

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SIMONE BORDIGNON

**DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR COMO ALTERNATIVA PARA
OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL**

CURITIBA

2016

SIMONE BORDIGNON

**DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR COMO ALTERNATIVA PARA
OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL**

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Economia e Meio Ambiente de Pós-graduação em Economia e Meio Ambiente, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Mauri Cesar Barbosa Pereira.

CURITIBA

2016

“Nada no mundo é mais dócil e frágil que a água. Entretanto, nada a supera para afetar o que é rígido e forte e ninguém pode igualar-se a água em persistência”.

Lao Tsé

RESUMO

O presente trabalho tem como tema a dessalinização da água do mar como alternativa para a obtenção de água potável. Toda a água que existe no planeta não sofre grandes alterações desde o surgimento da vida e está distribuída da seguinte forma, 97,5% é salgada e apenas 2,5% é doce. A água, além de saciar a sede também é utilizada em outras situações nas quais os seres humanos necessitam dela para viver e produzir. As três principais formas de consumo da água no mundo são, 70% pela agricultura, 22% pela indústria e 8% para uso doméstico. A distribuição de água para a população é feita através de um sistema de abastecimento de água que capta a água de uma fonte, por exemplo, um lago, um rio ou um reservatório, e trata essa água para deixá-la potável para distribuir. Esse processo também pode ser feito captando água do mar, passando por ~~uma~~ métodos, entre os quais o conhecido como osmose reversa, que consiste na retirada de água salgada do mar ou de uma fonte subterrânea, inicialmente é pré-tratada para remoção de sólidos e depois passa por um sistema de filtros que separam os sais da água. A água dessalinizada passa por um pós-tratamento para ajuste de acidez e alcalinidade e depois é armazenada para ser distribuída. Esse método já vem sendo utilizado em diversos países do mundo, como é o caso do Brasil, de Israel, da Espanha e da Inglaterra.

Palavras-chave: água, dessalinização e osmose reversa.

ABSTRACT

The present work has the desalination of sea water as an alternative to obtain potable water. All the water that exists on the planet has not undergone major changes since the onset of life and is distributed as follows, 97.5% is salty and only 2.5% is sweet. Water, in addition to quenching thirst, is also used in other situations in which humans need it to live and produce. The three main forms of water consumption in the world are 70% by agriculture, 22% by industry and 8% by households. The distribution of water to the population is done through a water supply system that picks up water from a source, for example, a lake, a river or a reservoir, and treats that water to leave it potable to distribute. This process can also be done by capturing sea water through a methods, among which the known as reverse osmosis, which consists of the withdrawal of salt water from the sea or from an underground source, is initially pretreated for removal of solids and then passes through a system Of filters that separate the salts from the water. Desalinated water undergoes a post-treatment to adjust for acidity and alkalinity and is then stored for distribution. This method has been used in several countries around the world, such as Brazil, Israel, Spain and England.

Keywords: water, desalination and reverse osmosis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVO GERAL	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1	CICLO HIDROLÓGICO.....	10
3.2	DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NA TERRA	11
3.3	UTILIZAÇÃO DA ÁGUA NA ATUALIDADE	13
3.3.1	Uso Agrícola	15
3.3.2	Uso Industrial.....	15
3.3.3	Uso Doméstico.....	17
3.4	ABASTECIMENTO DE ÁGUA	18
3.4.1	Dados	18
3.4.2	Sistema de abastecimento de água.....	21
3.5	DESSALINIZAÇÃO	22
3.5.1	Método de Osmose Reserva	23
3.5.2	Dessalinização no mundo.....	25
3.5.3	Casos de dessalinização	26
3.5.3.1	Brasil, Ilha de Fernando de Noronha	26
3.5.3.2	Israel, Sorek e Ashkelon	27
3.5.3.3	Espanha, Barcelona.....	28
3.5.3.4	Inglaterra, Londres.....	29
3.6	LIMITAÇÕES DO USO DA DESSALINIZAÇÃO	30
4	MATERIAIS E METÓDOS.....	32
4.1	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	32
4.1.1	Etapas	32

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	35
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

Muito se discute sobre a falta de água potável para abastecer as necessidades humanas. Conforme descrito no Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, divulgado em 2015, a água está no centro do desenvolvimento sustentável. Os recursos hídricos, e a gama de serviços providos por esses recursos, contribuem para a redução da pobreza, para o crescimento econômico e para a sustentabilidade ambiental. Desde a segurança alimentar e energética até a saúde humana e ambiental, a água contribui para as melhorias no bem-estar social e no crescimento inclusivo, afetando os meios de subsistência de bilhões de pessoas (WWDR, 2015).

