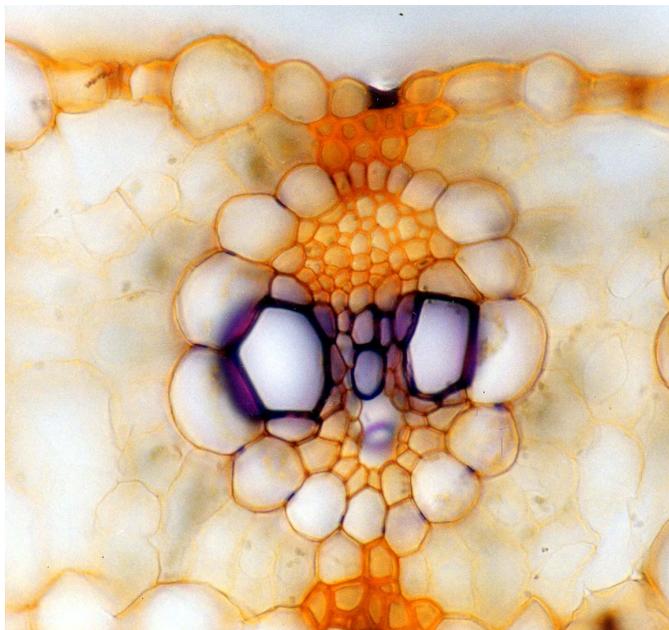
Em geral, o parênquima paliçádico encontra-se voltado para a face adaxial e parênquima esponjoso para a face abaxial, neste caso a folha é classificada como bifacial ou dorsiventral. Quando o parênquima paliçádico ocorre nas duas faces, a folha é denominada isobilateral ou isolateral, característico de plantas xerófitas. Quando não se distinguem os dois tipos de parênquima, a folha é classificada com mesofilo uniforme ou homogêneo.

O feixe vascular da folha é formado por feixes líbero-lenhosos, e é semelhante ao do pecíolo. Na folha observa-se um feixe central de maior calibre e vários feixes menores. Em estrutura externa, esses feixes são a nervura central, ou principal, e as nervuras secundárias, respectivamente (Figura 38).

Quando se compara folha de monocotiledônea e folha de eudicotiledônea, a variação na forma dos feixes é a característica principal. No caso das eudicotiledôneas, ocorre um feixe vascular de maior calibre, e central, e outros menores, como foi descrito acima. Porém, em monocotiledôneas os feixes são todos do mesmo calibre, não havendo destaque de nenhum. Isso se explica pelo fato da folha não apresentar uma nervura principal, mas várias nervuras paralelas.

Outra característica marcante na diferença dos dois tipos de folha é a presença de uma bainha de células parenquimáticas em volta dos feixes vasculares, nas folhas de mono. A essa bainha dá-se o nome de estrutura de Kranz (coroa em alemão) e está relacionada com a fotossíntese das plantas  $C_4$ .

**Figura 38. Feixe vascular da Nervura central da folha de milho.**



Fonte: [www.biologia.edu.ar](http://www.biologia.edu.ar) Pesquisado em 22/06/09.

### 3.1. ANATOMIA KRAZ E FOTOSÍNTESE $C_4$

Na fotossíntese, a fixação de  $CO_2$  constitui-se num passo crítico, onde uma molécula de  $CO_2$  é ligada a uma molécula ribulose – 1,5 – bifosfato; este constitui o primeiro passo da assimilação de carbono. A enzima que catalisa esta reação é a ribulose – bifosfato carboxilase, mas esta enzima tem

