

UNIDADE III – RELAÇÕES HÍDRICAS NA PLANTA

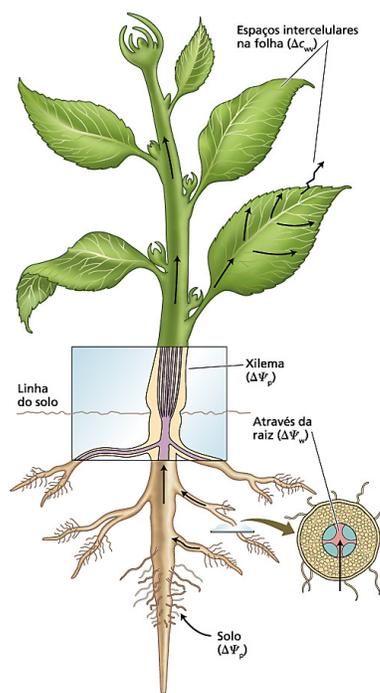
PARTE II – RELAÇÕES HÍDRICAS NO SISTEMA SOLO-PLANTA-ATMOSFERA (SSPA)

1. ÁGUA NO SOLO
2. ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS RAÍZES
3. TRANSPORTE DE ÁGUA PARA A PARTE AÉREA
 - 3.1. PRESSÃO RADICULAR (GUTAÇÃO)
 - 3.2. TENSÃO NO XILEMA (TRANSPIRAÇÃO)

Movimento de água do solo até a atmosfera através da planta

Para o entendimento do movimento de água através do SSPA, se faz necessário conhecer:

1. Os componentes do Ψ_w nos diferentes meios através dos quais a água irá se movimentar;
2. O caminho que a água deverá percorrer em cada um destes meios;
3. As forças responsáveis pelo movimento de água.



TIPOS DE SOLO

SOLO	DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS (μm)	ÁREA SUPERFICIAL (m^2/g de solo)
Arenoso	2.000 – 20	< 1 – 10
Siltoso	20 – 2	10 - 100
Argiloso	Menor do que 2	100 – 1.000

CARACTERÍSTICAS:

ARENOSO	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes poros entre as partículas; • Pequena área superficial das partículas; • Baixa capacidade de retenção de água.
ARGILOSO	<ul style="list-style-type: none"> • Pequenos poros entre as partículas; • Grande área superficial das partículas; • Grande capacidade de retenção de água.

Água no solo

$$\Psi_w (\text{solo}) = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$$

- Em solos úmidos o **potencial de pressão pode ser desprezado**, enquanto o Ψ_s varia de -0,02 até -0,2 MPa (solos salinos).
- Em solos secos (desidratados) das regiões áridas e semiáridas o **potencial de solutos pode ser desprezado** e o Ψ_p pode atingir valores de até - 3 MPa.

Obs: $\Psi_w (\text{solo}) = \Psi_p = - P (\Psi_m) = - 2 T r^{-1}$, onde:

T é a tensão superficial da água ($7,28 \times 10^{-8}$ MPa m) e r é o raio de curvatura da interface ar-água.

Uma pressão hidrostática negativa na água do solo diminui o potencial hídrico do solo

$$\Psi_{P(\text{solo})} = \frac{-2T}{r}$$

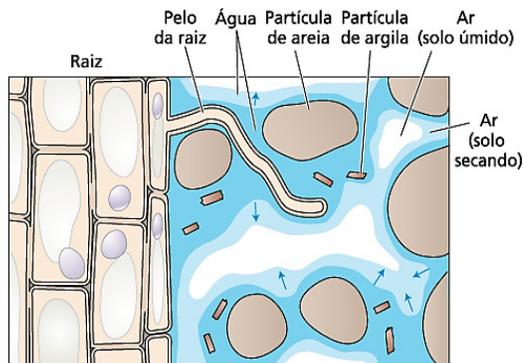


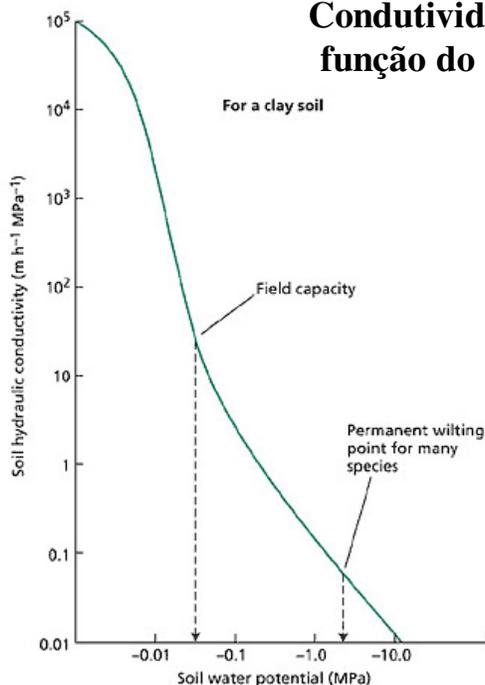
FIGURA 4.2 Os pelos da raiz fazem um contato íntimo com as partículas do solo e amplificam grandemente a área de superfície utilizada para a absorção de água pela planta. O solo é uma mistura de partículas (areia, argila, silte e material orgânico), água, solutos dissolvidos e ar. A água é adsorvida à superfície das partículas do solo. À medida que a água é absorvida pela planta, a solução do solo recua para pequenos compartimentos, canais e fissuras entre as partículas do solo. Nas interfaces ar-água, este recuo faz a superfície da solução do solo desenvolver um menisco côncavo (interfaces curvas entre ar e água, marcadas na figura por flechas), desenvolvendo uma tensão (pressão negativa) na solução por meio da tensão superficial. À medida que mais água é removida do solo, a curvatura dos meniscos ar-água aumenta, gerando tensões maiores (pressões mais negativas).

$$\Psi_{w(\text{solo})} \cong \Psi_{p(\text{solo})} = -P(\Psi_m) = -2T r^{-1}$$

T é a tensão superficial da água ($7,28 \times 10^{-8} \text{ MPa} \times \text{m}$) e r é o raio de curvatura da interface ar-água com as partículas do solo.

