

A dessalinização sustentável em respeito aos oceanos

Introdução

É imperiosa a água na vida dos seres humanos. O fato se mostra verídico a partir do momento em que a maior parte do corpo é composta por água, acompanhada por proteínas, lipídios e outras substâncias. É possível verificar uma relação análoga entre a constituição da superfície terrestre e a estrutura corporal humana, uma vez que grande parte da primeira também é formada por água — de maior parte salina —, assim como é dependente dessa substância, a qual é imprescindível para a manutenção da fauna e da flora.

A água do mar não pode ser utilizada para consumo humano devido à sua concentração exagerada de sais, principalmente cloreto de sódio, causando desidratação em quem a consome, além do gosto não ser agradável. Sabendo disso, a água potável deve satisfazer determinadas condições de acordo com a legislação de cada país. Tem de ser transparente, incolor, inodora e o seu conteúdo em substâncias orgânicas e inorgânicas se encontra sujeito a limitações, conforme Decreto – Lei nº 306/2007 de 27 de agosto de 2007 (Tabela 1).^[1]

Tabela 1 - Composição salina da água do mar

Espécies iônicas presentes na água do mar	%(m/m _{sais})	g/kg de água
Cloreto	55,0	19,00
Sódio	30,6	10,00
Sulfato	7,7	2,50
Magnésio	3,7	1,30
Cálcio	1,2	0,40
Potássio	1,1	0,40
Hidrogenocarbonatos	0,4	0,10
Brometo	0,2	0,07
Outros	0,1	0,04

Contudo, a ausência de água, seja por qualidade ou por quantidade, tem sido preocupante ao longo da história da humanidade. Desde a última década do século XX, este problema se sobressaiu devido ao crescente aumento populacional, à melhoria da qualidade de vida e à importância que a imprensa tem dado ao tema, permitindo sua divulgação por todo o meio.^[2]

Em vista disso, muitos países têm lidado com problemas relacionados ao fornecimento de água potável e ao atendimento às necessidades das indústrias. Isso pode ser atribuído ao desenvolvimento da urbanização, arranjos institucionais deficientes, práticas de gestão inadequadas, água em esgotamento e deterioração da qualidade, especialmente em aquíferos subterrâneos rasos.^[3]

Consequentemente, tem-se procurado soluções para se obter água purificada a partir da água encontrada em poços, córregos ou oceanos. Isso foi dado como possível por meio de uma técnica chamada dessalinização, ou seja, o processo que envolve a remoção de sais dissolvidos na água do mar ou nas águas salobras subterrâneas, com o propósito de se produzir água doce.^[4,5]

Nas últimas décadas, várias tecnologias de dessalinização de água do mar foram desenvolvidas para aumentar, por diversos motivos, o fornecimento de água nas regiões escassas do mundo. Devido às restrições de altos custos de dessalinização, muitos países não podem pagá-las, principalmente por necessitarem de grande quantidade de energia. Por mais que alguns meios de dessalinização ainda sejam relativamente caros, quando comparados ao tratamento convencional de água potável, o custo de dessalinização vem diminuindo e, por outro lado, o de produção de água convencional vem aumentando devido à poluição e à dificuldade ao seu acesso.^[4,6]

A dessalinização da água do mar é responsável por uma produção mundial de água de 5 bilhões de m³/ano, entretanto, embora os muitos benefícios que tem a oferecer, aumentam-se as preocupações com os potenciais impactos negativos sobre o meio ambiente. As questões principais são o concentrado e as descargas químicas para o ambiente marinho, as emissões atmosféricas poluentes e a demanda energética dos processos. São diversos os esforços objetivando a redução desses impactos, particularmente com pesquisas visando a

utilização de recursos naturais renováveis, o aumento da eficácia dos procedimentos e a introdução de novas tecnologias com menor emissão de gases do efeito estufa, tal como a energia elétrica solar fotovoltaica — que baseia-se na aplicação de painéis solares que absorvem a luz e, por meio do efeito fotovoltaico, fornecem energia elétrica —, que por meio de estudos, constatou ser bastante viável, já que a separação do sal da água, proveniente do destilado equipado com sonda lambda, obteve água pura e sal. Esse processo de tratamento é um meio sustentável e não poluente, podendo ser utilizado na produção de água adicionada de sais e na extração de sal para o consumo e comercialização. ^[6,7,8]

O Quadro 1 apresenta os processos de dessalinização utilizados atualmente. ^[6]

