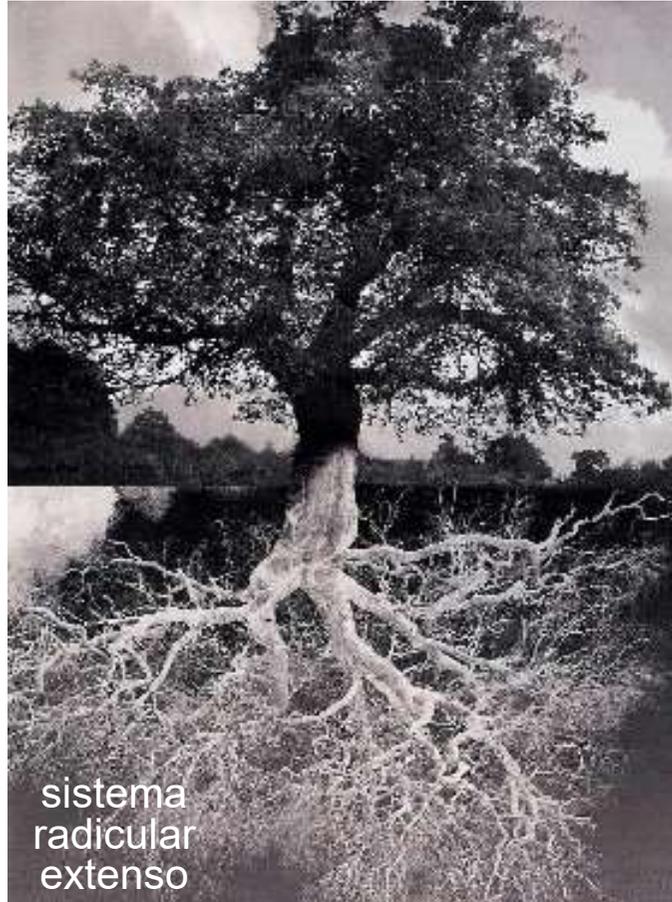


ausência de sistema radicular



sistema radicular extenso

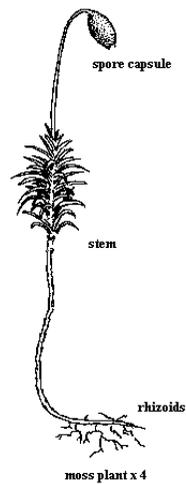
Transporte pelo floema

floema

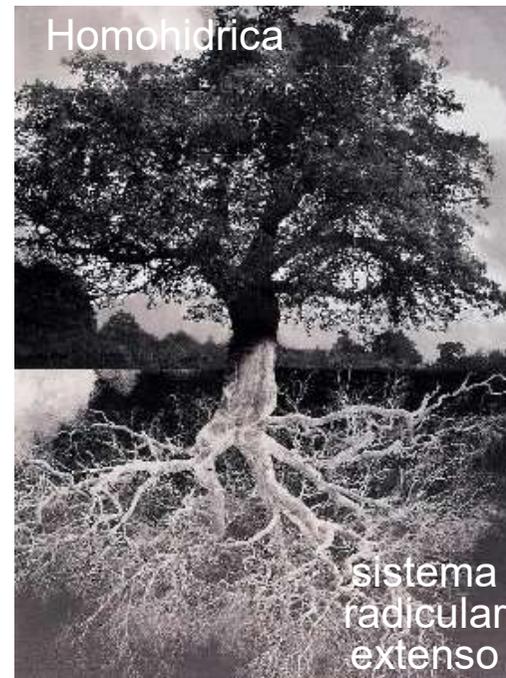


xilema

O transporte a longa distância na planta se dá por transporte de massa.



ausência de sistema radicular



Presença de:
tecidos condutores
cutícula
estômatos



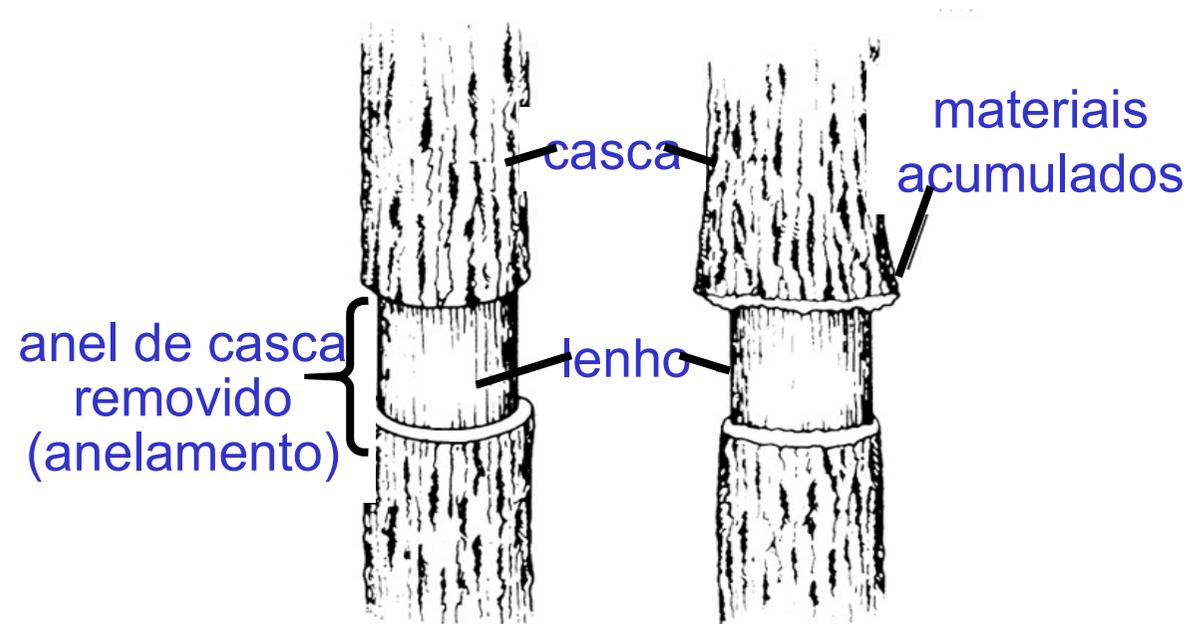
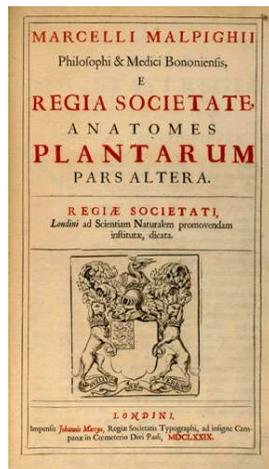
eras geológicas

Transporte pelo floema

Experimento realizado no início do séc. XVII pelo italiano Marcello Malpighi

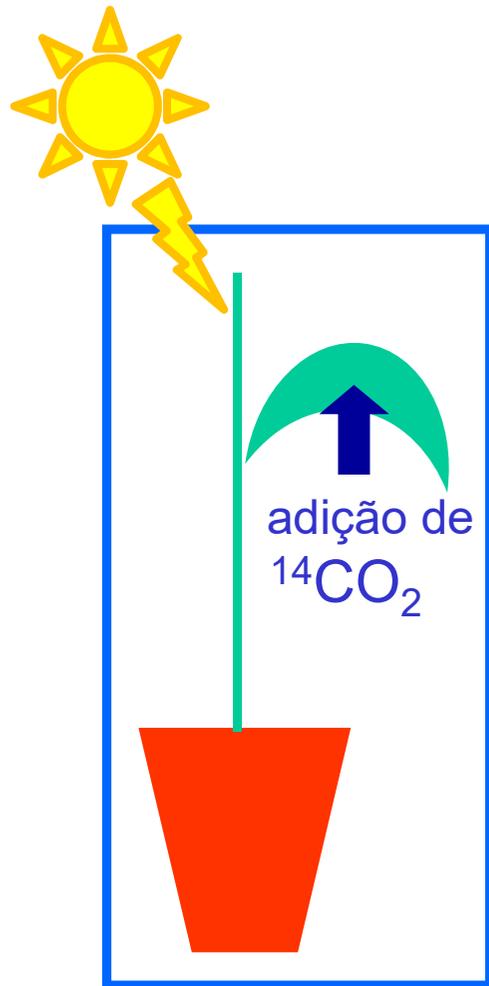


Marcello Malpighi
(1628-1694)



Em 1929 Mason e Maskell verificaram que o mesmo procedimento não influenciava a velocidade de transpiração e identificaram os elementos do tubo crivado como responsáveis pelo transporte da seiva elaborada.

