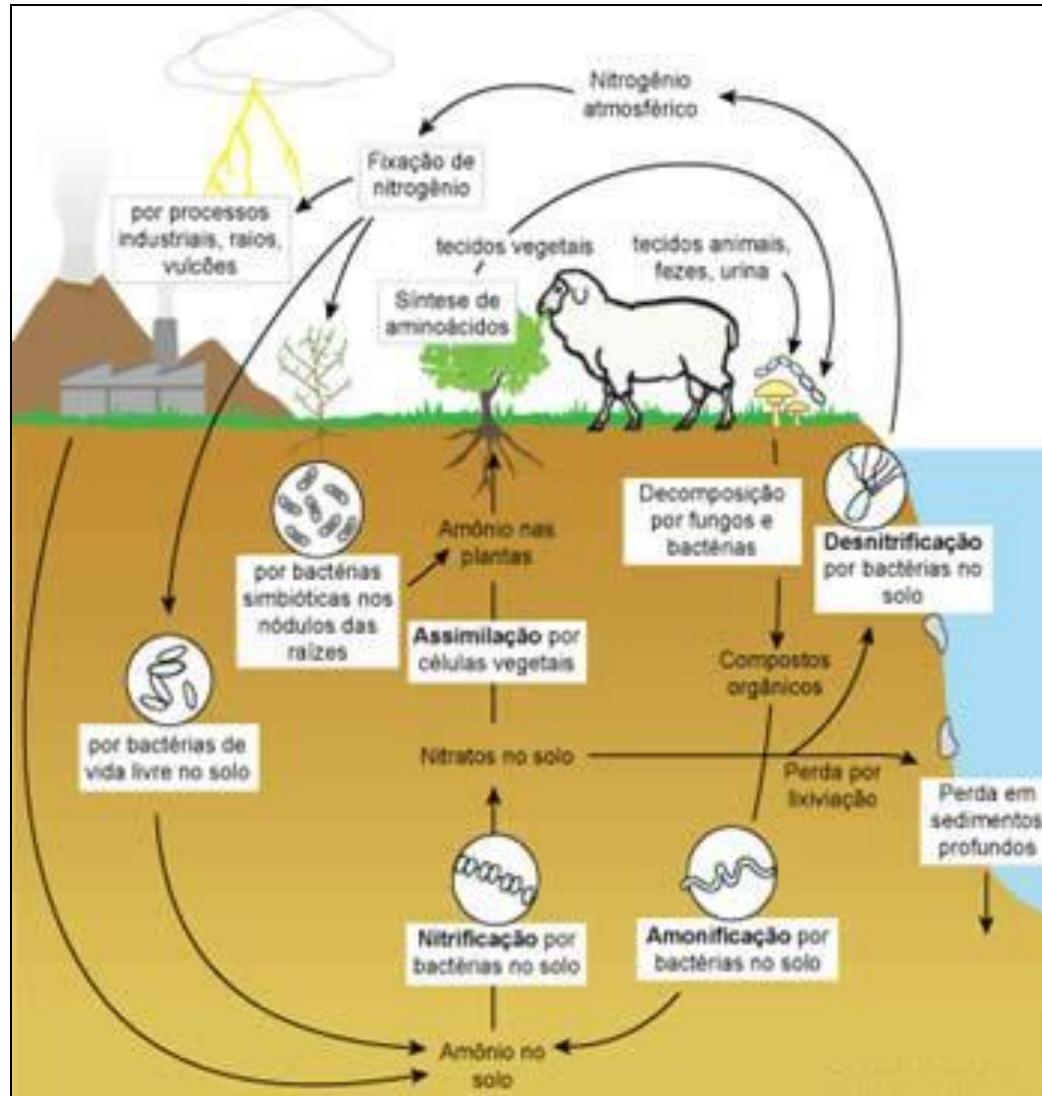


# FISIOLOGIA DE CULTIVOS: NUTRIÇÃO MINERAL

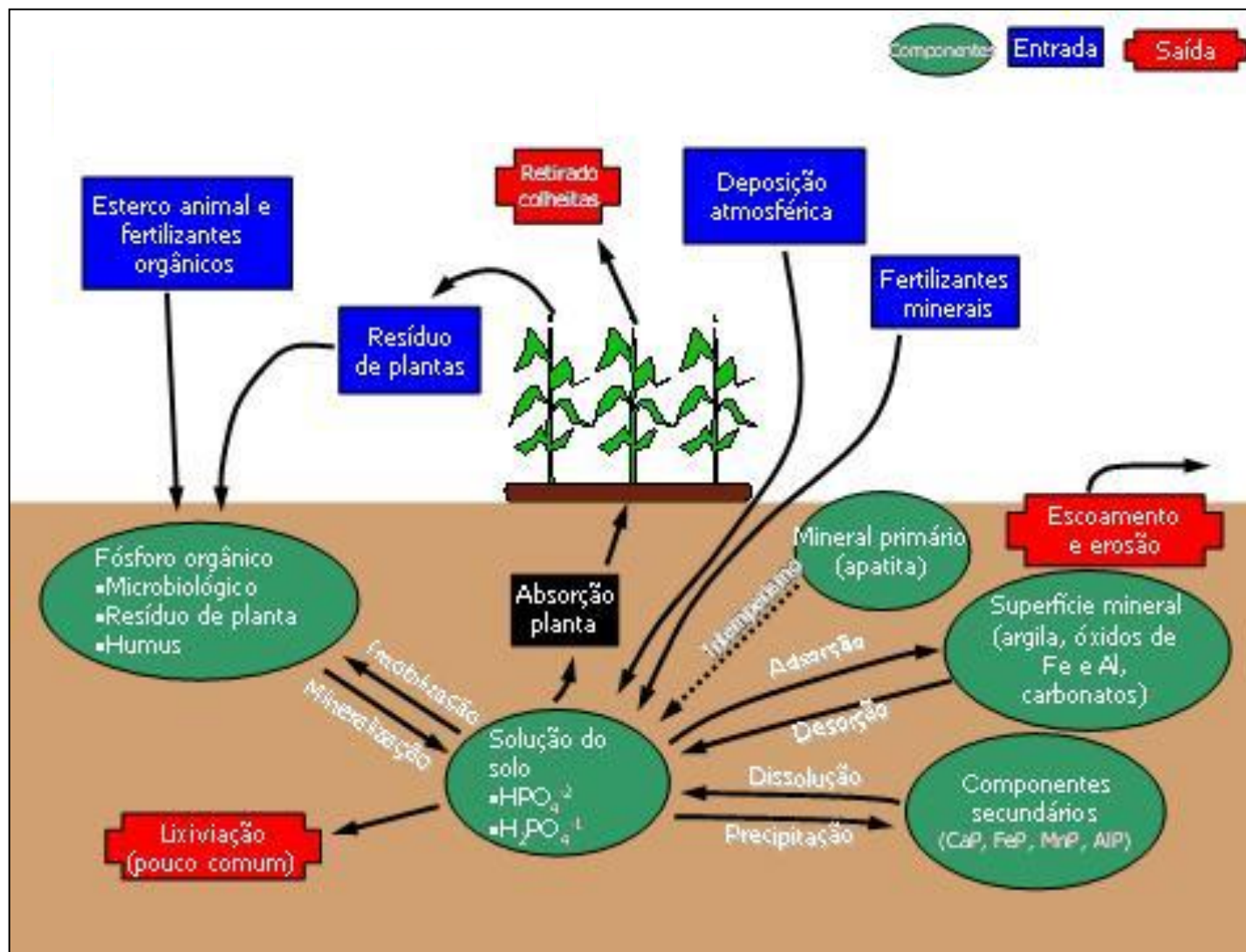


**Paulo Roberto de Camargo e Castro**  
**Professor Titular - ESALQ/USP**

# CICLO DO NITROGÊNIO

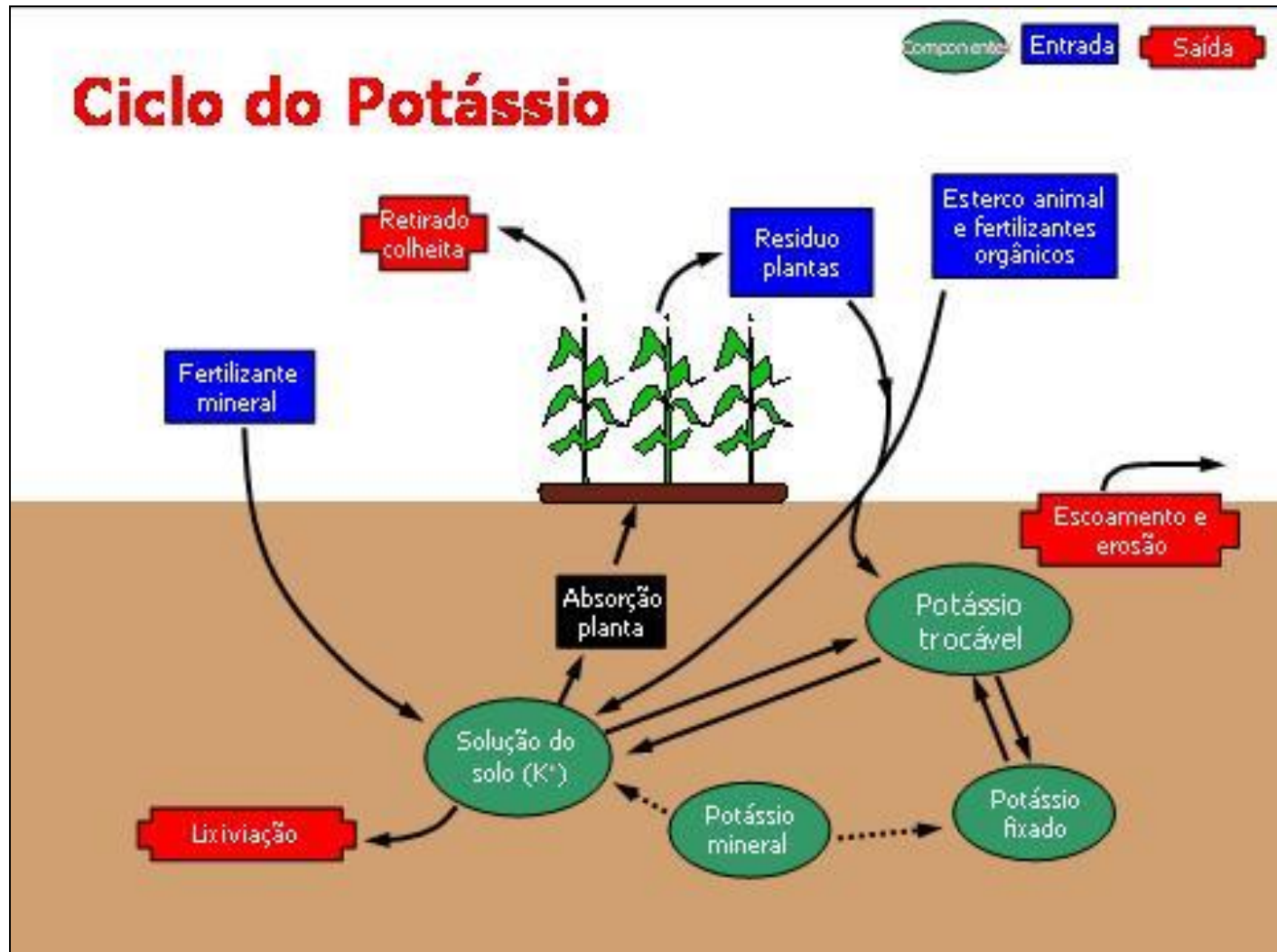


# CICLO DO FÓSFORO

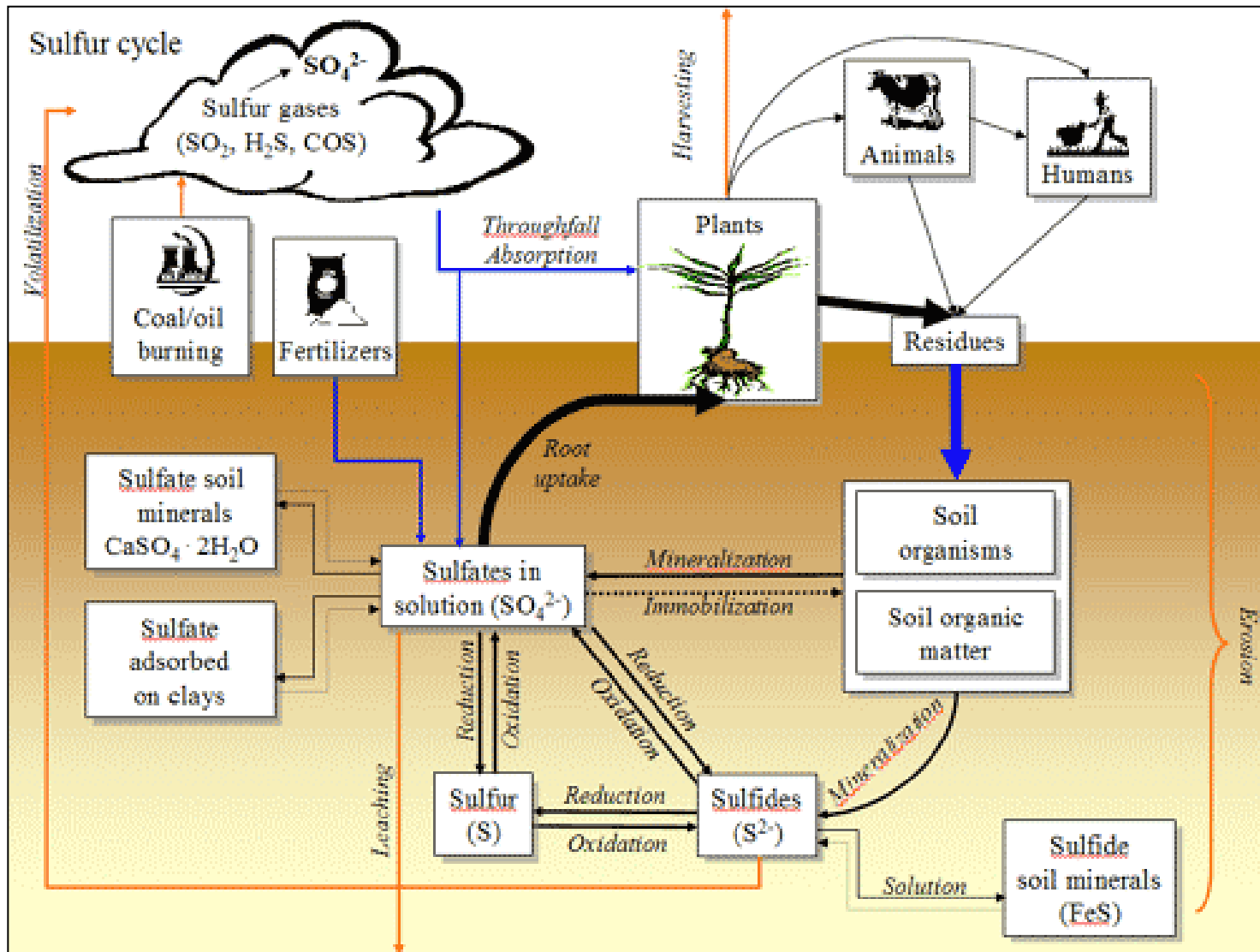




# CICLO DO POTÁSSIO



# CICLO DO ENXOFRE



# NÍVEIS DE NUTRIENTES NO TECIDO

Elemento	Símbolo químico	Concentração na matéria seca (% ou ppm) <sup>a</sup>	Número relativo de átomos em relação ao molibdênio
<b>Obtidos da água ou dióxido de carbono</b>			
Hidrogênio	H	6	60.000.000
Carbono	C	45	40.000.000
Oxigênio	O	45	30.000.000
<b>Obtidos do solo</b>			
<b>Macronutrientes</b>			
Nitrogênio	N	1,5	1.000.000
Potássio	K	1,0	250.000
Cálcio	Ca	0,5	125.000
Magnésio	Mg	0,2	80.000
Fósforo	P	0,2	60.000
Enxofre	S	0,1	30.000
Silício	Si	0,1	30.000
<b>Micronutrientes</b>			
Cloro	Cl	100	3.000
Ferro	Fe	100	2.000
Boro	B	20	2.000
Manganês	Mn	50	1.000
Sódio	Na	10	400
Zinco	Zn	20	300
Cobre	Cu	6	100
Níquel	Ni	0,1	2
Molibdênio	Mo	0,1	1

Fonte: Segundo Epstein 1972, 1999.

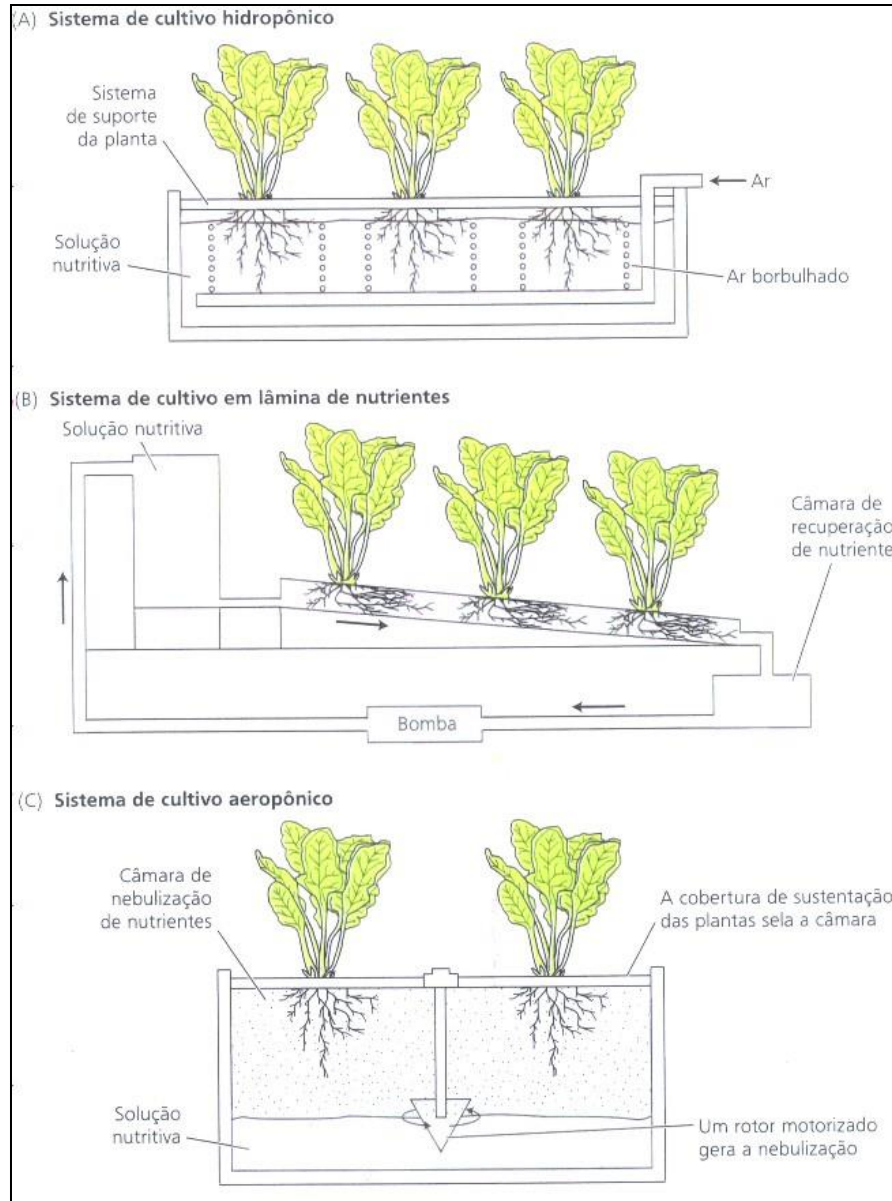
<sup>a</sup>Os valores para os elementos não-minerais (H, C, O) e para os macronutrientes são porcentagens. Os valores para micronutrientes são expressos em partes por milhão.

# FUNÇÃO BIOQUÍMICA DOS NUTRIENTES

Nutriente mineral	Funções
<b>Grupo 1</b>	<b>Nutrientes que fazem parte de compostos de carbono</b>
N	Constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucléicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, etc.
S	Componente da cisteína, cistina, metionina e proteínas. Constituinte do ácido lipóico, coenzima A, tiamina pirofosfato, glutatona, biotina, adenosina-5'-fosfossulfato e 3-fosfoadenosina.
<b>Grupo 2</b>	<b>Nutrientes que são importantes na armazenagem de energia e na integridade estrutural</b>