Na prática o Ψ_w do solo é considerado como sendo aproximadamente igual ao Ψ_p , que é determinado usando-se o extrator de Richards (laboratório) ou o tensiômetro (campo).

Condutividade hidráulica do solo em função do potencial hídrico do solo.



A condutividade hidráulica (L_p) expressa a facilidade com que a água se move em um sistema.

$$L_{p_{\text{solo}}} = I_{w_{\text{solo}}} / \Delta\Psi_p$$

Pois no solo o

$$\Psi_w \cong \Psi_p (-P)$$

➤ A água se movimentava no solo devido a um $\Delta\Psi_p$ por fluxo de massa.

- **Capacidade de campo (CC)** é a quantidade máxima de água que um solo é hábil para reter contra as forças gravitacionais.
- Ela é maior em solos argilosos e em solos contendo húmus e menor em solos arenosos.

- **Ponto de murcha permanente (PMP)** é o valor do potencial hídrico do solo no qual as plantas não podem manter a turgescência (turgor) mesmo à noite, na ausência da transpiração.
- Isto significa que no PMP o Ψ_w do solo = Ψ_s da folha = Ψ_w da folha (neste caso o Ψ_p da folha é zero). Portanto,
- Visto que o Ψ_s da planta varia com a espécie vegetal, o PMP depende não apenas do solo, mas, principalmente, da espécie vegetal.

Variações no PMP em três espécies de plantas cultivadas no mesmo tipo de solo

Espécies	Observações no PMP (MPa)			Umidade do solo (%)
	Ψ_s na folha	Ψ_w na folha	Ψ_w no solo	
Tomate	- 1,8	- 1,9	- 2,0	11,8
Alfena*	- 4,7	- 4,5	- 4,8	9,7
Algodão	- 3,8	- 4,3	- 3,8	10,2

Obs: Não confundir Ponto de Murcha Permanente com Ponto de Murcha Temporário ou Incipiente.

* *Ligustrum japonicum*.

Absorção de água pelas raízes

O contato entre a superfície das raízes e o solo fornece a área superficial para a absorção de água, que é maximizada pelo crescimento das raízes e presença dos pelos radiculares.

A água penetra na raiz, mais prontamente, na região apical.

Seção longitudinal da região apical da raiz

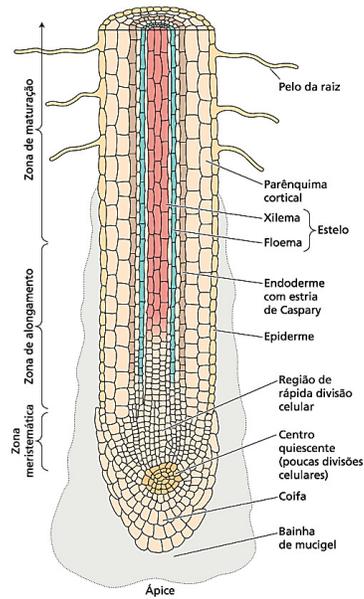


FIGURA 5.9 Seção longitudinal diagramática da região apical da raiz. As células meristemáticas estão localizadas próximas ao ápice da raiz. Essas células geram a coifa e os tecidos superiores da raiz. Na zona de alongamento, as células se diferenciam para produzir xilema, floema e córtex. Os pelos da raiz, formados em células epidérmicas, aparecem primeiro na zona de maturação.

A água se move na raiz pelas rotas apoplástica, simplástica e transmembrana

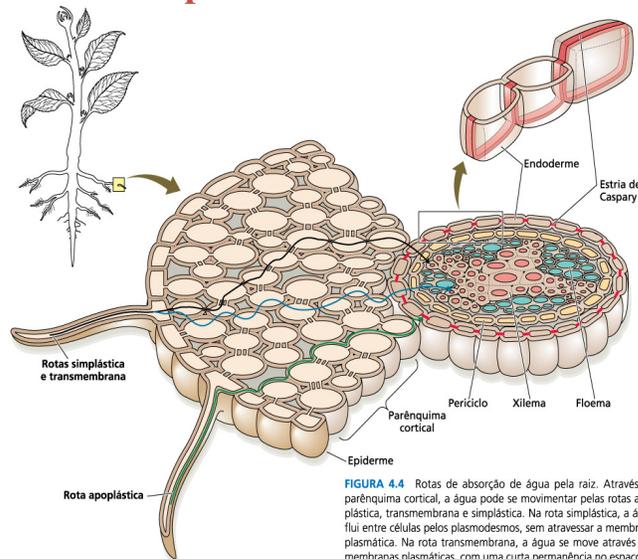


FIGURA 4.4 Rotas de absorção de água pela raiz. Através do parênquima cortical, a água pode se movimentar pelas rotas apoplástica, transmembrana e simplástica. Na rota simplástica, a água flui entre células pelos plasmodesmos, sem atravessar a membrana plasmática. Na rota transmembrana, a água se move através das membranas plasmáticas, com uma curta permanência no espaço da parede celular. Na endoderme, a rota apoplástica é bloqueada pela estria de Caspary.

Uma outra forma de se entender o movimento de água através da raiz é considerá-la como uma **ROTA ÚNICA** tendo uma única condutividade, denominada de **CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DA RAIZ**.