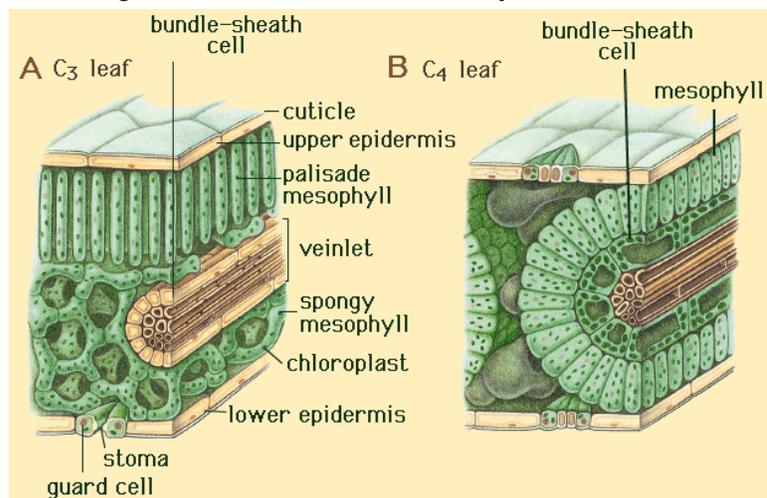
baixa afinidade pelo  $\text{CO}_2$ . Esta pode também substituir, acidentalmente, o  $\text{CO}_2$  por oxigênio, resultando em perda de energia para a planta.

Algumas gramíneas tropicais e outras espécies de plantas adaptadas a climas áridos se distinguem pela alta taxa de fotossíntese, baixa perda de  $\text{CO}_2$  na luz (fotorrespiração) e baixo consumo de água por unidade de matéria seca produzida. Estas plantas apresentam fotossíntese  $\text{C}_4$  que tem conexão direta com um tipo de anatomia denominado anatomia Kranz e diferem anatomicamente das plantas  $\text{C}_3$ . Essa diferença ocorre na nervura central (Figura 39).

A anatomia Kranz é caracterizada, em corte transversal da folha, por uma camada de células do mesofilo orientadas radialmente envolvendo os feixes vasculares formando uma espécie de coroa. Além dessa camada de células disposta em coroa existe uma bainha de células em torno dos feixes vasculares que possuem cloroplastos grandes diferentes dos demais cloroplastos presentes no mesofilo. A anatomia Kranz facilita a fotossíntese  $\text{C}_4$ . Este tipo de fotossíntese resulta na formação de um composto de quatro carbonos e constitui uma vantagem para as plantas que a possui, pois muito mais energia pode ser produzida e armazenada.

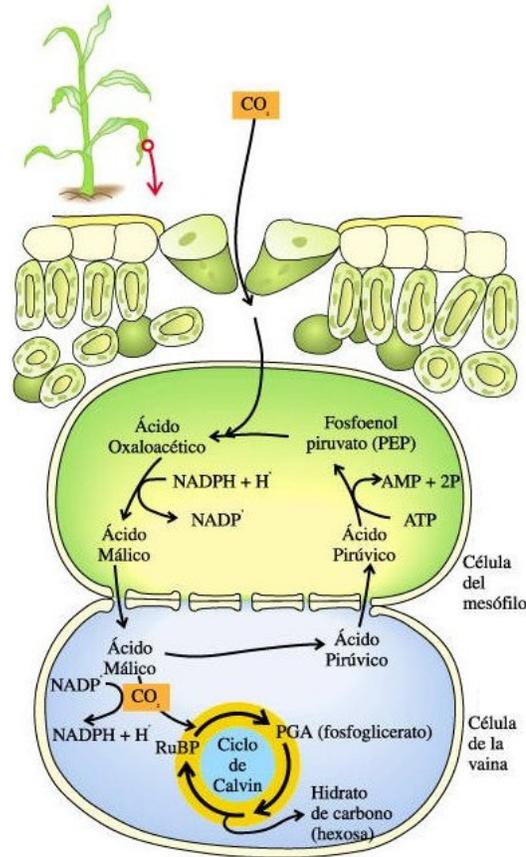
Na fotossíntese  $\text{C}_4$  o  $\text{CO}_2$  é inicialmente fixado no citoplasma das células do mesofilo pela fosfoenolpiruvato carboxilase formando um composto de quatro carbonos (oxaloacetato). Este entra nos cloroplastídeos das células do mesofilo e onde é reduzido a malato ou aspartato. Esses compostos são transportados para as células da bainha do feixe onde são descarboxilados e o  $\text{CO}_2$  imediatamente refixado através do ciclo de Calvin. (Figura 40).

