

# HISTOLOGIA VEGETAL

## SISTEMA DE REVESTIMENTO

O sistema de revestimento compreende a epiderme e a periderme. A primeira reveste a superfície do vegetal em crescimento primário, podendo ser substituída pela periderme nos órgãos que apresentam crescimento secundário.

## EPIDERME

A epiderme geralmente é uniestratificada e se origina da protoderme. Quando ocorrem camadas subepidérmicas, pode-se tratar de **epiderme pluriestratificada** ou de **hipoderme**, sendo que a primeira deriva ontogeneticamente da protoderme e a segunda tem origem diversa, provindo do meristema fundamental. **Velame** é um exemplo de epiderme múltipla, que ocorre em raízes aéreas de orquídeas.

Esse sistema de revestimento é constituído por células que formam uma camada compacta, desprovida de espaços intercelulares, entre as quais se encontram os anexos epidérmicos, representados geralmente pelos estômatos e tricomas. De um modo geral, as células epidérmicas são vivas, aclorofiladas, altamente vacuoladas e possuem forma, tamanho e arranjo variáveis.

Comumente possuem paredes celulares primárias delgadas, com **campos de pontoação primários** e **plasmodesmos** nas paredes anticlinais e periclinal interna, de modo a favorecer a passagem de água entre células adjacentes; raramente se observa lignina. Apresentam cutina, polímero de ácidos graxos insaturados, que é impregnada entre os espaços das fibrilas de celulose (processo de cutinização) e depositada sobre a parede periclinal externa (processo de cuticularização), na forma de uma película semipermeável à água, denominada de **cutícula**. Esta pode ser lisa ou ornamentada e desempenhar diversas funções: proteção contra perda de água e penetração de microrganismos e parasitas; reflexão, difusão ou concentração dos raios solares. **Cera epicuticular** pode ocorrer principalmente na superfície de folhas e frutos; compõe-se de longas

cadeias de hidrocarbonetos, ésteres alquílicos, álcoois primários livres e ácidos graxos.

### **Estômatos**

Estômatos são aberturas na epiderme delimitadas por células especializadas, denominadas de **células-guarda**, que por sua vez podem ser ladeadas ou não por **células subsidiárias** (Fig. 10). Estas são assim designadas quando diferem morfológicamente das demais células epidérmicas. O estômato e as células subsidiárias compõem o aparelho estomático. Abaixo do estômato localiza-se a **câmara subestomática**, que se conecta com os espaços do clorênquima. Em Dicotyledoneae, as células-guarda geralmente têm o formato reniforme, enquanto que em Monocotyledoneae (Poaceae e Cyperaceae), a forma lembra um haltere. Raramente presentes nas raízes, os estômatos são encontrados nas partes aéreas do vegetal, principalmente nas folhas. Possuem núcleo proeminente e cloroplastos que realizam fotossíntese; a parede celular é desigualmente espessada, sendo mais delgada junto às células subsidiárias, o que possibilita movimentos de abertura e fechamento, em decorrência do turgor celular.

Com relação à posição na epiderme, os estômatos podem-se localizar acima, abaixo ou no mesmo nível das células epidérmicas. Com referência à localização diferencial nas folhas, órgão aéreo onde são relevantes, os estômatos podem ocorrer na face abaxial e/ou adaxial da epiderme, levando à classificação de folha **hipoestomática**, **epiestomática** ou **anfiestomática**.

Quanto ao tipo de estômato segundo as células subsidiárias em Dicotyledoneae (Fig. 11), classificam-nos em **anomocítico** ou ranunculáceo (ausência de células subsidiárias), **diacítico** ou cariofiláceo (presença de 2 células subsidiárias perpendiculares às células-guarda), **paracítico** ou rubiáceo (presença de 2 células subsidiárias paralelas às células-guarda) e **anisocítico** ou crucífero (presença de 3 ou mais células subsidiárias, sendo uma delas menor que as demais). Com base na disposição dos estômatos nas folhas, distribuem-se ao acaso quando a nervação é **reticulada**, comum em Dicotyledoneae, e em arranjos lineares quando a nervação é **paralela**, caso de Monocotyledoneae.