P	Componentes de fosfato açúcares, ácidos nucléicos, nucleotídeos, coenzimas, fosfolipídeos, ácido fítico, etc. Tem papel central em reações que envolvem ATP.
Si	Depositado como sílica amorfa em paredes celulares. Contribui para as propriedades mecânicas das paredes celulares, incluindo rigidez e elasticidade.
B	Complexos com manitol, manans, ácido polimanurônico e outros constituintes das paredes celulares. Envolvido no alongamento celular e no metabolismo de ácidos nucléicos.
<b>Grupo 3</b>	<b>Nutrientes que permanecem na forma iônica</b>
K	Requerido como cofator de mais de 40 enzimas. Principal cátion no estabelecimento do turgor celular e manutenção da eletroneutralidade celular.
Ca	Constituinte da lamela média das paredes celulares. Requerido como cofator por algumas enzimas envolvidas na hidrólise de ATP e de fosfolipídeos. Atua como mensageiro secundário na regulação metabólica.
Mg	Requerido por muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfatos. Constituinte da molécula de clorofila.
Cl	Requerido para as reações fotossintéticas envolvendo a evolução de O <sub>2</sub>
Mn	Requerido para a atividade de algumas desidrogenases, descarboxilases, quinases, oxidases e peroxidases. Envolvido com outras enzimas ativadas por cátions e na evolução fotossintética de O <sub>2</sub>
Na	Envolvido na regeneração do fosfoenolpiruvato em plantas C <sub>4</sub> e CAM. Substitui o potássio em algumas funções.
<b>Grupo 4</b>	<b>Nutrientes que estão envolvidos em reações redox</b>
Fé	Constituinte de citocromos e ferro-proteínas não-heme envolvidas na fotossíntese, fixação de N <sub>2</sub> e respiração.
Zn	Constituinte da álcool desidrogenase, desidrogenase glutâmica, anidrase carbônica, etc.
Cu	Componente da ácido ascórbico oxidase, tirosinase, monoamina oxidase, uricase, citocromo oxidase, fenolase, lacase e plastocianina.
Ni	Constituinte da urease. Em bactérias fixadoras de N <sub>2</sub> , é constituinte de hidrogenases.
Mo	Constituinte da nitrogenase, nitrato redutase e xantina desidrogenase.