Demonstração do transporte através do floema

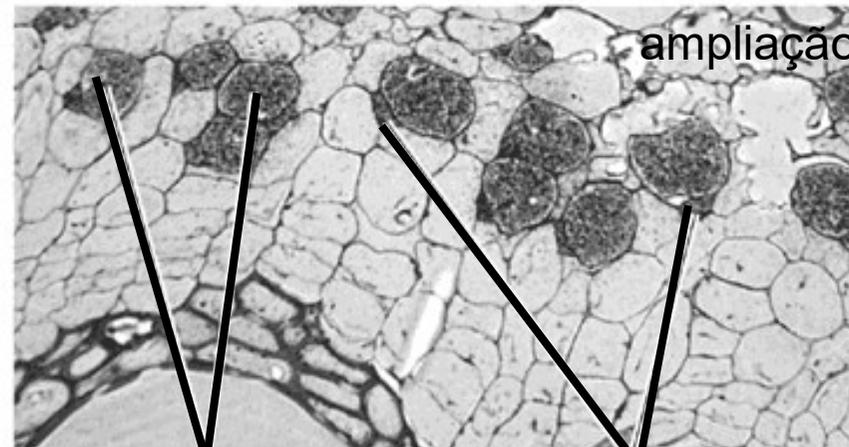
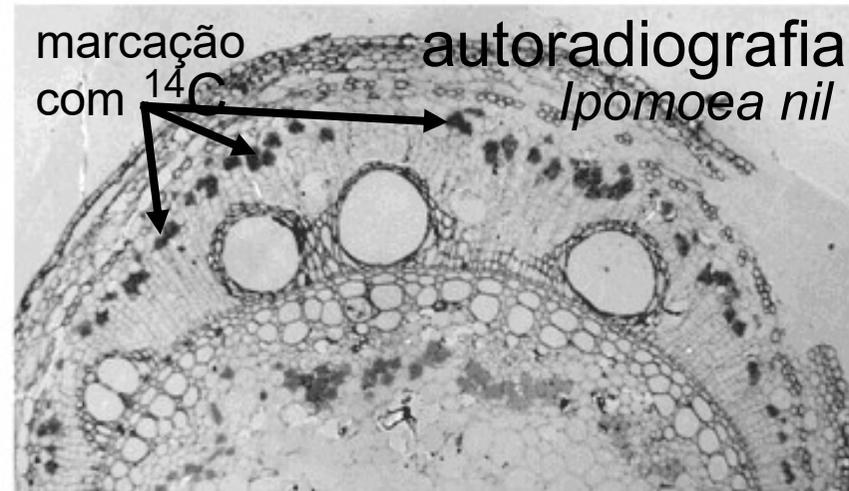


experimentos realizados na década de 40

corte transversal do caule



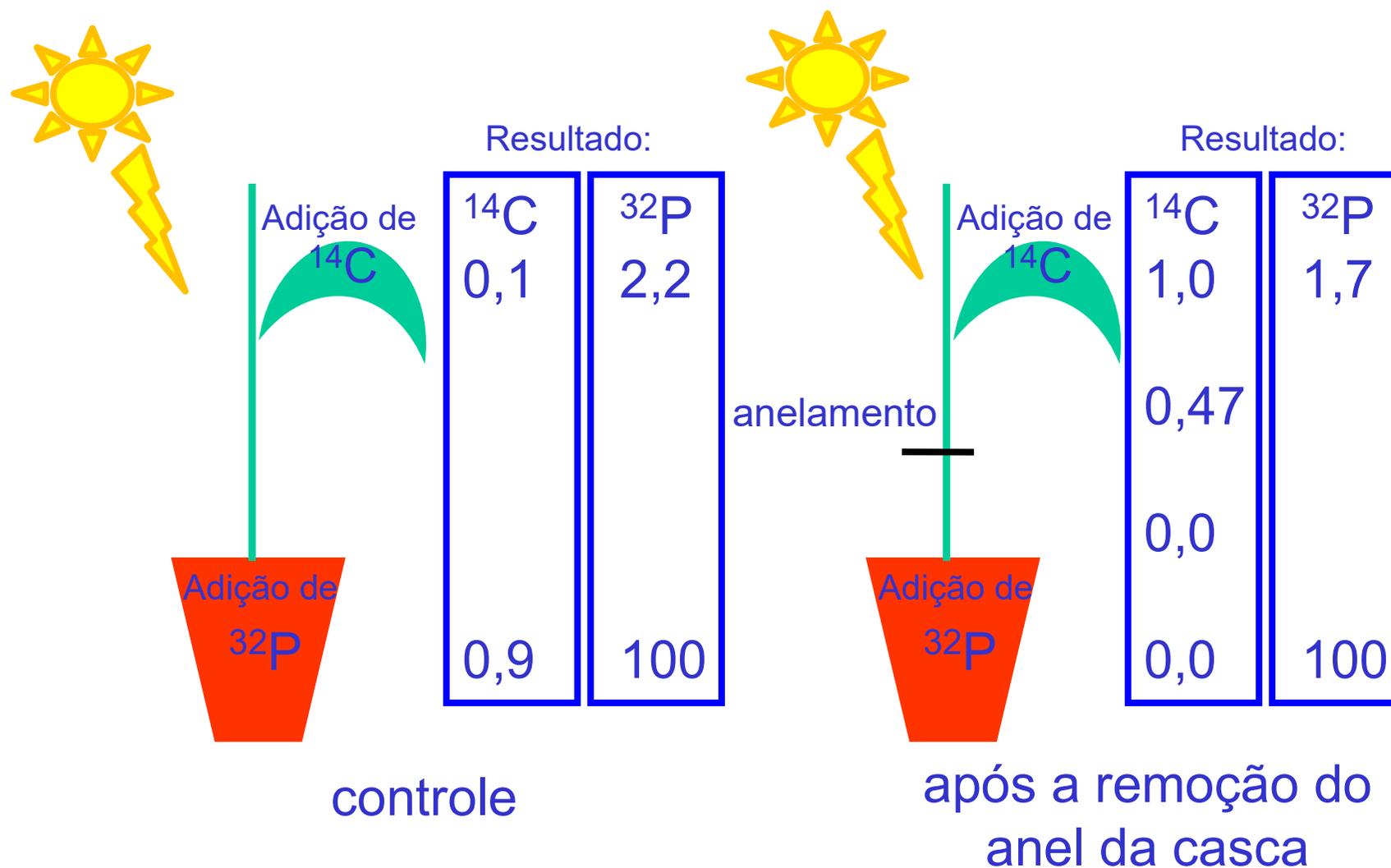
Do livro: Salisbury e Ross, 1992



elementos do tubo crivado

células companheiras

Demonstração do transporte através do floema



Floema

Componentes estruturais do floema de angiospermas:

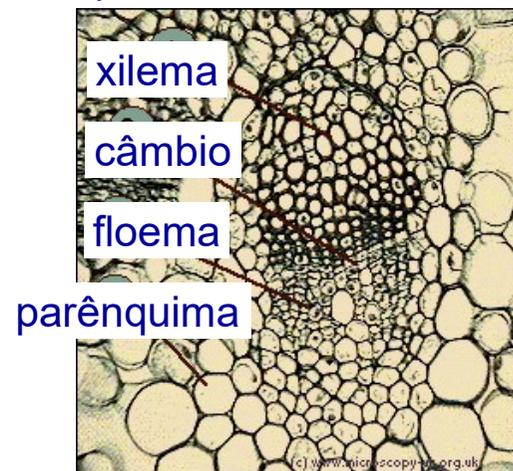
- elementos do tubo crivado
- células companheiras
- células parenquimáticas

Outros componentes:

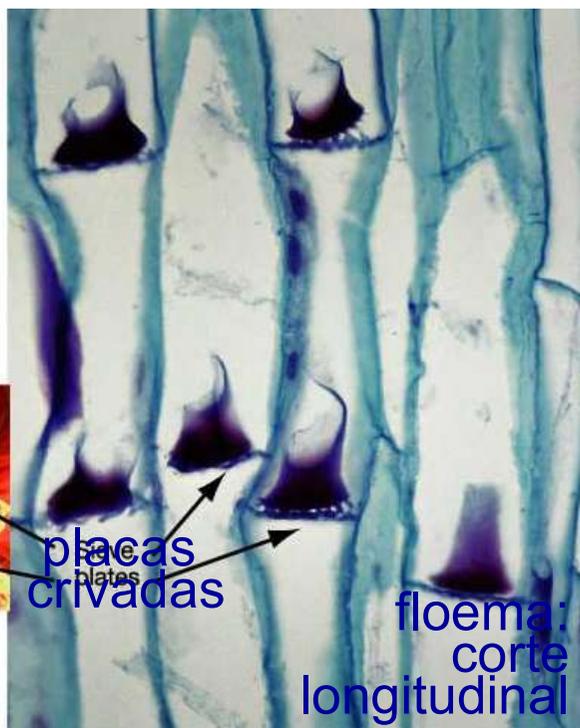
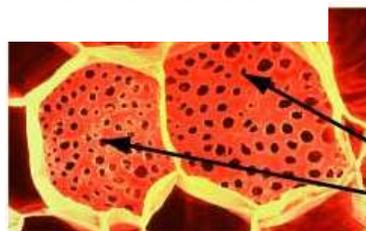
- fibras
- esclereídes
- células condutoras de látex
- células da bainha do feixe (folhas)

o transporte de massa se dá somente através dos elementos do tubo crivado!

