

## IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E SUAS PROPRIEDADES PARA A VIDA

**Eleonora Cano Carmona<sup>1</sup>, Cárol Cabral Terrone<sup>2</sup>, Juliana Montesino de Freitas Nascimento<sup>3</sup>, Dejanira Franceschi de Angelis<sup>4</sup>.**

A natureza suave da água – insípida, inodora e incolor – dissimula sua fundamental importância para os seres vivos. A água é a **substância mais abundante**, constituindo 70% do corpo humano e de muitos outros organismos, que vivem circundados por água em todo o nosso planeta. Além de abundante, **a água é fundamental** para os seres vivos porque praticamente todas as moléculas que ocorrem nos seres vivos – **as biomoléculas** - assumem suas formas graças às propriedades físicas e químicas da água, o que as capacitam a executar suas funções biológicas; o meio no qual ocorre a maioria das reações nos seres vivos é aquoso, sendo a água o veículo de assimilação e eliminação de muitas substâncias pelos organismos; e a água também participa de muitas reações que ocorrem nos seres vivos.

A vida, como a conhecemos, se originou na água e é absolutamente dependente dela. A evolução da vida na terra foi modelada pelas propriedades do meio aquoso, no qual ela ocorreu. Todas as formas de vidas necessitam de água, desde as aquáticas, que passam toda sua vida em ambiente aquoso, até os organismos terrestres, que apresentam interior aquoso. As **propriedades da água** são, por essa razão, de importância fundamental para todos os seres vivos, pois todos os aspectos da estrutura e função das células e, portanto da vida, são adaptados às propriedades físicas e químicas da água.

A molécula de água é constituída de 2 átomos hidrogênio (H) e 1 de oxigênio (O) e, por essa razão, representada pela fórmula **H<sub>2</sub>O**. O núcleo do oxigênio atrai mais os elétrons que o núcleo do hidrogênio, ou seja, o oxigênio é mais eletronegativo. Devido à essa diferença de eletronegatividade entre os átomos de hidrogênio e oxigênio, e a estrutura angular em forma de V, a água apresenta polaridade, ou seja, tem duas regiões mais negativas ( $\delta^-$ ) e duas mais positivas ( $\delta^+$ ) (Fig. 1a).

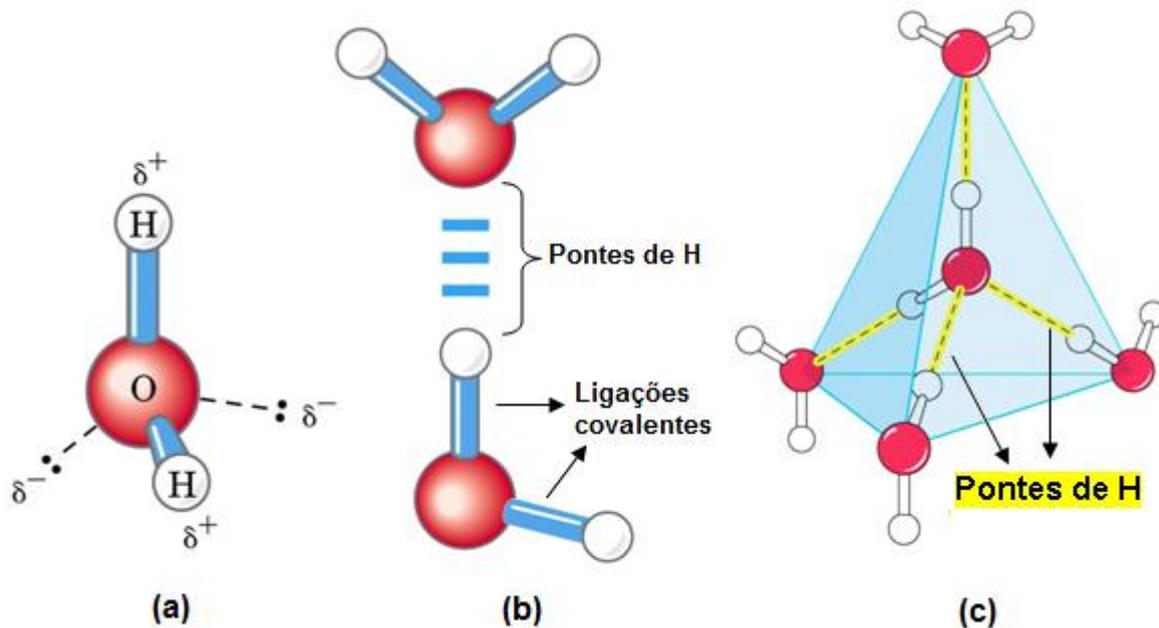
<sup>1</sup>Professor Adjunto de Bioquímica do Departamento de Bioquímica e Microbiologia, e do Programa de Pós-graduação em Microbiologia Aplicada, Instituto de Biociências de Rio Claro – IB/ UNESP.