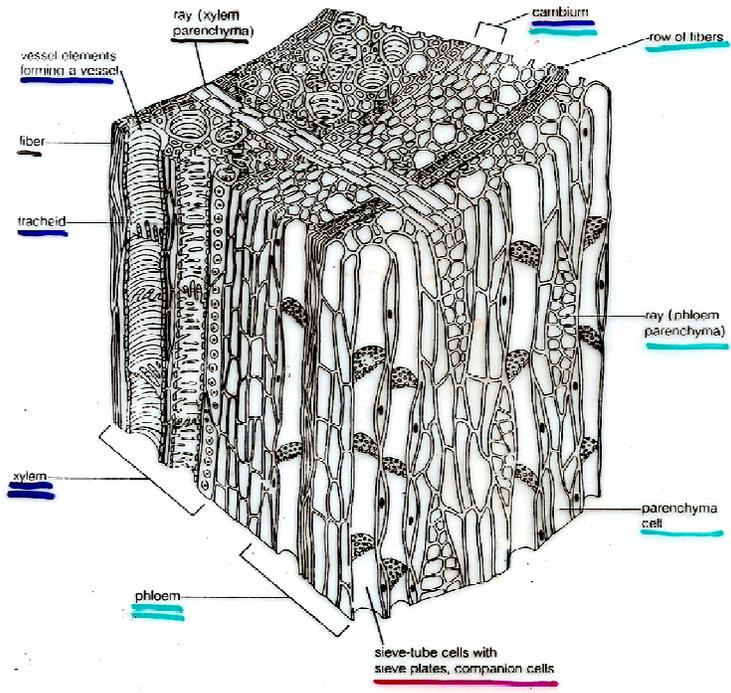
$$I_{w_{raiz}} = L_{p_{raiz}} \Delta\Psi_w$$

L_p ($m^3 m^{-2} s^{-1} MPa^{-1}$) é dado em: $m s^{-1} MPa^{-1}$

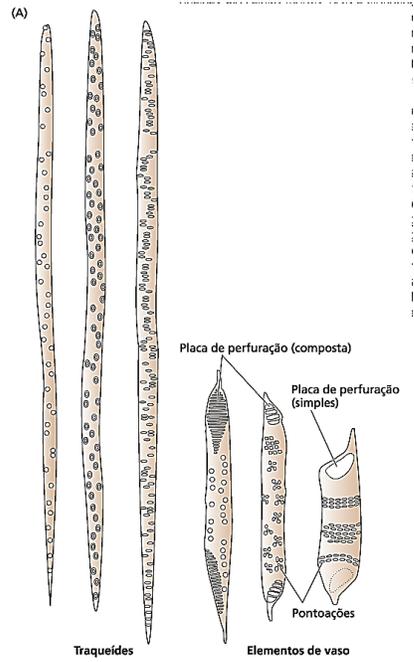
3. Transporte de água para a parte aérea

Na maioria das plantas, o xilema é a principal rota de transporte de água.

As células condutoras do xilema tem uma anatomia especializada que possibilita o transporte de grande quantidade de água com alta eficiência.



O xilema consiste de dois tipos de elementos traqueais (células condutoras): traqueídeos e elementos de vaso (encontrados em angiospermas, em um pequeno número de gimnospermas chamadas *Gnetales* e em algumas pteridófitas).



O movimento de água das raízes para as folhas, **via xilema**, pode ocorrer em função:

- de uma **pressão positiva** na base da raiz (**pressão radicular - gutação**); ou
- de uma **pressão negativa (tensão)** desenvolvida nas folhas em função da **transpiração**.

O movimento de água através do xilema requer um menor $\Delta\Psi_p$ do que através de células vivas

- Considerando que:
 - A velocidade de transporte = $4 \text{ mm s}^{-1} = 4 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$;
 - O raio do vaso = $40 \text{ }\mu\text{m} = 4 \times 10^{-5} \text{ m}$ (uma velocidade alta para um vaso desta dimensão).

❖ ATRAVÉS DO XILEMA (via apoplástica):

- utilizando a equação de Poiseuille modificada,
 $I_w = (r^2 / 8\eta) (\Delta\Psi_p / \Delta x)$ (onde $\eta = 10^{-3} \text{ Pa s}$) então:
 $\Delta\Psi_p = 0,02 \text{ MPa m}^{-1} = \underline{2 \times 10^{-2} \text{ MPa m}^{-1}}$

❖ ATRAVÉS DA CÉLULA
(via transmembrana):

Utilizando a equação $I_w = L_p \Delta\Psi_p$, onde:

$L_p = 4 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$;

O comprimento da célula = $100 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-4} \text{ m}$;

A velocidade de transporte = $4 \text{ mm s}^{-1} = 4 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1}$;

- $\Delta\Psi_p = 4 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1} / 4 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$
- $\Delta\Psi_p = 10^4 \text{ MPa} \times 2 \text{ membranas}$,
- $\Delta\Psi_p = 2 \times 10^4 \text{ MPa} / 10^{-4} \text{ m} = \underline{2 \times 10^8 \text{ MPa m}^{-1}}$, então:

$$R = 2 \times 10^8 \text{ MPa m}^{-1} / 2 \times 10^{-2} \text{ MPa m}^{-1} = 10^{10}$$

$$\underline{R = 10^{10}}$$

3.1. Pressão radicular (Gutação)



Gutação em folhas de morangueiro (*Fragaria grandiflora*). De manhã cedo, as folhas secretam gotículas de água pelos hidatódios, localizados nas margens das folhas. Flores jovens também podem exibir gutação (foto cedida por R. Aloni).



Método para demonstrar a pressão de raiz. A) Tomateiro imediatamente após ter sido retirada a parte aérea; B) Tomateiro algum tempo após ter sido decapitado. Observe a elevação da coluna de água no interior do tubo de vidro.