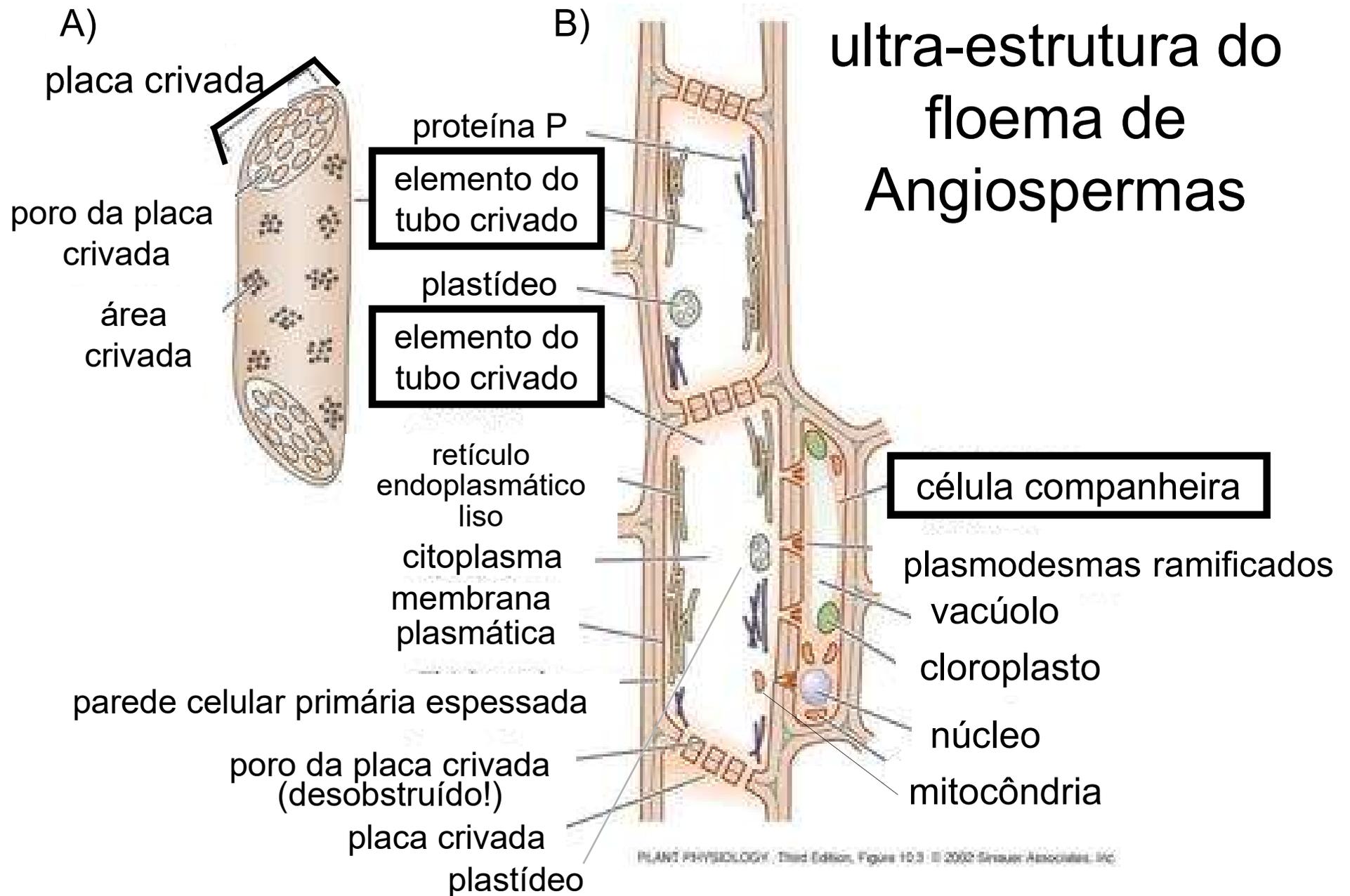
sistema vascular:
tipo colateral aberto

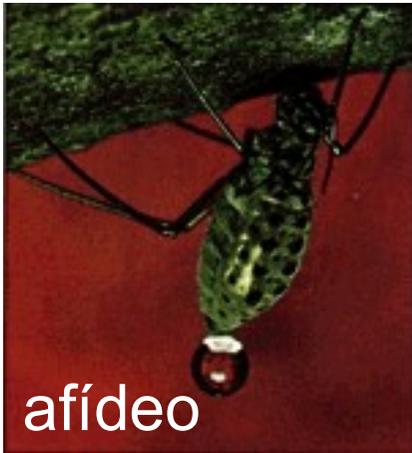


floema:
corte transversal



ultra-estrutura do floema de Angiospermas





afídeo



estilete do afídeo elemento do tubo crivado

Compostos transportados pelo floema (*Ricinus communis*)

<u>Orgânicos</u>	<u>mg/ml</u>
açúcares não redutores*	80 – 160
amino ácidos	5,2
ácidos orgânicos	2 – 3,2
proteínas (enzimas)	1,45 – 2,2
RNA	
hormônios	traços

Inorgânicos
água, K, Cl, P, Mg

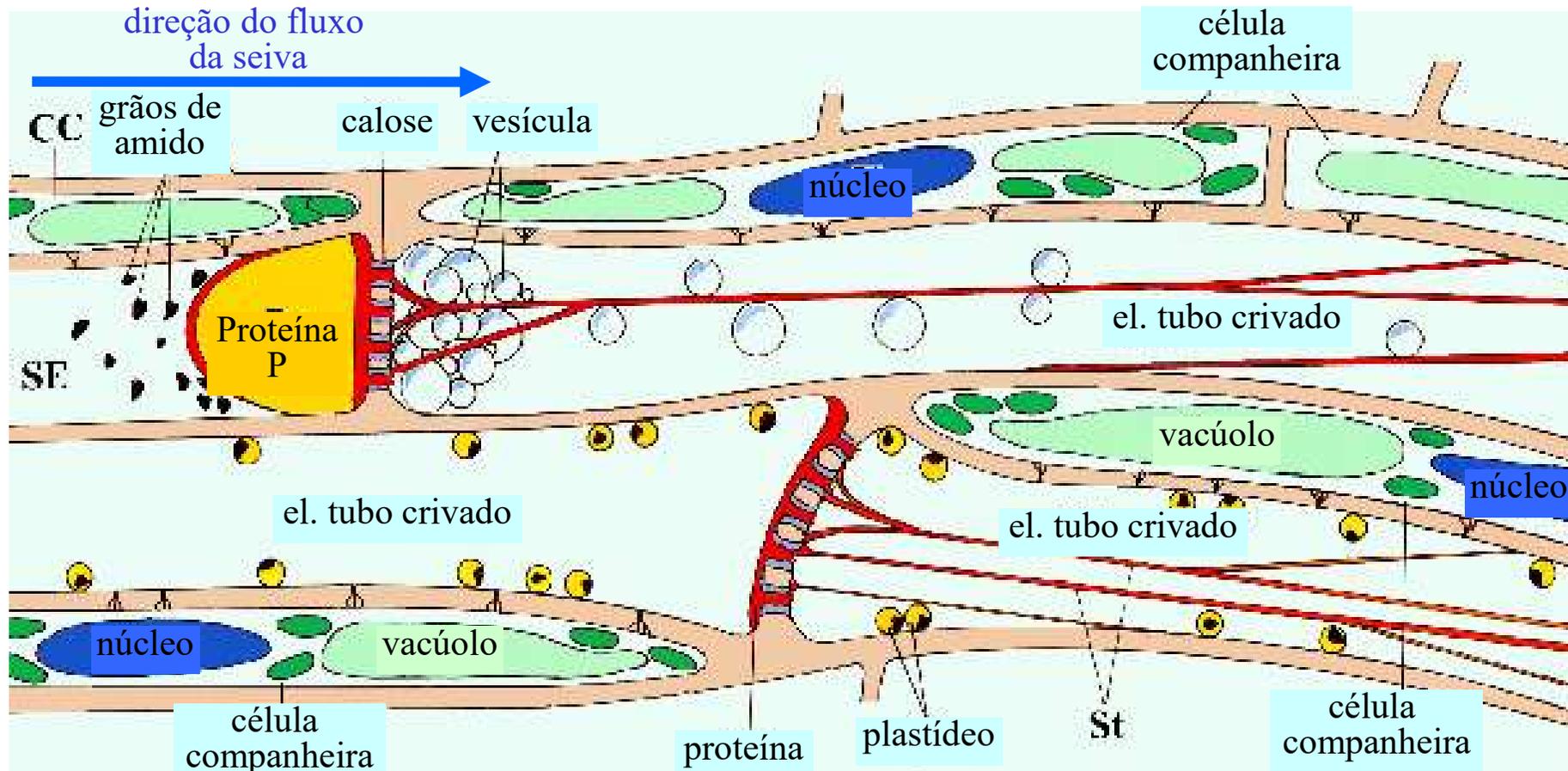
Fonte: para, *Ricinus communis*, Hall e Baker, 1972

* na maioria das espécies investigadas, a concentração de açúcares no floema é superior a sua concentração no mesófilo e a pressão de turgor das células é alta.