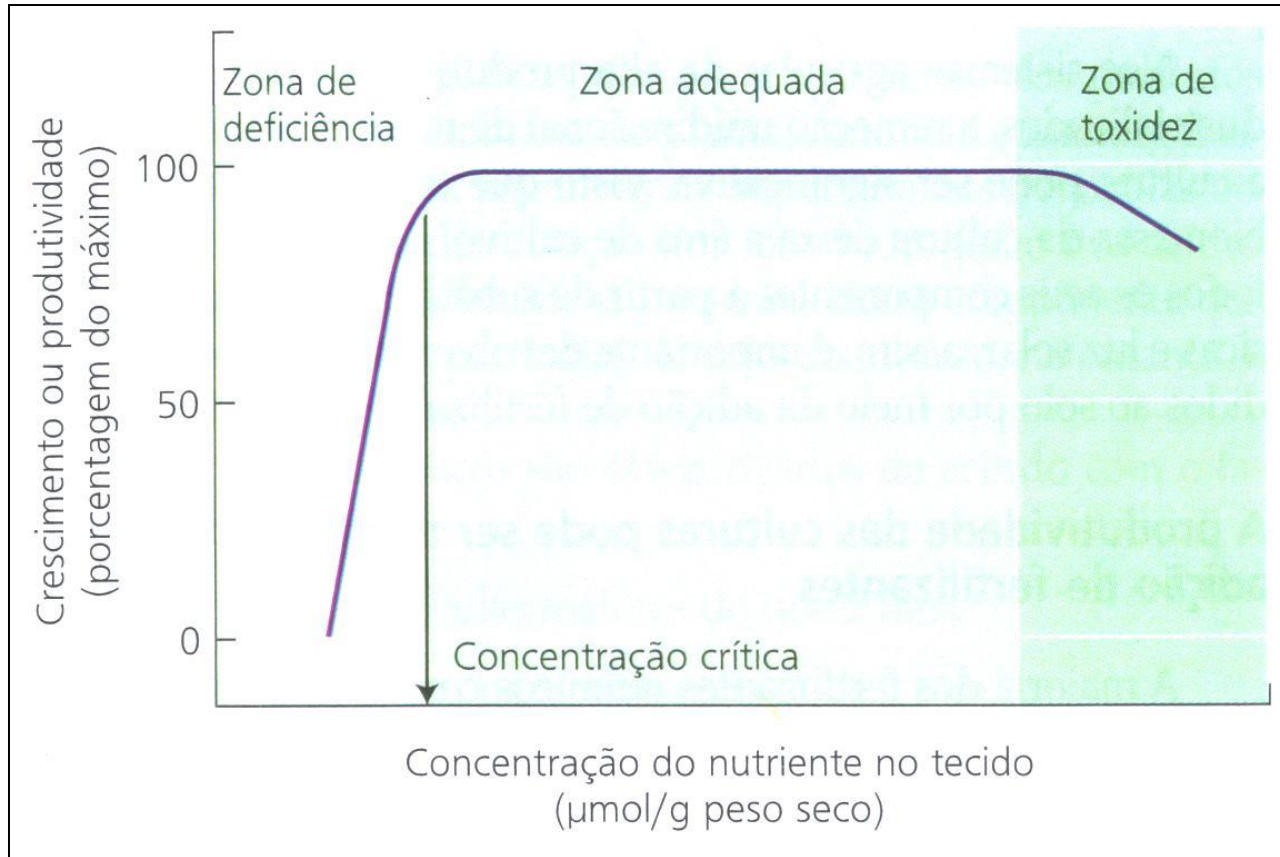


# SISTEMAS HIDROPÔNICOS





# RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

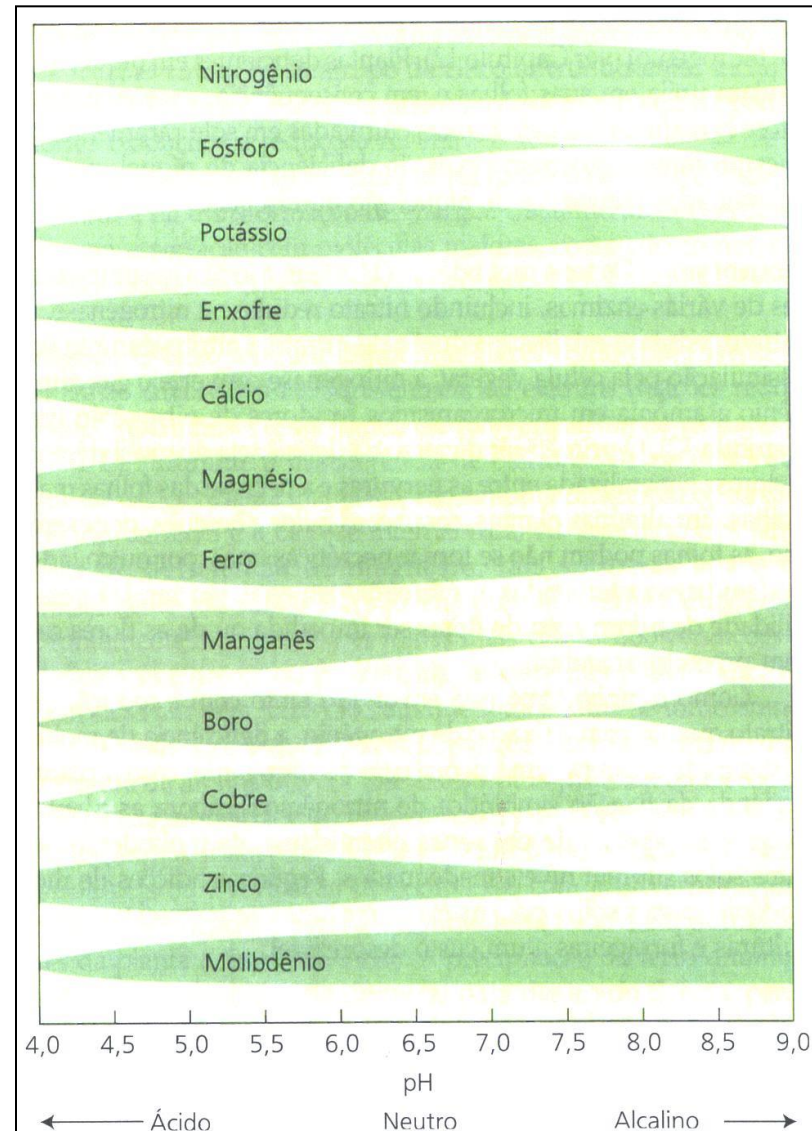


# MOBILIDADE E TENDÊNCIA DE TRANSLOCAÇÃO DE NUTRIENTES

Móveis	Pouco Móveis
Nitrogênio	Cálcio
Potássio	Enxofre
Magnésio	Ferro
Fósforo	Boro
Cloro	Cobre
Sódio	
Zinco	
Molibdênio	

*Nota:* Elementos listados na ordem de suas abundâncias na planta.

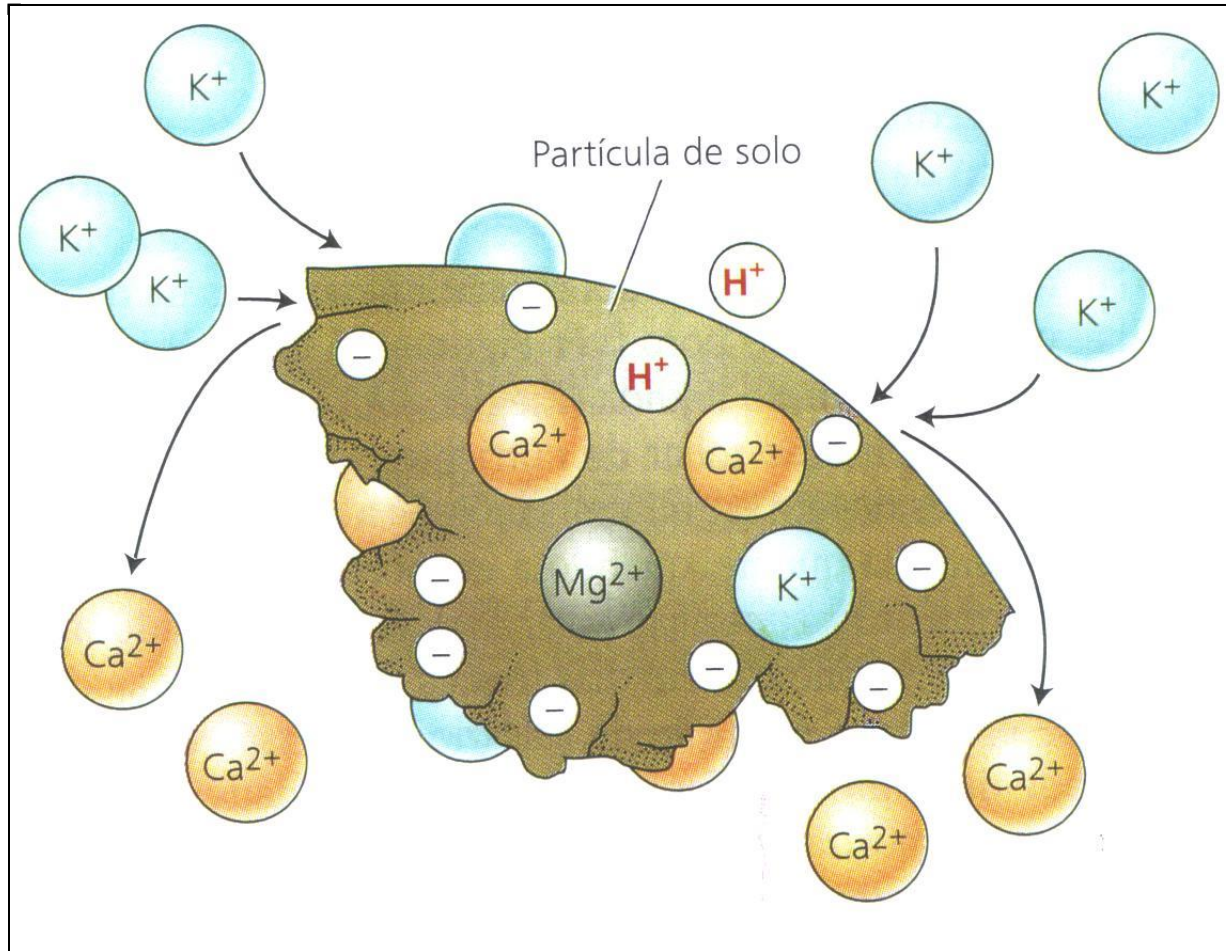
# pH DO SOLO E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES



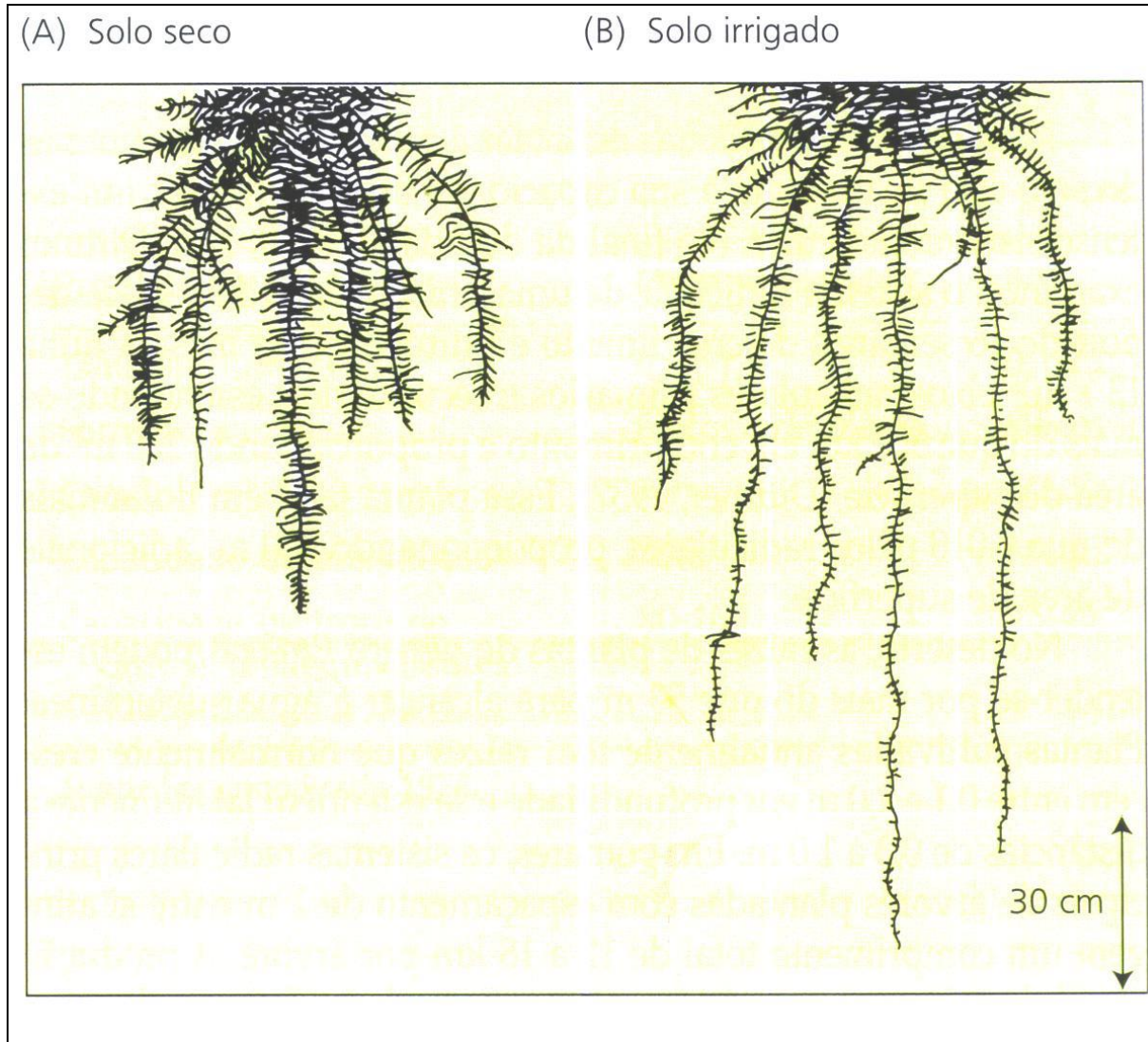


# NUTRIÇÃO MINERAL

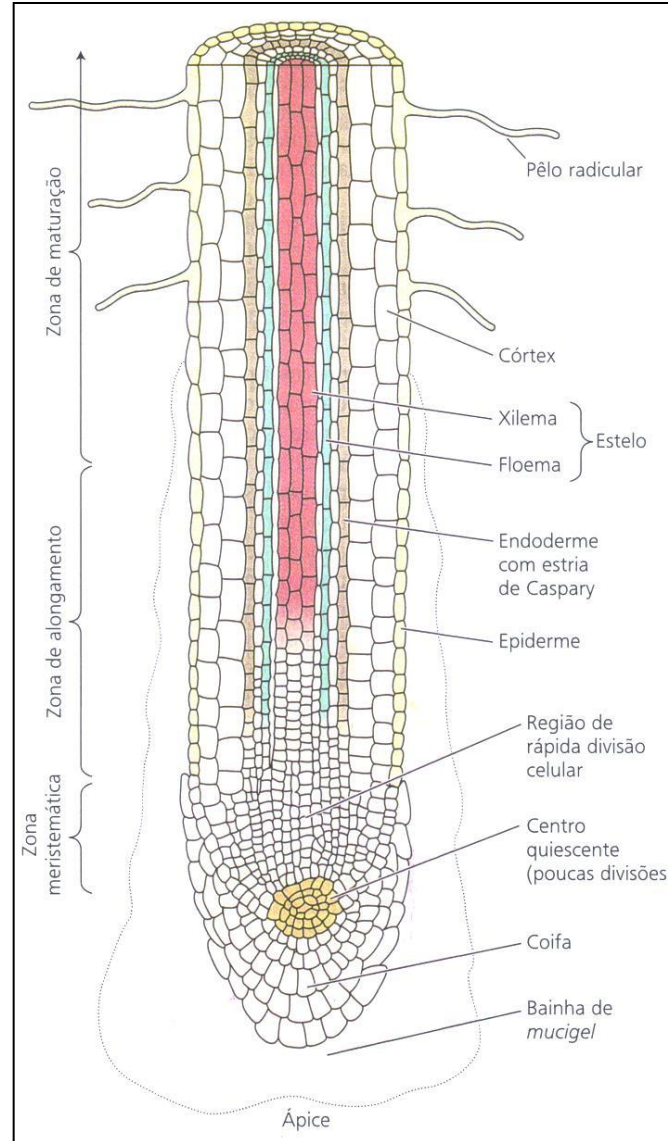
## TROCA CATIÔNICA NUMA PARTÍCULA DE SOLO