<sup>2</sup>Mestre em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada) pelo Instituto de Biociências de Rio Claro – IB/ UNESP.

<sup>3</sup>Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” – ESALQ/ USP.

<sup>4</sup>Professor Adjunto de Microbiologia do Programa de Pós-graduação em Microbiologia Aplicada, Instituto de Biociências de Rio Claro – IB/ UNESP.

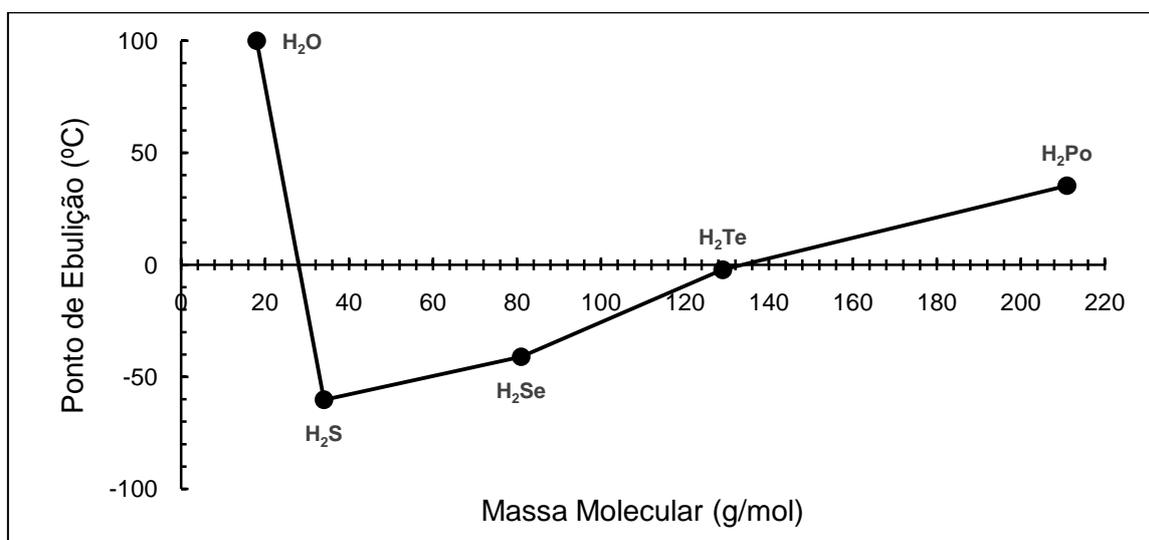
No estado líquido, muitas moléculas de água se ligam, por interação eletrostática: um lado de carga parcial positiva de uma molécula se liga a um lado de carga parcial negativa de outra – uma ligação denominada **ligação hidrogênio ou ponte de hidrogênio** (Fig.1b). O arranjo tetraédrico dos orbitais do O possibilita que cada molécula de água forme ligações hidrogênio com 4 outras moléculas vizinhas (Fig. 1c).



**Figura 1:** Estrutura e interações das moléculas de água. Polaridade (a), Ligações covalentes e intermoleculares (b) e arranjo tetraédrico de uma molécula de água com outras quatro (c). **Fonte:** Nelson & Cox (2014)

As ligações hidrogênio são muito mais fracas que ligações covalentes, aquelas que ligam os átomos nas moléculas, mas como elas ocorrem em grande número, conferem grande coesão à água líquida. À temperatura ambiente, a energia térmica de uma solução aquosa resultante do movimento de átomos e moléculas individuais, é da mesma ordem de grandeza que a requerida para a quebra das pontes de hidrogênio. Quando a água é aquecida, sua temperatura aumenta, refletindo o movimento mais rápido das moléculas individuais e as mesmas se separam no estado gasoso. Embora, em qualquer momento muitas das moléculas, em água líquida, estejam ligadas por pontes de hidrogênio, o tempo de vida de cada ligação é muito curto, mas como rapidamente se restabelecem, tem-se uma **rede oscilante de moléculas interligadas** nessas condições. Assim, as moléculas de água estão em contínuo movimento no estado líquido, e as ligações de hidrogênio constantemente se formam e rapidamente se quebram.

