



Cofinanciado por:



Instituto Politécnico de Viseu
Escola Superior Agrária de Viseu

BIOLOGIA VEGETAL E FISILOGIA
BOTÂNICA E FISILOGIA VEGETAL

PROTOCOLOS PRÁTICOS

Curso Técnico Superior Profissional em Agricultura Biológica

Curso Técnico Superior Profissional em Viticultura e Enologia

Daniela de Vasconcelos Teixeira Aguiar da Costa

Viseu, Setembro 2018

Índice

| | |
|--|----|
| Trabalho nº 1 – Ilustração científica. Diário de observação. | 2 |
| Trabalho nº 2 – Constituição da célula vegetal. Estrutura da célula e organitos celulares. Vacúolos e plastos. | 6 |
| Trabalho nº 3 - Tecidos vegetais. Epiderme. Estomas e tricomas. | 19 |
| Trabalho nº 4 - Tecidos vegetais. Parênquima, colênquima e esclerênquima..... | 26 |
| Trabalho nº 5 - Tecidos vegetais. Xilema e Floema..... | 33 |
| Trabalho nº 6 - Anatomia da raiz, caule e folha. Diferenciação dos diversos tecidos de Angiospérmicas (monocotiledóneas e dicotiledóneas) e Gimnospérmicas..... | 38 |
| Trabalho nº 7 - Morfologia externa das plantas superiores: folha, caule, raiz, flor, inflorescência, fruto e frutificações. | 53 |
| Trabalho nº 8 – Extracção de pigmentos das plantas. | 86 |
| Trabalho nº 9 – Fotossíntese. Consumo de CO ₂ e libertação de O ₂ | 90 |
| Trabalho nº 10 – Fotossíntese e produção de amido..... | 92 |
| Trabalho nº 11 - Movimento da água nas plantas. | 95 |
| Trabalho nº 12 - Movimento da água nas plantas. | 97 |

Trabalho nº 1 – Ilustração científica. Diário de observação.

1. Introdução

“... existe uma diferença imensa entre ver uma coisa sem o lápis na mão, e vê-la desenhando-a. Ou de outro modo, são duas coisas bem diferentes que se vêem. Mesmo o objecto mais familiar aos nossos olhos torna-se outro se nos aplicarmos a desenhá-lo: percebemos que o ignorávamos, que nunca antes o tínhamos visto verdadeiramente. Até aí, os olhos só tinham servido de intermediários.” (Rodrigues, 2003).

O desenho de observação permite:

1. Melhorar a capacidade de observação (aumenta a capacidade da mente de reter a informação que nos chega à mente através dos estímulos que alcançam a retina).
2. Fazer o registo das observações efectuadas, podendo servir de desenho preliminar na elaboração de um desenho científico (Ilustração Científica), ou simplesmente como forma de interpretar um objecto ou um ser vivo.

Ao mesmo tempo que:

1. Cérebro treina a capacidade de memorizar e interpretar detalhes e fenómenos em espaços de tempo cada vez mais curtos.
2. Cérebro desenvolve uma maior capacidade de abstracção, memória cada vez mais especializada e maior acuidade visual.

2. Objectivos

- Adquirir a noção de desenho científico.
- Executar um desenho científico.
- Observar as diferenças executadas no desenho científico pelos diferentes estudantes.

3. Material

| | | |
|----------------------------------|------------------------|--|
| Material biológico: 1 – Folha | Material: 1- Chaves | Material de apoio: 1 – Folha de papel branca 2 – Lápis |
|----------------------------------|------------------------|--|

4. Metodologia

4.1 Observe o material que lhe foi fornecido. E desenhe-o.

Observe e discuta as diferenças entre o seu desenho e os desenhos dos colegas.

Trabalho nº 2 – Constituição da célula vegetal. Estrutura da célula e organitos celulares. Vacúolos e plastos.

Parede celular, Vacúolo, Núcleo, Citoplasma

1. Introdução

As células são as unidades estruturais e funcionais dos seres vivos, uma vez que nelas decorrem os processos a que, no conjunto, se chama “vida”. Todos os organismos vivos são constituídos por células e apesar da grande diversidade existente entre os seres vivos consideram-se dois tipos celulares básicos: células procariotas e eucariotas. As células procariotas apresentam menores dimensões e caracterizam-se por não possuírem um sistema de membranas que divida a célula em compartimentos funcionais. Nestas, o genoma está em contacto directo com a porção plasmática. As células eucariotas apresentam-se divididas em compartimentos funcionais graças à presença de um complexo sistema de membranas. Os principais componentes das células eucariotas são núcleo, invólucro nuclear, retículo endoplasmático, aparelho de Golgi, lisossomas, mitocôndrias e, nas células vegetais, os cloroplastos.

Atendendo à diversidade existente entre os seres vivos, desde muito cedo houve a preocupação de os classificar em grupos de identidade. O sistema de classificação de cinco Reinos foi proposto por Whittaker em 1969, baseando-se não só nos diferentes níveis de organização celular, mas também nos principais tipos de nutrição. Assim, enquanto o Reino Monera inclui o nível de organização procariótico, o Reino Protista corresponde ao nível eucariótico unicelular e os Reinos Plantae, Fungi e Animalia traduzem o nível eucariótico e multicelular.

2. Objectivos

- Adquirir a noção da constituição da célula vegetal.
- Executar preparações para observação de células ao microscópio óptico

3. Material

| | | |
|---------------------|----------------------------|----------------------|
| Material biológico: | Material de apoio: | Reagentes: |
| 1 – cebola | 1 – microscópio óptico | 1 – água destilada |
| 2 – epitélio bucal | 2 – lâminas e lamelas | 2 – azul de metileno |
| 3 – iogurte | 3 – pinça e bisturi/lâmina | 3 – vermelho neutro |
| | 4 – espátula | 4 – óleo de imersão |
| | 5 – vareta de vidro | |
| | 6 – papel de filtro | |
| | 7 – pinça de madeira | |
| | 8 – vidro de relógio | |
| | 9 – agulhas de dissecação | |

4. Metodologia

4.1 Observação de células da epiderme do bolbo da cebola (*Allium cepa* L.)

1. Cortar o bolbo da cebola em quatro partes.
2. Retire com uma pinça, uma porção da epiderme interna (face côncava) de uma escama do bolbo da cebola.
3. Introduzir rapidamente o fragmento da epiderme num vidro de relógio com água, de modo a evitar o enrolamento e a distendê-lo o mais que se puder com a ajuda de duas agulhas de dissecação.
4. Cortar com a tesoura um fragmento dessa película epidérmica (o pedaço deve ser suficientemente pequeno para poder ser completamente coberto pela lamela).
5. Coloque-a sobre uma lâmina com uma gota de água e cubra com lamela.
6. Observe ao microscópio (sempre primeiro com a objetiva de menor ampliação e depois com a de maior ampliação) e registre.
7. Deitar algumas gotas de solução de azul-de-metileno em vidro do relógio. Introduzir um novo fragmento da epiderme das escamas da cebola nesse soluto durante alguns segundos. Coloque-a sobre uma lâmina com uma gota de água e cubra com lamela.
8. Observe ao microscópio e registre.
9. Deitar algumas gotas de solução de vermelho-neutro na água do vidro do relógio. Introduzir um novo fragmento da epiderme das escamas da cebola nesse soluto durante 5 minutos.
10. Coloque-a sobre uma lâmina com uma gota de água e cubra com lamela.

11. Observe ao microscópio e registre

5. Questões

Indique as principais diferenças observadas nas diferentes preparações e relacione com a classificação de cada uma das espécies em causa, no respectivo Reino.

Observação de células do bolbo da *Allium cepa* L. (cebola)

- 1.1 Qual a forma das células observadas?
- 1.2 Quais as funções das paredes celulares?
- 1.3 Porque se chama coloração vital à coloração de células por corantes como o vermelho neutro?

Nota: Por **registar**, entende-se identificar e descrever as estruturas observadas e apresentá-las na forma de esquema/desenho.

Deve ser elaborado um **relatório**, a entregar no prazo de 8 dias, onde deve constar:

1. Capa (título, âmbito e tipo de trabalho, autores, local e data de realização)
2. Resultados, discussão e conclusões (deve incluir respostas à questões colocadas)
3. Referências bibliográficas (lista das referências citadas ao longo do trabalho)

Parede celular, vacúolos e plastos

2. Introdução

O protoplasto de todas as células é limitado por uma estrutura de natureza lipo-proteica designada por **membrana celular**. Nos Mixomicetas, em numerosos gâmetas, nos zoósporos de Algas e Cogumelos e na maior parte das células animais, a película ectoplásmica é a única membrana externa. Nas **células vegetais**, o protoplasma elabora uma estrutura semi-rígida, a **parede celular de natureza péctico-celulósica**, que separa cada célula da sua vizinha.

As células vegetais, durante as fases iniciais de desenvolvimento, possuem uma **parede primária**, extremamente fina e semi-rígida, que permite o crescimento da célula. Quando o crescimento termina a célula continua a depositar novos materiais na parede levando à formação da **parede secundária**. A parede secundária pode resultar do engrossamento da parede primária ou da deposição de novas camadas de parede com diferente composição. A forma e a composição da parede celular está intimamente relacionada com a função de cada tipo especializado de célula.

Embora exista alguma diversidade na composição química das paredes celulares, pode globalmente descrever-se a parede primária como sendo constituída por **microfibrilas de celulose** embebidas numa matriz de proteínas e de polissacáridos – **hemiceluloses e pectina**, unidos entre si por múltiplas ligações químicas. Existem nas paredes celulares primárias cerca de 10% de glicoproteínas (proteínas associadas a glúcidos) como é o caso da extensina (Fig. 1a).

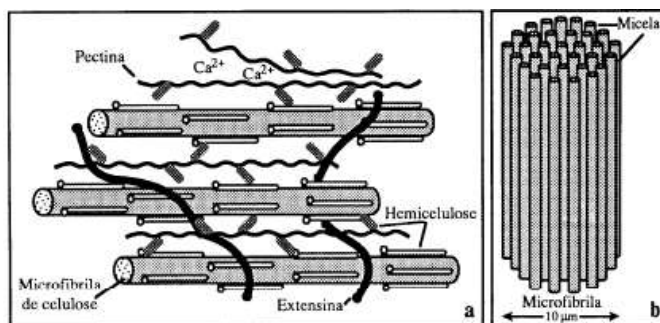


Figura 1. Esquema da estrutura da parede celular primária de uma célula vegetal (a) e de uma microfibrila de celulose (b) (Pais e Barroso, 1999).

A celulose é um polímero linear de vários milhares de monómeros de glucose ligados entre si por ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4). As longas cadeias de celulose dispõem-se lado a lado formando micelas, com estrutura quase cristalina, cuja integridade é mantida por ligações de hidrogénio entre os numerosos grupos OH^- adjacentes. As

micelas associam-se formando as **microfibrilas** de celulose que atingem diversos micrómetros de comprimento e 3-10 µm de diâmetro (Fig. 1b).

As paredes secundárias são mais espessas e rígidas do que as paredes primárias, sendo os seus constituintes depositados em camadas consecutivas. Possuem quantidades inferiores de hemiceluloses e substâncias pécticas do que as paredes primárias e não possuem proteínas. Além da celulose, as paredes secundárias podem apresentar elevadas quantidades de lenhina, polímero complexo formado por inúmeras ligações entre diversos álcoois fenólicos. A lenhificação da parede celular pode ser homogênea ou descontínua, de acordo com as funções em que a célula se especializa.

As células eucariotas contêm membranas internas que delimitam o núcleo e outros organitos celulares. O **núcleo** contém o material genético (genes/cromossomas) de uma célula e controla o metabolismo celular. O **citoplasma** é a substância matriz da célula, que contém os diversos organitos celulares e está delimitada pela parede celular. Os **cloroplastos** são organitos de forma elíptica e de cor verde, presentes nas células vegetais. São as estruturas onde ocorre a fotossíntese e a sua cor verde deve-se à presença de clorofila, o pigmento fotossintético que tem a capacidade de captar energia solar. As **mitocôndrias** existem nas células animais e vegetais, são as estruturas onde ocorre a respiração e são pequenas, negras e dificilmente visíveis ao microscópio óptico. O conjunto de todas as substâncias e organitos envolvidos pela membrana plasmática designa-se **protoplasma**.

Vacúolos

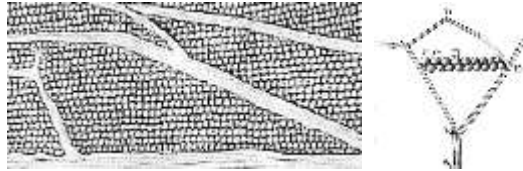
Os vacúolos são organitos abundantes nas células vegetais e bastante escassos e muito pequenos nas células animais. Estão rodeadas por uma membrana denominada tonoplasto e no seu interior existe uma substância fluida de composição variável. Podem ocupar entre 5 e 90% do volume celular (quase sempre mais de 30%).

Desempenham funções muito diversas e, na mesma célula, podem encontrar-se vacúolos com funções diferentes. Nas células vegetais, os vacúolos intervêm nos seguintes processos:

- reservas de substâncias nutritivas (açúcares, gorduras), que estão à disposição da célula.
- armazenamento de produtos tóxicos para a célula.
- suporte da célula.
- crescimento dos tecidos.

Plastos

Os plastos, nomeadamente os cloroplastos, foram descritos pela primeira vez por Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723).



Desenhos efectuados por Antoni van Leeuwenhoek relativos à observação de cloroplastos em folhas de bordo (*Acer platanoides*)
(<http://www.euronet.nl/users/warnar/leeuwenhoek.html>)

Nas plantas, os plastos podem diferenciar-se em várias formas, consoante a função que irão desempenhar na célula. Plastos indiferenciados – os proplastos – podem diferenciar-se em:

- cloroplastos - fotossíntese (etioplastos – predecessores dos cloroplastos)

- cromoplastos – síntese e armazenamento de pigmentos

- leucoplastos – síntese de monoterpenos; podem diferenciar-se em leucoplastos mais especializados:

 - amiloplastos – armazenamento de amidos

 - elioplastos – armazenamento de gordura

 - proteínoplastos – armazenamento e transformação de proteínas

Principais Tipos de Plastos

Cloroplastos - plastos de coloração verde, devido à presença de pigmentos clorofilinos (clorofilas a e b). Localizados nos órgãos clorofilinos da planta (folhas e caule). Não existem na epiderme, à excepção das células estomáticas. Apresentam sistema tilacoidal estruturado em grana e intergrana.



Cromoplastos - plastos que contêm pigmentos corados – carotenóides (carotenos e xantofilas) – amarelos ou alaranjados e avermelhados. Apresentam desorganização total ou parcial do sistema tilacoidal. Os carotenos e as xantofilas estão localizados em gotículas lipídicas.



Amiloplastos - plastos que apresentam estroma quase ou totalmente preenchido por amido. Localizados em células de caules subterrâneos (tubérculos) ou de raízes tuberculosas.



Leucoplastos - plastos que não apresentam cor (não pigmentados). Localizados em células das raízes, bulbos, tubérculos ou epiderme de órgãos aéreos – caules e folhas. Frequentemente são visíveis à volta do núcleo.



Cloroplastos – estrutura

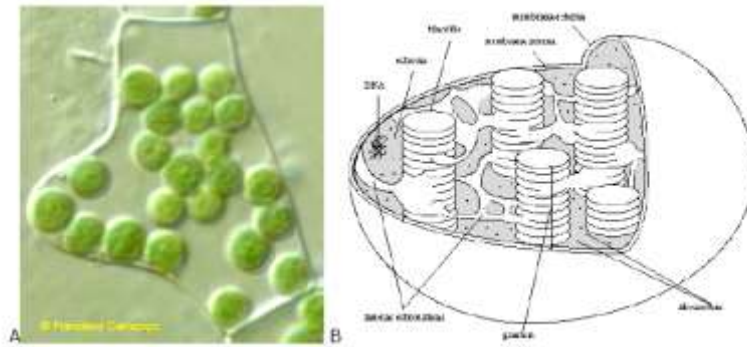
Nas plantas terrestres (musgos e plantas vasculares), este organito apresenta morfologia e estrutura características. Ao microscópio óptico apresenta forma de um pequeno disco lenticular, de 3 a 10 μm de diâmetro e 2 μm de espessura, de cor verde devido à presença de clorofila.

Quando observado ao microscópio electrónico, caracteriza-se pela existência de uma dupla membrana que constitui o **invólucro cloroplastidial**, que isola o citoplasma um espaço interior denominado **estroma**. Este invólucro é formado por duas membranas concêntricas - **membranas externa e interna** - de 60 Å de espessura. Entre estas duas membranas existe um compartimento denominado **espaço intermembranar** com a espessura variável de 100 a 200 Å.

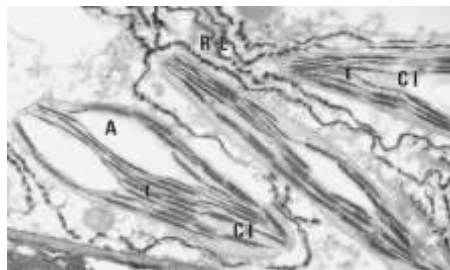
No estroma é evidente a presença de membranas que constituem sacos achatados - os **tilacóides** – frequentemente agrupados e empilhados, formando os **grana** (singular *granum*). Os tilacóides estão ligados entre si por uma rede de membranas - as **lamelas estromáticas** - as quais se estendem de um granum ao próximo. Além dos dois compartimentos anteriormente referidos, existe um terceiro que corresponde à cavidade limitada pelas membranas tilacoidais. Este compartimento tem a designação de **espaço intratilacoidal**.

O estroma é constituído por uma substância finamente granular onde existem diversas inclusões - plastoglóbulos (inclusões lipídicas ricas em plastoquinona), grãos de amido, ribossomas, diversas moléculas de RNA e fibrilhas de DNA agrupadas em diversos nucleóides. Este compartimento é igualmente rico em proteínas, na maioria enzimas (como a ribulose-1,5-difosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO)).

A presença de ácidos nucleicos e a existência de enzimas envolvidas na cópia e exploração da informação dos cloroplastos, confere a estes organitos características de semi-autonomia, idênticas às das mitocôndrias.



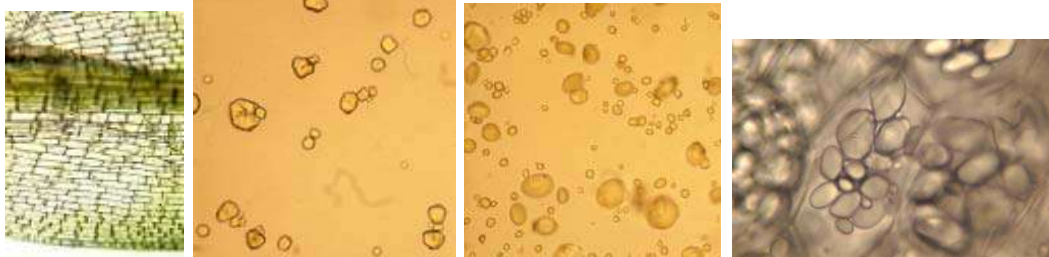
A- Cloroplastos observados através de microscopia de contraste interferencial em protonema de *Bryum capillare* (musgo); B- Diagrama dum cloroplasto.



Cloroplastos observados em microscopia electrónica de transmissão. Note-se a estrutura típica em grana e intergrana

3. Objectivos

- Conhecer a ultraestrutura, composição e funções da parede celular das células vegetais
- Descrever as estruturas celulares visíveis ao microscópio óptico e conhecer as suas funções
- Observação de vacúolos em pétalas de *Hibiscus sp*
- Observação de diferentes tipos de plastos através da realização de preparações temporárias de diversos tipos de material biológico (cloroplastos em folha de pteridófito, amiloplastos nas células do tubérculo de *Solanum tuberosum*, cromoplastos em células do fruto de *Capsicum annum*, raiz de *Daucus carota* ou pétalas de flor amarelas
- Executar preparações para observação de células ao microscópio óptico



4. Material

| Material biológico: | Material de apoio: | Reagentes: |
|--|----------------------------|---|
| 1 – folhas de <i>Anacharis canadensis</i> (elodea) ou <i>Sedum acre</i> (vermiculária) | 1 – microscópio óptico | 1 – água destilada |
| 2 – folhas de gramínea | 2 – lâminas e lamelas | 2 – solução de Ringer |
| 3 – pétalas de <i>Hibiscus sp.</i> | 3 – vidros de relógio | 3 – vermelho neutro |
| 4 – folha de pteridófito | 4 – pinça e bisturi/lâmina | 4 – solução alcoólica de floroglucinol 1% ou solução de lugol |
| 5 – raiz de <i>Daucus carota</i> | 5 – vareta de vidro | 5 – ácido clorídrico |
| 6 – baga de <i>Capsicum annum</i> | 6 – conta gotas | 6 – água iodada ou soluto de Lugol |
| 7 – tubérculo de <i>Solanum tuberosum</i> | 7 – papel de filtro | 7 – hidróxido de sódio |
| 8 – pétalas de flor amarelo | | |

5. Metodologia

4.1 Observação da parede celular de células de uma gramínea

1. Com uma lâmina execute cortes transversais da folha de gramínea, os mais finos possíveis, colocando-os num vidro de relógio.
2. Adicione umas gotas de solução alcoólica de floroglucinol a 1% ou solução de lugol e deixe actuar durante 2 a 3 minutos.
3. Transfira os cortes para um vidro de relógio com algumas gotas de ácido clorídrico (cuidado para não inalar os vapores que este ácido liberta) e deixe actuar durante 2 a 3 minutos.
4. Coloque o pedaço de folha sobre uma lâmina e cubra com lamela
5. Observe ao microscópio e registe.

4.2 Observação de cloroplastos de células da folha de *Anacharis canadensis* (elodea).

1. Coloque a folha numa gota de água, numa lâmina de vidro e esmague as células do mesófilo com o cabo de uma agulha de dissecação.

2. Coloque uma lamela sobre a preparação e observe as células isoladas do mesofilo.
3. Observe ao microscópio e registre.
4. Coloque uma gota de iodo na preparação. Com papel de filtro, aspire na margem oposta até à infiltração do corante.
3. Observe ao microscópio e registre.