# SISTEMA RADICULAR DE TRIGO EM SOLO SECO E IRRIGADO

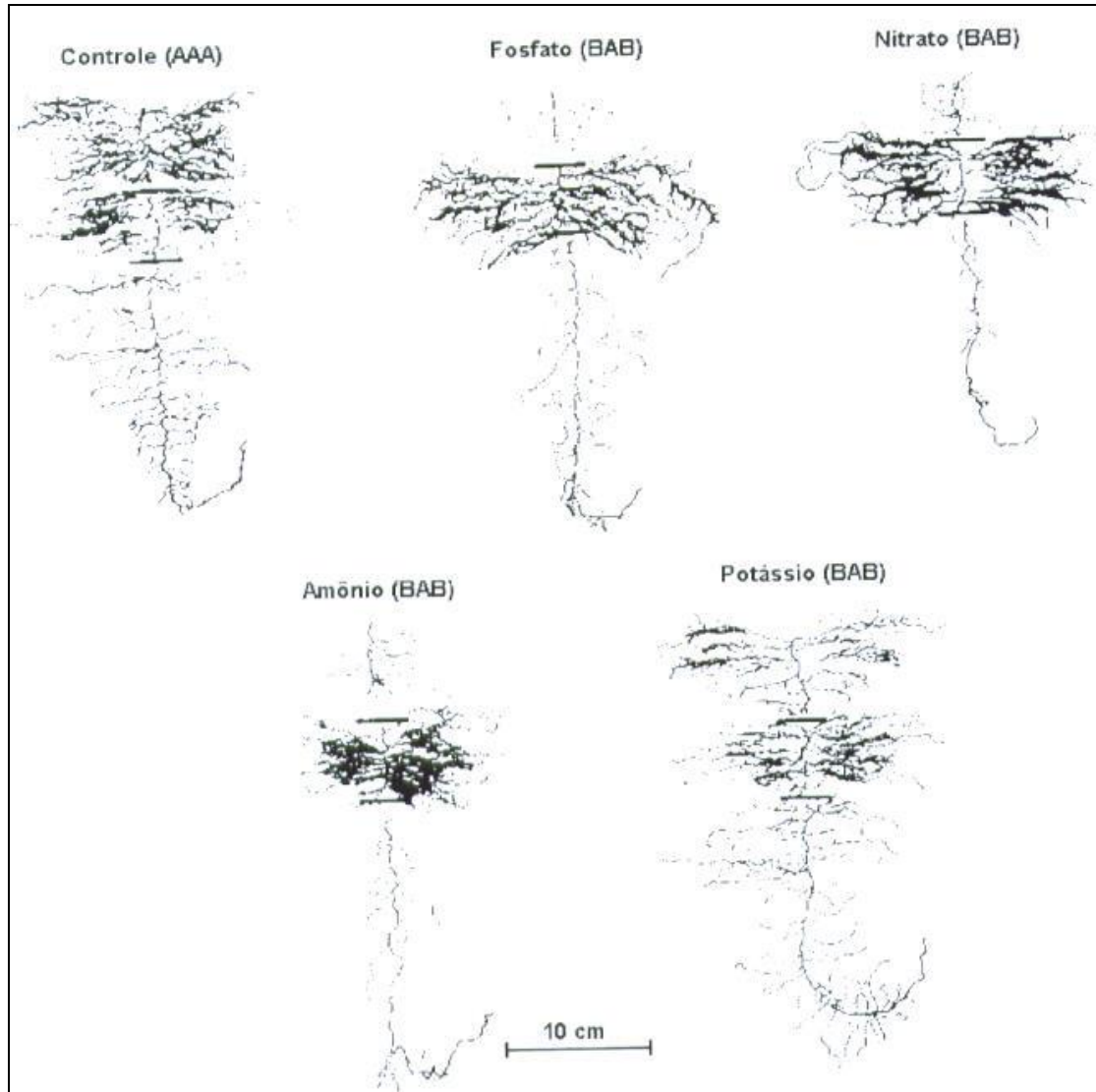


# SEÇÃO LONGITUDINAL DO ÁPICE DA RAIZ

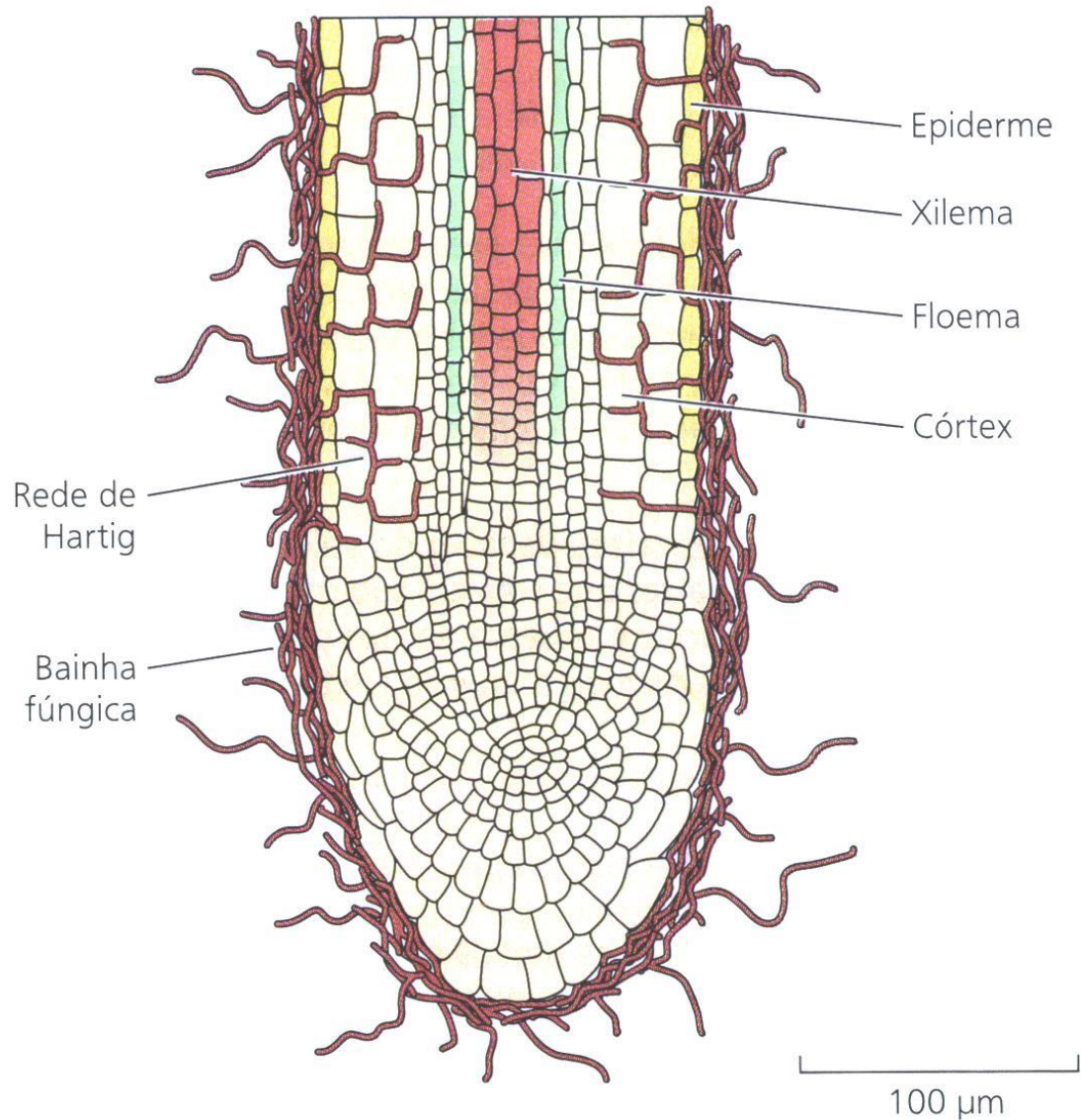




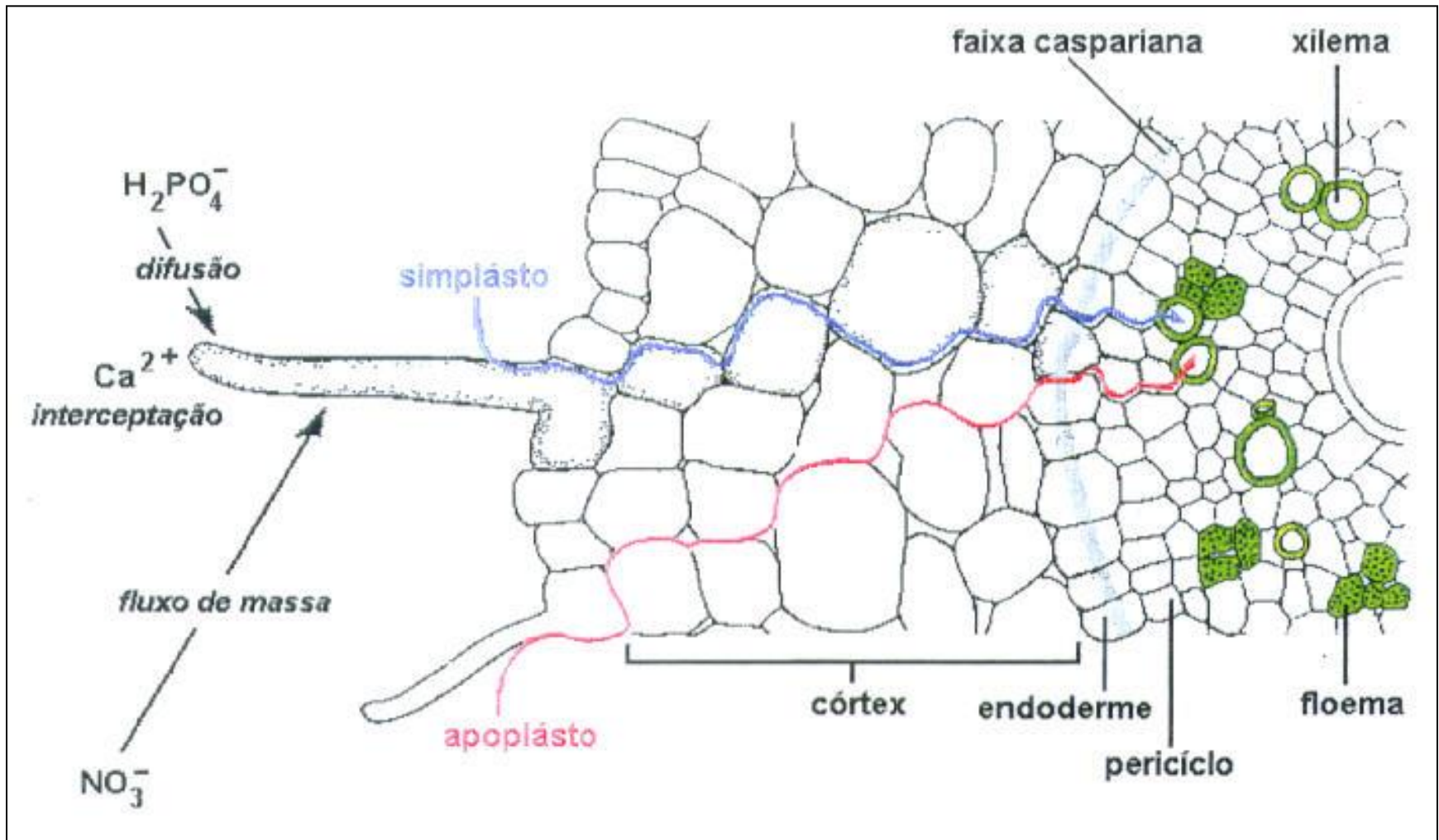
# TEORES DE NUTRIENTES E DESENVOLVIMENTO RADICULAR