Velocidade de transporte: 1 m/h (difusão: 1m/32anos)

Bloqueio do tubo crivado após dano

(o bloqueio pode ser revertido)



(Knoblauch e van Bel, Institut für Allgemeine Botanik, Giessen, Germany)

reação mediada pela $[Ca^{2+}]$, permite minimizar a perda da seiva elaborada – a saliva de afídios impede que esta reação ocorra*

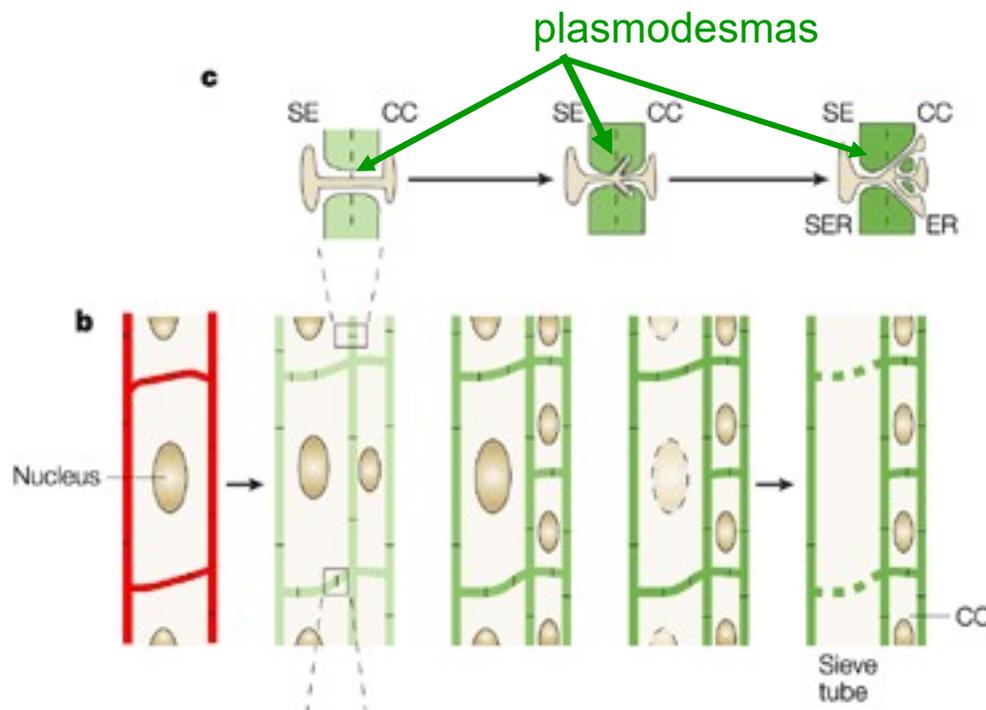
•Van Bel, A.E.J., PNAS 2007

Células companheiras

Características em comum das células companheiras:

- citoplasma denso
- numerosas mitocôndrias
- ligadas aos elementos do tubo crivado por numerosos plasmodesmas

Desenvolvimento do floema:



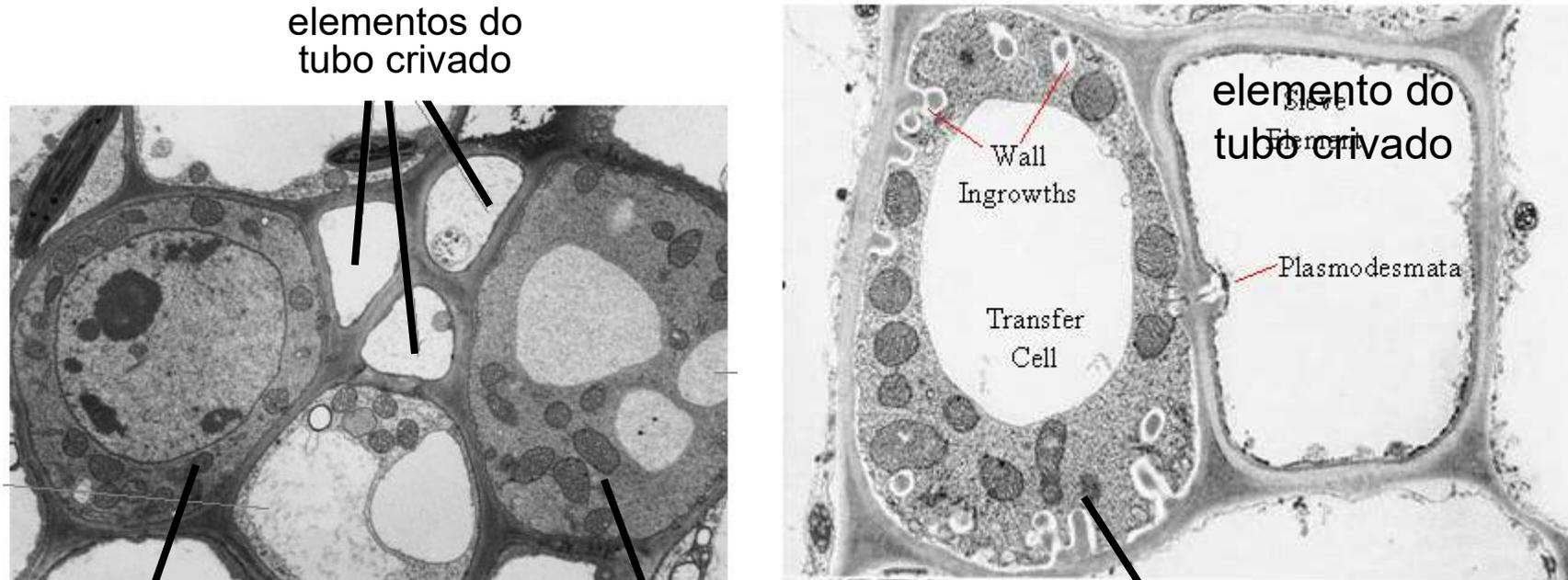
Função:

- provém o elemento do tubo crivado com, entre outros, proteínas e ATP.
- nas folhas auxiliam no carregamento do elemento do tubo crivado com produtos da fotossíntese.

em geral, células companheiras ordinárias e de transferência são encontradas em plantas cujo carregamento do floema é feito via apoplasto

Células companheiras encontradas em folhas maduras

Taiz and Zeiger (2002)

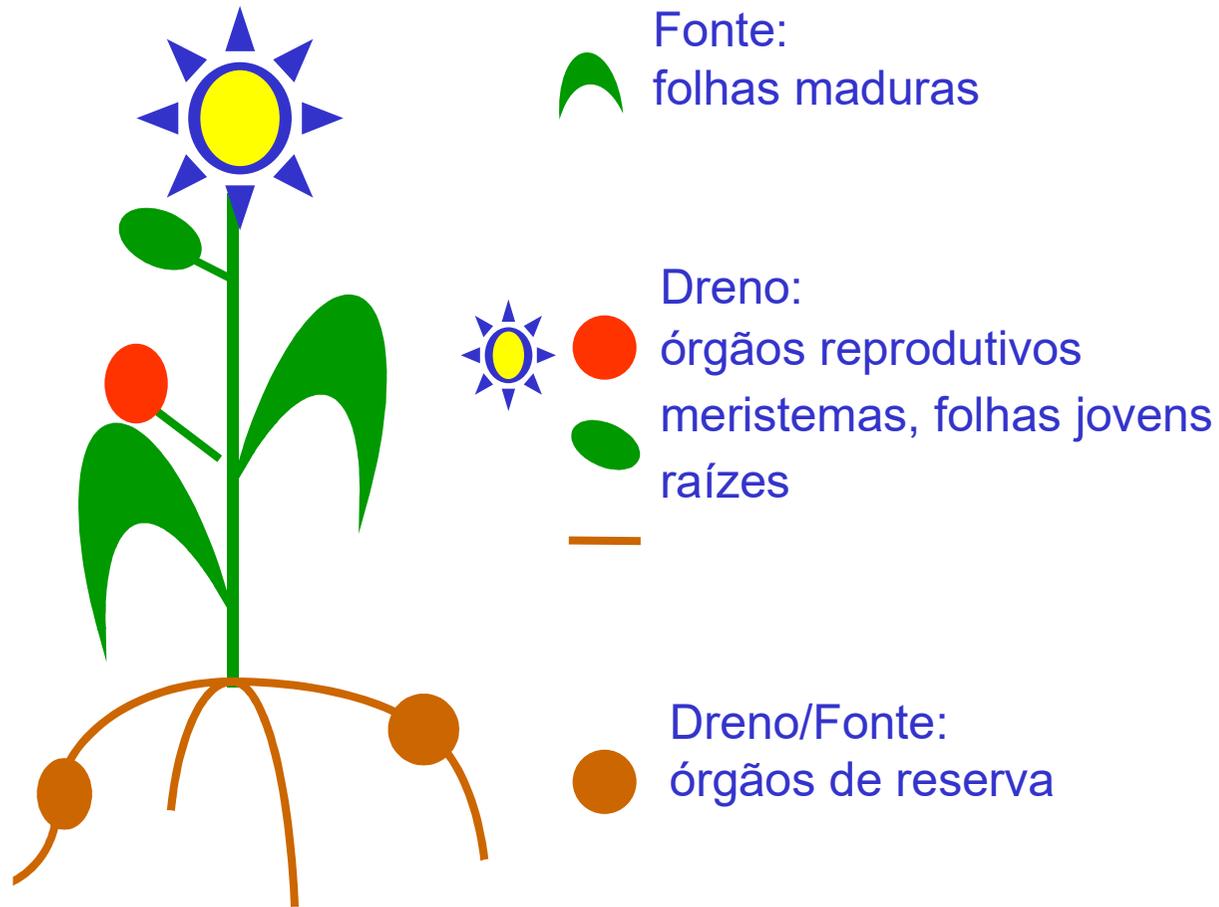


- 1) célula companheira ordinária
- poucos plasmodesmas, estando a maioria voltada para o elemento do tubo crivado
 - cloroplastos bem desenvolvidos
 - parede celular lisa

