

Nomes: Helena Streit, Juliana Schmidt da Silva e Mariana Santos Stucky

Introdução

Ascensão da água e nutrientes inorgânicos

A ascensão da água e dos solutos através do xilema é um processo que requer uma força motriz bastante elevada. Quanto mais alta for a planta, maior deverá ser a força que permite a chegada da solução xilemática até o ápice caulinar. Na natureza, podemos encontrar árvores que chegam a mais de 90m de altura, a sequóia, por exemplo. Como é sabido, a pressão atmosférica corresponde a uma coluna de 10,3m de água, então como é possível que a seiva alcance a folha mais alta dessa sequóia? Na tentativa de elucidar qual o mecanismo envolvido nesse transporte, seja em uma planta herbácea de poucos centímetros ou em um eucalipto de 130 m, foram elaboradas três teorias: a **teoria da pressão de raiz**, a da **capilaridade** e da **coesão e tensão**.

Para um melhor estudo do assunto, porém, é importante ter algum conhecimento sobre a morfologia das plantas (em especial angiospermas).

Conceitos básicos da morfologia de angiospermas

Fazendo o trajeto da água e dos sais minerais a desde sua entrada na planta, começamos pela **zona pilífera**, região da raiz provida de pêlos absorventes. Esses pêlos podem ter até 10mm de comprimento e nascem a partir de células da camada mais externa. A absorção de água e de íons é facilitada pelo aumento de superfície e pela ausência de cutinização dos pêlos.

Depois da absorção, a solução de água e sais minerais – chamada seiva bruta – segue pelo **xilema** ou lenho, formado por células mortas e reforçadas por lignina, ramificando-se para chegar às folhas. A planta perde água por estruturas na folha

chamadas de **estômatos** – compostas por duas células dispostas de modo a deixar entre elas uma abertura, o ostíolo.

Pressão de raiz

Caracteriza-se pelo desenvolvimento de uma pressão positiva no xilema, na região das raízes, que serve para impulsionar a solução xilemática para cima. O desenvolvimento dessa pressão positiva se dá devido à deposição ativa de solutos absorvidos pela raiz nos vasos do xilema. Tal deposição ocasiona um potencial hídrico muito negativo, havendo grande entrada de água nesses vasos. Como o retorno da água à córtex é dificultado pela presença da endoderme, essa acumula-se nos vasos xilemáticos, gerando a pressão positiva que impulsiona a solução. Este tipo de pressão pode atingir até 3 atmosferas e é gerada por absorção ativa. Ela ocorre quando a transpiração é baixa ou inexistente como de noite.

No entanto, a contribuição dessa pressão hidrostática para a ascensão da solução xilemática é válida apenas para plantas de pequeno porte (herbáceas), sendo praticamente nula para plantas maiores. Além disso, essa pressão não foi detectada em todas as plantas estudadas e só se manifesta em condições especiais. Em plantas que estão transpirando normalmente, o xilema encontra-se sob tensão, ou seja, sob pressão negativa.

Tais considerações descartam a teoria da pressão da raiz como sendo um mecanismo universal para explicar o transporte no xilema.

Capilaridade

A capilaridade é a capacidade que um fluido tem de subir ou descer dentro de um tubo com um diâmetro muito pequeno (um capilar, em alusão aos fios de cabelo que são muito finos), aparentemente violando as leis da gravidade. Quando esse fenômeno ocorre, o líquido no interior do capilar apresenta uma curvatura (o menisco), que pode ser côncava ou convexa, que define o ângulo de contato. Além do menisco, existe um desnível entre as superfícies do líquido no tubo e no recipiente. Ambos dependem da relação entre as forças de **ADESÃO** e de **COESÃO** ou forças atrativas.

O ângulo de contato e altura atingida pelo líquido (se ele sobe ou desce) dependerão das forças coesivas (entre as moléculas do líquido) e das forças adesivas (entre as moléculas do líquido e as do tubo). No caso da água as forças de adesão são superiores as forças de coesão, é por essa razão que o formato do menisco é côncavo. Já em relação ao mercúrio, por exemplo, acontece o contrário e o menisco se torna convexo (veja figura 1).

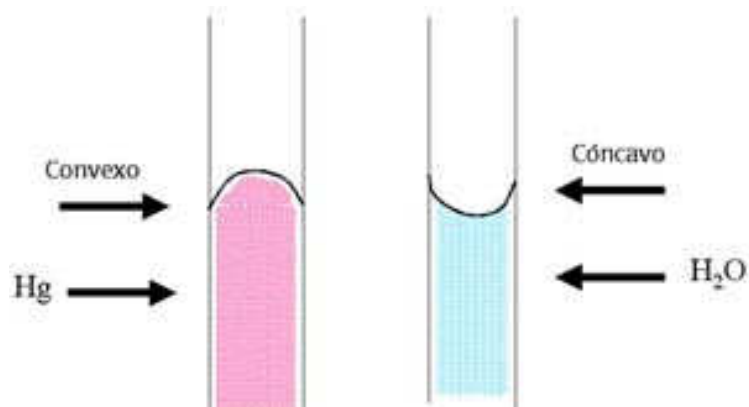


Figura 1 capilaridade quando o líquido Mercúrio (Hg) e água (H₂O).

A altura alcançada pelo líquido dentro de um tubo capilar depende da natureza do líquido e do raio do tubo capilar, conforme a figura 2.

