

# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

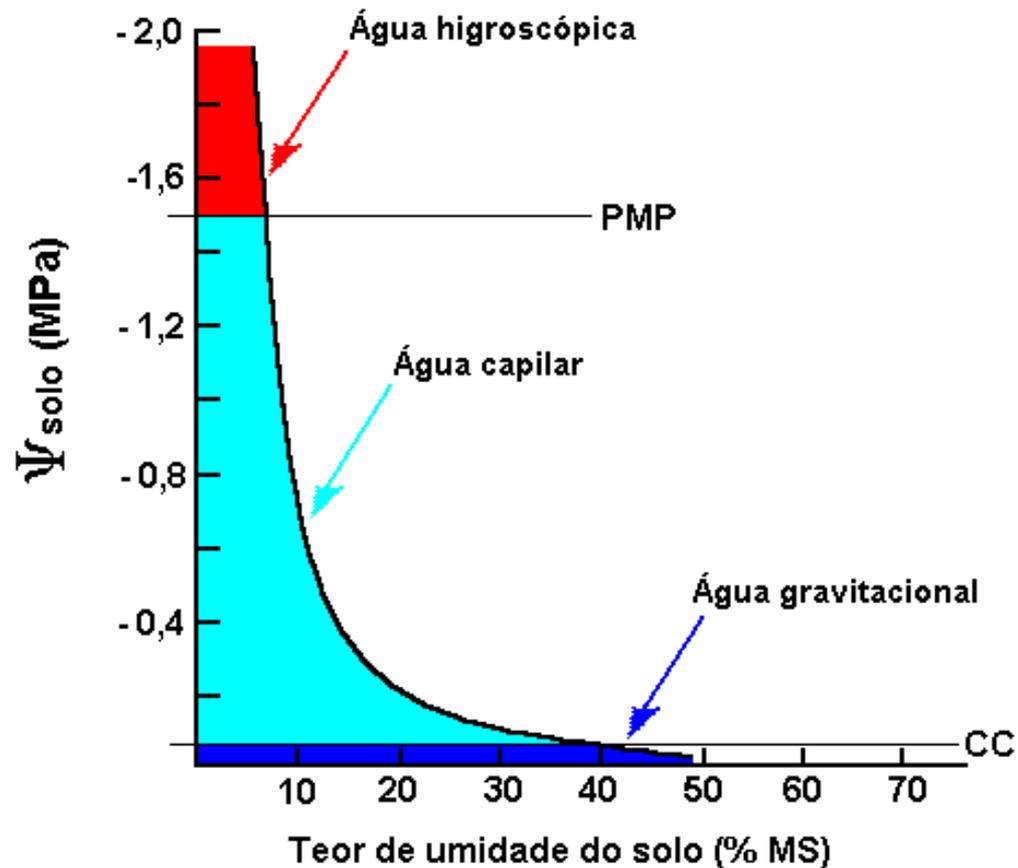


**PAULO R. C. CASTRO**  
**ESALQ/USP**

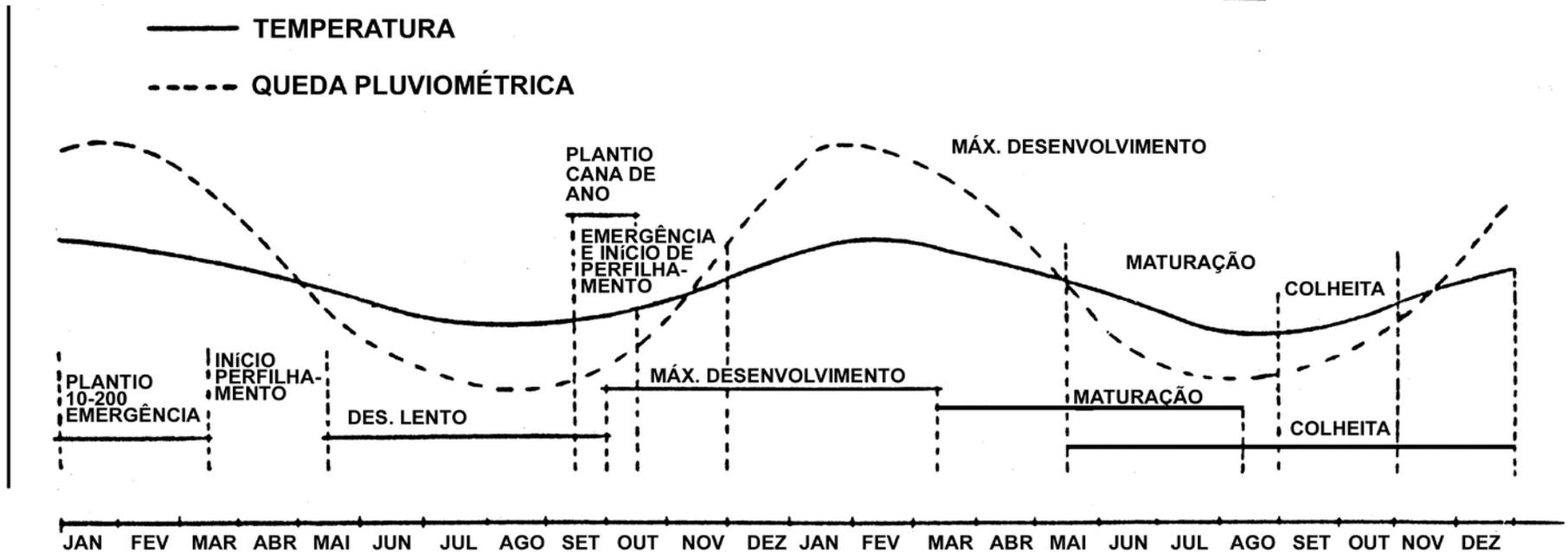
## **CANA-DE-AÇÚCAR: RELAÇÕES HÍDRICAS E ESTRESSE** **STAB - 2016**



# PROPRIEDADES EDÁFICAS



# CICLO DA CANA, TEMPERATURA E CHUVA



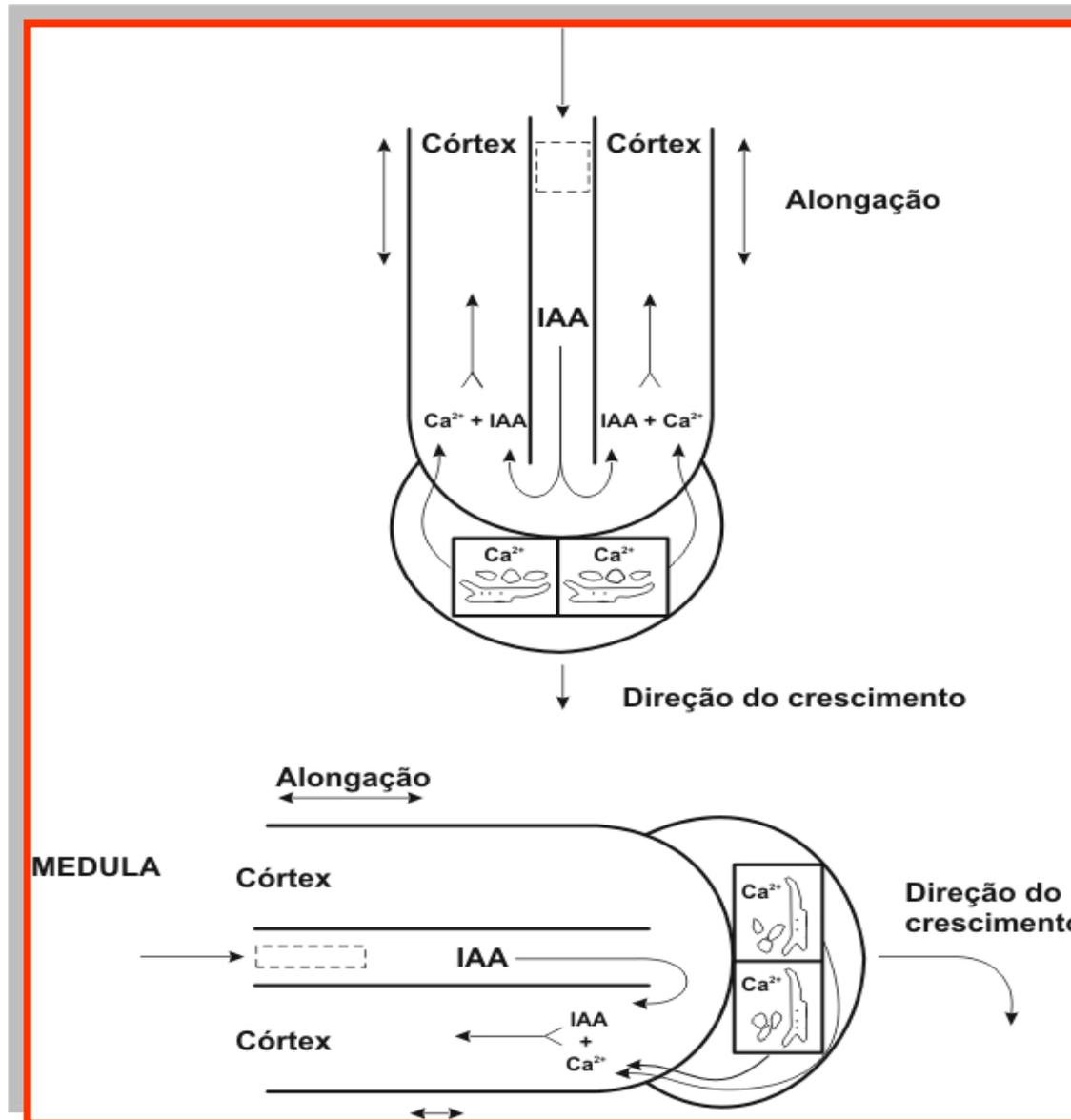
Fonte: Casagrande, A. A., 1991.

# RAÍZES ADVENTÍCIAS

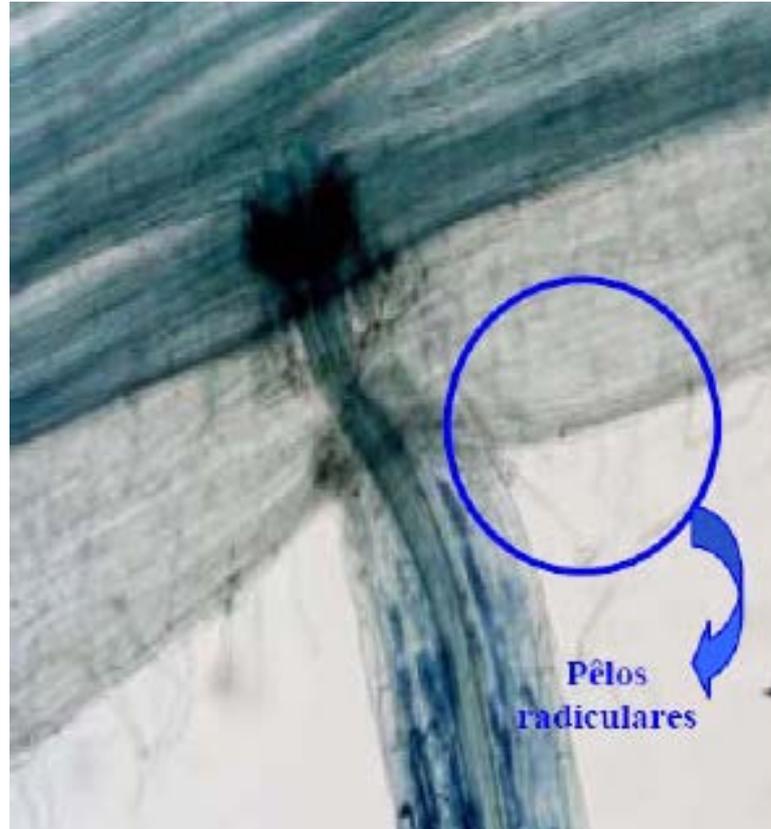


Fonte: Rodrigues, J. D., 1995.

