

## TRANSPORTE DE ÁGUA E SAIS

### **META**

Apresentar os transportes de água e sais nas plantas.

### **OBJETIVOS**

Ao final desta aula, o aluno deverá:  
entender a absorção da água e dos sais pelas plantas, conceituando as teorias coesão-tensão e teoria radicular.

### **PRÉ-REQUISITOS**

Conceitos básicos de Fisiologia Vegetal abordados na aula anterior.



(Fonte: <http://www.flores-online.com>).

### INTRODUÇÃO

Muitas modificações foram necessárias para que as plantas se adaptassem à vida no ambiente terrestre. Dentre essas adaptações, está o surgimento de um sistema condutor de água a longa distância, através do qual uma significativa massa d'água pode circular diariamente por um vegetal. Assim surgiu o xilema, com uma anatomia altamente especializada de modo a oferecer a menor resistência ao transporte da água.

Vimos que a água penetra na planta pelas raízes, sendo perdida, em grandes quantidades, pela folha. Assim, defrontamo-nos com a pergunta inevitável de como a água se desloca de um local para outro, muitas vezes ao longo de grandes distâncias verticais. Essa pergunta intrigou muitas gerações de botânicos.

O caminho geral seguido pela água em sua ascensão já foi claramente identificado. Podemos traçar seu caminho através de uma simples experiência. Mergulhemos um caule cortado em água que tenha sido colorida por qualquer corante inócuo (o caule, de preferência, deve ser cortado sob a água, a fim de evitar que o ar penetre nos elementos condutores do xilema) e, a seguir, sigamos o caminho do líquido no interior das folhas. Verificamos que o corante delimita, de modo bastante claro, os elementos condutores do xilema.



A sequóia gigante é a maior árvore do mundo em termos de volume (em média 50-85m de altura e 5-7m em diâmetro). Medidas recordes de sequóias como 115 m de altura e 8 m de diâmetro já foram reportadas. A sequóia gigante mais velha conhecida possui 4.650 anos de idade e se encontra no parque nacional das sequóias, na Califórnia (Fonte: <http://files.nireblog.com>).

## XILEMA

Para a manutenção de todas as suas atividades metabólicas, as plantas necessitam transportar uma grande variedade de substâncias de uma região para outra.

Nas plantas unicelulares, os centros de produção e consumo de alimentos estão muito próximos, de tal modo que o transporte de substâncias não oferece problemas.

À medida que apareceram as plantas pluricelulares, houve uma especialização progressiva de tal modo que os tecidos fotossintetizantes ficaram isolados nas partes verdes e aéreas e distantes das raízes que necessitam dos produtos da fotossíntese. Por outro lado, as plantas requerem um fornecimento contínuo de água e sais minerais absorvidos pelas raízes. Para promover a união desses dois centros distantes, as plantas desenvolveram, durante a evolução, os tecidos vasculares (condutores). Esses são verdadeiros canais que transportam rapidamente os nutrientes de uma região para outra.

A solução de água com nutrientes minerais obtidos do ambiente através das raízes é denominada seiva bruta e deve ser levada até às folhas através de um tecido formado por vasos, o xilema.



Corte transversal de um caule mostrando o xilema (Fonte: [www.passeiweb.com](http://www.passeiweb.com)).

Os tecidos vasculares são representados pelo lenho ou xilema e pelo líber ou floema.

O lenho ou xilema é um tecido altamente especializado para o transporte de água e nutrientes minerais, absorvidos do solo. O conteúdo xilemático é conhecido por seiva bruta, mineral ou inorgânica.

O xilema é um tecido complexo formado por diferentes tipos de células. Já o sistema traqueário é formado por células mortas, longadas e

lignificadas. A lignina deposita-se ao longo das paredes celulares formando depósitos anelados, espiralados, reticulados etc. Existem dois tipos de células: elementos do vaso e traqueídes; o Parênquima lenhoso é constituído por células vivas associadas com as células do sistema traqueário; os elementos mecânicos são células mortas de esclerênquima.