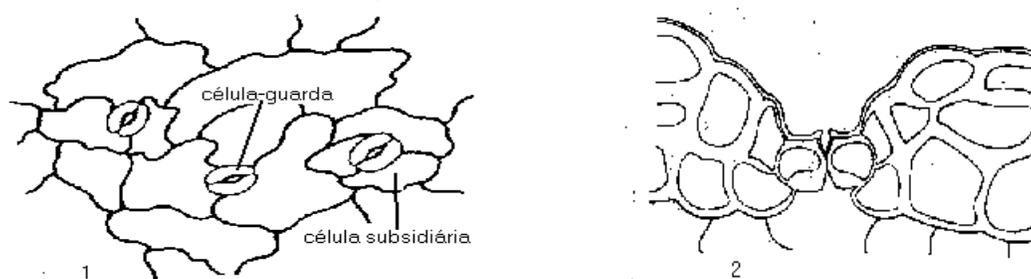


Figura 10 – Estômatos: 1 – vista frontal; 2 – secção transversal mediana.

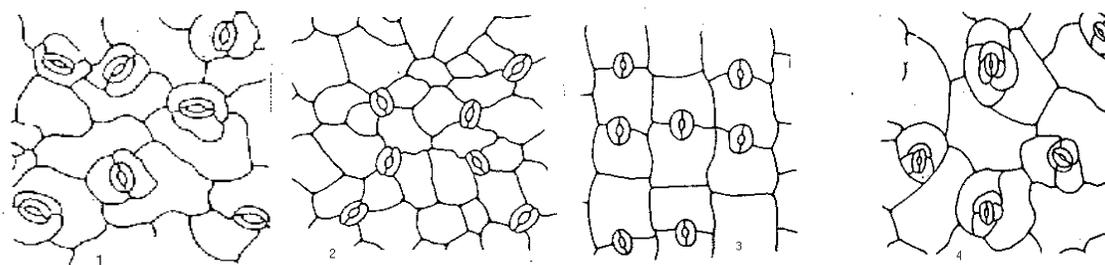


Figura 11 – Tipos de estômatos mais frequentes em Dicotyledoneae:  
1 – paracítico; 2 – anomocítico; 3 – diacítico; 4 – anisocítico.

## Tricomas

Tricomas são anexos de origem epidérmica, que podem assumir várias funções, destacando-se o fato de dificultarem o movimento das correntes de ar na superfície vegetal, diminuindo a perda de água; desempenharem papel de defesa, oferecendo barreira mecânica e química, por meio de repelentes olfativos e gustatórios, à ovoposição, à nutrição de larvas e insetos, e à predação por herbívoros; ou produzirem elementos atrativos a agentes polinizadores e dispersores de sementes.

Podem ser uni ou multicelulares, classificados em diferentes tipos morfológicos, por ex.: tectores ou de cobertura, glandulares ou secretores, papilas e escamas (Fig. 12).

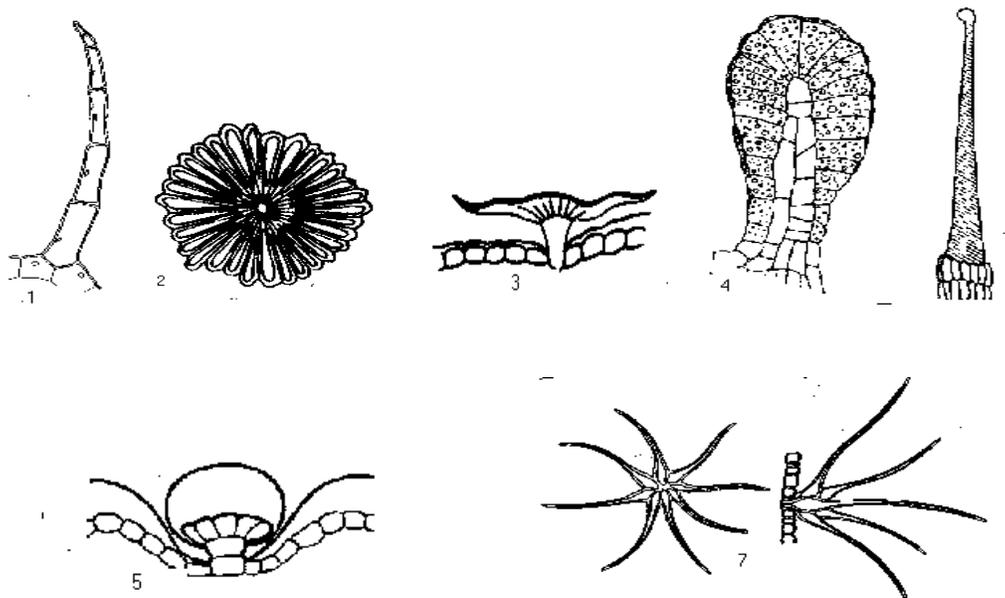


Figura 12 – Tricomas: 1 e 7 – tectores; 4 e 5 – glandulares; 6 – urticante; Escamas: 2 – vista frontal; 3 – vista lateral.

