

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA GERAL

**TRANSLOCAÇÃO DE SOLUTOS ORGÂNICOS**

Prof. Tomás de Aquino Portes

Goiânia, maio de 2008

## CAPÍTULO 8

### Translocação de solutos orgânicos.

---

Maio de 2009.

#### 1. Condições necessárias para que ocorra a translocação de solutos orgânicos:

Para que ocorra a translocação de solutos na planta é essencial um sistema de comunicação, o qual deve interligar a planta do ápice da parte aérea até o ápice das raízes.

A comunicação entre a parte aérea das plantas e as raízes é essencial, pois é através dessa comunicação que a água e os nutrientes minerais absorvidos pelas raízes ou os orgânicos procedentes da fotossíntese percorrem toda a planta, indo suprir demandas em locais muito diferentes daqueles de origem. Quanto mais alta a planta maior é a distância entre as raízes e a parte aérea. Por essa razão a translocação dos produtos da absorção dos sais e da assimilação do CO<sub>2</sub> é um transporte a longa distância. Transporte entre células e entre tecidos adjacentes é um transporte a curta distância. Além do transporte ascendente e descendente há o transporte radial ou perpendicular em relação ao sentido do xilema e floema, o qual ocorre de célula a célula através dos plasmodesmata.

#### 2. Sistema de transporte

A comunicação entre a parte aérea e as raízes da planta, bem como entre os seus diversos órgãos, se dá através do **xilema** e do **floema**.

##### 2.1. Xilema

O **Xilema** é o tecido que transporta água e sais minerais do sistema radicular para a parte aérea da planta sendo formado por inúmeros vasos capilares que fazem a comunicação entre todos os tecidos da planta. Esses vasos capilares são formados por elementos menores, interligados entre si, que na realidade são células mortas. Isto é, morreram após terem se diferenciado em células do xilema. São os chamados **elementos do xilema**. É, portanto um tecido morto, cujas paredes são muito resistentes, e assim devem ser pois resistem a grandes pressões internas. Nas dicotiledôneas está localizado logo abaixo dos tubos do floema. Isto é, mais para o interior da planta. Nos vasos do xilema o sentido do transporte é ascendente, de baixo para cima.

## 2. 1.1. Estrutura do xilema:

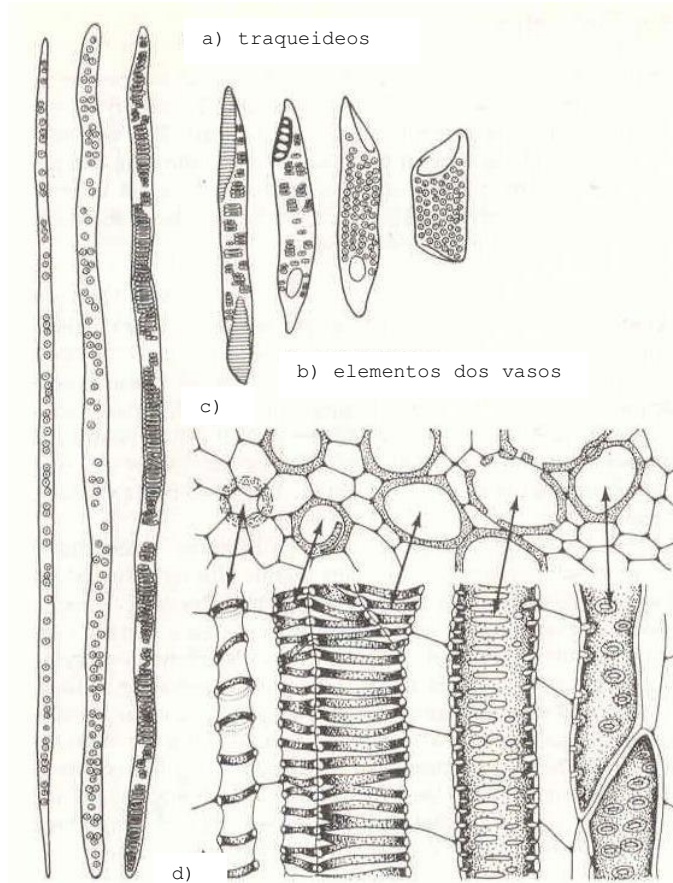


Figura – (a e b) Traqueídeos e elementos dos vasos isolados de tecidos. (c) em seção transversal, (d) em seção longitudinal.