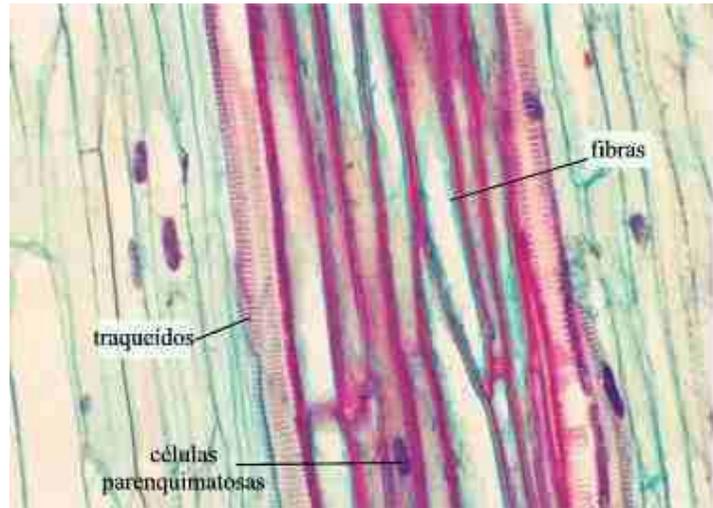


Figura 2 - Corte histológico da estrutura do xilema (<httpwww.portalsaofrancisco.com>).

### O MECANISMO DE COESÃO-ADESÃO-TENSÃO

O sistema radicular serve para fixar a planta ao solo e, sobretudo, para satisfazer as tremendas exigências hídricas das folhas. Quase toda água que a planta recolhe do solo penetra através das partes mais jovens da raiz. A absorção ocorre diretamente através da epiderme da raiz, em grande parte na região dos pelos radiculares. Vários milímetros acima do ápice da raiz, os pêlos radiculares proporcionam uma enorme área de absorção. A partir dos pelos radiculares, a água move-se através do córtex, da endoderme (a camada interna de células corticais) e do periciclo, penetrando no xilema primário. A água, uma vez nos elementos condutores do xilema, ascende através da raiz e do caule e penetra nas folhas.

Da epiderme até a endoderme, a água pode seguir três vias distintas: Via apoplasto – a água move-se continuamente na região das paredes celulares e nos espaços intercelulares até à endoderme; Via simplasto – o simplasto consiste de uma rede contínua de citoplasmas de células interconectados pelos plasmodesmas. Neste caso, a água move-se de célula em célula, através dos plasmodesmas; Via transmembranar – neste caso, a água move-se de célula em célula cruzando a membrana plasmática e podendo cruzar, também, a membrana do vacúolo. O transporte de água através das membranas pode ocorrer pela bicamada fosfolipídica ou através de canais.

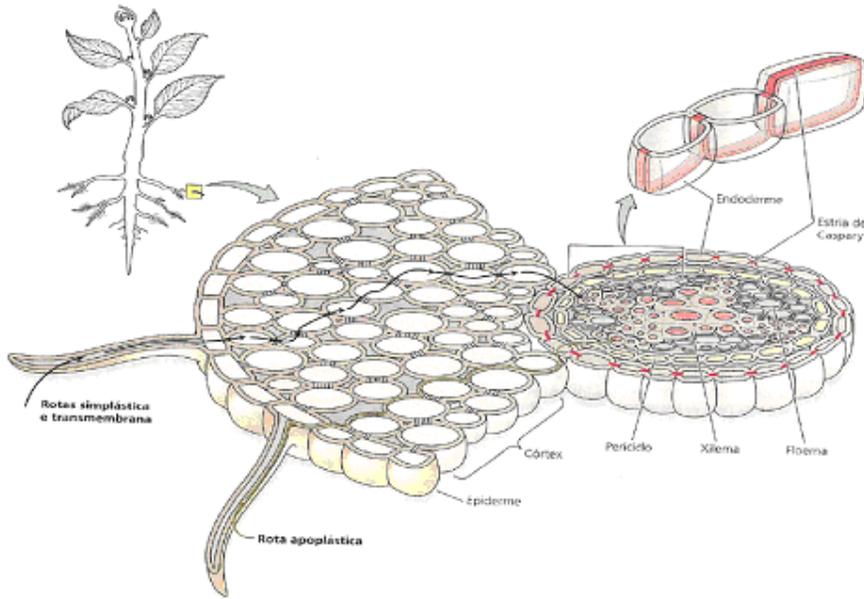


Figura 3 - Movimento de água nas raízes via apoplasto, simplasto e transmembranas (Taiz & Zeiger, 1998)