- 3) célula intermediária
- muitos plasmodesmas ligando células adjacentes
 - cloroplastos pouco desenvolvidos
 - numerosos vacúolos

- 2) célula de transferência
- semelhante a 1)
 - espessamento de regiões da parede celular

Translocação no Floema: conceito fonte - dreno

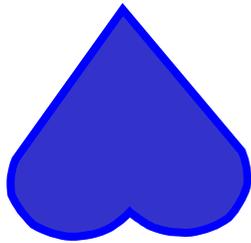


O C fixado na fotossíntese pode ser utilizado para o crescimento e manutenção do metabolismo da planta, para armazenagem ou para transporte.

Transição da folha de dreno para fonte é gradual

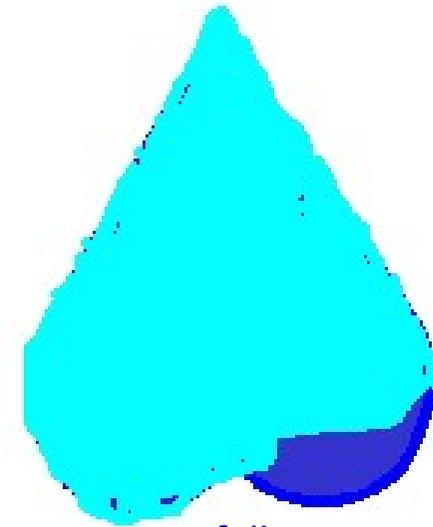
C^{14} fixado em folha madura

folha jovem:
100% C^{14}



| dreno
| fonte

transição entre folha jovem a madura:



folha quase
madura: 10 % C_{14}

- A transição da folha de dreno para fonte se inicia quando esta atinge cerca de 25% do seu tamanho. A transição se dá do ápice para a base.
- A base da folha continua recebendo foto-assimilados de folhas fonte próximas.
- Os foto-assimilados são carregados ou descarregados por vasos diferentes.

Na folha madura o C fixado pode ser alocado para:

- síntese de sacarose
- síntese de amido

destino da sacarose:

- transporte
- armazenagem temporária no vacúolo

destino da amido:

- armazenagem temporária no cloroplasto durante o dia
- hidrólise enzimática e transporte para os drenos a noite

A “força” do dreno depende do seu tamanho e atividade metabólica.

1 mês



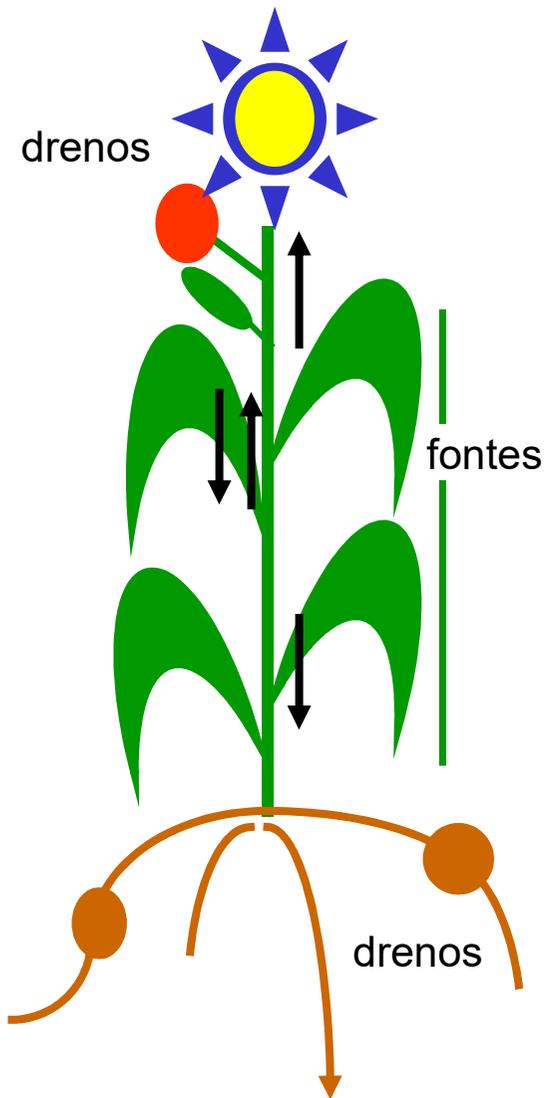
Amorphophallus titanum



Padrões de translocação no floema

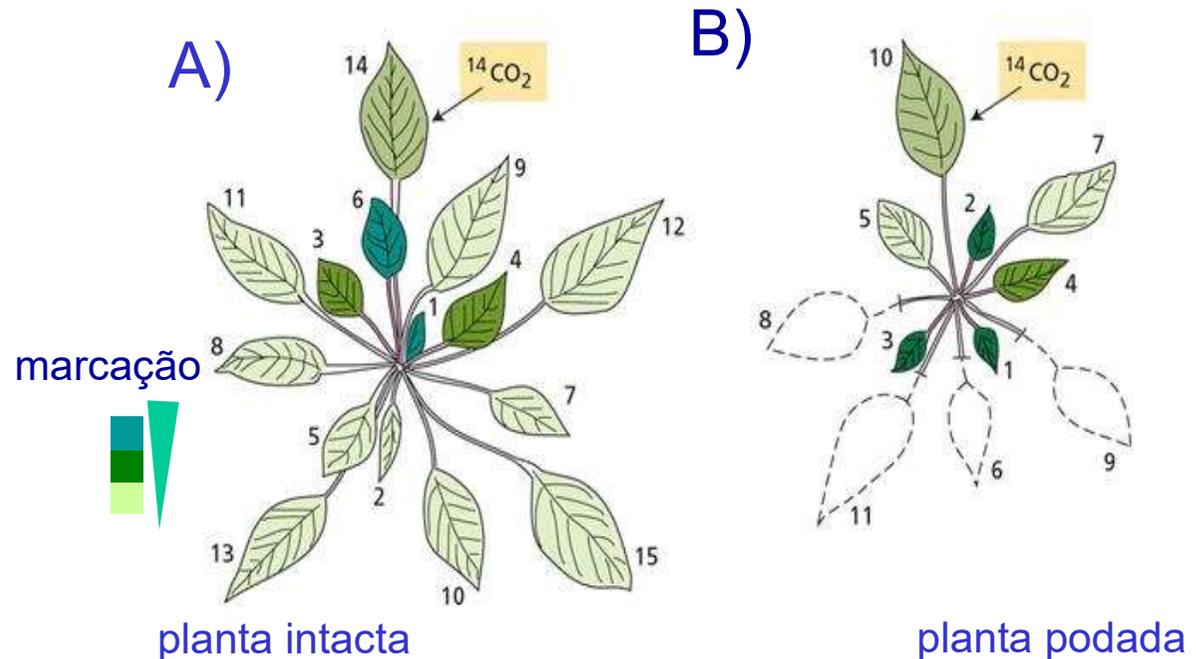
Fatores que influenciam a direção da translocação:

- proximidade
- etapa de desenvolvimento do órgão/planta (vegetativo/reprodutivo)
- conexões vasculares (plasticidade)