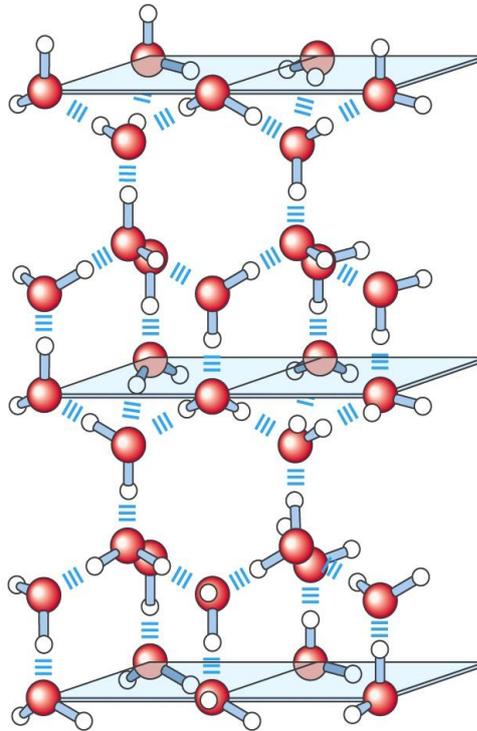
O grande número de pontes de hidrogênio entre as moléculas faz com que a água apresente um **ponto de ebulição** 200° acima do previsto, o que pode ser observado quando se extrapola a reta do gráfico da massa molecular dos compostos formados pelo H combinado aos elementos da família do O, contra o ponto de ebulição (Fig. 2). Essa maior quantidade de energia é necessária para o rompimento das pontes de hidrogênio e separação das moléculas de água, a fim de atingir o estado gasoso, e o ponto de ebulição da água ao nível do mar é 100 °C. Portanto, as pontes de hidrogênio entre moléculas de água consistem nas forças que fazem da água um **líquido à temperatura ambiente**.



**Figura 2:** Relação entre as massas moleculares e os pontos de ebulição dos hidretos moleculares da família do oxigênio H<sub>2</sub>O , H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>Se, H<sub>2</sub>Te e H<sub>2</sub>Po.

O **ponto de fusão** ou congelamento da água - 0 °C, é também muito mais elevado que o de muitos compostos que apresentam polaridade como o álcool etílico ou etanol, cujo ponto de fusão é -117 °C. No **gelo**, contudo, cada molécula de água está fixa, e estabelece pontes de hidrogênio com 4 outras, produzindo uma estrutura regular em forma de gaiola, o que provoca uma expansão ou aumento de volume, quando a água líquida se congela ou passa para o estado sólido (Fig. 3). Esse aumento de volume, de uma mesma quantidade de massa, causa uma diminuição da densidade – a relação massa/volume. O gelo, portanto, é menos denso que a água líquida e flutua sobre a mesma. As pontes de hidrogênio entre as moléculas de água constituem as forças coesivas que favorecem a extrema ordem das moléculas, típica do estado sólido no gelo. A **menor densidade do gelo** que da água faz com que lagos e oceanos se congelem do topo para baixo, o que é de extrema relevância para os ciclos de vida dos organismos aquáticos que vivem em

regiões frias do planeta. A camada de gelo no topo separa o ar gelado da água de lagos e oceanos, impedindo que essas soluções aquosas e os seres vivos nelas presente se congelem.



**Figura 3:** Estrutura do gelo, mostrando as pontes de hidrogênio de cada molécula de água com quatro outras. **Fonte:** Nelson & Cox (2014)

A água apresenta elevado **calor específico** - energia necessária para elevar de 1 °C a temperatura de 1 g de uma substância. O alto calor específico da água permite que ela atue como **tampão térmico**. Muitos organismos mantêm temperatura praticamente constante, mesmo quando a temperatura ambiente diminui ou aumenta, ou quando o calor é gerado pelo metabolismo, graças a essa propriedade da água, pois grande quantidade de calor é necessária para aumentar a temperatura da água ou de um meio aquoso.