## 2. 2. Floema

O **Floema** é o tecido através do qual são translocados os produtos da fotossíntese de folhas adultas, em franca produção, para áreas de crescimento e de reserva, incluindo raízes. Ao contrário do xilema o floema é um tecido vivo e o sentido da translocação é ascendente ou descendente, dependendo do local da demanda.

O floema é em geral encontrado no lado externo do tecido vascular primário e secundário. Em plantas com crescimento secundário o floema constitui a casca interna. As células do floema que conduzem açúcares e outros materiais orgânicos através da planta são chamadas **elementos crivados**.

Os elementos crivados são células desprovidas de núcleo, especializadas para o transporte dos fotossintatos produzidos pela fotossíntese. O **tubo crivado**, ou floema propriamente dito, é composto de pilhas de **elementos crivados** e se estendem, na maioria das vezes, da folha até a raiz e, se desenvolvem pela diferenciação de **células cambiais**.

Funcionando junto aos elementos crivados, o tecido do floema contém as **células companheiras**, além de células parenquimáticas, e, em alguns casos fibras,

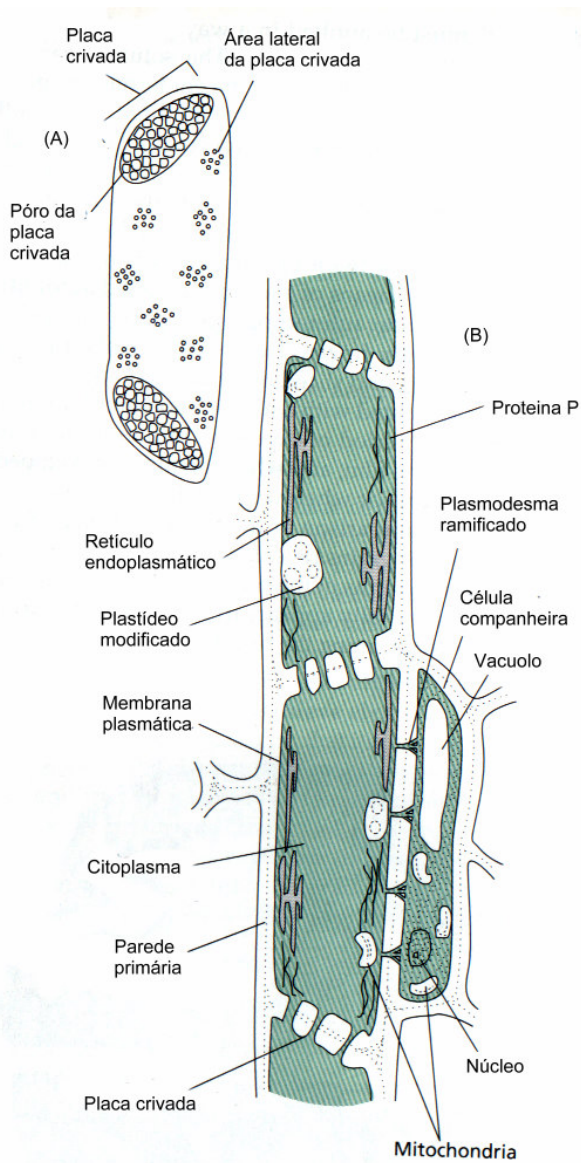
esclereídios e células que contém látex (latíferas). Contudo, somente os elementos crivados estão diretamente envolvidos na translocação. Elementos crivados, maduros, são células vivas altamente especializadas para a translocação.

O floema serve também para redistribuir água e vários outros compostos solúveis através da planta.

Os compostos orgânicos solúveis podem ser transferidos a partir das folhas para outros órgãos da planta, como estão, ou serem metabolizados antes da redistribuição.

Deve se salientar que a maioria das pesquisas sobre translocação de solutos tem sido feitas com angiospermas.

### **2.2.1. Estrutura do floema:**



**Figura - A)** Desenho esquemático de um elemento crivado no qual se vê as placas crivadas e as pontoações laterais através das quais há intercomunicações entre as células através dos plasmodesmos.