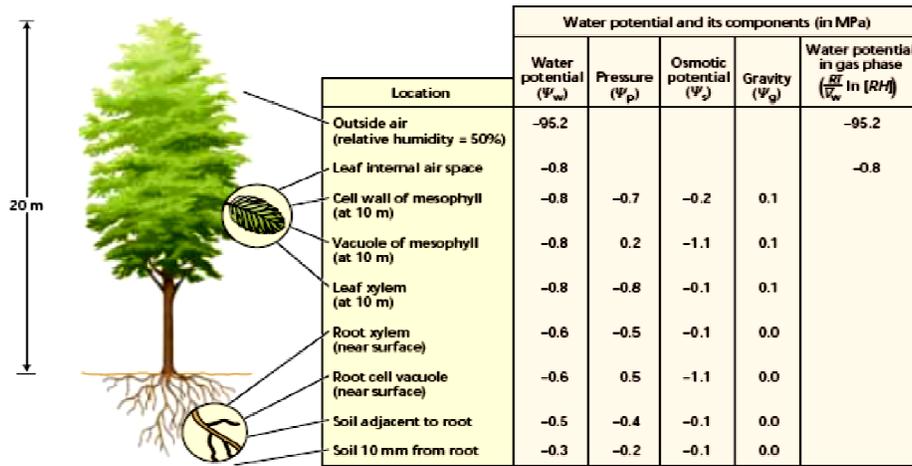
Pressão radicular varia de 0,05 a um máximo de 0,2 MPa (tipicamente ela é de 0,1 MPa).

3.2. Tensão no xilema (Transpiração)

Quando as plantas estão transpirando, o fluxo de água do solo, através da planta, para a atmosfera é:

$$F_t = \Delta\Psi_w / \Sigma r$$

Utilizando-se valores típicos de Ψ_w para os diversos compartimentos envolvidos, obtém-se que a resistência ao movimento de água das paredes das células do mesofilo para a atmosfera é bem maior que o somatório das outras resistências.



$$F_t = \Delta\Psi_w / \Sigma r$$

A maior resistência coincide com a maior diferença de Ψ_w que existe entre as paredes das células do mesofilo e o ar exterior.

Fluxo de água através da planta

$$F_t = \Delta\Psi_w / \Sigma r \text{ (Equilíbrio dinâmico)}$$

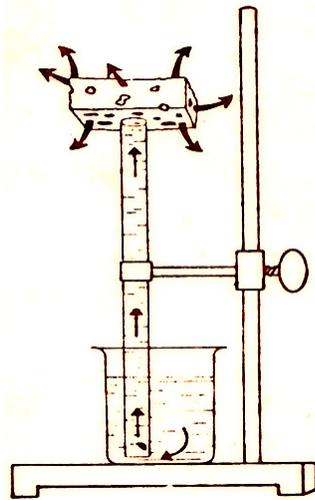
$$F_t = (\Psi_w^s - \Psi_w^r) / r_r = (\Psi_w^r - \Psi_w^f) / r_x = (\Psi_w^f - \Psi_w^a) / r_f \therefore$$

$$F_t = [-0,3 - (-0,6)] / r_r = [-0,6 - (-0,8)] / r_x = [-0,8 - (-95,2)] / r_f$$

$$F_t = 0,3 / r_r = 0,2 / r_x = 94,4 / r_f \therefore$$

$$r_f = 472 r_x \text{ , } r_f = 315 r_r \text{ e } r_r = 1,5 r_x$$

Essas ideias levaram à proposição da teoria da coesão-tensão de ascensão da seiva (Dixon & Joly, 1894).



Esta teoria se baseia na propriedade de coesão da água para suportar grandes tensões nas colunas de água do xilema.

Sistema físico para demonstrar a teoria da coesão-tensão. A água que se evapora da superfície da esponja será substituída pela água do tubo de vidro a qual, por sua vez, será repostada pela água do recipiente.

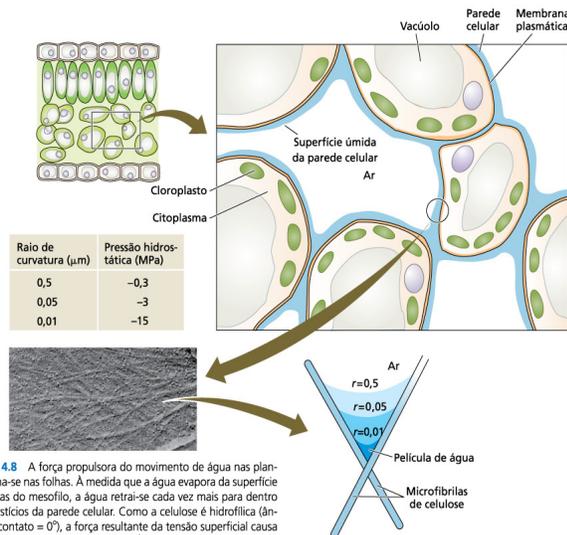


FIGURA 4.8 A força propulsora do movimento de água nas plantas origina-se nas folhas. À medida que a água evapora da superfície das células do mesófilo, a água retrai-se cada vez mais para dentro dos interstícios da parede celular. Como a celulose é hidrofílica (ângulo de contato = 0°), a força resultante da tensão superficial causa uma pressão negativa na fase líquida. À medida que o raio da curvatura dessas interfaces ar-água decresce, a pressão hidrostática torna-se mais negativa, conforme cálculo pela Equação 4.1 (micrografia de Gunning & Steer, 1996).

A força propulsora do movimento de água nas plantas origina-se nas folhas.

À medida que a água evapora da película superficial que cobre as paredes celulares do mesófilo, a água retrai-se cada vez mais para dentro dos interstícios da parede celular.

$$\Psi_p = - 2T r^{-1}$$

T é a tensão superficial da água ($7,28 \times 10^{-8}$ MPa x m);

r é o raio de curvatura da interface ar-água.

A existência de uma pressão negativa no xilema tem sido confirmada experimentalmente por Scholander e col. (1965).

