

## **Botânica: A Diversidade, Anatomia e Fisiologia das Plantas – PARTE I**

### ***A Importância das Plantas***

A cerca de 500 milhões de anos atrás na Terra, encontraríamos continentes desérticos em relação a existência de vida. Nessa época, os seres vivos ocupavam apenas mares e lagos. Os primeiros organismos a ocuparem a terra firme, ao que tudo indica foram às algas verdes primitivas, ancestrais das plantas atuais. O ambiente era extremamente seco e com uma vasta área a ser conquistada e livre de competidores. Graças a auto-suficiência das plantas, não precisavam de outros seres vivos para se estabelecerem em terra firme. Assim, a conquista da terra firme pelas plantas tornou esse ambiente convidativo para os animais que podiam utilizar plantas como alimento. Possivelmente, os primeiros a empreender essa conquista foram os artrópodes primitivos, ancestrais dos insetos e dos aracnídeos atuais. Logo depois outros grupos de animais invadiram a terra firme entre eles o grupo dos vertebrados.

Se as plantas não tivessem ocupado os continentes, não estaríamos aqui hoje. Se elas desaparecessem, nossa sobrevivência e a de milhões de outros animais ficaria seriamente ameaçada, pois nos alimentamos direta ou indiretamente dos vegetais. Ao comer pão, arroz e batata, por exemplo, os mais tradicionais alimentos da humanidade, estamos ingerindo substâncias orgânicas que as plantas produzem por meio da fotossíntese. Mesmo quando comemos um ovo ou um bife, estamos ingerindo energia que as plantas captaram originalmente da luz solar: as substâncias orgânicas que compõem as estruturas dos animais são produzidas a partir de vegetais que eles ingeriram como alimento. Além da função de grau alimentício as plantas desenvolvem uma função de suma importância para toda a humanidade e para todos os outros seres vivos, em relação a liberação de gás oxigênio para a atmosfera, que é usado pelos seres aeróbicos como comburente para substâncias orgânicas ingeridas na alimentação, sendo utilizadas pelas mitocôndrias no processo de respiração celular promovendo a liberação de energia para o organismo, mantendo os processos vitais dos seres vivos em geral.

### ***Tendências Evolutivas dos Vegetais***

Acredita-se que os vegetais terrestres tenham se originado a partir de grupos primitivos de algas verdes, que deram origem também, às atuais

clorofíceas. As algas pardas e vermelhas teriam sido originadas por outros grupos primitivos de organismos. Os pigmentos fotossintetizantes das clorofíceas são os mesmos encontrados nas plantas terrestres: Clorofila A e clorofila B. Este fato aproxima evolutivamente as clorofíceas das plantas terrestres.

Na passagem evolutiva das plantas aquáticas (algas) para o ambiente terrestre, foram selecionadas transformações que surgiram ao acaso e que se mostraram adaptativas às novas condições ambientais. No ambiente terrestre, os organismos enfrentaram problemas diferentes dos que encontraram no ambiente aquático, sendo o mais importante deles a falta de água. No ambiente aquático, as plantas absorvem água diretamente do meio que as circunda, não existindo células ou tecidos especializados na absorção e condução da água. No ambiente terrestre, a quantidade de água sob forma líquida é bem menor, estando a maior parte acumulada no interior do solo. Estruturas como rizóides e raízes, exercendo funções de absorção de água e fixação da planta ao solo, foram positivamente selecionadas propiciando a expansão das plantas para o ambiente terrestre. Além do problema de obtenção de água, as plantas, enfrentam o problema da perda de água devido a transpiração. O surgimento de cutículas impermeáveis e de estruturas denominadas de estômatos, dotadas de poros que podem abrir e fechar de modo a controlar a saída de água das plantas, também contribuiu para o sucesso das plantas no meio terrestre.

Outra modificação que se mostrou altamente vantajosa foi o desenvolvimento dos tecidos de sustentação e de transporte, ausentes nas algas e nas briófitas. Os tecidos de sustentação permitiram que as plantas se mantivessem eretas, buscando melhores condições de luminosidade. Os tecidos condutores permitiram a condução de água e dos sais minerais, retirados do solo pelas raízes (seiva bruta), para as partes superiores das plantas até as folhas, onde, através da fotossíntese, são produzidas substâncias orgânicas. Estas, juntamente com a água (seiva elaborada), são transportadas pelos tecidos condutores, das folhas até às raízes, distribuindo alimentos às demais células da planta. Os tecidos de sustentação e de transporte propiciaram o surgimento de plantas de grande porte. Os vasos condutores de seiva surgiram inicialmente nas pteridófitas, plantas consideradas as primeiras entre as tipicamente terrestres.

Ao longo da evolução dos seres vivos, os processos reprodutivos envolvendo fenômenos sexuais, que são aqueles em que se verifica mistura do material hereditário entre indivíduos da mesma espécie, foram positivamente selecionados, pois mostraram-se

altamente vantajosos, propiciando novas combinações genéticas que podem dar aos indivíduos maior adaptabilidade ao meio onde vivem. Quanto a reprodução sexuada, o grande passo que favoreceu a exploração do ambiente terrestre pelas plantas foi a diminuição da dependência da água para a reprodução. As algas reproduzem-se sexuadamente através de gametas moveis flagelados que se deslocam no meio aquático. Tal mecanismo, obviamente, não é suficiente no meio terrestre. AS briófitas e as pteridófitas ainda são plantas que dependem da água para a reprodução, pois seus gametas masculinos são flagelados, havendo necessidade de gotas de chuva ou de orvalho para que entrem em contato com o gameta feminino. Em função disso, essas plantas estão restritas a ambientes úmidos. Nas gimnospermas e angiospermas, já não há mais essa dependência da água para a reprodução. Os elementos reprodutores masculinos são imóveis, sendo levados até os elementos femininos através de diferentes agentes de polinização, como vento, os pássaros e os insetos.

### **Grandes Grupos de Plantas: A Sistemática Vegetal**

No sistema de classificação que adotamos, as plantas atuais são classificadas em 12 filos ou divisões, sendo que 9 deles são as **plantas vasculares**, ou **traqueófitas** assim chamadas por terem vasos formados por células tubulares, especializadas na condução de seivas pelo organismo. Os outros 3 filos são constituídos de plantas destituídas de tecidos vasculares, por isso chamadas de **plantas avasculares** (do grego *a*, que significa prefixo de negação, e do latim *vasculum*, pequeno vaso ou túbulo).

As plantas vasculares são geralmente divididas em dois grandes grupos informais, tendo como critério a presença ou não de **sementes**, unidade reprodutiva que contém o embrião. As plantas vasculares sem sementes são chamadas de pteridófitas, das quais as mais conhecidas são as samambaias e as avencas, pertencentes ao filo Pterophyta. Entre as plantas vasculares com sementes há aquelas em que as sementes ficam expostas externamente ao órgão reprodutivo, o que lhes valeu a denominação de **Gimnospermas** (do grego *gymnos*, nu, e *sperma*, semente), e as que tem as sementes abrigadas no interior do fruto, sendo por isso chamadas de **angiospermas** (do grego *angion*, vaso, e *sperma*, semente). Os representantes mais conhecidos as gimnospermas são os pinheiros. No pinheiro-do-paraná, por exemplo, comum no sul do Brasil, as sementes (pinhões) ficam agrupadas no órgão

reprodutivo, formando a pinha. As angiospermas caracterizam-se por apresentar flores e frutos; estes últimos abrigam e protegem as sementes.

Eichler dividiu o Reino Vegetal em dois grandes grupos, com base nas estruturas reprodutoras: **criptógamas** (não produzem flores nem sementes – briófitas e pteridófitas) e as **fanerógamas** (apresentam flores e sementes – gimnospermas e angiospermas). Inclui ainda as **talófitas** (organismos cujo corpo é um talo, estrutura não diferenciada em raiz, caule e folhas – algas). As **Embryophyta** são plantas que apresentam durante o seu ciclo de vida, a formação de um embrião, que em Botânica, significa planta rudimentar formada dentro de semente ou arquegônios (estruturas multicelulares de briófitas e pteridófitas que abrigam os gametas femininos).

### **Tipos de Ciclos Reprodutivos**

Nas plantas, mesmo no ciclo reprodutivo sexuada, observa-se a formação de esporos ou outras estruturas que ajudam na dispersão da planta, compensando sua imobilidade. Assim, enquanto nos animais um indivíduo diplóide (2n) produz por meiose gametas haplóides (n), que por fecundação originam um ovo (zigoto) e um novo indivíduo diplóide, na maioria das plantas há uma alternância entre os indivíduos diplóides e haplóides. O indivíduo diplóide produz por meiose, esporos que originam um indivíduo haplóide – este por sua vez é, nas fanerógamas um grupo de células chamado de gametófito. Este indivíduo produzirá gametas que por fecundação formará um ovo que se transformará em um novo diplóide.

Entre os animais temos, mais frequentemente, apenas indivíduos diplóides, este ciclo é chamado de **Diplonte** ou **Diplobionte**. O ciclo encontrado na maioria das plantas recebe o nome de **Haplóide-diplóide**, **haplodiplobionte** ou de **alternância de gerações**. Nas algas encontramos esses dois ciclos e um terceiro no qual a meiose ocorre logo após a formação do zigoto, originando apenas indivíduos haplóides. Este ciclo recebe o nome de **Haplóide** ou **Haplobionte**.

#### HAPLONTE (Algas)

Indivíduos haplóides (n) → Gametas(n) → Fecundação → Zigoto diplóide (2n) sofre meiose e transforma-se em indivíduo adulto haplóide.

#### DIPLONTE (Algas, Fungos e Animais)

Indivíduo diplóide (2n) sofre meiose → Gametas (n) → Fecundação → Zigoto diplóide (2n) passa por

sucessivas mitoses e transforma-se em indivíduo adulto diplóide.

### HAPLODIPLOBIONTE

(Vegetais inferiores e superiores)

Indivíduo diplóide (2n) sofre meiose → Esporos (n) →

Indivíduo haplóide (n) → Gametas (n) → Fecundação →

Zigoto (2n) sofre sucessivas mitoses e transforma-se

em um indivíduo adulto diplóide.

CARACTERÍSTICAS DO REINO VEGETAL					FILOS	Nº DE ESPECIES
Vasos Condutores	Semente	Fruto	Flor	Embrião		
Avasculares (sem vasos)	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Bryophyta (musgos)	8.000
					Hepatophyta (hepática)	6.000
					Antocerophyta (antóceros)	80
Vasculares (com vasos)	Sem Semente	Ausente	Ausente	Presente	Pterophyta (samambaias e avencas)	9.000
					Lycophyta (licopódios e selaginhas)	1.400
					Sphenophyta (cavalinha)	22
					Psilotophyta (psilotácea)	18
	Com Semente	Ausente (Gimnospermas)	Presente	Presente	Coniferophyta (pinheiros e ciprestes)	550
					Cycadophyta (cicas)	140
					Gnetophyta (gnetáceas)	70
					Ginkgophyta (gincobilobas)	1
	Presente (Angiospermas)	Presente	Presente	Magnoliophyta ou Anthophyta (árvores, capns etc)	235.000	

## Estrutura, Diversidade e Reprodução das Plantas Avasculares

### Algas

As algas verdes também chamadas de clorofíceas ou clorofitas, por estarem dentro da divisão **Chlorophyta** têm ampla distribuição no ambiente aquático, ocorrendo, principalmente em água doce. Existem as algas unicelulares (*Chlamydomonas*, *Volvox*) e as multicelulares (*Ulothrix*, *Ulva*, *Caulerpa*). As feófitas ou feofícias, encontradas no grupo das **Phaeophyta**, são conhecidas como algas pardas encontradas principalmente nos mares e oceanos. Pertence a este filo o gênero *Sargassum*, muito comum no litoral brasileiro. As algas do gênero *Fucus* são muito conhecidas em função de suas propriedades medicinais. Os “Kelps” são algas pardas de grande porte, muito comuns em águas frias, formando regiões densamente colonizadas. Essas algas podem atingir 70 metros de comprimento, sendo algumas delas pertencentes aos gêneros *Macrocystis* e *Laminaria*, sendo a última colonizadora do Litoral Brasileiro, alcançando até 4m de comprimento. As algas vermelhas ou também conhecidas como rodófitas ou rodofíceas, por pertencerem ao filo das **Rhodophyta**, são principalmente de águas marinhas podendo ser encontradas em água doce. A elas pertencem o gênero *Porphyra*; alga de característica foliácea e membranosa, utilizada na alimentação humana, é popularmente conhecida como nori.