A água também apresenta elevado **calor de vaporização** - energia necessária para converter 1 g de líquido em vapor, estando ambos na temperatura de ebulição e pressão atmosférica (2.260 J/g), praticamente o dobro do calor de vaporização do metanol e quase três vezes o do etanol. O alto calor de vaporização da água é explorado pelos vertebrados para eliminar o excesso de calor pela **evaporação do suor**.

O alto grau de coesão das moléculas de água, no estado líquido, resultante do grande número de pontes de hidrogênio, é usado pelas plantas como um meio

para **transportar os nutrientes** dissolvidos, das raízes até as folhas, através da transpiração.

Devido às pontes de hidrogênio, a água também apresenta elevada **tensão superficial**, razão pela qual, pequenos objetos mesmo mais densos podem flutuar sobre ela, e alguns insetos conseguem andar sobre sua superfície (Fig. 4). Além disso, as pontes de hidrogênio também respondem pela **viscosidade**, e pelo poder de dissolução da água, que atua como **solvente** para muitas biomoléculas, o que permitiu o aparecimento dos primeiros organismos vivos nos oceanos primitivos, e a evolução da vida na terra.

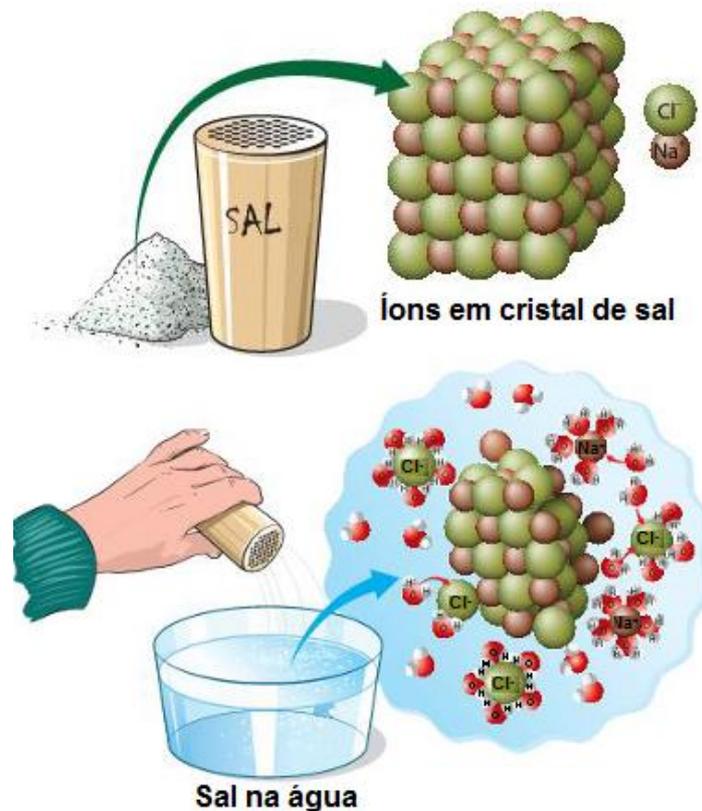


**Figura 4:** Mosquito *Aedes aegypti* pousa sobre a água, e devido à elevada tensão superficial tem sua superfície deformada pelo peso do inseto, mas não se rompe.  
**Fonte:** Tensão superficial da água, 2016.

A polaridade da água e sua capacidade de estabelecer pontes de hidrogênio são responsáveis pelas **propriedades da água como solvente**. Quando um soluto se dissolve num solvente, os íons ou moléculas que constituem o soluto ficam separados uns dos outros por moléculas do solvente, formando a solução. Geralmente, um soluto se dissolve num solvente que tem estrutura semelhante a ele. Solventes polares como a água tendem a dissolver solutos polares ou iônicos, enquanto solventes não polares, como gasolina, éter e óleos, tendem a dissolver solutos não polares.

A **água dissolve sais**, como o cloreto de sódio - o sal de cozinha, por interação eletrostática com os íons (partículas carregadas), hidratando-os e neutralizando-os parcialmente, e assim enfraquecendo as interações iônicas que mantêm o retículo cristalino. À medida que o sal se dissolve, os íons adquirem maior

grau de liberdade, ou seja, ocorre um aumento da entropia, com conseqüente diminuição da energia livre, o que constitui um estado energeticamente mais favorável (Fig. 5).



**Figura 5:** A água como solvente do sal, cloreto de sódio, dissolve seus íons, hidratando-os.  
**Fonte:** Mundo educação, 2016.