# RAÍZ INFECTADA COM FUNGOS MICORRÍZICOS ECTOTRÓFICOS

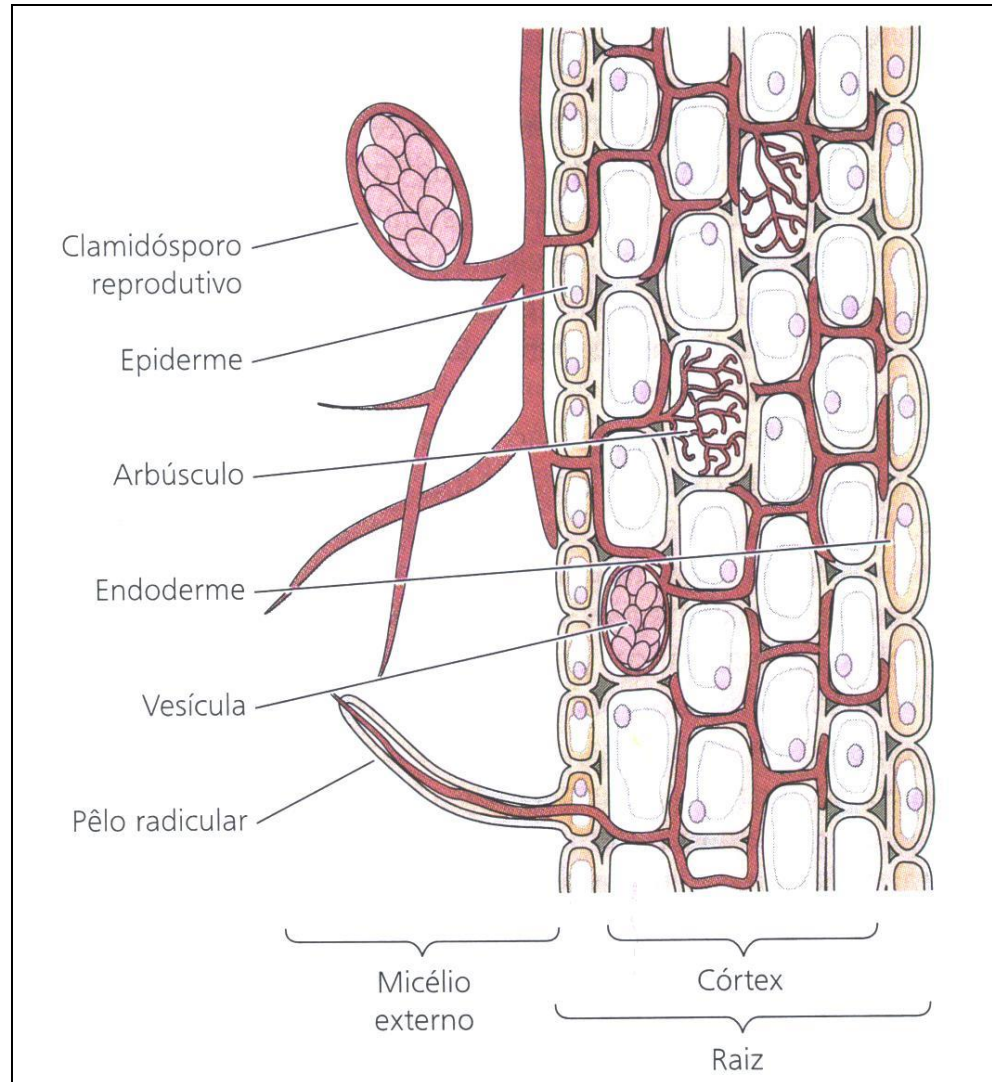


# ABSORÇÃO DIFERENCIADA

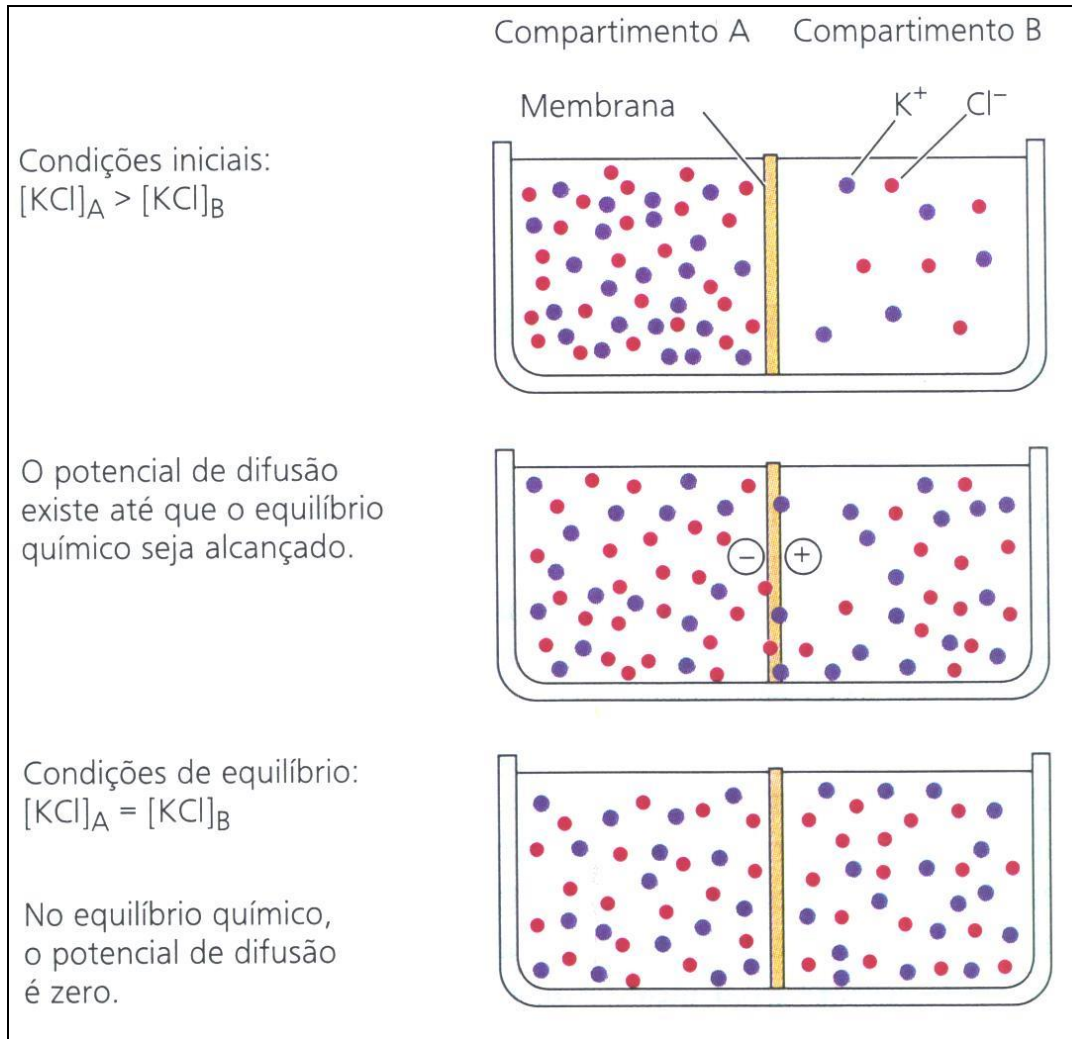




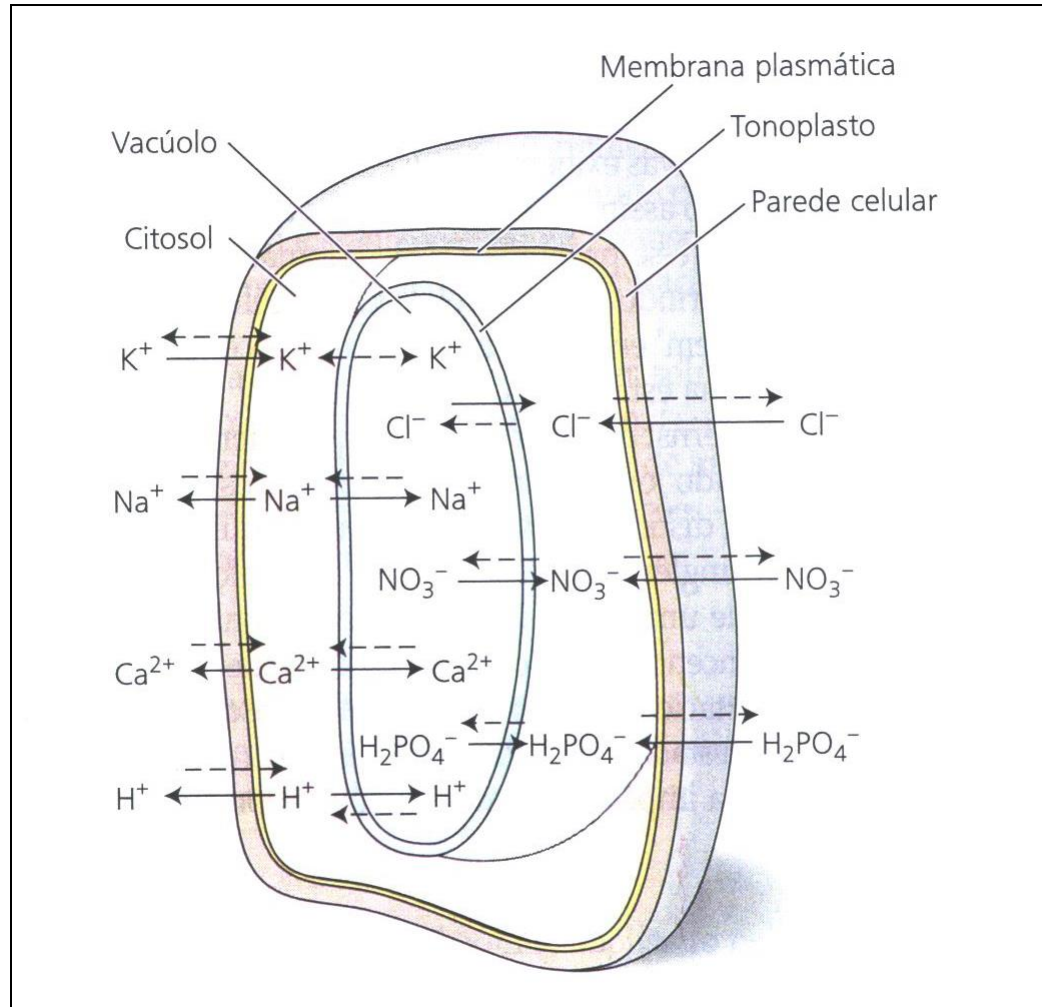
# ASSOCIAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS VESÍCULO-ARBUSCULARES EM RAÍZ



