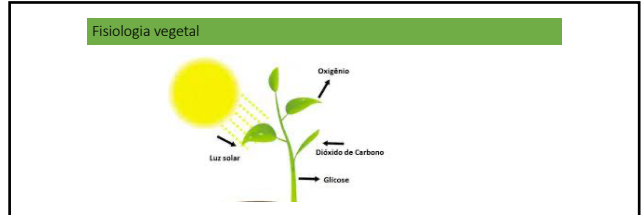




Apresentação da Disciplina

Fisiologia vegetal



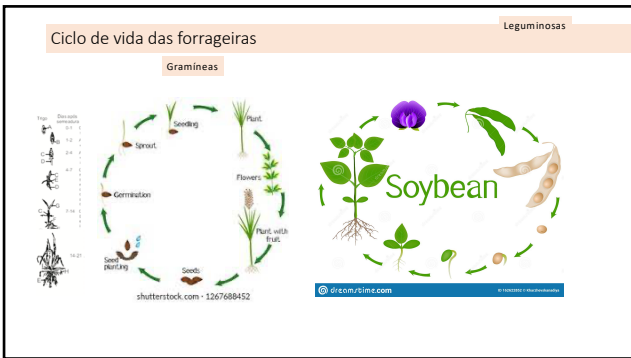
Por que estudar fisiologia vegetal?  
Qual o objeto de estudo da fisiologia vegetal?

**"Estuda os mecanismos que explicam a manifestação da vida em uma planta"**

Ciclo de vida das forrageiras

Gramineas

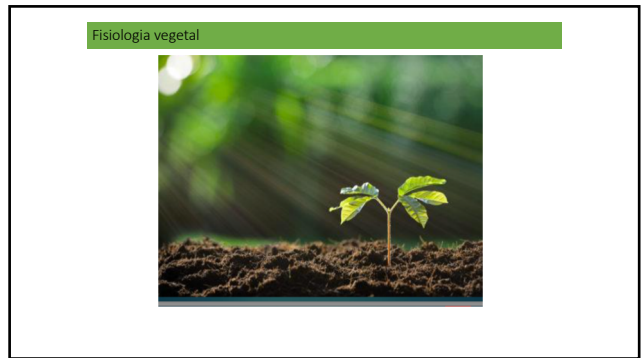
Leguminosas



shutterstock.com - 1267688452

© drcorn/time.com

Fisiologia vegetal



Fisiologia vegetal

(A) Vegetative young adult plant

(B) Flowering plant

Phases

- Juvenile
- Vegetative adult
- Reproductive
- Flower

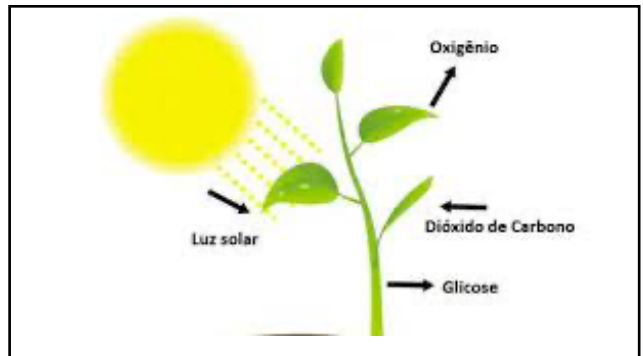
Processes required at all phases

| Species                             | Length of juvenile period in some woody plant species |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Red Pine (Pinus resinosa)           | 20-30 years                                           |
| White Pine (Pinus strobus)          | 10-20 years                                           |
| Jack Pine (Pinus banksiana)         | 10-20 years                                           |
| Scots Pine (Pinus sylvestris)       | 10-20 years                                           |
| European Larch (Larix laricina)     | 10-20 years                                           |
| European Spruce (Picea abies)       | 10-20 years                                           |
| European Fir (Abies balsamea)       | 10-20 years                                           |
| European Hemlock (Tsuga canadensis) | 10-20 years                                           |

O meristema apical do caule possui três fases de Desenvolvimento:

1. Juvenil – Não tem habilidade para florescer;
2. Adulta vegetativa – Torna-se competente para formar estruturas reprodutivas;
3. Adulta reprodutiva – Torna-se determinada para florescer.

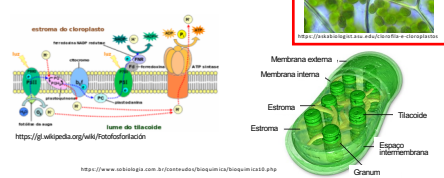
□ Mudança de fase:  
Depende de um sinal específico do desenvolvimento (autônomo) ou Ambiental (obligatória ou facultativa).