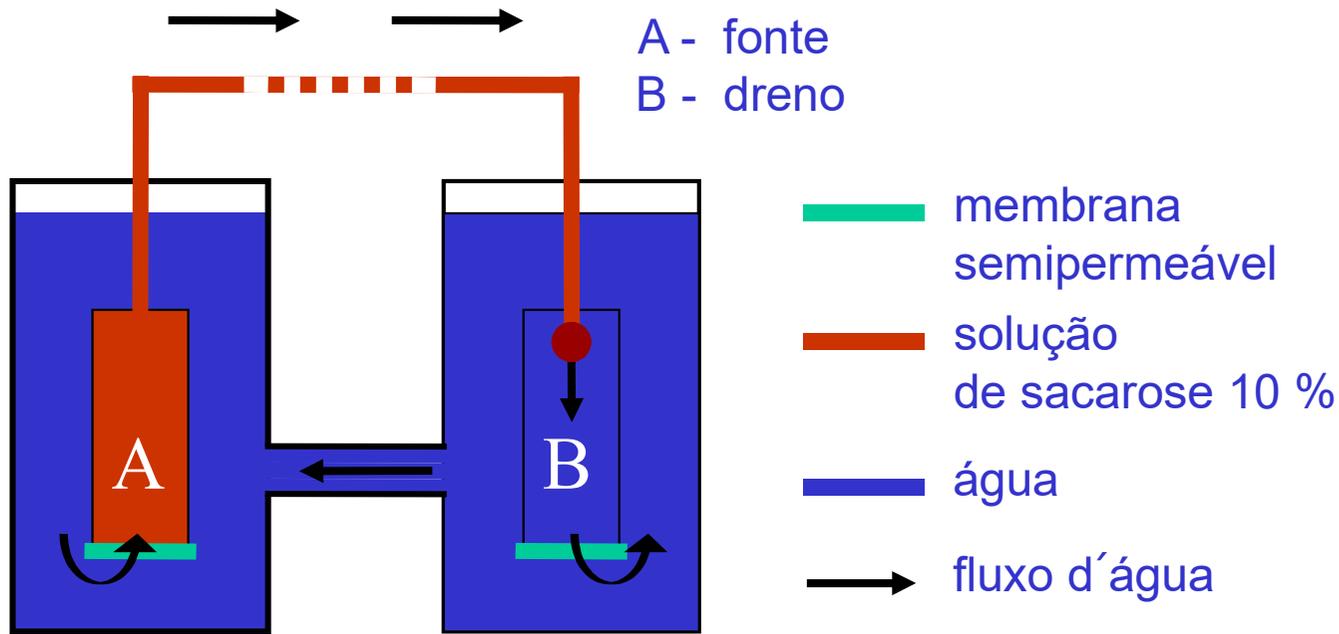
Direção do fluxo no floema (em cada vaso o fluxo se dá em apenas uma direção!)

As vias de translocação podem ser alteradas.



Distribuição de radioatividade em plantas de batata doce (*Beta vulgaris*)

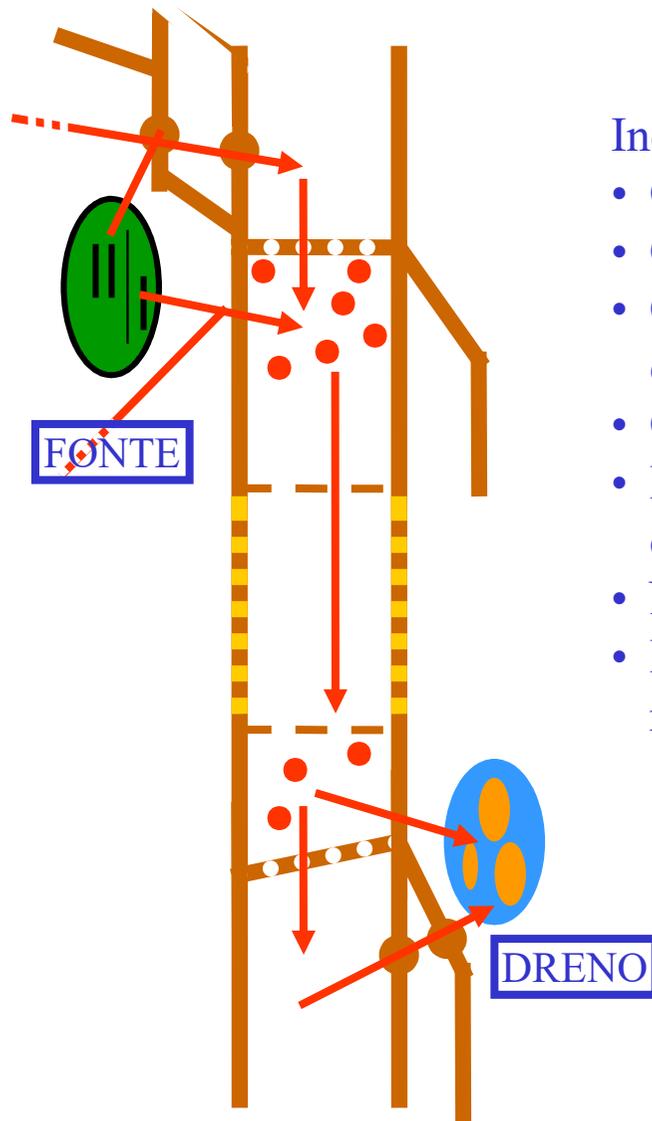
O transporte pelo floema é guiado por uma diferença de pressão gerada osmoticamente



Experimento idealizado por E. Münch, 1927 (modificado por Ziegler, 1963)

O sistema não entra em equilíbrio enquanto a concentração de A for diferente da concentração de B.

Fluxo de massa através no floema



Indicações:

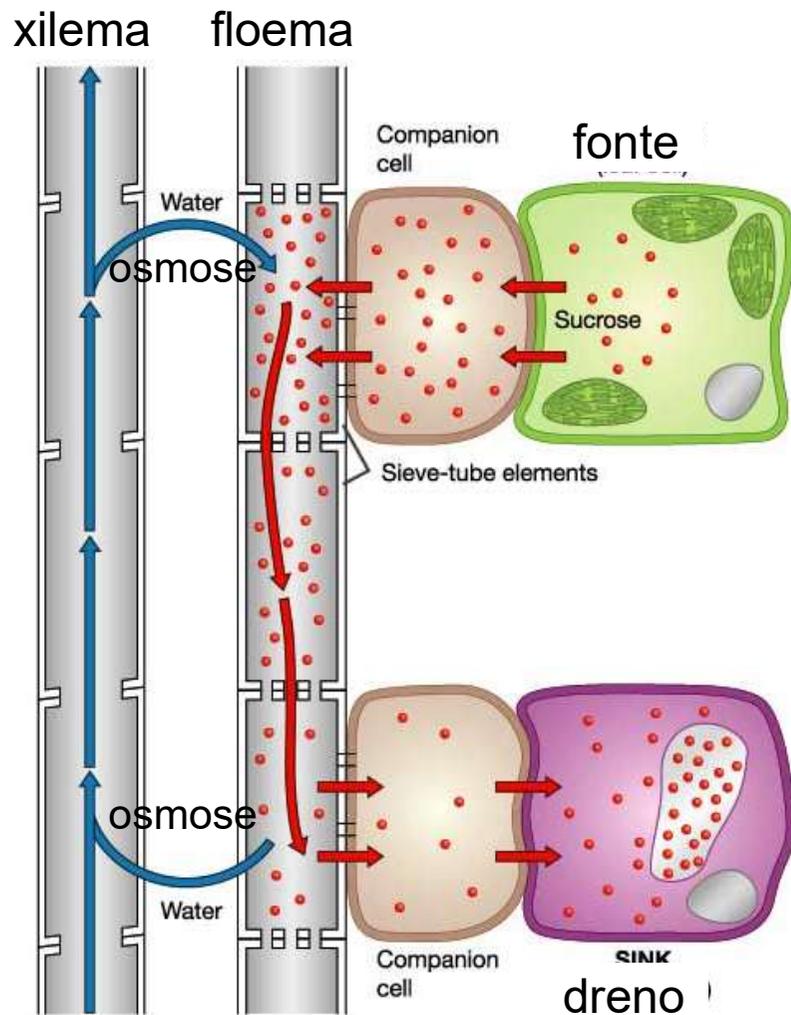
- O fluxo é mais rápido do que seria se fosse por difusão.
- Os poros das placas crivadas são desobstruídos.
- Quando o cortado o floema exuda seu conteúdo portanto está sob pressão.
- O floema é rico em solutos.
- Existe um gradiente de concentração no floema, ele é mais concentrado na fonte que no dreno.
- Não há transporte bidirecional em um único vaso.
- Este transporte requer pouca energia (cessa quando a respiração é bloqueada).

- cloroplasto
- amiloplastos
- plasmodesmas
- parede celular
- placa de perfuração
- movimento dos solutos

O sistema não entra em equilíbrio enquanto há fotossíntese na fonte e metabolismo no dreno.

Velocidade de transporte através do floema: 0,3 – 1,5 m/h

Fluxo de massa originado pela diferença de pressão no vaso entre a fonte e no dreno. Esta diferença é gerada por osmose.