4.3 Observação de cloroplastos da página inferior da folha de um Pteridófito.

1. Com uma lâmina destaque um fragmento da epiderme da página inferior da folha de um Pteridófito, o mais fino possível, e coloque-o sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
3. Observe ao microscópio e registre.
4. Coloque lugol na preparação anterior. Com papel de filtro, aspire na margem oposta até à infiltração do lugol.
5. Observe ao microscópio e registre.

4.4 Observação de amiloplastos em *Solanum tuberosum* L.

1. Cortar a batata em duas metades.
2. Com o auxílio de um bisturi rasgar uma pequena porção da polpa da batata, o mais fino possível, no tubérculo de *Solanum tuberosum* L. e coloque a raspagem sobre uma lâmina (deve ficar uma camada muito fina).
3. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
4. Observe ao microscópio e registre.
5. Coloque uma gota de água iodada ou soluto de Lugol na preparação anterior. Com papel de filtro, aspire na margem oposta até à infiltração da água-iodada ou soluto de Lugol.
6. Observe ao microscópio e registre.

4.5 Observação de cromoplastos em *Capsicum annuum*, *Daucus carota* ou pétalas de flor amarelas.

1. Com uma lâmina execute um corte transversal, o mais fino possível, da polpa de *Capsicum annuum* e coloque-o sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
3. Observe ao microscópio e registre.
4. Com uma lâmina execute um corte transversal, o mais fino possível, de *Daucus carota* e coloque-o sobre uma lâmina.
5. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
6. Observe ao microscópio e registre.
7. Com uma lâmina execute um corte transversal, o mais fino possível, de pétalas de cor amarela.
8. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
9. Observe ao microscópio e registre.

4.6 Observação de cromoplastos em *Lycopersicum esculentum*.

1. Cortar transversalmente um tomate e com o auxílio do bisturi retirar uma pequena porção da polpa carnuda.
2. Colocar o fragmento da polpa sobre uma lâmina e esmague-o com o auxílio do bisturi.
3. Cobrir com a lamela e observar ao microscópio
4. Observe ao microscópio e registre.

Nota: Por **registar**, entende-se identificar e descrever as estruturas observadas e apresentá-las na forma de esquema/desenho, com a respetiva legenda.

5. Questões a abordar no relatório!

Observação de cloroplastos de células da folha de *Anacharis canadensis* (elodea).

- a. Qual a forma da célula de elodea? Desenhe-a, incluindo a parede celular, cloroplastos e vacúolo central. Identifique as funções de cada uma das estruturas referidas.
- b. Qual é, aproximadamente, o volume do protoplasma ocupado pelos cloroplastos?
- c. Qual a forma dos cloroplastos?
- d. Refira como se distribuem os cloroplastos na célula.
- e. Identifique o núcleo. Qual a função do núcleo?
- f. Qual tem maior dimensão, o núcleo ou o cloroplasto?

Observação de amiloplastos em *Solanum tuberosum* L.

- a. Para além dos amiloplastos, observam-se outras estruturas intensamente coradas com iodo?
- b. O que se pode concluir sobre a localização dos amiloplastos nas células?
- c. Porque é que as batatas são boas fontes de hidratos de carbono?

Observação de cromoplastos em *Capsicum annuum*, *Daucus carota* e pétalas de flor amarelas

- g. Quais as funções dos cromoplastos?
- h. Qual a forma, dimensão e cor dos diversos cromoplastos observados?

Deve ser elaborado um **relatório**, a entregar no prazo de 8 dias, onde deve constar:

4. Capa (título, âmbito e tipo de trabalho, autores, local e data de realização)
5. Resultados, discussão e conclusões (deve incluir respostas às questões colocadas)
6. Referências bibliográficas (lista das referências citadas ao longo do trabalho)

Trabalho nº 3 - Tecidos vegetais. Epiderme. Estomas e tricomas.

Epiderme, estomas e tricomas

1. Introdução

Epiderme (Texto adaptado de Nobrega, 2007)

Nas plantas, durante o crescimento primário, os órgãos são revestidos exteriormente por um tecido de protecção denominado **epiderme** que apresenta características especiais relacionadas com a sua posição superficial (Salisbury e Ross, 1992; Moreira, 1993; Esau, 1998).

Geralmente a epiderme é constituída por uma única camada de células. No entanto, em algumas plantas, uma divisão periclinal das células na protoderme pode originar uma **epiderme múltipla**, multisseriada ou pluriestratificada (epiderme com várias camadas), com a função principal de armazenamento de água. A forma das células, estrutura, arranjo dos estomas, morfologia e arranjo dos tricomas, a ocorrência de células especializadas, é muito variável.

As células da epiderme dispõem-se perfeitamente justapostas, sem deixar espaços intercelulares, e apresentam um protoplasma parietal a envolver um vacúolo central que pode conter um suco celular incolor ou pigmentos. Não possuem cloroplastos ou estes são rudimentares, mesmo quando se encontram em órgãos fotossintéticos.

Em geral, em vista frontal, as células epidérmicas são poligonais ou irregulares nas folhas com nervação reticulada. Já nas folhas com nervação paralela são normalmente poligonais ou irregulares, alongadas, com o maior eixo sempre paralelo ao sentido longitudinal do órgão. No caso de epiderme múltipla, a camada externa geralmente assume características típicas de epiderme, enquanto as camadas subjacentes diferem do mesófilo por apresentarem poucos ou nenhuns cloroplastos.

Uma característica típica das células da epiderme é a presença de **cutícula**, uma zona distinta ligada à epiderme por uma camada rica em pectina (Figura 1), acima da qual se encontra a membrana cuticular que pode ser dividida em duas zonas: a cutícula propriamente dita, mais externa, contínua de célula a célula e rica em cutina e ceras, e a camada cuticular, mais interna constituída por cutina incrustada na celulose.

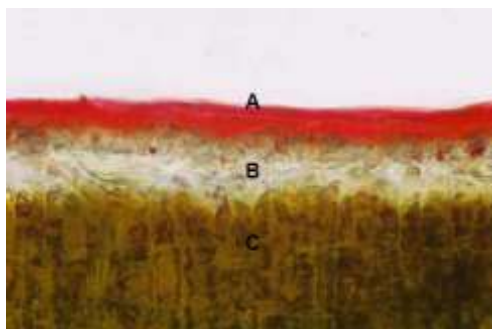


Figura 1 - Corte transversal de folha de *Olea europaea* L. (200x): A – Cutícula (previamente corada com Sudão III); B – Epiderme; C – Parênquima clorofilino em paliçada

Uma vez que as ceras cuticulares são muito hidrofóbicas, oferecem uma resistência muito elevada à difusão, tanto de água líquida como de vapor de água procedente das células adjacentes. A cutícula tem como principal função limitar a perda de água por transpiração podendo em algumas plantas adaptar-se para captar e absorver água ou mesmo para se libertar dela. Além disso, a cutícula pode apresentar áreas de permeabilidade durante a expansão da célula epidérmica, que podem permitir a entrada de substâncias químicas aplicadas como nutrientes minerais, fungicidas ou herbicidas

Adicionalmente, quando os estomas estão fechados ou quando estão ausentes, como ocorre frequentemente nos frutos, as trocas gasosas são também controladas pela barreira cuticular.

Na epiderme é frequente encontrar células especiais dispersas como as dos estomas e dos tricomas.

Estomas

Os **estomas** são aberturas na epiderme, constituídos por duas células epidérmicas especializadas, denominadas **células estomáticas, oclusivas, ostiolares ou de guarda**, que através da mudança na sua forma, causam a abertura e o fecho do **ostíolo** ou poro que comunica com um espaço aberto dentro do mesófilo, a **câmara estomática** (Figura 2). Em muitas espécies, o complexo estomático compreende além das duas células guarda, duas ou mais células especiais, distintas morfológicamente das restantes células epidérmicas, associadas com as células guarda, as **células subsidiárias** ou **células anexas**. Os movimentos estomáticos dependem de alterações da pressão de turgescência não apenas das células oclusivas, mas também das células epidérmicas adjacentes. Por vezes, estas últimas modificam-se para formar

células companheiras diferentes (subsidiárias ou anexas). Este conjunto de células oclusivas e células subsidiárias designa-se **aparelho estomático**.

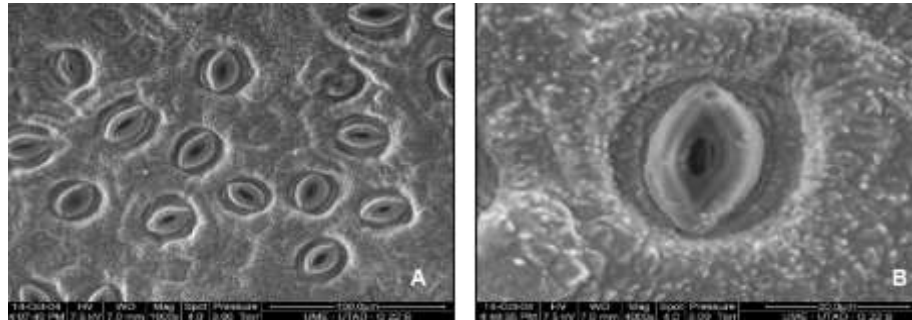


Figura 2 - Estomas reniformes na epiderme foliar de *Arbutus unedo* L.: A – Distribuição irregular dos estomas na epiderme; B – Pormenor de um estoma com o ostíolo rodeado por duas células oclusivas. (Fonte: http://home.utad.pt/~ume/fotos_SEM/index.html).

As células oclusivas contêm grãos de amido, facilmente visíveis ao microscópio óptico, sobretudo quando os estomas estão fechados, e acumulam grandes quantidades de iões K⁺, especialmente quando os estomas estão abertos. As células oclusivas, ao contrário de outras células epidérmicas, contêm cloroplastos, mas, aparentemente, não realizam a assimilação fotossintética do CO₂.

Quanto à distribuição dos estomas na planta, eles ocorrem normalmente em todas as partes aéreas, mas são mais abundantes nas folhas, podendo surgir em ambas as faces (ou páginas) ou numa só, neste caso geralmente na inferior. A sua frequência varia em diferentes partes da mesma folha e em diferentes folhas da mesma planta, e é influenciada pelas condições ambientais como a temperatura, a humidade e a intensidade luminosa.

De uma maneira geral, a densidade de estomas, nas dicotiledóneas (ex. *Prunus avium*), é maior na página inferior (**abaxial**) do que na superior, ou seja, apresentam uma **distribuição hipostomática**. Em algumas plantas, especialmente nas monocotiledóneas, a distribuição estomática é do tipo **anfiestomática**, i.e., a densidade de estomas é muito semelhante em ambas as páginas da folha. Em plantas aquáticas, com folhas flutuantes (ex. *Nymphaea* sp.), apenas existem estomas na página **adaxial** (superior ou ventral), sendo a distribuição do tipo **epistomática**. Em plantas mesófitas, há frequentemente uma relação inversa entre o tamanho e a densidade de estomas, compensando-se assim um pequeno número de estomas com uma maior superfície de cada um deles.

Existem diversos tipos de estomas (Fig. 3), como por exemplo: **anomocítico** (envolvido por número variável de células que não diferem em formato e tamanho das demais células epidérmicas), **anisocítico** (circundado por três células subsidiárias de

tamanhos diferentes), **paracítico** (acompanhado de cada lado por uma ou mais células posicionadas de forma que seu eixo longitudinal está paralelo à fenda estomática), **diacítico** (acompanhado de cada lado por uma ou mais células posicionadas de forma que seu eixo longitudinal forma um ângulo reto com a fenda estomática), **actinocítico** (células subsidiárias se dispõem radialmente em torno do estômato), **tetracítico** (envolvido por 4 células subsidiárias, sendo duas delas paralelas às células guarda);

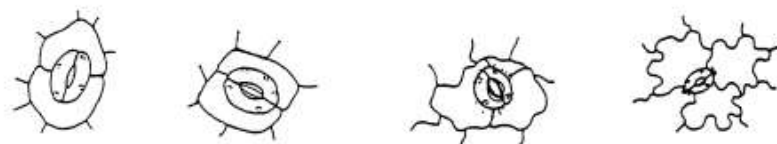


Figura 3 -Estomas

É através dos estomas que se faz a maior parte das trocas gasosas indispensáveis à vida da planta como, por exemplo, a entrada de oxigênio para a respiração celular e de dióxido de carbono fundamental para a fotossíntese e a saída de vapor de água transpirado, relacionado com o controle da temperatura da planta e com a absorção e circulação de água. Assim, a densidade estomática e o tamanho do ostíolo podem afectar fortemente as taxas de fotossíntese e transpiração por unidade de área foliar, e portanto, podem causar grandes diferenças na eficiência do uso da luz e da água.

Nos estomas com **células estomáticas reniformes** (Fig. 4A), verifica-se a presença de paredes celulares mais espessas e menos elásticas junto ao ostíolo. Os bordos superior e inferior das células oclusivas encontram-se unidos nos topos. Quando a pressão de turgescência aumenta, as paredes das células oclusivas que contactam com as células subsidiárias por serem mais finas, estendem-se verticalmente e tornam-se mais convexas, empurrando as células contíguas, e puxam as partes espessadas das paredes viradas para o ostíolo, que são menos elásticas, permitindo a abertura estomática

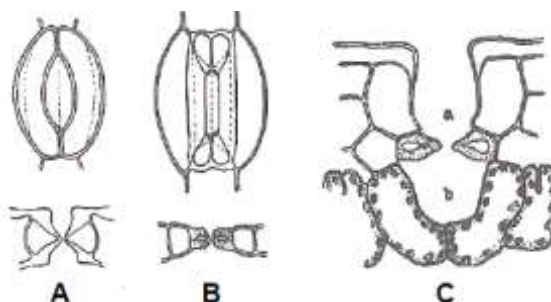


Figura 4 - Tipos de estomas: A – Reniforme; B – Halteriforme; C – Profundo: a – câmara exostomática; b – câmara endostomática.

Nas **células estomáticas halteriformes** (Fig. 4B), as paredes das suas extremidades globosas são estreitas, enquanto que na parte média as paredes são muito espessas e o lúmen é apertado. Quando as duas células ostiolares ficam túrgidas, as extremidades aumentam, afastando as partes espessadas uma da outra, o que faz alargar o ostíolo.

Tricomas

Os tricomas são apêndices muito variáveis da epiderme e incluem pêlos glandulares e não glandulares, escamas, papilas e pêlos absorventes das raízes. Ocorrem em todas as partes da planta podendo persistir durante toda a sua vida ou cair precocemente. No caso de terem uma duração longa os pêlos podem persistir vivos ou perder o protoplasma, mantendo-se então secos na epiderme. As paredes celulares dos tricomas são em regra finas e celulósicas, embora haja em alguns casos espessamentos secundários lenhificados.

Os tricomas tetores podem ser unicelulares (simples) ou multicelulares (Fig. 5a). Os simples variam em função do tamanho, forma e espessura das paredes e podem incluir papilas. Os tricomas multicelulares podem ser ramificados ou não. Os ramificados são classificados em função da forma das ramificações: estrelados, em forma de candelabro, em forma de T. Os não ramificados podem ser unisseriados ou multisseriados. Os sésseis (sem haste) são normalmente chamados de **escamas** e os que possuem haste são chamados de **peltados**.

Os tricomas glandulares (Fig. 5b) são envolvidos com a secreção de várias substâncias, como óleos, néctar, sais, resinas, mucilagem, sucos digestivos e água. Possuem sua extremidade formada por uma cabeça uni ou multicelular, que pode ter grande variedade de formas e tamanhos. O pedúnculo varia no comprimento, sendo muitas vezes tão curto que torna-se quase imperceptível.

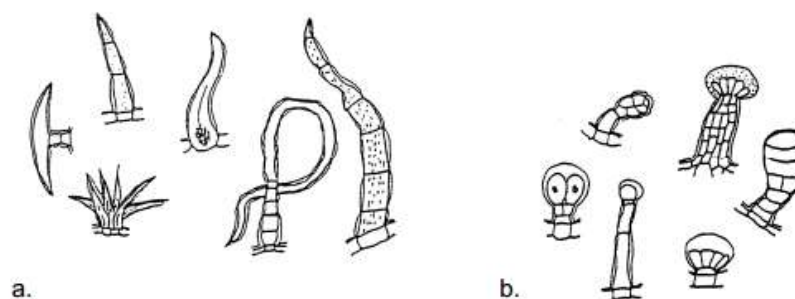


Figura 5 - Tricomas tetores (a); tricomas glandulares (b)

O estudo do tipo de tricomas presentes nas plantas tem particular importância na taxonomia, para caracterizar espécies ou géneros.

2. Objectivos

- Conhecer a estrutura da epiderme em diversas espécies vegetais
- Identificar e descrever tricomas e estomas
- Executar preparações para observação de tecidos vegetais ao microscópio óptico

3. Material

| | | |
|--|---|---|
| Material biológico: | Material de apoio: | Reagentes: |
| 1 – folhas e pétalas de diversas espécies vegetais (<i>Tillandsia sp.</i> , <i>Hibiscus sp.</i> , <i>Coleus sp.</i> , <i>Eucalyptus sp.</i> ; <i>Zantedeschia sp.</i> ; <i>Ricinus sp.</i> ; <i>Urtica sp.</i> , <i>Olea sp.</i> , <i>Polypodium sp.</i> , <i>Lavandula sp.</i> , <i>Rosmarinus sp.</i> , <i>Ficus elastica.</i>) | 1 – microscópio óptico 2 – lâminas e lamelas 3 – pinça e bisturi/lâmina | 1 – água destilada 2 - Solução de Ringer 3 – Safrablau 5 mL de solução aquosa de safranina 1% - 95 mL de solução aquosa de azul de Astra 1% - duas gotas de ácido acético glacial) |
| 2 – caule da <i>Tradescantia</i> / jarro | | |

4. Metodologia

4.1 Observação de estomas na epiderme de diversas espécies vegetais

1. Retire, com uma pinça, uma porção da epiderme inferior de uma folha, que consiste numa camada fina e incolor.
2. Corte um pequeno pedaço e coloque-o imediatamente numa lâmina com uma gota de água.
3. Examine-o sob a ampliação média do microscópio. Observe.
4. Ilustre as células epidérmicas que observa. Descreva o tipo de estomas presente.
5. Repetir para uma folha de outra espécie diferente.

4.2 Observação da epiderme do caule da *Tradescantia*

1. Com o auxílio de um bisturi, retirar uma pequena película da epiderme do caule da *tradescantia* ;
2. Colocar essa película, numa lâmina e depois uma gota de solução de Ringer ou azul de metileno;

3. Cobrir a preparação com uma lamela;
4. Procurar, através do microscópio, estomas. Observe.
5. Fazer um desenho esquemático.

4.3 Observação de indumento e tricomas na epiderme de diversas espécies vegetais

1. Raspe com um bisturi a superfície da folha e coloque o resíduo directamente numa lâmina, numa gota de água. Observe e desenhe.
2. Repetir para uma folha de outra espécie diferente.

4.4 Observação de Meristemas laterais

1. Faça cortes transversais finos da região próxima ao ápice e de uma região mais basal em *P. barbatus*.
2. Faça uma coloração com safrablau.
3. Observe ao microscópio, identifique os meristemas laterais e desenhe.

Nota: Por **registar**, entende-se identificar e descrever as estruturas observadas e apresentá-las na forma de esquema/desenho, com a respetiva legenda.

Trabalho nº 4 - Tecidos vegetais. Parênquima, colênquima e esclerênquima.

Tecidos vegetais de suporte

1. Introdução

A estrutura das plantas é muito variável – *as diferenças entre um carvalho e um cacto são imensas*. No entanto, as diferenças estruturais são mais **quantitativas** do que **qualitativas**. As folhas, caules e raízes são constituídas pelo mesmo tipo de células e tecidos; as maiores diferenças estruturais entre órgãos, como caules e folhas, resultam sobretudo do diferente arranjo dos tecidos e das respectivas proporções. Essas diferenças entre plantas representam diversas formas para atingir os mesmos objectivos – sobrevivência e reprodução.

Parênquima, colênquima e esclerênquima

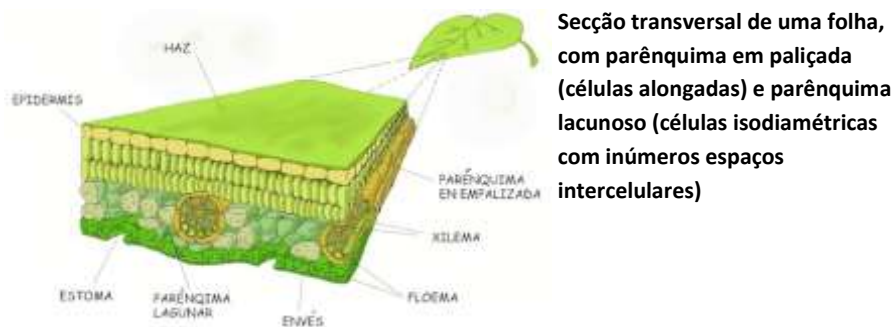
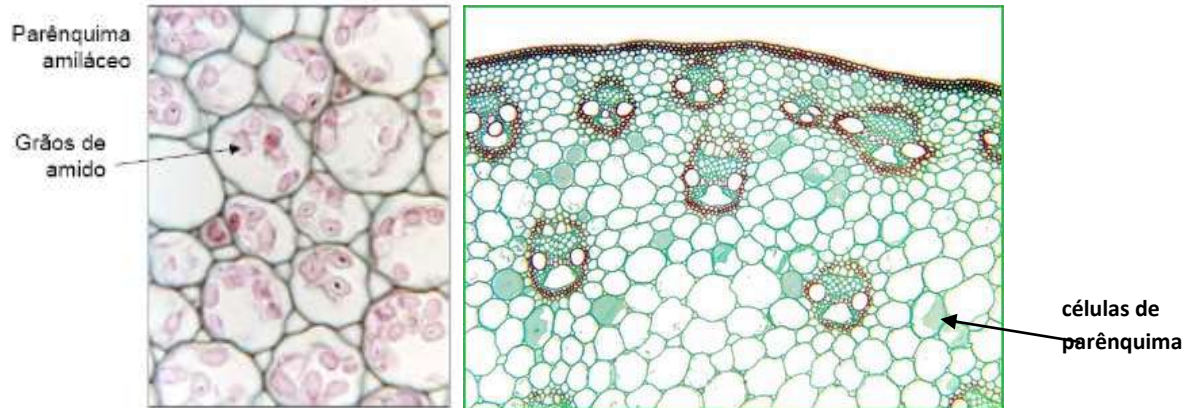
Parênquima, colênquima e esclerênquima são tipos de tecidos que constituem a maior parte do corpo da planta. Têm diversas funções, que incluem armazenamento de reservas, suporte e metabolismos como a fotossíntese. A classificação dos diferentes conjuntos de células em parênquima, colênquima e esclerênquima é um pouco arbitrária – as características destes tecidos e tipos de células sobrepõem-se e interligam-se.

