Atração Capilar e Transporte de Seiva Bruta

Fabrício Bueno

As moléculas de água exercem forças coesivas entre si. Estas forças se devem à polaridade das moléculas de H_2O, onde os elementos O, com carga negativa, atraem os elementos H, com carga positiva, de outras moléculas próximas. No interior do líquido, estas forças se anulam, uma vez que as mesmas têm direções opostas. Já na superfície, apenas as forças laterais se anulam, sendo que a força resultante média é dirigida para o interior do líquido. Portanto, há uma energia potencial na superfície do líquido, caracterizando uma membrana superficial relativamente elástica.

Esta energia potencial por unidade de área é denominada tensão superficial (γ), cuja unidade é J/m^2 ou N/m. A fórmula para cálculo da força de tensão superficial é dada na equação (1) (Prado, 2006).

$$T_{\gamma}=F-mg=2\pi r\gamma\cos\theta \quad (1)$$

onde:

- $\mathbf{T_{\gamma}}$ é a força de tensão superficial;
- **F** é a força necessária para retirar um objeto da superfície do líquido;
- **m** é a massa do objeto;
- **g** é a gravidade (**mg** é o peso do objeto);
- $\boldsymbol{\gamma}$ é a tensão superficial;
- $\boldsymbol{\theta}$ é o ângulo de contato formado na deformação da superfície.

A tensão superficial, além de permitir que alguns seres vivos flutuem sobre a água, é a responsável pela ação capilar (ou capilaridade), que é a capacidade de um líquido tem de subir ou descer dentro de um tubo de diâmetro muito pequeno, aparentemente contra o efeito da gravidade. A ação capilar pode facilmente ser visualizada ao se introduzir um tubo com extremidades abertas em um líquido, que alcança uma determinada altura, dependendo do diâmetro do tubo (que é inversamente proporcional à altura), à força coesiva (F_c) entre as moléculas do líquido, e a força adesiva (F_a) entre as moléculas do líquido e o material do tubo.

Se $F_c>F_a$, então o líquido descerá dentro do tubo, e a superfície do líquido apresentará uma curvatura com ângulo de contato $\boldsymbol{\theta}$<90°, caso contrário ($F_c<F_a$) o líquido subirá e o ângulo de contato $\boldsymbol{\theta}$ >90°.

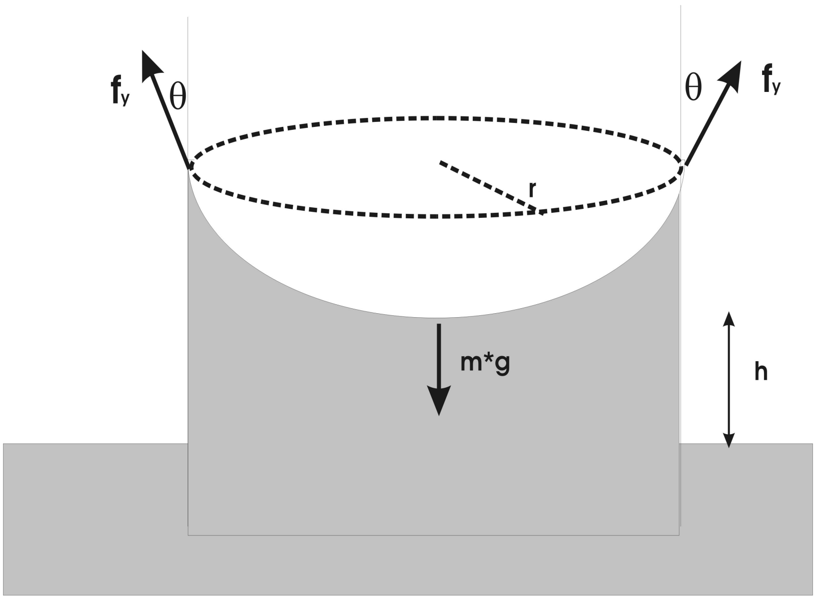

Figura 1: Líquido elevado a uma altura h dentro de um tubo de raio r

Como o líquido ilustrado na figura 1 está em repouso, a força F da equação (1) é nula. Logo esta equação pode ser reescrita:

$$T_\gamma = mg = 2\pi r\gamma\cos\theta \quad (2)$$

Sendo o peso da coluna de líquido calculado pela equação (3), conforme (Duran, 2003):

$$mg = \rho\pi r^2 hg \quad (3)$$

onde:

- ρ é a densidade do líquido;
- **r** é o raio da deformação, ou seja, da curvatura na superfície do líquido;
- **h** é a altura que o líquido atingiu no tubo;
- **g** é a gravidade;

Baseando-se nas equações (2) e (3), têm-se a equação (4), a partir da qual é possível obter a altura que o líquido atinge dentro do tubo, conforme a equação (5)

$$\rho\pi r^2 hg = 2\pi r\gamma\cos\theta \quad (4)$$

$$h = \frac{2\pi\gamma\cos\theta}{\rho\pi rg} \quad (5)$$

Pode-se verificar que a densidade e a tensão superficial do líquido, juntamente com o raio do tubo, são as principais variáveis que determinam a altura alcançada.

A capilaridade, entretanto, é apenas parcialmente responsável pela elevação da seiva desde as raízes até as folhas de uma planta. Isto pode ser verificado com o exemplo 1.

> Exemplo 1: O condutor de xilema de uma árvore de 50 metros de altura possui raio médio de 0,05mm. Sendo a tensão superficial média da seiva bruta de aproximadamente $5{,}5 \times 10^{-2}$ N/m, a densidade média de aproximadamente 10^3 kg/m^3, e o ângulo de contato de 45°, qual a altura alcançada pela seiva bruta?

$$h=\frac{2\,\gamma\cos\theta}{\rho r g}=\frac{2*5{,}5*10^{-2}*cos45}{10^{3}*0{,}05*10^{-3}*9{,}8}\approx 0{,}16\,m=16\text{cm}$$

Fica claro, portanto, a existência de outras forças que, juntamente com a capilaridade, elevam a seiva bruta pelo xilema até as folhas.

Referências Bibliográficas

PRADO, C. H. B.; CASALI, C. A. *Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral*. Barueri, SP: Manole, 2006.

DURAN, J. E. R. *Biofísica: fundamentos e aplicações*. São Paulo, SP: Prentice Hall, 2003.