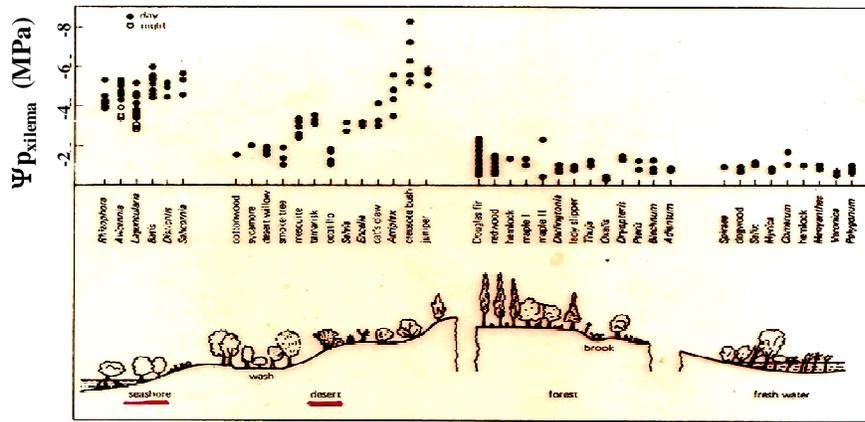
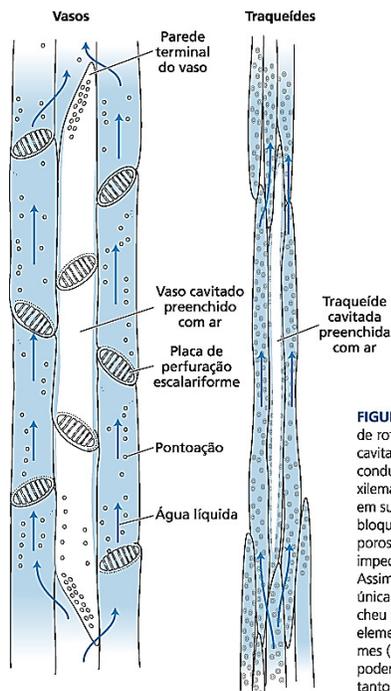


Figure 4-15 Negative sap pressures in a variety of flowering plants, conifers, and ferns. Most measurements were taken with a pressure bomb during the daytime in strong sunlight. Night values in all cases are likely to be several tenths of megapascals higher (less negative). (From Scholander et al., 1965, used by permission.)



As plantas minimizam as consequências da cavitação (embolia) do xilema

FIGURA 4.7 Vasos (esquerda) e traqueídes (direita) de uma série de rotas paralelas e interconectadas para o movimento de água. A cavitação bloqueia o movimento de água por causa da formação de condutos cheios de ar (embolizados). Uma vez que os condutos do xilema são interconectados por aberturas ("pontoações areoladas") em suas paredes secundárias espessas, a água pode desviar do vaso bloqueado, movendo-se para elementos traqueais adjacentes. Os poros muito pequenos nas membranas das pontoações ajudam a impedir que embolismos se espalhem entre os condutos do xilema. Assim, no diagrama da direita, o gás está contido dentro de uma única traqueíde cavitada. No diagrama da esquerda, o gás preencheu todo o vaso cavitado, aqui mostrado como composto por três elementos de vaso, separados por placas de perfuração escalariformes (parecendo os degraus de uma escada). Na natureza, os vasos podem ser muito longos (até vários metros de comprimento) e, portanto, compostos por vários elementos de vaso.

PARTE II – RELAÇÕES HÍDRICAS NO SISTEMA SOLO-PLANTA-ATMOSFERA (SSPA)

4. TRANSFERÊNCIA DE ÁGUA DA FOLHA PARA A ATMOSFERA

4.1. TRANSPIRAÇÃO

4.2. MECANISMO DE ABERTURA E FECHAMENTO ESTOMÁTICO

5. DÉFICIT HÍDRICO

6. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

4.1. TRANSPIRAÇÃO

A trajetória final do movimento de vapor de água através da folha até a atmosfera denomina-se **transpiração**.

Também definida como a evaporação da água das superfícies celulares para os espaços intercelulares e destes, através dos estômatos, para a camada de ar limítrofe à superfície foliar e finalmente para a atmosfera.

Estima-se que **95%** da perda de água da folha para a atmosfera **ocorra através dos estômatos**.

Tabela 3 – Frequência de estômatos nas superfícies superior (adaxial) e inferior (abaxial) da folha (Hopkins, 2000)

Gêneros	Número de Estômatos por mm ²	
	Superfície Superior (adaxial)	Superfície Inferior (abaxial)
Monocotiledôneas		
<i>Allium</i> (cebola)	175	175
<i>Hordeum</i> (cevada)	70	85
<i>Triticum</i> (trigo)	50	40
Dicotiledôneas Herbáceas		
<i>Helianthus</i> (girassol)	120	175
<i>Medicago</i> (alfafa)	169	188
<i>Pelargonium</i> (gerânio)	29	179
Dicotiledôneas Arbóreas		
<i>Aesculus</i> (castanha-da-índia)	-	210
<i>Quercus</i> (carvalho)	-	340
<i>Tilia</i>	-	370

A cutícula que cobre a superfície exposta da planta serve como uma barreira efetiva para evitar a perda de água, protegendo a planta contra dessecação.