### A Importância das Algas

As algas constituem a base da alimentação dos animais aquáticos e são também muito utilizadas na alimentação do homem. Além disso, produzem grandes quantidades de hidrocolóides, que são empregados comercialmente, por exemplo, o ágar e a carragenina retiradas das algas pardas e vermelhas respectivamente. São substâncias usadas como estabilizadores de doces, sorvetes, dentífricos, cosméticos e como meios de cultura para bactérias.

### Reprodução Assexuada das Algas

A reprodução das algas de forma sexuada pode ser feita por bipartição ou cissiparidade e por esporulação, sendo observada principalmente em formas unicelulares de *Chlamydomonas* em clorofíceas a reprodução por bipartição. Já a forma de reprodução por esporulação é observada na *Ulothrix*, uma alga verde filamentosa; onde gametas se fixam e originam um filamento jovem que se desenvolve e esporula (libera esporos) a partir da parte superior do corpo. As algas verdes unicelulares, as feófitas e as rodófitas

também realizam este tipo de reprodução. Os esporos liberados durante a esporulação, podem ser móveis (**zoósporos**) ou podem se apresentar imóveis (**aplanósporos**).

### Reprodução Sexuada das Algas

Na reprodução sexuada há formação de gametas, sendo que o gameta feminino une-se por fecundação com o gameta masculino. Nas algas unicelulares o próprio corpo dos indivíduos serve como gametas unindo-se e formando um novo indivíduo com material genético diferenciado.

Já nos organismos multicelulares ocorre a formação dos gametas em estruturas denominadas de gametângios, e essa formação pode ser diferenciada em: A)- **Isogonia**: os gametas masculinos e femininos são idênticos entre si, tanto quanto à forma e tamanho como quanto ao comportamento, sendo ambos imóveis. B)- **Heterogamia**: os gametas masculinos e femininos são imóveis, porém um deles, geralmente o feminino, é muito maior que o outro. C)- **Oogamia**: um dos gametas é grande e imóvel e o outro é pequeno e móvel. (Exceção nas algas vermelhas que ambos os gametas são imóveis mas apresentam ambos diferentes). As algas podem apresentar também um tipo de reprodução sexuada especial denominado de **Conjugação**, encontrado principalmente em algas verdes filamentosas do gênero *Mougeotia*.

### 1

### Briófitas

As briófitas são organismos que vivem preferencialmente em locais úmidos e sombreados. Ocorrem em abundância nas florestas tropicais, crescendo sobre o solo e sobre outras plantas. Algumas briófitas são aquáticas de água doce, não sendo conhecidos exemplos de briófitas que vivem no mar. Frequentemente têm dimensões inferiores a 2cm; mas algumas podem chegar a 30cm. Este grupo é membro da divisão de plantas avasculares com cerca de 15 mil espécies. Os Musgos constituem seus principais representantes, mas além deles, encontramos outras briófitas vivendo geralmente nos mesmos ambientes, como as Hepáticas (assim chamadas por apresentar semelhanças do seu corpo na forma de um fígado) e os Antóceros. Como os vegetais superiores e as clorofíceas, as briófitas possuem clorofilas “a” e “b”, carotenóides, amido e celulose. Muitas sobrevivem dormentes desidratadas por boa parte do ano, voltando à atividade na época das chuvas. O seu ciclo reprodutivo é do tipo haplodiplóbiontico, com predomínio da fase haplóide.

### ***Ciclo de Vida das Briófitas***

O indivíduo de vida independente e duradoura é o **gametófito (n)**, que apresenta estruturas semelhantes à raiz, ao caule e as folhas. No entanto, não existem vasos condutores de seiva (xilema e floema), por isto, é mais correto chamar essas estruturas de **rizóides**, **caulóides** (ou caulídios) e **filóides** (ou filídios).

A reprodução dos musgos é **sexuada** e seu ciclo é **alternante**, isto é, existe alternância de gerações **haplóides (n)** e **diplóides (2n)**. Em todas as briófitas, a geração duradoura é haplóide. Em *Polytrichum* (musgo muito comum) os sexos são separados. A planta masculina forma em seu ápice estruturas globosas denominadas de **anterídeos**, onde são formados os gametas masculinos. Esses gametas são dotados de dois flagelos e são chamados de **anterozóides**. A planta feminina forma o **arquegônio**, no interior do qual está o gameta feminino, a **oosfera**.

A fecundação só ocorre na presença de água (chuva), é quando os anterozóides são liberados e nadam ativamente em direção ao arquegônio, penetram e seu interior e atingem a oosfera. A fecundação da oosfera pelo anterozóide leva à formação da **célula ovo** ou **zigoto**. O zigoto é diplóide, e se forma no ápice da planta feminina. O desenvolvimento do zigoto leva à formação de uma pequena estrutura constituída por **um pé**, porção mergulhada no ápice da planta feminina; por **uma haste**, eixo fino e delicado; e por uma cápsula apical. Esta estrutura é denominada de **esporófito** (produtora de esporos). Todas as células dessa estrutura são diplóides, uma vez que se originam do zigoto. No interior da cápsula, existem células que sofrem meiose, formando **esporos haplóides**. Ao amadurecer, a cápsula libera os esporos, que são carregados pelo vento e se espalham sobre o substrato; se houver condições adequadas de umidade, os esporos germinam formando um filamento, chamado **protonema**, de onde surgirão novos indivíduos haplóides, estes reiniciarão o ciclo de maturidade.

### **Diversidade, Estrutura e Reprodução das Plantas Vasculares**

#### **Pteridófitas**

As pteridófitas (do grego *pteras*, asa) são assim chamadas por apresentarem folhas recortadas que lembram penas ou asas. Os representantes mais conhecidos desse grupo são as **samambaias** e as **avencas**. Apesar das pteridófitas mais conhecidas são pequeno e médio porte, algumas espécies chegam a alcançar grandes tamanhos, num passado evolutivo

atingiam mais de 30 metros de altura. Este grupo compreende uma variedade de plantas que habitam desde regiões úmidas até regiões semi-desérticas. As pteridófitas são **vegetais vasculares**, isto é, portadoras de **vasos condutores** de seiva. Graças a esse mecanismo eficiente de distribuição de água e alimento, essas plantas puderam espalhar-se pelos mais diversos tipos de ambientes, diversificaram muito e a cerca de 300 milhões de anos, foram os constituintes principais das grandes florestas que cobriam o planeta. Atualmente, as pteridófitas são restritas a certos tipos de ambientes, e existe cerca de 11.000 espécies descritas.

Podemos dizer que, devido à presença de vasos condutores (xilema e floema), as pteridófitas apresentam **raiz**, **caule** e **folhas**, embora essa organização nem sempre seja perceptível à primeira vista. Em muitas samambaias as folhas parecem emergir diretamente do solo, isso porque o caule cresce rente ao solo, este tipo de caule é denominado de **rizoma**. A raiz é a parte principal do corpo da planta responsável pela absorção de água e sais minerais do solo. As folhas são órgãos fotossintetizantes; sendo que as **folhas jovens** apresentam enroladas denominadas de **báculos** e as **folhas maduras** são denominadas de **frondes** as quais já apresentam as estruturas produtoras de esporos, os esporângios. O caule é responsável pelo **transporte de seiva bruta e elaborada** na planta. As pteridófitas possuem células modificadas que se estendem das raízes até as folhas: os vasos condutores. Sendo que os vasos lenhosos ou xilema carregam seiva bruta da raiz em direção as folhas e os vasos liberianos ou floemáticos carregam seiva elaborada das folhas em direção as raízes; este sistema está presente em Gimnospermas e Angiospermas também.

### ***Ciclo de Vida das Pteridófitas***

As pteridófitas apresentam **alternância de gerações**. A **geração duradoura**, ao contrário das briófitas, é a **diplóide**, que é **esporofítica (Esporófito)**. A maioria das espécies das pteridófitas, ao atingir a maturidade sexual, desenvolvem estruturas chamadas de **soros**, localizadas na face inferior da fronde. Nos soros ficam abrigados os **esporângios**, dentro dos quais são produzidas células que sofrem meiose dando origem aos **esporos**. Ao cair sobre um local úmido, um esporo se desenvolve tornando-se uma plantinha haplóide, o **gametófito**, que nas pteridófitas é achatado, em forma de coração (cordiforme) e é denominada de **protalo**. O protalo é uma gametângio hermafrodita que apresenta estruturas reprodutivas masculinas (os **anterídios**) e femininas (os

**arquegônios**). Nos anterídios formam os **anterozóides**, e em cada arquegônio forma-se **uma oosfera**.

Quando maduros os anterozóides libertam dos anterídios após entrarem em contato com gotas de água da chuva ou orvalho e eles nadam sobre a superfície umedecida do protalo até o arquegônio onde um deles fecunda a oosfera. O zigoto se desenvolve no interior do arquegônio, originando **uma plantinha diplóide**, o **esporófito**, este dará origem a uma pteridófita adulta que iniciará um novo ciclo.

### Fanerógamas, Espermatófitas sem/com

#### Frutos

#### Gimnospermas

São plantas terrestres de grande porte, arborescentes, com crescimento em espessura; estruturalmente complexas, com sistema radicular e foliar bem desenvolvidos; sistema vascular eficiente. **Possui sementes sem frutos**, ou seja, apresentam **sementes expostas - nuas**. As **gimnospermas não apresentam ovários**, as folhas carpelares (órgãos femininos da flor) são abertas. As flores rústicas são chamadas de **estróbilos ou cones**, razão do nome Coníferas, e as folhas são aciculares (forma de agulhas finas e verdes). As gimnospermas têm preferência por climas frios mas podem ser encontradas também em regiões desérticas. São abundantes nas regiões temperadas do hemisfério norte, onde formam extensas florestas chamadas de Taiga. No Brasil, existe uma formação de Coníferas conhecida como Mata de Araucárias, típicas da região Sul do país.

O vegetal adulto é formado por raiz profunda, caule desenvolvido e folhas adaptadas a locais frios e secos, são conhecidos por **esporófito**, ou seja, são organismos **diplóides (2n)**. Ao atingir a maturidade sexual, as gimnospermas produzem **ramos reprodutivos** especiais denominados de **estróbilos**. O ciclo de vida das Gimnospermas é aplodiplobionte e independe da água para a fecundação. O ciclo é dividido em três etapas: **Formação de esporos, Polinização e Fecundação**.

As estruturas femininas de reprodução possuem células sexuais de dimensões maiores que as estruturas de reprodução masculinas. Assim, convencionou-se acrescentar o prefixo “mega” para as estruturas femininas e “micro” para as estruturas masculinas.

#### Processo de Formação dos Gametófitos:

**Flor Feminina** → No **estróbilo feminino** cada parte (folha modificada) possui dois **megasporângios**, os quais cada um possui uma célula, o **megasporócito**

(**2n**). por meiose, cada megasporócito origina quatro **megásporos (n)**, onde somente um é funcional, se desenvolvendo dentro do megasporângio. Esse desenvolvimento consiste na formação do megaprotalo ou **gametófito feminino (n)**, formado pelo tecido gametófitico e duas oosferas. A fase gametófitica (n) das gimnospermas é representada apenas pelo megásporo funcional desenvolvido (gametófito feminino) e pelo micrósporo desenvolvido (grão de pólen).

**Flor Masculina** → No estróbilo masculino cada parte (folha modificada) possui dois **microsporângios**, no interior dos quais estão inúmeros **microsporócitos (2n)**. Cada microsporócito sofre meiose dando origem a quatro **micrósporos (n)**, por sua vez, cada micrósporo se desenvolve originando um **grão-de-pólen (fase gametófitica masculina - n)**. Cada grão-de-pólen é formado por uma célula binucleada, sendo um de seus núcleos chamado de vegetativo e o outro de germinativo.

#### Órgãos Reprodutivos das Gimnospermas:

A)- Estóbilo Feminino (Megaestróbilo): em suas folhas, chamadas de megasporófilos formam-se megasporângios, os óvulos dentro dos quais fica a oosfera, o gameta feminino.

B)- Estróbilo Masculino (Microestróbilo): em suas folhas modificadas chamadas de microsporófilos, formam-se microsporângios, dentro dos quais originam-se os grãos-de-pólen.