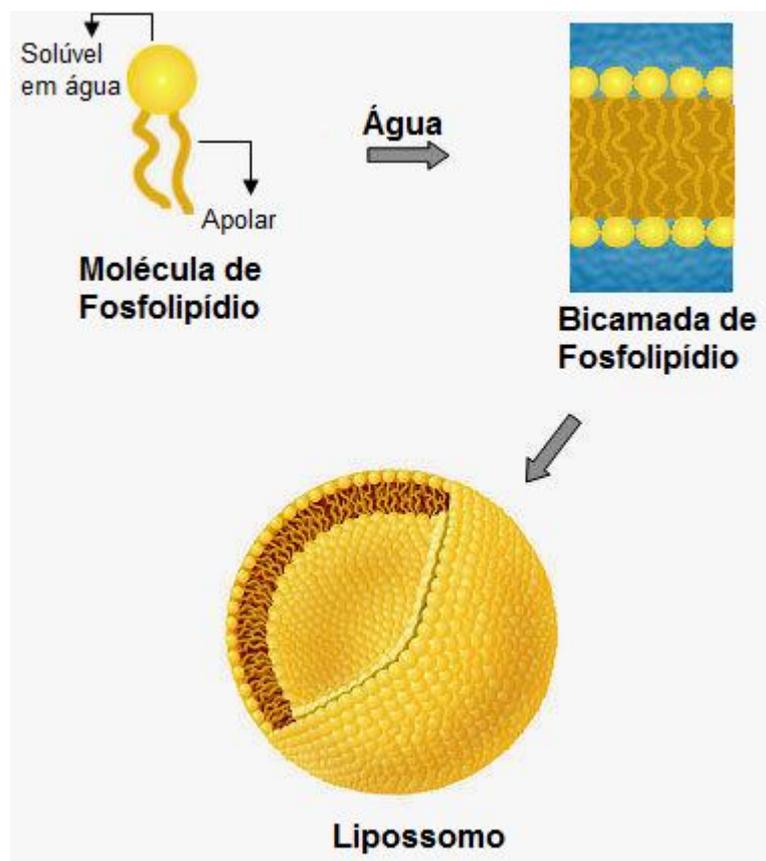
A **água dissolve moléculas polares**, como a sacarose - o açúcar comum, e outros carboidratos, porque as pontes de hidrogênio entre as moléculas de água são substituídas por pontes de hidrogênio entre a água e as moléculas do soluto. Biomoléculas polares não carregadas se dissolvem prontamente na água devido ao efeito estabilizante de muitas pontes de hidrogênio.

**Substâncias pouco polares e não polares** apresentam baixa solubilidade em água, ou seja, são pouco solúveis ou **insolúveis em água**. Assim, **gases** não polares como oxigênio, nitrogênio e gás carbônico, são pouco solúveis em água, contudo muitas formas de vidas aquáticas dependem da pequena quantidade de oxigênio dissolvido na água para sua sobrevivência.

**Gorduras, óleos e ceras** são biomoléculas não polares por isso **apresentam baixa solubilidade em água**, exercendo a função de armazenamento de energia, mas as ceras executam outras funções relacionadas a sua insolubilidade em água e consistência firme, como lubrificantes para proteger os

pelos, as penas e até mesmo a pele dos animais, bem como as folhas lustrosas das plantas, impedindo evaporação excessiva de água e livrando-as de certos parasitas.

As moléculas que tem parte polar e parte não polar são denominadas anfipáticas, sendo os lipídios de membranas exemplos típicos desse tipo de biomoléculas. Em soluções aquosas, essas **moléculas anfipáticas** tendem a se reunir, diminuindo os efeitos energéticos desfavoráveis de sua presença na água, formando bicamadas que se fecham em **vesículas ou lipossomo** (Fig. 6). Provavelmente, foi assim que a primeira célula se formou, englobando um pequeno volume de solução aquosa contendo determinados íons e moléculas, e separando-o do restante do universo.