## PERIDERME

A periderme constitui um sistema de revestimento que substitui a epiderme em raízes e caules com crescimento em espessura, decorrente da atividade cambial. Adicionalmente, pode-se formar em superfícies após abscisão ou injúria tecidual.

A periderme compreende o meristema lateral denominado **felogênio** e os tecidos que este gera: externamente, **súber**, e internamente, **feloderme** (Fig. 13 – 1). Sucessivas peridermes podem ser formadas em regiões cada vez mais profundas, o que ocasiona isolamento dos tecidos mais externos. Ao conjunto desses tecidos mortos, como floema externo, córtex e peridermes periféricas, denomina-se **ritidoma**. **Poliderme** é um tipo especial de periderme, constituída de camadas alternadas de células suberizadas e não suberizadas.

Quando da formação da periderme e conseqüente descarte da epiderme e seus anexos, a aeração dos tecidos internos é mantida pela **lenticela**

(Fig. 13 – 2), localizada geralmente em posição correspondente aos estômatos e constituída pelo tecido complementar, composto por células frouxamente arranjadas, que permitem a difusão de gases.

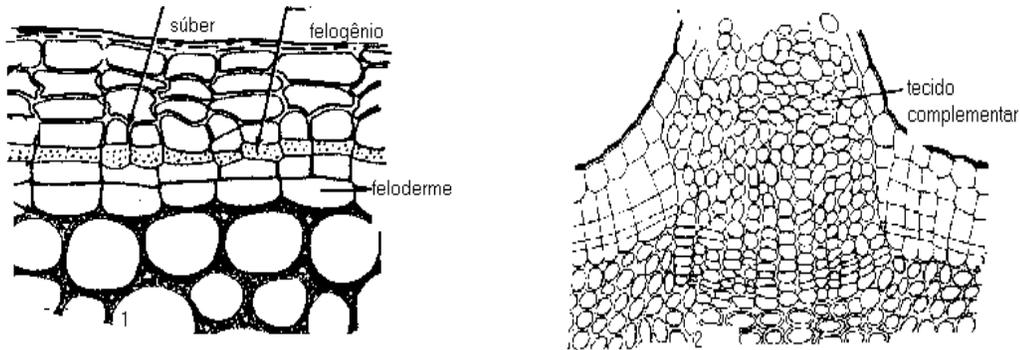


Figura 13 – 1 - periderme; 2 - lenticela.

## PARÊNQUIMA

As células parenquimáticas ocorrem em todos os órgãos vegetais e geralmente possuem paredes primárias relativamente delgadas, comunicando-se com células adjacentes através dos campos de pontuação primários e plasmodesmos. Ocasionalmente desenvolvem paredes secundárias lignificadas e são capazes de se desdiferenciar, retomando a atividade meristemática. São altamente vacuoladas e podem conter cloroplastos, amiloplastos, substâncias fenólicas e cristais, entre outros.

Apresentam diferentes formas e tamanhos, determinando espaços intercelulares denominados de meatos, lacunas ou câmaras, e constituindo diferentes tipos de parênquima.

O **clorênquima** ou **parênquima clorofiliano** contém cloroplastos e está associado à fotossíntese, sendo encontrado em órgãos verdes. Pode-se subdividir em paliçádico, lacunoso ou esponjoso, braciforme, plicado e regular.

No **parênquima de preenchimento** ou **fundamental**, as células são aproximadamente isodiamétricas, formando meatos e localizam-se, por ex., no córtex, na medula e na nervura mediana.

O **parênquima de reserva** ou **armazenador** acumula geralmente água (parênquima aquífero), amido (em amiloplastos), proteínas (em proteinoplastos) e lipídios (em elaioplastos).

O **aerênquima** é formado pela disposição característica das células, que permite a interconexão de grandes espaços ao redor delas. É representado frequentemente pelo parênquima bráquiforme e ocorre em plantas aquáticas, onde facilita a difusão gasosa e a flutuação.