### Cloroplastos

São visíveis ao microscópio de luz. Apresentam forma **esférica ou ovalada**.  
Forma e quantidade variam entre organismos e órgãos.

Contêm clorofila e estão associados à **fotossíntese**, sendo mais diferenciados nas folhas.  
São produzidos a partir de um proplastídio na presença de luz.



### Quais as principais famílias de plantas forrageiras?

|                                           | Temperadas                                                                                                                                                                                                                                                     | Tropicais                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P<br>D<br>S<br>C<br>S<br>C<br>F<br>S<br>F | Poaceae (Gramíneas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Anuais: Avena sativa (aveia), Secale cereale (centeio), Lolium (azevém), Hordeum vulgare (cevada), etc.</li> <li>Perenes: Festuca arundinacea (fescua), Phalaris tuberosa (talari), etc.</li> </ul> | Poaceae (Gramíneas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Anuais: Zea mays (milho), Sorghum vulgare (sorgo), Pennisetum typhoides (capim italiano), etc.</li> <li>Perenes: Panicum (colonião, tanciana, etc.), Brachiaria (brachiária, marandu), etc.</li> </ul> |
|                                           | Fabaceae (Leguminosas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Anuais: Vicia (ervilhaca), Ornithopus sativus (serradela), etc.</li> <li>Perenes: Medicago sativa (alfafa), Lotus corniculatus (cornichão), etc.</li> </ul>                                      | Fabaceae (Leguminosas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Anuais: Stylobolus altissimus (mucuna preta), etc.</li> <li>Perenes: Neorotunda (soja perene), Galea (galea), etc.</li> </ul>                                                                       |

### Gramíneas



*Panicum* spp.



*Cynodon* spp.



*Brachiaria* spp.



*Zea mays*



*Oryza* spp.



*Pennisetum* spp.

### Leguminosas



*Stylosanthes* spp.



*Medicago* spp.



*Glycine* spp.



*Crotalaria* spp.

Fonte: Pixabay

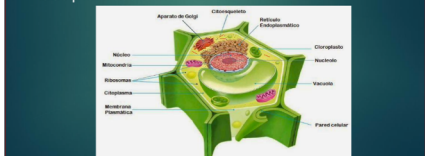
### Universidade de São Paulo Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

A água na planta. Relações hídricas nas células e tecidos vegetais.  
Movimento da água na planta. Absorção e transporte de água na planta.  
Perdas por transpiração e gutação. Mecanismo estomático.  
Prof. Dr. João Paulo Rodrigues Marques



### Perguntas norteadoras

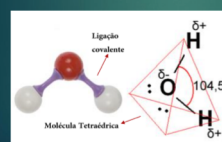
- ✓ Quais são as propriedades da água e as forças físicas que influenciam seu movimento ao nível celular?
- ✓ Qual a importância da água para a fisiologia das plantas?



### Estrutura molecular e propriedades físico químicas

- ✓ Solvente de amplo espectro – favorece o transporte;

- ✓ Estrutura polar da molécula
- ✓ Pontes de Hidrogênio



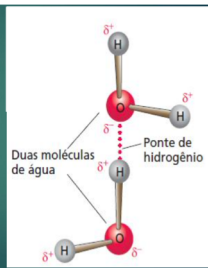
**Molécula polar:**  
separação de cargas – 2 polos positivos próximos aos  $H^+$  e 2 polos negativos próximos ao  $O^-$ .



## Estrutura molecular e propriedades físico químicas

**Pontes de hidrogênio**

Força intermolecular, resultante da atração entre H e qualquer outro elemento muito eletronegativo (F, O, N).



## Estrutura molecular e propriedades físico químicas

- ✓ As **propriedades** físico-químicas da água resultam das pontes de hidrogênio.
- ✓ A água pode formar até 4 pontes de H com moléculas de água adjacentes.
- ✓ As pontes de H são importantes para manter a forma das moléculas biológicas. Ex: proteínas.
- ✓ A água dissolve com facilidade compostos polares iônicos, e não-iônicos, como açúcares, álcoois simples, aldeídos e cetonas.

## Estrutura molecular e propriedades físico químicas

**Calor específico**

- ✓ Energia calorífica exigida para aumentar a temperatura de uma substância em uma quantidade definida;
- ✓ A água requer uma adição de calor relativamente grande para aumentar sua temperatura;
- ✓ A **água** pode absorver ou ceder grande quantidade de calor com pequena variação de temperatura – **alto calor específico**;

**Importância para as plantas:** ajuda a estabilizar as flutuações de temperatura

## Estrutura molecular e propriedades físico químicas

**Calor latente de vaporização**

- ✓ Energia necessária para que as moléculas de água passem da fase líquida para a gasosa;
- ✓ Diminui a medida que a temperatura aumenta – valor mínimo a 100° C;
- ✓ Para que a água passe do estado líquido para o de vapor é preciso quebrar as pontes de hidrogênio, o que demanda muita energia.