As células de **parênquima** são as mais abundantes e versáteis. Apresentam poucas características diferenciadoras: de facto, todas as células que não são de nenhum outro grupo funcional ou estrutural, são classificadas como parenquimatosas.

Tratam-se de células vivas, fisiologicamente activas na síntese, transporte e armazenamento de produtos resultantes de vários metabolismos. Podem dividir-se na maturação e continuar a diferenciar-se em outro tipo de células.

As células de **parênquima** são muitas vezes poliédricas e acompanhadas por espaços intercelulares evidentes. Têm paredes primárias, podendo por vezes apresentar paredes secundárias.

Secção transversal do caule de *Zea mays*, com parênquima no qual os feixes vasculares estão inseridos. Células isodiamétricas com paredes finas, grande vacúolo central e uma camada extremamente fina de citoplasma



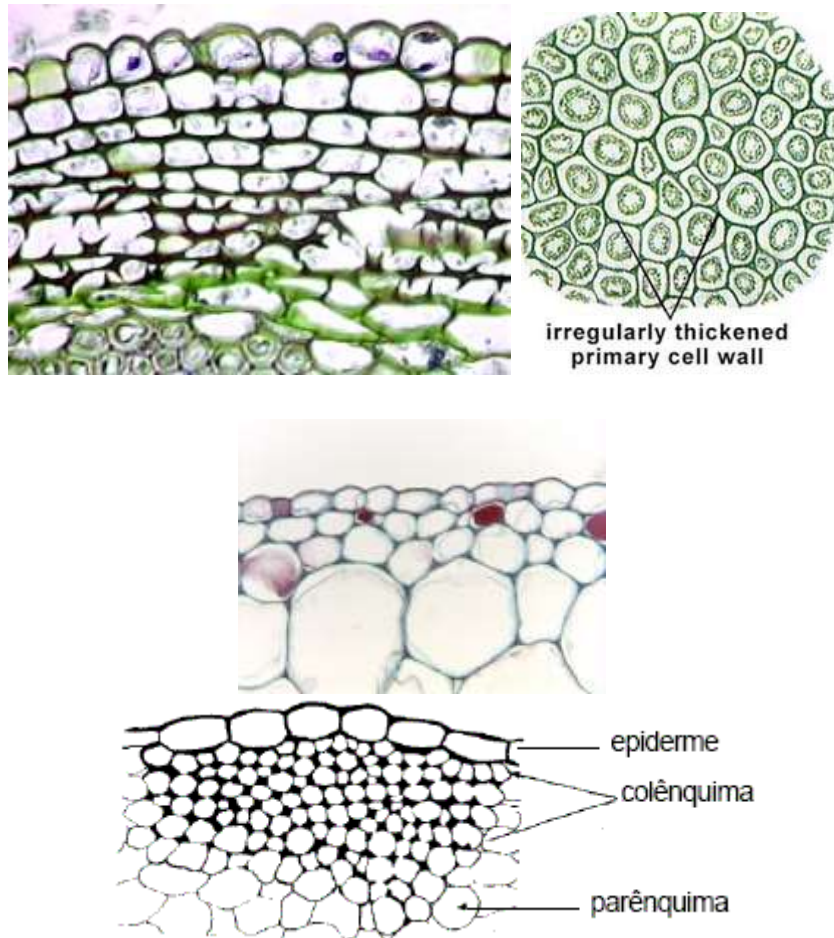
Secção transversal de uma folha, com parênquima em paliçada (células alongadas) e parênquima lacunoso (células isodiamétricas com inúmeros espaços intercelulares)

O parênquima surge em todas as partes da planta: por exemplo, medula, córtex, tecidos carnudos de frutos e sementes, células fotossintéticas das folhas, feixes secundários de xilema e floema. O parênquima é o tecido estrutural de base no qual outras células e tecidos mais especializados se desenvolvem.

O **colênquima** é constituído por células vivas na maturidade, de forma alongada e com parede celular primária de espessamento desigual e não lenhificada. Surge abaixo da epiderme nos caules jovens em alongamento, geralmente como um cilindro de tecido ou em cordões discretos ao longo das nervuras de algumas folhas, formando faixas.

Apesar da sua resistência, as células de colênquima têm paredes celulares primárias com características plásticas, que lhes permitem alongar-se – as células de colênquima permitem o alongamento de diversos órgãos como caules jovens, pecíolos das folhas e pedúnculos de flores e frutos.

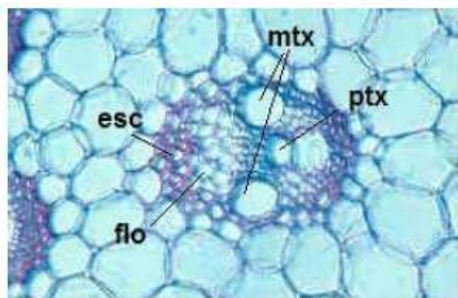
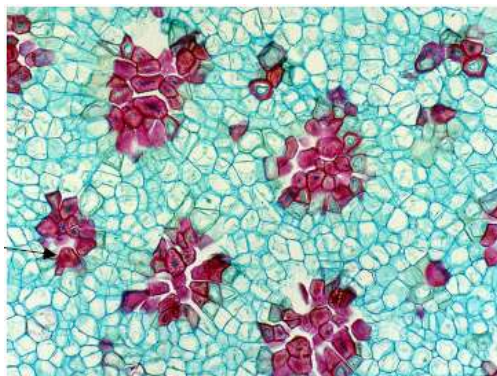
As células de colênquima podem ser diferenciadas pela espessura das paredes celulares: as paredes são angulares (os vértices destas células são mais espessos) ou lamelares (espessamentos entre a camada interior e exterior da parede celular).



Uma das suas funções é a sustentação no corpo vegetal primário.

As células de **esclerênquima**, de forma variável, têm paredes celulares rígidas, com paredes secundárias geralmente lenhificadas. Têm funções de suporte, mas ao contrário do colênquima, são células sem capacidade de crescer e que podem estar vivas ou mortas na maturidade.

Existem dois tipos de células de esclerênquima: as **fibras** e os **escleritos**. As **fibras** são células delgadas de forma muito alongada, frequentemente mortas na maturidade, com parede celular primária e secundária, espessa e lenhificada. Localizam-se no córtex dos caules, associadas ao xilema e ao floema e nas folhas de monocotiledóneas e têm funções de sustentação e reserva. Os **escleritos** são células de forma variável, geralmente mais curtas do que as fibras, com parede celular primária e secundária, espessa e geralmente lenhificada. Podem ser vivas ou mortas na maturidade, localizam-se em toda a planta, no tegumento de sementes, casca da noz, caroço (endocarpo) de drupas e têm funções mecânicas e de protecção.



Corte transversal de folha de gramínea (*Poa*) – fibras de esclerênquima

Escleritos em fruto de *Pyrus communis*

Corte transversal do caule de *Triticum sp.* (feixe vascular)

2. Objectivos

- Descrever as características do parênquima, colênquima, esclerênquima, epiderme e tecidos condutores
- Compreender as variações estruturais evidenciadas pelas células que formam os diferentes tipos de tecidos

3. Material

| Material vegetal: | Material de apoio: | Reagentes: |
|---|------------------------|----------------------------------|
| – preparação definitiva de folha de <i>Ligustrum sp.</i> | 1 – microscópio óptico | 1 – água destilada |
| – folha de <i>Juncus sp.</i> | 2 – lâminas e lamelas | 2 – safranina ou cristal violeta |
| – caule de <i>Coleus sp.</i> ou <i>Cucurbita sp.</i> | 3 – bisturi/lâmina | 3 – azul de toluidina |
| – pecíolo de <i>Apium sp.</i> | 4 – pinça | |
| – polpa de <i>Pyrus communis</i> | 5 – vidros de relógio | |
| – preparação definitiva de caule de <i>Vitis vinifera</i> | 6 – vareta | |
| | 7 – conta gotas | |
| | 8 – papel de filtro | |

4. Metodologia

4.1 Observação de clorênquima numa folha de *Ligustrum sp.*

1. Observe ao microscópio uma preparação definitiva de *Ligustrum sp.* e registe.

4.2 Observação de aerênquima numa folha de *Juncus sp.*

1. Com uma lâmina execute um corte transversal e um corte longitudinal, o mais fino possível, da folha de *Juncus sp* e coloque-os sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
3. Observe ao microscópio e registre.

4.3 Observação de colênquima num caule de *Coleus sp.* ou *Cucurbita sp.*

1. Com uma lâmina execute um corte transversal e um corte longitudinal, o mais fino possível, do caule de *Coleus sp.* e coloque-os sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
3. Observe ao microscópio e registre.

4.4 Observação de esclerênquima em polpa de *Pyrus communis*

1. Coloque um pouco de polpa de *Pyrus communis* sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de azul de toluidina e aguarde 2 a 4 minutos.
3. Cubra com lamela. Observe ao microscópio e registre.

4.5 Observação de esclerênquima de caule de *Vitis vinifera*

1. Observe ao microscópio uma preparação definitiva de um corte transversal do caule de *Vitis vinifera* e registre.

4.6 Observação de parênquima num caule de *Kalanchoe*

1. Com uma lâmina execute um corte transversal e um corte longitudinal, o mais fino possível, do caule de *Kalanchoe* e coloque-os sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
3. Observe ao microscópio e registre.

5. Questões

Observação de clorênquima numa folha de *Ligustrum sp.*

- 1.1 Qual a forma das células?
- 1.2 As células dispõem-se de algum modo particular?
- 1.3 Apresentam cloroplastos?

Observação de aerênquima numa folha de *Juncus* sp.

- 1.1 Qual a forma geral das células?
- 1.2 Em que parte da folha se encontram?
- 1.3 O que se observa no interior destas células?

Observação de colênquima num caule de *Coleus* sp.

- 1.1 As células de colênquima surgem nos cantos do corte transversal, do lado de fora dos feixes vasculares. Onde se observam os espessamentos nas células de colênquima?
- 1.2 Observam-se espaços intercelulares evidentes? Onde?
- 1.3 As células são uniformes ou existem tipos intermédios próximo das células de parênquima?
- 1.4 Como diferem as células de colênquima das de parênquima?

Observação de esclerênquima em polpa de *Pyrus communis*

- 1.1 Qual a forma das células coradas?
- 1.2 Qual a característica que as células coradas conferem ao fruto de *Pyrus communis*?

Observação de esclerênquima de caule de *Vitis vinifera*

- 1.1 Em que local do caule de *Vitis vinifera* se encontram as fibras?
- 1.2 Qual a função das fibras observadas no caule de *Vitis vinifera*?
- 1.3 Que características permitem identificar as fibras na preparação observada?

Observação de parênquima num caule de *Kalanchoe*

- 1.1 Observam-se espaços intercelulares evidentes?
- 1.2 As células observadas são meristemáticas? Porquê?
- 1.3 Todas as células da mesma região têm dimensão uniforme?
- 1.4 Observam-se espessamentos nas células?

Nota: Por **registar**, entende-se identificar e descrever as estruturas observadas e apresentá-las na forma de esquema/desenho.

Deve ser elaborado um **relatório**, a entregar no prazo de 8 dias, onde deve constar:

1. Título, âmbito e tipo de trabalho, autores, local e data de realização

2. Resultados, discussão e conclusões (deve incluir respostas à questões colocadas)
3. Referências bibliográficas (lista das referências citadas ao longo do trabalho)

Trabalho nº 5 - Tecidos vegetais. Xilema e Floema.

Tecidos condutores

1. Introdução

As plantas vasculares apresentam dois tipos distintos de tecidos condutores: (**xilema** e **floema**).

Os tecidos vasculares são tecidos complexos que podem conter células de parênquima, colênquima e esclerênquima que se organizam em feixes contínuos ao longo de toda a planta.

O **xilema** é responsável pela condução ascendente de água e substâncias minerais nela dissolvidas, mas pode também desempenhar funções mecânicas e de reserva. O **floema** é responsável pela translocação das substâncias orgânicas sintetizadas ou transformadas, e que resultam, principalmente, do metabolismo fotossintético.



Secção transversal do caule de uma *Cucurbitaceae*, com parênquima com feixes vasculares – xilema (meta e protoxilema) e floema

Xilema

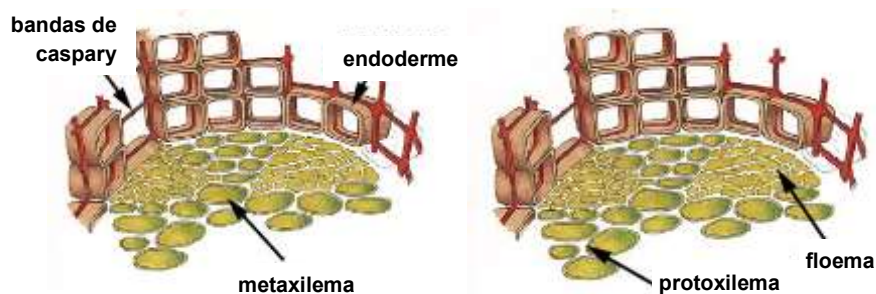
O **xilema** é um tecido complexo que tem como principais funções a condução de água e solutos, suporte mecânico de toda ou parte da planta e armazenamento de água e nutrientes. Para servir estas funções, é constituído por dois grupos de células: **células não condutoras** e **células condutoras**.

Os *elementos não condutores* são células de esclerênquima (fibras), associadas ao suporte mecânico da planta, e células de parênquima, associadas a funções de armazenamento.

Os *elementos condutores* são constituídos por dois tipos de células de esclerênquima (células mortas), com origem no procâmbio ou no câmbio vascular, denominadas **traqueídeos** e **constituintes dos vasos lenhosos**, que no seu conjunto formam os **elementos traqueais**. Existem diversos tipos de traqueídeos: anelado, espiralado, escala

riforme

,



reticulado, pontuado. Os traqueídeos anelados e espiralados são característicos de órgãos em diferenciação é o xilema que primeiro se forma, o **protoxilema**. Após ter cessado o alongamento, forma-se outro tipo de xilema, o **metaxilema**.

Esquema da disposição do metaxilema e protoxilema no cilindro central de numa raiz de monocotiledónea

Os **vasos lenhosos** são formados por células dispostas em fiadas longitudinais cujas paredes do topo são perfuradas, o que não acontece nos traqueídeos.

A condução de água através dos elementos traqueais depende da capacidade de entrada e saída de água nos elementos traqueais (as paredes celulares devem ser o mais fino possíveis ou apresentarem perfurações) e para evitarem o colapso (as paredes celulares devem ser espessas e rígidas com poucas ou nenhuma interrupções). É para conseguir este compromisso que são necessários os dois tipos de células que constituem os elementos traqueais – traqueídeos e elementos de vasos condutores.

Floema

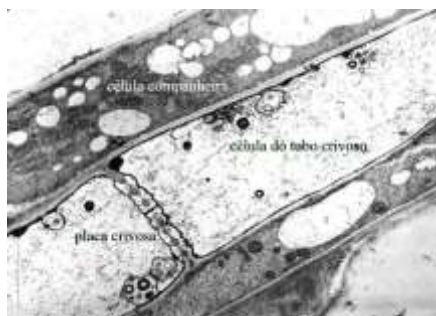
O **floema** é o tecido responsável pela translocação de substâncias orgânicas, principalmente produzidas no processo fotossintético, para as partes heterotróficas da planta (raízes e outros tecidos não fotossintéticos), órgãos reprodutores e órgãos de reserva.

A translocação de substâncias orgânicas no floema pode atingir velocidades que variam entre 10 e 100 cm/h (nalguns casos, pode atingir os 300 cm/h, como nalgumas espécies da família Cucurbitaceae) e é controlada activamente pela planta, ao contrário

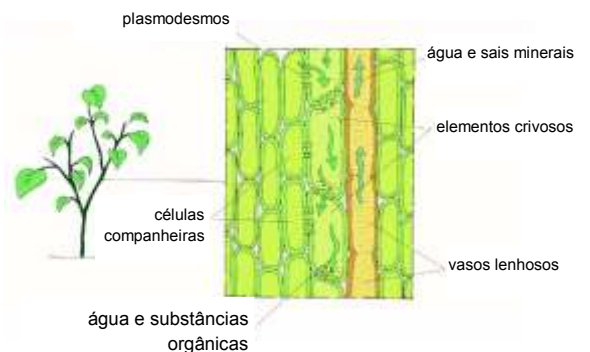
do que acontece com o movimento da água e nutrientes minerais, que está muito dependente de factores externos.

O floema é formado por células de parênquima ou por células de parênquima e esclerênquima (fibras e, raramente, escleritos). As células de parênquima podem ser de dois tipos: **não condutor** ou **condutor**.

Os *elementos não condutores* são **células de reserva** ou **células secretoras**. Os *elementos condutores* são os **elementos crivosos** (células adaptadas à translocação de substâncias orgânicas dispostas em fiadas que constituem os tubos crivosos), **células companheiras** (funcionalmente ligadas aos elementos crivosos) e **parênquima de reserva**.



Elementos condutores (células do tubo crivoso e células companheiras) do floema



Esquema da disposição dos elementos crivosos e células companheiras (floema) e vasos lenhosos (xilema)

Nas Gimnospermas, as células adaptadas à função de transporte – **células crivosas** – são mais primitivas que os elementos crivosos característicos das Angiospermas e não dispõem de fiadas longitudinais. Associadas às células crivosas, surgem as **células albuminosas** com funções idênticas às células companheiras das Angiospermas.

Nas plantas com crescimento secundário, estes dois tecidos encontram-se diferenciados em novas estruturas que constituem o **xilema** e **floema secundário**.

2. Objectivos

- Descrever as características do xilema, floema e respectivos elementos que os constituem,
- Compreender as variações estruturais evidenciadas pelas células que formam os diferentes tipos de tecidos.

3. Material

| | | |
|--|--------------------------------|-----------------------|
| Material vegetal: | Material de apoio: | Reagentes: |
| – caule de <i>Sambucus nigra</i> | 1 – microscópio óptico | 1 – água destilada |
| – preparação definitiva de caule de <i>Zea mays</i> | 2 – lâminas e lamelas | 2 – azul de toluidina |
| – caule de <i>Curcubita sp.</i> | 3 – bisturi/lâmina | 3 – líxivia |
| – raiz, caule e folha de plantas colhidas no momento | 4 – pinça ou agulha lanceolada | 4 – ácido acético 1% |
| | 5 – vidros de relógio | 5 – carmim acético |
| | 6 – conta gotas | 6 – verde-iodo |
| | 7 – papel de filtro | |

4. Metodologia

4.1 Observação de xilema num caule de *Sambucus nigra*.

1. Com uma lâmina execute um corte transversal, o mais fino possível, do caule de *Sambucus nigra* e coloque-o sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
3. Observe ao microscópio e registe.

4.2 Observação de xilema e floema num caule de *Zea mays*

1. Observe ao microscópio uma preparação definitiva de um corte transversal do caule de *Zea mays* e registe.

4.3 Observação de floema num caule de *Cucurbita sp.*

1. Com uma lâmina execute um corte transversal e um corte longitudinal, o mais fino possível, do caule de *Curcubita sp.* e coloque-os sobre uma lâmina.
2. Adicione uma gota de água destilada e cubra com lamela.
3. Observe ao microscópio e registe.

5. Questões

Observação de xilema num caule de *Sambucus nigra*.

- 1.1 Identifique o xilema e as células que o constituem.
- 1.2 Quais as características das células identificadas?

Observação de xilema e floema num caule de *Zea mays*

- 1.1 Onde se localizam os feixes vasculares?
- 1.2 Qual a forma e disposição das células companheiras?

Observação de floema num caule de *Curcubita sp.*

- 1.1 Identifique os feixes de floema. Como se dispõem em relação ao xilema?
- 1.2 Identifique e descreva as células companheiras.
- 1.3 Refira a existência de poros nos elementos crivosos.

Nota: Por **registar**, entende-se identificar e descrever as estruturas observadas e apresentá-las na forma de esquema/desenho.

Trabalho nº 6 - Anatomia da raiz, caule e folha. Diferenciação dos diversos tecidos de Angiospérmicas (monocotiledóneas e dicotiledóneas) e Gimnospérmicas.

RAIZ, CAULE E FOLHA – ESTRUTURA

1. Introdução

A estrutura das plantas é muito variável – *as diferenças entre um carvalho e um cacto são imensas*. No entanto, as diferenças estruturais são mais **quantitativas** do que **qualitativas**. As folhas, caules e raízes são constituídas pelo mesmo tipo de células e tecidos; as maiores diferenças estruturais entre órgãos, como caules e folhas, resultam sobretudo do diferente arranjo dos tecidos e das respectivas proporções. Essas diferenças entre plantas representam diversas formas para atingir os mesmos objectivos – sobrevivência e reprodução.

2. Raiz

2.1 Raiz - Estrutura primária

Na estrutura anatómica da raiz de uma **monocotiledónea** - fig. 1, 2, 3 e 4 - como é o caso do milho (*Zea mays* L.) pode-se distinguir:

- **epiderme** (epd) constituída por uma camada de células vivas que reveste a raiz com crescimento primário (**sistema dérmico**);
- **sistema fundamental**, a **zona cortical** ou **córtex** (ctx), constituída geralmente por células de parênquima e cuja camada mais interna é designada **endoderme** (end), formada por células cuja parede contém algumas zonas suberificadas; a parte externa da zona cortical pode designar-se de **exoderme** (exd) podendo apresentar várias camadas de células compactadas;
- **cilindro central** (cc) que inclui o **sistema vascular** apresenta uma camada exterior de células em geral parenquimatosas, formando o **periciclo** (per), tecidos vasculares (feixes de **xilema** (xil) e **floema** (flo))
- e, nas raízes desenvolvidas, observa-se a **medula** (med) zona central da estrutura, preenchida por células parenquimatosas.