Quadro 1- Processos de dessalinização

I - Processos térmicos ou de mudança de fase:		II - Processos de membrana:	
Termo em português	Termo em inglês	Termo em português	Termo em inglês
Destilação rápida de Múltiplo Estágio	Muti-stage flash distillation (MSF)	Osmose reversa (OR)	Reverse Osmosis (RO)
Destilação de Múltiplo Efeito	Multiple effect distillation (MED)	OR sem reaproveitamento de energia	RO with energy reuse
Destilação por Compressão de Vapor	Vapor compression (VC)	OR com reaproveitamento de energia	RO without energy reuse
Congelamento	Freezing	Eletrodiálise	Electrodialysis (ED)
Método de umidificação-desumidificação solar	Humidificação/dehumidification (HDH)	Eletrodiálise reversível	Reverse Electrodialysis (EDR)
Destilação Solar	Solar distillation	Nanofiltração	Nanofiltration (NF)

A separação do sal da água por meio da evaporação é uma prática antiga, datada da época em que o sal, e não a água, era um bem precioso, como descrito por Aristóteles. ^[9]

Há casos em que se necessita determinar a quantidade de massa de um soluto não volátil em um certo volume de água ou solução, como, por exemplo, na água do mar; entretanto, quando se deseja obter água pura livre de solutos, a melhor forma é por destilação. ^[10]

Desde o século XV a destilação passou a ser muito utilizada pela indústria. Todos os processos químicos que necessitam de purificação, seja em álcool, água ou ainda em petróleo, a utilizam. Por todo o mundo, em usinas de dessalinização térmica, a água do mar é aquecida a temperaturas extremas — normalmente até 375°C, enquanto as instalações mais recentes atingem temperaturas de até 560°C —, misturada com produtos químicos e dessalinizada para produzir água fresca. ^[10,11,12]

Precisamente, a destilação se dá como um processo no qual duas substâncias são separadas por meio de aquecimento, com conseqüente vaporização da substância de menor ponto de ebulição e posterior condensação seletiva. Se a água do mar, por exemplo, passar por este processo, após aquecida, entrará em ebulição e passará pelo condensador, saindo na forma de água líquida, separando-se do sal, que ficará no primeiro recipiente. ^[10]

Experimento, resultados e discussão

Como todos os processos de obtenção de água adequada para consumo humano são baseados na separação da água de outras substâncias, um experimento foi conduzido simulando a destilação da água do mar (Figura 1). Usando água comum de torneira, preparou-se uma solução com o sal cloreto de sódio (NaCl), na concentração de aproximadamente 35 g.L⁻¹, que equivale à concentração da soma dos sais na água do mar. A mistura foi colocada em um balão de destilação, sob aquecimento. Assim, o vapor do componente de menor temperatura de ebulição, ou seja, a água (mais volátil), passou pelo tubo interno do condensador, se condensou e foi recolhido em um erlenmeyer. ^[13]

O mar é uma das soluções mais complexas que existem. Em sua composição há centenas de sais dissolvidos, como o sulfato de magnésio e o cloreto de sódio. Para que uma molécula de água evapore, duas condições precisam ser atendidas: que ultrapasse as forças intermoleculares e que esteja na superfície do líquido. Na água pura, este processo, que é chamado de vaporização, pode ocorrer a qualquer temperatura e, ao contrário do que muitos pensam, não precisa entrar em ebulição.

A vaporização pode ocorrer de três formas: ebulição, evaporação e calefação, e, neste caso, é a evaporação que ocorre. No interior da água, as moléculas interagem umas com as outras em todas as direções, por ligações de hidrogênio que, dentre as três forças intermoleculares existentes (dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio), é a mais forte, apesar das três serem fracas (Figura 2). Já na superfície, as interações não são feitas em todas as direções e, sim, somente para baixo e para os lados, criando assim uma tensão nessa superfície, a qual é denominada tensão superficial (Figura 3). E para uma molécula de água evaporar, além de ter que romper as ligações intermoleculares, também precisa romper a tensão superficial. ^[10,14,15]

Porém, quando um soluto não volátil (como por exemplo o NaCl) é adicionado à água, forma-se uma solução, e as moléculas de água passam a não evaporar com tanta facilidade, pois interações ocorrem também com os íons presentes. Quando o NaCl é adicionado à água, ocorre um processo de dissolução e posteriormente de dissociação, conforme a reação a seguir: ^[14]

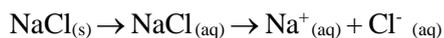


Figura 1 – Destilação de água salinizada

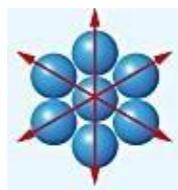


Figura 2 – Interações da água em todas as direções no interior do líquido

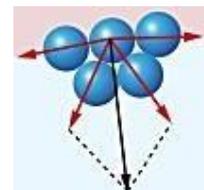


Figura 3 – Interações da água para baixo e para os lados, criando a tensão superficial

Os íons presentes são envoltos por moléculas de água, num processo chamado de solvatação, e estas interações são conhecidas como íon-dipolo. Dessa forma, a água terá maior dificuldade para evaporar. Como forma-se menor quantidade de vapor de água neste caso, diminui-se a pressão de vapor deste líquido. Este efeito da diminuição da pressão de vapor de um solvente pela adição de um soluto não volátil é conhecido como tonoscopia. É o que ocorre na água do mar, fazendo com que a água não seja evaporada facilmente, caso contrário, o volume seria diminuído de forma drástica. ^[14]