**Importância para as plantas:** modera a temperatura das folhas transpirantes, devido ao efeito resfriante causado pela evaporação da água.

## Estrutura molecular e propriedades físico químicas

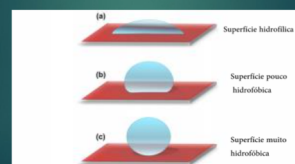
**✓ Coesão:** Atração mútua entre as moléculas

Astronauta Clayton Anderson - A coesão da água é mais evidente em condição de microgravidade do que na Terra.

[https://www.youtube.com/watch?v=XAnICnJ\\_80](https://www.youtube.com/watch?v=XAnICnJ_80)

## Estrutura molecular e propriedades físico químicas

- ✓ **Adesão:** Refere-se à atração da água a uma fase sólida, como a parede celular, parede interna de vasos de xilema, ou a superfície de um vidro.



## Movimentação da água e solutos

**Difusão:** método de movimento randômico de concentração numa solução alta concentração para baixa concentração. (solo-alante e estômato)

**Fluxo de massa:** método de movimento randômico de grande quantidade de moléculas. Ex: água e xilema e floema.

**Osmose:** difusão em membrana. A água se movimentava de um local com **maior** potencial hídrico para uma solução de **baixo** potencial hídrico

**Membrana:** Permeabilidade é variável entre moléculas.

- **adição de solutos ( $\Psi_s$ )**
- **presença de matriz coloidal** – partículas de solo, celulose ( $\Psi_m$ )
- **pressão hidrostática** – **ascensão no xilema ( $\Psi_p$ )**
- **pressão gravitacional** – ( $\Psi_g$ )

$$\text{Potencial hídrico } \Psi_w = \Psi_s + \Psi_m + \Psi_p + \Psi_g$$

Potencial hídrico  
Osmótico

Potencial matricial

pressão de pressão

Potencial gravitacional

### Neste sentido

- **O  $\Psi_s$ ,  $\Psi_m$ ,  $\Psi_g$  diminuem o  $\Psi_w$ , uma vez que são negativos**
- **Já o  $\Psi_p$  aumenta  $\Psi_w$ , uma vez que é positivo**

**Aquaporinas:**  
Proteínas integrais da membrana que promovem o deslocamento de água via transmembrana

**Potencial hídrico e interação com célula**

$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$

Água se desloca do maior potencial hídrico para o menor.

Matricial:  $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$

Célula

$\Psi_w = -0,2$   
 $\Psi_s = -0,5$   
 $\Psi_p = 0,3$

**Célula em equilíbrio:**

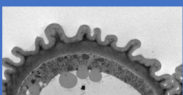
O potencial hídrico é o mesmo no vacúolo, citoplasma (água no simplasto) e parede celular

Solução de 0,1 M de sacarose

$\Psi_p = 0$  MPa  
 $\Psi_s = -0,244$  MPa  
 $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$   
 $= 0 - 0,244$  MPa  
 $= -0,244$  MPa

Plantada

3 M  
 MPa  
 0,732 MPa  
 0,732 MPa



## Membrana Plasmática e transporte soluto

Possibilita o transporte de substâncias para o interior e para fora do protoplasma;  
Traduz sinais (hormônios, ambiente, patógenos etc.) envolvidos no controle do crescimento celular e diferenciação.

O diagrama à esquerda ilustra a estrutura da membrana plasmática, mostrando a bicamada lipídica com cabeças polares (vermelhas) e caudas apolares (amarelas). Proteínas de membrana, incluindo canais e transportadores, são representadas em azul. Sólidos azuis representam moléculas sendo transportadas através da membrana. O diagrama à direita detalha os mecanismos de transporte: 1. Difusão simples: movimento direto de moléculas pequenas e apolares através da bicamada lipídica. 2. Difusão facilitada: movimento de moléculas polares ou grandes através de canais ou transportadores sem gasto de energia. 3. Transporte ativo: movimento de solutos contra o gradiente de concentração ou eletroquímico, necessitando de energia (indicada por uma seta vermelha apontando para cima).