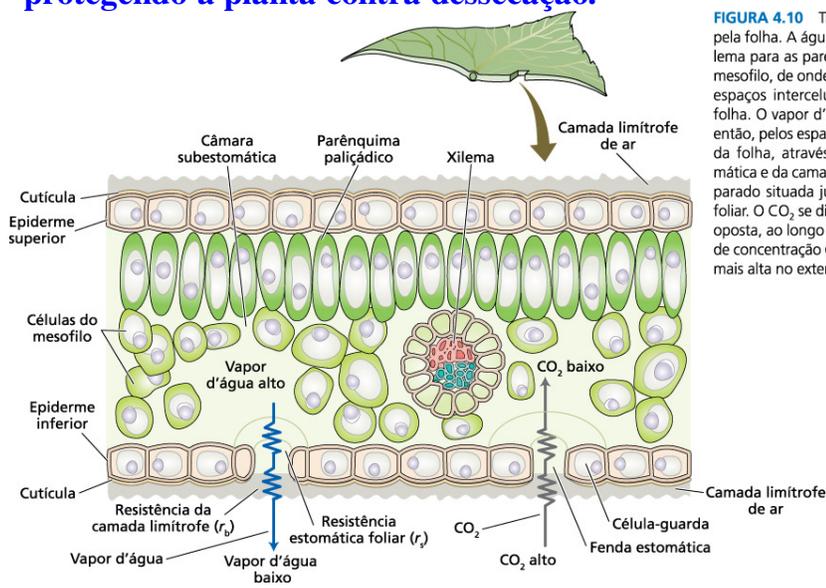


FIGURA 4.10 Trajetória da água pela folha. A água é puxada do xilema para as paredes celulares do mesófilo, de onde evapora para os espaços intercelulares dentro da folha. O vapor d'água se difunde, então, pelos espaços intercelulares da folha, através da fenda estomática e da camada limitrofe de ar parada situada junto à superfície foliar. O CO₂ se difunde na direção oposta, ao longo de seu gradiente de concentração (baixa no interior, mais alta no exterior).

Principais causas da grande perda de vapor de água em relação à absorção de CO₂

- O gradiente de concentração (ΔC) que controla a perda de vapor de água para a atmosfera é 50 vezes maior do que aquele que controla a absorção de CO₂;
- O CO₂ difunde-se 1,6 vezes mais lentamente do que o vapor de água;
- O CO₂ tem um trajeto mais longo (membrana plasmática, citosol e envelope plastidial para atingir o estroma) a percorrer do que o vapor de água (poro estomático e camada de vapor de água limítrofe), aumentando, assim, a resistência à difusão de CO₂.

A taxa de transpiração depende de dois fatores:

1. Da diferença na concentração de vapor de água entre a folha e o ar atmosférico;
2. Da resistência à difusão de vapor de água. Esta resistência pode ser dividida em resistência estomática (r_s) e resistência devido à camada de ar limítrofe (r_b).

Assim, a taxa de transpiração (em mol m⁻² s⁻¹) é relacionada à diferença de concentração de vapor de água (mol m⁻³) e às resistências ao fluxo de vapor de água (s m⁻¹), pela seguinte equação:

$$F_t = \frac{(C_{WV})_{\text{folha}} - (C_{WV})_{\text{ar}}}{r_s + r_b}$$

Em alguns casos, é utilizada a pressão de vapor (kPa), que é proporcional à concentração do vapor de água (ΔC_{wv}).

Nestes casos, a diferença de pressão de vapor é chamada de DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR DE ÁGUA.

Tabela 4 – Relação entre a concentração de vapor de água (C_{wv}), a pressão de vapor d'água (e), a umidade relativa (RH) e o potencial hídrico (Taiz & Zeiger, 1998)

C_{wv} (mol m^{-3})	e (kPa)	RH (%)	Ψ_w (MPa) ¹
0,961	2,34	1,00	0,00
0,957	2,33	0,996	-0,54
0,951	2,32	0,990	-1,36
0,923	2,25	0,960	-5,51
0,865	2,11	0,900	-14,20
0,480	1,17	0,500	-93,60
0	0	0	-infinito

¹ O Ψ_w foi calculado de acordo com a equação: $\Psi_w = \frac{RT}{V_w} \ln(RH)$

$$\Psi_w = \frac{RT}{V_w} \ln(RH) \quad \text{ou} \quad \Psi_w = \frac{RT}{V_w} \ln(e/e^0) \quad \text{e} \quad RH = \frac{(C_{wv})}{C_{wv}(\text{sat})}$$

A concentração de vapor de água aumenta exponencialmente com a temperatura, portanto a temperatura foliar tem um impacto marcante sobre as taxas transpiratórias.

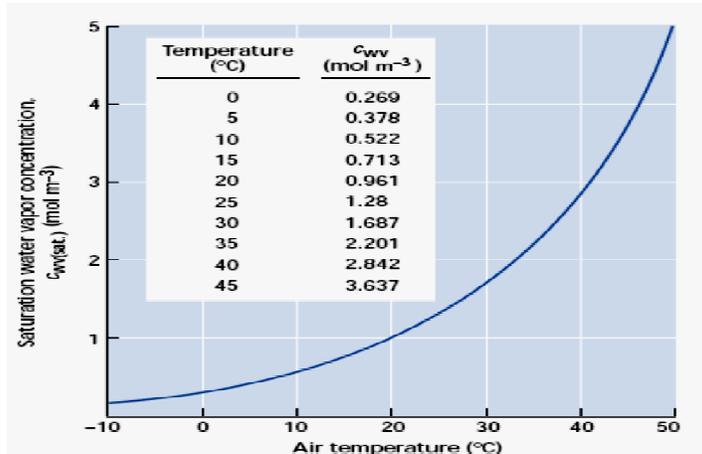


FIGURE 4.11 Concentration of water vapor in saturated air as a function of air temperature.