De acordo com a UNESCO, 2015, o planeta irá enfrentar um déficit de 40% no abastecimento de água em 2030, a menos que a comunidade internacional melhore dramaticamente o gerenciamento do abastecimento de água. A demanda por água deve disparar em 55% em 2050, enquanto 20% das águas subterrâneas do planeta já estão superexploradas¹.

A água ocupa aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta. Mas 97,5% da água do planeta é salgada e apenas 2,5% é doce. Da parcela de água doce, 68,9% encontra-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (MMA, 2016).

Diante da escassez de água potável para o abastecimento de populações no mundo, constatou-se a necessidade de fazer um estudo sobre as alternativas para solucionar o problema, e a dessalinização da água do mar é uma delas, visto que em alguns países é a principal maneira de obtenção de água potável. Sem dúvida a dessalinização é uma proposta de futuro. Mesmo que no Brasil não exista um estudo amplo sobre a perspectiva da dessalinização e de sua viabilidade, é importante que sejam iniciadas discussões sobre o tema, especialmente em regiões com escassez.

¹ Fonte: **Demanda por água disparará 55% entre a população mundial em 2050, alerta FAO.** Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/demanda-por-agua-disparara-55-entre-a-populacao-mundial-em-2050-alerta-fao/>>. Acesso em: 25/03/2016.

No mundo, 150 países usam a dessalinização como alternativa para obter água potável, são 17 mil usinas de dessalinização de água do mar, 45% da água dessalinizada é produzida na Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Kuwait, Catar, Barein e Omã, nesses países mais de 90% da água é obtida pela dessalinização. Uma dessas usinas fica no Brasil, em Fernando de Noronha, ela produz 650 m³ de água por dia, suficiente para abastecer toda a população da ilha. Graças aos métodos de dessalinização 300 milhões de pessoas no mundo tem acesso a água potável².

Inicialmente serão apresentados os objetivos do trabalho, na sequência será descrito o ciclo da água, a distribuição de água no planeta, sua utilização na atualidade e as formas de abastecimento. Depois, será abordado o tema de dessalinização, mostrando o método de osmose reversa e alguns exemplos de utilização da dessalinização para a obtenção de água potável.

O propósito do presente trabalho é o de apresentar a dessalinização da água do mar como forma alternativa de abastecer uma cidade com água potável, ou seja, no caso de escassez de água, por falta de disponibilidade do recurso como hoje é extraído, ou como alternativa de produção de água potável para abastecer cidades litorâneas.

² Fonte: NEGRÃO, I.; SPITZCOVSKY, D. Dessalinização de água. **Superinteressante**, São Paulo, p. 16, fevereiro, 2015.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Descrever a dessalinização da água do mar como forma alternativa de obtenção de água potável, através do método de osmose reversa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