## SISTEMA DE SUSTENTAÇÃO

O sistema de sustentação compreende o **colênquima** e o **esclerênquima**, onde o primeiro apresenta grande plasticidade (capacidade de alongar-se, acompanhando o crescimento vegetal) e o segundo caracteriza-se pela elasticidade (capacidade de deformar-se por tensão, retornando à forma inicial).

### COLÊNQUIMA

O colênquima compõe-se de células com protoplasto vivo e parede primária muito espessada, cuja composição revela grande proporção de substâncias pécticas e água, além de celulose. Pode conter cloroplastos e realizar fotossíntese, ocorrendo usualmente na periferia de órgãos aéreos jovens, como um cilindro contínuo ou cordões individuais.

Dependendo dos padrões de espessamento da parede celular, ocorrem diferentes tipos de colênquima: **angular** - paredes com maior espessamento nos ângulos; **lamelar** - espessamento nas paredes tangenciais interna e externa; **lacunar** - espessamento nas proximidades de espaços intercelulares; e **anelar** - espessamento regular (Fig. 14).

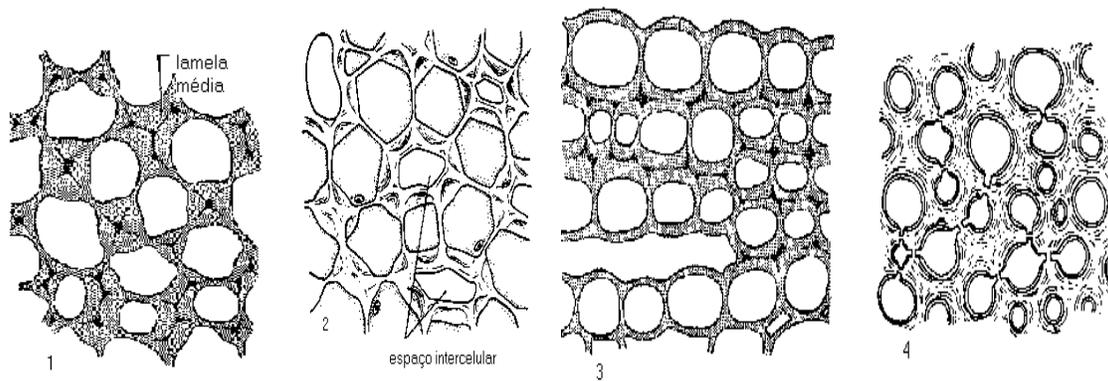


Figura 14 – Colênquima: 1 – angular; 2 – lacunar; 3 – lamelar; 4 – anelar.

## ESCLERÊNQUIMA

As células que compõem o esclerênquima geralmente não apresentam protoplasto vivo na maturidade. Formam parede secundária lignificada, cuja composição é de celulose, hemicelulose, substâncias pécnicas e lignina. Esta é uma substância amorfa (não birrefringente), polimérica, composta por unidades fenilpropanoides, principalmente pelos álcoois *p*-cumarílico, coniferílico e sinaptílico. O processo de lignificação inicia-se pela síntese no protoplasto de fenilpropanoides, que migram para a lamela média e polimerizam-se como uma rede que envolve as microfibrilas de celulose, progressivamente para as paredes primária e secundária.

O esclerênquima pode ocorrer como células isoladas, cordões individuais e faixas, em diferentes órgãos vegetais. Desempenha função de proteção, na medida que oferece resistência mecânica e dificulta a predação por animais e insetos, já que a lignina não é digerida.

O esclerênquima consiste de **esclereídes** e **fibras** (Fig. 15). Estas últimas são longas, com extremidades afiladas, lume reduzido e paredes secundárias espessas. As esclereídes são comparativamente mais curtas, com paredes secundárias também espessas, apresentando pontoações simples e ramificadas e assumindo diferentes formas: braquiesclereídes ou células pétreas, quando isodiamétricas; macroesclereídes, de formato colunar; astroesclereídes, caracterizadas por projeções braciformes; osteoesclereídes, com forma óssea; e tricoesclereídes, semelhantes a tricomas.