TABLE 4.1
Representative values for relative humidity, absolute water vapor concentration, and water potential for four points in the pathway of water loss from a leaf

Location	Relative humidity	Water vapor	
		Concentration (mol m ⁻³)	Potential (MPa) ^a
Inner air spaces (25°C)	0.99	1.27	-1.38
Just inside stomatal pore (25°C)	0.97	1.21	-7.04
Just outside stomatal pore (25°C)	0.47	0.60	-103.7
Bulk air (20°C)	0.50	0.50	-93.6

$$\Psi_w = RT/V_w \ln (RH)$$

A concentração do vapor de água (C_{ww}) muda em vários pontos ao longo da rota de transpiração. A C_{ww} decresce em cada etapa da rota, indicando que a força propulsora para a perda de água da folha é a diferença na concentração *absoluta* de vapor de água (mol m⁻³).

RELAÇÃO DE TRANSPIRAÇÃO (RT)

$$RT = \frac{\text{água perdida pela planta (g)}}{\text{matéria seca produzida (g)}}$$

RT mostra a eficiência no uso de água pela planta.

RT na maioria das plantas é ≥ 500 .

- Plantas $C_3 \Rightarrow 450-950$ g de H₂O/ g de MS;
- Plantas $C_4 \Rightarrow 250-350$ g de H₂O/ g de MS;
- Plantas CAM $\Rightarrow 18-125$ g de H₂O/ g de MS;

Quais seriam as vantagens seletivas da transpiração?

- Em várias situações as plantas podem crescer bem transpirando quase nada, mas quando elas transpiram este fenômeno parece resultar em benefícios.
- Alguns autores têm afirmado que a **TRANSPIRAÇÃO É UM MAL NECESSÁRIO** (difusão de CO₂) sendo suas principais funções:
 - a) Transportar íons e certas substâncias para as partes aéreas;
 - b) Transportar água para as partes aéreas;
 - c) Resfriar as folhas.

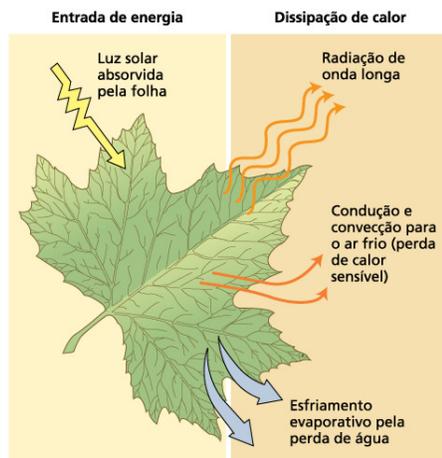


FIGURA 9.15 Absorção e dissipação de energia da luz solar pela folha. A carga de calor imposta deve ser dissipada, a fim de evitar dano à folha. A carga de calor é dissipada pela emissão de radiação de ondas longas, pela perda de calor sensível para o ar que circunda a folha e pelo esfriamento evaporativo causado pela transpiração.

Troca de energia entre a folha e o ambiente

$$I_c = \Delta t / r_c$$

r_c é proporcional à espessura da camada de vapor de ar adjacente à superfície foliar.

$$\text{Bowen ratio} = \frac{\text{Sensible heat loss}}{\text{Evaporative heat loss}}$$

Baixa ⇒ calor evaporativo alto ⇒ bom crescimento ⇒ cultivo bem irrigado;

Alta ⇒ calor evaporativo baixo ⇒ crescimento lento ⇒ indica fechamento estomático.

Abertura e fechamento dos estômatos

Sabe-se há mais de um século que os movimentos de abertura e fechamento dos estômatos são simplesmente o resultado do **FLUXO DE ÁGUA** para dentro e para fora das células-guardas.

O que são células-guardas?

Por que os estômatos abrem-se como resultado do fluxo de água para dentro das células-guardas?

Por que os estômatos fecham-se como resultado do fluxo de água para fora das células-guardas?

As paredes celulares das células-guardas têm características especializadas

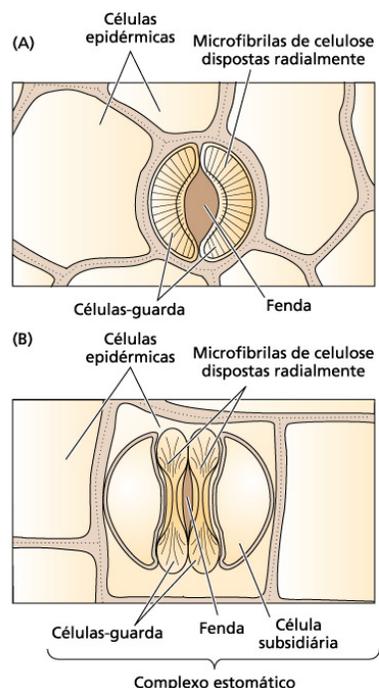


FIGURA 4.14 Alinhamento radial das microfibrilas de celulose em células-guardas e células epidérmicas de (A) um estômato reniforme e (B) um estômato do tipo gramínea (Meidner & Mansfield, 1968).

As células-guardas funcionam como uma válvula hidráulica multissensorial (fatores como luz, CO₂, H₂O, temperatura e vento afetam a sua abertura e fechamento).