**Difusão simples:** moléculas apolares e polares passam diretamente através da camada lipídica.

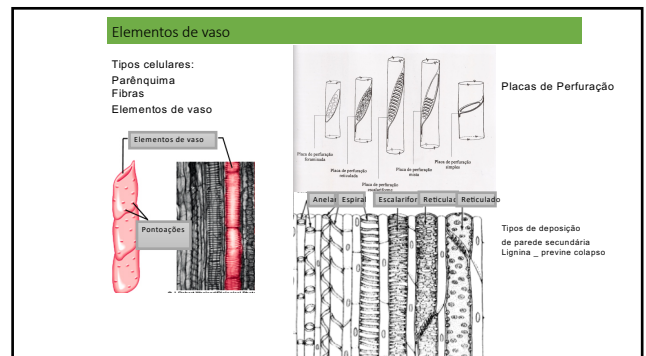
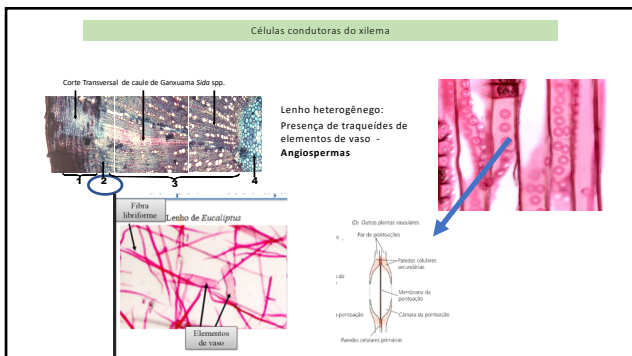
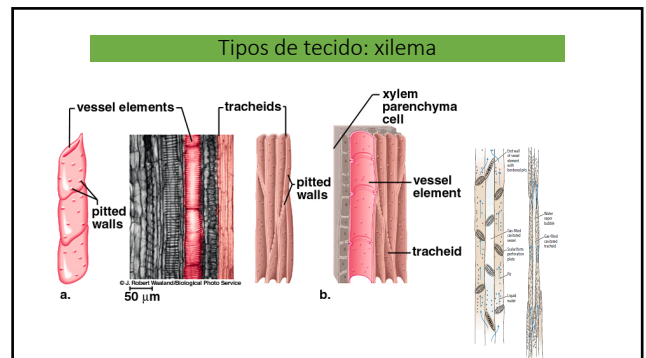
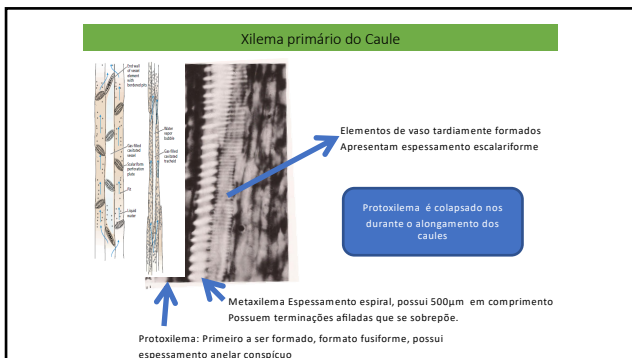
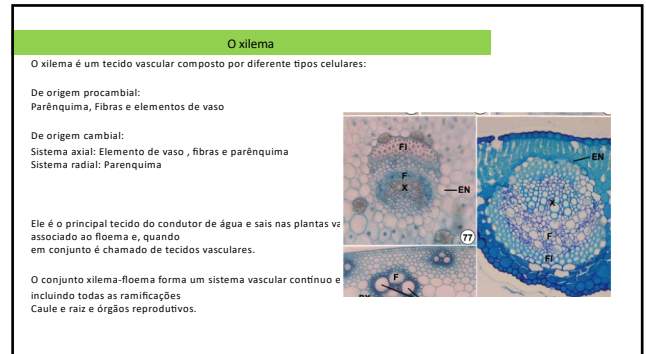
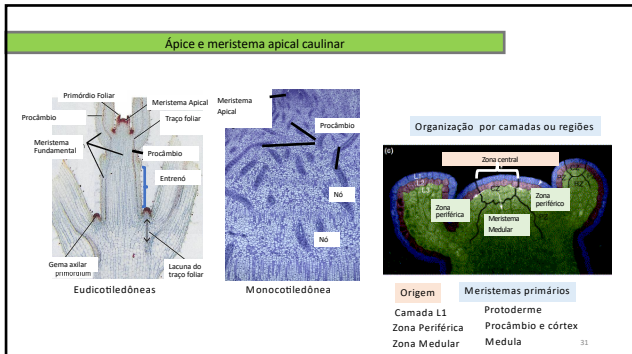
**Difusão facilitada:** proteínas transportadoras e canais. Ex: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>