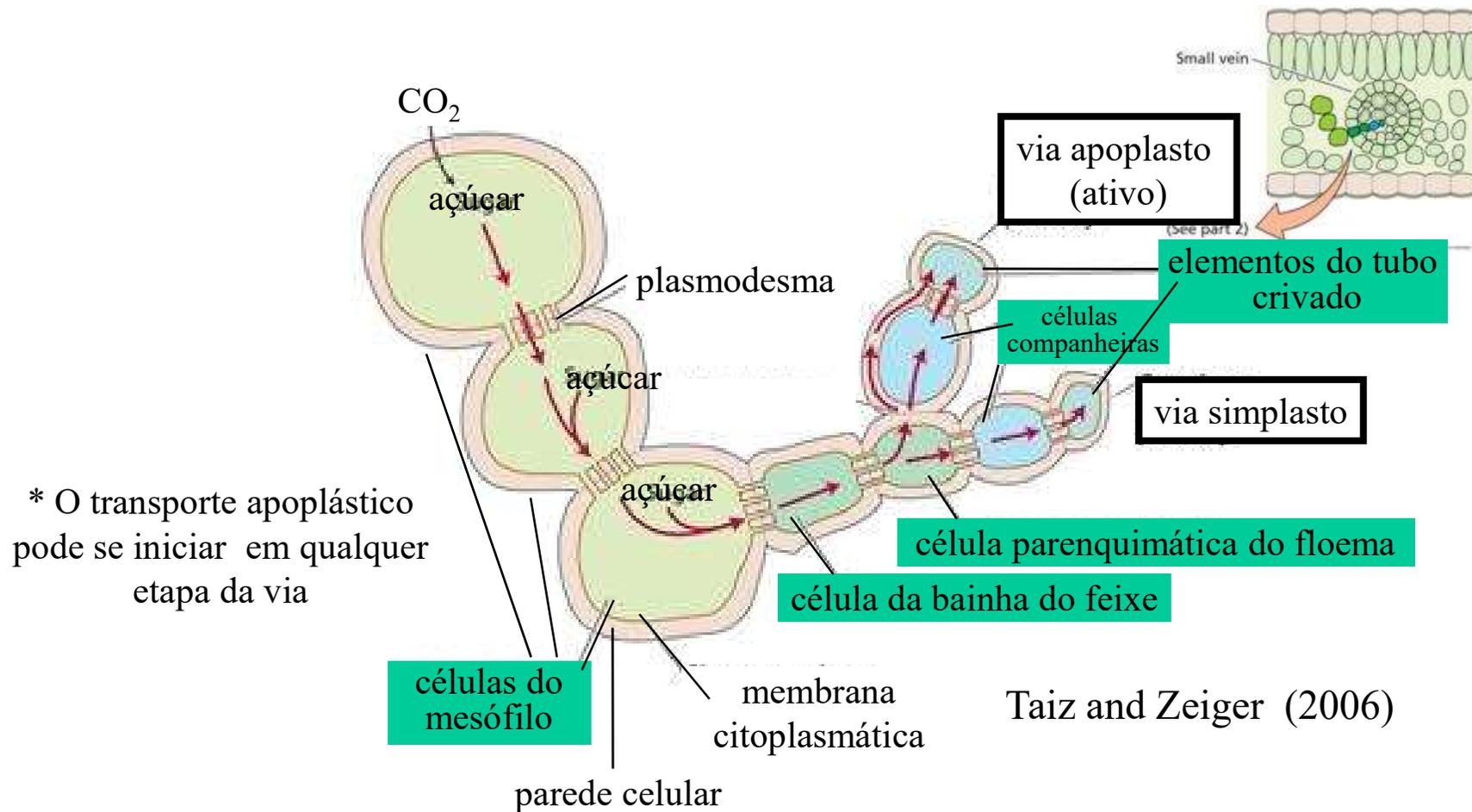


O fluxo no elemento do tubo crivado é movido por um gradiente de pressão gerado osmoticamente entre a fonte e o dreno.

Evidências:

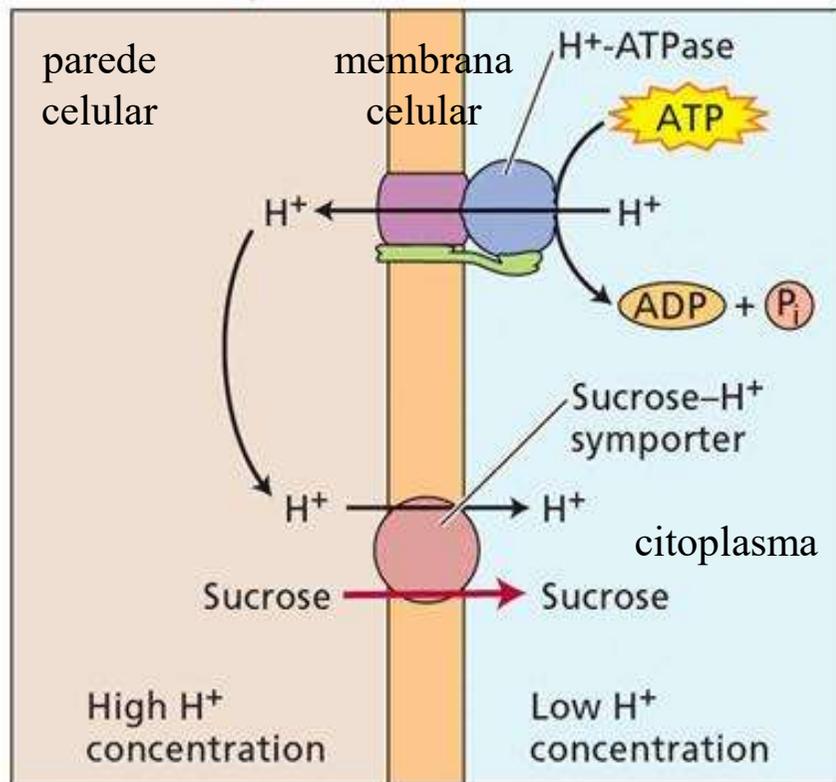
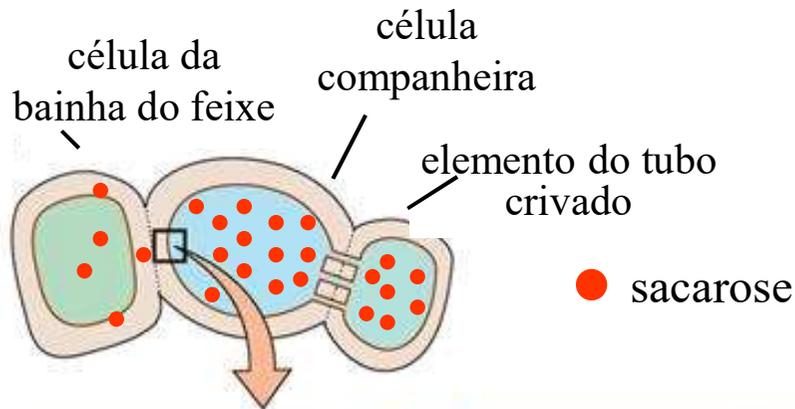
- Placa crivada desobstruída
- Não há transporte bidirecional em um mesmo elemento crivado
- Existe diferença de pressão de turgor e concentração de solutos entre a região da fonte e a do dreno sendo a da fonte maior.

O transporte de açúcares das células do mesófilo ao floema se dá via apoplasto ou simplasto



Espécies diferentes usam vias diferentes: ou apoplástica* ou simplástica

Carregamento do floema via apoplasto:



Taiz and Zeiger (2006), modificada

- A concentração de sacarose é maior nas células companheiras e nos elementos do tubo crivado do que nas células adjacentes.
- Transporte secundário: utiliza o gradiente de concentração gerado por uma bomba de prótons.
- Ocorre em plantas com células companheiras do tipo ordinária e/ou de transferência.

Outros dados experimentais:

- pH alto no apoplasto reduz o transporte de sacarose

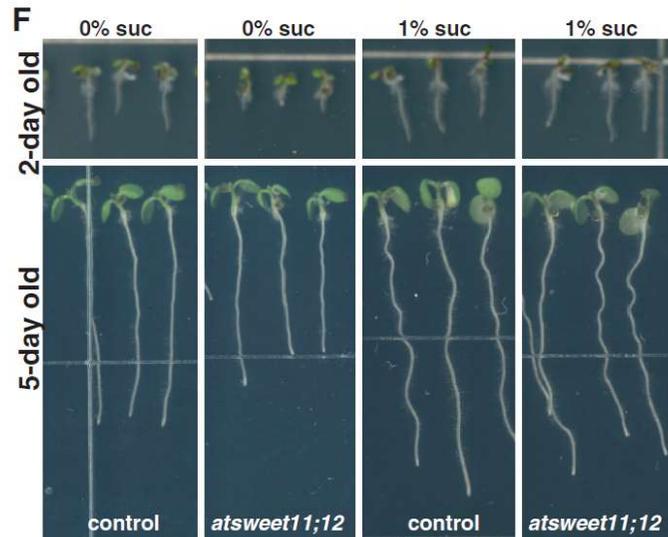
Em Arabidopsis:

- existe uma correlação entre a presença da bomba e do transportador.
- maior concentração da bomba de prótons na membrana entre as células da bainha do feixe e as células companheiras.