**Figura 6:** Agregados de lipídios anfipáticos de membranas: bicamada e lipossomo.  
**Fonte:** Lipossomo, 2016.

A água é encontrada principalmente na forma molecular, contudo pequena proporção de **água se ioniza**, produzindo os íons:  $H^+$  - o próton e  $OH^-$  - a hidroxila, o que pode ser representado pela equação:



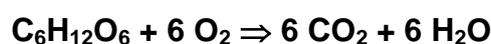
Em água pura, ou em soluções, nas quais as quantidades ou concentrações desses íons são iguais tem-se a condição **neutra**, contudo se uma solução aquosa tiver uma quantidade ou concentração de  $H^+$  maior que de  $OH^-$  tem-se uma **solução ácida**, e se a concentração de  $OH^-$  for maior que de  $H^+$  tem-se uma **solução básica ou alcalina**. Soluções aquosas de ácidos inorgânicos ou orgânicos, assim como de outras substâncias capazes de liberar prótons são ácidas, enquanto soluções que contém bases ou substâncias que aceitam prótons são básicas ou alcalinas.

A leve tendência da água de se **ionizar** é também de importância fundamental para a função e estrutura das biomoléculas, pois esses íons influenciam profundamente as estruturas, as interações e propriedades dos componentes celulares, incluindo enzimas e outras proteínas, ácidos nucleicos e lipídios. As interações responsáveis pela especificidade de reconhecimento entre biomoléculas são profundamente influenciadas pelas propriedades da água como solvente. A autoionização da água, bem como o modo pelo qual as soluções aquosas de ácidos e bases fracos e seus sais atuam como **tampões**, que resistem a alterações de acidez e basicidade, são extremamente importantes para os sistemas biológicos.

Quase todos os **processos biológicos** são dependentes das condições de neutralidade, acidez ou basicidade do meio no qual ocorrem. Alterações nessas condições causam mudanças na velocidade das reações. Muitas biomoléculas, especialmente as proteínas e ácidos nucleicos apresentam grupos que se ionizam, capazes de doar ou aceitar prótons, e funcionam como ácidos ou bases fracos, e seus estados iônicos dependem das concentrações relativas de  $H^+$  e  $OH^-$  nas soluções aquosas, nas quais estão presentes.

O fundamental de todos os seres vivos é que muitas propriedades físicas e químicas das biomoléculas presentes nas células, especialmente proteínas e ácidos nucleicos, derivam de suas interações com moléculas de água do meio ou com seus íons.

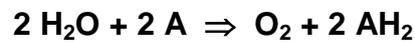
A água não é apenas o solvente das reações que ocorrem nos seres vivos, mas também participa de muitas delas. A **água é o produto da reação** da oxidação aeróbica completa de combustíveis como a glicose:



A água também é produzida durante a oxidação aeróbica de lipídios. A água metabólica formada a partir dos combustíveis estocados é suficiente para permitir que alguns animais vivam sem beber água por longos períodos, em ambientes muito

secos, como os camelos, ratos e cangurus. Animais que hibernam comem e engordam bastante durante o outono, e durante o inverno oxidam as gorduras, produzindo grandes quantidades de água, que repõe a água perdida na respiração.

Na fotossíntese, a **água atua como reagente**, pois as plantas e algas usam a energia solar para quebrar a molécula de água:



Essa reação ocorre com absorção de luz visível, sendo A uma espécie que varia com o tipo de organismo fotossintetizante. A fotossíntese é essencial para quase todas as formas de vida, uma vez que os seres vivos que não a realizam dependem dos que executam esse processo para sua sobrevivência.

As soluções apresentam propriedades diferentes dos solventes puros, que dependem do número de partículas do soluto (moléculas ou íons) e não de sua natureza – as **propriedades coligativas**. Portanto, soluções aquosas apresentam propriedades diferentes da água pura, pois os solutos dissolvidos alteram essas propriedades por diminuírem a concentração efetiva da água.

As propriedades coligativas são: diminuição da pressão de vapor, aumento do ponto de ebulição, diminuição do ponto de fusão e pressão osmótica da solução em relação ao solvente puro.

Para uma solução aquosa que contém 1 mol de um soluto molecular, como a sacarose, em 1000 g de água, a pressão de vapor é menor, o ponto de fusão ou congelamento é quase 2 °C menor, e o ponto de ebulição é cerca de 0,5 °C maior, que da água pura. O efeito de um soluto iônico como o cloreto de sódio é o dobro daquele observado com um soluto molecular, na mesma concentração. Por isso a água do mar permanece em estado líquido em temperaturas abaixo de 0 °C.