**B)** Tubo crivado formado por pilha de elementos crivados. Observe os plasmodesmos entre os elementos crivados e as células companheiras. (adaptado de Tayz & Zeiger, 2004)

### 3. Conceito de fonte e de dreno de fotoassimilados. Distribuição dos fotoassimilados na planta:

A translocação ocorre de áreas de produção de fotossintatos, denominadas **Fontes**, para áreas de metabolismo intenso ou órgãos de reserva denominadas **Dreno**. Fonte inclui qualquer órgão exportador, tipicamente uma folha adulta, completamente expandida, que é capaz de produzir fotossintato além de suas necessidades. Um outro tipo de fonte é um órgão de reserva, durante a fase de exportação. Por exemplo, as raízes acumuladoras de certas plantas bianuais funcionam como dreno durante a primeira estação de crescimento, quando ela acumula açúcares recebidos das folhas. Durante a segunda estação de crescimento

a mesma raiz torna-se uma fonte, o açúcar é remobilizado e utilizado para produzir nova copa.

Dreno inclui órgãos não fotossintetizantes da planta e órgãos que não produzem produtos fotossintéticos o suficiente para o seu crescimento ou necessidades de reservas. Como exemplo pode-se citar raízes, tubérculos, frutos em desenvolvimento e folhas jovens, imaturas, que importam carboidrato para o seu desenvolvimento normal, embora fotossintetizem mas, insuficientemente.

As substâncias para serem translocadas devem estar numa forma solúvel. Se, se encontram numa forma insolúvel devem sofrer transformação de maneira a tornarem-se solúveis. O sentido da translocação é sempre da direção do órgão produtor ou de reserva (fonte) para o órgão consumidor (dreno), sempre que há demanda. A água e o açúcar nela dissolvido a serem transportados, movem-se por fluxo de massa ao longo de um gradiente de pressão na direção do dreno de fotoassimilados. O que determina o volume do fluxo para um dado dreno é a distribuição diferencial de fotoassimilados dentro da planta, denominada **partição**.

O caminho da translocação são os tecidos vasculares distribuídos por toda a planta, interligando as fontes aos drenos. O tecido vascular forma um sistema de tubos que pode direcionar, por partição, o fluxo de fotoassimilados para vários órgãos: folhas jovens, caule, raízes, frutos ou sementes. Quase sempre que há partição de fotoassimilados em benefício de um determinado órgão um outro, possivelmente, ficará prejudicado, pois nem sempre a planta produz fotoassimilados o suficiente para abastecer todos os seus órgãos simultaneamente. Em feijoeiros, por exemplo, no início da floração, os fotoassimilados deixam de ser translocados para as raízes e tomam a direção das flores e frutos, onde a atividade metabólica passa a ser intensa com alta demanda por fotoassimilados (TANAKA & FUGITA, 1979). O resultado é um menor crescimento radicular.

O fluxo de fotoassimilados através do sistema vascular depende do estágio de desenvolvimento da planta. Plantas em crescimento intenso têm maior atividade metabólica e, portanto, maior demanda pelos seus diferentes órgãos e a taxa de fluxo é alta. Por outro lado, plantas maduras ou em crescimento lento, têm atividade metabólicas menor e, conseqüentemente, menores taxas de fluxo de fotoassimilados. Ao longo do ciclo das plantas nos diferentes eventos ontogenéticos, que ocorrem como conseqüência do seu desenvolvimento, podem ocorrer mudanças no direcionamento dos fotoassimilados (TANAKA & FUGITA, 1979).

É a taxa fotossintética que determina a quantidade total de carbono fixada, disponível para a folha. Entretanto, a quantidade de carbono disponível para a translocação depende dos eventos metabólicos subseqüentes. A regulação do direcionamento do carbono fixado para os vários caminhos metabólicos é chamada **alocação** (Taiz & Zeiger 1998).