**Transporte ativo:** move os solutos contra o gradiente de concentração ou gradiente eletroquímico com o consumo de energia

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Membrana\\_plasmatica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Membrana_plasmatica)

<https://enx.com.br/enem/biologia/enem-transporte-em-membrana>







### Transporte a curta e longa distância

**Teoria coesão e tensão (Dixon e Joly (1895))**

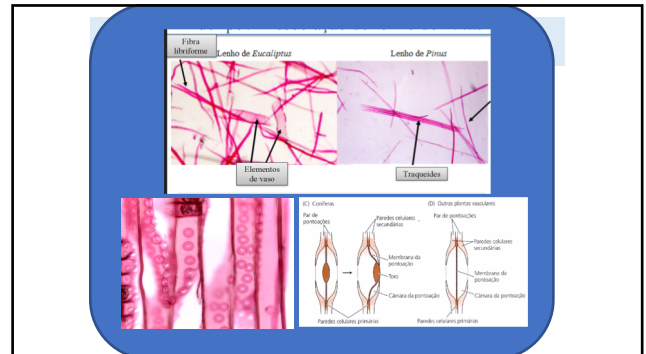
Segundo esta teoria, o motor do movimento da seiva bruta é a tensão (pressão hidrostática negativa) criada pela transpiração.

Quando as células do mesófilo libertam vapor de água para o exterior, em função de um gradiente de pressão de vapor entre os espaços intercelulares e a superfície da folha, o potencial hídrico da água (energia livre das moléculas) que rodeia as células do mesófilo diminui.

Como consequência dessa diminuição, e das forças de coesão entre moléculas de água, esta vai deslocar-se das células do xilema foliar próximas (onde o seu potencial hídrico é mais elevado) para as células do mesófilo, pois a água desloca-se de zonas de potencial hídrico mais elevado (próximo de zero) para zonas de potencial hídrico mais baixo (mais negativo).

Cria-se assim um gradiente de potencial hídrico que se propaga às colunas de água do xilema, desencadeando uma força de tensão que permite o movimento de água através do continuum solo-planta-atmosfera.

<https://seniorcyclebiology.wordpress.com/nutrition-in-the-flowering-plant/>



### Elementos de vaso

Tipos celulares:  
Parênquima  
Fibras  
Elementos de vaso

**Elementos de vaso**

Placas de Perforação

Tipos de deposição de parede secundária  
Lignina \_ previne colapso

### Ascensão da seiva xilemática

**Embolismo:**  
Preenchimento de vasos ou traqueídes com ar ou vapor d'água.

Pode ocorrer em período do dia de maior transpiração.

### Transporte a curta e longa distância: Transpiração

A transpiração é um processo biofísico pelo qual a água que passou pela planta, fazendo parte de seu metabolismo, é transferida para a atmosfera preferencialmente pelos estômatos, obedecendo uma série de resistências desde o solo, passando pelos vasos condutores (xilema), mesófilo, estômatos e finalmente indo para a atmosfera.

### Transpiração

Água é transportada pelo xilema nas nervuras

Vapor d'água liberado das folhas para atmosfera

Água se desloca do caule para as folhas

Raízes absorvem água do solo

**Benefícios da transpiração:**

- Resfriamento das folhas
- Ascensão da seiva do xilema
- Aumento da absorção de nutrientes