# DIFUSÃO

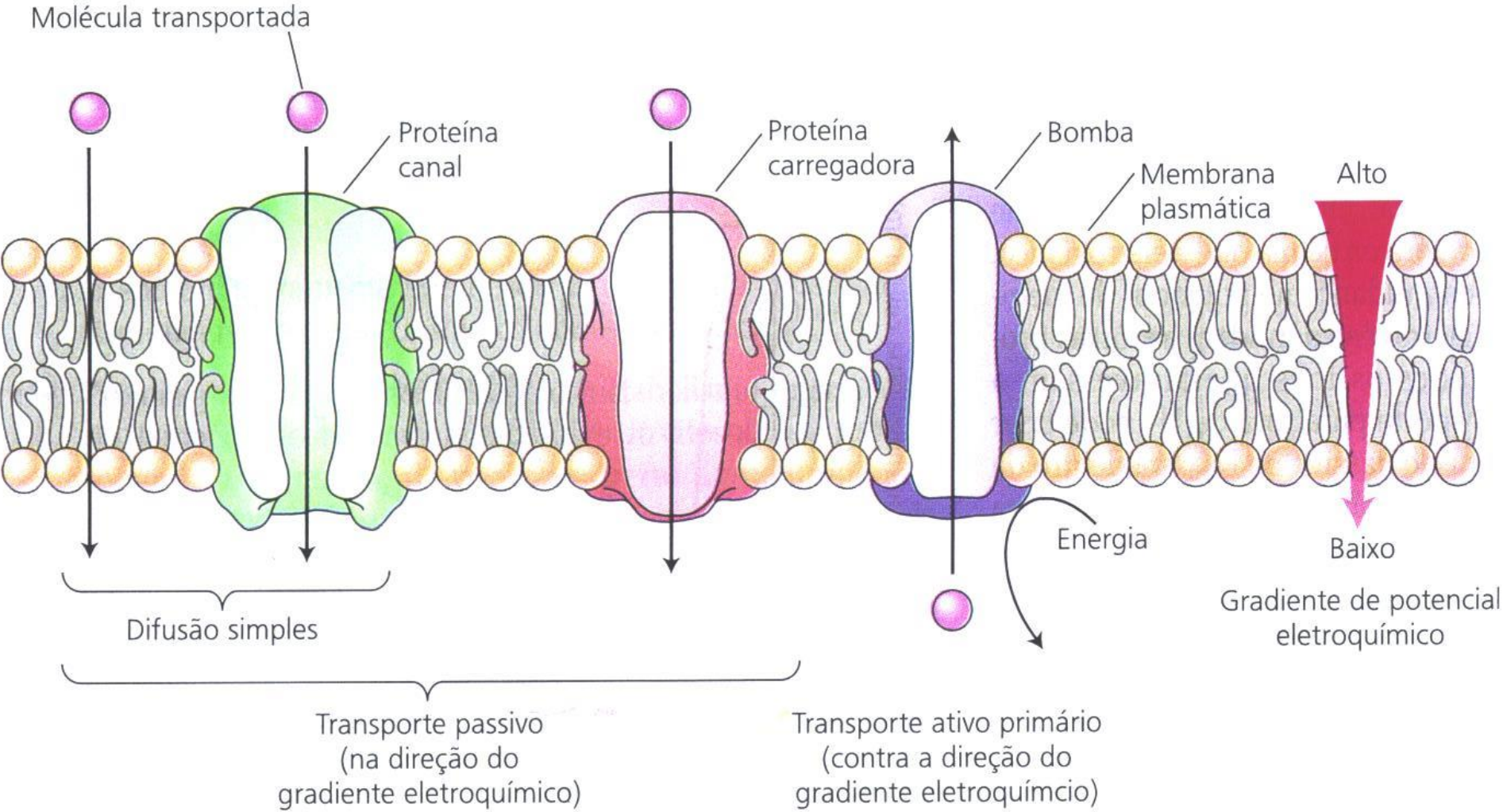


# PROCESSOS DE TRANSPORTE E CONCENTRAÇÃO IÔNICA NO CITOSOL E VACÚOLO

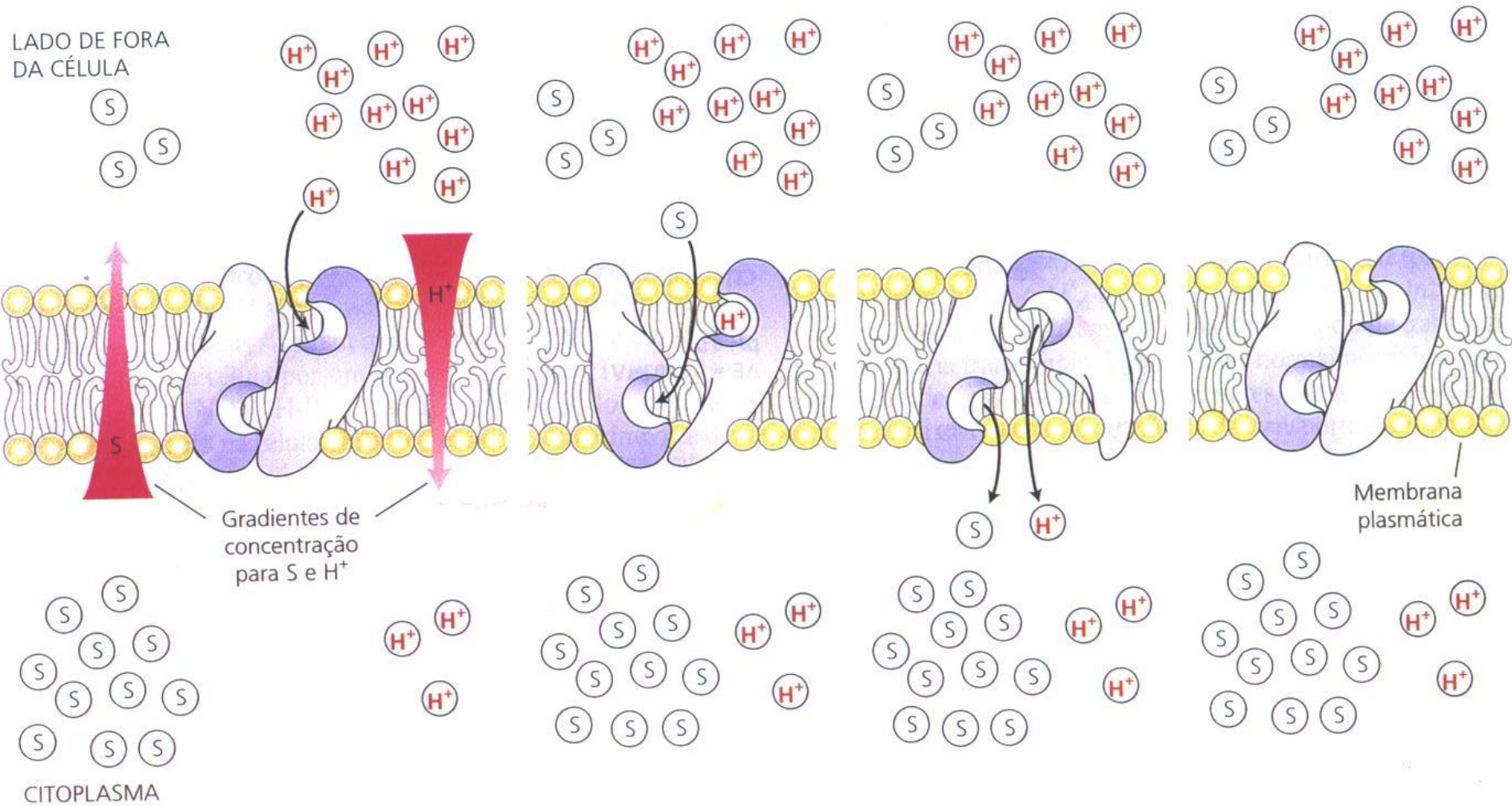




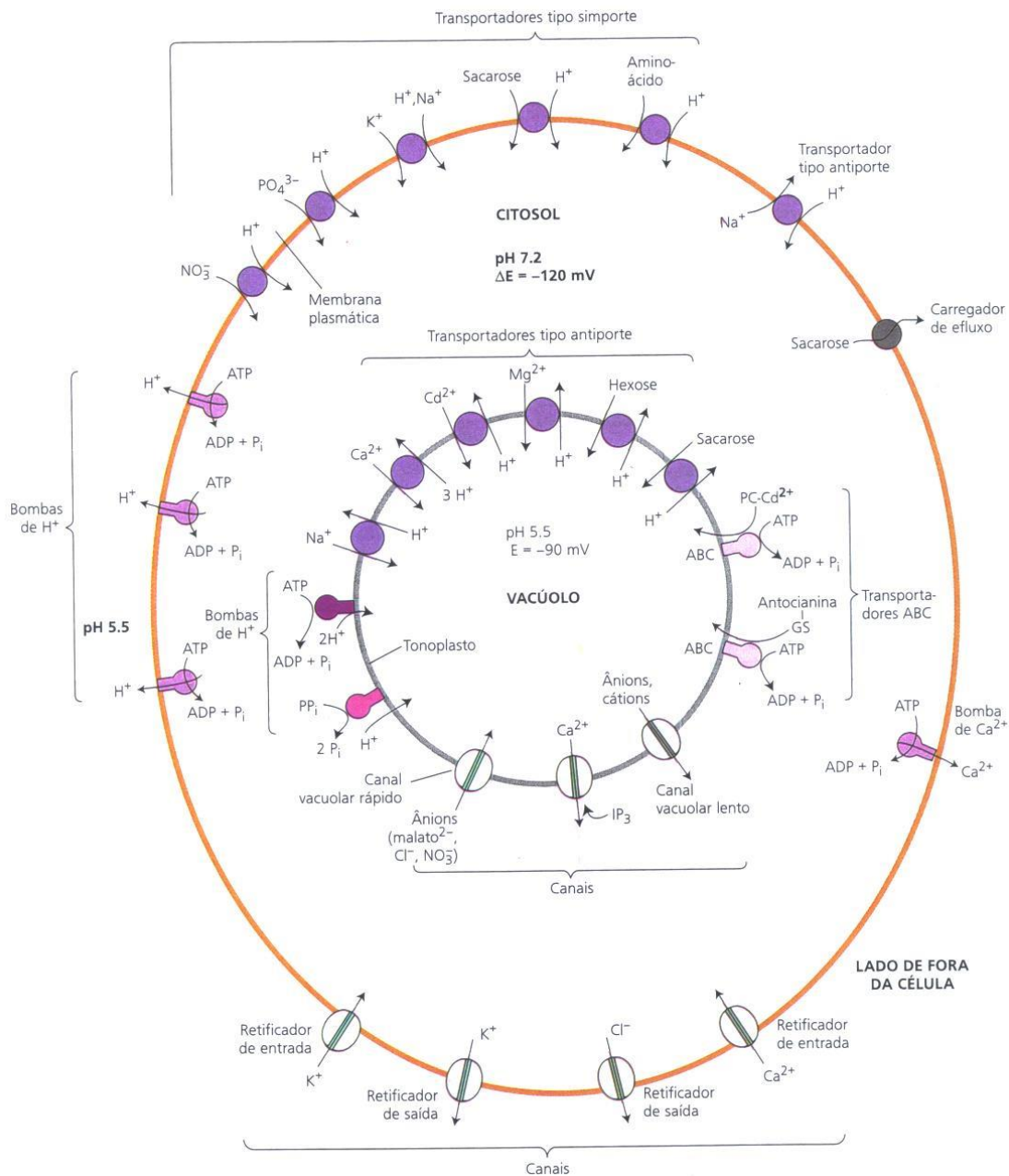
# TRANSPORTE PASSIVO E ATIVO NA MEMBRANA