A pressão osmótica também depende da concentração do soluto. Quando soluções aquosas com diferentes concentrações de soluto são separadas por uma membrana semipermeável – permeável à água, mas impermeável ao soluto - as moléculas de água tendem a se mover de modo a igualar sua concentração. A força necessária para impedir o movimento da água é a pressão osmótica. Numa certa temperatura, a pressão osmótica depende do grau de ionização do soluto e da sua concentração – **a osmolaridade**, e caso a solução contenha vários solutos, o efeito total corresponde à soma das contribuições de cada um deles.

As membranas celulares são mais permeáveis à água, que a maioria das moléculas orgânicas e íons inorgânicos. Soluções de mesma osmolaridade são isotônicas, de molaridade menor hipotônica e de osmolaridade maior hipertônicas.

Em solução hipotônica, a água entra na célula, e a célula intumescce e, se não tiver parede celular, se rompe.

As paredes celulares das plantas e de micro-organismos são rígidas, o que possibilita a manutenção de suas células em meio hipotônico. As plantas usam a pressão osmótica para alcançar rigidez mecânica. A elevada concentração de soluto nos vacúolos traz água para dentro da célula, e a pressão osmótica resultante contra a parede enrijece a célula, o tecido e o corpo da planta.

Certos protozoários, que vivem em ambiente hipotônico, tem um vacúolo contrátil que bombeia água para fora da células, o que possibilita a sobrevivência.

Em animais multicelulares, o plasma sanguíneo, o fluido extracelular e o citoplasma das células têm osmolaridades semelhantes. As células bombeiam íons sódio para o fluido extracelular a fim de manter o equilíbrio osmótico. A alta concentração de proteínas no plasma sanguíneo contribui para a osmolaridade.

Como a osmolaridade depende do número e não das massas, macromoléculas apresentam menor efeito que seus componentes e o armazenamento de polissacarídeos, como o amido nas plantas, e o glicogênio nos animais, ao invés de glicose, evita um enorme aumento da pressão osmótica dentro da célula.

Os organismos são, portanto, adaptados ao ambiente aquoso e desenvolveram meios de explorar as raras e singulares propriedades da água. Podem-se observar diferentes tipos de seres vivos que se caracterizam pela **disponibilidade de água**, originando a diversidade dos ecossistemas. Seres vivos podem ser encontrados onde existe água, desde em ambientes extremos como fontes hidrotermais próximas de crateras de vulcões, até em ambientes gelados como a Antártica. Alguns organismos sobrevivem ao dessecação, conseguindo isso apenas por meio da dormência, como ocorre com sementes de plantas e esporos de micro-organismos.

A **influência da água** foi determinante ao longo da evolução biológica, e se outras formas de vida evoluíram em outro lugar do universo, é provável que se assemelhem as da Terra, somente se água em abundância esteve disponível. Por essa razão, a pesquisa de vida em outros planetas é sempre iniciada pela busca de água líquida nesses ambientes extraterrestres.

Conclui-se, portanto, que **a água é imprescindível** como recurso natural renovável, sendo de suma importância para o desenvolvimento dos ecossistemas e vital para todos os seres vivos. A presença de poluentes na água altera

significativamente suas propriedades e, por essa razão, afetam a vida, comprometendo-a em muitos casos. Assim, os gestores dos recursos hídricos devem estar atentos, garantindo a qualidade da água a fim de se preservar a vida.

#### **Referências consultadas:**

**Lipossomas.** Disponível em:

<[http://static.wixstatic.com/media/6439db\\_405f9cd6f14a2dce7cd62adfade3a613.jpg\\_512](http://static.wixstatic.com/media/6439db_405f9cd6f14a2dce7cd62adfade3a613.jpg_512)> Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

**Mundo Educação – Sal dissolvido em água.** Disponível em:

<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/sal-na-agua.jpg>>. Acesso em 13 de fevereiro de 2016.

MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; RODWELL, V. W. **Harper Bioquímica Ilustrada.** McGraw – Hill, 27<sup>o</sup> ed, São Paulo, 2007.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger.** Artmed Editora Ltda., 6<sup>o</sup> ed. Porto Alegre, 2014.

**Tensão superficial da água.** Disponível em:

<[http://www.omundodaquimica.com.br/images/cz\\_mosquito.jpg](http://www.omundodaquimica.com.br/images/cz_mosquito.jpg)>. Acesso em 14 de fevereiro de 2016.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica – A vida em nível molecular.** Artmed Editora Ltda., 4<sup>o</sup> ed., Porto Alegre, 2014.