#### Polinização e Fecundação

A chegada dos grãos-de-pólen ao óvulo é chamada de **Polinização**. Nas Gimnospermas o agente responsável pela polinização é o **vento (anemofilia)**. Um pólen quando atinge o óvulo e germina, produzindo o **tubo polínico** a partir da **célula vegetativa**, e também duas **células espermáticas** a partir da divisão mitótica da **célula geradora**, estas deslizam pelo tubo polínico em direção à oosfera. O tubo polínico perfura o megasporângio e atinge a oosfera. Esta é fecundada por uma das células espermáticas, surgindo assim o **zigoto diplóide**.

#### Formação da Semente

O zigoto sofre sucessivas divisões mitóticas originando um embrião diplóide (2n). Enquanto o embrião está se formando o tecido gametófitico ao redor dele armazena substâncias nutritivas e se transforma no endosperma primário cuja função é nutrir o embrião. Os tegumentos do gametófito feminino tornam-se espessos formando a casca. Este

este conjunto de resultante do desenvolvimento do protalo fecundado é chamado de semente. As sementes muitas vezes servem como alimento para os animais silvestres e pra o homem. No caso do Pinus, a semente é o Pinhão. O conjunto desses pinhões formam as inflorescências denominadas de pinhas ou estróbilos, e nunca há formação de frutos.

### Angiospermas

As Angiospermas é o grupo mais recente surgido na história evolutiva das plantas, com mais de 250 mil espécies. São fanerógamas vasculares, tiveram sucesso evolutivo devido à presença de flores, que permitiu uma certa independência para ocorrer a fecundação. Elas apresentam raízes, caules, folhas, flores, sementes e frutos. Este último é exclusivo do grupo, sendo formado a partir de folhas modificadas (**Carpelos**), que correspondem após megasporófilos das gimnospermas e que crescem envolvendo os **óvulos**. Esses carpelos constituem o **giniceu**, a parte feminina das flores. Nas Angiospermas, o fruto destina-se a proteger a semente e encerra consideravelmente substâncias nutritivas que deverão enriquecer o solo onde a semente germinará, assim facilitando a nutrição da nova planta. De acordo com o número de cotilédones encontrado nas sementes, as angiospermas são divididas em duas grandes classes: **monocotiledôneas** e **dicotiledôneas**.

As Monocotiledôneas (apenas um cotilédono na semente) são geralmente, representadas pelas gramíneas – arroz, trigo, capim, milho, sorgo, centeio etc – as palmeiras, a carnaubeira, a bananeira e outras. Já as Dicotiledôneas (dois cotilédones na semente) têm como exemplos as leguminosas – feijão, vagem, ervilha, soja - o carvalho brasileiro, o algodoeiro, o tomateiro, o cafeeiro, o tabaco ou fumo e muitas outras.

As Angiospermas de modo geral apresentam na **reprodução** constituída por um organismo diplóide (2n) que constitui a fase **esporofítica** do Ciclo de Vida. Ao atingir a maturidade sexual, as angiospermas produzem estruturas reprodutivas denominadas de **flores**. Nas angiospermas as flores são geralmente estruturas delicadas, coloridas, perfumadas. Afinal, elas encerram os órgãos reprodutores e devem exibir atributos suficientes para atraírem insetos e aves, que, em busca de néctar, se lambuzam no pólen e, em seguida, contribuem para a fecundação de outras flores da mesma planta ou de outras plantas da mesma espécie. Uma flor completa de angiosperma apresenta quatro tipos de elementos: **SÉPALAS** – que são geralmente verdes, e em conjunto formam o **CÁLICE**;

As **PÉTALAS**, habitualmente coloridas e que formam, no seu conjunto a **COROLA**; os **ESTAMES**, são órgãos reprodutivos masculinos, cujo conjunto constitui o **ANDROCEU** e os **CARPELOS** ou **PISTILOS**, órgãos reprodutores femininos da flor que compõem o **GINICEU**. Cada estame possui uma fina haste compacta - o **FILETE**, cuja extremidade superior sustenta a **ANTERA**. Dentro das anteras forma-se os **GRÃOS-DE-PÓLEN**.

### Processo de Formação dos Gametófitos

Dentro do giniceu encontra-se o ovário. Cada ovário produz um ou vários **megasporângios** (óvulos), sendo cada óvulo envolvido por um **tegumento**. Dentro de cada megasporângio encontra-se um **megasporócito (célula-mãe de megásporo, 2n)**. O megasporócito sofre divisão **meiótica** produzindo quatro células, chamadas **megásporos**, destas, apenas uma se desenvolve e as outras atrofiam.

Até então, o processo que leva a formação do gametófito feminino das angiospermas é semelhante ao das gimnospermas. A diferença está em como o megásporo se desenvolve. Nas angiospermas o megásporo se desenvolve produzindo oito núcleos, que preenchem todo o megasporângio. Destes, a **oosfera** e dois **núcleos polares** são os núcleos que participarão da formação do zigoto, após a migração dos núcleos estes ganham parede celular, sendo que os núcleos polares formam juntos uma célula binuclada. Esse conjunto de setes células nada mais é que o gametófito feminino. A produção de micrósporos ocorre nos estames, onde estão os microsporângios (sacos polínicos). Em cada microsporângio existem várias células-mãe dos esporos, que sofrem meiose e formam os micrósporos (esporos masculinos –n-).

O esporo dentro do saco polínico sofre mitose formando o grão-de-pólen (gametófito masculino –n-). Nessa mitose, originam-se duas células: a célula geradora e a célula germinativa ou vegetativa. O processo de formação do grão-de-pólen nas angiospermas e nas gimnospermas é semelhante, no entanto, nas angiospermas o grão-de-pólen é revestido por uma capa de duas paredes. Na superfície desta última, aparecem espinhos ou outras estruturas que protegem e facilitam a aderência do grão-de-pólen ao estigma para onde ele é levado para que ocorra a fecundação do gametófito feminino.

Polinização e Fecundação, Quando o grão-de-pólen está maduro é liberado na antera e carregado por um animal polinizador ou pelo vento até o estigma. Atingindo este, o pólen germina e a célula vegetativa

Excluído: ¶

crece pelo interior do estilete formando o **tubo polínico**, ao mesmo tempo a célula geradora sofre divisões nucleares produzindo dois **núcleos espermáticos**. Um dos núcleos une à oosfera formando o **zigoto** (2n) e o outro se une aos núcleos polares formando uma **célula triplóide** (3n)

#### Formação da Semente

O zigoto se desenvolve formando o embrião (2n), a célula (3n) se desenvolve formando o endosperma secundário (3n) e, o tegumento formará a casca. Com isso a semente está pronta.

#### Formação do Fruto

O ovário, após a fecundação dos gametófitos femininos passa a alojar as sementes, produto da fecundação. Estas sementes estimulam a produção de hormônios atuantes no ovário, que por sua vez, se transformam em fruto. Os frutos constituem, por um lado, proteção para as sementes e, por outro, uma estratégia eficiente para a sua dispersão. Muitas espécies de plantas possuem frutos leves e com expansões em forma de asas, isto permite seu transporte pelo vento. Outras espécies possuem frutos dotados de ganchos, que se emaranham nos pêlos ou penas de animais, sendo por eles dispersos. Há, ainda, frutos que por serem vistosos e saborosos, são devorados por animais e suas sementes deixadas em locais distantes da planta que as produziram.

### **PARTE II : Formação de Tecidos e Morfologia Interna Vegetal em Angiospermas**

O conjunto de processos e eventos que levam um organismo multicelular a atingir o tamanho e a forma típicos da espécie constitui o desenvolvimento. Na maioria das plantas vasculares, o desenvolvimento origina um organismo constituído de três partes básicas: raiz, folhas e caule. A raiz geralmente cresce sob o solo e suas principais funções são de fixação da planta e absorção de água e sais minerais. As folhas são especializadas em realizar fotossíntese, enquanto o caule promove a sustentação e a condução de seiva bruta e elaborada na planta, propicia também maior exposição das folhas à luz.

A organização básica do corpo de uma planta é estabelecida durante a formação da semente imediatamente após a fecundação, o zigoto passa a dividir por mitoses sucessivas e cresce, alimentando-se das reservas nutritivas acumuladas nos tecidos do óvulo. Nessa fase as células embrionárias têm forma poliédrica, parede celular fina e flexível, citoplasma denso com pequenos vacúolos e núcleos volumosos.

Células com essas características são denominadas de **“células meristemáticas”**, que do grego *mesistum*, significa divisão. As células meristemáticas constituem os **meristemas**, que são tecidos presentes nas partes da planta em que ocorre crescimento por multiplicação celular.

As primeiras divisões celulares do desenvolvimento embrionário formam um bastão de células. Na extremidade voltada para a micrópila do óvulo, as células dividem-se transversalmente, originando um cordão celular, o **suspensor**, que tem na base uma célula maior e na outra extremidade forma-se um bloco de células que a partir do qual formará a nova planta. Nesse bloco diferenciam-se os cotilédones e os meristemas apicais, assim chamados porque ficarão localizados nas extremidades da raiz e do caule, promovendo o crescimento desses órgãos. A contínua produção de novas células pelos meristemas apicais faz com que o embrião se alongue. Com isso, as células mais velhas se afastam progressivamente das extremidades do caule e da raiz em formação. À medida que se distanciam as células vão se especializando para a realização de funções definidas, processo conhecido como diferenciação celular. Os primeiros tecidos a diferenciar-se são **meristemas**, isto é, **tecidos dotados de grande capacidade de multiplicação**. São eles o protoderma, o meristema fundamental e o procâmbio.

→ Protoderma (primeira pele): é a camada de células que reveste externamente o embrião e que dará origem a epiderme, o primeiro tipo de tecido de revestimento da planta.

→ Meristema Fundamental: forma um cilindro abaixo da protoderma e dará origem ao córtex, constituído por parênquimas e por tecidos de sustentação. A região central do embrião, envolvida pelo meristema fundamental contém o procâmbio.

→ Procâmbio (antes de trocar): que dará origem a tecidos vasculares (xilema primário e floema primário), a parênquimas e tecidos de sustentação da região central da planta.

O protoderma, o procâmbio e o meristema fundamental são denominados **meristemas primários** pelo fato de derivarem diretamente de células embrionárias. Quando células de plantas já diferenciadas voltam a se dividir ativamente, readquirindo características de células meristemáticas, nesse caso, são chamadas de **meristemas secundários**. Tecidos formados diretamente de meristemas primários são denominados de tecidos primários, os derivados dos tecidos secundários recebem a denominação de tecidos secundários.

#### **Germinação da semente**

Após a diferenciação dos três primeiros meristemas (protoderma, meristema fundamental e procâmbio), o ritmo de desenvolvimento do embrião diminui sensivelmente no interior da semente. Esta encontra-se dentro do fruto em formação e ainda está ligada ao organismo materno, crescendo graças ao acúmulo de reservas nutritivas nos cotilédones ou no endosperma. Os dois cotilédones armazenam praticamente todo alimento que nutrirá o embrião durante a germinação da semente. Cotilédones de monocotiledôneas contêm relativamente poucas reservas nutritivas em relação ao das dicotiledôneas. Sua função primordial é transferir substância nutritivas do endosperma, onde estão armazenadas para as células embrionárias.

Após atingir o tamanho definitivo, as sementes amadurecem dentro dos frutos, os quais contribuem para a dispersão das sementes pelo ambiente. No devido tempo e ao encontrar condições adequadas, a semente germina. Germinação é a retomada do crescimento e da diferenciação do embrião, e depende de uma série de fatores, principalmente de água, gás oxigênio e temperatura adequada. A semente madura tem, em seu interior, um embrião envolto por substâncias nutritivas, acumuladas no endosperma, nos cotilédones ou em ambos. Em uma das extremidades do embrião situa-se a **radícula**, como é denominado o primórdio de raiz; nela localiza-se o meristema apical da raiz. Na extremidade oposta está o **caulículo**, como é denominado o primórdio do caule, em cuja extremidade localiza-se o meristema apical do caule e pouco abaixo, inscreve-se o cotilédone, este é único nas monocotiledôneas e duplo nas dicotiledôneas e nas eudicotiledôneas.