# MODELO PARA TRANSPORTE ATIVO SECUNDÁRIO

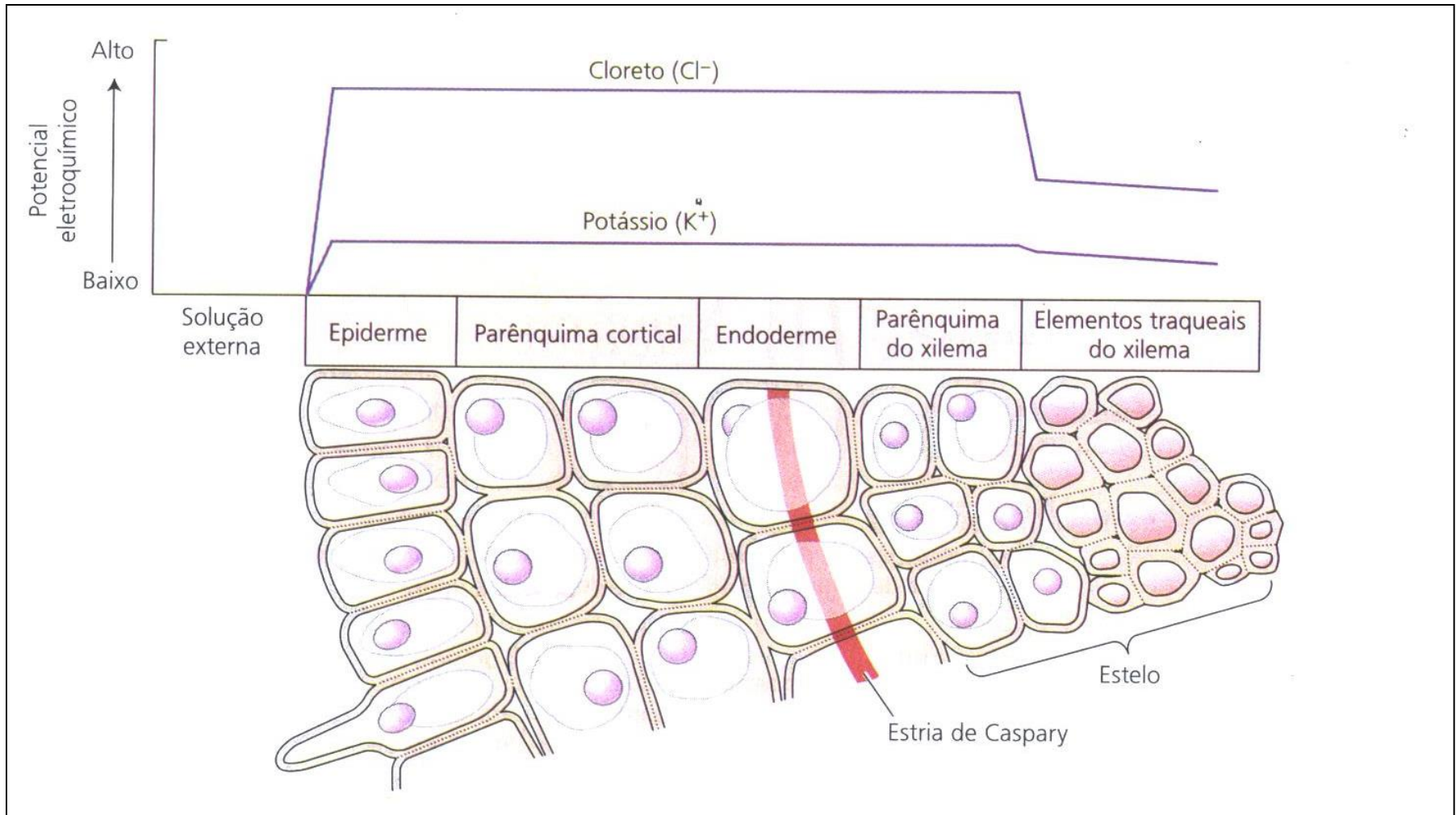


# PROCESSOS DE TRANSPORTE NA MEMBRANA PLASMÁTICA E NO TONOPLASTO



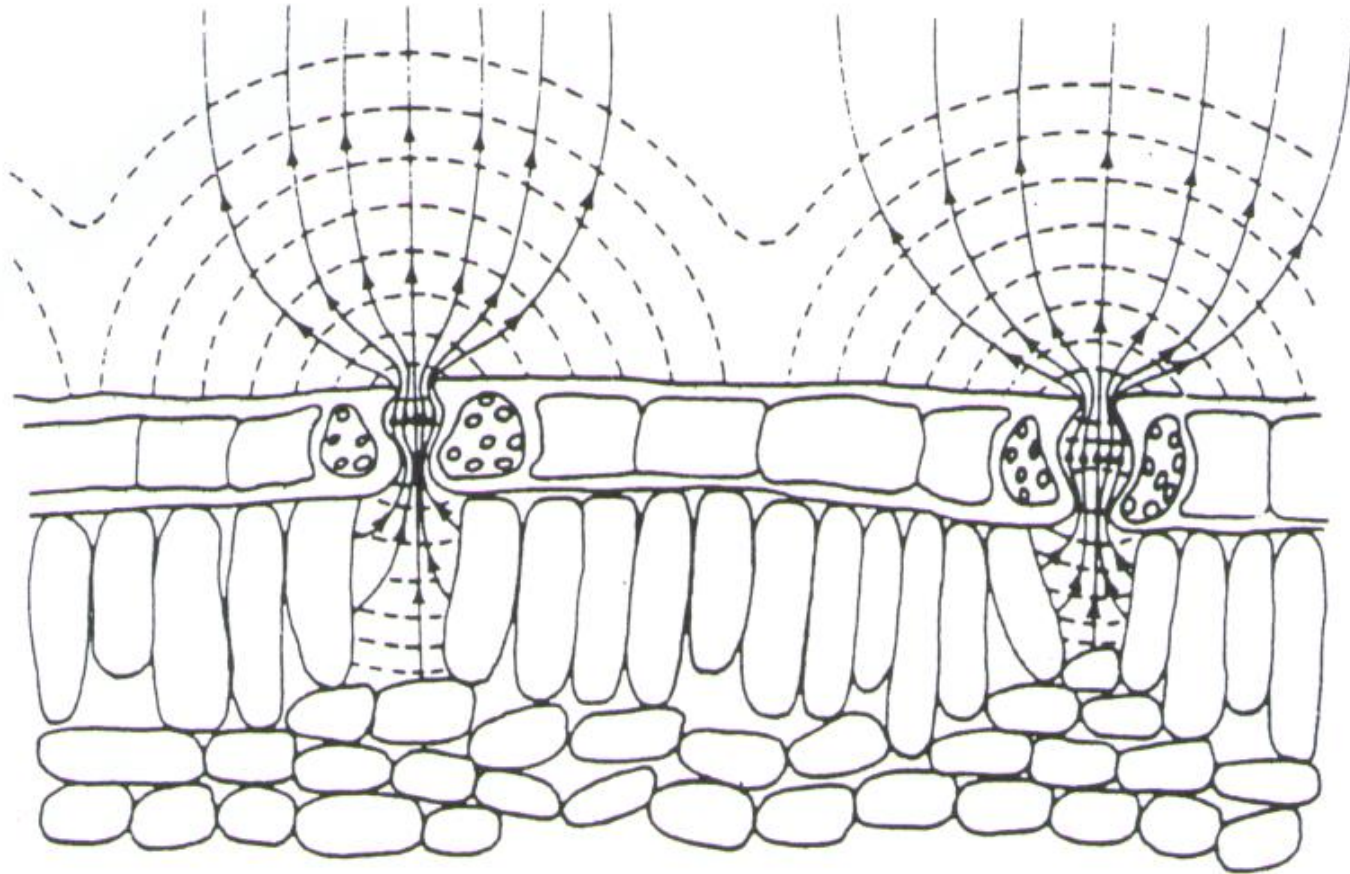


# POTENCIAIS ELETROQUÍMICOS

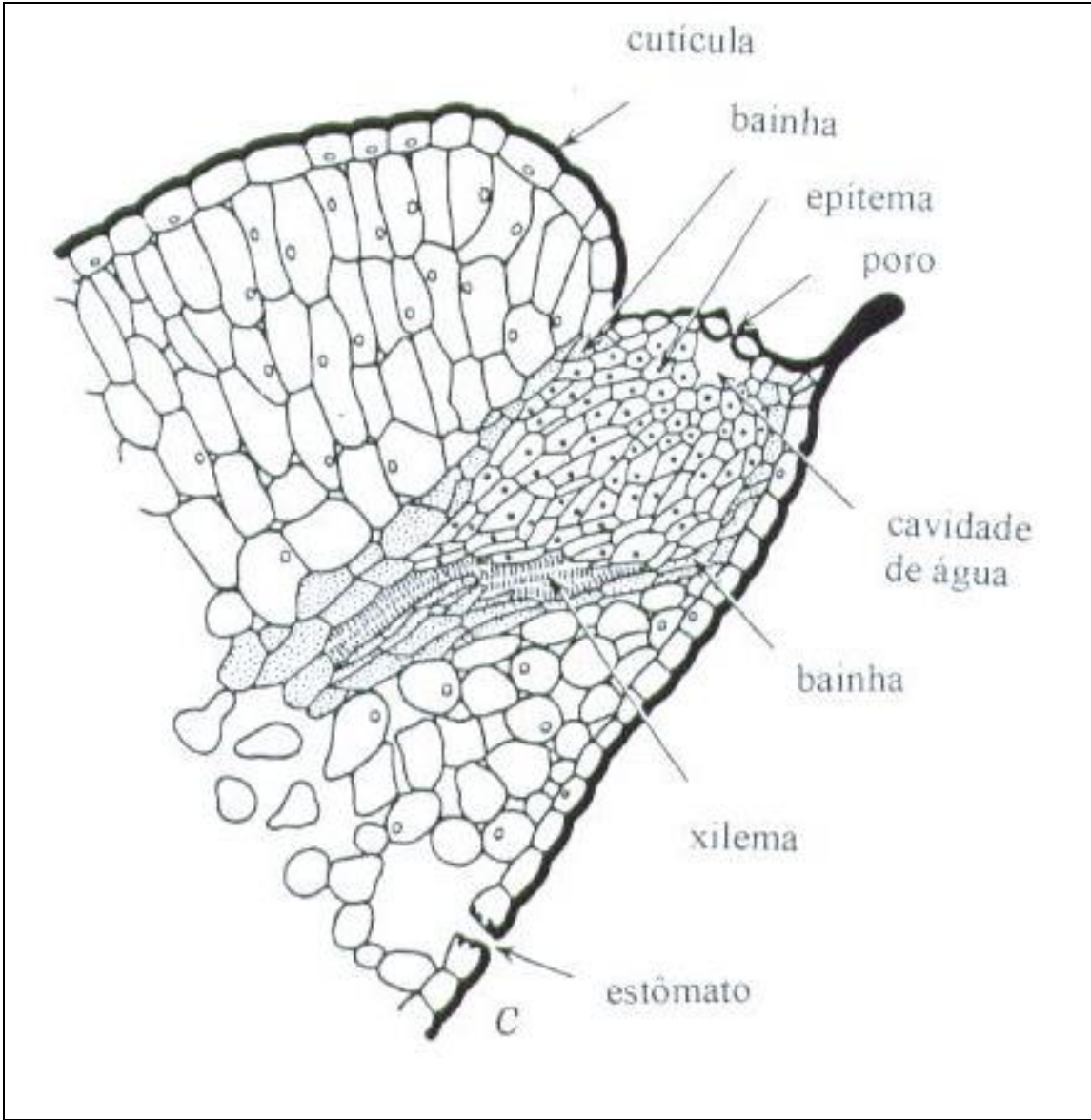




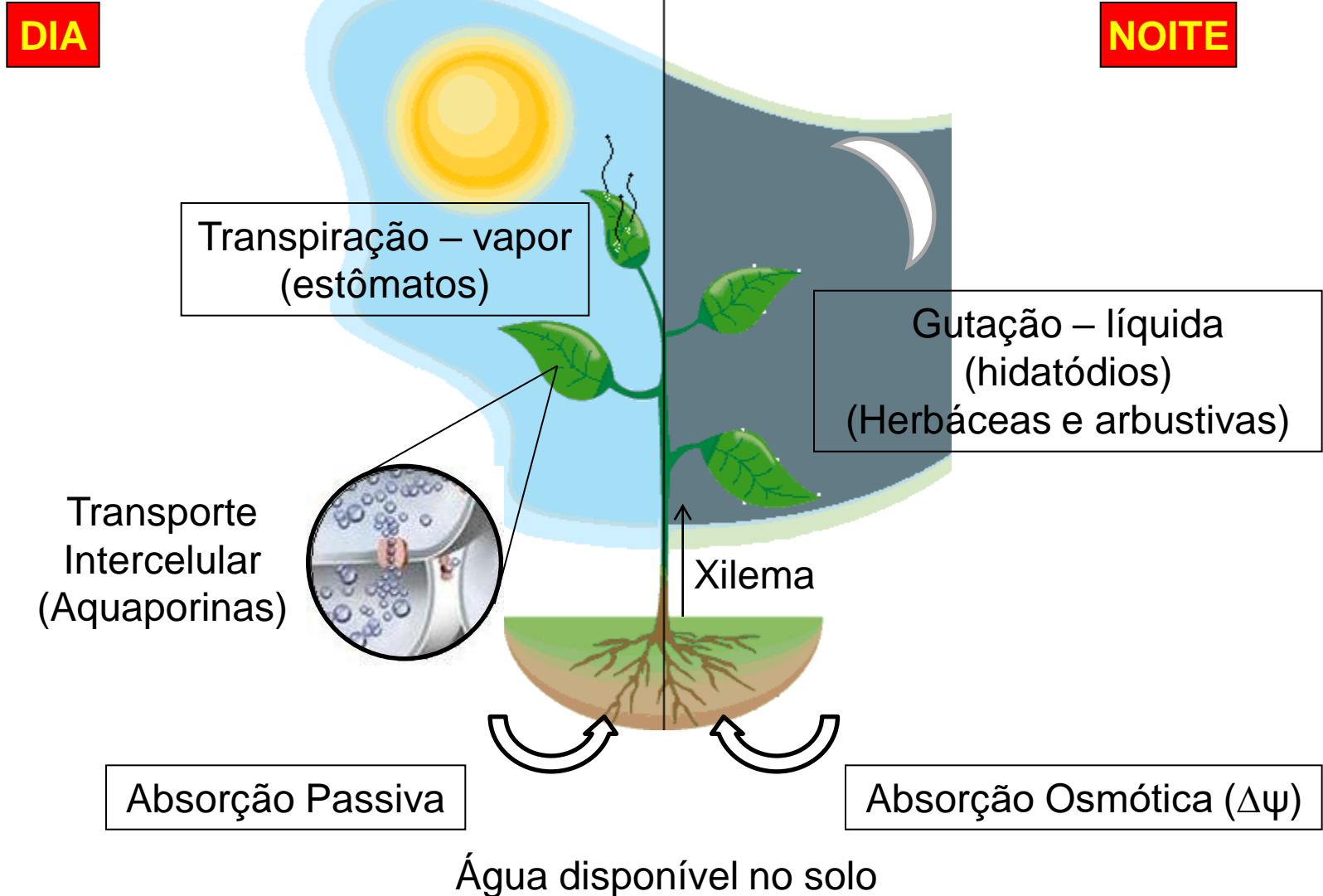
# TRANSPIRAÇÃO



# HIDATÓDIO



# Absorção e Perda de Água pelas Plantas







**OBRIGADO**  
*prcastro@usp.br*