**Figura 39. Estrutura da folha de plantas  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$ .**



Fonte: [www.upload.wikimedia.org/wikipedia](http://www.upload.wikimedia.org/wikipedia) - Pesquisa realizada em 23/06/09

Figura 40. Esquema Fotossintético de planta C4



Fonte: [www.fisicanet.com.ar](http://www.fisicanet.com.ar)

Para o homem constitui uma vantagem na medida em que plantas cultivadas que possuem esse mecanismo de fotossíntese são extremamente produtivas como é o caso da cana-de-açúcar e outras gramíneas cultivadas não só para o consumo humano, mas também para o consumo animal. Outras adaptações foliares estão relacionadas com o processo de evapotranspiração. Plantas que ocorrem em ambientes muito áridos possuem mecanismos que evitam a perda de água, como por exemplo: estômatos em criptas, depressões, cobertos por pêlos, fendas etc. Todas essas características minimizam a perda de água.

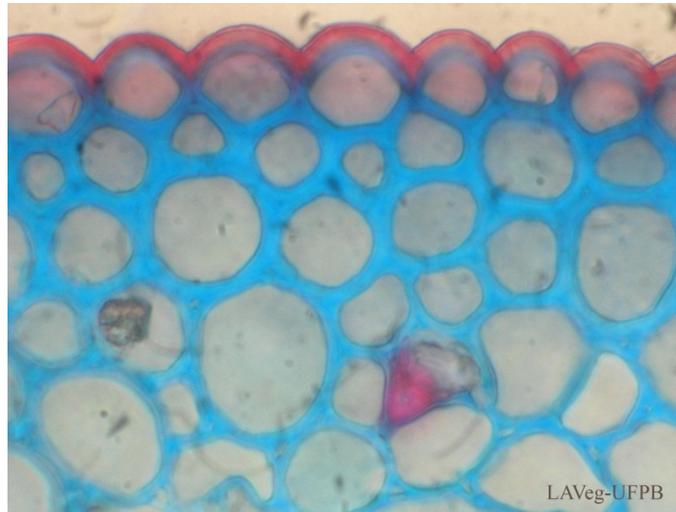
### 3.2. ADAPTAÇÕES DA FOLHA AOS DIFERENTES AMBIENTES

As folhas das angiospermas apresentam grande variação de estrutura, devido à disponibilidade ou não de água. Com base na sua necessidade de água e, por conseguinte, nas adaptações apresentadas, as plantas são comumente classificadas como xerófitas (adaptadas a ambientes com baixa disponibilidade hídrica, ficando longos períodos sem água), mesófitas (quando apresentam grandes necessidades de água no solo e de alta úmida atmosférica) e hidrófitas (quando crescem totalmente e parcialmente na água, dependendo completamente da água). Dependendo do tipo de planta, as folhas apresentam características específicas.

Caracteres xerófitos - geralmente são folhas pequenas e compactadas, aumento no espessamento das paredes celulares, especialmente a parede tangencial externa, e da cutícula; maior densidade do sistema vascular e dos estômatos, muitas vezes em sulcos e parênquima

paliçádico em quantidade maior que o esponjoso, ou apenas presença de paliçádico. As folhas de xerófitas são, frequentemente, espessas e coriáceas, com cutícula bem desenvolvida (Figura 41).e grande quantidade de tricomas. O mesofilo apresenta-se bastante diferenciado, podendo haver mais de uma camada de parênquima paliçádico e é comum o parênquima aquífero. As xerófitas têm um sistema vascular bem desenvolvido e, às vezes, com grande quantidade de esclerênquima, tanto na forma de esclereides quanto na de fribroesclereídes. É comum a presença de estômatos nas duas superfícies, uma vez que estes apresentam mecanismos fisiológicos altamente eficientes.