# CRESCIMENTO DA RAIZ

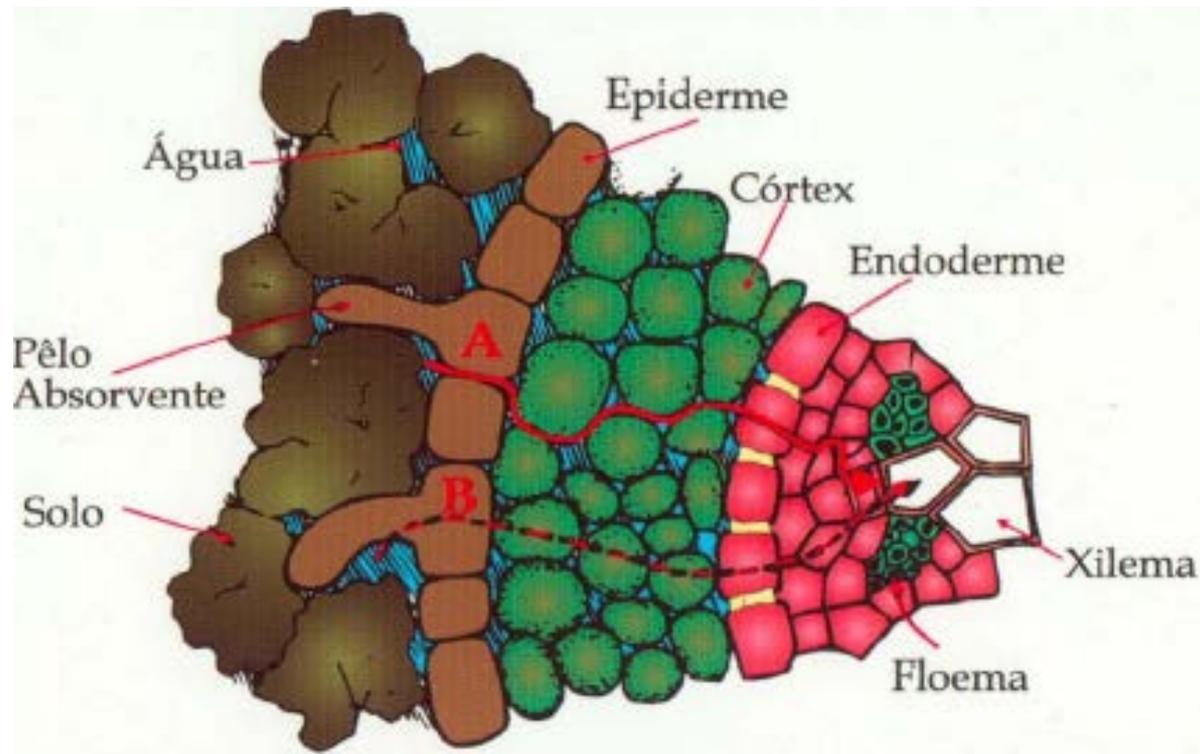


# RAIZ DA CANA-DE-AÇÚCAR

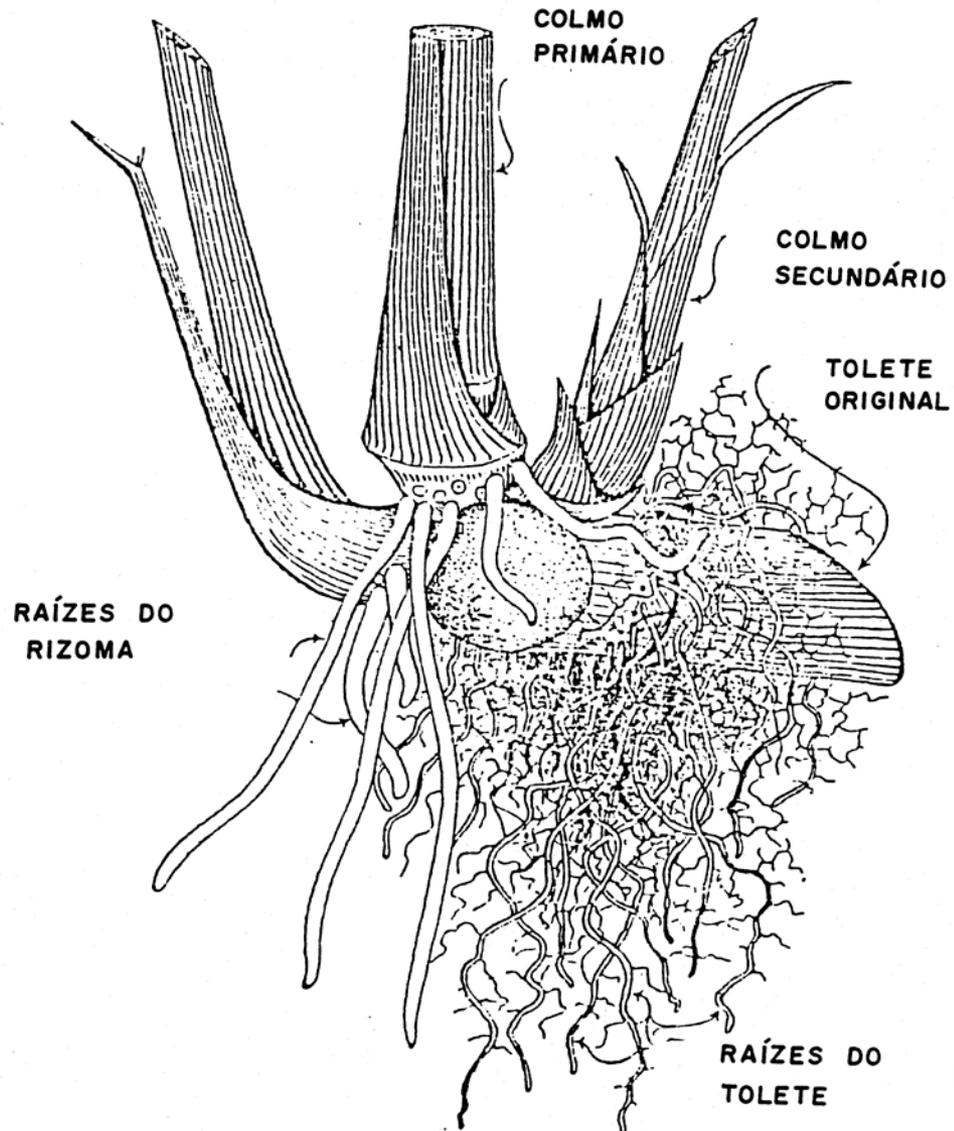


Fonte: Vasconcelos, 2005.

# ABSORÇÃO DE ÁGUA

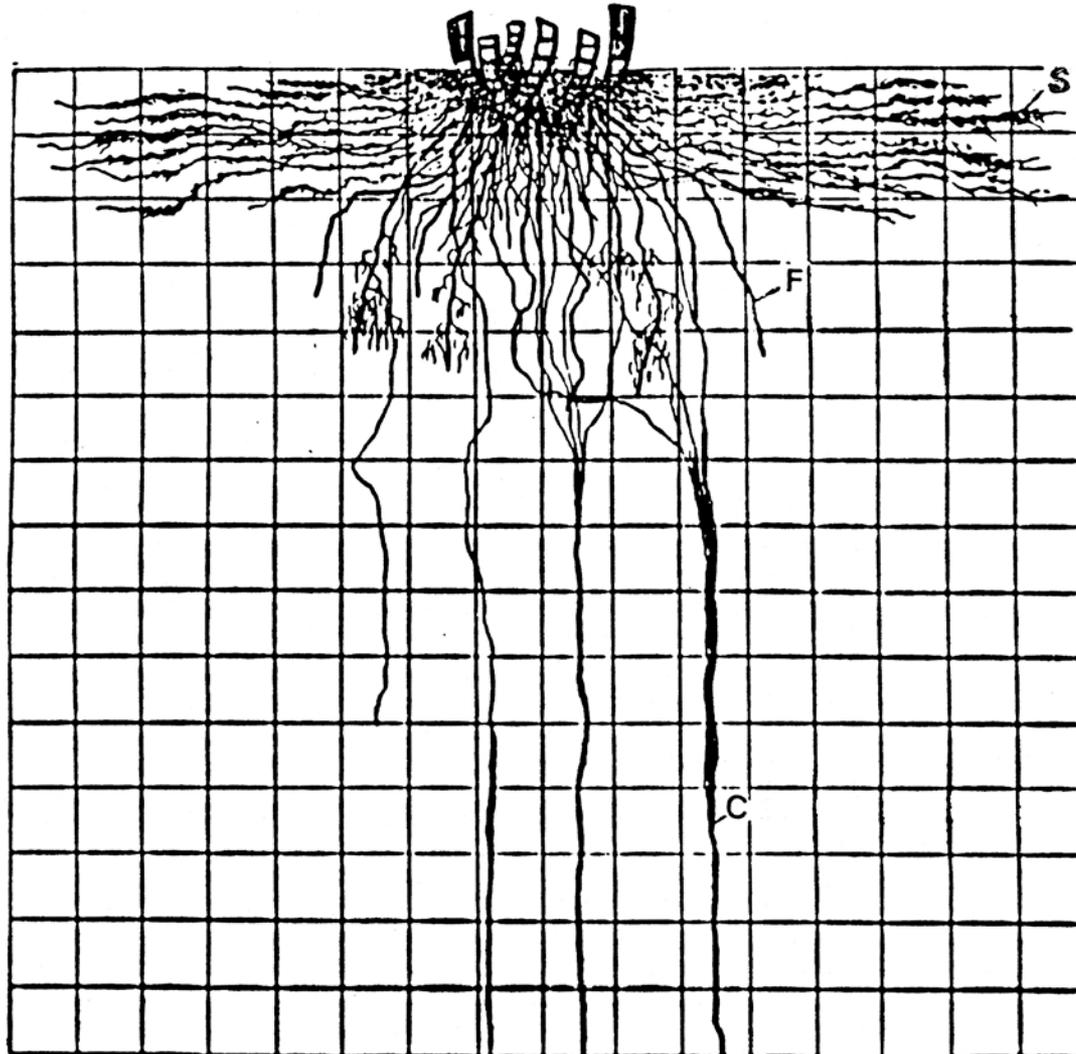


# TOUCEIRA

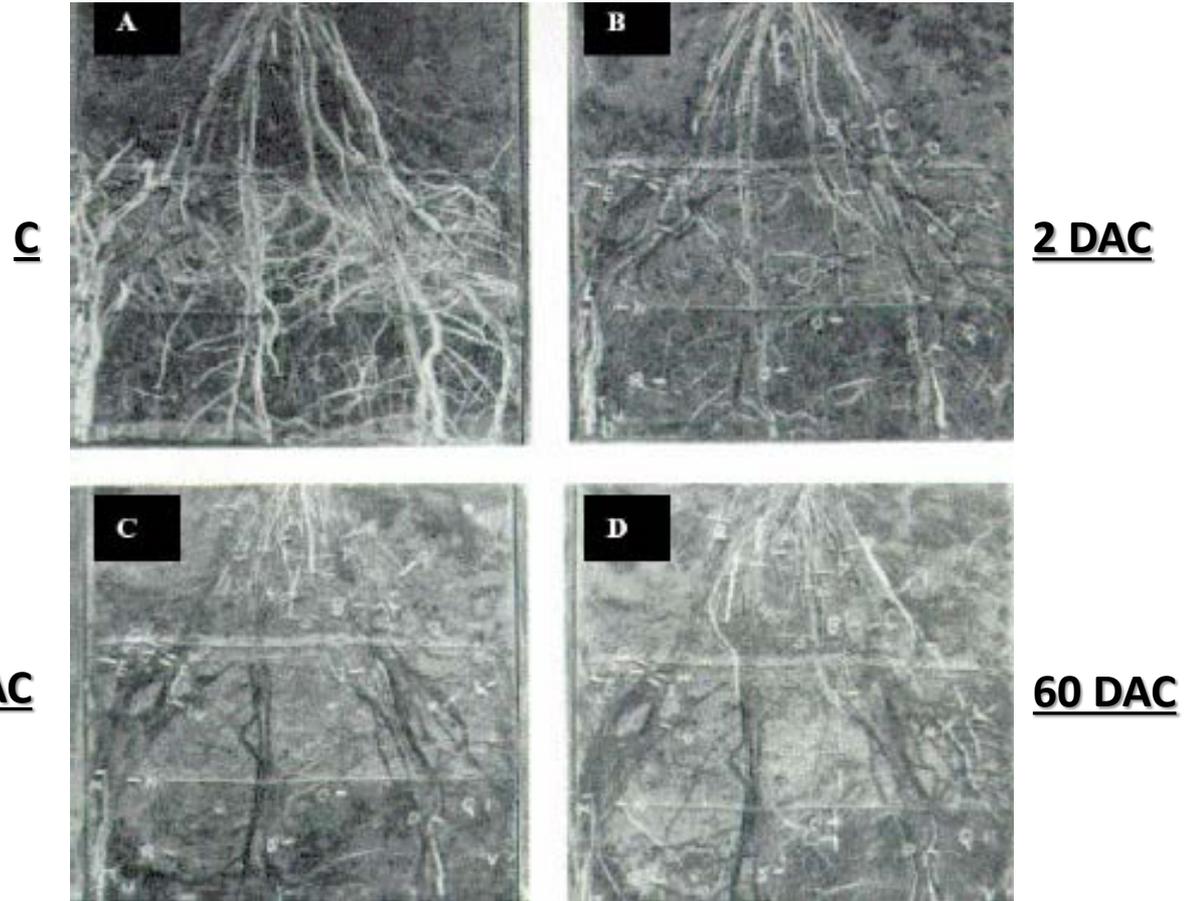


Fonte: Martin, 1938.