Nesta teoria, o movimento ascensional de soluto xilémico explica-se do seguinte modo: a planta, através das folhas, perde água por transpiração; o conteúdo celular fica mais concentrado e a falta de água é repostada com água vinda das células vizinhas. Eventualmente, esta água pode provir diretamente dos vasos xilémicos; as folhas passam a exercer uma tensão ou força de sucção que se faz sentir ao longo da coluna de xilema do caule; sujeitos a esta força de sucção, a água e os sais minerais circulam desde a raiz até às folhas, numa coluna contínua; a continuidade da coluna de líquido é explicada pelas forças de coesão (união de moléculas idênticas) das moléculas de água e adesão (atração e união de moléculas diferentes) das moléculas de água às paredes dos vasos estreitos do xilema.

O que determina a ascensão de soluto xilémico é, portanto, a sucção transpiratória, já demonstrada por Dixon Joly no princípio do século.

Este mecanismo é conhecido por teoria de Dixon, por mecanismo de coesão-adesão-tensão ou sucção transpiratória.

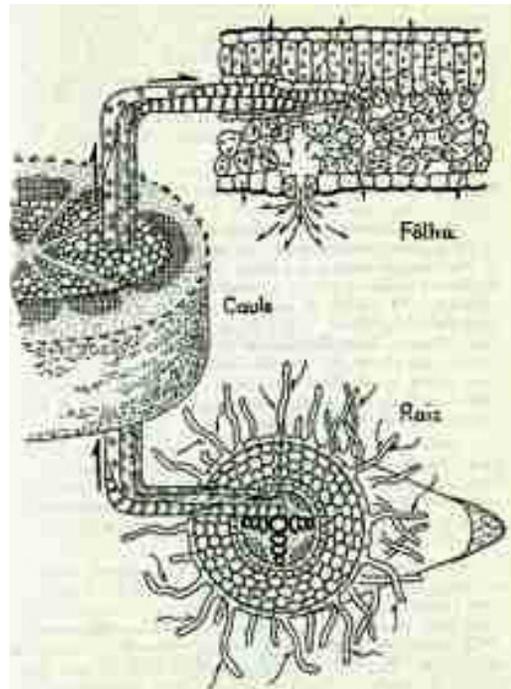


Figura 4 - Ilustração da teoria de Dixon (br.geocities.com).

### Gutação

É a eliminação de água em estado líquido pelos hidatódios nas folhas. É um processo comum em plantas nativas de locais úmidos, onde a água precisa ser eliminada do organismo rapidamente.

### Hidatódios

São porções de tecido fundamental das folhas diferenciadas em glândulas destinadas a expelir água com íons por estômatos modificados que se encontram nas pontas e nas margens das folhas de algumas espécies de plantas.

## TEORIA DA PRESSÃO DE RAIZ

Quando a transpiração se processa de modo muito lento ou é ausente, como durante a noite, as células da raiz podem secretar íons dentro do xilema. Como o tecido vascular da raiz é circundado pela endoderme, que é uma camada de células estreitamente reunidas com paredes radiais e transversais impermeáveis à água e aos íons, os íons não tendem a escapar do xilema. Em consequência, o potencial de água do xilema torna-se mais negativo, e a água penetra no xilema por osmose através das células circundantes. Deste modo, desenvolve-se uma pressão positiva, denominada de pressão de raiz, que força tanto a água como os íons dissolvidos para cima no xilema.

Você já deve ter observado, sem dúvida alguma, os efeitos da pressão de raiz. Nas primeiras horas da manhã, é muito provável vermos gotículas de água, semelhante a orvalho, nos ápices de folhas de gramíneas. Estas gotículas não são de orvalho, o qual consiste de água que se condensou no ar, e sim provem do interior da folha por um processo denominado **gutação**. Não exsudam através dos estômatos, mas através de poros especiais denominados **hidatódios**, que se encontram localizados nos ápices e nas margens das folhas.

A água da gutação é ligeiramente forçada para fora das folhas pela pressão radicular.



Figura 5 - Imagem de gutação em folhas de morangueira (Fonte: wikimedia.org/br).

Deve-se salientar que a pressão de raiz se apresenta menos eficaz durante o dia, quando o movimento de água através da planta é máximo. A pressão de raiz nunca chega a ser bastante grande para forçar a água até o ápice de uma árvore alta. Além disso, muitas plantas, como os pinheiros, não desenvolvem pressão de raiz. Por conseguinte, a pressão de raiz deve ser talvez considerada em parte como um produto derivado do mecanismo de bombeamento de íons para o interior do xilema e, talvez em parte, como um meio auxiliar de mover a água no caule sob condições especiais.