Junto a este, outro fenômeno ocorre quando se adiciona um soluto não volátil à água. É o fenômeno da ebulioscopia, que altera (aumenta) a temperatura de ebulição do solvente devido à adição deste soluto. Pelo mesmo motivo, a água estará “ocupada” com outras interações, dificultando o processo de ebulição, que ocorrerá numa temperatura maior. E este foi o fenômeno observado no experimento realizado, cuja temperatura de ebulição foi maior que o que deveria. Por estar acima do nível do mar, a temperatura de ebulição da água pura seria um pouco menor que 100°C e, no experimento, apesar de não ter sido possível medir com precisão, o valor esteve acima de 100°C. ^[14]

Essa prática demonstrou os conceitos envolvidos para a obtenção de água “isenta” de sais, que cada vez mais será necessária para o mundo, dada a crescente dificuldade em se encontrar água potável.

Conclusão

Com base no experimento realizado e nos dados dissertados, é inegável que a dessalinização é uma técnica provida de muita importância no meio social, tanto quanto no científico. A cada dia que passa o mundo sofre com a escassez de água e processos que visam aproveitar a água do mar são cada vez mais necessários. Sua otimização e aprimoramento torna-se urgente tanto para diminuir os efeitos negativos que geram, quanto para não afetar o ecossistema. Os conhecimentos químicos são primordiais para isto e podem ser aplicados para oferecer essa e outras soluções a fim de tornar o mundo mais humano e menos cruel para aqueles que não têm acesso à água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DIOGO, M. A. A. P. *Dessalinização da Água do Mar*. 2013. 96 p. Relatório de Estágio (Grau de Mestre em Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário) — Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2013.
2. JUAN, J. A. M. S. *Desalación de aguas salobres y de mar*. Osmose inversa. 1.ed. Madrid: Mundi-Prensa. 395p. 2000.
3. Agência Nacional de Águas – ANA. *Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos*: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília, 2011. 160 p.
4. EBC. *Soluções sustentáveis para o uso da água*. Disponível em: <<https://www.ebc.com.br/especiais-agua/solucoes-hidricas/>> . Acesso em: 09 de mar. 2021.
5. JESUS, G.O., FREITAS, J.J.S.O., SILVA, R.J., FORTE, L.G., MATTEDI, S.S., FIUZA, R.P. 2015. *Destilação de água por energia solar*. *Cadernos de Prospecção*. V.8, N.3. Acesso em: 09 mar. 2021.
6. SANTOS, A.A.M.; (2013). *Análise custo/benefício do processo da dessalinização da água do mar*. 2013. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cíveis) — Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2013.
7. ANAIS DO UNIVERSO ATENEU, VII, 2018, Fortaleza. Anais... Fortaleza: 2018. 342p.
8. PORTAL SOLAR. *Como funciona a energia solar*. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html#:~:text=O%20funcionamento%20da%20energia%20solar,chamada%20de%20energia%20solar%20fotovoltaica.>> . Acesso em: 10 de mar. 2021.

9. KALOGIROU, S. A. *Seawater Desalination Using Renewable Energy Sources*. Progress in Energy and Combustion Science 31. 1.ed. Chipre (2005) 242–281.
10. UNIPAC. *Unidade 4 (8ª. e 9ª. Semanas). Destilação - Operações Unitárias*. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/57401589/unidade-4-texto-destilacao>>. Acesso em: 10 mar. 2021.
11. HASHIM, A., HAJJAJ, M. *Impacto de efluentes fluidos de usinas de dessalinização na integridade da água do mar, com o Golfo Pérsico em perspectiva*. Desalination. Santa Margherita, 22–26, Maio, 2005. 373-393 p. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916405004534>> Acesso em: 06 mar. 2021.
12. UOL. *Salinidade das águas: Sais dissolvidos tornam mares e oceanos salgados*. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/salinidade-das-aguas-sais-dissolvidos-tornam-mares-e-oceanos-salgados.htm>> Acesso em: 12 abr. 2021.
13. BELESSIOTIS, V., KALOGIROU, S. A., DELYANNIS, E. *Thermal Solar Desalination: Methods and Systems*. 1.ed. Academic Press. 382p. 2016.
14. SILVA, G.S.T.; GOMES, E.M.; VITORINO, C.A.A; FIORETT, P.C. Sistema de ensino pH: ensino médio. Caderno 1: Química – 2a série – 1. ed. – São Paulo: SOMOS Sistemas de Ensino, 2017.
15. FIORETT, P.C; NETO, F.M.B. Sistema de ensino pH: ensino médio. Caderno 2: Química – 1a série – 1. ed. – São Paulo: SOMOS Sistemas de Ensino, 2017.