# SISTEMA RADICULAR

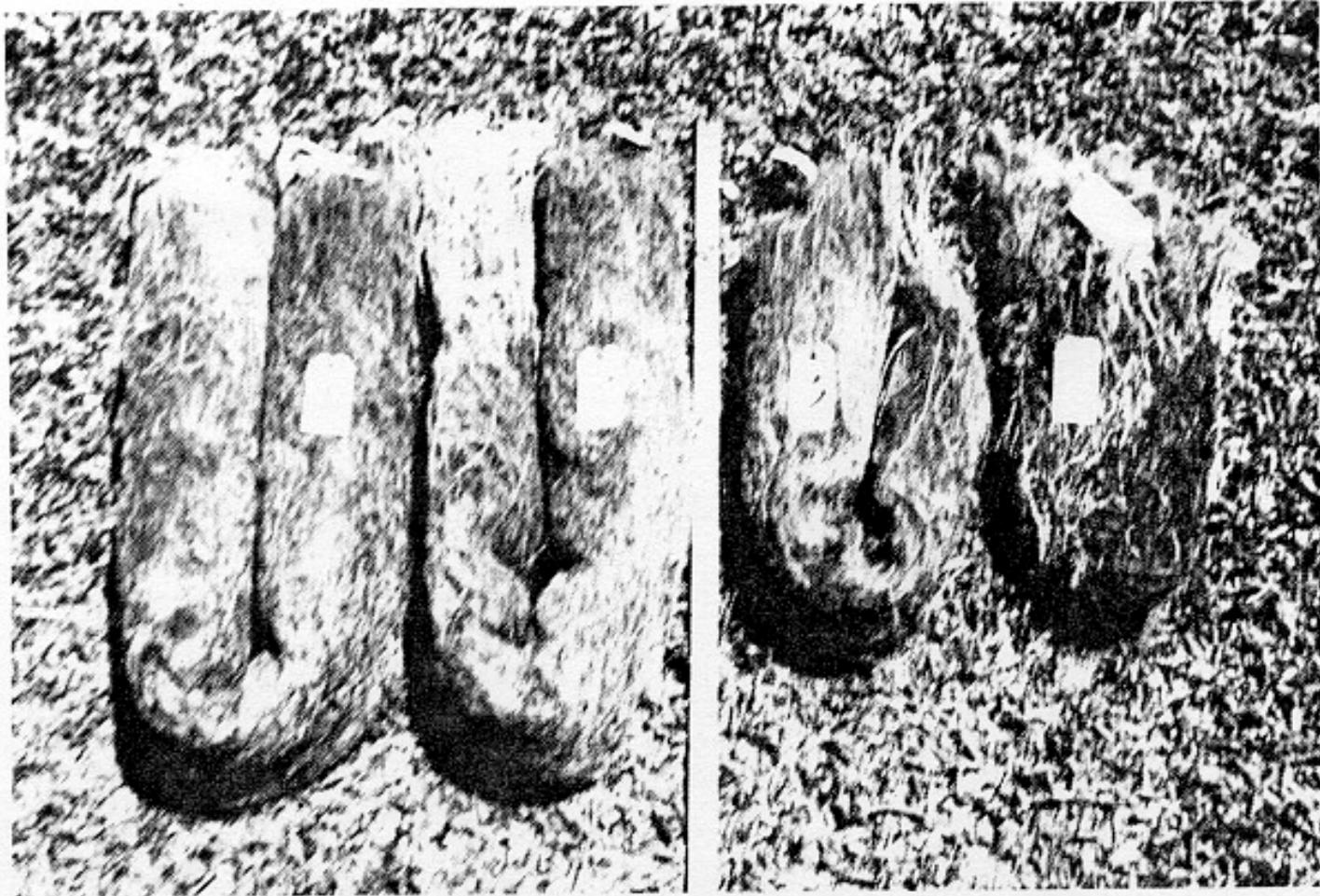


# RAIZ DA CANA-DE-AÇÚCAR



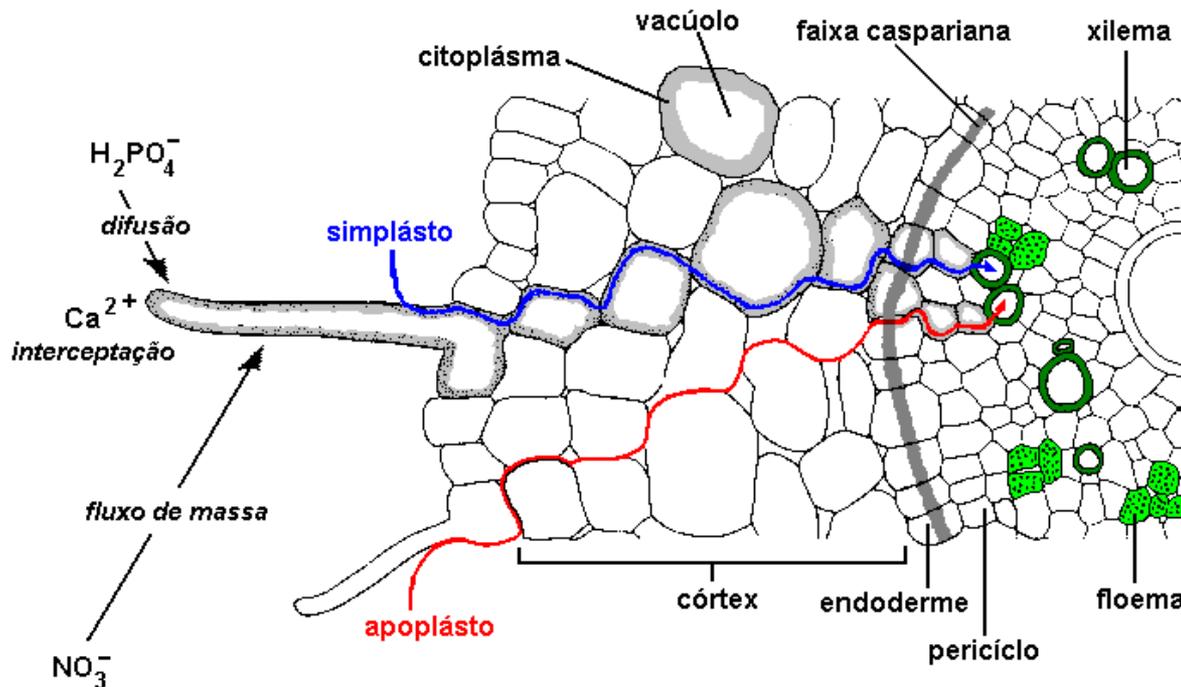
Fonte: Vasconcelos, 2008.

# AERAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR

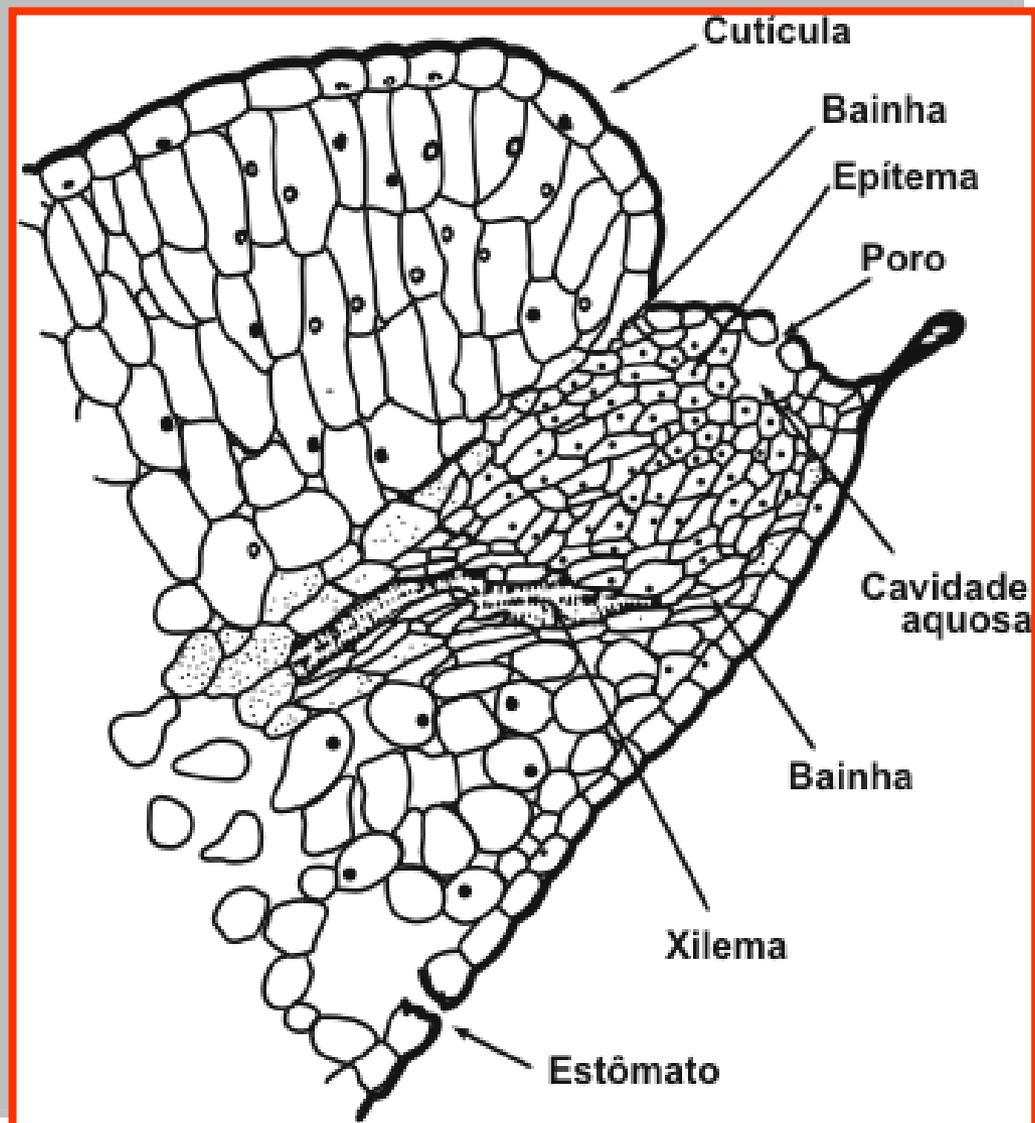


Fonte: Nickell, 1977.

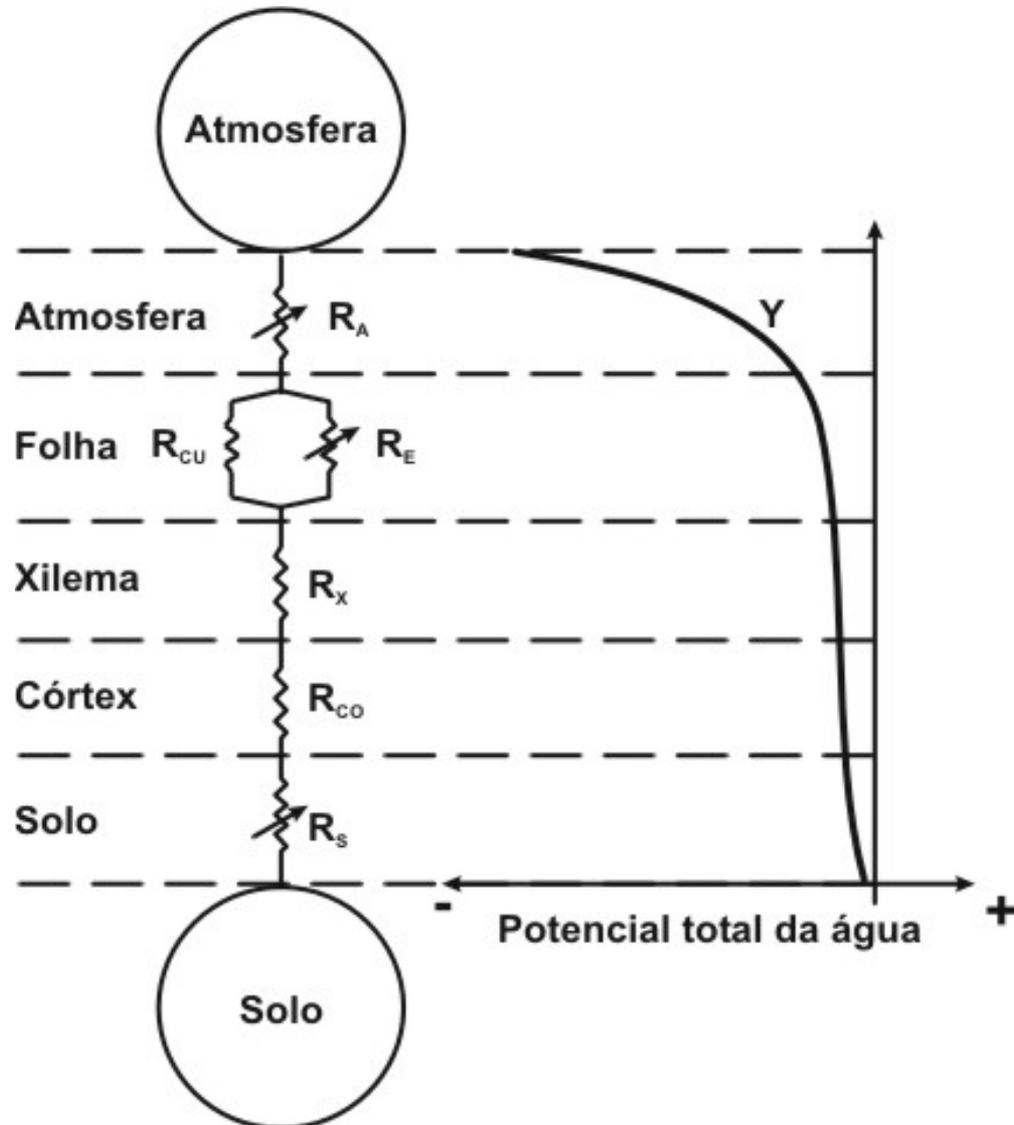
# GUTAÇÃO E PRESSÃO DE RAIZ



# HIDATÓDIO



# RESISTÊNCIAS À ABSORÇÃO E PERDAS DE ÁGUA



# IMPORTÂNCIA DO POTENCIAL DA ÁGUA



Absorção de água e íons do solo

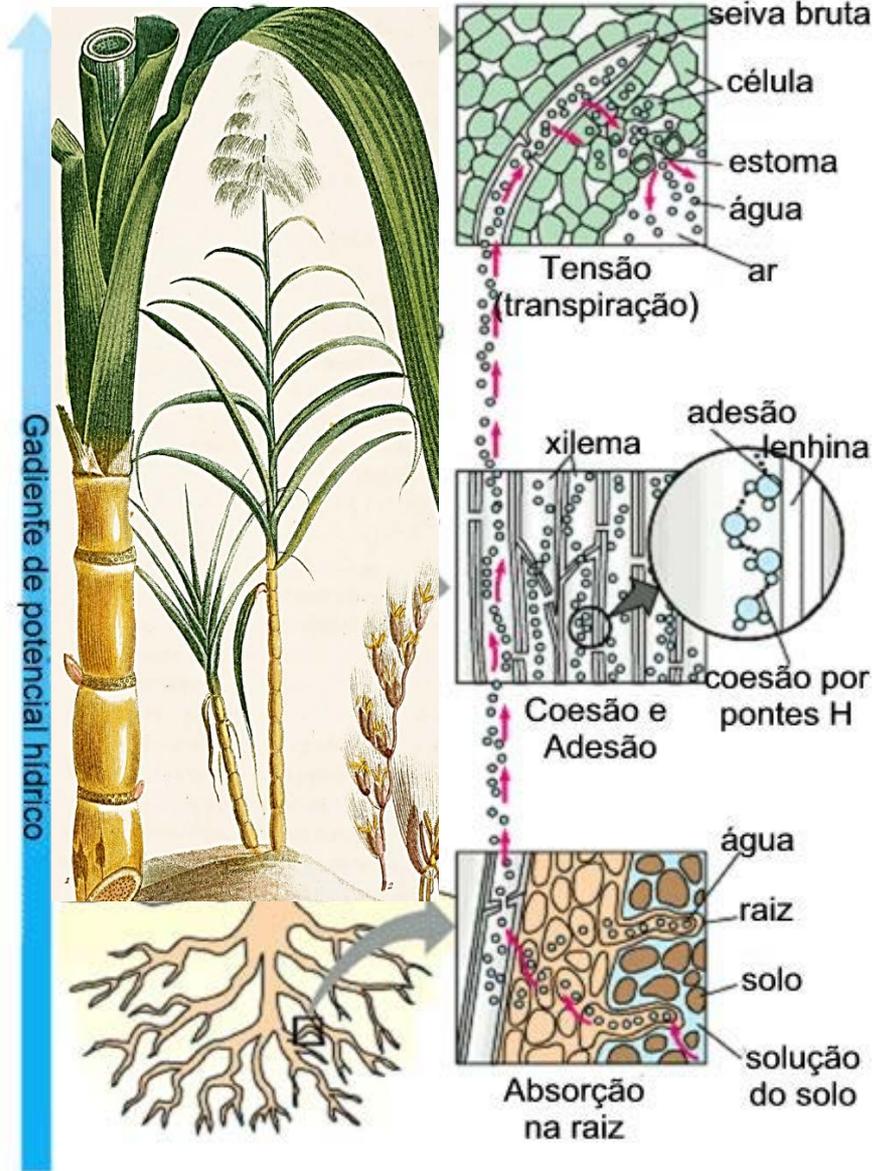
Transporte de água entre partes da planta