## CONCLUSÃO

Você deve ter percebido como ocorre o movimento de água e sais minerais do solo para o interior da planta, através dos processos teorizados como: teoria da coesão-adesão-tensão e teoria da pressão radicular. Estes processos servirão de base para que você possa compreender muitos outros ensinamentos que virão.

Por isso, é importante que você saiba identificar as funções da raiz e da folha no transporte de água e sais minerais.

Com essas informações bem definidas em sua mente, você poderá compreender com detalhes a translocação da seiva elaborada, que será discutida na próxima aula.

## RESUMO

Nesta aula, você pode observar que a planta absorve água e sais minerais através dos processos teorizados como: teoria da coesão-adesão-tensão e teoria da pressão radicular.

Para a manutenção de todas as suas atividades metabólicas, as plantas necessitam transportar uma grande variedade de substâncias de uma região para outra. A solução de água com nutrientes minerais obtidos do ambiente através das raízes é denominada seiva bruta e deve ser levada até às folhas através de um tecido formado por vasos, o xilema. Quase toda água que a planta recolhe do solo penetra através das partes mais jovens da raiz. A absorção ocorre diretamente através da epiderme da raiz, em grande parte na região dos pelos radiculares. Vários milímetros acima do ápice da raiz, os pêlos radiculares proporcionam uma enorme área de absorção. A partir dos pelos radiculares, a água move-se através do córtex, da endoderme (a camada interna de células corticais) e do periciclo, penetrando no xilema primário. A água, uma vez nos elementos condutores do xilema, ascende através da raiz e do caule e penetra nas folhas.

Da epiderme até a endoderme, a água pode seguir três vias distintas: via apoplasto – a água move-se continuamente na região das paredes celulares e nos espaços intercelulares até a endoderme; Via simplasto – o simplasto consiste de uma rede contínua de citoplasmas de células interconectados pelos plasmodesmas. Neste caso, a água move-se de célula em célula, através dos plasmodesmas; via transmembranar – neste caso, a água move-se de célula em célula cruzando a membrana plasmática e podendo cruzar, também, a membrana do vacúolo (tonoplasto). O transporte de água através das membranas pode ocorrer pela bicamada fosfolipídica ou através de canais.





### ATIVIDADES

1. Descreva as vias de água e de sais minerais da epiderme até a endoderme.
2. Por que não verificamos a gutação em plantas altas?

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

1 - A água pode seguir três vias distintas: via apoplasto – a água move-se continuamente na região das paredes celulares e nos espaços intercelulares até a endoderme; via simplasto – o simplasto consiste de uma rede contínua de citoplasmas de células interconectados pelos plasmodesmas. Neste caso, a água move-se de célula em célula, através dos plasmodesmas; via transmembranar – neste caso, a água move-se de célula em célula cruzando a membrana plasmática e podendo cruzar, também, a membrana do vacúolo. O transporte de água através das membranas pode ocorrer pela bicamada fosfolipídica ou através de canais.

2 - A pressão de raiz nunca chega a ser bastante grande para forçar a água até o ápice de uma árvore alta. Além disso, muitas plantas, como os pinheiros, não desenvolvem pressão de raiz. Por conseguinte, a pressão de raiz deve ser talvez considerada em parte como um produto derivado do mecanismo de bombeamento de íons para o interior do xilema e, talvez em parte, como um meio auxiliar de mover a água no caule sob condições especiais.



### PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, iremos estudar a translocação da seiva elaborada através do floema.



### AUTOAVALIAÇÃO

1. Quais das seguintes características podem ser relacionadas à teoria de Dixon?
  - a) coesão da água suficiente para suportar pressão;
  - b) poder de absorção de água das folhas elevadas;
  - c) continuidade da coluna líquida nos vasos;
  - d) vasos capazes de resistir mecanicamente a altas tensões;
2. Explique a teoria da pressão radicular.

## REFERÊNCIAS

FERREIRA, L. G. R. **Fisiologia vegetal: relações hídricas**. 1 ed. Fortaleza: Edições UFC, 1992.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Editora Artmed, 2004.