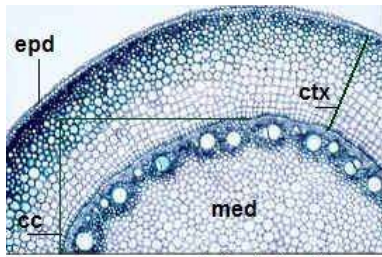


Fig. 1 - Corte transversal da raiz de milho.

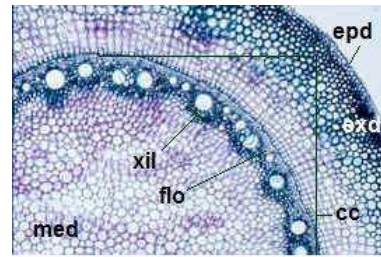


Fig. 2 - Corte transversal da raiz de milho.

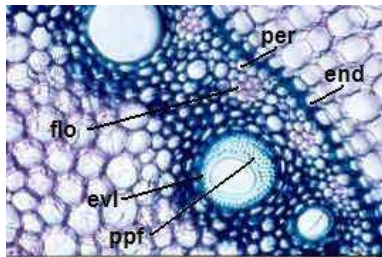


Fig. 3 - Corte transversal da raiz de milho.

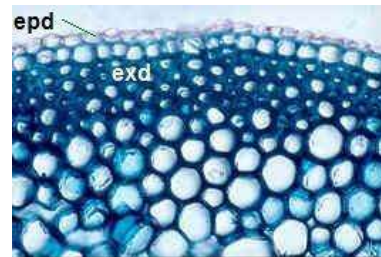


Fig. 4 - Corte transversal da raiz de milho.

Na **estrutura primária** da raiz de monocotiledóneas, os **feixes** vasculares são **simples alternos**, apresentando as células mais precoces do **protoxilema** e de **protofloema** numa posição mais periférica do feixe, e células tardias de **metaxilema** e de **metafloema** na parte interna. No seu conjunto, pela existência de vários feixes numa posição circular, pode designar-se essa disposição de **estrutura poliarca**.

Os feixes lenhosos (xilema) são constituídos por:

- elementos condutores, **traqueídeos** e **elementos de vaso** (evl) - fig.3 -, que estão dispostos em séries longitudinais formando **vasos lenhosos**;
- células de **parênquima**;
- e, por vezes, células de suporte, **fibras**.

As paredes das extremidades de cada elemento de vaso apresentam **placas de perfuração** (ppf) - fig. 3 - que permitem a movimentação livre da água de célula para célula.

O floema (feixes liberinos) é, tal como o xilema, um **tecido complexo** constituído por:

- **elementos de tubo crivoso** dispostos em séries verticais formando os **tubos crivosos**;
- **células companheiras**;
- **células de parênquima**

- e, por vezes, **fibras**.

A estrutura anatômica da raiz do trigo (*Triticum* sp.) - fig. 5 - apresenta crescimento primário característico das monocotiledóneas, observando-se a formação de uma **raiz lateral** (rzi) originada de células do periciclo, cuja multiplicação permite a formação de uma ramificação que cresce perpendicularmente ao eixo da raiz principal.

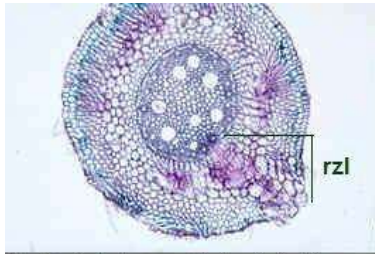


Fig. 5 - Corte transversal da raiz de trigo.

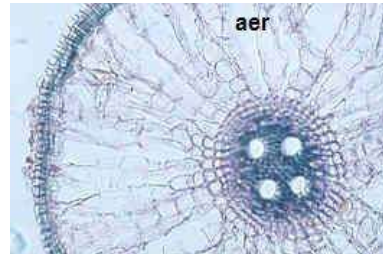


Fig. 6 - Corte transversal da raiz de erva-serra

Na estrutura apresentada na fig. 6 (corte transversal da erva-serra - *Leersia oryzoides*, uma monocotiledónea que cresce em arrozais), observa-se a zona cortical preenchida por **parênquima aerífero** ou **aerênquima** (aer) com grandes espaços intercelulares.

A estrutura da raiz de uma **dicotilédonea**, ainda em crescimento primário, como é o caso do *Ranunculus* sp. - Fig. 7 - apresenta as zonas anatômicas características da anatomia da raiz, **epiderme** (epd), **zona cortical** (ctx) e **cilindro central** (cc), limitado externamente pela **endoderme** (end).

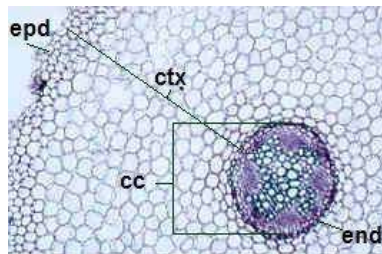


Fig. 7 - Corte transv. da raiz de *Ranunculus*

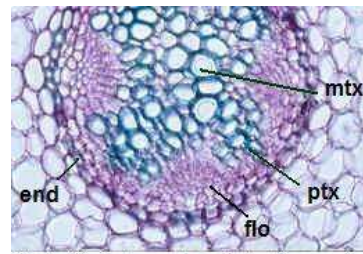


Fig. 8 - Corte transv. da raiz de *Ranunculus*

O cilindro central, ocupado nesta estrutura apenas por tecidos vasculares, pela inexistência de medula, apresenta um padrão vascular **tetrarca** formado por quatro feixes de xilema, característico de dicotilédoneas. Nestes feixes lenhosos - fig. 8 - as células que ocupam uma posição mais externa apresentam menor tamanho, sendo as primeiras a completar a diferenciação e constituem o **protoxilema** (ptx). Na região central observa-se o **metaxilema** (mtx), com elementos de diâmetro crescente e que completam a maturação mais tardiamente. Observa-se o início da formação do **câmbio vascular** (cv) - fig. 9 - cordão de células situadas entre o xilema e o floema.

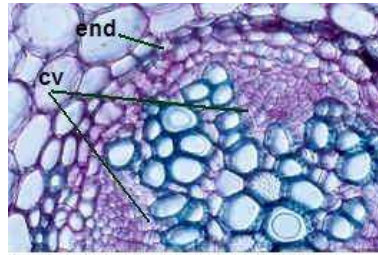


Fig. 9 - Corte transv. da raiz de *Ranunculus*.

2.2 Raiz - Estrutura secundária

O **crescimento secundário**, tanto nas raízes como nos caules, é característico de **dicotiledóneas** e **gimnospermicas**. Consiste na organização de estruturas com tecidos vasculares secundários formados a partir do **câmbio vascular** e do **câmbio subero-felodérmico** ou **felogene**.

Nas fig.10 e 11 observa-se uma estrutura com crescimento secundário revestida por uma **periderme** (pdm), camada constituída, do exterior para o interior, por **suber** (células suberificadas), **felogene** (células meristemáticas) e **feloderme** (células de parênquima). Na região central observa-se o cilindro vascular com feixes **duplos abertos**. A formação e actividade do **câmbio vascular** (cv) – fig.10 e 11 - cujas células desenham cordões entre o **xilema** (xil) e o **floema** (flo), provocam a ruptura e destruição da endoderme e de parte do córtex. Da actividade de células, nomeadamente do periciclo, produz-se **parênquima radial** – fig. 11 - que forma **raios** (rp). A sequência de formação do xilema e do floema permite localizar o xilema primário (x1°) em posição mais interior, ocupando o centro da estrutura, relativamente ao xilema secundário (x2°). O floema secundário (f2°) apresenta-se em posição mais próxima do câmbio e o floema primário (f1°) mais afastado.

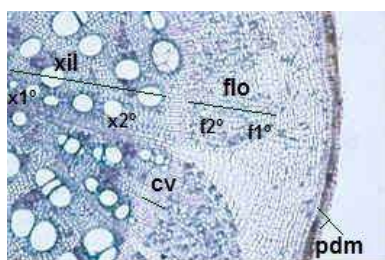


Fig. 10 - Corte transv. da raiz de videira.

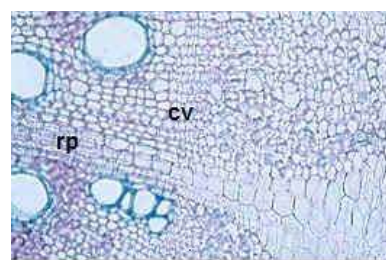


Fig. 11 - Corte transv. da raiz de videira

3. Caule

3.1 Caule - Estrutura primária

O caule está coberto por uma epiderme, que contém uma substância impermeável à água, a cutina. Sob a epiderme, encontra-se o córtex, que constitui um tecido de reserva, tal como a medula que se encontra no centro do caule. No córtex, podem aparecer **células vivas** de forma **prismática** e cujas paredes são espessadas por **celulose – colênquima** – que permitem suportar o alongamento do caule.

Podem aparecer, ainda, células de **esclerênquima** - células mortas e de paredes espessas devido à deposição de **lenhina** – com função de suporte e que, em algumas espécies, permitem a extracção de fibras para a indústria – linho e o algodão.

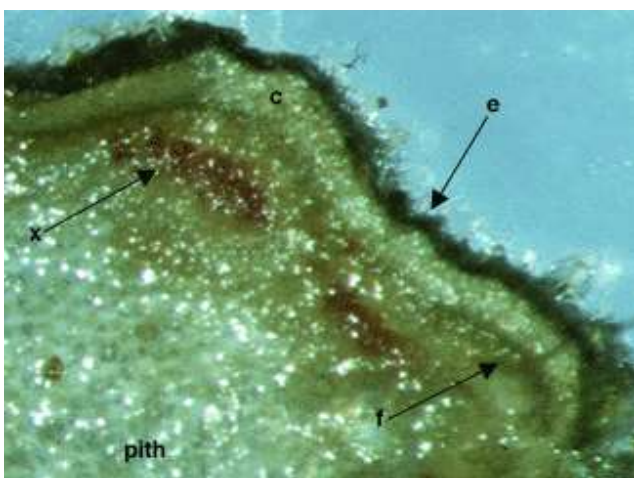


Fig. 12 - Secção transversal de um caule de tomate, próximo do meristema apical: x, xilema; c, córtex; e, epiderme; f, fibra

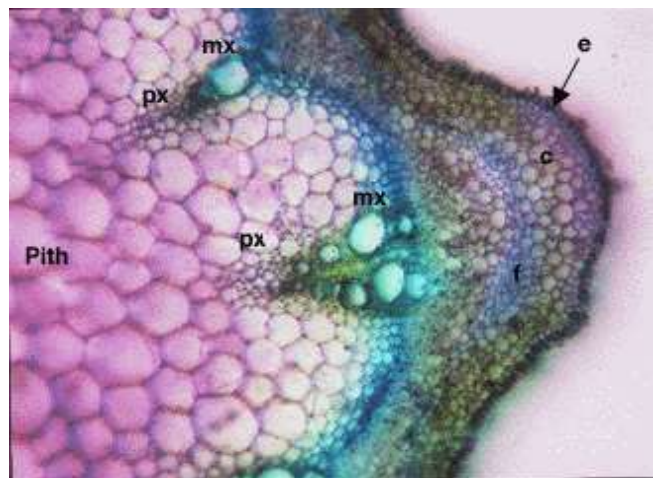


Fig. 13 - Secção transversal de um caule de tomate corada: px, protoxilema; mx, metaxilema; e, epiderme; c, córtex; f, fibra; pith, medula

Nos caules de algumas espécies, pode ocorrer crescimento secundário, em resultado da actividade do **câmbio vascular**, que origina a formação de maior quantidade de tecidos vasculares. O crescimento secundário inclui, também, a formação de periderme a partir da felogene (**câmbio subero-felogénico**).

O câmbio vascular forma-se a partir do procâmbio e dá origem a **feixes vasculares** – **câmbio fascicular** – e **parênquima interfascicular** – **câmbio interfascicular**.

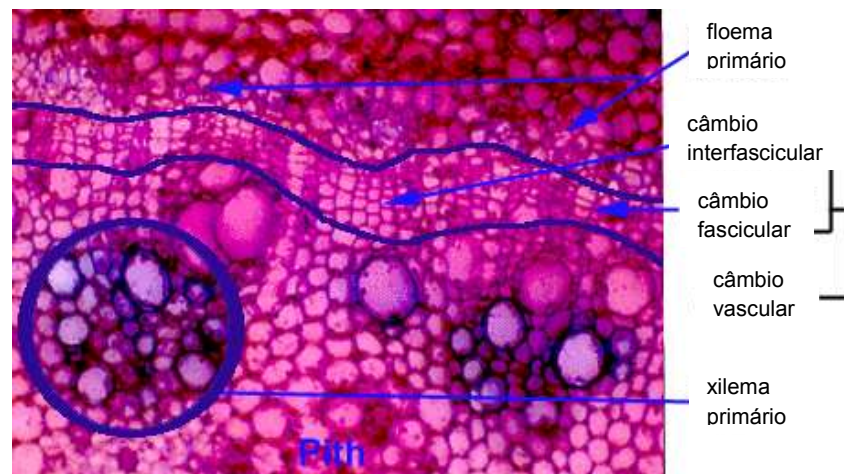
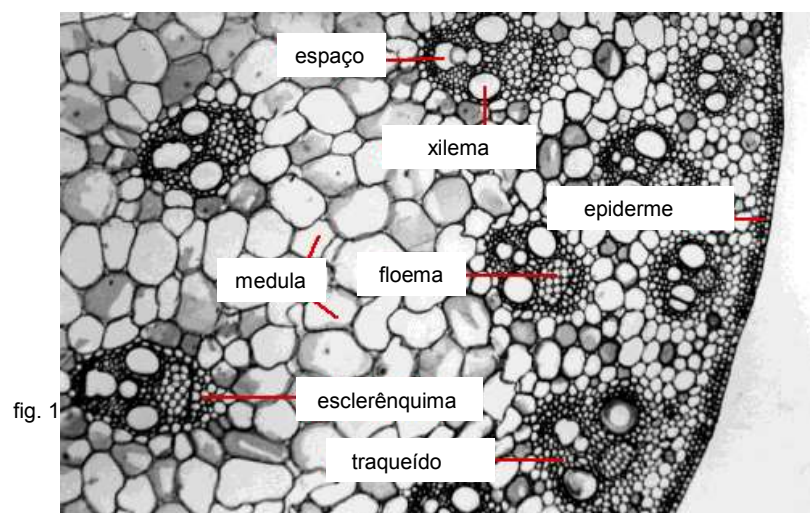


Fig. 14 - Secção transversal de um caule de tomate, com crescimento secundário no início. O câmbio vascular é visível, e pode distinguir-se pela forma achatada das suas células.

As estruturas primárias e secundárias dos caules variam entre monocotiledóneas, dicotiledóneas herbáceas e lenhosas e gimnospermicas. A maior parte das monocotiledóneas e algumas dicotiledóneas herbáceas não apresentam crescimento secundário, com excepções como *Aloe sp.* ou *Dracaena sp.*

Os caules de **monocotiledóneas** apresentam **feixes vasculares bastante espaçados** e que não estão restritos a um círculo: distribuem-se em dois círculos ou por toda a secção do caule (fig. 15). Normalmente, apresentam uma camada de esclerênquima junto à epiderme e em redor dos feixes vasculares mais periféricos. Muitas vezes, a medula encontra-se deteriorada.



Nas **dicotiledóneas herbáceas**, o caule mantém a **epiderme** durante grande parte do seu crescimento, dando origem lentamente à periderme. Uma ou duas camadas de células do córtex, logo após a epiderme, contêm cloroplastos. Depois do córtex, surgem duas ou três camadas de colênquima e parênquima. O floema primário inclui fibras próximo do córtex (fig. 16 e 17). Em algumas dicotiledóneas herbáceas, como o tomate ou batata, pode observar-se crescimento secundário (fig. 18 e 19).

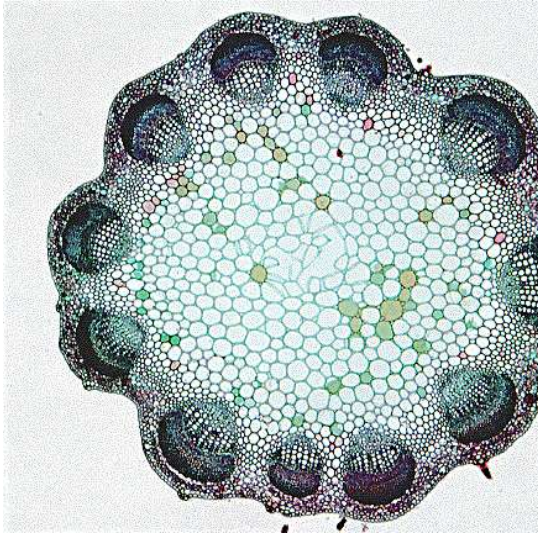


fig. 16 - Secção transversal de um caule de dicotiledónea herbácea (*Trifolium sp.*)

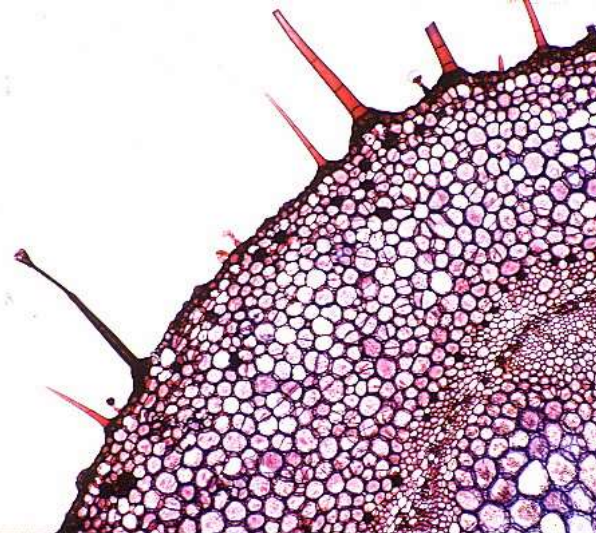


fig. 17 - Secção transversal de um caule de dicotiledónea herbácea (*Pelargonium sp.*)

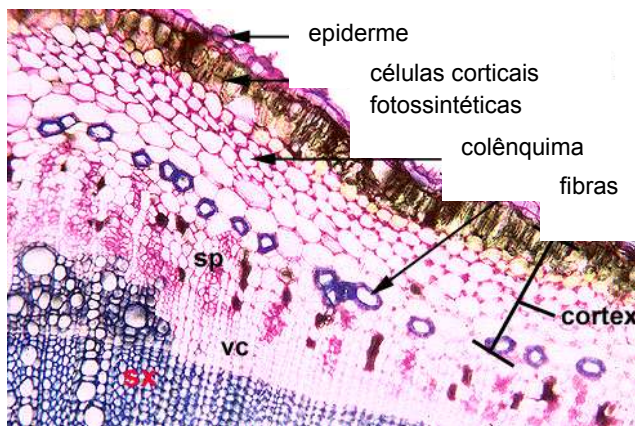


fig. 18 - Secção transversal de um caule de tomate, com crescimento secundário evidente. Observa-se xilema e floema secundário, colênquima e fibras de esclerênquima, entre o floema secundário e o córtex: **sp**, floema secundário; **vc**, câmbio vascular; **sx**, xilema secundário

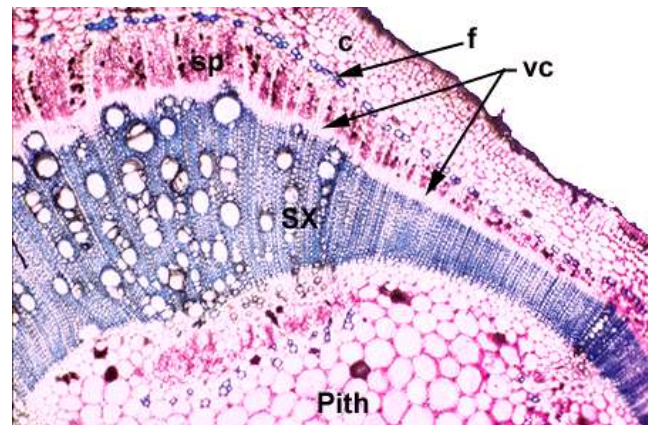


fig. 19 - Secção transversal de um caule de tomate, com crescimento secundário evidente. Observa-se alguma deterioração da medula: **sp**, floema secundário; **vc**, câmbio vascular; **sx**, xilema secundário; **c**, córtex; **f**, fibra de esclerênquima; **pith**, medula.

3.2 Caule - Estrutura secundária

Nas **dicotiledóneas lenhosas**, como a vinha, observam-se raios dispersos que fazem com que o caule pareça estar cortado. Numa fase inicial, o câmbio vascular origina

regiões fasciculares e interfasciculares contínuas (fig. 20). O córtex é formado por colênquima e parênquima, ambos com cloroplastos, sendo a camada mais interna formada por células ricas em amido. A medula é formada por células de parênquima. Com o crescimento secundário, o câmbio dá origem a raios e o cilindro vascular, a região interfascicular e a medula acaba por entrar em ruptura (Fig.21 e 22). As células de parênquima preenchem os espaços formados. O suber é constituído por células alongadas com outras mais achatadas, e adquire uma espessura apreciável.

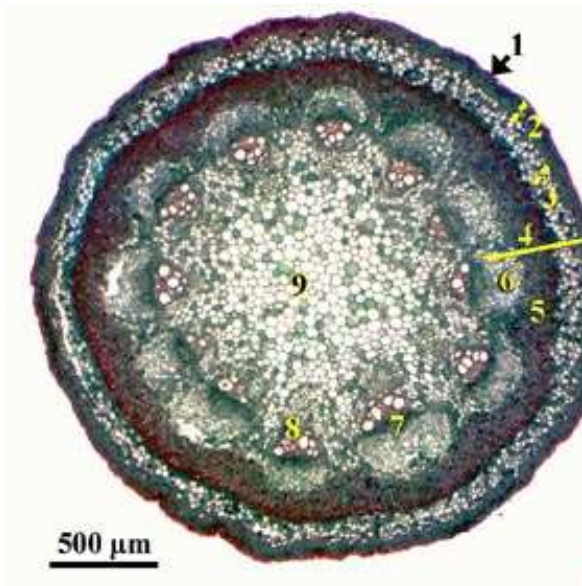


fig. 20 – Caule de *Aristolochia sp.*, antes de se iniciar o crescimento secundário: 1, epiderme; 2, 3, 5, 6 – córtex; 7, 8, feixes vasculares; 9, medula.