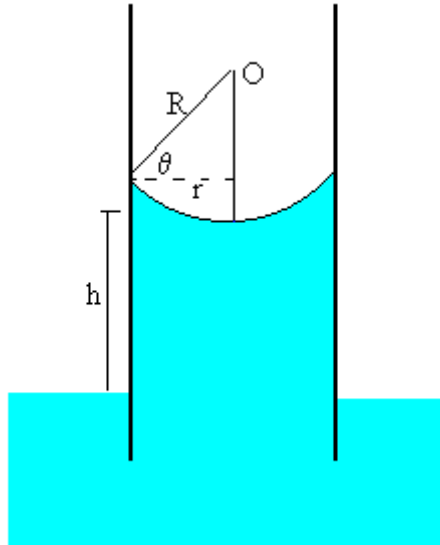


Figura 2 Caso em que um fluido se eleva a altura h dentro de um capilar com raio r .

De acordo com a equação a força vertical resultante devido à tensão superficial será $T_{yy} = 2\pi r \cdot \gamma \cdot \cos\theta$, e o peso da coluna de líquido com altura h será dado por:

$mg = \rho \pi r^2 h g$. Como o fluido está em repouso teremos $T_{yy} = m \cdot g$.

Logo, a altura da coluna é dada pela seguinte fórmula:

$$h = \frac{2\gamma \cos\alpha}{r \rho g}$$

Podemos perceber que a tensão superficial (T_γ) e a densidade (ρ) do líquido são as principais variáveis que determinam a altura que o líquido atinge.

Todavia, a capilaridade sozinha não pode ser responsável pela ascensão da seiva, pois ela tem um “limite”. Por exemplo, se o diâmetro do xilema for de 0,02mm a altura máxima atingida pela ação capilar seria de 1,5m, e, como sabemos, existem plantas muito maior do que isso.

Tensão e Coesão

Essa teoria é atribuída a Dixon (1914) e é a mais aceita como modelo universal de transporte no xilema. Ela é regida, basicamente, por um gradiente de potencial

hídrico (entre a atmosfera, a planta e o solo), pelas propriedades de coesão e adesão das moléculas de água e pela força de tensão nos vasos xilemáticos (figura 3).

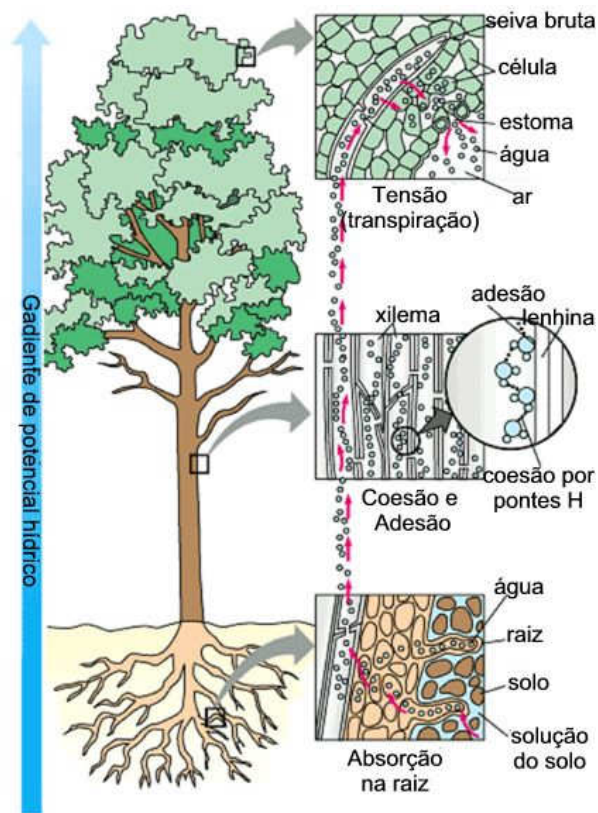


Figura 3 Esquema do gradiente de potencial hídrico.

O ar que circunda as folhas possui, normalmente, menos água que as próprias folhas. Ou seja, o potencial hídrico é menor na atmosfera que nas folhas. Assim, a planta perde água das folhas para o ar durante a transpiração e conforme as folhas perdem água, suas células absorvem a seiva inorgânica dos vasos xilemáticos, provocando uma pressão de sucção que puxa a coluna líquida no interior dos vasos do xilema. A água perdida pelas células do mesofilo que delimitam a câmara subestomática é repostada pela água de células adjacentes, criando -se um gradiente de potencial hídrico que se propaga ao longo de toda a folha, atingindo as células do xilema. Como consequência, os vasos xilemáticos são submetidos a uma forte tensão (pressão negativa) e sua água é,

literalmente, sugada para cima. Essa sucção, induzida pela diferença de concentração colaborada pelo déficit hídrico no extrato arbóreo (somatório da evaporação das folhas), gera um gradiente osmótico desencadeando uma pressão positiva nos capilares desde a raiz, suficiente para sensibilizar a zona pilífera a absorver água contida no solo; logo, a água está sendo continuamente absorvida pela planta.

Devido à coesão e à adesão, a coluna de água do xilema não é interrompida, evitando a formação de bolhas de ar, cujos efeitos seriam danosos. Fica evidente a importância do reforço de lignina nas paredes dos elementos de vaso para impedir o colapso dos mesmos submetidos à força de sucção. Se fossem moles, as células teriam coladas as suas paredes, o que interromperia a passagem da seiva.

Considerações finais

A grande questão a respeito da condução da seiva bruta era: como é possível uma planta transportar seiva da raiz às suas folhas contrariando a gravidade? Todas as teorias descritas anteriormente explicam de alguma maneira a condução. No entanto, sozinhas elas não são capazes de explicar satisfatoriamente; entretanto, uma complementa a outra.