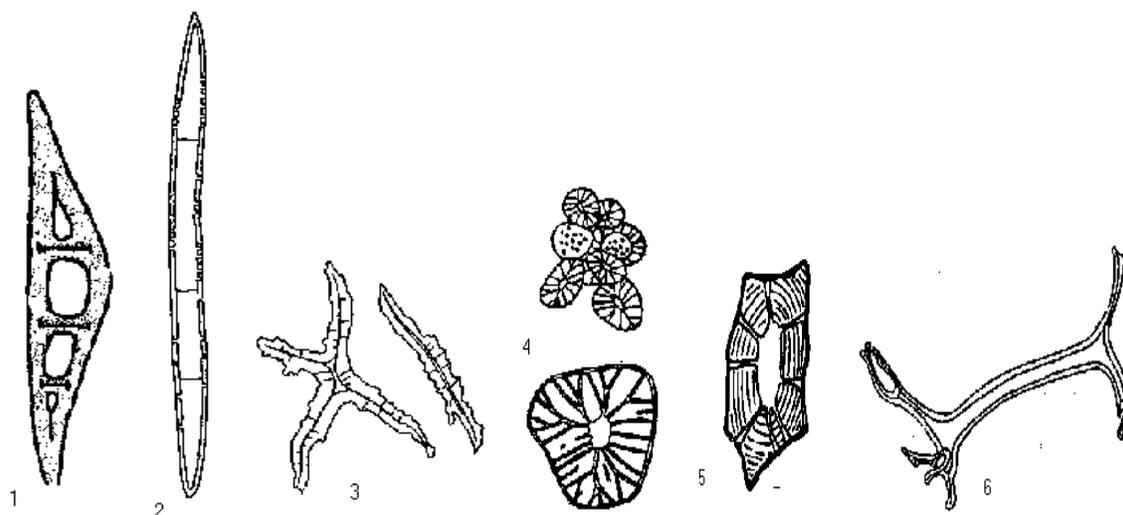


Figura 15 – Esclerênquima: 1 e 2 – fibras; 3 a 6 – esclereides (astroesclereide, células pétreas, osteoesclereíde).

## SISTEMA DE CONDUÇÃO

A distribuição de água e nutrientes na planta é realizada pelo **sistema vascular**, que compreende o **floema** e o **xilema**.

### FLOEMA

O floema é responsável pela condução da **seiva elaborada**, que consiste basicamente de **carboidratos**, acompanhados em quantidades menores de aminoácidos, álcoois, fosfatos, reguladores de crescimento, ácidos nucleicos, vitaminas e substâncias inorgânicas. Esse sistema de condução ocorre nos órgãos vegetais, ocupando uma posição geralmente periférica na raiz e no caule, e dorsal (inferior ou abaxial) nas folhas e órgãos correlatos (sépalas, pétalas etc.). Eventualmente, pode ocorrer também internamente ao xilema, em faixas ou calotas (floema interno), ou esparsamente em meio ao sistema xilemático (floema incluso).

Compõe-se de elementos crivados (células crivadas e elementos de tubo crivado), células parenquimáticas especializadas (células albuminosas e companheiras), células parenquimáticas, esclerênquima e idioblastos (Fig. 16).

### **Elementos crivados**

Os elementos crivados são as células condutoras da seiva elaborada, compreendendo as **células crivadas** e os **elementos de tubo crivado**. Estes últimos, quando em série longitudinal constituem o tubo crivado. De um modo geral, são anucleados e apresentam paredes celulares primárias, relativamente espessadas, ricas em celulose e compostos pécticos, cujo arranjo determina um brilho aperolado, surgindo daí a denominação de paredes nacaradas. Nestas, ocorrem áreas crivadas, que são regiões com poros através dos quais se interconectam os protoplastos de células contíguas. Cada poro é revestido por um cilindro de calose, polímero de  $\beta$ -1,3-glicose, que tem por função obliterar o poro quando o floema deixa de ser funcional, impedindo o extravasamento da solução de nutrientes.

Usualmente em **Gymnospermae**, encontram-se **células crivadas**, que são alongadas e apresentam apenas áreas crivadas. Em **Angiospermae**, estão presentes os **elementos de tubo crivado**, que são curtos e possuem áreas crivadas nas paredes laterais, com poros relativamente pequenos, e placas crivadas frequentemente nas paredes terminais, com poros maiores.

### **Células albuminosas e companheiras**

As **células albuminosas** estão intimamente associadas às células crivadas em Gymnospermae e geralmente não possuem a mesma origem ontogenética. Por sua vez, os elementos de tubo crivado, comuns em Angiospermae, estão relacionados às **células companheiras** e podem ou não ter uma precursora comum. Acredita-se que essas células parenquimáticas especializadas, devido à sua próxima associação com os elementos condutores que são anucleados, interfiram no metabolismo celular destes e favoreçam o transporte de nutrientes.