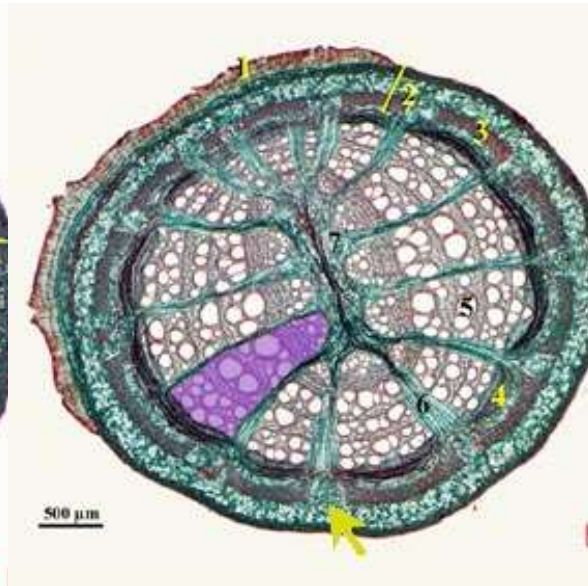


fig. 21 – Crescimento secundário num caule de *Aristolochia sp.*: 1, suber; 2, córtex; 3, esclerênquima; 4, floema; 5, xilema; 6, raio; 7, medula

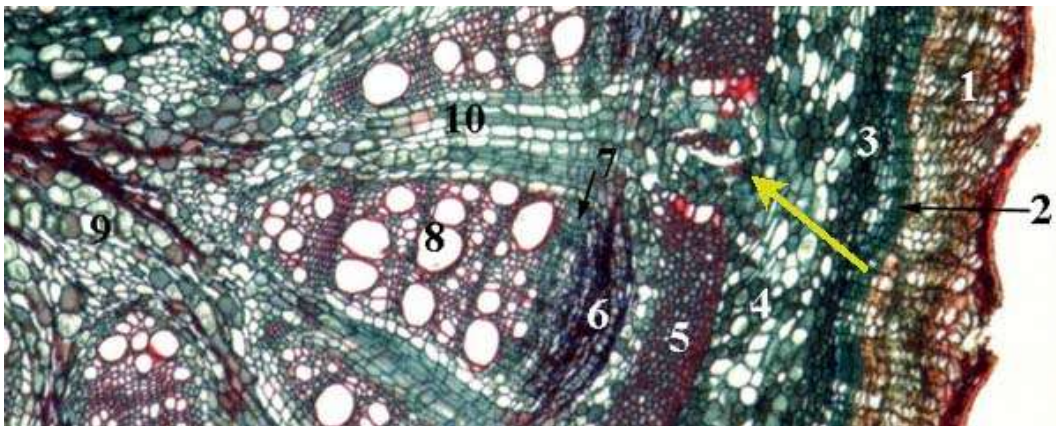


fig. 22 – Crescimento secundário num caule de *Aristolochia sp.*, uma videira: 1, suber; 2, felogene; 3, colênquima; 4, parênquima; 5, esclerênquima; 6, floema; 7, câmbio vascular; 8, xilema; 9, medula; 10, raio (células parenquimatosas).

Nas **gimnospérmicas**, o caule apresenta inicialmente feixes vasculares discretos, separados por regiões interfasciculares ténues. O câmbio vascular, formado por regiões fasciculares e interfasciculares, forma um cilindro contínuo de xilema secundário e de floema secundário (fig. 23). O xilema primário pode ser observado

próximo da medula, mas o floema primário desaparece completamente. O córtex contém canais de resina que alargam com o crescimento do caule.

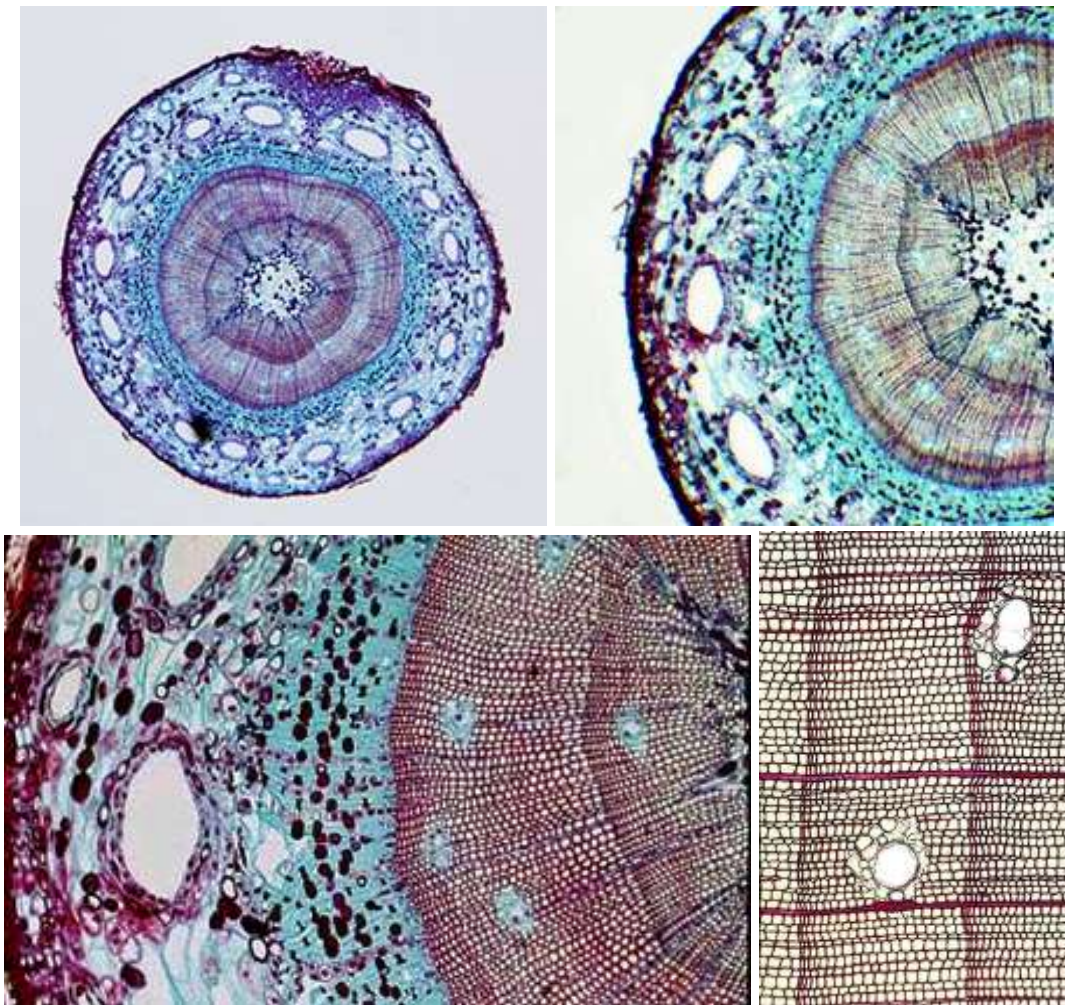


fig. 23 – Crescimento secundário num caule de *Pinus sp.*

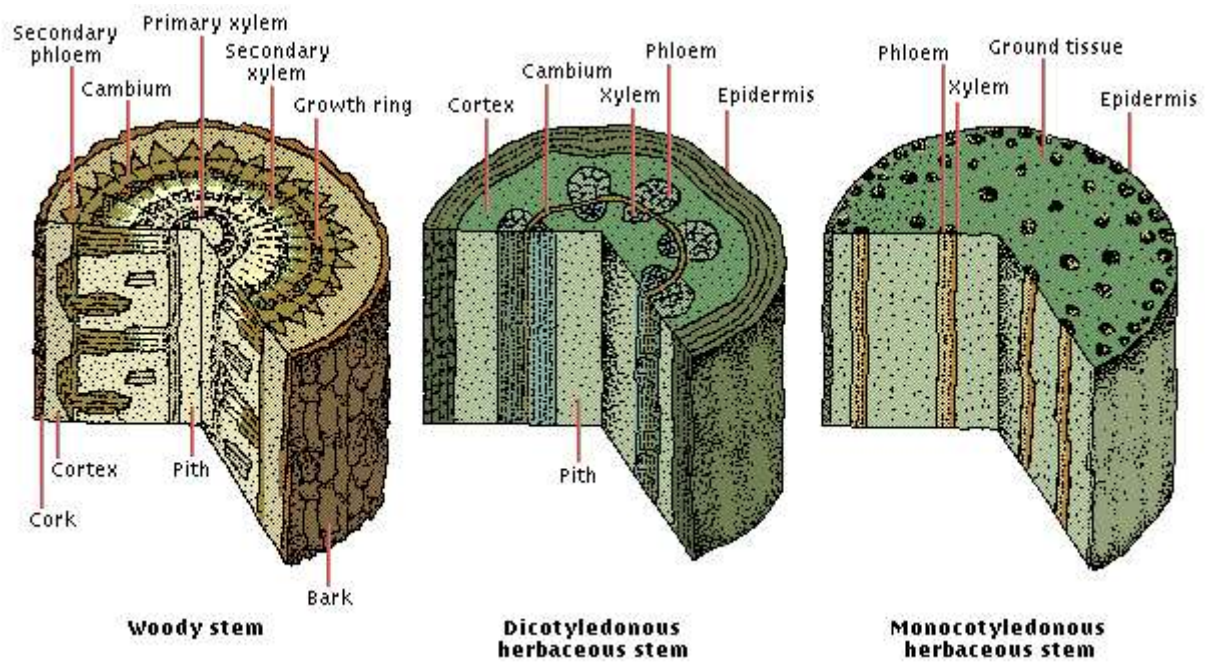


fig. 24 – Esquema de caules com crescimento secundário de gimnospermas, dicotiledóneas herbáceas e monocotiledóneas .

4. Folha

4.1 Folha - Monocotiledóneas

A estrutura anatômica do limbo das folhas de angiospermas monocotiledóneas varia bastante. Nas figuras 25 a 29, observam-se cortes transversais do limbo da folha de gramíneas cuja estrutura é típica desta família.

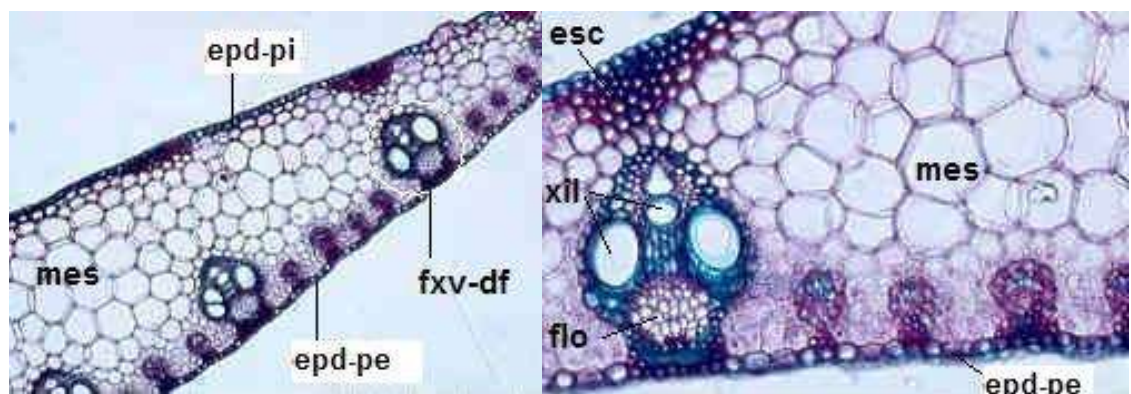


fig. 25 – Corte transversal da folha de milho (mes – mesófilo, epd-pe – epiderme página externa, epd-pi – epiderme página interna, fxv-df - feixes duplos fechados)

fig. 26 – Corte transversal da folha de milho (esc – esclerênquima, xil – xilema, flo – floema, mes – mesófilo, epd-pe – epiderme página externa)

São distintos, o **sistema dérmico**, representado pela epiderme da página interna (epd-pi) e da página externa (epd-pe), o **sistema vascular** representado por feixes duplos fechados (fxv-df) e o **mesófilo** (mes) constituído por células de parênquima, idênticas.

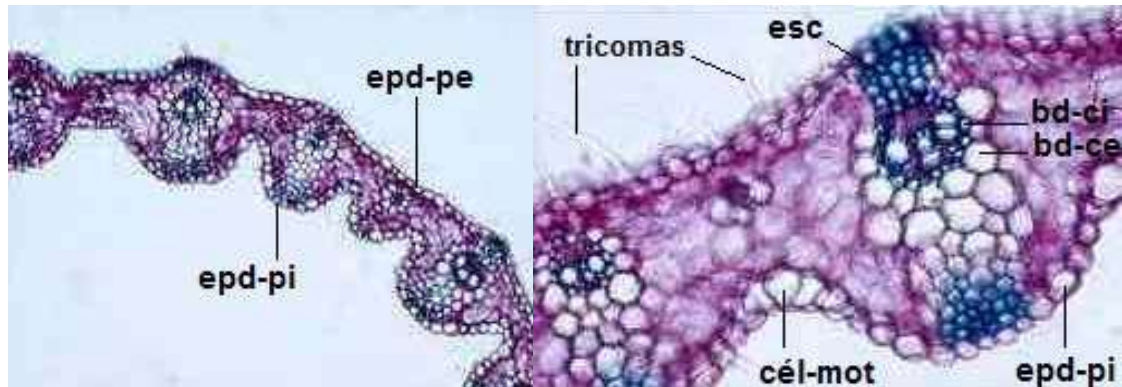


fig. 27 – Corte transversal da folha de trigo (epd-pe – epiderme página externa, epd-pi – epiderme página interna)

fig. 28 – Corte transversal da folha de trigo (esc – esclerênquima, epd-pi – epiderme página interna, cél-mot – células motoras, bd-ci – bainha dupla camada interna, bd-ce – bainha dupla camada externa)

A epiderme pode incluir vários tipos de células entre as quais algumas mais volumosas, na epiderme da página interna designadas **células motoras** (cél-mot) - fig. 28 e 29, que estão associadas ao enrolamento das folhas em condições de secura. São, ainda, estruturas da epiderme o indumento - fig. 28 - constituído por **tricomas** (pêlos da epiderme) de formas diversas e estomas. As folhas de gramíneas apresentam tecido de suporte - fig. 26, 27 e 28 - do tipo esclerênquima, nomeadamente **fibras** (esc) associadas aos feixes em faixas longitudinais. As **bainhas dos feixes** são também características de gramíneas - fig. 28 - podendo apresentar bainha dupla (bd) constituída por uma faixa interna de células de parede mais espessa (bd-ci) e outra externa de paredes mais delgadas (bd-ce).

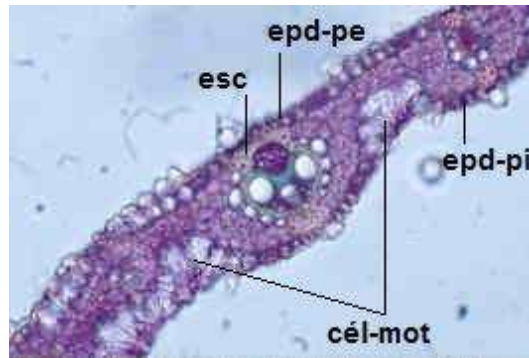


fig. 29 – Corte transversal da folha de erva-serra (epd-pe – epiderme página externa, epd-pi – epiderme página interna, esc – esclerênquima, cél-mot – células motoras)

4.2 Folha - Dicotiledóneas

A estrutura anatômica do limbo das folhas de **dicotilédoneas** pode variar em função do habitat da espécie. Nas espécies xerófitas (adaptadas a ambientes secos), o mesófilo é mais compacto apresentando maior proporção de **parênquima clorofilino em paliçada** e menor volume de espaços intercelulares. A epiderme da folha destas plantas pode apresentar uma cutícula espessa e um número variável de estomas. As figuras 30 a 37 mostram a estrutura anatômica do limbo das folhas de dicotilédoneas, onde se observa o mesófilo diversificado – fig. 30 e 31 - em **parênquima clorofilino em paliçada** (p-pal), junto à epiderme superior, e **parênquima clorofilino lacunoso** (p-lac) junto à epiderme inferior. Na estrutura da folha de sobreiro observa-se o maior desenvolvimento do parênquima em paliçada. Integrado no parênquima do mesófilo - fig. 31 - podem observar-se feixes vasculares (fxv) de dimensão variável.

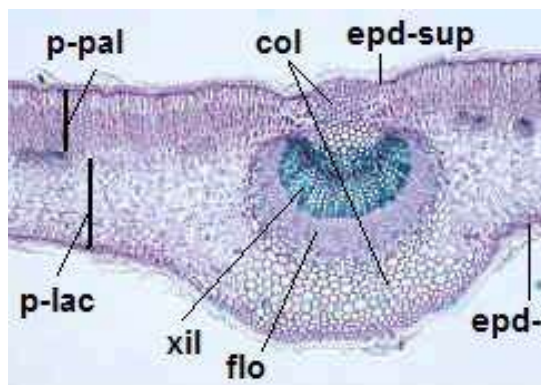


fig. 30 – Corte transversal da folha de oliveira (col – colênquima, epd-sup – epiderme superior, epd-inf – epiderme inferior, p-pal - parênquima clorofilino em paliçada, p-lac - parênquima clorofilino lacunoso, xil – xilema, flo – floema)

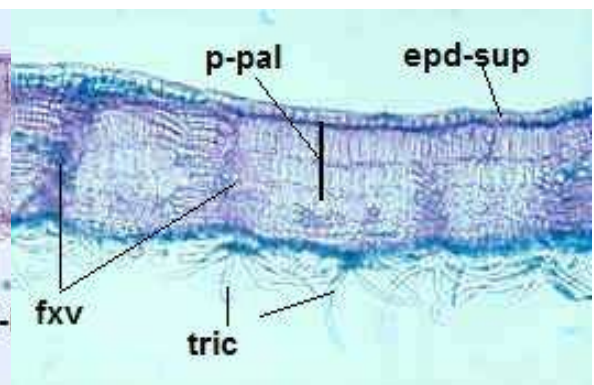


fig. 31 – Corte transversal da folha de sobreiro (epd-sup – epiderme superior, p-pal - parênquima clorofilino em paliçada, tric – tricoma, fxv - feixes vasculares)

São evidentes, nas fig. 31 a 34, os tricomas (tric) que apresentam formas variadas. Na zona da nervura principal - fig. 30 - observa-se o xilema (xil) na posição voltada para a **página superior** e o floema (flo), voltado para a **página inferior**. É, ainda, evidente um tecido de suporte - fig. 30 e 34 - associado aos feixes que percorrem as nervuras maiores, geralmente constituído por **colênquima** (col).

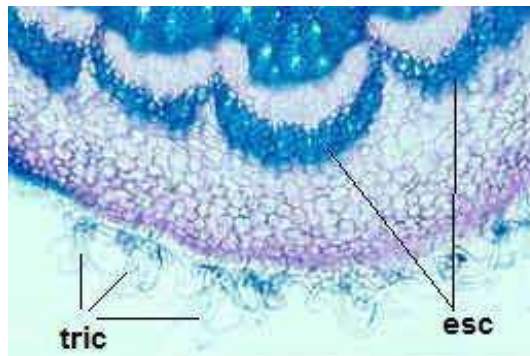


fig. 32 – Corte transversal da folha de sobreiro – zona da nervura central (tric – tricoma, esc - esclerênquima)



fig. 33 – Tricomas da folha de sobreiro

Em aglomerados sobre os feixes ou associado à bainha dos feixes - fig. 32 - pode formar-se também **esclerênquima** (esc), presença comum em plantas xerófitas.

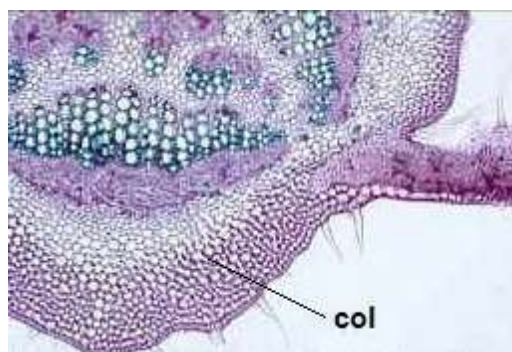


fig. 33 – Corte transversal da folha de figueira – zona da nervura central (col - colênquima)

A estrutura anatômica do pecíolo da folha apresenta características idênticas às da anatomia do caule. O corte da folha de eucalipto – fig. 34 e 35 - mostra **câmaras secretoras** (cam) bem desenvolvidas.

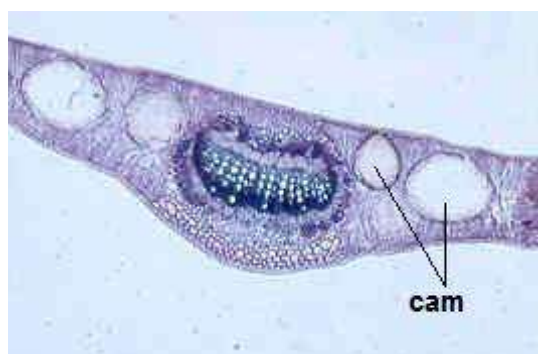


fig. 34 – Corte transversal da folha de eucalipto (cam - câmaras secretórias)

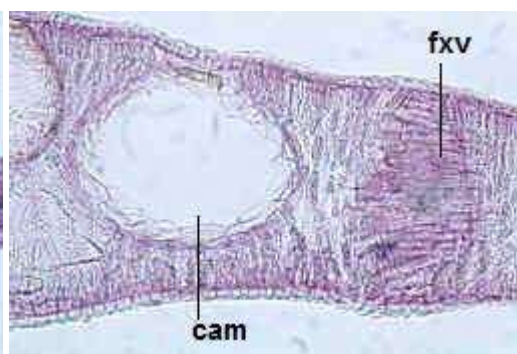


fig. 35 – Corte transversal da folha de eucalipto (cam - câmaras secretórias, fxv - feixe vascular)

A folha de *Ficus* sp. - fig. 36 e 37 - possui uma epiderme superior multisseriada (epd-ms) onde se observa um **cistólito** (cist), formado pela cristalização de carbonato de cálcio, que se salienta da parede celular.