Um dos eventos iniciais da germinação é a absorção de água pela semente, fenômeno denominado de **embebição**. A água é necessária para que as células retomem suas atividades metabólicas e possam mobilizar as reservas nutritivas estocadas nos cotilédones e no endosperma. Com a embebição, a casca da semente rompe-se e permite a entrada de oxigênio, necessário a respiração das células embrionárias. Até a casca romper-se, as células obtêm energia principalmente pela fermentação de moléculas orgânicas das reservas nutritivas. A região inferior do embrião localizada entre a radícula e o ponto de implantação do cotilédone é denominada de **hipocótilo** (abaixo do cotilédone); e a região superior, entre os cotilédones e o meristema apical do caule, recebe a denominação de **epicótilo** (acima do cotilédone). As regiões apicais do caule e da raiz podem ser denominadas de plúmulas (que significa no latim pequena pena).

### **Sistema Dérmico ou de Proteção**

O tecido epitelial pode ser classificado em Epiderme e Periderme.

**Epiderme:** esse tecido é encontrado recobrendo toda a planta: raiz, caule, folhas, flores e frutos. É geralmente uniestratificado, sendo formado por células justapostas, achatadas, desprovidas de cloroplastos e com um grande vacúolo. Em plantas que apresentam crescimento secundário a epiderme não acompanha o crescimento da planta. Na superfície externa das células epidérmicas, pode ocorrer deposição de **cutina** ou **cera**, que são substâncias impermeabilizantes. Além disso, podem ocorrer estruturas anexas da epiderme, como os estômatos as papilas, os pelos as escamas e os acúleos.

A **cutícula** é formada por um lipídio denominado **cutina**, que impermeabiliza a epiderme, reduzindo a perda de água. Sob a cutícula pode ocorrer formação de camadas de celulose. A cera encontra-se freqüentemente recobrendo as células epidérmicas, formando bastonetes. Essa substância impermeabiliza também a epiderme.

Os **estômatos** são formações de grande importância nas trocas gasosas entre os tecidos internos da planta e o meio externo, além de atuar no controle de saída de água da planta por transpiração. Ocorrem preferencialmente nas folhas. Cada estômato é formado por duas células clorofiladas em forma de rim, deixando uma abertura entre elas denominada de **ostíolo**.

As **papilas epidérmicas** são pequenas projeções da parede celular encontradas principalmente na epiderme superior das pétalas, dando-lhes aspectoaveludado.

Os **pêlos** apresentam grande variedade de formas, podendo ocorrer na epiderme de qualquer parte da planta. Sua principal função é de proteção contra a perda de água excessiva por transpiração. Eles são abundantes em plantas de clima quente. Podem ser secretores e, nesse caso, produzem secreções oleosas, digestivas (como ocorre nas plantas carnívoras), urticantes. Além disso, existem pêlos absorventes que ocorrem geralmente na epiderme da raiz, responsáveis pela absorção de água e de nutrientes do solo.

As escamas são modificações de pêlos. São geralmente discóides e unidas à epiderme por um pedúnculo. Sua função é principalmente de proteção contra a perda de água. Nas plantas epífitas (orquídeas), essas escamas funcionam como elementos de absorção de água e nutrientes minerais, e recebem o nome de **escamas absorventes**.

Os **acúleos** são estruturas protetoras formadas por projeções pontiagudas e resistentes da epiderme. São frequentemente confundidas com espinhos, que são folhas ou ramos modificados. Os acúleos ocorrem geralmente no caule. Os espinhos da roseira na realidade são acúleos.

Os **espinhos** não são estruturas epidérmicas mas sim folhas e caules diferenciados. Diferem morfológicamente dos acúleos por apresentarem tecidos vasculares e uma epiderme.

**Periderme:** a atividade do felogênio produz, em direção à parte externa da planta, o **súber** ou **felema**, e, em direção à parte interna da planta, à **feloderma**. O conjunto súber-felogênio-feloderma constitui a periderme.

O **Súber** é um tecido formado por células que acumulam, em suas paredes, a **suberina**, a substância pouco permeável que impede as trocas gasosas. Com isso, as células, depois de algum tempo, morrem e o conteúdo do citoplasma é trocado por ar. O súber portanto é um tecido morto, que atua como isolante térmico e como proteção contra choques mecânicos. Os tecidos acima do súber também morreram devido a falta de nutrientes e água. O súber também pode ser chamado de **cortiça** quando maduro.

Em tecidos suberificados de certos caules e raízes aéreas podem ocorrer pequenas fendas denominadas de **lenticelas**, importantes nas trocas gasosas entre o interior da planta e o meio externo.

### Estruturas de Secreção

Os **hidatódios** são células epidérmicas modificadas, localizadas principalmente nos bordos das folhas e são responsáveis pela eliminação de substâncias aquosas diluídas.

As **células secretoras** podem ocorrer na epiderme das folhas e caules, ou ser internas à planta, e apresentam grande variedade de conteúdo. Muitas delas acumulam cristais, que podem ser de carbonato de cálcio, formando os **cistólitos**, ou de oxalato de cálcio, formando **drusas** e **ráfides**.

Os **tubos laticíferos** são conjuntos de células alongadas formando verdadeiros tubos anastomosados, que conduzem uma secreção leitosa denominada **látex**. Os vegetais que apresentam essas estruturas, ao serem feridos, eliminam essa secreção leitosa que, ao entrar em contato com o ar, coagula e fecha a ferida. O látex é aproveitado pela indústria para a produção de borracha. A seringueira é um exemplo de planta que fornece látex.

Os **Nectários** são estruturas glandulares que produzem uma secreção açucarada denominada de

néctar. Ocorrem, geralmente, associado em flores, existindo casos de nectários extraflorais localizados em pecíolos de folhas, como por exemplo, o maracujá.

### Tecidos de Preenchimento ou Fundamentais

Logo abaixo da epiderme ou da periderme há um tipo de tecido abundante nas plantas, o **parênquima**. A função geral do parênquima é preencher espaços internos das plantas, mas ele também funções específicas. Os parênquimas são constituídos de células vivas que, em certos casos, retomam o estágio embrionário, podendo originar qualquer outro tipo de célula. Por exemplo, no caso da formação da periderme, quem origina o felogênio é o tecido de parênquima que fica abaixo da epiderme. As células parenquimáticas se originam a partir do crescimento e diferenciação das células do meristema apical. E no caso de órgãos com crescimento secundário, o parênquima se origina de células do câmbio.

**1-Parênquima clorofiliano ou clorênquima:** A principal função desse tecido é a produção de energia a partir da fotossíntese, por isso é carregado com cloroplastos que se dispõem em uma camada uniforme junto a parede celular. Dois são os tipos de parênquimas clorofilianos: o **paliçádico** e o **lacunoso**. O paliçádico apresenta células justapostas e alongadas, lembrando uma paliçada (estacas fincadas), encontrado geralmente abaixo da epiderme superior; o lacunoso apresenta células ligeiramente arredondadas que deixam lacunas (espaços) entre si, encontrado acima da epiderme inferior. E além de realizar fotossíntese esse parênquima tem função de arejamento e carregamento de nutrientes para os vasos de transporte.

**2-Parênquimas de Reservas:** Especialização no acúmulo de certas substâncias, pode ser classificado segundo a natureza do material armazenado. Assim temos:

**2a – Parênquima aquífero:** armazena água e está presente em vegetais de regiões secas;

**2b- Parênquima aerífero ou aerênquima:** acumula ar em grandes lacunas presentes entre suas células. Está presente em plantas aquáticas flutuantes como os aguapés. O acúmulo de ar diminuindo a densidade relativa da planta permitindo sua flutuação;

**2c-Parênquima amilífero:** bastante freqüente em órgãos de reserva, tem como função armazenar amido no interior de leucoplastos. Podendo assim, ser encontrados em tubérculos como a batata e em raízes como a mandioca.

### Tecidos de Sustentação

Esses tecidos tem a função de promover a manutenção da forma do organismo. Podemos observar nos vegetais dois tipos básicos desses tecidos: colênquima e esclerênquima.

### **1.Colênquima**

É formado por células vivas, alongadas, cujas paredes são especialmente reforçadas por celulose. As células do colênquima organizam-se em feixes longitudinais no interior das partes jovens dos caules. Por ser constituído por células vivas, capazes de crescer por alongamento, o colênquima fornece sustentação aos caules sem impedir seu crescimento. As folhas, por exemplo, quando são dobradas ficam com a marca da dobra mas não se quebram. O colênquima se origina do meristema apical.

### **2.Esclerênquima.**

O esclerênquima é formado por células alongadas, que morrem devido ao acúmulo de uma substância impermeável em suas paredes, a lignina. As células do esclerênquima podem formar longas fibras que se organizam em feixes dispostos longitudinalmente no interior dos caules, contribuindo para sua sustentação e proteção. É possível que você já tenha visto fibras esclerenquimáticas; são certos “fiozinhos” que aparecem quando se quebra um talo de salsa ou de outras plantas herbáceas. Uma planta muito utilizada na produção de fibras têxteis, o linho (*Linum usitatissimum*), deve suas propriedades às fibras esclerenquimáticas “linhificadas”. O Esclerênquima é o tecido que confere proteção aos demais tecidos e órgãos que envolve, uma vez que a lignina além de resistente é indigerível, evitando predação e parasitismo.

### **Tecidos de Transporte ou Condução**

As plantas vasculares (pteridófitas, gimnospermas e angiospermas) possuem dois tecidos especializados na condução de substâncias: o xilema e o floema. O xilema é constituído por tubos, ou vasos, que transportam seiva bruta (água e sais) das raízes até as folhas. O floema é constituído por tubos, ou vasos, que transportam seiva elaborada (composta de substâncias orgânicas) das folhas para o caule e as raízes.

**1-Xilema ou lenho:** O xilema (ou lenho) das plantas gimnospermas é constituído principalmente por células mortas, ocas, com paredes reforçadas por lignina: as traqueídes. As traqueídes organizam-se em feixes

contínuos, que vão desde as raízes até as folhas da planta. Cada traqueíde se comunica com as vizinhas por meio de poros ou pontuações, através dos quais a seiva bruta pode fluir livremente.

O xilema das plantas angiospermas apresenta, além das traqueídes, estruturas condutoras denominadas elementos de vasos xilemáticos (ou elementos de vasos lenhosos).

Cada elemento de vaso é uma célula morta, oca, com paredes reforçadas por lignina. Como as traqueídes, os elementos de vasos organizam-se em feixes contínuos desde as raízes até as folhas. Além de pontuações, os elementos de vasos apresentam grandes perfurações em suas paredes transversais, por onde estabelecem livre comunicação entre si. Assim, em conjunto, traqueídes e elementos de vasos lenhosos formam tubos contínuos – os vasos xilemáticos ou vasos lenhosos – que estabelecem uma via de comunicação direta desde as raízes até as folhas, conduzindo água e sais minerais retirados do solo.

**2.Floema ou Líber:** No floema, as únicas células condutoras são os vasos crivados (ou vasos liberianos). Eles se formam pela superposição de células vivas, muito alongadas, de paredes finas, sem lignificação. Os septos transversais entre essas células não são completamente dissolvidos, ficando com o aspecto característico de crivos e formando as placas crivadas.

Uma placa crivada permite total continuidade da matéria viva entre duas células superpostas, uma vez que através de seus poros o protoplasma emite filamentos de ligação entre elas.

Nos vasos já velhos ou temporariamente não funcionais (o que ocorre durante o inverno rigoroso), a seiva elaborada não pode circular, já que os crivos ficam obturados pelo acúmulo de um carboidrato especial, a calose.

Cada vaso liberiano tem, em toda a sua extensão, uma ou mais células companheiras, vivas, que de alguma forma estão relacionadas à função condutora.

Tal como o xilema, o floema é um tecido complexo, mas que formado apenas de células vivas. Origina-se do meristema primário em partes com crescimento primário, e do câmbio vascular em partes com crescimento secundário. Ocorre em toda extensão da planta: no caule e raiz como um tecido primário ou secundário, e nas nervuras das folhas como um tecido primário apenas.

O floema é responsável pela condução de seiva orgânica ou elaborada, isto é, a seiva rica em compostos orgânicos produzida na fotossíntese. Os

vasos liberianos e as células companheiras são os principais componentes desse tecido.

### **Raiz**

Considerando a estrutura externa de uma raiz típica, do ápice para a base temos: Zona de Ramificação, Raízes Laterais, Zona Pilífera, Zona Lisa e Coifa.