**Figura 41. Epiderme foliar de *Aspidosperma pyrifolium* (pereiro) com cutícula espessada.**



**Fonte: LAVegUFPB**

Caracteres hidrofíticos – geralmente apresentam uma redução dos tecidos vasculares e de sustentação. Nesse tipo de planta o xilema encontra-se bastante reduzido. O mesofilo apresenta grandes espaços intercelulares. Nas folhas submersas e nas demais submersas de folhas flutuantes, a epiderme toma parte na absorção de nutrientes, pois apresenta paredes celulares e cutícula delgada. Na epiderme abaxial de algumas espécies de folhas flutuantes ocorrem hidropódios, estruturas secretoras que absorvem e eliminam sais. O mesofilo é reduzido a poucas camadas de células; os estômatos podem ser ausentes; e, usualmente, não há diferenciação de parênquima paliçádico e esponjoso. Em folhas flutuantes, os estômatos estão restritos a face adaxial.

Caracteres mesofíticos – apresentam as características mais comumente citadas para caracterizar a folha. Apresentam parênquima clorofiliano diferenciado em parênquima paliçádico e parênquima esponjoso, portanto são folhas dorsiventrais. Tem por característica interessante, a predominância de estômatos na fase abaxial.

## AREGAÇANDO AS MANGAS!!!



Em sua obra “Os sertões” Euclides da Cunha escreveu:

### **As caatingas**

*Então, a travessia das veredas sertanejas é mais exaustiva que a de uma estepe nua.*

*Nesta, ao menos, o viajante tem o desafogo de um horizonte largo e a perspectiva das planuras francas.*

*Ao passo que a caatinga o afoga; abrevia-lhe o olhar; agride-o e estonteia-o; enlaça-o na trama espinescente e não o atrai; repulsa-o com as folhas urticantes, com o espinho, com os gravetos estalados em lanças; e desdobra-se-lhe na frente léguas e léguas, imutável no aspecto desolado: árvores sem folhas, de galhos estorcidos e secos, revoltos, entrecruzados, apontando rijamente no espaço ou estirando-se flexuosos pelo solo, lembrando um bracejar imenso, de tortura, da flora agonizante . . .*

Como base nas informações sobre a estrutura anatômica do caule, da raiz e da folha, escreva um breve texto com as principais características adaptativas das plantas da caatinga, que permitem sua sobrevivência em ambiente tão hostil.

## UNIDADE 5

### ANATOMIA DOS ÓRGÃOS REPRODUTIVOS: FLOR, FRUTO E SEMENTE

Você sabia que um dos passos mais importantes para na evolução e sucesso das angiospermas foi o surgimento e desenvolvimento dos órgãos reprodutivos?

Agora vamos estudar um pouco sobre a origem e desenvolvimento destes órgãos. A anatomia dos órgãos vegetativos e reprodutivos permite entender a ontogenia e o desenvolvimento do corpo vegetal. A embriogênese vegetal tem como base a anatomia floral e em especial a estrutura do ovário, óvulo e pólen.

No estudo da estrutura anatômica da flor, do fruto e da semente é possível compreender o desenvolvimento reprodutivo dos vegetais.

## 1. FLOR

### 1.1. ESTRUTURA ANATÔMICA DA FLOR

A flor apresenta-se com três conjuntos de órgãos: o perianto (considerados os verticilos protetores – cálice e corola que são utilizados para atração dos agentes polinizadores), o androceu e gineceu.

A anatomia das sépalas (unidade que forma o cálice) e das pétalas (unidade que forma a corola) apresenta semelhança com a anatomia foliar.

As sépalas, geralmente de cor verde, apresentam uma epiderme uniestratificada e podem apresentar estômatos. Abaixo da epiderme ocorre um mesófilo com células parenquimáticas. O tipo de parênquima presente nas sépalas é o clorofiliano. No mesófilo ocorrem os feixes vasculares (xilema e floema) utilizados para a condução de água, sais minerais e compostos orgânicos. Por ser uma lâmina muito fina, a sépala, possui pouca diversidade de tecidos, predominando uma epiderme delgada, um mesófilo com parênquima clorofiliano e alguns feixes vasculares (Figura 42).