Controle da abertura dos estômatos

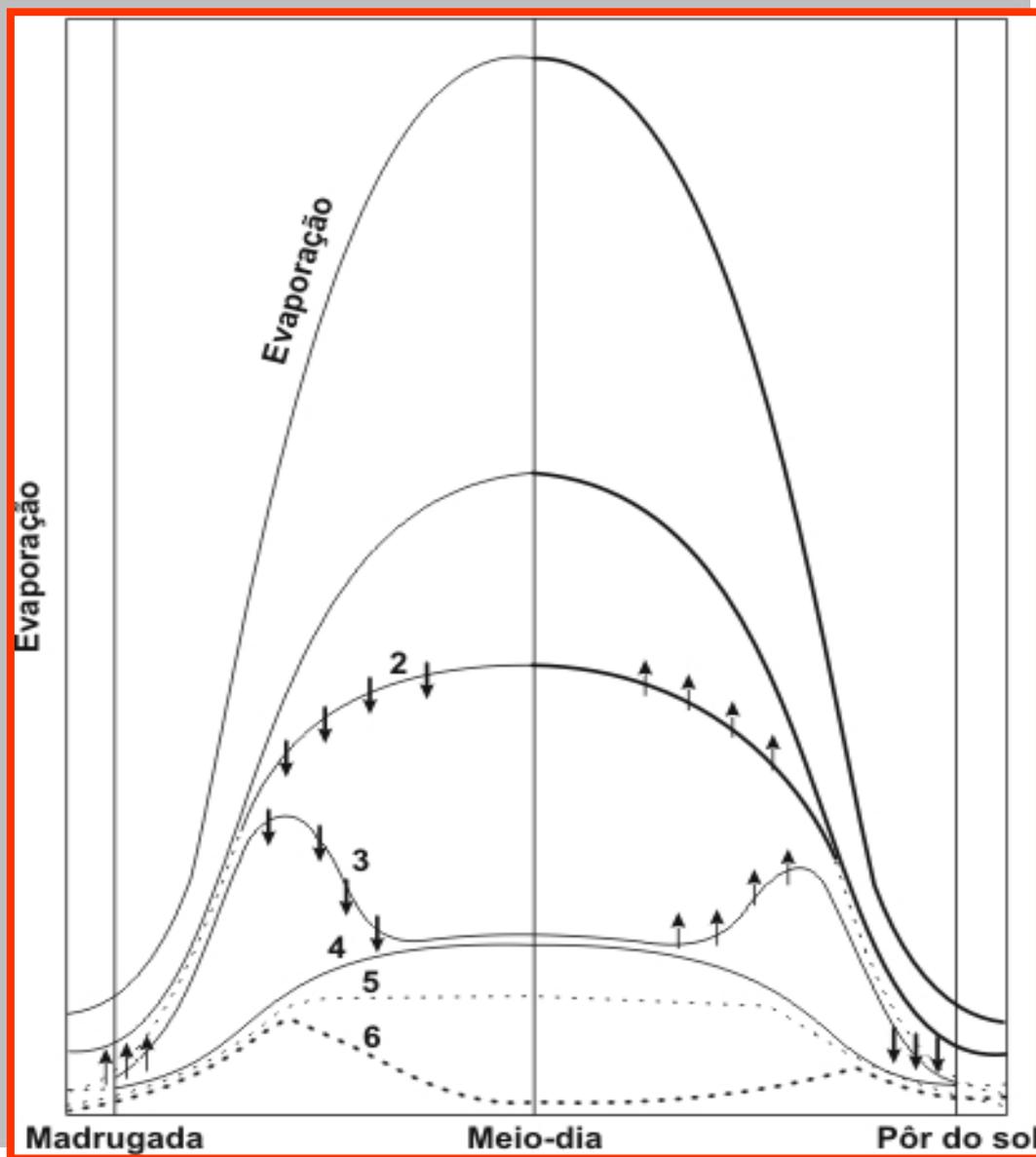
Fotossíntese e transporte de assimilados

Expansão e crescimento celular

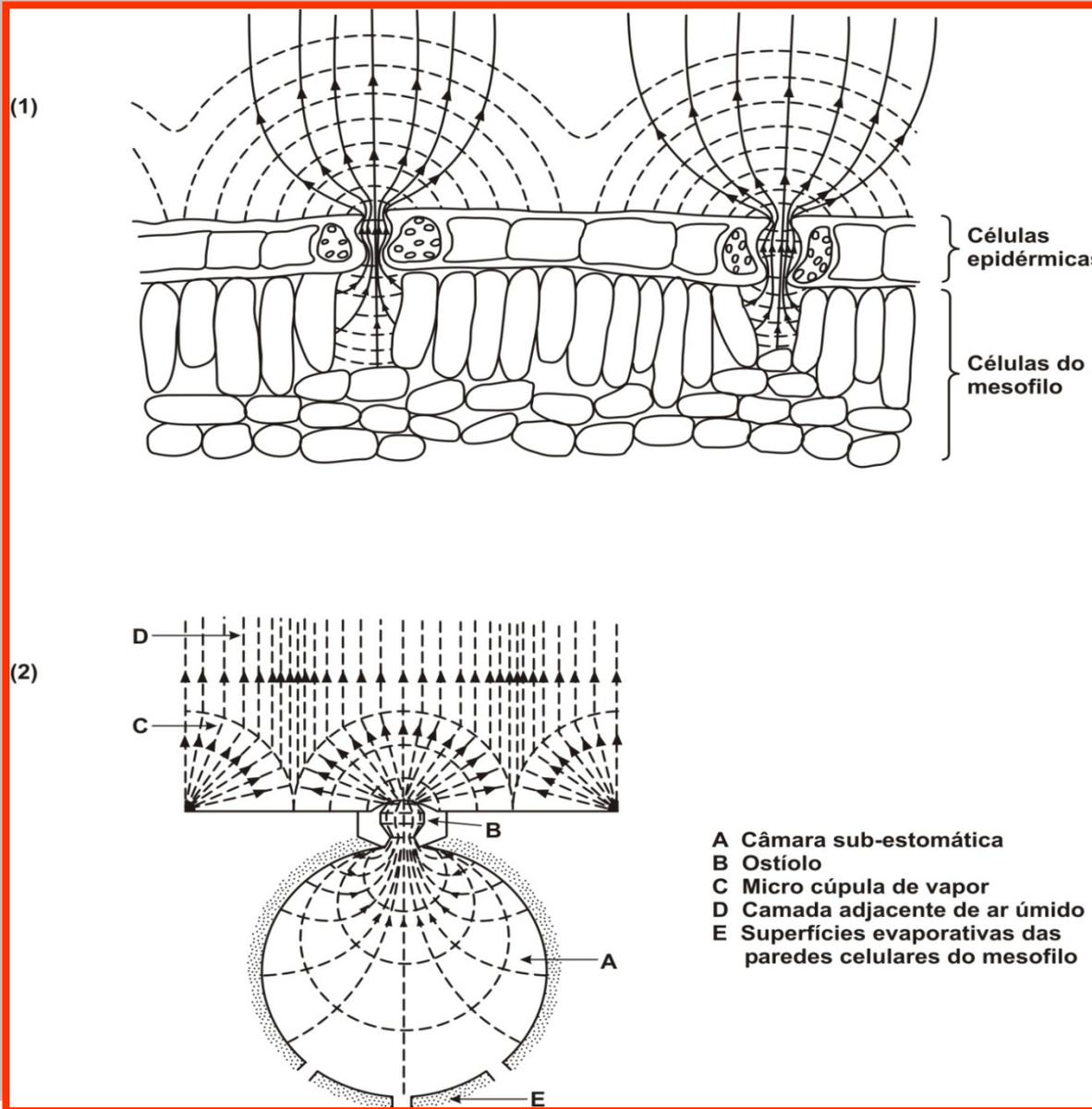
# TRANSPIRAÇÃO – COESÃO – TENSÃO



# MODELOS DE TRANSPIRAÇÃO



# TRANSPIRAÇÃO: U. R.



# TRANSPIRAÇÃO: PERDAS

Formas de perda de água:

Líquida – Gutação

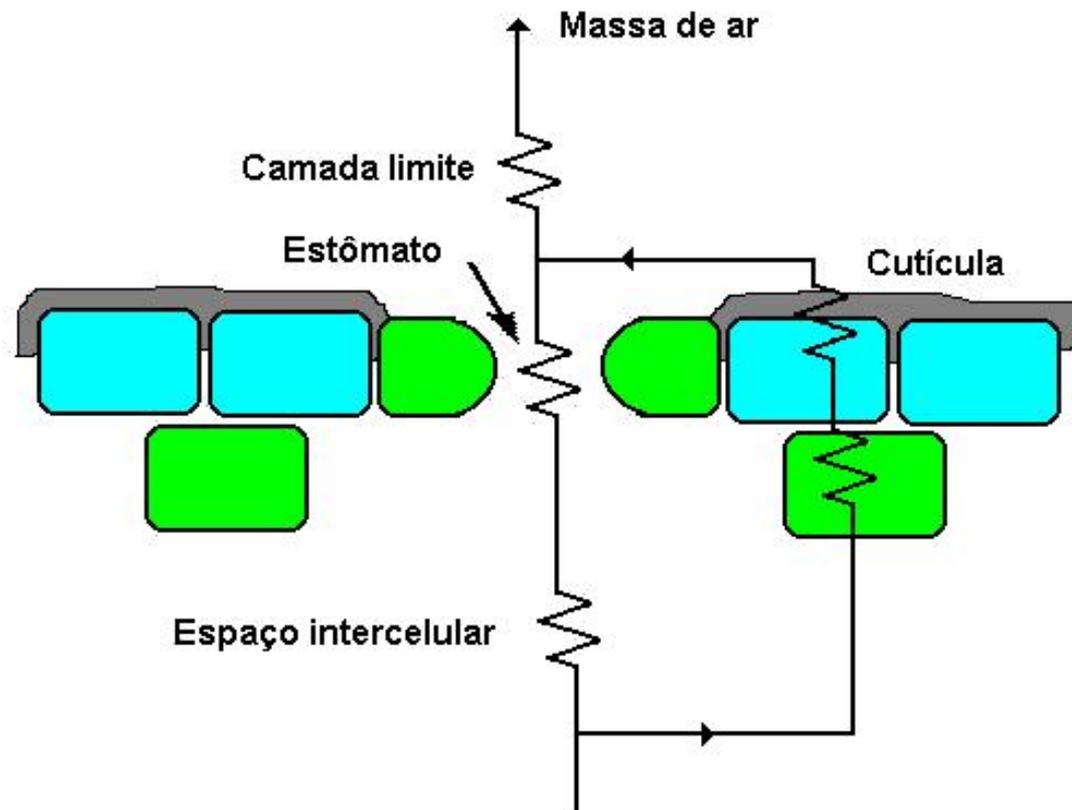
Vapor - Transpiração

$$T = (PV_{\text{folha}} - PV_{\text{ar}}) / (R_{\text{ar}} + R_{\text{folha}})$$



# TRANSPIRAÇÃO: SAÍDA

$$R_{\text{folha}} = R_{\text{estomática}} + R_{\text{espaços intercelulares}} + R_{\text{cuticular}}$$



# TRANSPIRAÇÃO: BOMBA

Fatores que afetam a transpiração:

UR do ar

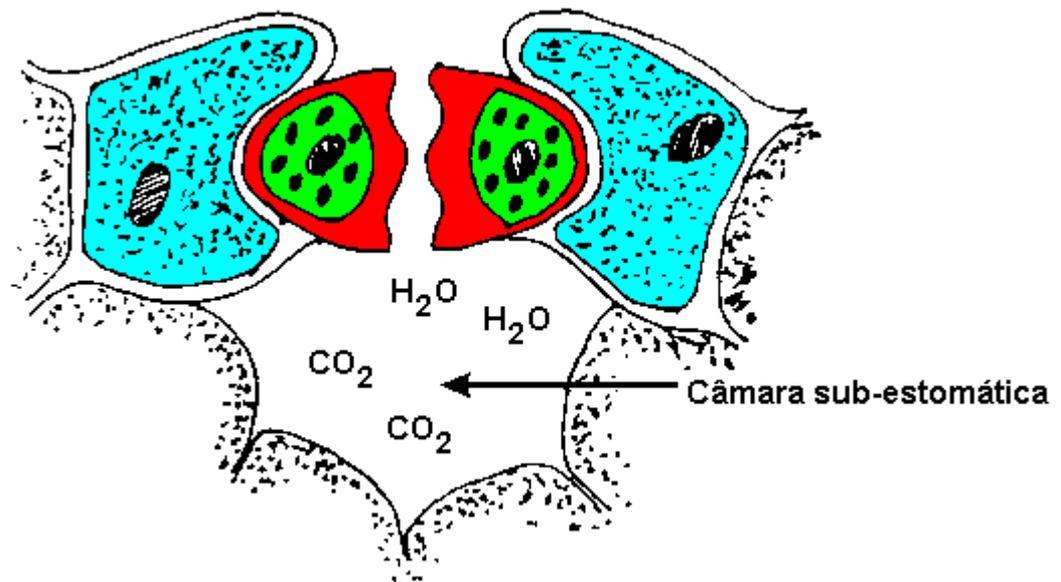
Radiação (temperatura)

Vento

Pilosidade das folhas

Abertura estomática

$$T = (PV_{\text{folha}} - PV_{\text{ar}}) / (R_{\text{ar}} + R_{\text{folha}})$$

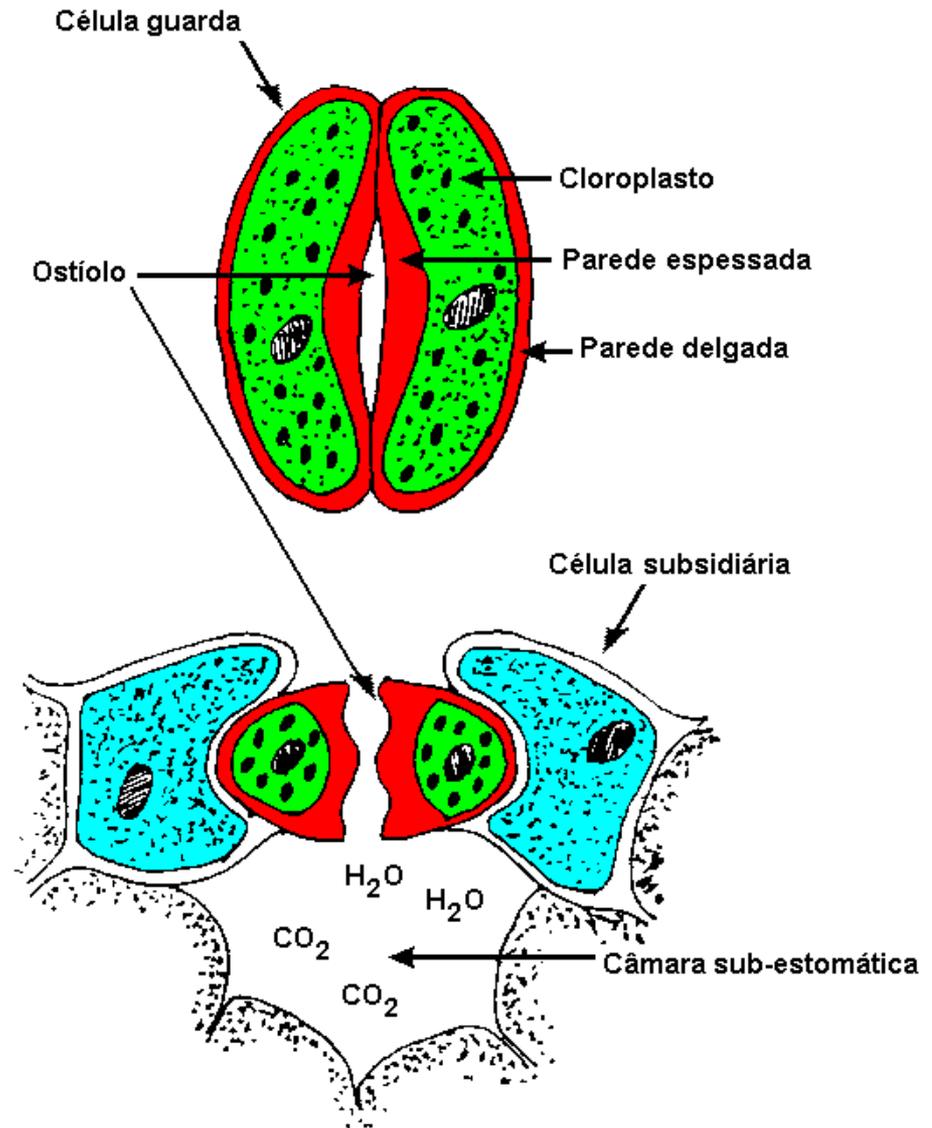


# ESTRUTURA DOS ESTÔMATOS

Estômatos são estruturas epidérmicas presentes em folhas, frutos, flores e caules jovens.

**Peculiaridades das células guarda:**

- microfibrilas transversais ao ostíolo
- pouca cutícula
- sem plasmodesmas
- possuem cloroplastos

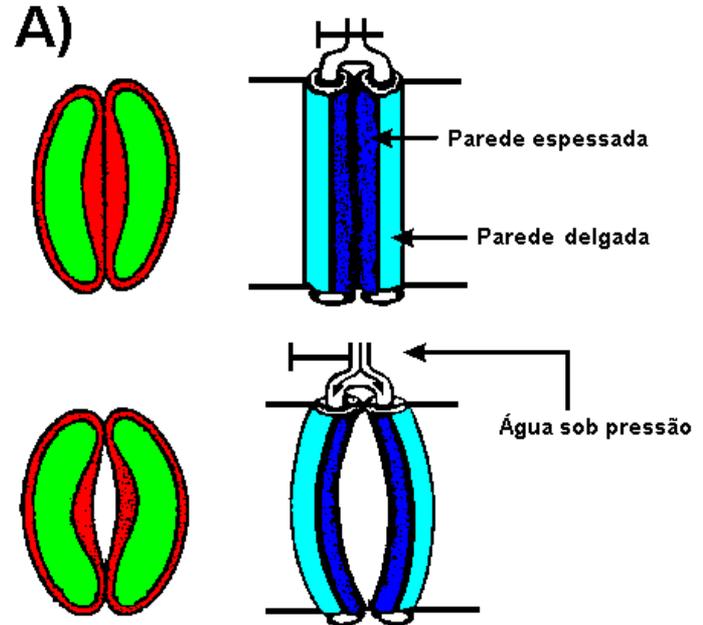


# FUNCIONAMENTO DOS ESTÔMATOS

## Mecanismo de abertura e fechamento:

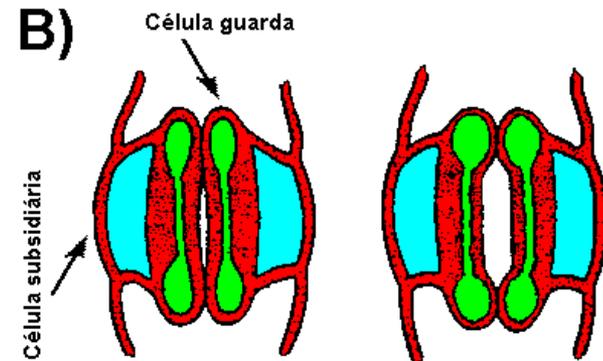
Célula guarda murcha ( $\psi_p = 0$ ) =  
estômato **fechado**

Célula guarda túrgida ( $\psi_p > 0$ ) =  
estômato **aberto**



A) Células guarda de dicotiledôneas

B) Células guarda de gramíneas  
(halteres)



# FATORES DA ABERTURA DOS ESTÔMATOS

Fatores que afetam a abertura estomática:

Luz

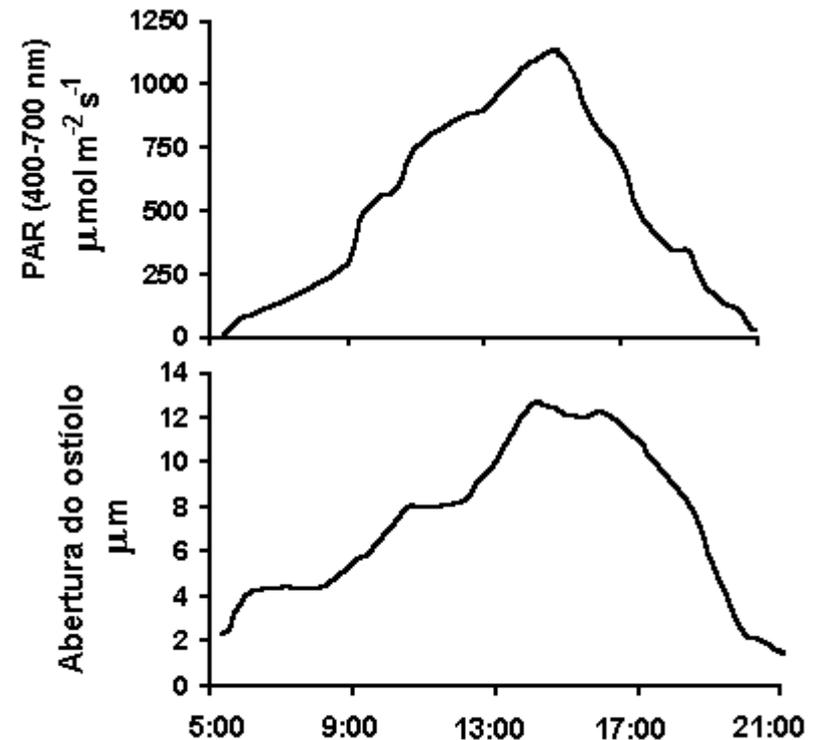
CO<sub>2</sub> – Abertura máxima:

C3 = 0,01% CO<sub>2</sub>

C4 = 0 % CO<sub>2</sub>

Atmosfera = 0,035% CO<sub>2</sub>

Temperatura

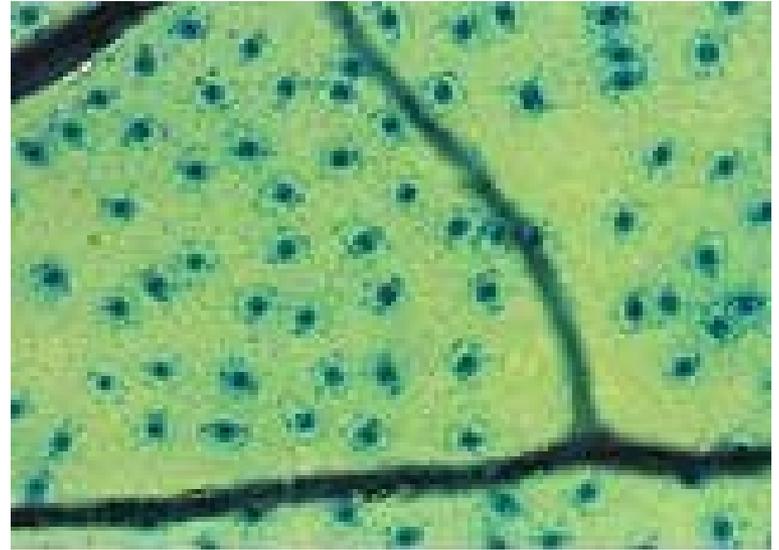


# DENSIDADE DOS ESTÔMATOS

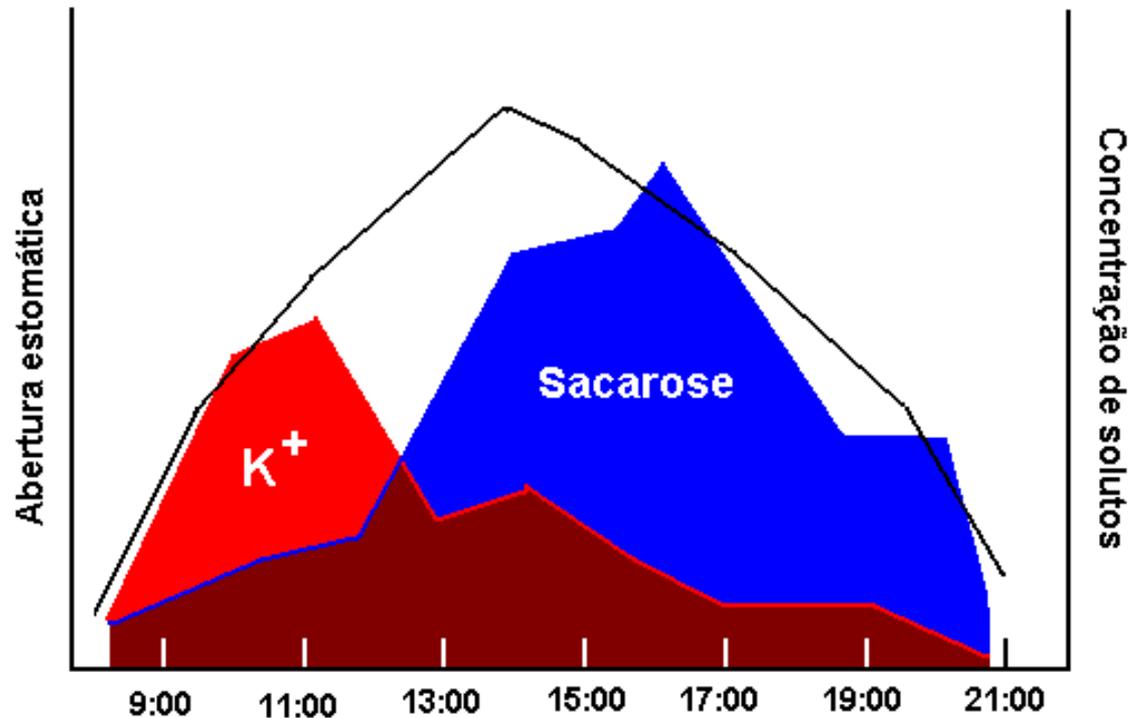
A concentração de  $\text{CO}_2$  também influencia na densidade estomática.