**Coifa:** é um envoltório que protege o ponto vegetativo radicular (Tecido meristemáticos ou embrionário) contra o atrito com as partículas do solo e ataque de microorganismos.

**Zona Lisa ou de crescimento:** região que determina o crescimento da raiz pelo alongamento das células produzidas pelo meristema.

**Zona pilífera ou de absorção:** local onde estão os pêlos absorventes, que são projeções das células epidérmicas capazes de aumentar a superfície de contato da planta com o solo, tornando assim a absorção mais eficiente.

**Zona de ramificação:** região onde aparecem as raízes laterais ou secundárias.

Se observarmos uma raiz cortada transversalmente logo acima da zona de distensão, notaremos que ela é formada por camadas concêntricas de células. A camada celular mais externa, que reveste a superfície da raiz, é a epiderme. Internamente a ela localiza-se o córtex, um cilindro cuja parede é constituída por várias camadas celulares de parênquima. Internamente ao córtex, preenchendo a região central da raiz, encontra-se o cilindro central, constituído por tecidos condutores (xilema e floema) e parênquima. O limite entre o córtex e o cilindro central é definido por das camadas de células: a endoderme, mais externa, e o periciclo, mais interno.

A **endoderme** é formada por células bem encaixadas entre si e com reforços especiais nas paredes laterais (estrias de Caspary). Esses reforços formam cintas impermeáveis, que unem firmemente as células endodérmicas vizinhas, vedando completamente os espaços entre elas. Assim, qualquer substância, para passar do córtex para o cilindro central, tem obrigatoriamente que atravessar a membrana e o citoplasma das células endodérmicas, pois não há espaços entre elas, como ocorre na maioria dos outros tecidos.

O periciclo é formado por células de paredes finas, que podem readquirir a capacidade de se dividir, transformando-se em células meristemáticas, que originam raízes secundárias.

O crescimento inicial de uma raiz resulta da atividade do meristema da ponta da raiz e do alongamento na zona de distensão. Esse é o chamado crescimento primário da raiz. A estrutura radicular nesse estágio é denominada estrutura primária da raiz.

As raízes de plantas monocotiledôneas não crescem em espessura e apresentam estrutura primária ao longo de todo seu comprimento. Já as raízes de plantas dicotiledôneas apresentam crescimento secundário a partir de uma certa distância da ponta. Esse crescimento resulta da atividade de dois cilindros de células meristemáticas, o câmbio vascular e o felogênio, que permitem o surgimento de novos tecidos. A organização dos tecidos radiculares que cresceram em espessura é chamada estrutura secundária da raiz.

O câmbio vascular (do latim vasculum, vaso) dispõe-se entre o xilema e o floema. Ele recebe esse nome porque sua atividade produz células que se diferenciam em novos elementos condutores: xilema para a região interna e floema para a região externa.

O felogênio (do grego phellos, cortiça, e genos, que gera) é uma camada cilíndrica de células meristemáticas formada pela desdiferenciação de células do parênquima, na região cortical da raiz, sob a epiderme.

### **Caule**

Os caules são geralmente estruturas aéreas, que crescem perpendicularmente ao solo. Certas plantas, como a grama e o morango, têm caules que crescem paralelos ao solo. Outras plantas tem caules subterrâneos; é o caso, por exemplo, da batata-inglesa, cujo caule dilatado é comestível, apresentando parênquima de reserva rico em amido.

Na extremidade do caule localiza-se a gema apical, ou **meristema caulinar apical**, que permite o crescimento em extensão do caule. À medida que este cresce, formam-se folhas e gemas axilares, ou gemas laterais, localizadas na “axila” das folhas.

Logo abaixo da zona meristemática apical de um caule, as células vão se diferenciando nos diversos tecidos caulinares. Células junto a cada ponto de inserção de folha (axila da folha) permanecem no entanto, meristemáticas, formando as **gemas axilares**, ou **gemas laterais**. O meristema presente nessas gemas é, portanto, primário pois descende do meristema apical, que por sua vez provém de tecidos embrionários. Essas gemas permanecem inativas ou em estado de dormência, até originarem ramos laterais ou galhos. Nos caules, os elementos constituintes do xilema e do floema ficam agrupados, construindo feixes líbero-lenhosos. Nesses feixes, o xilema fica sempre voltado para o interior da planta, e o floema, para seu exterior.

Os caules das plantas monocotiledôneas e das plantas dicotiledôneas jovens caracterizam-se por

apresentarem **feixes líbero-lenhosos** isolados distribuídos no parênquima que preenche seu interior. Esse tipo de organização interna constitui a estrutura **primária do caule**.

Os caules das monocotiledôneas apresentam estrutura primária ao longo de todo seu comprimento. Já os caules de plantas dicotiledôneas passam a ter crescimento secundário a partir de uma certa distância da gema apical. Como nas raízes, esse crescimento se deve à ação de dois cilindros de tecido meristemáticos: o cambium vascular e o felogênio. A estrutura caulinar que cresceu em espessura é a **estrutura secundária do caule**.

O Câmbio vascular do caule é uma camada cilíndrica de células localizada entre o xilema e o floema dos feixes líbero-lenhosos. Como nas raízes, as células do câmbio vascular produzem xilema para o interior, e floema para o exterior. Com a atividade do câmbio vascular, a porção interna do caule vai sendo totalmente ocupada por xilema. Externamente a este, e separado dele pela fina camada de câmbio vascular, vai se formando um anel de floema que, junto com a periderme envolvente, constitui a “casca” do caule. A periderme caulinar, como na raiz, forma-se por ação do felogênio, cuja atividade produz feloderma para o interior e súber para o exterior.

O xilema de uma árvore geralmente apresenta uma região central mais escura, o **cerne**, circundado por uma região externa mais clara, o **alburno**. O cerne é formado por xilema inativo, cujos vasos lenhosos estão fora de função e não transportam mais seiva bruta. As paredes celulares desses vasos são impregnadas de substâncias corantes e resinas, que impedem a proliferação de microorganismos que poderiam apodrecer a planta. O alburno é formado por vasos lenhosos ativos, ainda envolvidos no transporte de seiva bruta das raízes para as folhas.

### Folha

Uma folha pode possuir quatro partes distintas: limbo, pecíolo, bainha e estípulas. O **limbo** é a parte laminar da folha; o **pecíolo** é o pedúnculo que liga o limbo ao caule; a **bainha** é uma expansão da base da folha, que geralmente envolve o caule; as **estípulas** são apêndices, em geral em número de dois, presentes na base de certas folhas.

Uma folha é totalmente revestida por epiderme. Seu interior, denominado de mesófilo (do grego, mesos, que significa meio; e phylon, que representa folha), é constituído de parênquima clorofiliano, por tecidos condutores e de sustentação. Os tecidos condutores da folha encontram-se agrupados em feixes líbero-lenhosos, nos quais o xilema está voltado para a epiderme superior, e o

floema, para a epiderme inferior. Os feixes condutores mais grossos formam as nervuras foliares, visíveis a olho nu.

### PARTE III : Morfologia Externa

**Tipos de Sistemas Radiculares:** O conjunto das raízes de uma planta é denominado de sistema radicular. Existem dois tipos principais de sistemas radiculares: o pivotante ou axial e o fascicular ou em cabeleira.

No sistema radicular pivotante, há uma raiz principal, que é chamada de raiz pivotante que surge na germinação da semente. Das raiz pivotante partem várias outras, laterais ou secundárias, que também podem apresentar ramificações. É o sistema radicular encontrado nas gimnospermas e nas dicotiledôneas. Cada uma das raízes que compõem esse sistema apresenta as mesmas regiões já descritas: a coifa, a zona meristemática, zona de alongamento e a zona pelífera. Além dessas, apresenta a região de ramificação ou seberosa; nesta ocorre, a formação das raízes laterais, a partir do periciclo, e o crescimento da raiz secundário da raiz, com o surgimento do súber substituindo a epiderme.

No sistema radicular fasciculado, não existe uma região principal, mas várias raízes finas e longas, sem que nenhuma delas se destaque das demais. É o sistema radicular encontrado nas monocotiledôneas. No desenvolvimento desse sistema, logo que a raiz germina nasce uma raiz principal. Esta no entanto vive por pouco tempo, sendo rapidamente substituída por várias outras, que se desenvolvem a partir dos nós caulinares, onde estão as zonas germinativas. No exemplo do milho pode-se notar a formação desse sistema de raízes a partir de nós caulinares, durante a germinação da semente, e também a partir de nós caulinares situados acima do solo, na planta adulta. AS raízes que compõem o sistema fasciculado não possuem em geral crescimento secundário, sendo denominadas de **raízes adventícias** (= raízes de substituição), pois nascem de outro órgão, no caso o caule, que não a raiz.

No sistema pivotante penetra, em geral, mais profundamente no solo do que o fasciculado. Nas monocotiledôneas como a grama, o sistema fasciculado é pouco profundo e forma um emaranhado que adere as partículas de sedimentos. Graças a essa característica, as raízes de monocotiledôneas, são usadas pelo homem para prevenir a erosão do solo. O sistema fasciculado

oferece grande superfície total, o que favorece a planta maior fixação e absorção de água e sais minerais. As monocotiledôneas por não formarem árvores frondosas e não desenvolvem ramificações em seus caules, elas não necessitam de um sistema radicular mais eficiente para a fixação. Já as gimnospermas e as dicotiledôneas, que podem formar caules ramificados e árvores de grande porte, desenvolvem o sistema radicular pivotante que, além de garantir absorção é eficiente na fixação da planta no solo.

### Adaptações Especiais das Raízes

Em certas condições ambientais, diferentes daquelas às quais os tipos normais estão adaptados, as raízes apresentam modificações mais ou menos profundas, chegando a realizar funções distintas das básicas:

**1 – Raízes-Suporte ou Escoras:** essas raízes partem do caule, ramificando-se e atingindo o solo, e melhoram as condições de fixação nesse tipo de solo lodoso e instável. É o caso da espécie *Rhizophora mangle*, muito comum os nossos manguezais. Fato semelhante ocorre nos lamaçais do extremo norte brasileiro, em que a consistência e textura do solo são muito próximas dos manguezais. Conseqüentemente ali desenvolvem-se plantas com adaptações semelhantes. As raízes-escoras também são encontradas em outros tipos de plantas como é o caso do milho. Como as raízes escora, desenvolvem-se dos nós são denominadas de adventícias.

**2 – Raízes Respiratórias ou pneumatóforos:** Em solos pobres em oxigênio como os dos manguezais. Algumas plantas desenvolvem raízes adaptadas à respiração. É o caso da espécie *Avicennia schaueriana*, freqüente nos manguezais brasileiros. Os pneumatóforos emergem do solo, em direção ao ar, ficando com as extremidades no nível da água, na maré alta. Na maré baixa podem ser vistos facilmente. Essas raízes são dotadas de lenticelas denominadas de pneumatódios, que são pequenos orifícios através dos quais se processa a aeração.

**3 – Raízes Tubulares:** trata-se de raízes secundárias que crescem muito em espessura junto com a raiz principal, atingindo a superfície e ficando exposta ao ar. Elas são encontradas principalmente em plantas de grande porte, funcionando como importantes auxiliares na fixação ao solo atuando também como raízes respiratórias.

**4 – Raízes Sugadoras ou Haustórios:** desenvolvem-se junto as plantas que servem de hospedeiros. Estas raízes são parasitas, se apresentam muito finas e penetram no caule da hospedeira atingindo os vasos liberianos dos quais retiram a seiva elaborada. O cipó-chumbo, é a principal parasita fanerógoma da flora brasileira.

Outra fanerógama que retira material nutritivo da hospedeira é a erva-de-passarinho. Essa planta, no entanto, não é exemplo de parasito verdadeiro, pois é dotada de folhas capazes de realizar fotossíntese, fabricando, dessa forma, a matéria orgânica de que necessita. Sua nutrição não depende exclusivamente da hospedeira e, por isso, é considerada hemiparasita (semi-parasita).

**5 – Raízes com Velame:** As plantas que vivem sobre as hospedeiras, mas não retiram seu alimento destas, e portanto, não são parasita, têm o nome de **epífitas**. É o caso de inúmeras orquídeas e filodendros, tão comuns nas matas brasileiras. As raízes aéreas das epífitas freqüentemente são revestidas por uma estrutura denominada de velame ou véu. O velame é constituído por varias camadas de células mortas da epiderme. Em tempo úmido, essas células absorvem água. O velame é uma estrutura própria das raízes de epífitas, que são adaptadas à absorção de água e ao controle da perda de água.