**Figura 42. Secção transversal de uma flor.**

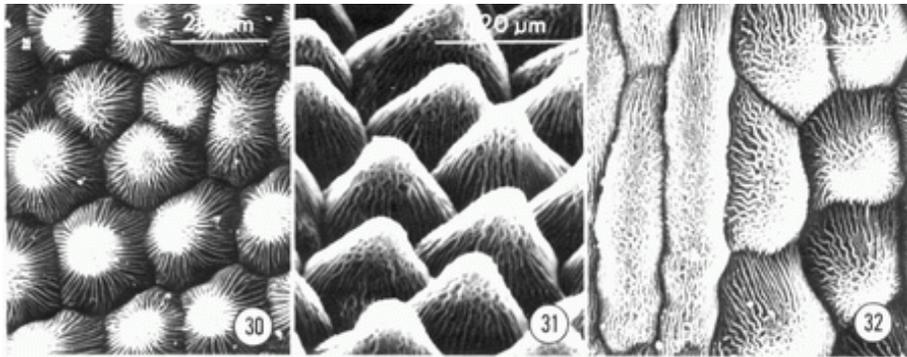


Fonte: [www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica](http://www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica)

A estrutura anatômica das sépalas é bastante semelhante a das pétalas. Por tratar-se um verticilo utilizado para na atração dos agentes polinizadores, essas são coloridas e emitem aromas específicos.

A epiderme das pétalas apresenta papilas (Figura 43) que conferem as pétalas certa suavidade e são, também, responsáveis pela liberação de aromas específicos e utilizados na atração dos polinizadores. A coloração das pétalas deve-se a grande quantidade de cromoplastos presentes nas células parenquimáticas do mesofilo. A presença de cromoplastos com pigmentos carotenóides de diversas cores (amarelo, roxo, vermelho, azul) nas pétalas está diretamente relacionada com a polinização das flores. Por apresentar maior complexidade que as sépalas, as pétalas, apresentam uma maior vascularização e conseqüentemente maior quantidade de xilema e floema.

**Figura 43. Epiderme de diversas pétalas com papilas aromáticas. As papilas são células epidérmicas modificações.**



Fonte: [www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica](http://www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica)

## 2. FRUTO E SEMENTE

### 2.1. ESTRUTURA ANATÔMICA DO FRUTO

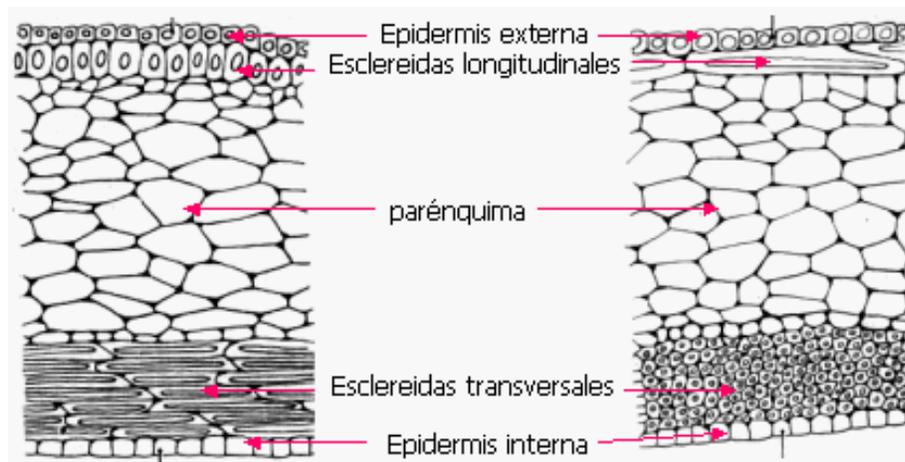
O fruto origina-se do ovário e é composto pelo pericarpo e a semente. O pericarpo é formado a partir da parede do ovário e a semente origina-se do ovário ou rudimento seminal.

O epicarpo apresenta-se dividido em três partes exocarpo ou epicarpo, mesocarpo e endocarpo. As três camadas podem ou não estar presentes nos frutos. Para alguns autores o pericarpo representaria as epidermes externa (exocarpo) e interna (endocarpo), os demais tecidos representariam o mesocarpo e constituído, principalmente, por células parenquimáticas (Figuras 44 e 45).