Folhas de Jatobá (*Hymenaea courbaril*) colhidas em 1919, quando a concentração de  $\text{CO}_2$  era de 300 ppm, mantidas secas em herbário, mostraram ter 40% mais estômatos que as espécies atuais, as quais vivem em uma atmosfera com 360 ppm de  $\text{CO}_2$ .

(Fonte: Revista Pesquisa Fapesp, Outubro de 2002)



# MECANISMO DE ABERTURA DOS ESTÔMATOS

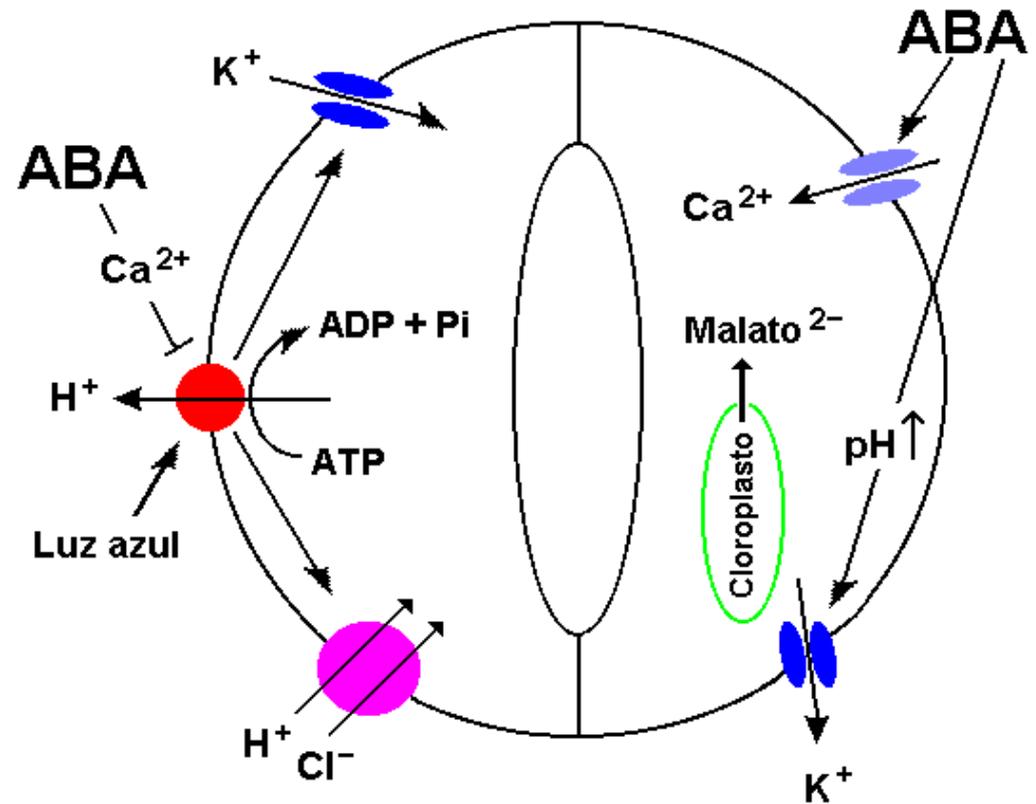


Tanto potássio quanto sacarose estão contribuindo para abertura das células guarda.

# ABERTURA E FECHAMENTO DOS ESTÔMATOS

## Mecanismos de abertura e fechamento estomático:

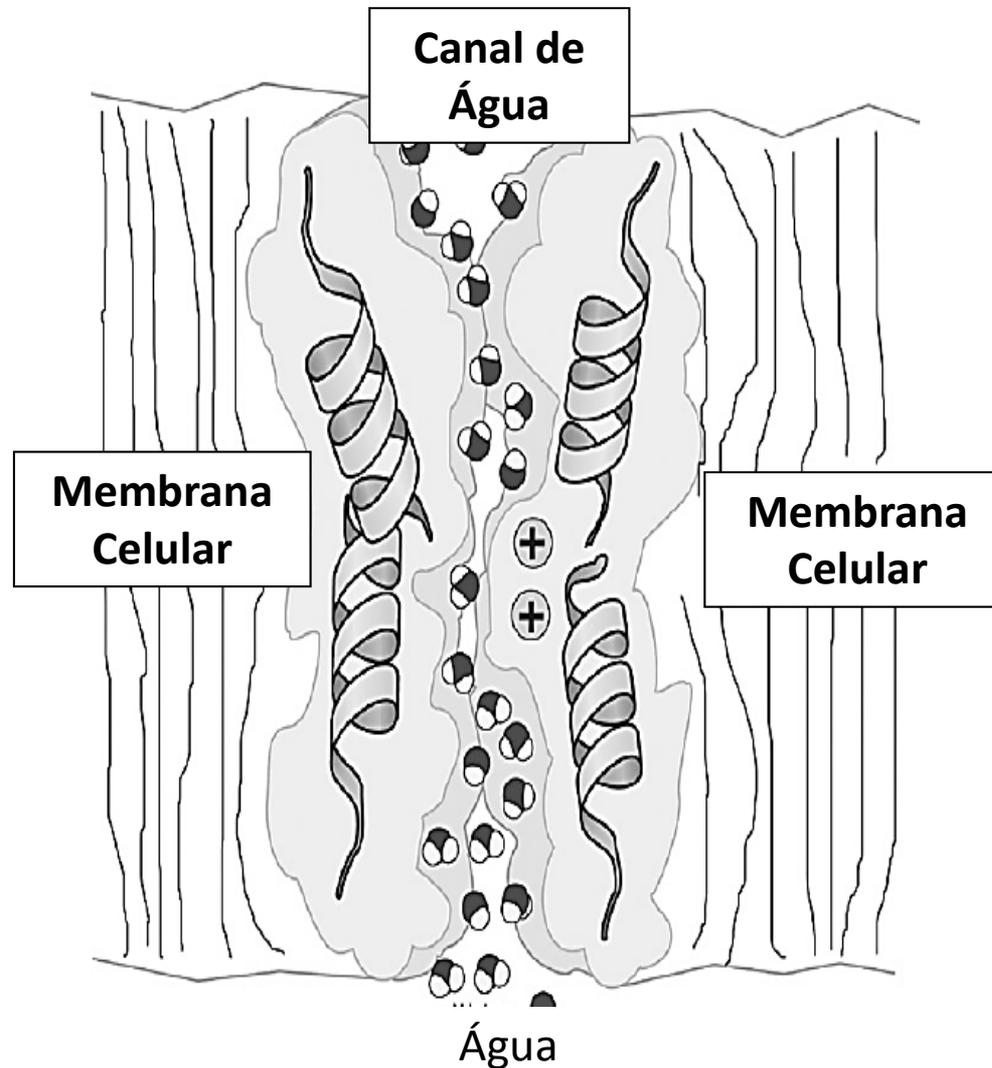
Entrada de soluto =  
menor potencial osmótico =  
Menor potencial hídrico =  
entrada de água =  
turgescência =  
abertura.



# AQUAPORINAS: DEFINIÇÃO

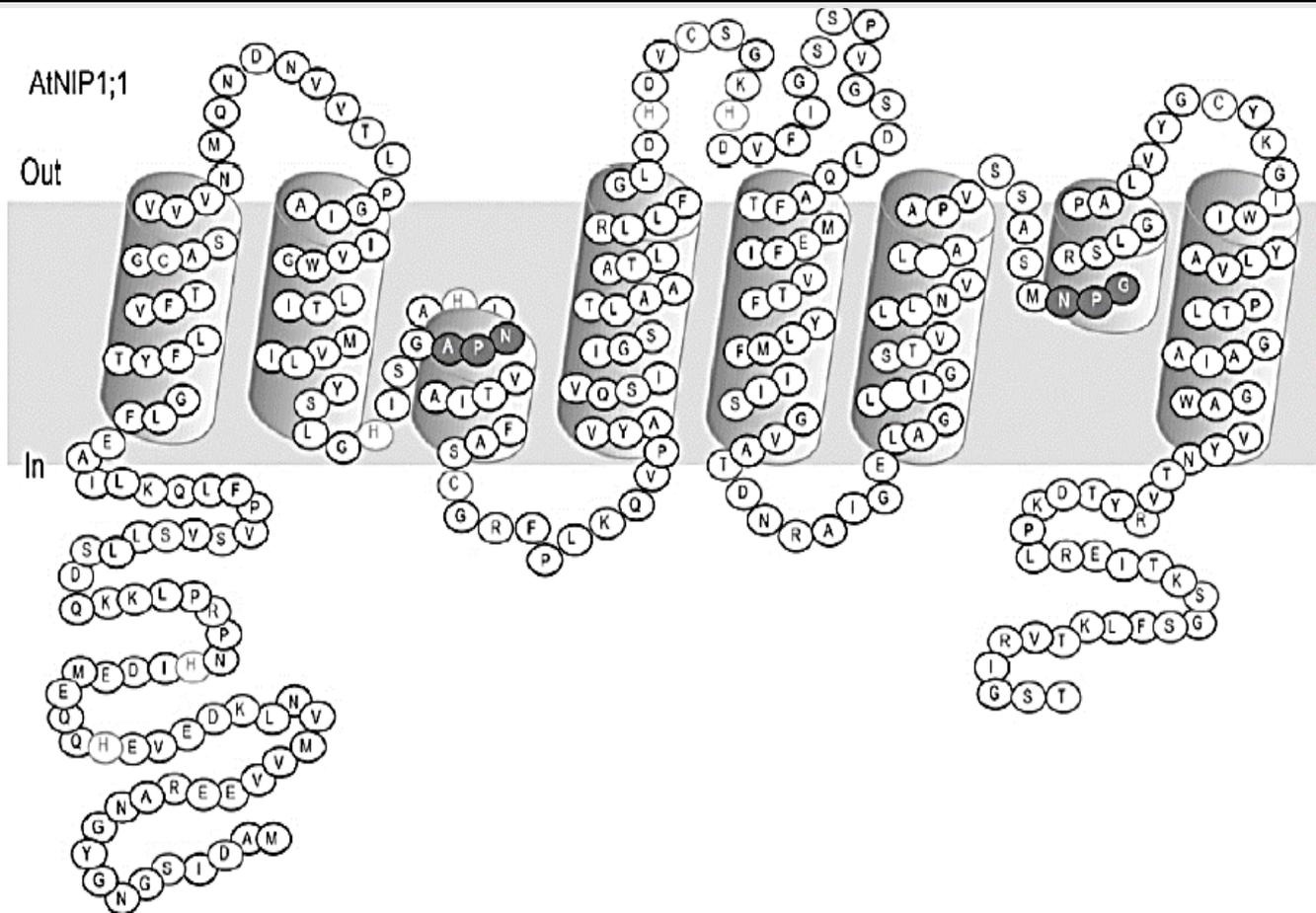
Aquaporinas ou proteínas intrínsecas maiores (MIP's) são canais formados nas membranas com habilidade de combinar um alto fluxo com alta especificidade para a água atravessar as membranas biológicas.

# AQUAPORINAS: ESTRUTURA



Modelo para moléculas de água através da Aquaporina na membrana.

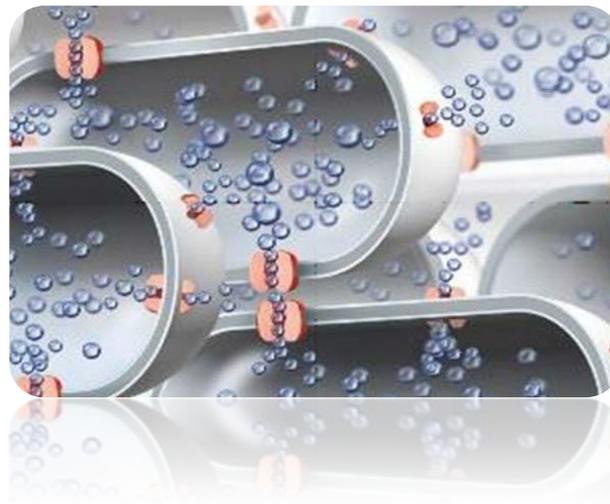
# AQUAPORINAS: ESTRUTURA



**Estrutura das Aquaporinas: estrutura esquemática tridimensional AQP baseado em estudos estruturais das AQP1 humano de E. coli e de GLP-F.**

# AQUAPORINAS: ESTRUTURA

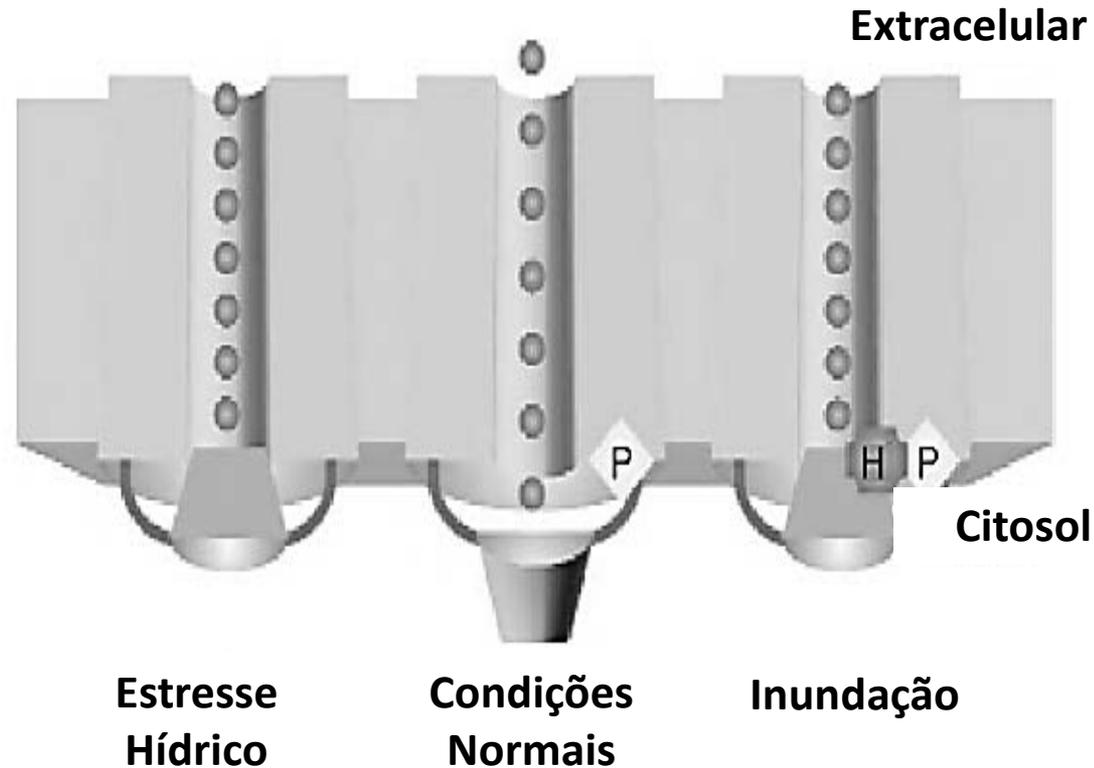
A regulação do fluxo de água mediada por aquaporinas, de forma indireta ou direta, parece ser um mecanismo pelo qual as plantas controlam o movimento de água na célula e no tecido.