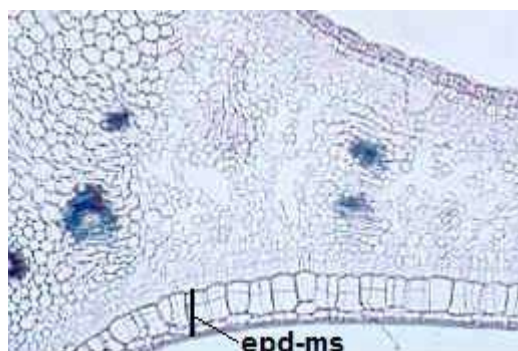


fig. 36 – Corte transversal da folha de *Ficus* (epd-ms - epiderme superior multisseriada)



fig. 37 – Corte transversal da folha de *Ficus* (cist - cistólito)

5. Objectivos

- Descrever a estrutura das raízes, caules, folhas e dos tecidos condutores
- Compreender as diferenças entre estruturas primárias e secundárias das raízes, caules e folhas

6. Material

| | |
|--|---|
| - Preparações definitivas de secções transversais de raízes, caules e folhas | Material de apoio: 1 – microscópio óptico |
|--|---|

7. Metodologia

Para cada uma das preparações definitivas, deve:

1. Desenhar a estrutura dos tecidos e legendar.
2. Indicar as características que permitem identificar cada uma das estruturas.

Trabalho nº 7 - Morfologia externa das plantas superiores: folha, caule, raiz, flor, inflorescência, fruto e frutificações.

FOLHA

1. Diferenciação da folha (presença ou ausência de bainha, pecíolo e/ou limbo)

1.1 bainha – base ou alongamento do pecíolo na união com o caule, que assegura uma ligação mais forte

– se está muito desenvolvida e envolve o entrenó, diz-se **invaginante**

1.2 pecíolo – união entre o caule e o limbo da folha

– quando presente a folha diz-se **peciolada**

– quando ausente, a folha diz-se **séssil**

– outras características a referir: comprimento, orientação (ângulo com o caule), forma da secção transversal e atributos (coloração, pilosidade, rugosidade, presença de espinhos ou acúleos)

1.3 limbo – lâmina, com uma página inferior e uma página superior

2. Caracterização da folha

a) em relação ao caule

a₁) disposição e orientação na planta (**filotaxia**)

– **equidistância** – **regra**: o ângulo de inserção das folhas do caule é sempre igual,

– **alternância** – **regra**: a inserção das folhas no caule ocorre sempre no espaço livre de inserção deixado pela folha imediatamente superior e a imediatamente inferior

- **disposição** (QUADRO 1) - alterna, oposto-cruzada ou decussada, dística, oposta, helicoidal, fasciculada, imbricada, verticilada, acaules

- **alterna** ou **dispersa** – uma folha em cada nó

- **oposta** – duas folhas em cada nó. Se o ângulo de inserção das duas folhas com o caule for 90°, diz-se **decussada**

- **verticilada** – mais do que duas folhas em cada nó

- **acaules** – quando as folhas estão agrupadas em roseta basal e os entrenós não são visíveis

– *tipos de inserção* (QUADRO 2) - peciolada, sésil ou rente, perfolhada, estipulada, amplexicaule, semi-amplexicaule, decorrente, ligulada

– *Razão de ordenamento das folhas ou divergência: a/b* , em que **a** é o número de hélices em redor do caule até encontrar uma nova folha no mesmo eixo vertical da folha inicial (ortóstico) e **b** é o número de folhas encontradas nessa hélice

$a/b = 1/2$ – **divergência dística** (uma volta com duas inserções)

$a/b = 1/3$ – **divergência trística** (uma volta com três inserções)

$a/b = 1/4$ – **divergência tetrástica** (uma volta com quatro inserções)

...

a₂) posição ou orientação da página inferior (**abaxial** ou **dorsal**) e superior (**adaxial** ou **ventral**)

– **dorsiventral** – página inferior voltada para o solo e a superior para cima, com tendência para a horizontalidade

– **equifaciais** ou **unifaciais** – quando as folhas mostram uma única das páginas, com tendência para a verticalidade

b) em relação às partes que a compõem

b₁) bainha – folhas invaginantes, presença ou ausência de lígulas

b₂) pecíolo – folha sésil ou peciolada, presença ou ausência de estípulas

b₃) limbo

b_{3.1}) **divisão ou composição**

b_{3.1.1}) folhas **simples**

b_{3.1.2}) folhas **compostas** - se o limbo se divide noutros limbos ou **folíolos** (QUADRO 3) - bifoliada, trifoliada, imparipinulada, paripinulada, bipinulada, digitada

- *número de folíolos par*, diz-se **paripinulada**; *número de folíolos impar*, diz-se **imparipinulada**

- tamanho da **pínula** (eixo ao longo do caule onde se inserem os folíolos); se todos os folíolos se inserem no mesmo ponto, diz-se **digitada**, ou **trifoliada** quando só tem três folíolos

- presença de eixos secundários (pínulas): folhas bipinuladas ou recompostas e cada um dos eixos secundário pode ser **paripinulado** ou **imparipinulado**
- presença de **peciólulos** (pecíolos dos folíolos) e de **estípúlulas** (pequenas estípulas na base dos folíolos)

b_{3.2}) forma geral do limbo – contorno do limbo das folhas ou folíolos
(QUADRO 4)

| | |
|---|--|
| 1. Relação comprimento/largura igual à unidade | ARREDONDADA ROMBOIDAL |
| 2. forma circular | |
| 2. forma quadrangular | |
| 1. Relação comprimento/largura diferente de 1 | LINEAR |
| 2. folhas muito estreitas, sem uma zona aparente de máxima largura e com as margens paralelas ao longo de quase todo o comprimento da folha | |
| 2. folhas com uma ou duas zonas de máxima largura | VIOLINA |
| 3. duas zonas de máxima largura no limbo | |
| 3. só uma zona de máxima largura | |
| 4. máxima largura na metade do limbo | OBLONGA |
| 5. relação c/l menor ou igual a 3 | |
| 5. relação c/l maior que 3 e menor ou igual a 6 | ELÍPTICA |
| 6. limbo com vértice acuminado | |
| 7. base do limbo acunheada; vértice sempre agudo | |
| 8. relação c/l não maior que 6 | LANCEOLADA |
| 8. relação c/l maior que 6 | |
| 7. base do limbo auriculada; muitas vezes o vértice apresenta uma sovela mais ou menos desenvolvida | SAGITADA |
| 8. aurículas basais voltadas para dentro | |
| 8. aurículas basais voltadas para fora | ALABARDINA |
| 4. máxima largura não está a meio do limbo | FALSIFORME |
| 5. máxima largura na metade inferior do limbo | |
| 6. eixo longitudinal médio da folha curvo | |

| | |
|---|---------------------|
| 6. eixo longitudinal médio da folha recto | DELTÓIDE |
| 7. limbo com forma quase triangular, vértice agudo e base truncada | |
| 7. limbo sem a forma anterior | OVADA |
| 8. vértice obtuso e base arredondada ou truncada, forma do limbo como a secção longitudinal de um ovo | |
| 8. vértice não obtuso e base auriculada | CORDIFORME |
| 9. vértice agudo geralmente assovelado | |
| 9. vértice arredondado | RENIFORME |
| 5. máxima largura na metade superior do limbo | OBOVADA |
| 6. vértice arredondado | |
| 7. base arredondada, forma do limbo como a secção longitudinal de um ovo invertida | |
| 7. base longamente acunheada | ESPATULADA |
| 6. vértice auriculado; base bruscamente acunheada | OBCORDIFORME |

ou, ainda, **acicular**, **ensiforme**, **oblanceolada**, **oval**, **peltada**.

Podem, ainda, referir-se limbos de transição: **ovada-arredondada**, **oblongo-lanceolada**, etc.

Descrição dos tipos de forma do limbo:

acicular ou acerosa – estreita, rígida e aguda, ou seja, limbo com eixo principal predominante em forma de agulha

alabardina – em forma de ferro de alabarda, terminada em ponta e com aurículas na base dirigidas para fora ou divergentes

arredondada – contorno arredondado, comprimento igual à largura

cilíndrica ou roliça – aspecto particular de folha linear, com secção arredondada, podendo ser ocas (ex. cebola)

cordiforme ou cordada – forma convencional de coração (ex. videira)

deltóide ou triangular – em forma de delta ou triângulo, truncada (truncada) na base

elíptica – contorno elíptico, relação comprimento/largura ligeiramente maior que a unidade e menor que 3, com largura maior na parte média

ensiforme ou **espadânea** – em forma de lâmina duma espada, alongada e um pouco curva, estreitando para a extremidade

escamiforme – em forma de escamas, imbricadas

lanceolada – em forma de ferro de lança, mais larga no meio e estreitando gradualmente para a extremidade, relação comprimento/largura não superior a 4 (ex.oliveira)

linear – estreita e comprida, com margens paralelas em grande extensão, eixo principal predominante

oblonga – contorno elíptico, relação comprimento/largura superior a 3 e inferior a 6

obovada - contorno semelhante ao corte longitudinal de um ovo, relação comprimento/largura ligeiramente maior que a unidade e maior largura do limbo a cerca de um terço do vértice para a base

ovada – contorno semelhante ao corte longitudinal de um ovo, relação comprimento/largura ligeiramente maior que a unidade e maior largura do limbo a cerca de um terço da base para o vértice, ou seja, dois eixos desiguais que se cruzam mais próximo da base

peltada – pecíolo inserido no meio do limbo

reniforme – limbo com um eixo e pecíolo inserido numa chanfradura; em forma de rim

sagitada – em forma de ferro de seta, terminando em ponta e com aurículas na base, ponteagudas como o vértice e viradas dentro

violina ou **violada** – limbo com dois eixos, que se estreita no meio

b_{3.3}) **forma do ápice ou vértice** (QUADRO 5) - acuminada, aguda, obtusa, arredondada, troncada, mucronada, apiculada, assovelada, aristada, chanfrada ou emarginada, obcordada

b_{3.4}) **forma da base** (QUADRO 6) - acunheada, arredondada, troncada, oblíqua, hastada, auriculada, cordiforme, auriculada-alabardina, auriculada-sagitada

b_{3.5}) **recorte marginal** – podem ser **inteiras** (ou ter ligeira ondulação) ou **recortadas** (QUADRO 7)

| | |
|---|---|
| 1. recortes obtusos (crenos) | CRENADA (crenulada se muito pequenos) |
| 1. recortes não obtusos 2. recortes agudos e patentes em relação ao eixo de simetria | DENTADA (denticulada se muito pequenos) |
| 2. recortes oblíquos e deitados em relação ao eixo de simetria | SERRADA (serrilhada se muito pequenos) |

ou, ainda, **ciliado, sinuado, ondulado, penati-lobado, penati-fendido, penati-secto, involuto, revoluto, bi-fendida, inciso, palmati-fendido**

Descrição dos tipos de recorte:

serrada – incisão aguda e oblíqua em relação à linha marginal do limbo

dentada – incisão, mais ou menos, perpendicular à linha marginal do limbo

crenada – incisão, mais ou menos, perpendicular à linha marginal do limbo, com a parte arredondada voltada para fora

lobada – recorte profundo em que a incisão não chega a atingir o meio da aba do limbo

fendida - recorte profundo em que a incisão ultrapassa ligeiramente o meio da aba do limbo

partida - recorte profundo em que a incisão atinge a nervura principal

secta – recorte tão profundo que a folha parece composta, porque a incisão chega e acompanha a nervura principal

- outras características do recorte:

– recorte pouco perceptível e suave - **subenteira** ou **remotamente** com recorte marginal

– recorte muito repetitivo ou aparecer **duplamente**

b_{3.6}) **nervação** – disposição das nervuras no limbo (QUADRO 8) - uninérvea, paralelinérvea, curvilíneo-paralelinérvea, peninérvea, trinérvea, palminérvea, nervura marginal

| | |
|--|---|
| 1. Folhas com uma nervura principal aparente 2. só uma nervura principal | UNINÉRVEA |
| 2.um nervura principal e secundárias que surgem delas, podem ocorrer nervuras marginais | PENINÉRVEA |
| 1. Folhas com mais do que uma nervura principal 2. todas as nervuras principais são paralelas | PARALELINÉRVEA (curvilíneo-paralelinérvea se curvadas seguindo o contorno da folha) |
| 2. todas as nervuras surgem de um mesmo ponto | PALMINÉRVEA (trinérvea se em número de três) |

Descrição dos tipos de nervação:

peninérvea – nervuras secundárias originam-se a partir da nervura principal, única, que é a continuação do pecíolo, e resultam numa rede entrelaçada de nervuras

palminérvea – nervuras de igual desenvolvimento (principais), que irradiam da base do limbo e das quais partem nervuras secundárias

paralelinérvea – nervuras paralelas e rectilíneas

curvinérvea – nervuras mais ou menos curvilíneas, segundo a margem do limbo

uninérvea – um só nervura

b_{3.7}) secção transversal

- **forma geral da secção transversal** - plana, angulosa, elíptica, canaliculada, cilíndrica, roliça

- **variações ao longo da secção** – curvatura das margens, consistência e espessura da secção, irregularidades

b_{3.8}) atributos –caracterizados quanto à coloração, indumento ou capacidade de reserva

- **coloração** – diferenciação das páginas do limbo ou de determinadas áreas, com variação de cor, intensidade, ponteados, diferente cor das nervuras; podem aparecer áreas não fotossintéticas ou **hialinas**, em zonas definidas do limbo (margens, vértice)
- **indumento** – tipo de indumento (pequenas membranas ou **papilas** à superfície do limbo, **espinhos**, **excrecências** que podem ser **pulverulentas**, **pêlos** (QUADRO 9)

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. Pêlos simples, sem ramificação | SIMPLES |
| 1. Pêlos ramificados | |
| 2. ramificação dicótoma e apical | BÍFIDOS |
| 2. ramificação dicótoma ou com mais divisões desde a base ou terço inferior ou desde a metade do pêlo | |
| 3. ramificação dicótoma | RAMIFICAÇÃO DICÓTOMA |
| 3. mais do que duas ramificações (três ou mais) | ESTRELADOS |

- Outras características dos pêlos – **glandulosos** (acumulação de substâncias como açúcares), tricomas (metamorfoses, com engrossamento do **pêlo**)

- **tipificação do indumento piloso presente ou não no limbo** (QUADRO 10) - **pêlos compridos** (acetinado, viloso, hirsuto, lanoso, hispido, setífero, tearâneo, celheado), **pêlos intermédios** (tomentoso, flocoso), **pêlos curtos** (pubescente, aveludado, puberulento, pulverulento, lanuginoso, glanduloso)

| | |
|---|--------------------|
| 1. O limbo não apresenta pêlos ou estes estão muito dispersos e isolados | GLABRA |
| 1. O limbo tem indumento de pêlos 2. pêlos compridos visíveis sem lupa 3. pêlos suaves 4. pêlos deitados sobre a superfície do limbo 5. indumento piloso pouco intenso, podendo diferenciar-se os pêlos por não estarem misturados entre eles | ACETINADO |
| 5. indumento piloso intenso e intrincado, só se podendo diferenciar os pêlos à lupa | TOMENTOSO |
| 4. pêlos erectos 5. indumento piloso não denso, podendo diferenciar-se os pêlos | VILOSO |
| 5. indumento piloso denso e sendo difícil diferenciar os pêlos entre eles 6. os pêlos não estão misturados uns com os outros e à lupa podem diferenciar-se bem | HIRSUTO |
| 6. os pêlos são crespos, misturados entre eles e dificilmente diferenciáveis | LANOSO |
| 3. pêlos grossos e mais rígidos 4. cerdas rijas, dificilmente flexíveis, aguçadas, com base forte engrossada (em ocasiões com tubérculo basal) e algo espinhosos | SETÍGERO |
| 4. pêlos não tão fortes e rijos como os anteriores, mas sempre patentes e grossos | HÍSPIDO |
| 2. pêlos curtos, só visíveis à lupa 3. indumento pouco denso, com pêlos perfeitamente diferenciáveis uns dos outros | PUBESCENTES |
| 3. indumento denso 4. os pêlos, embora muito apertados, podem diferenciar-se | AVELUDADO |
| 4. os pêlos são crespos e misturados entre eles | TOMENTOSO |

Descrição dos tipos de indumento piloso:

Pêlos compridos

acetinado – revestido de pêlos compridos, aplicados e brilhantes como o cetim

viloso – pêlos compridos, macios, mais ou menos levantados

hirsuto – coberto de pêlos compridos, flexíveis e densos

lanoso – coberto de pêlos compridos e crespos semelhantes a lã

celheado – com celhas, isto é, com pêlos que guarnecem a margem do órgão

híspido – revestido de pêlos compridos, rígidos, mais ou menos afastados

setígero – com sedas, pêlos rijos e fortes

urticante – com sedas com membrana muito mineralizada e providas de um líquido irritante

tearâneo – pelos compridos, finos e macios, metidos uns nos outros

Pêlos intermédios

tomentoso – revestido de tomento ou algodão, constituído por fios enleados uns nos outros, tão aconchegados e feltrados, que só se distinguem à lupa

flocoso – separa-se em flocos ou aglomerados irregulares e frouxos

Pêlos curtos

pubescente – revestido de pêlos curtos, pouco densos e moles

aveludado – coberto de pêlos curtos, densos, levantados com o aspecto de veludo; por vezes são estrelados

puberulento – revestido de pêlos curtíssimos e pouco densos

lanuginoso – pêlos crespos, macios e curtos

Descrição de outros tipos de indumento (não piloso):

escabroso, escabro ou áspero – quando a superfície se encontra salpicada de pequeninos grãos ou tubérculos que a tornam áspera

verrugoso – com verrugas ou excrescências

escamuloso – formado por pequenas escâmulas

pulverulento – semelhante a uma superfície coberta de pó





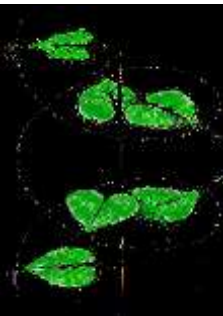



farinhoso – coberto de pó grosseiro, semelhante a farinha

polvilhoso – coberto de pó muito fino, de natureza cerosa, denominado polvilho ou pruína, conferindo cor azulada ou glauca









glanduloso – com glândulas

Podem, ainda, referir-se diferentes tipos de indumentos associados, como por exemplo, na face inferior da folha de na oliveira, que é **estrelado-escamulosa**.