### **Esclerênquima**

Esse sistema de sustentação pode compor o floema por meio de **fibras e esclereídes**. As primeiras podem ser septadas ou não, viáveis ou não na

maturidade, e apresentar valor econômico como o rami, o cânhamo e o linho. As segundas são comuns no floema secundário.

### **Células parenquimáticas e idioblastos**

As células parenquimáticas não especializadas usualmente compõem o floema e podem conter grãos de amido, óleos, cristais, substâncias fenólicas etc., muitas vezes constituindo idioblastos.

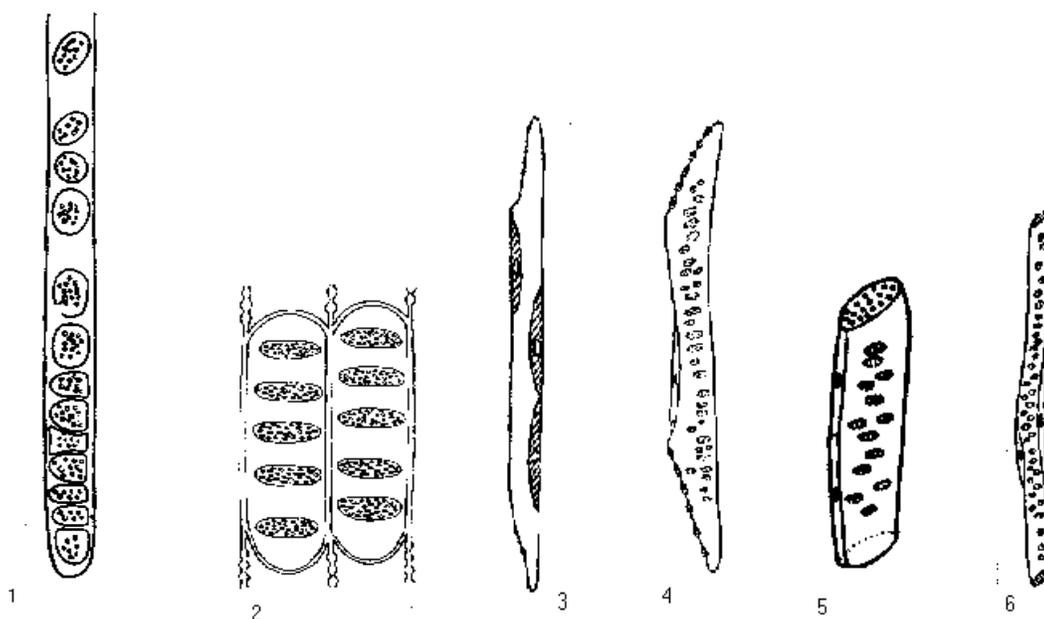


Figura 16 – Elementos crivados: 1 – célula crivada; 2 a 6 – elementos de tubo crivado; 3 a 6 - Células companheiras associadas.

## **XILEMA**

O sistema xilemático consiste estruturalmente de **elementos traqueais** (traqueídes e elementos de vaso), células parenquimáticas, esclerênquima e idioblastos (Fig. 17). Os elementos traqueais transportam a **seiva bruta**, composta de **água, solutos inorgânicos e orgânicos**, e caracterizam-se pela ausência de protoplasto. O fluxo se faz principalmente no sentido longitudinal,

podendo ocorrer transporte lateral entre células contíguas. Como muitas células xilemáticas possuem paredes lignificadas, esse sistema condutor pode combinar à função de transporte a de sustentação.

### **Elementos traqueais**

As **traqueídes** são células imperfuradas, relativamente alongadas, que apresentam parede secundária, cuja deposição pode ser anelada, helicoidal, escalariforme, reticulada ou pontoada. Esta última frequentemente segue o padrão areolado. A água é transportada entre traqueídes através da parede primária.

Os **elementos de vaso** são perfurados, ou seja, apresentam regiões desprovidas de paredes primária e secundária, o que se constitui na **placa perfurada** ou **de perfuração**. Esta pode ser simples, com uma única perfuração, ou ser múltipla, contendo várias perfurações (escalariformes, reticuladas ou foraminadas). A parede secundária pode ser depositada no elemento de vaso de forma anelada, helicoidal, escalariforme, reticulada ou pontoada (areolada). Uma série longitudinal de elementos de vaso é denominada de **vaso** ou **traqueia**, sendo que os elementos terminais apresentam uma das extremidades imperfuradas, de forma a impedir extravasamento do conteúdo.