# AQUAPORINAS: INTERAÇÕES

- Turgescência e potencial osmótico afetam a atividade das aquaporinas, assim como variações no pH, cátions como  $\text{Ca}^{2+}$ , equilíbrio hídrico e estresse nutricional.
- As aquaporinas também estão envolvidas no transporte de dióxido de carbono.

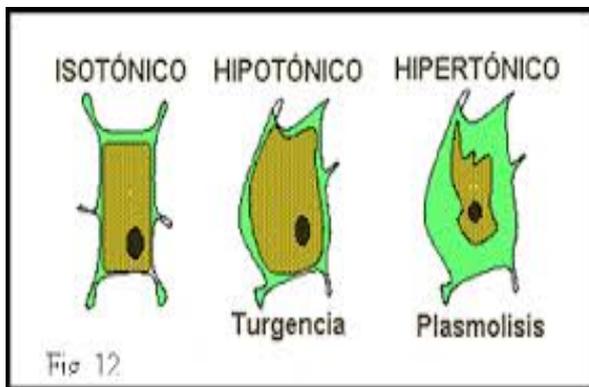
# AQUAPORINAS: FECHAMENTO



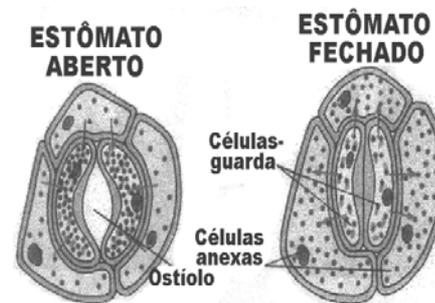
**Ilustração esquemática de como aquaporinas da membrana plasmática da planta são fechadas por fosforilação.**

# AQUAPORINAS: AÇÃO FISIOLÓGICA

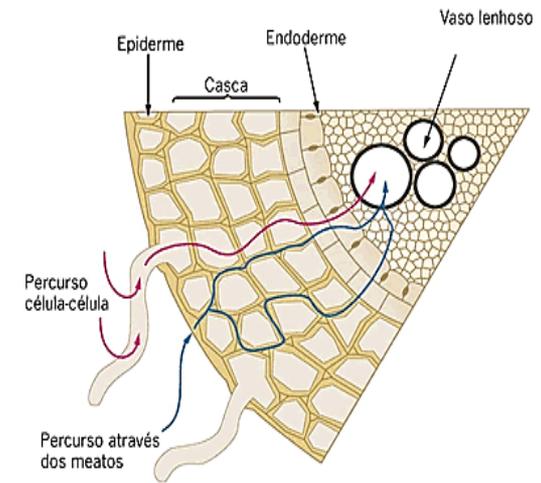
A inserção das aquaporinas nas membranas celulares pode aumentar a permeabilidade à água significativamente. Essa presença é necessária quando são requeridas altas taxas de transporte de água através das membranas (ou quando baixa resistência ao transporte é necessária), como por exemplo:



Transporte de água na planta

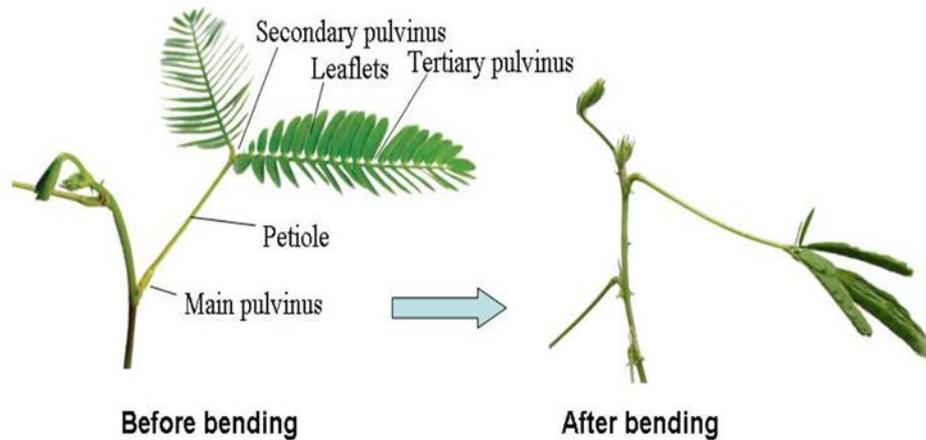


Movimento dos estômatos



Absorção de água pelas raízes

# AQUAPORINAS: AÇÃO FISIOLÓGICA



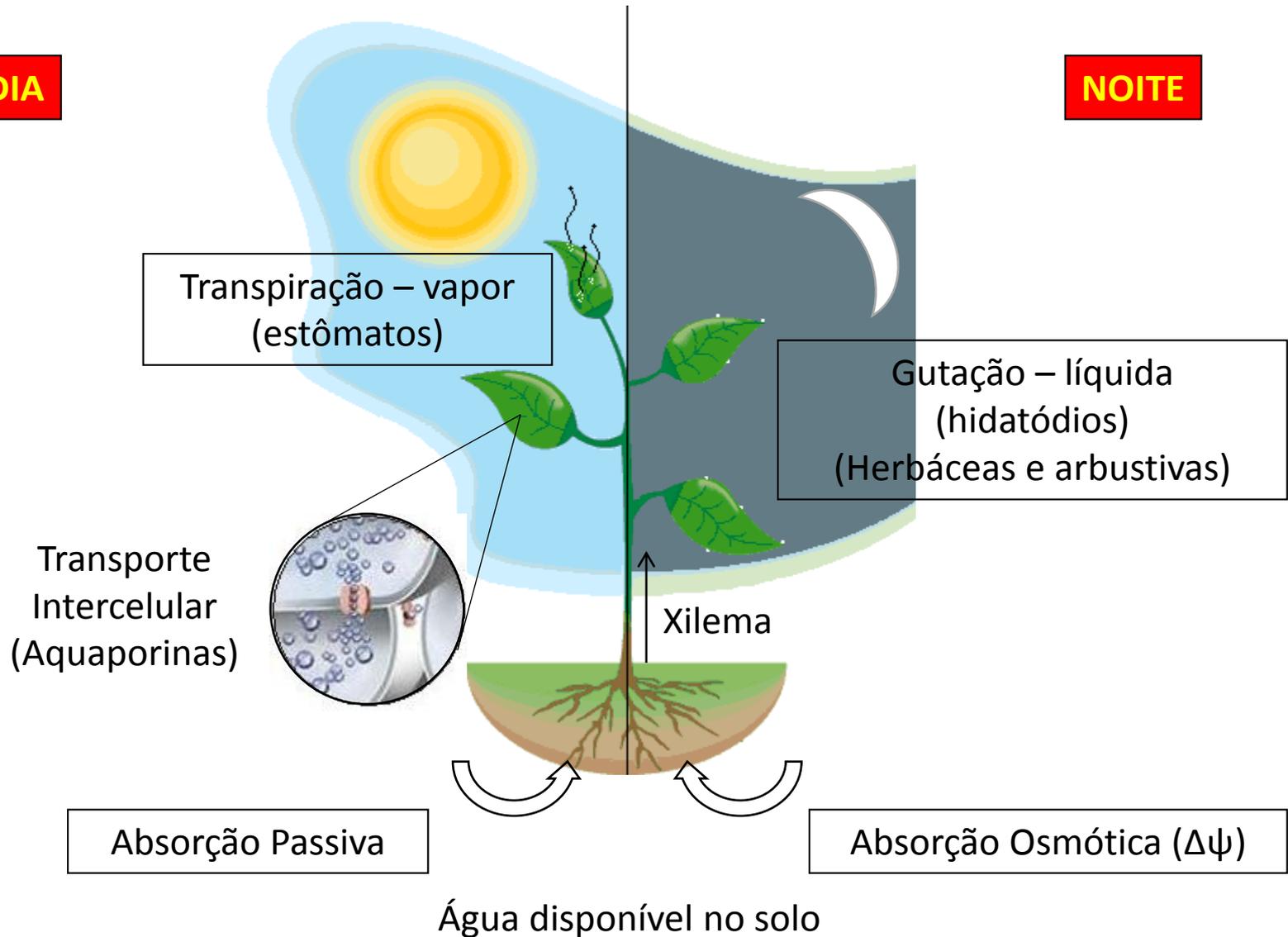
**Movimentos foliares mediados pelas pulvinas ou nictinastismos**

**Florescimento e Fecundação**

# ABSORÇÃO E PERDA DE ÁGUA

**DIA**

**NOITE**



# ESTRESSE

- É um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes
- É um fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta

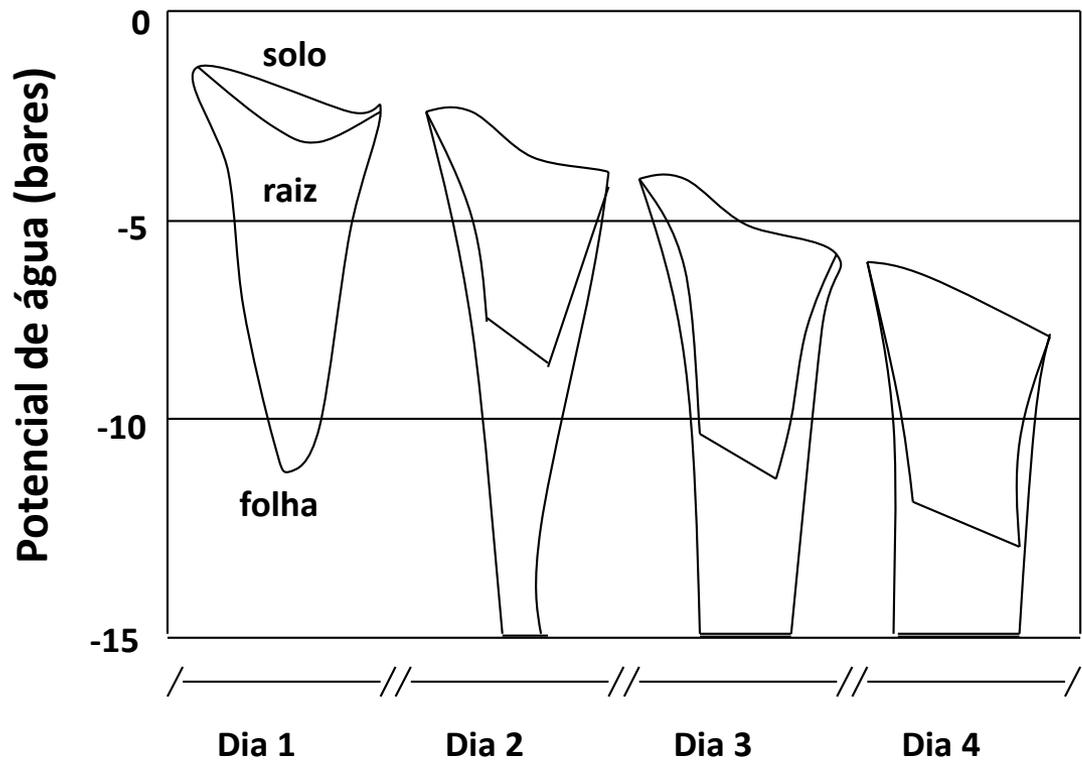
## ESTRESSE HÍDRICO

- Déficit hídrico: conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação

# ESTRATÉGIAS DE ACLIMATAÇÃO AO DÉFICIT HÍDRICO

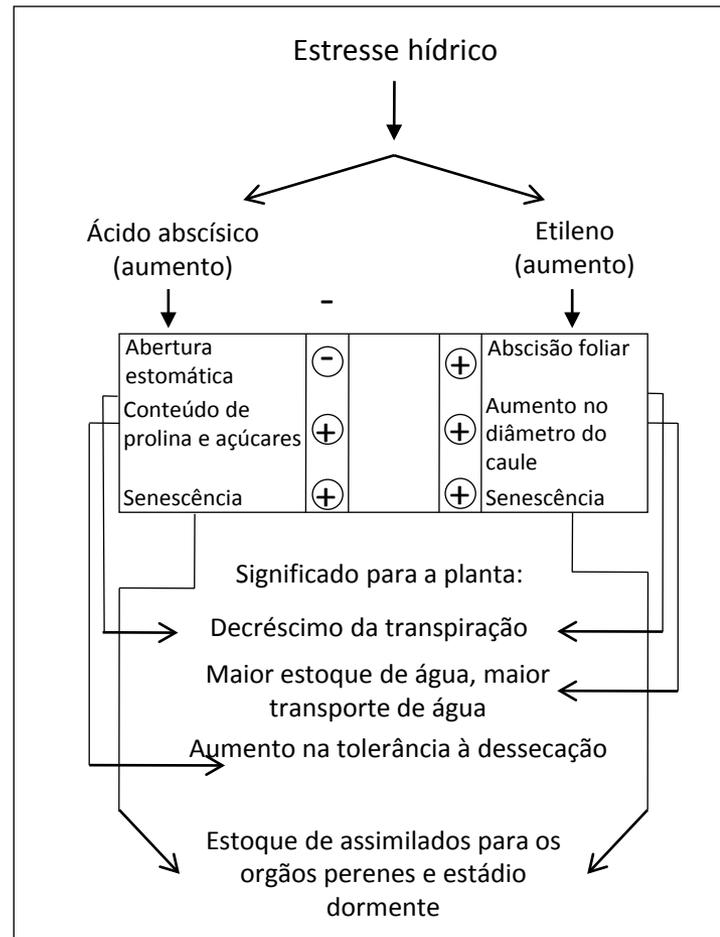
- Diminuição da área foliar
- Abscisão foliar
- Acentuado crescimento das raízes
- Fechamento estomático