**O lado negativo da transpiração:**

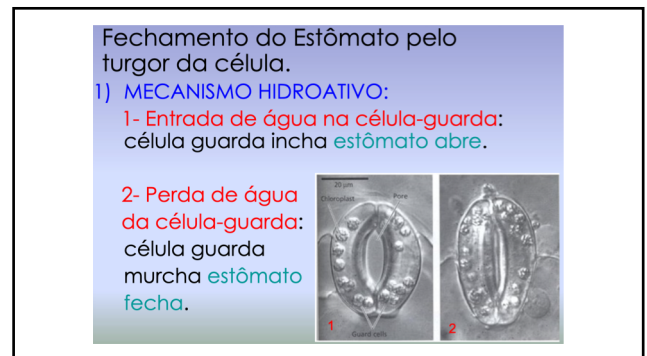
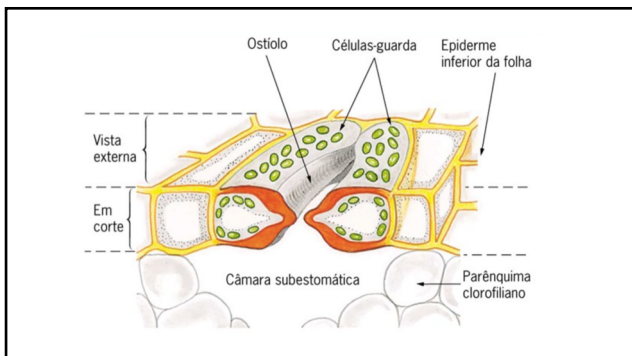
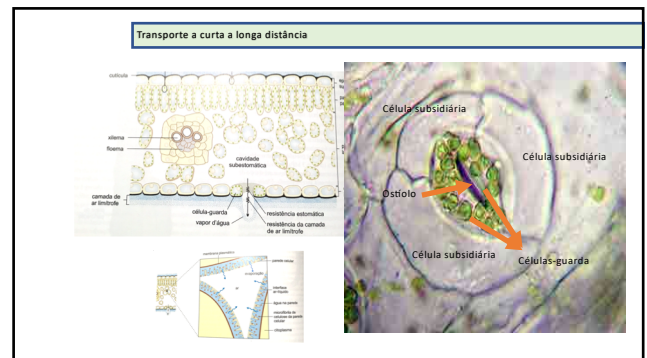
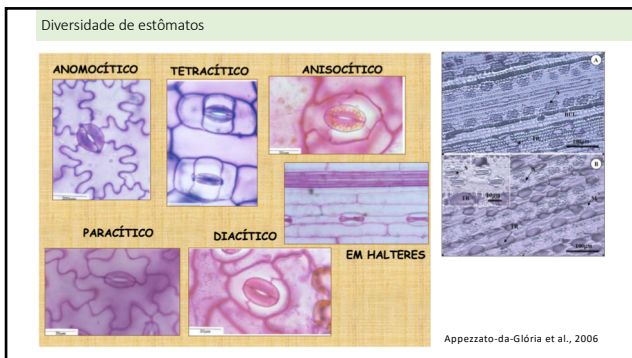
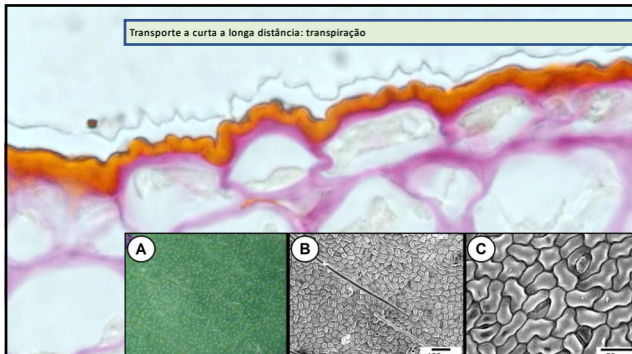
- Estresse hídrico
- Injúrias por dessecação

**Equilíbrio entre a perda d'água e a fixação de CO<sub>2</sub>:**

Eficiência no uso da água =  $\frac{\text{Moles de CO}_2 \text{ fixados}}{\text{Moles de H}_2\text{O transpiradas}}$

C3 – 0,002  
C4 – 0,004  
CAM – 0,02





Fechamento do Estômato pelo turgor da célula.

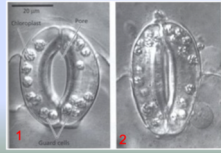
## 2) MECANISMO FOTOATIVO: Iluminação

- Estômato abre de manhã e fecha à noite

1- **DIA:** células-guarda realizam fotossíntese

Entrada de água na célula-guarda: célula guarda incha **estômato abre**.

2- **NOITE:** Perda de água da célula-guarda: célula guarda murcha **estômato fecha**.



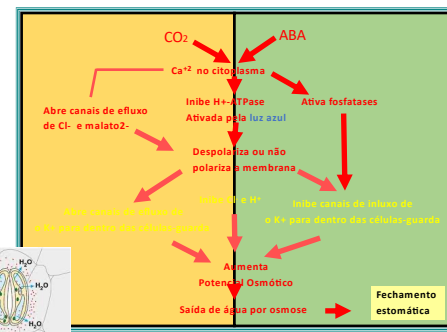
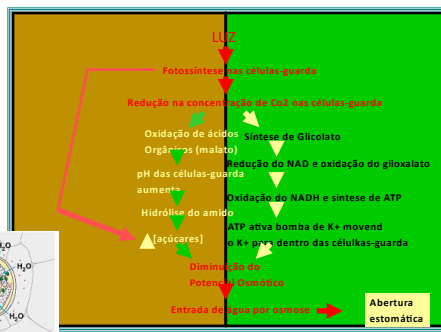
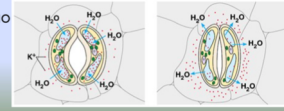
Controle do Turgor:

### - Transporte Ativo de $K^+$

- $K^+$  entra na célula – por osmose água entra – célula guarda incha – estômato abre (processo controlado pelo ABA – Ácido Abscísico)

### - Concentração de $CO_2$ no Mesófilo

- Estômato abre com baixa concentração



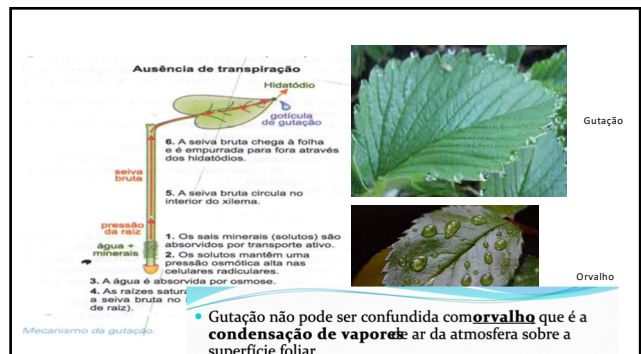
## Gutação



Gutação é o processo pelo qual a planta elimina água por meio de estruturas secretoras específicas denominadas hidatódios situados nos bordos de folhas de algumas espécies vegetais.

A gutação ocorre devido à boa condição hídrica nos solos e elevada umidade na atmosfera que favorece a geração de pressão positiva de raiz.

- Pressão Positiva de Raiz:** As raízes absorvem íons do solo e os depositam no xilema e Floema, diminuindo o potencial osmótico e consequentemente o potencial hídrico ( $\psi_w$ ). Essa variação de potencial hídrico entre o xilema, cortex e solo, favorece o deslocamento do fluxo de água do solo para o xilema, gerando então uma pressão hidrostática positiva no xilema. Esta pressão gera o deslocamento de água na coluna independente da rota transpiratória (estomática), favorecendo o processo de gutação (hidatódios).



- Gutação não pode ser confundida com **orvalho** que é a **condensação de vapor** de ar da atmosfera sobre a superfície foliar.

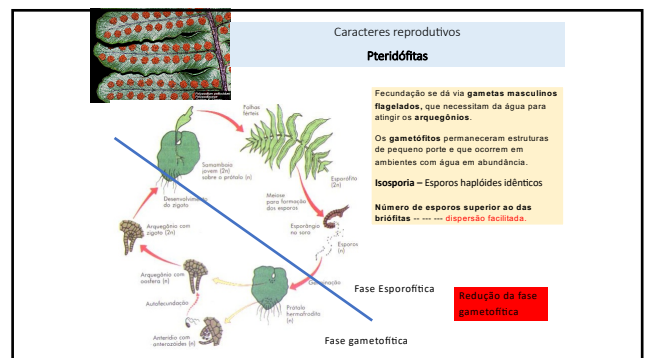
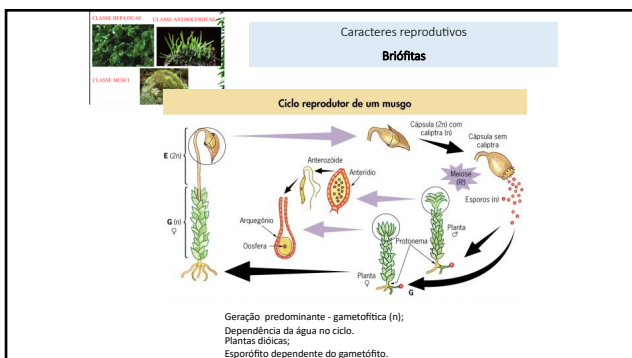
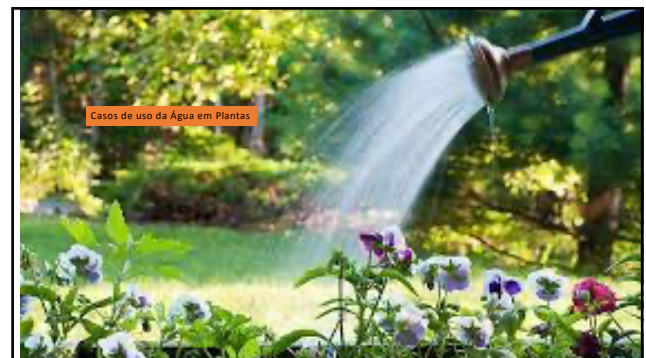
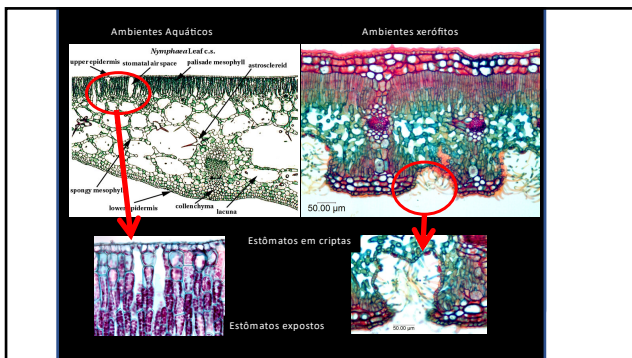
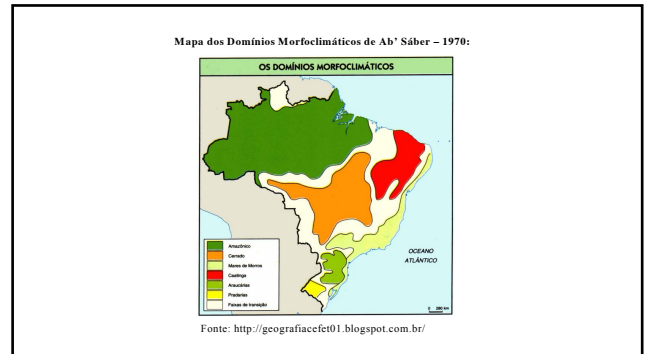
**Movimento estomático e evapotranspiração**