O exocarpo origina-se da epiderme externa do ovário e apresenta características anatômicas da epiderme, podendo apresentar camada cuticular, estômatos e tricomas. Muitos frutos possuem tricomas secretores, conferindo o aroma característico de cada fruto. O exocarpo pode apresentar um ou mais camadas de células esclerenquimáticas lignificadas, conferindo rigidez ao fruto.

O mesocarpo origina-se do mesófilo do ovário e apresenta em sua estrutura anatômica tecidos de reserva (parênquima) de sustentação (colênquima e esclerênquima) e diversos tipos de células de reserva (chamadas idioblastos) onde são encontradas diversas substâncias. Os feixes vasculares do pericarpo concentram-se, principalmente, nessa camada.

**Figura 44. Secção transversal de pericarpo.**

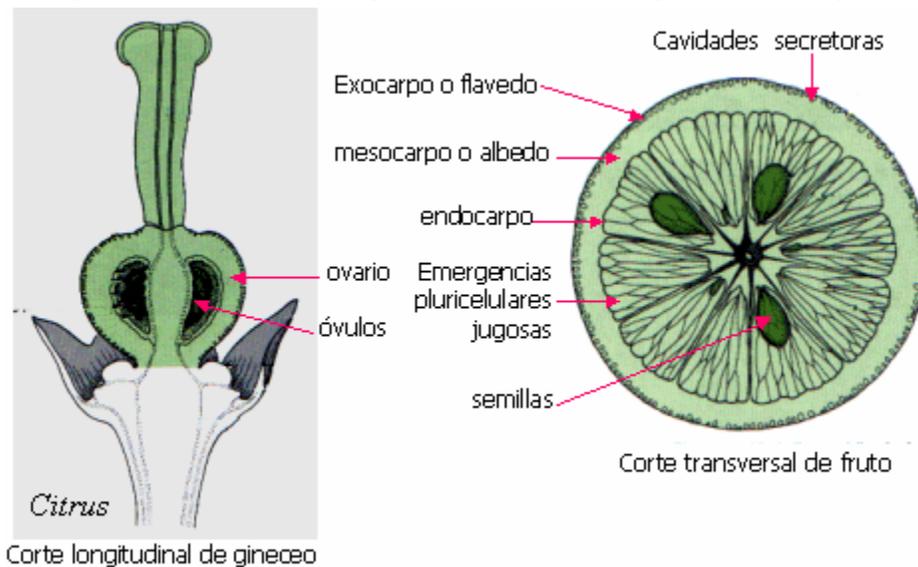


Fonte: [www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica](http://www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica)

O endocarpo origina-se da epiderme interna do ovário e possui uma epiderme unisseriada ou plurisseriada, esclerênquima. Nessa camada do epicarpo existem tecidos com potencialidade meristemática.

A presença dos diversos tecidos que compõem as três camadas de epicarpo, conferem aos frutos uma consistência carnosa (laranja) possuem muito parênquima ou seca (legume) com presença de esclerênquima.

**Figura 45. Secção transversal da laranja mostrando o exocarpo, o mesocarpo e o endocarpo.**



Fonte: [www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica](http://www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica)

## 2.2. ESTRUTURA ANATÔMICA DA SEMENTE

A semente é por definição um óvulo fecundado e maduro. Consta de um embrião, tecido ou tecidos de reserva (endosperma) e um tecido de proteção (testa e tegma).

Depois da dupla fecundação que ocorre nas angiospermas, o zigoto transforma-se em embrião; apresentando uma série de divisões celulares e uma posterior diferenciação histológica para converter-se em embrião maduro, o qual consiste de um eixo hipocótilo-radícula apresentando no extremo apical um ou dois cotilédones e o meristema do caule; e no extremo distal o meristema radicular. A cobertura protetora das sementes pode formar-se de um ou dos dois tegumentos (testa e/ou tegma). O núcleo primário do endosperma se divide para formar o endosperma (tecido de reserva).