# RELAÇÃO ENTRE O POTENCIAL DE ÁGUA DO SOLO, DA RAIZ E DA FOLHA NO DECORRER DE 4 DIAS CONSECUTIVOS

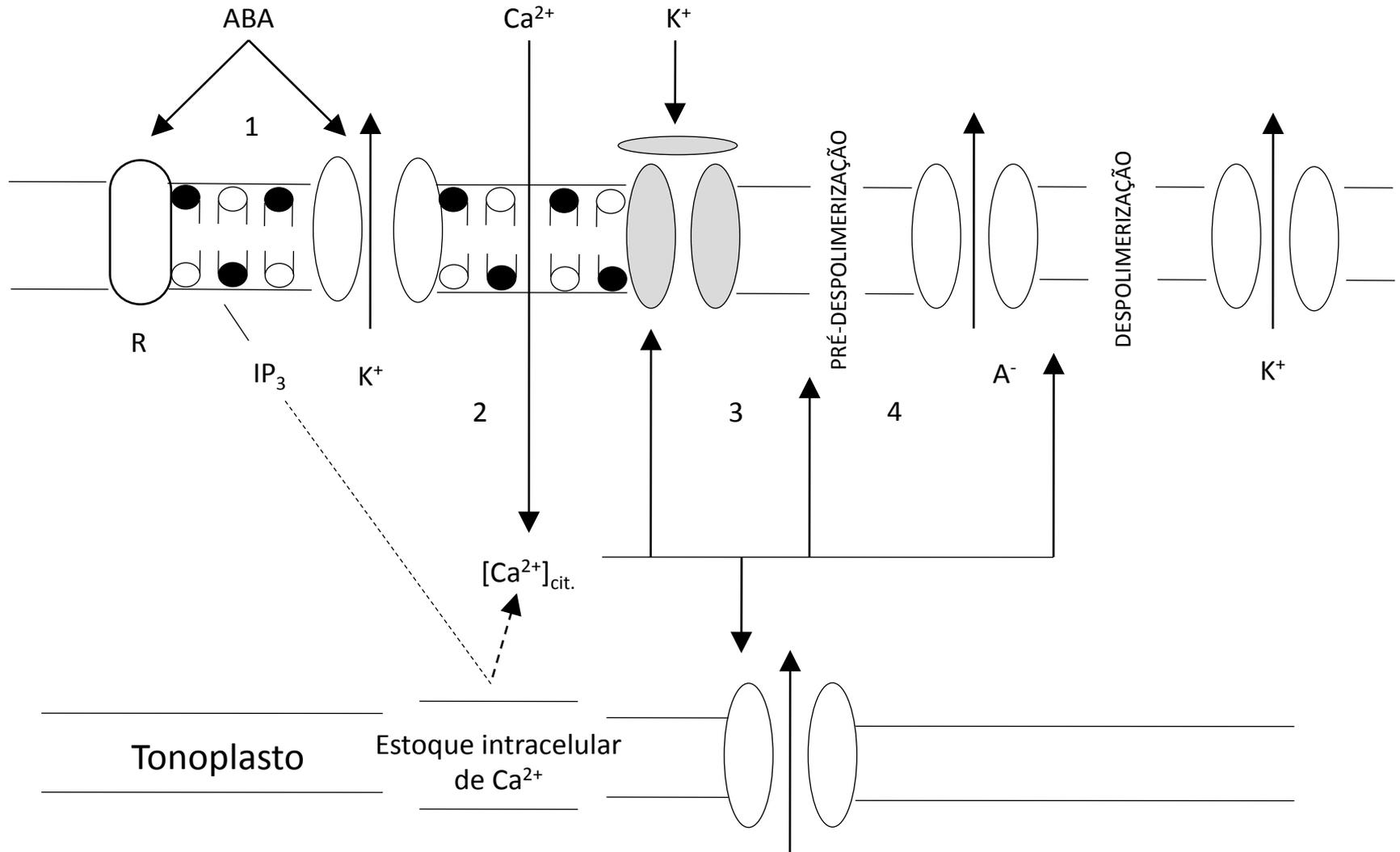


# REGULAÇÃO HORMONAL DURANTE O ESTRESSE HÍDRICO: (+)

## RESPOSTAS AUMENTADAS, (-) RESPOSTAS REDUZIDAS



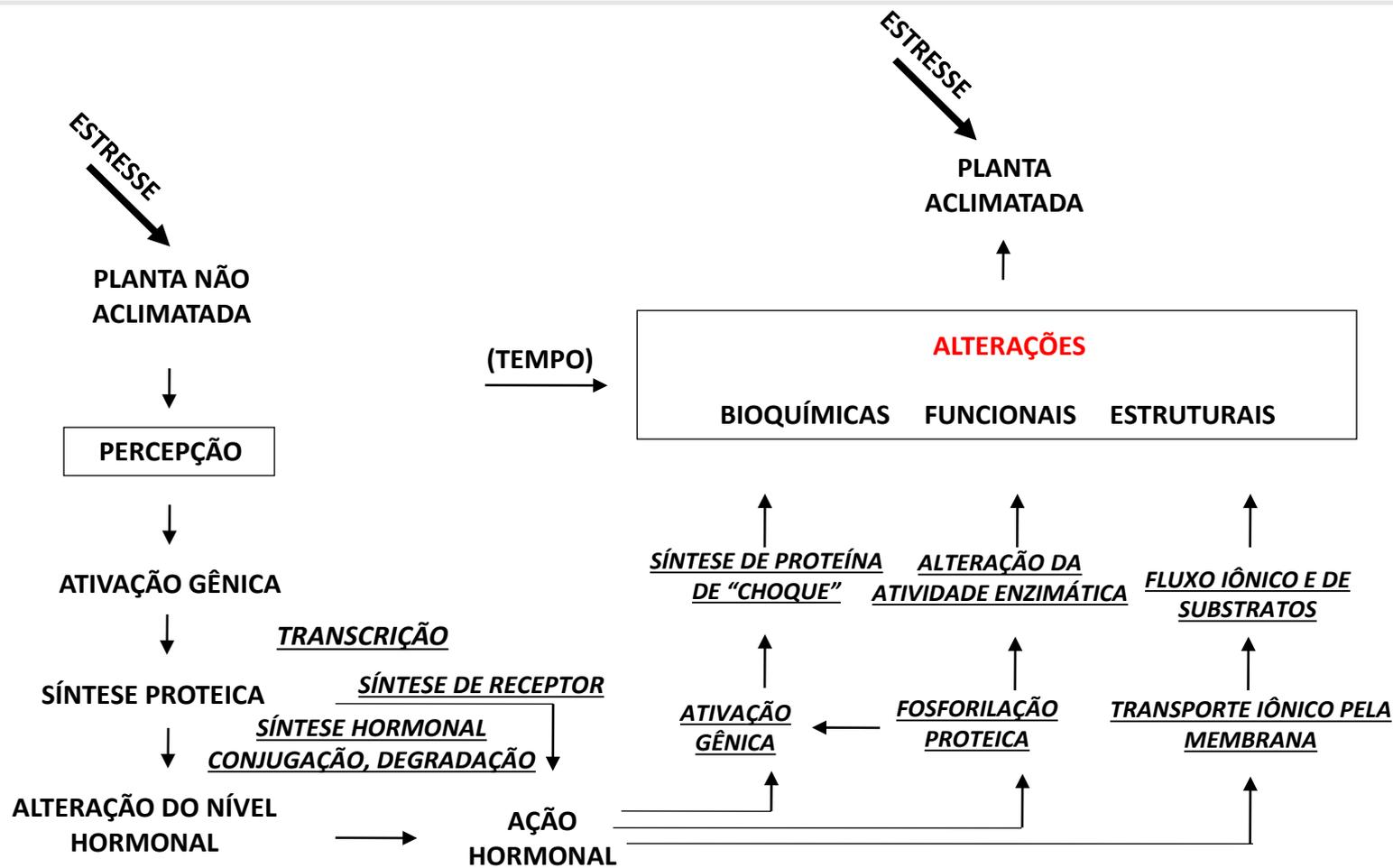
# MECANISMO DE AÇÃO DO ÁCIDO ABSCÍSIICO (ABA) NA CÉLULA GUARDA, MOSTRANDO O PAPEL DO $[Ca^{2+}]_{cit.}$ COMO MENSAGEIRO SECUNDÁRIO



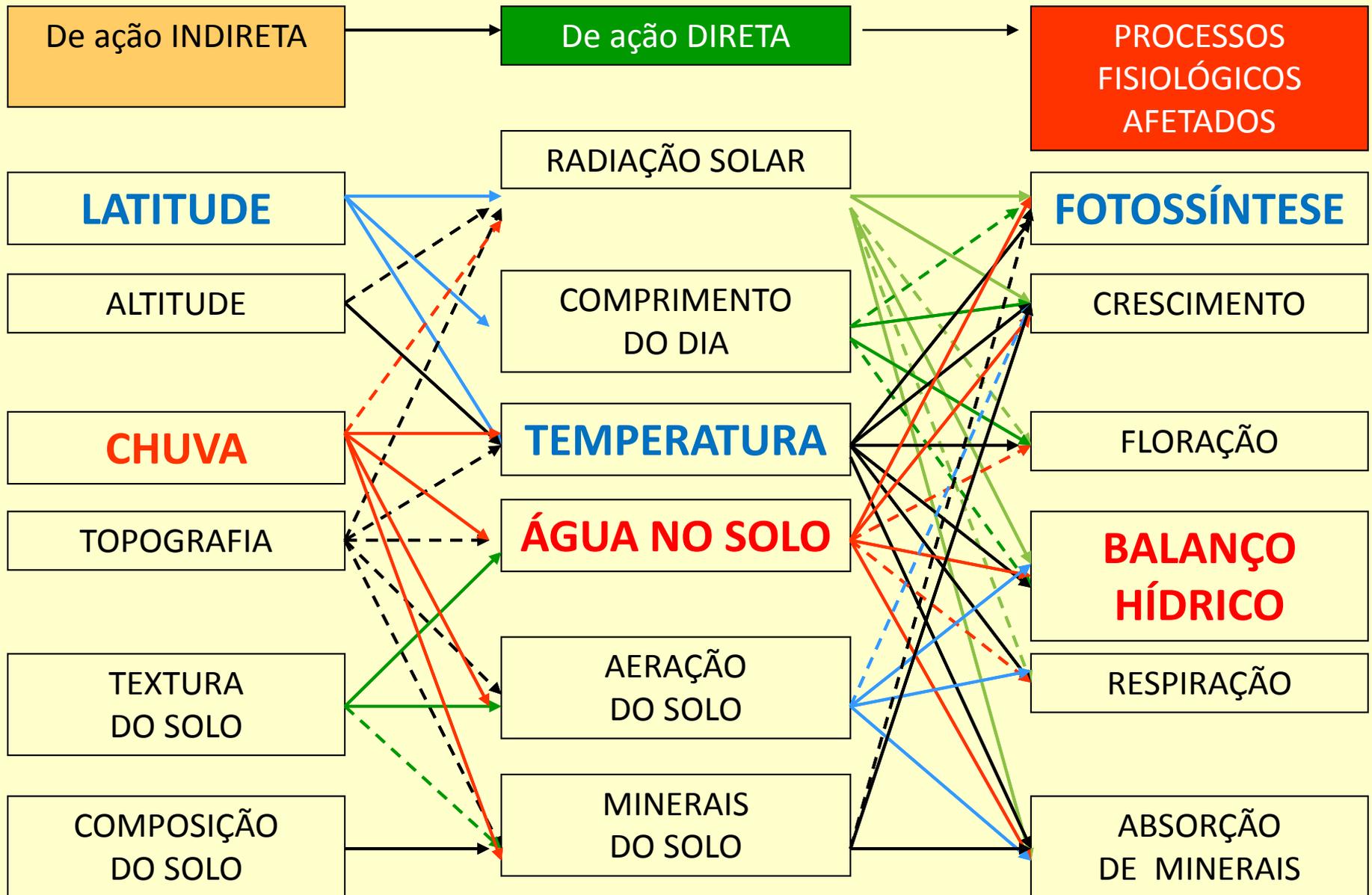
## EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO ESTABELECIDO DURANTE 20 DIAS EM RELAÇÃO AO CONTROLE



# ENVOLVIMENTO HORMONAL NA ACLIMATAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR



# FATORES DA PRODUÇÃO VEGETAL



*Obrigado*