O milho do Brasil consome 1.750 litros de água /kg de milho

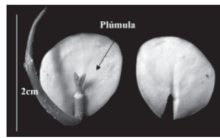
1 tonelada de milho = 1.750.000 litros de água = 1.750 m<sup>3</sup>  
70% de uma piscina olímpica.

Piscina olímpica = 2.500 m<sup>3</sup>

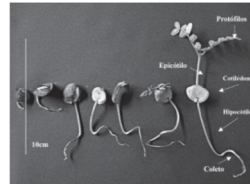


## Desenvolvimento do vegetal

## Germinação da semente

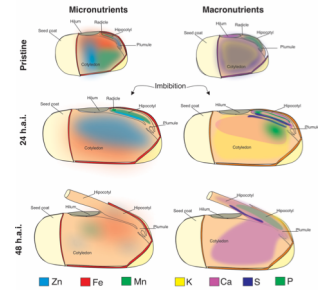
Germinação e formação de plântulas de Pau Brasil (*Caesalpinia echinata*)

## Desenvolvimento da plantula



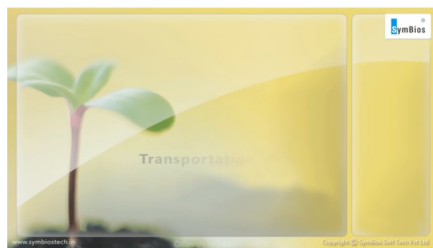
• Ferreira e Barreto, 2015

## A germinação e fluxo de nutrientes



Romeu et al., 2021 Microchemical Journal 164 (2021) 106045

## Revisão



## Referências

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, S.M. 2006. *Anatomia Vegetal*. 2ed. UFV:Viçosa.
- ESAU, K. 1974. *Anatomia das plantas com sementes*. Edgard Blücher: São Paulo.
- KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal* 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431 p.
- RAVEN, P.H.; EICHHORN, S.E.; EVERT, R.F. *Biologia Vegetal*. 8a Edição. Guanabara Koogan, 867p, 2014.
- SOUZA, L.S. 2003. *Morfologia e Anatomia Vegetal: células, tecidos, órgãos e plântula*. UEPG: Ponta Grossa.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5a Edição. Artmed, 719p, 2013.
- Imagens adicionais: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com)

Atividade 1 - Transporte e translocação de água e solutos nas células

Descreva o processo de difusão e osmose.

Teste de resposta longa

A imagem abaixo mostra o processo de plasmólise. Explique o porque este fenômeno ocorre.

(D) Solução de sacarose aumentada

Célula turgida

$\Psi_p = 0.488 \text{ MPa}$   
 $\Psi_s = -0.732 \text{ MPa}$   
 $\Psi_w = -0.244 \text{ MPa}$

Célula após o equilíbrio

$\Psi_p = -0.732 \text{ MPa}$   
 $\Psi_s = -0.732 \text{ MPa}$   
 $\Psi_w = \Psi_s = -0.732 \text{ MPa}$

Solução 0.3 M de sacarose

$\Psi_p = 0 \text{ MPa}$   
 $\Psi_s = -0.732 \text{ MPa}$   
 $\Psi_w = -0.732 \text{ MPa}$

<https://forms.gle/3afsARXNLzATZvJM9>