**5 – Raízes Estrangulantes:** Muitas raízes pendem em direção ao solo, constituindo o que chamamos popularmente de cipós. Os cipós são, portanto raízes aéreas de epífitas, que quando atingem o solo se ramificam. Mas existem as raízes que se enrolam entorno da planta hospedeira. Ao crescer a raiz se engrossa, devido ao seu aumento de espessura; promovendo a interrupção da condução da seiva elaborada na hospedeira; devido a forte compressão sofrida pelos vasos de floema. Em função disso, a circulação da seiva elaborada é interrompida e a planta morre. Nestes casos os cipós são chamados de “mata-paus”. São exemplos de plantas com raízes estrangulantes as espécies de *Ficus* e *Clusia*.

**6 – Raízes de Reserva:** as raízes também podem ser armazenadoras de reservas. Nesses casos são denominadas de raízes **tuberosas**. São exemplos desse tipo de raiz a cenoura, a bata-doce, o macho, o nabo, a beterraba, a mandioca, a dália etc.

### Morfologia do Caule:

O tipo morfológico do caule é uma estrutura adaptada à função de condução de seiva entre as folhas e as raízes, e também à sustentação de ramos, folhas, flores e frutos. Como as folhas são estruturas adaptadas à fotossíntese, a necessidade de luz, levou-as, por mecanismos de adaptação, a se situarem normalmente no alto, em particular nas matas onde as plantas disputam entre si o espaço disponível. Em consequência o caule surge como uma estrutura aérea e ereta, que emerge do solo e sustenta a copa na sua extremidade superior.

### Adaptações do Caule

1 – Tronco: nas dicotiledôneas e nas gimnospermas, é o tipo padrão de caule, além de aéreo e ereto, é também ramificado.

2 – Colmo: é um caule cilíndrico em que se observa nitidamente os nós e os entrenós formando gomos. É o tipo de caule da cana-de-açúcar (colmo cheio) e o bambu (colmo vazio).

3 – Estipes: são relativamente cilíndricos, porém sem nós e entrenós tão evidentes. São também mais espessos que os colmos. Outra característica importante dos estipes é a apresentação de folhas apenas na sua ponta, como se observa nas palmeiras e na carnaúba.

4 – Caule Volúvel: caule elevado em relação ao solo enrolando-se em qualquer suporte ereto. Ex – *Madressilva*.

5 – Gavinhas: em outras plantas, onde os caules não são volúveis, mas sobem agarrando-se a suportes por meio de estruturas denominadas de gavinhas. No maracujá e na uva, as gavinhas são ramos caulinares modificados, enquanto na ervilha, são folhas modificadas.

6 – Caules Rastejantes ou Prostados: esses caules desenvolvem-se rente ao chão e podem subir, ocasionalmente, quando encontram algum suporte que possam se envolver. Ex: chuchu, aboboreira etc.

7 – Estolho: quando crescem rente ao chão, e apresentam a capacidade de se enraizarem a partir de seus nós e formar novas folhas. Ex: morangueiro.

8 – Xilopódio: são caules que apresentam adaptações relacionadas com o ambiente onde vivem. É o caso de caules de plantas que vivem em regiões áridas ou semi-áridas, em que o fator falta de água pode ameaçar seriamente a vida das plantas. É comum encontrar nessas regiões caules com funções de reservas de água,

como é o caso dos cactos, barrigudas, plantas do cerrado, etc.

Nos cactos, verificam-se outras adaptações relacionadas à economia de água. Nessas plantas, as folhas que normalmente realizam fotossíntese e transpiração, são atrofiadas e transformadas em espinhos. Com essa redução, há diminuição de perda de água por transpiração. O caule, por sua vez, torna-se mais achatado e permanentemente verde, passando a ser responsável pela fotossíntese. A presença de espinhos na planta nem sempre indica uma adaptação para evitar a perda de água, os espinhos podem desenvolver a função de proteção contra o herbivorismo de certos animais, assim plantas com espinhos podem ser encontradas tanto em regiões áridas-desérticas quanto em regiões temperadas e tropicais.

9 – Caule Aquático: o caule da Vitória-régia, que é uma planta aquática vive permanentemente mergulhado na água. Possui arênquima bem desenvolvido, o que lhe facilita a flutuação e respiração.

10 – Rizoma: é um caule subterrâneo que se desenvolve paralelamente rente à superfície do solo. Dele podem emergir folhas aéreas, como acontece com a samambaia e outras pteridófitas, e com a bananeira. As folhas da bananeira possuem bainhas desenvolvidas que juntas formam o pseudocaule.

11 – Tubérculo: é um caule subterrâneo arredondado, rico em material nutritivo. O exemplo típico é a batatinha comum. É possível observar na batatinha, como em todo e qualquer caule, a presença de brotos vegetativos ou gemas, popularmente conhecidas por “olhos”.

12 – Bulbo: é exemplo ao mesmo tempo de caule e folhas subterrâneas. No caso da cebola, cujo o bulbo possui uma parte central, o prato, que corresponde ao caule. Do prato partem folhas profundamente modificadas: os catafilos. O alho é um bulbo, denominado de Bulbo Composto, pois cada dente de alho é um pequeno bulbo.

### Morfologia da Folha

Uma folha completa é constituída de limbo (ou lâmina), pecíolo, bainha e estípulas.

**Limbo:** é a porção achatada e ampla, responsável pela fotossíntese. Ele pode ser simples ou dividido em varias partes, todas com aspecto de pequenas folhas – os folíolos -, caso em que se fala em folha composta.

**Bainha:** o limbo se prende ao ramo caulinar por intermédio de um pecíolo, que pode apresentar em seu ponto de inserção uma expansão denominada de bainha. Esta é pouco desenvolvida ou ausente nas dicotiledôneas, enquanto que nas monocotiledôneas é amplamente distribuída. A roseira é um raro exemplo de dicotiledônea em que a folha apresenta uma bainha, porém pouco desenvolvida.

**Pecíolo:** na maioria das dicotiledôneas as folhas são denominadas de **pecioladas**, pois prendem-se ao caule diretamente pelo pecíolo. Nas monocotiledôneas, as folhas são geralmente **apecioladas** e denominadas de **invaginante**, pois prendem-se ao caule pela bainha bem desenvolvida. Existem algumas exceções, de folhas que não apresentam nem pecíolo e nem limbo, são as chamadas folhas **sésseis**. É o caso da folha do Fumo. As folhas de dicotiledôneas diferem por apresentar o pecíolo e também as nervuras: nas dicotiledôneas as nervuras são ramificadas e as folhas chamadas de **peninérvias**, já nas monocotiledôneas as folhas apresentam nervuras paralelas o que define como folhas **paralelinérvias**. Também existem exceções a essa regra, a quaresmeira é uma dicotiledônea de nervuras paralelas e o copo-de-leite é uma monocotiledônea com nervuras curvinérveas.

**Estipulas:** são formações geralmente duplas e pontiagudas localizadas junto a base das folhas. Podem desempenhar função fotossintetizantes como no caso da ervilha, onde alguns folíolos transformam-se em gavinhas e as estipulas em verdadeiras superfícies fotossintetizantes.

#### **Adaptações Especiais das Folhas**

A – Gavinhas: folhas modificadas com a função de prender a planta a um suporte. EX: ervilha.

B – Espinhos: folhas atrofiadas como adaptação a climas secos, evitando a perda de água por transpiração. EX: cactos.

C – Brácteas: folhas sempre presentes na base das flores. Elas são geralmente pouco vistosas, mas podem ser coloridas, atuando como estruturas de atração aos insetos e pássaros. EX: flor-de-papagaio e primavera.

D – Catáfilos: folhas reduzidas, que geralmente protegem as gemas dormente. Em alguns casos especiais, atuam como órgãos de reservas, como na cebola e no alho.

E – Folhas Coletoras: folhas modificadas e presentes em algumas epífitas, com função de reservatório de água e detritos. As bromeliáceas das florestas sulamericanas formam esses reservatórios na base de cada folha.

F – Folhas de plantas carnívoras: certas plantas apresentam folhas modificadas para a captura e digestão de insetos e de outros pequenos animais.

#### **PARTE IV – FISIOLOGIA DOS VEGETAIS**

##### **Relação entre os mecanismos de absorção, condução e transpiração**

Em plantas avasculares aquáticas, como é o caso de numerosas algas, as células periféricas absorvem água por meio da osmose. As células não periféricas recebem, também por osmose, água das células adjacentes, estabelecendo-se uma corrente osmótica entre elas. Esse sistema de condução osmótica célula a célula pode ser bem entendido em algas filamentosas, em que algumas células que estão expostas ao ar de fora da água, perder água por transpiração o que ocasiona uma força que puxa a água da célula abaixo que esta em contato com o meio aquoso.

As briófitas, são na maioria plantas de ambientes úmidos e sombreados. São sempre de pequeno porte e extremamente sensíveis a dessecação. Ocorrendo nelas transpiração intensa, não conseguem repor água em tempo hábil, em virtude de lentidão do processo osmótico célula a célula, próprio das plantas avasculares. A menor disponibilidade de água e a sua grande perda por transpiração foram dois fatores que as plantas enfrentaram na passagem para o ambiente terrestre.

As plantas terrestres desenvolveram folhas de superfície ampla, adaptada à melhor absorção de luz e eficiência na obtenção de gás carbônico do ar atmosférico, importantes para a fotossíntese. Essa grande superfície foliar trouxe como consequência a perda excessiva de água pela transpiração. A água assim perdida, precisa ser reposta o mais rápido possível e de forma eficiente, para isso as plantas desenvolveram um sistema de absorção da água do solo e a sua condução até as folhas. O surgimento dos tecidos condutores de seiva propiciaram a realização

dessas funções e a conquista definitiva das plantas no ambiente terrestre. Estima-se que 90% da água absorvida pelas raízes é perdida pela transpiração enquanto que a porcentagem que fica retida no metabolismo da planta é muito pouco. Caso a transpiração seja maior que a absorção, a planta murcha e a planta pode chegar a morte. As funções de absorção, condução e transpiração estão estritamente ligadas uma nas outras.

## ABSORÇÃO

Nas plantas terrestres, a água e os sais minerais (solução do solo) são normalmente absorvidos do solo. O órgão sede da absorção é a raiz que também promove a fixação da planta no solo.

Dois são os mecanismos pelo qual a água e os nutrientes podem entrar pela epiderme da raiz e atingir os vasos de xilema: um processo é denominado de **apoplasto**, e consiste na entrada da solução do solo na raiz pelos espaços intercelulares sem gasto de energia e do carregamento desse material até os elementos traqueais (vasos xilemáticos) por onde entra por difusão ativa. Já no outro processo, denominado **simplosto**, a solução do solo entra dentro dos pêlos absorventes por difusão ativa ou passiva através dos canais específicos da membrana celular e se encaminha para os elementos traqueais via plasmodesmos e sem gasto de energia.

As células das raízes apresentando boa concentração nos seus vacúolos (solução hipertônica) irão absorver osmoticamente a água do solo úmido (solução hipotônica).

## TRANSPORTE DA SEIVA BRUTA E ELABORADA NOS VEGETAIS

A solução de água e sais minerais que a planta absorve do solo é chamada de seiva bruta, que é transportada desde a raiz até as folhas por elementos condutores do lenho ou xilema. Subir na direção das folhas implica em vencer a força da gravidade. Um conjunto de componentes contribui para isso:

→ **Pressão Positiva da Raiz:** que absorvendo osmoticamente a água do solo, empurra a seiva bruta xilema acima.

→ **Capilaridade:** dos vasos lenhosos que permite a adesão da água com suas paredes internas, somada à coesão das moléculas de água que são polarizadas, também colaborarão para a ascensão da seiva bruta.

→ **Transpiração das Folhas:** aceita para explicar a condução da seiva bruta até as folhas é a teoria da **coesão-tensão-adesão**, que esta associada a teoria do potencial hídrico. De acordo com esta teoria, as moléculas de água dentro dos finíssimos vasos xilemáticos mantêm-se unidas por forças de coesão, formando uma coluna líquida contínua das raízes até as folhas. À medida que as folhas perdem água por transpiração, suas células absorvem água dos vasos xilemáticos, gerando uma força de sucção (tensão) que puxa a coluna líquida dentro dos vasos do xilema. Calcula-se que a tensão criada pela transpiração é suficiente para elevar uma coluna de água a cerca de 160 m de altura dentro de um vaso xilemático.