Mutantes de SWEET* em *A. thaliana*

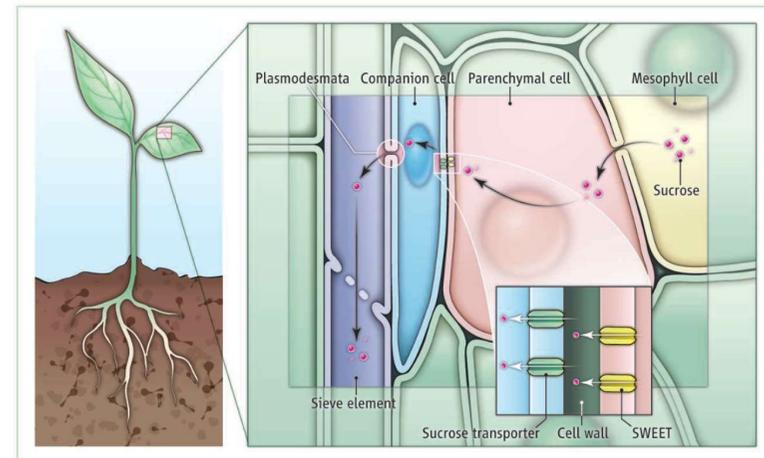


acúmulo de amido nas folhas negras

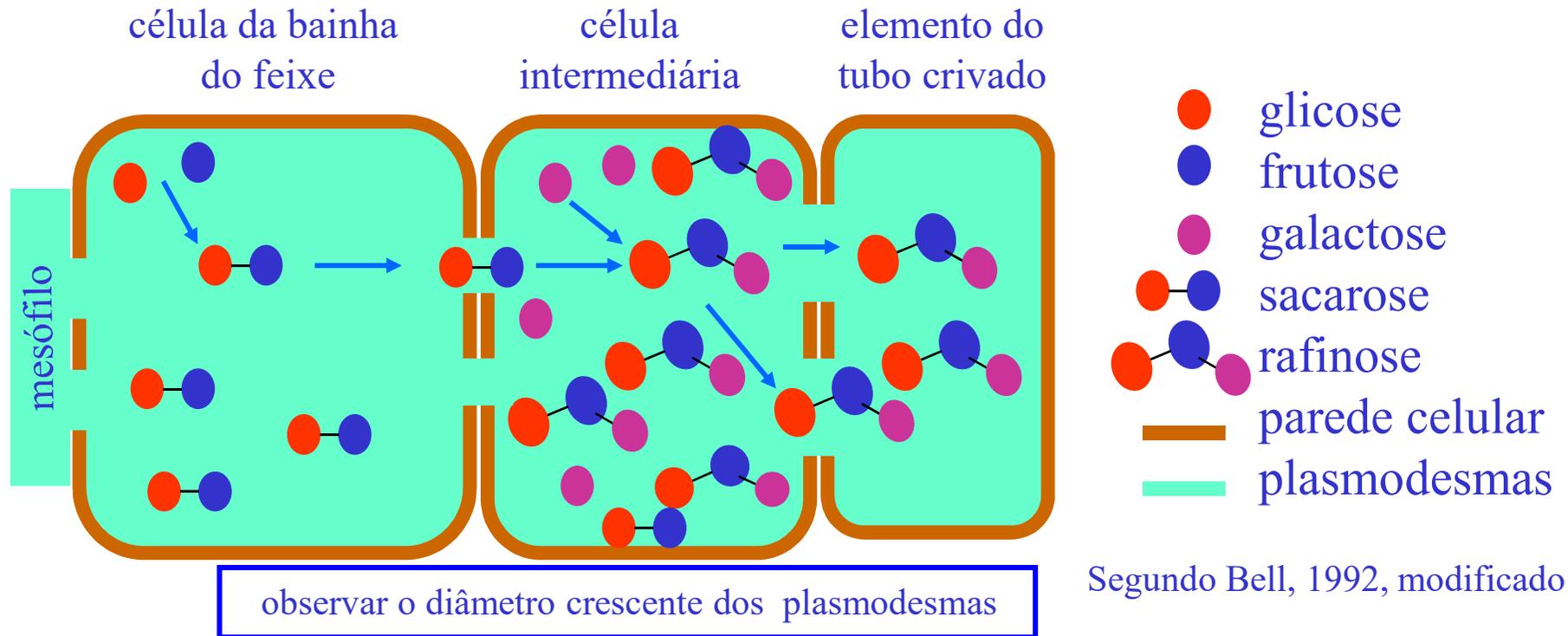


crescimento da raiz

*SWEET – sucrose efflux transporters, expressas nas células do parênquima, transporte apoplástico



Carregamento do floema via simplasto: Modelo “polymer trapping”



Evidências:

- sacarose é mais concentrada nas células do mesófilo do que nas células intermediárias.
- a composição dos açúcares no mesófilo e no floema é diferente.
- enzimas para a síntese de rafinose estão, preferencialmente, nas células intermediárias.
- há diferença estrutural nos plasmodesmas das diferentes células para a passagem seletiva das moléculas.

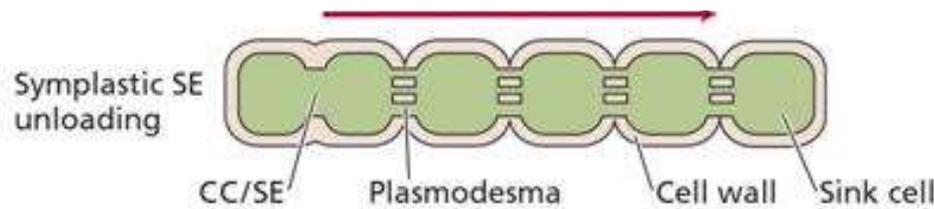
Descarregamento do floema

Etapas de transporte para as células dreno (importação):

1. Descarregamento do complexo elemento do tubo crivado/célula companheira.
2. Transporte intercelular através de pequenas distâncias (difusão).
3. Metabolismo no dreno.

O descarregamento do floema é **SEMPRE** dependente da atividade metabólica do tecido dreno!

Via simplasto: transporte passivo

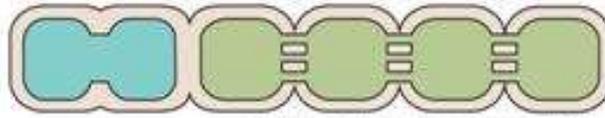


ocorre em folhas jovens, meristemas e tecidos de reserva que acumulam açúcares na forma de polímero

Descarregamento do floema

via apoplasto: pode ser tanto passivo quanto ativo

***Type 1**
Apoplastic SE
unloading

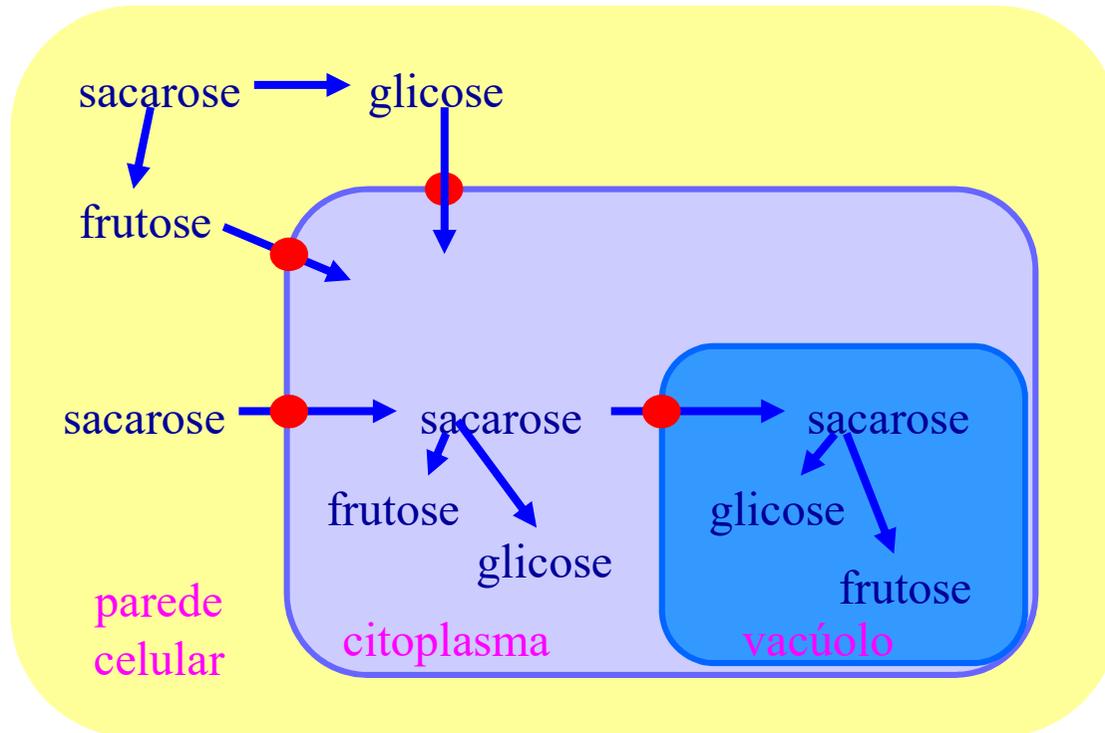


complexo elemento do tubo crivado/cél. companheira

dfeno

ocorre em sementes e órgãos de reserva que acumulam açúcares

F
L
O
E
M
A



possíveis destinos da sacarose descarregada do floema pela via apoplástica

- transportadores
- ativos ●
 - passivos

Vídeos

<http://www.youtube.com/watch?v=MxwI63rQubU>

<https://www.youtube.com/watch?v=JFb-CWlz7kE>

<https://www.youtube.com/watch?v=3OEd8WDxg1U>

Texto com pequenas animações:

<https://msu.edu/~walwort8/page2.html>