Durante o desenvolvimento das sementes, alguns de seus componentes principais (testa, embrião e endosperma) podem permanecer sem crescimento aparente, modificando-se mediante o aumento do número de estratos celulares ou reduzir-se até ser reabsorvido completamente. Por exemplo, o endosperma pode consumir-se durante o desenvolvimento do embrião permanecendo na semente madura apenas o tecido de reserva chamado de aleurona.

O endosperma, geralmente consistente, pode apresentar consistência líquida como ocorre no coco-da-bahia. A água do coco, assim como a parte comestível, forma o endosperma do coco.

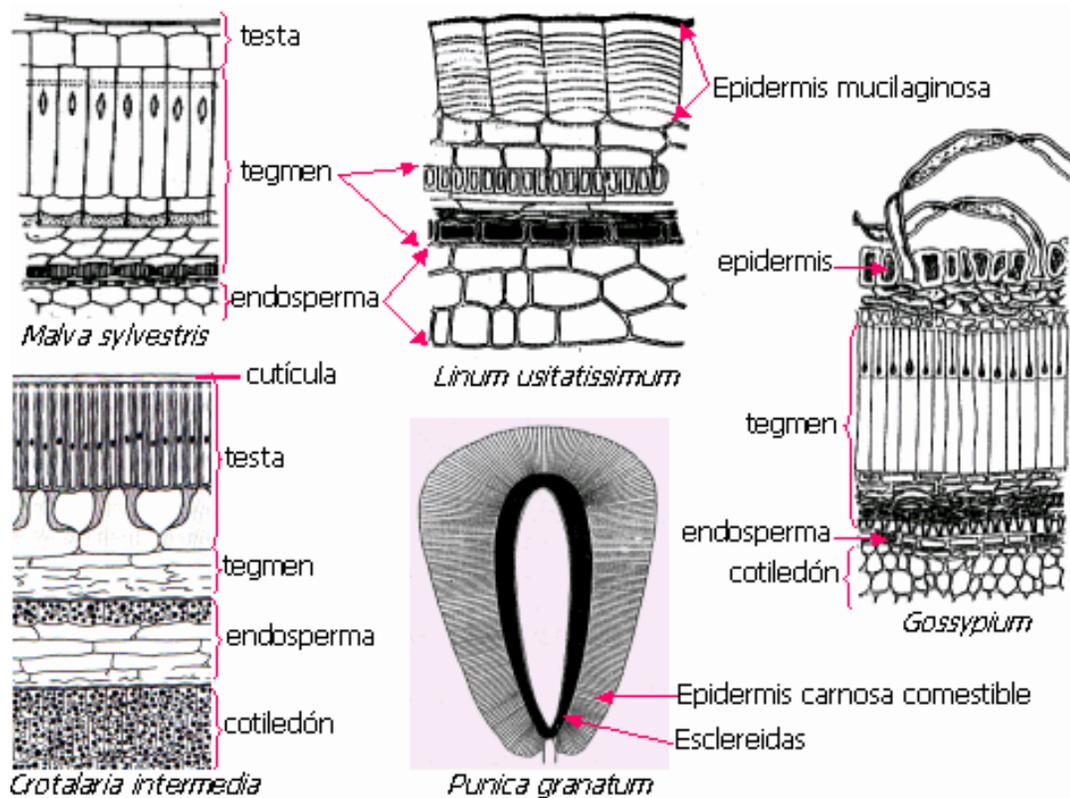
A estrutura anatômica da semente jovem, nas primeiras etapas do desenvolvimento, só apresenta tecidos parenquimáticos. Podendo permanecer assim na semente madura como acontece nas orquídeas, onde só aparece um estrato de células parenquimáticas que rodeiam o embrião diferenciado. De modo diferente, nas leguminosas, a cobertura da semente apresenta uma grande variedade de tecidos (epiderme, colênquima e esclerênquima). Esta diferença na estrutura da cobertura das sementes de diversas espécies se deve em parte a estrutura do óvulo que este pode apresentar um ou dois tegumentos e diferentes espessuras.

A semente pode ser unitegmentada e aí se considera como envoltório apenas a testa ou bitegmentada, e nesse caso se tem a testa (tegumento externo) e o tegma (tegumento interno) com tecidos de proteção (Figura 46).