### **Esclerênquima**

Usualmente, o esclerênquima é representado pelas **fibras** no sistema xilemático. Simplificadamente, são alongadas, afiladas e lignificadas; quando apresentam pontoações simples, denominam-se fibras libriformes, e quando possuem pontoações areoladas, fibrotraqueídes. Podem ser septadas, viáveis e apresentar camadas gelatinosas na parede secundária - fibras gelatinosas, que se formam em resposta a condições de estresse (restrição hídrica ou luminosa, reação à tensão ou à compressão etc.).

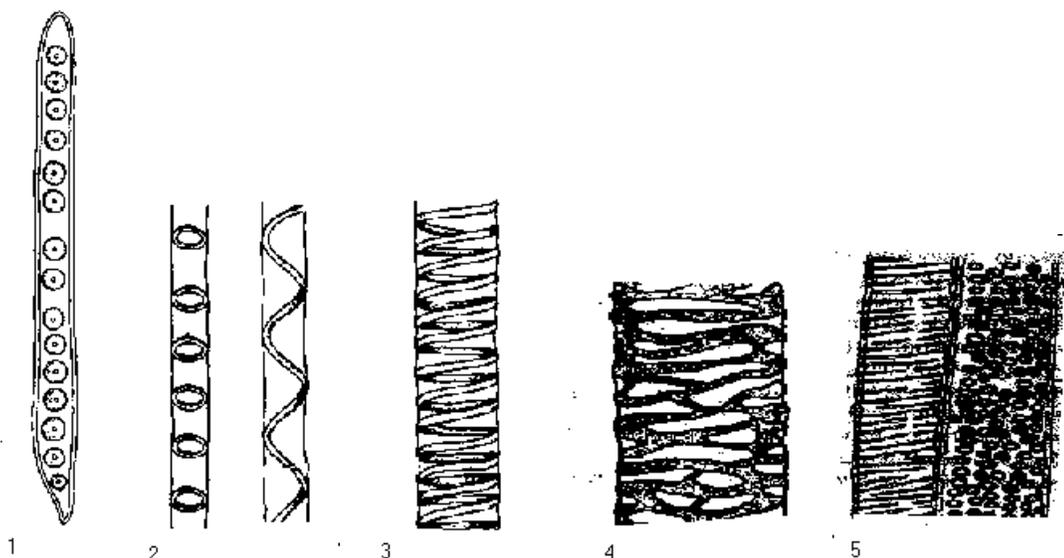


Figura 17 – Elementos traqueais: 1 – traqueia; 2 a 5 – elementos de vaso (espessamento: 2 - anelado, 2 e 3 - helicoidal, 4 - reticulado, 5 - escalariforme e 5 - pontoado)

## ONTOGÊNESE

O **procâmbio** origina o sistema condutor primário : floema primário (proto e metafloema) e xilema primário (proto e metaxilema). O crescimento em espessura do vegetal é determinado pela instalação do **câmbio vascular**, que dá origem aos floema e xilema secundários. Neste último, a deposição da parede secundária segue o padrão pontoado areolado. No protoxilema, os elementos traqueais apresentam espessamento anelado, helicoidal e escalariforme. No metaxilema encontram-se espessamento escalariforme-reticulado e pontoações areoladas.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

A delimitação entre os xilemas primário e secundário se faz pelos raios parenquimáticos, uma vez que se formam a partir das células iniciais radiais do câmbio vascular.

O xilema ou lenho secundário de espécies arbóreas é denominado de madeira e, em regiões temperadas, é dividido em camadas ou **anéis de crescimento** evidentes. Estes podem ser do tipo **tardio** ou **estival**, quando predominam células com paredes mais espessas e de lume menor, constituindo faixas mais escuras; e do tipo **inicial** ou **primaveril**, quando as células apresentam paredes mais delgadas e lume maior, estabelecendo camadas mais claras.

A parte central do lenho que deixa de ser funcional, desenvolvendo **tilose** (projeção de células parenquimáticas para o interior dos elementos traqueais, através das pontoações, bloqueando-os) e tornando-se infiltrada de óleos, resinas, taninos, gomas e materiais corantes, é denominada de **cerne**. A região periférica do lenho que continua em atividade é designada de **alburno**.