O acúmulo é normalmente feito na forma de amido, a sua síntese e acúmulo no interior do cloroplasto e na maioria das espécies é a principal forma de reserva que é mobilizada para a translocação durante a noite. Tais plantas são chamadas de acumuladoras de amido. Em alguns órgãos de certas gamíneas, frutanas (moléculas de frutose polimerizadas) são os compostos de reserva e não o amido. A utilização é realizada pelo órgão fonte para o seu próprio crescimento ou manutenção, onde a energia acumulada nos compostos oriundos da fotossíntese são liberados pela respiração, além de esqueletos carbônicos, necessários na síntese de uma série de compostos essenciais ao desenvolvimento da planta. Ao transporte resta o excedente

na folha. Os fotoassimilados não utilizados pela folha são transportados para outros órgãos onde vão entrar no crescimento dos mesmos.

Normalmente, o transporte da solução água e solutos na planta através do xilema ocorre a favor de gradientes de concentração, sempre no sentido da maior para a menor concentração. No caso do transporte de solutos orgânicos, via floema, ocorre a favor de gradiente de pressão, independente do gradiente de concentração, ou de potencial da água.

#### **4. Hipótese que explica a translocação de solutos entre a fonte e o dreno de fotoassimilados no floema.**

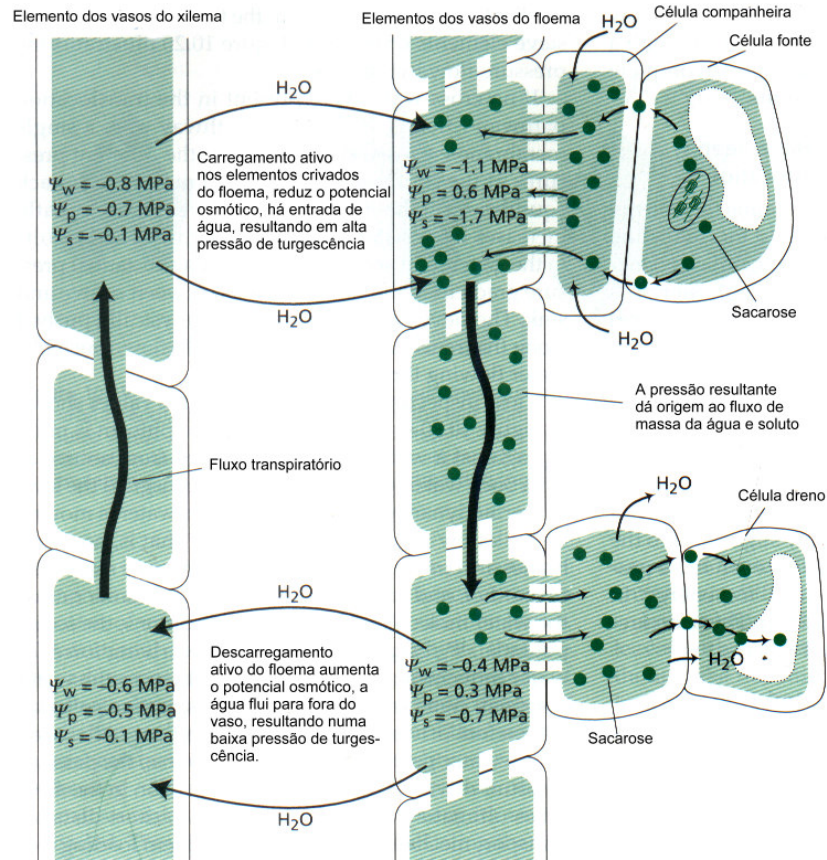
A teoria clássica mais aceita para explicar o movimento através do floema é a **Hipótese do Fluxo por Pressão**, que leva em consideração resultados de muitos experimentos, especialmente realizados em angiospermas, entretanto esta hipótese tem limitações, pois não explica perfeitamente o transporte de solutos orgânicos para todas as espécies.