A cobertura da semente também pode desintegrar-se completamente durante o desenvolvimento como ocorre nas sementes de algumas monocotiledôneas como o milho (*Zea mays*).

Por último é importante mencionar que de maneira paralela ao desenvolvimento dos três principais componentes da semente, ocorrem diversos processos que dão como resultado diferentes organizações estruturais dos tecidos. Esses processos podem ser: destruição das paredes celulares, síntese e deposição de substâncias de reserva, diferenciação de tecidos vasculares (xilema e floema), formação de laticíferos no embrião, formação de esclerênquima em paliçada, mucilagem e tricomas nas epidermes, cutículas e em diversos estratos do parênquima. Estruturas associadas a dispersão das sementes como arilo, opérculo e carúncula têm sua origem devido a excrescências celulares que se formam dos tegumentos ou do funículo e que algumas vezes se encontram sobre a micrópila.

Figura 46. Secção transversal de varias sementes. Note a presença da testa, do tegma e do endosperma.



Fonte: [www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica](http://www.fai.unne.edu.ar/biologia/botanica)

### PERGUNTAS???



- 1- Enumere três tipos de frutos secos e três tipos de frutos carnosos que você utiliza em sua alimentação
- 2- Qual a importância das flores no processo de reprodução das plantas?
- 3- O que é dupla fecundação?
- 4- Qual a função do endosperma?
- 5- O que é arilo?

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- APPEZZATO-da-GLORIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (editoras) **Anatomia Vegetal**. 2ª edição. Editora da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2006.
- BOLD, H.C. **O reino vegetal**. São Paulo, Editora Edigard Blucher Ltda. 1988.
- BONA, C; BOEGER, M. R. & SANTOS, G. O. **Guia Ilustrado de Anatomia Vegetal**. Editora Holos. Ribeirão Preto-SP. 2004.
- BURGER, L.M. & RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. Ed. Nobel. São Paulo. 1991.
- CUTTER, E.G. **Anatomia Vegetal; Parte I - Células e Tecidos**. Liv. ROCA Ltda. São Paulo. 1986.
- CUTTER, E.G. **Anatomia Vegetal; Parte II - Órgãos - Experimentos e Interpretações**. Liv. ROCA Ltda. São Paulo. 1987.
- CUTLER; D. F.; BOTHÁ; T.; STEVENSON, D. W. M. **Anatomia Vegetal**. 1ª ed. Artmed. Porto Alegre. 2011.
- DICKISON, W. C. **Integrative Plant Anatomy**. Academic Press. California. 2000.
- ESAU, K. **Anatomia das Plantas com Semente**. Ed. Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 1974.
- CUNHA, E. **Os sertões**. Disponível em: <http://www.psbnacional.org.br/bib/b171.pdf>. Acessado em 22 de junho de 2012.
- EVERT, R. Y. **Esau's Planta Anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body – their structure, function, and development**. 3ª edition. Copyright John Wiley & Sons. New Jersey. 2006.
- FANH, A. **Anatomia Vegetal**. H. Blume Ediciones, Madrid. 1990.
- FERRI, M.G; MENEZES, N. L. & MONTEIRO, W. R. **Glossário Ilustrado de Botânica**. Editora Nobel. São Paulo. 1992.
- IAWA COMMITTEE. Multilingual glossary of terms used in wood anatomy. Konkordia, Winterthur. 1964.
- METCALFE, C. R. & L. CHALK. **Anatomy of the Dicotyledons**. volumes. I e II. Clarenton Press. Oxford.1950
- NABORS, M. W. Introdução à Botânica. Editora ROCA Ltda. São Paulo. 2012
- RAVEN,P.H.,EVERT,R.F. & EICHHORN,S.E. **Biologia Vegetal**. 7ª edição. Editora Guanabara/Koogan Rio de Janeiro. 2007.

## REFERÊNCIA NA INTERNET

<http://www.jupisa.net/atlasveg>

<http://www.kuleuven.ac.be/bio/sys/iawa>