LUZ → Fotossíntese → Diminuição da [CO₂] → Indução da abertura dos estômatos

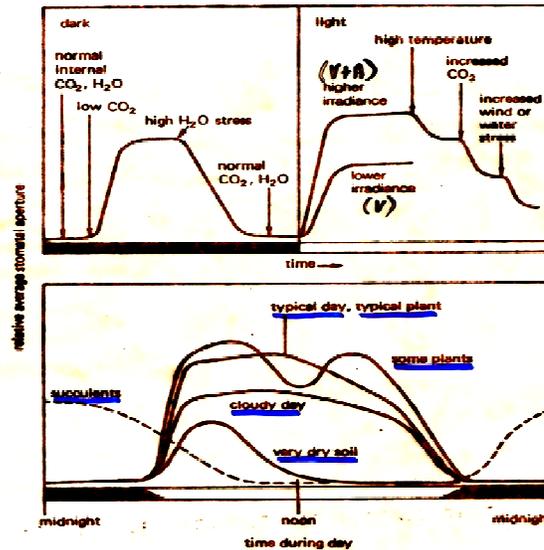
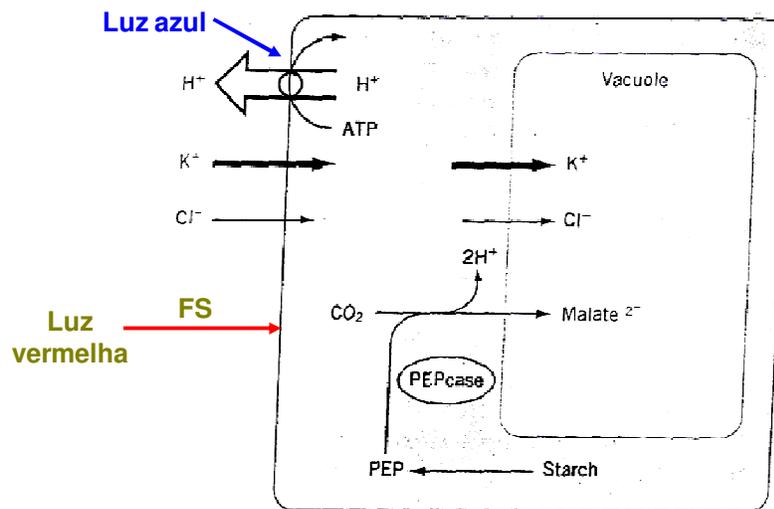
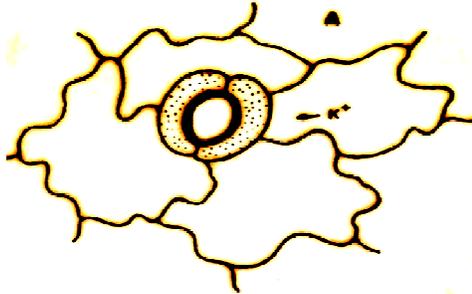


Figure 3-6 A summary diagram of stomatal response to several environmental conditions. In the top graph, arrows point to times when some environmental parameter was changed as indicated by the label.

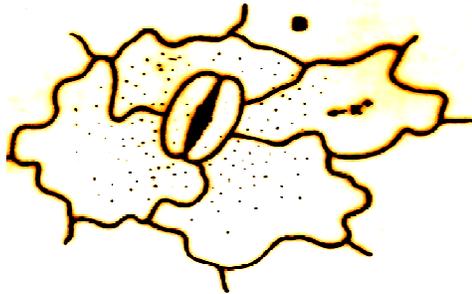


Um modelo simplificado para o fluxo de íons associado com as células-guardas durante a abertura do estômato (Hopkins, 2000).

(A) - Concentração de íons potássio (K^+) nas células-guardas quando os estômatos estão abertos;



(B) - Distribuição de íons potássio (K^+) uniformemente pelas células epidérmicas, quando os estômatos estão fechados.



Ocorrência de déficit hídrico diário

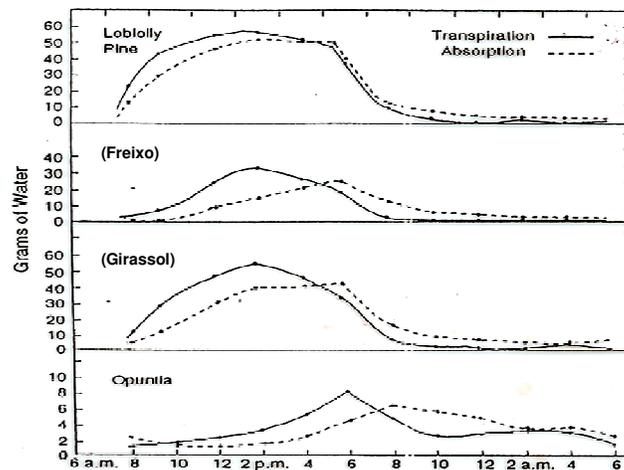


Figure 6.1 The lag of absorption behind transpiration on a hot summer day for four different kinds of plants growing in soil supplied with water by an autoirrigator system that permitted measurement of both water loss and water uptake. Note the evening maximum in transpiration of *Opuntia*, which is a CAM plant, and the midday decrease in sunflower, probably caused by a temporary water deficit and partial closure of stomata. From Kramer (1983), after Kramer (1937).

Flutuações no teor de água em caules, folhas e raízes de girassol

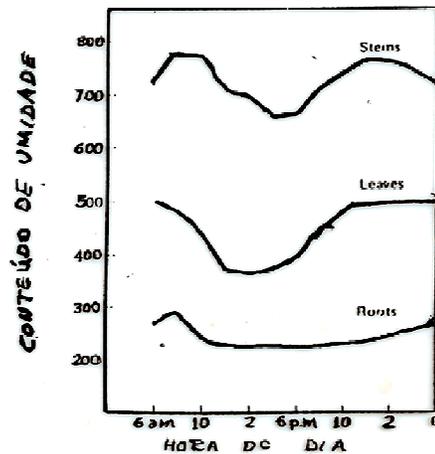


Figura 22 – Flutuação no conteúdo de umidade de caules, folhas e raízes de girassol, durante um claro dia de verão (Wilson et al., 1953)

Água Disponível – demanda *versus* suprimento

Do ponto de vista da planta, a disponibilidade de água no solo depende da taxa na qual a água pode ser suprida para as raízes em relação à demanda de água pela planta, sendo que tanto o suprimento como a demanda são altamente variáveis.

A demanda de água pela planta depende da taxa de transpiração, que varia amplamente, dependendo do tamanho da planta e das condições ambientais.

O suprimento de água, por sua vez, depende da densidade de raízes, da eficiência das raízes na absorção de água e da condutividade hidráulica do solo.