Já a seiva elaborada é uma solução rica em compostos orgânicos formados em sua maioria pela fotossíntese. O tecido que distribui esse alimento para as diversas partes da planta é o floema.

O floema consiste de vários tipos de células: **células tubulares perfuradas (elementos crivados)**, **células companheiras** e o **parênquima vascular**. A seiva elaborada pode se movimentar para cima ou para baixo dentro do floema, se encaminhando das **fontes** que são locais de produção para os **drenos** que são locais de onde os açúcares são consumidos ou armazenados.

Determinada região de um vegetal pode ser fonte ou dreno dependendo de seu estágio de desenvolvimento. Por exemplo, uma folha jovem é um dreno até que sua taxa fotossintética supere suas necessidades para manutenção de suas funções. Neste momento se tornará uma fonte, contribuindo com o suprimento energético para o restante da planta.

A seiva elaborada se move dentro do floema por um fluxo de massa. O açúcar se move da fonte (geralmente as folhas) para um dreno (outros órgãos e tecidos) por pressão hidrostática, ou seja a seiva elaborada circula de órgãos com grandes concentrações em açúcares solúveis para órgãos com baixas concentrações desses açúcares, esse transporte requer gasto de energia. O transporte ocorre da seguinte forma, quando o açúcar é transmitido das folhas para os vasos liberianos, o potencial hídrico desses vasos diminui e conseqüentemente a água é arrastada dos tecidos das folhas para esses vasos através de um processo por osmose. A pressão hidrostática faz com que a seiva flua para a área de menor pressão que é a área de dreno. Nesta área o açúcar é removido do floema por outro passo que requer também gasto de energia. E neste local a seiva elaborada é, geralmente convertida em amido ou metabolizada. Existe dessa forma um gradiente de pressão das fontes para os drenos (mais uma vez a água flui da região de maior

potencial hídrico para a região de menor potencial hídrico).

## **SUDAÇÃO E GUTAÇÃO**

Certas plantas podem absorver mais água do que elas eliminam, isto ocorre em dias úmidos quando a transpiração é baixa, e a absorção de água é eficiente. Assim, o excesso de água e sais absorvidos é eliminado nas folhas através de poros especiais denominados de hidatóides ou estômatos aquíferos. Este fenômeno de eliminação de água líquida e de sais minerais através dos poros especiais recebe o nome de gutação ou sudação.

## **ELEMENTOS ESSENCIAIS AO CRESCIMENTO DAS PLANTAS**

Certos elementos são requeridos ao desenvolvimento normal das plantas. Os que são requeridos em grandes necessidades são denominados de **macronutrientes** e os que são necessários em pequenas doses são chamados de **micronutrientes**. As plantas absorvem esses nutrientes na forma de sais minerais. Os sintomas causados pela falta de um dos elementos químicos dependem da função que ele desempenha na planta. A deficiência de magnésio, por exemplo, torna as folhas amareladas, em virtude da queda na produção de clorofila, molécula que contém magnésio em sua constituição. As deficiências nutricionais mais comuns nas plantas são dos elementos nitrogênio, fósforo e potássio. O nitrogênio e o fósforo são constituintes importantes de proteínas e ácidos nucleicos, ao passo que o potássio está relacionado ao equilíbrio osmótico da permeabilidade celular. Por isso, os fertilizantes de solo, conhecidos como adubos, contêm quantidades expressivas desses elementos.

Macronutrientes → carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio.

Micronutrientes → ferro, boro, manganês, cobre, molibidênio, cloro e zinco.

## **DESENVOLVIMENTO E MOVIMENTO VEGETAL**

Os seres vivos em condições de desenvolvimento executam princípios biológicos. Através das mitoses ocorre a multiplicação celular e o crescimento acontece pelo aumento do número das células, assim como pelo alongamento. Já a diferenciação, representa o conjunto de modificações

que o código genético determina nas células que vão se especializando e formando diferentes tecidos que estarão nos órgãos e sistemas do organismo animal e vegetal.

Esse complexo de processos biológicos precisa ser regulado dinamicamente para que ocorram ou sejam inibidos em tempo e velocidade adequados. Nos vegetais, o controle é exercido por fatores externos ou intrínsecos (luz, calor, temperatura, umidade, concentração de oxigênio) e internos como o código genético, enzimas e hormônios.

## **PARTE V – FITORMÔNIOS**

Hoje sabemos que o desenvolvimento das plantas está condicionado pela presença de substâncias denominadas de hormônios vegetais, que não deixam de ser substâncias produzidas em determinado local do organismo, atuando em outros locais e exercendo efeitos mesmo em pequenas quantidades. Os fitormônios desempenham papel importante na vida do vegetal, podendo ora estimular ora inibir órgãos específicos como os açúes, gemas e raízes, além da floração e da frutificação.

**1 – Auxinas:** as auxinas controlam diversas atividades das plantas, como desenvolvimento das gemas laterais, tropismos, desenvolvimento de frutos etc. A principal auxina é o ácido indolacético ou AIA. Essa substância é produzida principalmente no meristema do caule e transportada pelas células do parênquima até as raízes. O transporte de AIA ocorre somente nesse sentido e consome a energia das células. Se um pedaço de caule for colocado de “cabeça para baixo”, o AIA continua a se deslocar em direção a extremidade das raízes contra a força gravitacional.

O principal efeito das auxinas é causar o alongamento das células recém-formadas nos meristemas, promovendo assim o crescimento de raízes e caules. O efeito desse hormônio depende de sua concentração na planta; em concentrações adequadas, ele promove o crescimento máximo das células; entretanto, em concentrações muito altas, a auxina inibe o alongamento.

A sensibilidade das células a essa substância varia nas diferentes partes da planta. O caule, por exemplo, é menos sensível à auxina do que a raiz. Assim uma concentração de AIA suficiente para induzir um crescimento “ótimo” do caule tem forte efeito inibidor sobre o crescimento da raiz podem ser insuficientes para produzir efeitos no caule.

As auxinas produzidas pelo meristema apical do caule exercem forte inibição sobre as gemas laterais,

impedindo que elas saiam do estado de dormência e produzam ramos. Essa inibição é conhecida como **dominância apical**, e determina que os caules só se ramifiquem a partir de certa distância do ápice, em que a quantidade de auxina da gema apical é insuficiente para inibir gemas laterais.

Pode-se demonstrar a dominância apical eliminando o ápice do caule. Em poucos dias, diversas gemas laterais começam a se desenvolver, produzindo ramos. É exatamente esse princípio da técnica de jardinagem chamada de **poda**. Com a remoção da gema apical, cessa a produção de auxinas, e as gemas laterais podem se desenvolver.

As auxinas sintéticas ou naturais, determinam crescimento das extremidades do caule (**geotropismo negativo**) e da raiz (**geotropismo positivo**). O crescimento pode ser diferenciado ou até inibido, dependendo da concentração de auxinas e do órgão vegetal (raiz ou caule). Veja a análise gráfica desse efeito:

## GRAFICO

O **fototropismo** mostra a aplicação imediata: o lado iluminado tem pequena parcela de auxinas que é destruída pela luz (fotolável) e grande parte do hormônio migrando para o lado oposto que é menos iluminado. Assim, na extremidade do coleóptilo (primeiras folhas da germinação das gramíneas), do lado mais iluminado, onde a concentração de auxinas é menor e o crescimento é mais lento. Do lado menos iluminado, a concentração é maior e o crescimento é mais rápido. Como resultado desse crescimento desigual ocorre a curvatura do coleóptilo na direção da luz (**fototropismo positivo**).

Processos semelhantes de curvatura ocorrem com o pecíolo da folha e o pedúnculo da flor. Uma planta colocada na posição horizontal terá, por ação da gravidade, grande disposição de auxinas na parte inferior. A raiz terá crescimento mais rápido do lado superior, onde a concentração de auxinas é menor, curvando e aprofundando-se no solo (**geotropismo positivo**). O caule terá crescimento mais rápido do lado inferior, onde a concentração de auxinas é maior, curvando para cima e crescendo verticalmente (**geotropismo negativo**).

À medida que a planta vai envelhecendo as gemas apicais produzem menos auxinas. Essa queda do teor de auxinas circulante é sinal para a construção de camadas de células transversais ao pecíolo das folhas. O processo é frequente, para determinadas espécies de plantas no outono, causando ruptura nesse ponto, com queda da folha.

Os grãos de pólen sobre o estigma do ginécio, são estimulados por auxinas produzidas nos ovários e desenvolveram em tubo polínico (quimiotropismo positivo). No interior desse tubo estarão dois estigmas masculinos que realizarão dupla fecundação no interior do saco embrionário contido no óvulo. Do óvulo será desenvolvida a semente, a qual produz auxinas que estimulam a transformação do ovário no fruto. Há flores que não ocorrem fecundação dos seus óvulos, mas mesmo assim o avariado desenvolve a partir da presença das auxinas, formando assim os frutos partenocárpicos. Em condições naturais isso ocorre em bananeiras, e artificialmente em limão-taiti e laranjeira-da-baía. No morango a partenocarpia é provocada pela aplicação de auxinas que faz desenvolver inclusive o receptáculo floral, respectivamente com os pequeninos frutinhas secas, formando o pseudofruto.

**2 – Giberelinas:** as giberelinas são produzidas principalmente nas raízes e nos brotos foliares, estimulam o crescimento de caules e folhas, mas tem pouco efeito sobre o crescimento das raízes. Esses hormônios atuam juntamente com as auxinas no desenvolvimento dos frutos e também são usados na produção de frutos sem sementes.

As giberelinas desempenham, junto com as citocininas, importante papel no processo de germinação das sementes. A absorção de água pelas sementes (embebição) faz com que o embrião nelas contido libere giberelina. Com isso, elas saem do estado de dormência e germinem.

**3 – Citocininas:** estimulam a divisão celular (citocinese), são produzidas nas raízes e transportadas através do xilema para toda a parte da planta. Elas atuam em associação com as auxinas no controle da dominância apical. Nesse caso, os dois hormônios tem efeitos antagônicos: as auxinas que descem pelo caule inibem o desenvolvimento das gemas laterais, enquanto que as citocininas provenientes das raízes induzem o desenvolvimento das gemas laterais.

Outro efeito das citocininas é retardar o envelhecimento da planta. É uma prática muito comum das floriculturas pulverizar a citocininas sobre as flores recém coletadas, para retardar seu envelhecimento.

**4 – Ácido abscísico:** o ácido abscísico, ao contrário dos hormônios mencionados anteriormente, é um inibidor do crescimento das plantas. A produção de ácido abscísico ocorre nas gemas apicais. A própria gema que o produz, inibe seu crescimento. Assim a planta pára de crescer e entra em dormência, que ocorre geralmente em invernos muito rigorosos ou em situações de seca extrema, mas para que a planta entre em dormência e necessário haver um balanço de hormônios reguladores e inibidores. O ácido abscísico, cumárico ou cinâmico, é inibidores dos outros fitormônios, por isso causam inibição da germinação das sementes, do brotamento de gemas, do alongamento de raízes e estimulam a queda de folhas e frutos (formação da camada de abscisão).

**5 – Etileno:** é produzido por todos os órgãos vegetais em condições naturais (endógenas). Artificialmente (exógeno) pode ser produzido pela queima do querosene, da palha e da serragem. Nas folhas envelhecidas, com queda do teor auxínico circulante, o gás etileno é produzido e estimula a formação das camadas de abscisão, com a consequente queda das folhas. Fisiologicamente, o etileno auxilia na produção da celulase que digere as paredes celulares. Pelo mesmo processo as flores e os frutos também caíram.

A floração e a formação dos frutos pode ser estimuladas pela aplicação do etileno. Isso ocorre por exemplo em manga, abacaxi, maçã, oferecendo alternativas importantes aos cultivadores e a comercialização de vegetais.