QUADRO 1 – Disposição das folhas sobre o caule

| | | | |
|--|---|--|---|
|  <p>1. alterna</p> |  <p>2. oposto-cruzada ou decussada</p> |  <p>3. dística</p> |  <p>4. oposta</p> |
|  <p>5. helicoidal</p> |  <p>6. fasciculada</p> |  <p>7. imbricada</p> |  <p>8. verticilada</p> |













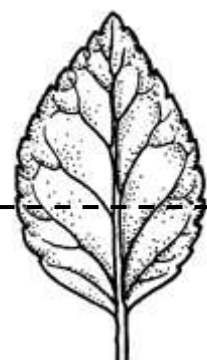

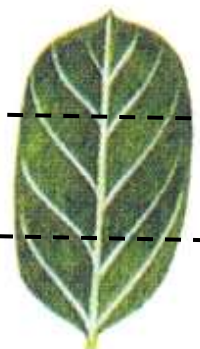
QUADRO 2 – Formas de inserção no caule



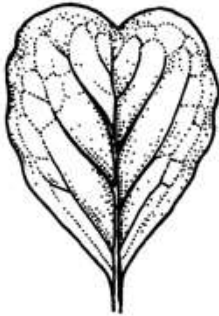





| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>pecíolo</p>  <p>1. peciolada</p> |  <p>2. séssil ou rente</p> |  <p>3. perfolhada</p> | <p>estípula</p>  <p>4. estipulada</p> |
|  <p>5. amplexicaule</p> |  <p>6. semi-amplexicaule</p> |  <p>7. decorrente</p> | <p>lígula</p>  <p>8. ligulada</p> |

QUADRO 3 – Tipos de folhas compostas













| | | |
|--|--|--|
|  <p>1. bifoliada</p> |  <p>2. trifoliada</p> |  <p>3. imparipinulada</p> |
|  <p>4. paripinulada</p> |  <p>5. bipinulada</p> |  <p>6. digitada</p> |

QUADRO 4 – Formas do limbo









| | | | | |
|---|---|---|--|--|
|  <p>1. acicular</p> |  <p>2. linear</p> |  <p>3. falsiforme</p> |  <p>4. ensiforme</p> |  <p>5. espatulada</p> |
|  <p>6. lanceolada</p> |  <p>7. oblanceolada</p> |  <p>8. sagitada ou auriculada</p> |  <p>9. hastada ou alabardina</p> |  <p>10. violina</p> |
|  <p>11. elíptica</p> |  <p>12. oval</p> |  <p>12. ovada</p> |  <p>14. obovada</p> |  <p>15. oblonga</p> |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
|  <p>16. deltóide ou triangular</p> |  <p>17. cordiforme</p> |  <p>18. obcordiforme</p> |  <p>19. orbicular ou arredondada</p> |  <p>20. reniforme</p> |
|  <p>21. peltada</p> |  <p>22. romboidal</p> |  <p>23. com gavinhas</p> | | |
















QUADRO 5 – Formas do ápice ou do vértice do limbo




| | | | | |
|--|--|--|---|--|
|  <p>1. acuminada</p> |  <p>2. aguda</p> |  <p>3. obtusa</p> |  <p>4. arredondada</p> |  <p>5. truncada</p> |
|  <p>6. mucronada</p> |  <p>7. apiculada</p> |  <p>8. assovelada</p> |  <p>9. aristada</p> |  <p>10. Cirrhose leaf</p> |
|  <p>11. chanfrada ou emarginada</p> |  <p>12. obcordada</p> | | | |

QUADRO 6 – Formas da base do limbo








| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 1. acunheada | 2. arredondada | 3. troncada | 4. oblíqua |
|  |  |  |  |
| 5. hastada | 6. auriculada -cordiforme | 7. auriculada -alabardina | 8. auriculada -sagitada |

QUADRO 7 – Tipos de recorte



| | | | | |
|--|---|---|---|---|
|  <p>1. inteira</p> |  <p>2. crenada</p> |  <p>3. crenulada</p> |  <p>4. dentada</p> |  <p>5. denticulada</p> |
|  <p>6. serrado</p> |  <p>7. serrilhado</p> |  <p>8. ciliado</p> |  <p>9. sinuado</p> |  <p>10. ondulado</p> |
|  <p>11. penati-lobado</p> |  <p>12. penati-fendido</p> |  <p>13. penati-secto</p> |  <p>14. involuto</p> |  <p>15. revoluta</p> |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  |  |  | |
| 16. bi-fendida | 17. incisa | 18. palmati-fendido | |

QUADRO 8 – Tipos de nervação

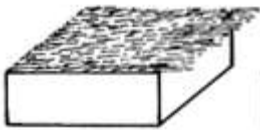
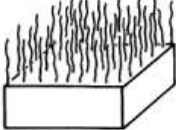
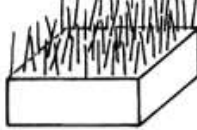
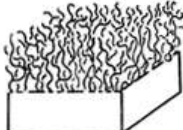
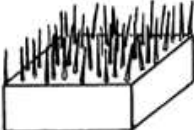


| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  | |
| 1. uninérvea | 1. paralelinérvea | 3. curvilíneo-paralelinérvea | |
|  |  |  |  |
| 4. peninérvea | 5. trinérvea | 6. palminérvea | 7. nervura marginal |

QUADRO 9 – Tipos de pêlos



| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 1. simples | 2. bifurcado | 3. forquilhada | 4. estrelado | 5. plumoso |

QUADRO 10 – Tipos de indumento

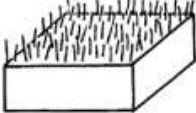
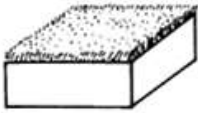
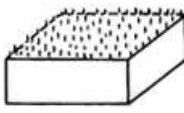
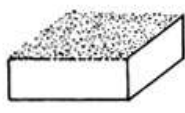
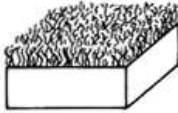
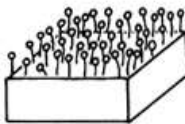
a) Pêlos compridos

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 1. acetinado | 2. viloso | 3. hirsuto | 4. lanoso |
|  |  | |  |
| 5. hispido | 6. setífero | 7. tearâneo | 8. celheado |

b) Pêlos intermédios

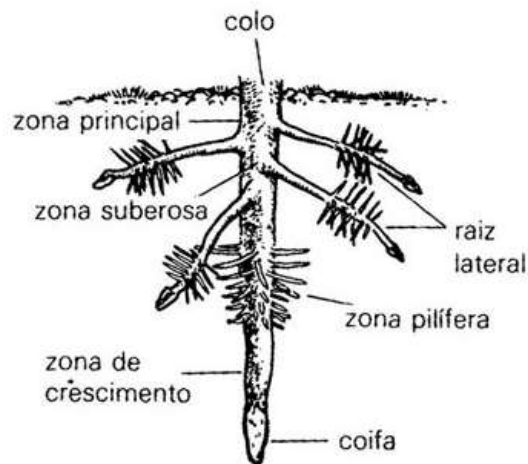
| | |
|---|--|
|  |  |
| 9. tomentoso | 10. flocoso |

c) Pêlos curtos

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 11. pubescente | 12. aveludado | 13. puberulento | 14. pulverulento |
|  |  | | |
| 15. lanuginoso | 16. glanduloso | | |

RAIZ E CAULE

1. **RAIZ** – **funções**: absorção e transporte de nutrientes e água, fixação da planta, acumulação de reservas
- constituída por **coifa ou caliptra** (camada de células que protege o topo da raiz durante o seu crescimento), **zona de crescimento** (mesmo acima da coifa e sem pêlos radiculares), **pêlos radiculares** (aumentam a superfície de absorção), **raízes laterais ou secundárias** (desenvolvem-se a partir do sistema vascular central), **raízes adventícias** (desenvolvem-se a partir dos caules ou folhas), **colo da raiz** (separa a raiz do caule ou do hipocótilo).



1.1 Caracterização da raiz

- sistema alorrizico ou raiz **aprumada** (A) – quando existe uma raiz principal, mestra ou gavião, profundante
- sistema homeorrizico ou raiz **fasciculada** (B) – quando não existe uma raiz principal (a raiz primária desaparece e é substituída por raízes adventícias, formadas na base do caule)
- sistema de **transição**



- forma – cónica, fusiforme, cilíndrica, nodosa (se possuir espessamento irregular), napiforme (aspecto arredondado e achatado), tuberiforme e filiforme
- inserção da raiz - colo da raiz (terminal) ou acima do colo da raiz (laterais)
- direcção – profundantes, pouco profundantes, plagiotrópicas, pastadeiras (ex: árvores de fruto)
- consistência – herbácea, sub-herbácea, carnuda, carnosa, sub-lenhosa, lenhosa, tuberculosa ou tuberosa, fistulosas
- aspectos da superfície – lisa, nodosidades (ex: leguminosas), coralóide (micorrizas)

1.2 Modificações adaptativas da raiz

a) **tuberização** – com acumulação de reservas (fasciadas; tuberoso-aprumada e tuberoso-fasciculada)

b) raízes adventícias

b₁) **aéreas** (pneumatóforos, tabulares, trepadoras, sugadoras) - desenvolvem-se no caule ou em certas folhas. Classificam-se em duas categorias: caulógenas (também denominadas normais) e adventícias, ambas de origem endógena

- **raiz respiratória ou pneumatóforo** - raízes de plantas que se desenvolvem em locais alagadiços, crescem verticalmente, emergindo da água e possuem poros que permitem a absorção de oxigénio atmosférico

- **raiz tabular** - raiz lateralmente achatada, como uma tábua; ocorre em árvores de grande porte e ajuda na fixação e estabilidade da árvore
- **raiz trepadora** – permitem sustentar a planta em suportes vivos e não vivos
- **raiz sugadora, cintura ou estranguladora** – raízes adventícias que abraçam outra planta estrangulando-a e levando à sua morte por falta de circulação de água e nutrientes
- **raiz suporte ou escora** - quando uma planta possui um caule ou um conjunto de raízes muito fraco e as raízes são responsáveis pela ajuda na sustentação da planta
- **raiz velame** – raízes finas e aéreas que têm a função de absorver água da atmosfera
- **raiz sugadora ou haustório** - plantas parasitas, que se fixam sobre uma planta na qual as suas raízes finíssimas penetram e sugam nutrientes, ex. erva-de-passarinho (*Viscum album*)

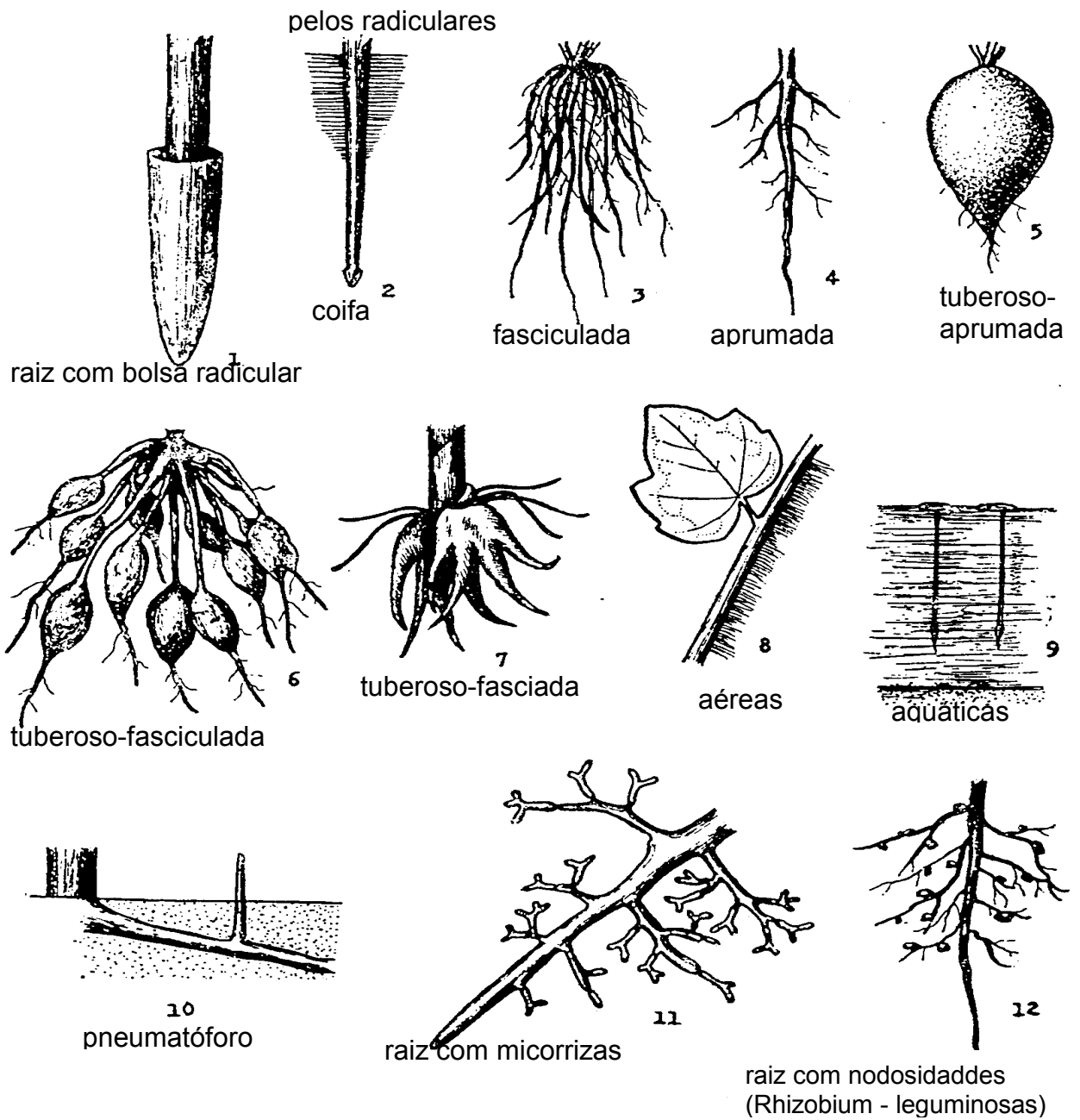
b₂) **subterrâneas**

b₃) **aquáticas** – raízes submersas, sem pêlos radiculares e com extremidade protegida por bolsa radicular

c) **nodosidades e micorrização**

c₁) **nodosidades** – resultam do estabelecimento de relações endossimbióticas com bactérias fixadoras de azoto

c₂) **micorrização** – resultam do estabelecimento de relações simbióticas com fungos, cujos micélios substituem os pêlos radiculares das plantas, podendo localizar-se no interior ou exterior da raiz e originando a sua bifurcação





pneumatóforo (*Taxodium distichum*)



raiz escora



raiz aquática



raiz aérea

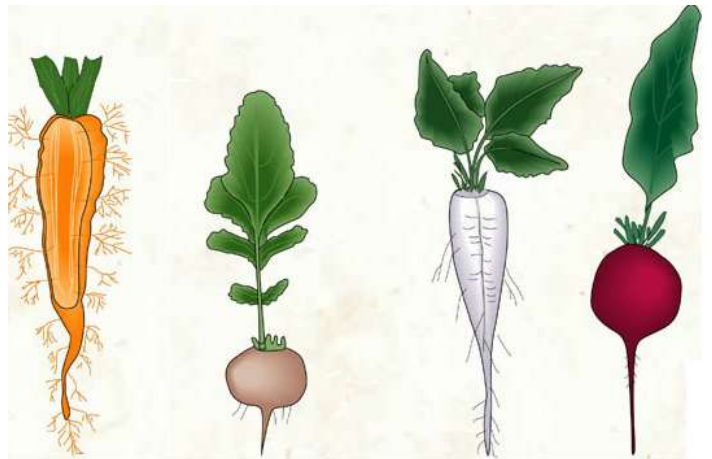
(*Hedera helix*)



raiz sugadora

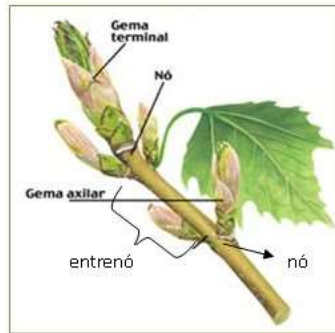


raiz velame (*Ficus elastica*)



raízes tuberosas

2. **CAULE – função:** dar às folhas a disposição favorável, estabelecer comunicação entre a raiz e as folhas, acumulação de reservas, assimilação de clorofila
- eixo, constituído por **nós** (pequenas elevações no caule onde se inserem outros órgãos) e **entrenós** ou meritalos (intervalos entre dois nós sucessivos) e com **meristemas** apicais e laterais



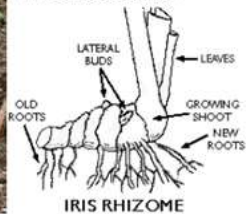
2.1 Caracterização do caule – acaules (sem caule) ou caulescente, caules erectos, suberectos, intermédios, subprostrados ou prostrados

- **tronco** – caule erecto lenhoso, geralmente cónico, com ou sem ramificações
- **espique** - caule erecto lenhoso, cilíndrico, sem ramificações e coroado por um tufo de folhas
- **colmo** - caule erecto herbáceo, com nós bem marcados e entrenós envolvidos pelas bainhas de folhas invaginantes
- **escapo ou hástrea** - caule erecto herbáceo, florífero, sem nós; geralmente ocorre em plantas que são acaules até à floração
- **estolho** – caule prostrado que enraíza nos nós, que no estado adulto pode ser decumbente ou ascendente
- **sarmento** – caule trepador, geralmente delgado, flexível, lenhoso, cuja direcção varia com o suporte; podem ser volúveis (em hélice) ou possuir órgãos apendiculares (gavinhas, raízes laterais, espinhos ou acúleos – formações de tecido cortical, que terminam de forma aguda e que se tornam rígidas com a idade e os primeiros têm ligação aos feixes condutores)
- **tubérculo** – caule subterrâneo, volumoso não muito alongado, com parênquima rico em reservas nutritivas e sem raízes
- **rizoma** - caule subterrâneo com folhas escamiformes (catafilos) e gemas com disposição regular
- **bolbo** - caule subterrâneo muito curto, revestido de folhas escamiformes, ricas em substâncias nutritivas, e com raízes adventícias na base

- bolbo **tunicado** – escamas longas que se cobrem completamente
- bolbo **escamoso** – escamas numerosas imbricadas umas nas outras
- bolbo **sólido** – compacto e rodeado de poucas escamas



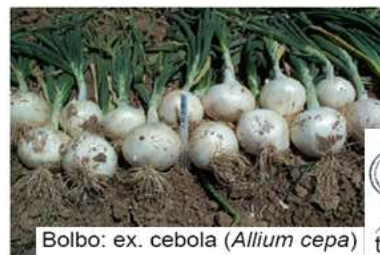
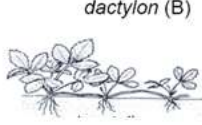
Rizoma: ex. *Iris*



Tubérculo: ex. *Solanum tuberosum*, *Rhapanus sativus*



Estolho: ex. *Fragaria vesca* (A), *Cynodon dactylon* (B)



Bolbo: ex. cebola (*Allium cepa*)



tunicado



Caule florífero frequente nas plantas bolbosas



Colmo



Espique: caule das palmeiras



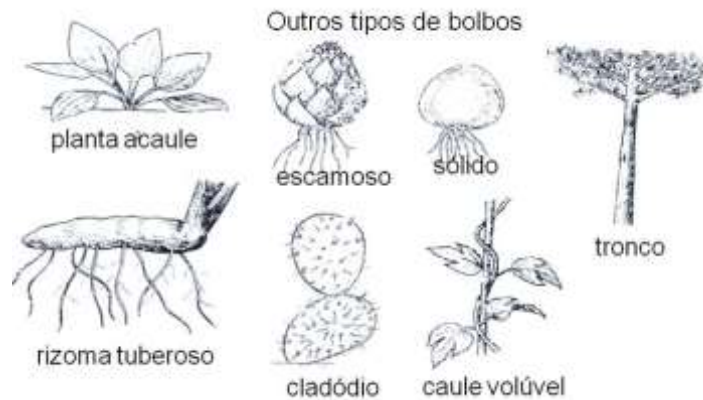
Sarmento: ex. *Vitis vinifera*

Característico de plantas lenhosas trepadoras



Turião: ex. *Asparagus* spp. *Rubus* spp.

Rebento caulinar aéreo de origem subterrânea



- situação – aéreos, subterrâneos, aquáticos, outros (subterrâneos+aéreos - cana vulgar)
- forma – cónicos, cilíndricos, achatados ou comprimidos, piramidais ou prismáticos, delgados, filamentosos ou capilares
- número de caules (unicaule, multicaule)
- consistência - herbáceo (tecido tenro e pouco espesso), sub-herbáceo, lenhoso (maior quantidade de tecidos lenhosos), sub-lenhoso, carnudo ou suculento (volumoso e com reservas), fistuloso (oco), meduloso, maciço (espaço da medula muito reduzido), compressível (ex. juncos)
- distância entrenós

a) **ramificação**

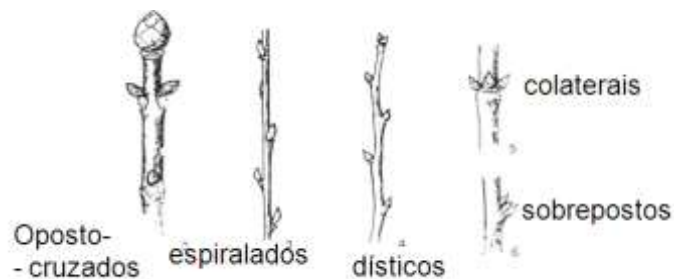
a₁) **origem da ramificação** – acrotonia (gemas mais distantes), mesotonia (gemas de posição média), basitonia (gemas basais)

- gemas - formam-se a partir de meristemas ou pontos vegetativos
- gomos - quando protegidos por escamas, ex. fruteiras em geral
- olhos - quando protegidos por folhas, ex. batateira; dália

Caracterização das gemas, gomos ou olhos:

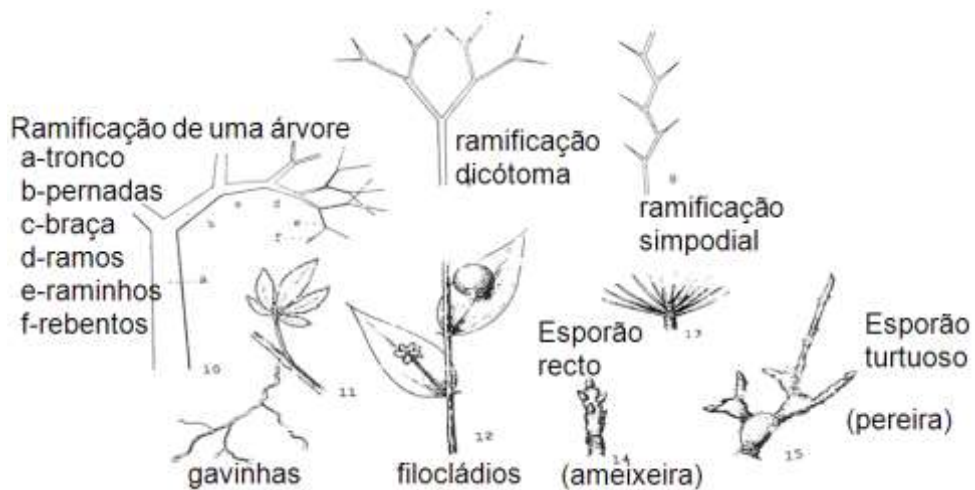
- quanto à situação – aéreos, superficiais, subterrâneos, aquáticos