A hipótese **do fluxo por pressão** foi primeiramente proposta por Ernest Münch, botânico alemão, em 1930. A teoria de Münch diz que o fluxo de solução nos elementos crivados do floema é impulsionado por um gradiente de pressão gerado como consequência do carregamento do floema por açúcares na fonte e descarregamento no dreno (Fig.2). Isto é, o carregamento por transporte ativo de açúcar no floema da fonte gera uma alta pressão osmótica ( $\pi$ ) ou um baixo potencial osmótico ( $\psi_s$ ) nos elementos crivados dos tecidos da fonte, resultando em um abaixamento do potencial hídrico ( $\psi_w$ ). Em resposta ao gradiente de potencial hídrico formado entre o exterior (paredes) e o interior dos elementos crivados, a água penetra para o interior dos elementos e, como consequência, aumenta a pressão de turgescência. Esta pressão de turgescência ou pressão hidráulica é que é a força geradora do transporte. Diferentemente do transporte no xilema, onde o transporte é a favor de um gradiente de potencial hídrico, aqui o transporte é contra um gradiente de potencial hídrico e a favor de um gradiente de pressão. No outro extremo do caminho dos solutos orgânicos, o descarregamento de açúcar a partir dos elementos crivados do floema dos tecidos do dreno leva a um abaixamento da pressão osmótica ou elevação do potencial osmótico. Com o aumento do  $\psi_w$  acima daquele do xilema a água tende a deixar o floema em resposta ao gradiente de  $\psi_w$ , resultando em um decréscimo da pressão de turgescência dos elementos crivados do floema do dreno. E assim é gerado o gradiente de pressão hidráulica.

A resistência ao transporte dos solutos é muito elevada em função da presença das placas crivadas dos elementos do floema. Isto gera e mantém um elevado gradiente de pressão nos elementos crivados entre a fonte e o dreno. O conteúdo dos elementos crivados, de maneira semelhante a água fluindo numa mangueira, é fisicamente empurrado ao longo do caminho por fluxo de massa.

O fluxo no floema, entre a fonte e o dreno, é normalmente contra um gradiente de  $\psi_w$ , diferentemente do fluxo no xilema. Acontece que o fluxo no floema é por fluxo de massa e não por osmose. Não existe membrana para ser atravessada no caminho entre os elementos do floema e as moléculas dos solutos movem com a mesma velocidade das moléculas da água. Nesta condição, a pressão osmótica,  $\pi$ , não contribui com a força propulsora que força o movimento da água, mas influencia o potencial de água.

Em resumo, ao contrário do que ocorre no xilema, nos vasos do floema o fluxo é dirigido por gradiente de pressão e não por gradiente de potencial de água.



**Figura** - Esquema demonstrativo da teoria da translocação de solutos por fluxo por pressão ou teoria de Münch entre fonte e dreno de fotoassimilados. (adaptado de Tayz & Zeiger, 2004)

## 5. Composição da seiva do floema

A seiva do floema é composta de uma série de substâncias e íons conforme mostrado no quadro seguinte:



### Quadro 1. Composição da seiva do floema de mamona (*Ricinus communis*)

Componentes	Concentração mg/ml
Açúcares	80 - 106
Amino-ácidos	5,2
Ácidos orgânicos	2,0 - 3,2
Proteína	1,45 - 2,20
Cloretos	0,355 - 0,675
Fosfato	0,350 - 0,550
Potássio	2,3 - 4,4
Magnésio	0,109 - 0,122

#### 6. Substâncias transportadas:

A água constitui 95% das substâncias transportadas nos vasos floema e xilema e os restantes 5% são substâncias solúveis. Destes 5%, 98% são substâncias orgânicas e 2% inorgânicas (minerais). Das substâncias orgânicas 95% são açúcares e 5% aminoácidos, substâncias nitrogenadas, hormônios entre outras. Do total de açúcares, 99% são sacarose e 1% outros açúcares como estaquiose, verbanose, rafinose entre outras.

#### 7. Velocidade de transporte:

A velocidade de locomoção no floema é de 30-100cm/h em plantas C<sub>3</sub> e de 200 cm/h em plantas C<sub>4</sub>, o movimento pode ser ascendente ou descendente conforme a demanda metabólica.

No xilema a velocidade é maior, pode chegar a até 60m/h em árvores que transpiram rapidamente e o sentido do movimento é sempre ascendente.

## 8. Literatura Consultada

1. Taiz,L. & Zeiger, E. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre. Artimed. 2004, p.719.
2. Hall,D.O., Long,S.P.; Scurlock, J.M.O. Techniques in Bioprodutivity and Photosynthesis. Pergamon Press.Oxford.1985, p.171.
3. Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E. Biologia Vegetal. 6<sup>a</sup> Ed. Editora Guanabara. 944p. 1999.
4. TANAKA, A. & FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. J. Fac. Agric. Hokkaido., Univ., Sapporo, 59(2):145-238,1979.