Quando inicia o amadurecimento de uma banana em um cacho ou de uma maçã em grupo delas, a primeira fruta é responsável pela liberação de gás etileno que irá estimular o amadurecimento dos outros frutos ao seu redor. No transporte à distância ou no armazenamento por um certo tempo dos frutos, cuidados devem ser tomados como o armazenamento em baixas temperaturas e em atmosferas controláveis, onde há forte presença de gás carbônico e baixa concentração de oxigênio.

### **CONTROLE DA FLORAÇÃO**

Há algum tempo sabe-se que o florescimento de certas plantas esta relacionado com a duração do período iluminado do dia, o **fotoperíodo**. A resposta fisiológica das plantas ao fotoperíodo é chamada de **fotoperiodismo**. Como se sabe o período iluminado do dia é maior no verão do que no inverno. Essa variação é mais marcante em regiões de clima temperado do que em regiões de clima tropical.

De acordo com a maneira como o fotoperíodo afeta a floração, as plantas podem ser classificadas em três tipos principais:

A – Plantas de Dia Longo: são as que florescem quando o período de escuridão é inferior ao fotoperíodo crítico. Plantas desse tipo florescem no fim da primavera ou verão.

B – Plantas de Dia Curto: são as que florescem quando a duração da noite (o período escuro) é igual ou maior que determinado valor, típico de cada espécie o chamado fotoperíodo crítico. Plantas de dias curtos florescem no fim do verão, no outono ou no inverno.

C – Plantas Indiferentes: em muitas plantas a floração não tem nenhuma relação com o fotoperíodo.

A sensibilidade ao fotoperíodo é realizado por fitocromos que se encontram nas folhas. Esses pigmentos são proteínas de cor azul-esverdeada. Os fitocromos se apresentam em duas formas interconvertíveis: fitocromo R ou FV (forma inativa) e o fitocromo F ou FV (forma ativa). O fitocromo R (do inglês red, vermelho) transforma-se em fitocromo F (do inglês, far red, vermelho longo) ao absorver luz vermelha com comprimento de 660 nm. O fitocromo F se converterá em fitocromo R ao absorver luz vermelha na faixa dos 730 nm (vermelho de onda mais longo). Ambos os comprimento de onda vermelha estão presentes na luz solar.

Durante o dia as plantas apresentam as duas formas de fitocromos. À noite, por ser mais instável o fitocromo F (ativo) se converte em fitocromo R (inativo), total ou parcial, dependendo do período de escuridão.

IAMAGEMMMMMM

Nas plantas de dia curto o fitocromo F é inibidor da floração. Nessas plantas as noites longas acumulam muito fitocromo R, deixando o fitocromo F (forma ativa) em baixa concentração, o que provoca como resposta fisiológica a floração. Nas plantas de dia longo, por ter noites curtas, os fitocromos F (forma

ativa) serão mantidas em maior concentração, funcionando como indutores da floração.

Nas folhas, a absorção da energia luminosa através dos fitocromos estimula a formação de florígenos que são hormônios específicos da floração. Os florígenos migram através do floema e vão induzir a formação dos botões florais a partir das gemas vegetativas.

Os fitocromos estão presentes também nas sementes. Há sementes fotoblásticas positivas que só germinam, induzidas pelo fitocromo F (forma ativa), se receberem luz é o caso da alface. As fotoblásticas negativas são sementes que só germinam se estiverem ao abrigo da luz é caso da melancia.

## LUZ E GERMINAÇÃO

As sementes da maioria das plantas são fotoblásticas negativas, germinando mesmo quando enterradas muito profundamente no solo. Nesses casos, o caulóide alonga-se rapidamente e forma-se um gancho de germinação que só se desfaz na superfície do solo, após a planta entrar em contato com a luz. O crescimento que ocorre na ausência de luz, enquanto a jovem planta esta sob o solo, é chamado de **estiolamento**. Trata-se de um processo adaptativo, pois o crescimento rápido faz a planta atingir rápido a superfície; por outro lado a manutenção do gancho caulinar na ausência de luz evita o contato direto da gema apical e das primeiras folhas as partículas do solo, o que poderia acarretar sérios danos a jovem planta.

As plantas que se desenvolvem no escuro apresentam: caule muito alongado devido ao rápido crescimento dos entrenós; folhas pequenas; persistência do gancho de germinação; cor amarelada, uma vez que os plastos não produzem clorofila na ausência de luz. Essas características se devem a ausência do fitocromo F na planta.

## PARTE VI – RELAÇÃO ENTRE A TRANSPIRAÇÃO, FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO

O CO<sub>2</sub> necessário à fotossíntese entra nas folhas através de estruturas epidérmicas denominadas de **estômatos**. Cada estômato compõem-se de duas células semelhantes a grãos de feijão ou de haltere, ricas em cloroplastos denominadas de **células-guarda**, as quais são circundadas por um número variável de células vizinhas, chamadas de **células acessórias** ou subsidiárias. Essas células como as demais células epidérmicas não apresentam cloroplastos. Entre as

células-guarda de um estômato localiza-se um orifício regulável que permite as trocas gasosas: o **ostíolo**.

A abertura e fechamento dos estômatos dependem do grau de turgidez das células-guarda. Se elas absorvem água e tornam-se túrgidas, o ostíolo abre-se. Se as células-guarda perdem água, tornam-se flácidas o ostíolo fecha-se. Nas dicotiledôneas as células-guarda apresentam a morfologia semelhante a de um rim e possuem microfibrilas de celulose que se estruturam de forma que quando a célula ganha água elas se distendem e o ostíolo abre e quando as células-guarda perdem água as fibras se aproximam e o ostíolo fecha-se. Já nas monocotiledôneas, o estômato é semelhante a um haltere que apresenta o corpo alongado e na sua extremidade um pouco dilatada, quando a célula ganha água as extremidades se dilatam afastando-se uma da outra e promovendo a abertura do ostíolo, porém quando a células-guarda perdem água as extremidades se aproximam e garantem o fechamento do ostíolo.

Quando a planta abre seu estômato pra permitir o ingresso de gás carbônico acaba por perder certa quantidade de água também na forma de vapor é a sua transpiração. **Transpiração**: é a perda de água na forma de vapor que ocorre pela superfície corporal de plantas e animais. Nas plantas, mesmo com estômatos totalmente fechados, ocorre certa taxa de transpiração é a transpiração **cuticular**, que ocorre através da cutícula das folhas. Quando a planta abre os estômatos para captar gás carbônico acaba por perder água também, e tal transpiração é denominada de **estomática**.

## FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM A ABERTURA E FECHAMENTO DOS ESTÔMATOS:

1 – Luminosidade: a maioria das plantas abrem-se os estômato ao amanhecer e fecham-se ao anoitecer. Esse comportamento permite à folha receber gás carbônico para a fotossíntese enquanto há luz disponível. O suprimento de gás oxigênio para a respiração fica armazenado no mesofilo foliar e é suficiente para a noite inteira. O fechamento noturno dos estômatos permite uma diminuição sensível na perda de água pela transpiração.

2 – Concentração de gás carbônico: os estômatos abrem-se quando a planta é submetida a baixas concentrações de gás, e fecham-se quando a concentração do mesmo aumenta. Esse comportamento pode ser explicado pelo fenômeno da fotossíntese: se o CO<sub>2</sub> é armazenado no mesofilo foliar durante o dia significa que esse gás não está sendo usado para a

fotossíntese devido a falta de luz, sinalizando que os estômatos podem ser fechados.

3 – Suprimento hídrico: a disponibilidade de água no solo, o suprimento hídrico de que a planta dispõe, exerce grande influência nos movimentos dos estômatos. Se falta água para a planta os estômatos se fecham, mesmo em presença de luz e baixas concentrações de gás carbônico no mesófilo.

O movimento estomático quando há suprimento hídrico se deve a entrada e saída de íons de potássio ( $K^+$ ) nas células-guarda. Em presença de luz ou em baixas concentrações de gás carbônico, os íons de potássio são bombeados das células acessórias para o interior das células-guarda. O aumento da concentração desses íons faz com que as células-guarda absorvam água das células acessórias por osmose, tornando-se túrgidas e abrindo-se o ostíolo. Na ausência de luz ou em altas concentrações de gás carbônico as células estomáticas perdem íons de potássio para as células acessórias; com isso, diminui sua pressão osmótica e elas cedem água para as células acessórias, tornando-se mais flácidas e fechando-se o ostíolo.

4 – Explicação bioquímica: durante a abertura dos estômatos sob influência da luz, também ocorre diminuição da quantidade de amido presente no citoplasma das células-guarda. Isso porque a luz, em particular o comprimento de onda relativo ao azul, ativa a quebra do amido com a produção de ácidos orgânicos. O aumento desses ácidos no citoplasma celular propicia a entrada de íons de potássio nas células-guarda, o que aumenta a pressão osmótica e promove a turgidez das células e em consequência a abertura do ostíolo.

5 – Ácido abscísico: quando começa a faltar água na folha, entra em ação o ácido abscísico, que penetra nas células-guarda e estimula a saída de íons de potássio. Isso faz com que as células se tornem flácidas e os estômatos se fechem.

#### FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

1 – Concentração de  $CO_2$ : a atmosfera é constituída de 0,03% a 0,04% de gás carbônico quantidade bem inferior a que a planta utilizaria na fotossíntese. Em estudos aumentando constantemente as concentrações de gás carbônico à planta, em condições ideais de temperatura e luminosidade; notou-se que a taxa fotossintética aumenta até a concentração de 0,3% de gás carbônico, ou seja, dez vezes mais que a

concentração atmosférica; a partir desse valor a taxa de fotossíntese não se altera. Isso representa que a medida que a concentração de  $CO_2$  aumenta até 0,3% a taxa fotossintética também aumenta e depois permanece constante.

2 – Temperatura: plantas mantida em condições ideais de luminosidade e concentração de gás carbônico, apresentam um aumento na taxa de fotossíntese à medida que aumenta a temperatura ambiental, até cerca de 45°C. A partir desse limite, a taxa de fotossíntese e de maneira geral todo o metabolismo da planta sofrem drástica redução, isso porque a maioria dos complexos enzimáticos das plantas são desnaturados acima dessa temperatura.

3 – Luminosidade: em condições ideais de temperatura e concentração de gás carbônico, a taxa fotossintética aumenta com o aumento da luminosidade até certo valor-limite. Este corresponde a um ponto ao qual a intensidade luminosa deixa de alterar a taxa de fotossíntese, sendo chamado de **ponto de saturação luminosa**. A clorofila absorve com mais eficiência comprimentos de luz azul, violeta e vermelho e não a luz verde.

#### RELAÇÃO ENTRE FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO

Fotossíntese:  $CO_2 + 2 H_2O \rightarrow C(H_2O) + O_2 + H_2O$

Respiração:  $C(H_2O) + O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$

Durante o dia, a planta faz fotossíntese, consumindo o gás carbônico e produzindo gás oxigênio; a maior parte desse gás é eliminada para a atmosfera através dos estômatos. Ao mesmo tempo que se faz a fotossíntese, a planta também respira; nesse processo, ela utiliza parte do oxigênio que está sendo produzido na fotossíntese. Durante a noite, ela deixa de fazer fotossíntese, mas não de respirar, absorvendo gás oxigênio acumulado no mesófilo foliar e acumulando o gás carbônico produzido na respiração. Esse gás carbônico é rapidamente consumido na fotossíntese assim que amanhece.

**Ponto de Compensação Luminosa – PCF ou PC ou PCL**: sob determinada intensidade luminosa, as taxas de fotossíntese e de respiração se equivalem, e a planta não realiza trocas gasosas com o ambiente. Isso porque todo o gás oxigênio liberado na fotossíntese é utilizado na respiração e todo gás carbônico produzido na respiração é utilizado na fotossíntese. A intensidade luminosa que isso ocorre é chamado de **ponto de**

**compensação fótico ou luminoso.** Para poder crescer as plantas precisam pelo menos algumas horas do dia, intensidade luminosa superior ao seu ponto de compensação luminoso, caso ao contrario não haverá matéria orgânica disponível para o crescimento.

A – Plantas do Sol ou heliófitas: espécies com pontos de compensação elevados só conseguem viver em locais de alta luminosidade.

B – plantas da sombra ou umbrófilas: espécies com pontos de compensação mais baixos necessitam de intensidades menores de luz e podem viver em ambientes sombreados.

- Plantas com Metabolismo CAM
- Reprodução Assexuada das Plantas
- Classificação dos Frutos
- Movimentos Vegetais (**serão abordados em aulas extras**)