- quanto à posição - terminais (extremidades), axilares, adventícios (ao acaso)
- quanto à disposição - colaterais (ao lado), sobrepostos (em cima)
- quanto à natureza – folheares (originam folhas), florais, alabastros ou botões (originam flores), mistos (originam folhas e flores)
- quanto à inserção - alternos (espiralados e dísticos), opostos (oposto-cruzados ou decussados), verticilados
- quanto à forma – ovóides, cónicos, arredondados, elipsóides e oblongos
- quanto à evolução - formação pronta (tudo num ciclo), hibernantes (de um ano ao outro), dormentes (abrolha ao fim de vários anos)



a₂) organização da ramificação

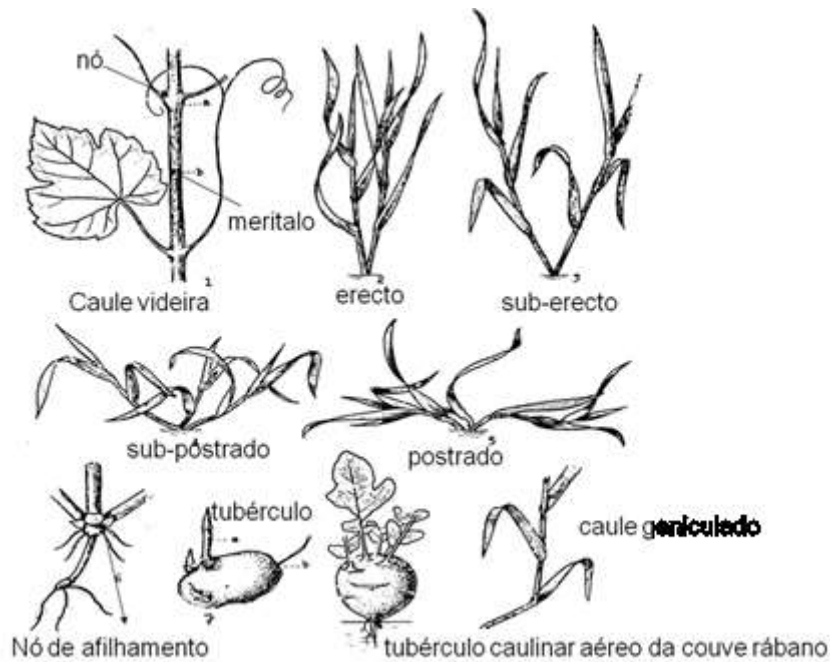
- lateral - lateral monopodial (em cachos), lateral simpodial
- cimeira (sem desenvolvimento da gema apical) – pleiocásio (várias ramas laterais), dicásio (ramas laterais duas a duas), monocásio (uma rama lateral que toma o comportamento da principal)
- dicótoma



a₃) **crescimento dos ramos** - macroblastos (crescimento indeterminado ou ilimitado), braquiblastos (caules curtos sem crescimento apical)

b) **orientação** – erecto (vertical), sub-erecto (< 45°), prostrados (± horizontal), sub-prostrado (prostrado que depois cresce no sentido vertical), decumbente (orientação intermédia, que descai até tocar no solo), ascendente (prostrado que depois cresce no sentido vertical), trepador (toma a orientação do suporte), difuso





c) **secção transversal** – roliça (secção circular arredondada), elíptica ou lenticular, poligonal ou angulosa (poligonal, tetragonal - ex. faveira, trigonal ou triangular - ex. junça), alado, espalmada (ex. *Opuntia* sp.), esférica (ex. alguns cactos)

d) **atributos**

d₁) **rugosidade e sinuosidade** – liso, rugoso, estriado, costado-estriado, sulcado, canelado, com lentículas que se destacam (placas – ex. plátano, fitas – ex. eucalipto, anéis – ex. cerejeira, tiras – ex. videira)

d₂) **pilosidade** - tipo de pêlo

Quadro 1 – Tipo de pêlo

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. Pêlos simples, sem ramificação | SIMPLES |
| 1. Pêlos ramificados | |
| 2. ramificação dicótoma e apical | BÍFIDOS |
| 2. ramificação dicótoma ou com mais divisões desde a base ou terço inferior ou desde a metade do pêlo | |
| 3. ramificação dicótoma | RAMIFICAÇÃO DICÓTOMA |
| 3. mais do que duas ramificações (três ou mais) | ESTRELADOS |



e) **coloração** - diferenciação do caule ou de determinadas áreas, com variação de cor, intensidade, ponteados, áreas não fotossintéticas ou hialinas

2.2 Modificações adaptativas do caule

a) geração vegetativa de novos indivíduos

- rizomas – caules de origem e desenvolvimento subterrâneo, com escamas folhosas (catáfilos)
- estolhos – caules subterrâneos com origem na parte aérea do caule, que depois se podem desenvolver hipogeamamente

b) armazenamento de água e/ou matéria orgânica

- b₁) tuberizações – engrossamento de estolhos ou rizomas, engrossamento caulinar
- b₂) bolbos – entunicados ou tunicados (escamas que se envolvem completamente umas às outras), escamosos (escamas sobrepostas sem se envolverem entre elas), sólidos (disco tuberoso com poucas escamas que não têm reservas)
- b₃) caules suculentos – redução da parte aérea e aumento do volume caulinar

c) **complementos do caule** – escapes (sustentação das inflorescências), cladódios (alargamento do caule para aumentar a área fotossintética, mantendo a gema na sua superfície), gavinhas (adaptação de caules para sustentação), espinhos – com tecido vascular - e acúleos - sem tecido vascular (adaptação de caules para protecção)

Trabalho nº 8 – Extracção de pigmentos das plantas.

Pigmentos Fotossintéticos

1. Introdução

Os pigmentos são moléculas capazes de absorver a radiação do espectro visível da luz solar.

Os principais pigmentos fotossintéticos são as clorofilas, mas existem também pigmentos acessórios como as ficobilinas e os carotenos.

Cada tipo de pigmento tem uma característica e absorve também radiações com comprimentos de onda característicos.

Quadro 1 – Pigmentos Fotossintéticos

| Pigmento | Tipo | Cor | Distribuição |
|--------------|--------------|----------|--|
| Clorofilas | a | Verde | Plantas, algas, cianobactérias |
| | b | | Plantas, algas verdes |
| | c | | Algas castanhas, diatomáceas |
| | d | | Algas Vermelhas |
| Carotenóides | Carotenos | Laranja | Todos os fotossintéticos excepto as cianobactérias |
| | Xantofilas | Amarela | Algas castanhas, diatomáceas |
| Ficobilinas | Ficoeritrina | Vermelha | Algas vermelhas, cianobactérias |
| | Ficocianina | Azul | |

A luz solar é constituída por diferentes espectros, consoante o comprimento de onda e o nível de energia dos fotões que constituem o raio luminoso. O olho humano apenas consegue receber um conjunto limitado de radiações. A luz que o ser humano consegue visualizar chama-se luz visível.

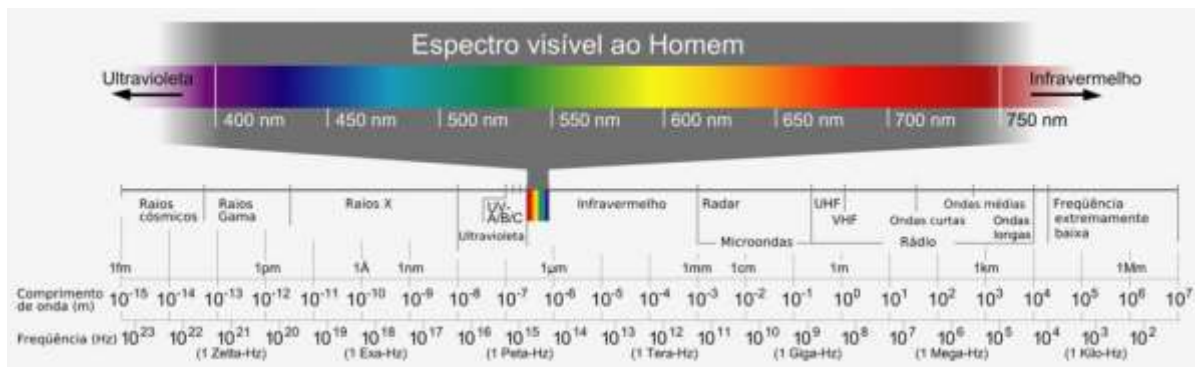


Figura 1 - Espectro electromagnético

A luz visível ao Homem é apenas a que apresenta um comprimento de onda entre os 400nm e os 750nm.

O gráfico que se segue relaciona o espectro de absorção de cada um dos tipos de pigmentos com o espectro de acção da fotossíntese. Como se pode observar, quanto maior a capacidade de absorção de radiação dos pigmentos, maior a taxa fotossintética. Estes dados confirmam que a luz e os pigmentos fotossintéticos são fundamentais para a ocorrência da fotossíntese.

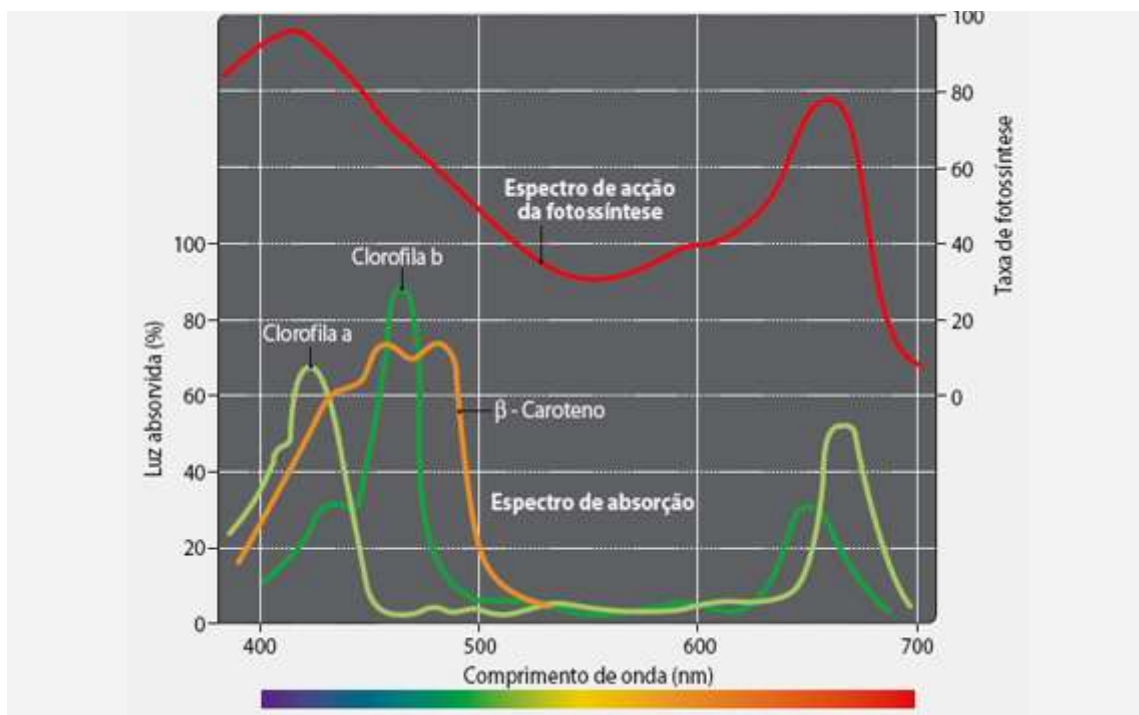


Figura 2 - Espectro de absorção dos diferentes pigmentos fotossintéticos comparado com o espectro de absorção da fotossíntese. É o somatório de todos os espectros de absorção que permite que a fotossíntese consiga ser mais eficaz num maior número de comprimentos de onda. Fonte: Areal Editores

Os vários pigmentos absorvem radiações em diferentes comprimentos de onda, o que, na realidade, permite alargar o espectro de acção da fotossíntese a uma maior gama de radiações.

Porque é que as folhas são verdes?

Da quantidade de luz que incide numa folha, parte é absorvida e a que resta é reflectida. O nosso olho capta essa luz que é reflectida. Agora repara bem no comprimento de onda que as clorofilas absorvem. A cor verde corresponde ao somatório dos comprimentos de onda que não são absorvidos pelos pigmentos fotossintéticos.

2. Objectivos

- Conhecer os diferentes pigmentos
- Explicar a utilização de diferentes solventes para diferentes pigmentos

3. Material

| | | |
|---|--|-------------------------------|
| Material biológico: 1 – Folhas de diferentes plantas | Material de apoio: 1 – Papel de filtro 2 – Almofariz e pilão 3 - Tesoura 4 – Vareta 5 - Goblé | Reagentes: 1 – Acetona 80% |
|---|--|-------------------------------|

4. Metodologia

1. Coloque de 5 g de folhas de cada uma das espécies num almofariz.
2. Triture os 5 g de folhas juntamente com uma solução de acetona (80%).
3. Filtre os compostos para um goblé.
4. Coloque um pedaço de papel de filtro no goblé e aguarde 10 minutos
5. Registe o observado

5. Questões

1. Identifica os diferentes pigmentos fotossintéticos observados.
2. Refira a principal função dos pigmentos fotossintéticos.
3. Explique a mudança de coloração das folhas no Outono.

Trabalho nº 9 – Fotossíntese. Consumo de CO₂ e libertação de O₂.

1. Introdução

O termo fotossíntese significa, literalmente, “síntese com utilização a luz”. Os organismos fotossintéticos captam e utilizam a energia solar para oxidar H₂O, libertam O₂, e para reduzir CO₂, produzindo compostos orgânicos, primariamente açúcares. Esta energia armazenada nas moléculas orgânicas é utilizada nos processos celulares da planta e serve como fonte de energia para todas as formas de vida. O mesofilo é o tecido mais activo em termos de fotossíntese. As células desse tecido foliar contêm muitos cloroplastos, organelos circundados por uma dupla membrana, os quais possuem um pigmento verde especializado, a clorofila.

Nos cloroplastos, a luz é absorvida pelas moléculas de clorofila e a energia é colhida por duas diferentes unidades funcionais, conhecidas como fotossistemas. A energia da luz absorvida é utilizada para impulsionar a transferência de electrões através de uma série de compostos que agem como dadores e aceitadores de electrões. A maioria dos electrões é utilizada para reduzir NADP⁺ para NADPH. A energia da luz é utilizada, também, para gerar um gradiente de protões entre o estroma e o lúmen dos tilacóides, o qual é usado para síntese da ATP. Os produtos destas reacções (ATP e NADPH) são usados para a síntese de açúcares nas reacções de fixação e redução de CO₂.

2. Objectivos

- Conhecer o processo de fotossíntese e a necessidade de luz para a sua realização

3. Material

| | | |
|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Material biológico: | Material de apoio: | Reagentes: |
| 1 – Planta Elodia | 1 – Funil | 1 – Água |
| | 2 – Goblé | 2 – Bicarbonato de sódio |
| | 3 – Tubo de ensaio | |
| | 4 – Banho Maria | |
| | 5 – Goblé | |
| | 6 – Placas de Petri | |

4. Metodologia

1. Coloque 750 mL de água num goblé.

2. Dissolva 15 g de bicarbonato de sódio em 750 mL de água.
3. Coloque as plantas de elodea no funil, vire ao contrário o funil e coloque num goblé.
4. Deite neste goblé a solução de bicarbonato de sódio até um dedo acima da extremidade do funil.
5. Encher um tubo de ensaio com água.
6. Colocar a experiência num local iluminado.
7. Registe o que observa.

5. Questões

1. Explique o que observou.
2. Explique a utilização de bicarbonato de sódio.

Trabalho nº 10 – Fotossíntese e produção de amido.

1. INTRODUÇÃO

Todos os seres eucarióticos fotossintéticos, desde a mais primitiva alga até a mais avançada Angiospermica, reduzem CO_2 para hidratos de carbono, via o ciclo de Calvin, descrito originalmente para espécies C3. O ciclo da Calvin consiste de três fases: carboxilação, redução e regeneração.

- Carboxilação

$\text{CO}_2 + \text{ribulose-1,5-bisFosfato} \rightarrow \text{intermediário instável} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ (3 – fosfoglicerato)}$
(5C) (6C) 2 (3C)

obs: O intermediário instável é o 2-carboxi-3-cetoarabinitol-1,5-bifosfato.

O 3-Fosfoglicerato é o primeiro intermediário estável do ciclo de Calvin.

A reacção descrita acima é catalisada pela enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase, conhecida como rubisco. Esta enzima é a principal proteína encontrada em folhas verdes, correspondendo a até 40% da proteína total deste órgão. A rubisco, como o próprio nome indica, tem actividade carboxilásica e oxigenásica, embora a afinidade pela carboxilação assegure a ocorrência da fotossíntese mesmo que a concentração de CO_2 seja muito menor que a de O_2 , como ocorre normalmente na natureza.

- Redução

A fase de redução consiste na utilização do ATP e do NADPH formados durante a fase fotoquímica da fotossíntese para reduzir o ácido 3-fosfoglicérico para produzir o primeiro açúcar, o gliceraldeído 3-fosfato (triose-fosfato).

$3 \text{ – fosfoglicerato} + \text{ATP} + \text{NADPH} \rightarrow \text{triose-fosfato} + \text{ADP} + \text{Pi} + \text{NADP}^+$

Parte do gliceraldeído-3-fosfato formado é utilizado na regeneração da ribulose-1,5-bisfosfato e outra parte é utilizada para síntese de amido, sacarose e todos os demais constituintes do vegetal (paredes celulares, membranas, proteínas, organelas, etc.).

- Regeneração

Nesta fase, as trioses-fosfato (gliceraldeído 3-fosfato) regeneram o aceitador inicial de CO_2 (ribulose-1,5- bisfosfato), com gasto de ATP. Este estágio envolve várias interconversões através da acção de isomerases, epimerases, transcetolases, fosfatase e uma quinase.

b) Síntese de Sacarose e Amido A sacarose é a principal forma de hidrato de carbono que é translocada na planta, via floema. Já o amido é um hidrato de carbono insolúvel, de reserva, presente em quase todas as plantas. O interessante é que tanto a sacarose como o amido são gerados a partir da triose-fosfato gerada no ciclo de Calvin.

A síntese de amido ocorre no cloroplasto e se dá pela formação de ADP-glucose. A partir da adição de ADP-glucose forma-se um polímero de glucose unido por ligação glicosídica α -1,4. A síntese de sacarose, por sua vez, ocorre no citosol e se dá pela formação de UDP-glucose que se combina com frutose-6-fosfato e produz a sacarose-6-fosfato. Esta última é convertida para sacarose por acção de uma fosfatase. As sínteses de amido e de sacarose apresentam praticamente os mesmos intermediários (frutose-1,6-bisfosfato, frutose-6-fosfato, glucose-1-fosfato, etc.). No entanto, estas vias biossintéticas possuem isoenzimas, que são únicas para cloroplasto e citosol. O que determina o destino do gliceraldeído-3-fosfato produzido na fotossíntese?

Produce amido ou sacarose?

As concentrações relativas de ortofosfato e triose-fosfato (gliceraldeído- 3-fosfato) são os principais factores que controlam se o carbono fixado fotossinteticamente é alocado como amido nos cloroplastos ou como sacarose no citosol. Estes dois compartimentos comunicam-se pelo translocador de fosfato/triose-fosfato. O ortofosfato em direcção ao cloroplasto e triose-fosfato para o citosol.

Situação 1: \downarrow [ortofosfato no citosol] \Rightarrow \downarrow exportação de triose-fosfato para o citosol \Rightarrow \uparrow síntese de amido no cloroplasto

Situação 2: \uparrow [ortofosfato no citosol] \Rightarrow \uparrow exportação de triose-fosfato para o citosol
 \Rightarrow \uparrow síntese de sacarose no citosol

3. Objectivos

- Conhecer produto da fotossíntese
- Conhecer o processo de fotossíntese e a necessidade de luz para a sua realização

5. Material

| Material biológico: | Material de apoio: | Reagentes: |
|--|---|------------------|
| 1 – Planta com folhas verdes e brancas | 1 – Soluto de lugol 2 – Papel de alumínio 3 – Placa de Aquecimento 4 – Banho Maria 5 – Goblé 6 – Placas de Petri | 1 – Álcool a 90% |

6. Metodologia

1. Coloque a planta num ambiente sem luz, durante 48 horas.
2. Tape uma folha com papel de alumínio e coloque a planta à luz durante algumas horas.
3. Corte uma folha que não tenha sido coberta (A) e a folha tapada (B).
4. Introduza essas folhas em água a ferver durante 5 minutos.
5. Introduza as folhas em álcool em ebulição (78.37 °C) em banho-Maria até ficarem descoradas.
6. Coloque as folhas descoradas numa placa de petri com o soluto de lugol.
7. Registe o observado

6. Questões

1. Explique a diferença de resultados no que respeita à presença/ausência de amido.
2. Explique a não distribuição uniforme de amido na folha.

Trabalho nº 11 - Movimento da água nas plantas.

1. Introdução

Transpiração envolve perda de vapor de água da parte aérea da planta. O processo de transpiração das plantas é crucial para a absorção de água e nutrientes minerais do solo. Ela controla indirectamente a ingestão de dióxido de carbono para a fotossíntese.

A transpiração é um importante processo fisiológico em plantas, pelo qual ocorre perda de água pelas aberturas dos estomas.

Definitivamente, a transpiração ocorre quando os estomas estão abertos. Então, o que controla a abertura e fechamento dos estomas? A pressão hidrostática de partes de plantas superiores e de humidade do solo em conjunto desempenha um papel importante na abertura dos estomas.

2. Objectivos

- Conhecer e saber descrever a o processo de transpiração nas plantas.
- Identificar os órgãos envolvidos

3. Material

| | | |
|---------------------|-----------------------|--|
| Material biológico: | Material de apoio: | Reagentes: |
| 1 – Aipo | 1 – Bisturi | 1 – Corante Alimentar Verde e Vermelho |
| | 2 – Lamina de barbear | Água |
| | 3 – Tesoura | |
| | 4 – Placas de Petri | |

4. Metodologia

1. Selecione dois pedaços (A e B) de aipo curtos e de igual comprimento.
2. Corte com uma tesoura as folhas a um dos pedaços (B).
3. Efectue um corte transversal com o bisturi na base dos caules.
4. Divida longitudinalmente com o auxílio de um bisturi, uma porção da metade inferior dos dois caules.
5. Monte os dois conjuntos nas placas de petri, com soluções diluídas de corante alimentar.
6. Coloque as experiências num local iluminado e arejado e aguarde um dia.
7. Efectue cortes transversais com o bisturi, a partir da extremidade superior, nos conjuntos A e B, e registe a distância percorrida pelo corante em cada um.

5. Questões

1. Identifique as estruturas coradas.
2. Formule uma hipótese que explique as diferenças verificadas entre A e B.

Trabalho nº 12 - Movimento da água nas plantas.

1. Objectivos

- Conhecer e saber descrever a o processo de transpiração nas plantas.
- Identificar os órgãos envolvidos

2. Material

| Material biológico: | Material de apoio: | Reagentes: |
|-------------------------------|--------------------------------|------------|
| 1 – Planta de Ficus benjamina | 1 – Saco plástico transparente | |
| | 2 – Régua | |
| | 3 – Caneta de acetato | |
| | 4 – Tabuleiro cheio de água | |
| | 5 – Frasco | |
| | 6 – Tesoura | |
| | 7 – Elástico | |
| | 8 - Óleo | |

3. Metodologia

1. Corte a extremidade do ramo o mais oblíquo possível, no tabuleiro dentro de água.
2. Sem retirar os caules da água inserir no frasco, sem que os caules entrem em contacto com o ar.
3. Tirar o frasco do tabuleiro.
4. Inserir uma película de óleo no frasco.
5. Inserir a régua dentro do frasco.
6. Observar até onde vai o início do óleo. Marcar na régua este valor.
7. Isolar o ramo de folhas dentro do saco plástico, fechar com o fio/ elástico.
8. Observe o nível de óleo pelo menos um dia após a experiência.

4. Questões

1. Formule uma hipótese que explique a perda de água.