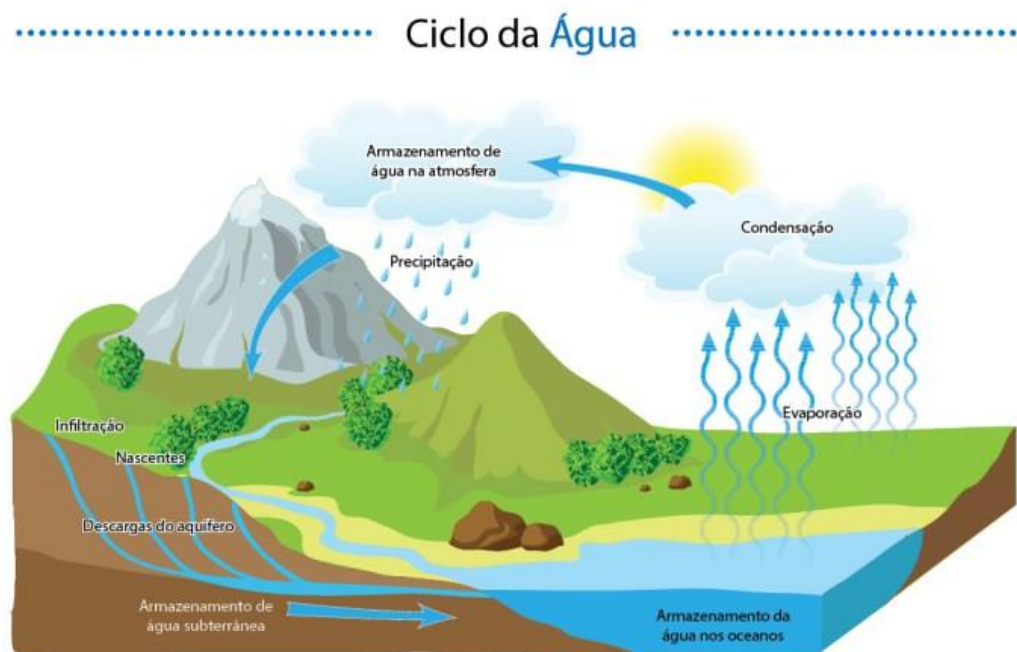
- Apresentar um panorama sobre a utilização da água na atualidade;
- Descrever o abastecimento de água potável;
- Apresentar o método de dessalinização por osmose reversa;
- Mostrar casos de utilização da dessalinização para obtenção de água potável; e
- Citar as limitações da dessalinização.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

A quantidade de água existente no planeta foi calculada pelo hidrogeólogo russo Igor Shiklomanov, para um estudo da ONU, como sendo 1,4 bilhão de km³. Essa quantidade não sofre grandes alterações desde o surgimento da vida por aqui, já que a água está sempre se renovando em seu ciclo, chamado de ciclo hidrológico. A cada ano, segundo cálculos feitos por Shiklomanov, o volume de água evaporado dos oceanos chega a 505 mil km³, o equivalente a uma redução do nível do mar de 1,4 metro, se toda a evaporação acontecesse em um único dia. Desse gigantesco volume, cerca de 458 mil km³, o equivalente a 95% do total, retorna aos oceanos na forma de chuva, enquanto cerca de 60 mil km³ são transportados em direção aos continentes³.

FIGURA 1: CICLO HIDROLÓGICO



FONTE: **O ciclo da água na natureza**. Disponível em: <<http://meioambienterio.com/2015/08/7950/o-ciclo-da-agua-na-natureza/>>. Acesso em: 27/06/2016.

³ Fonte: **Ciclo da Água**. Disponível em: <<http://riosvoadores.com.br/educacional/ciclo-da-agua/>>. Acesso em: 27/06/2016.

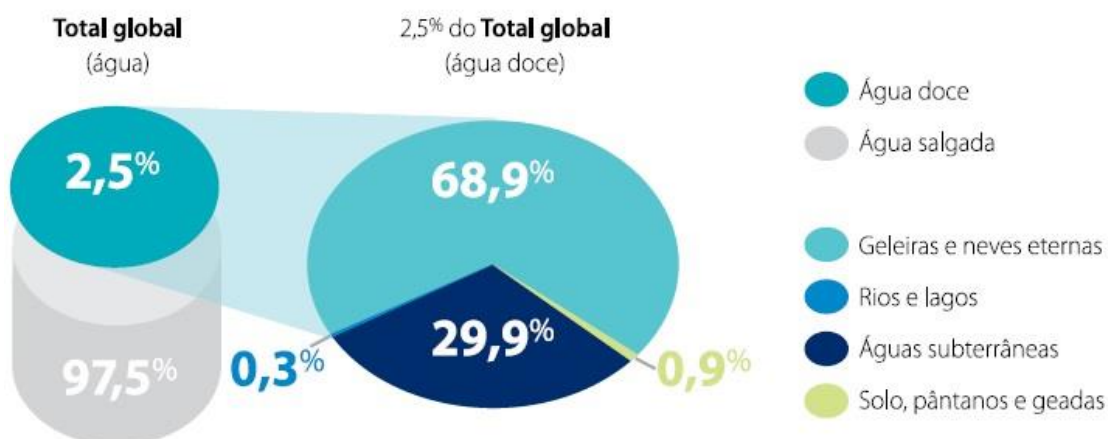
Conforme a Figura 1, o ciclo da água está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na hidrosfera, entre os oceanos, as calotes de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação), e à gravidade, que faz com que a água condensada se caia (precipitação) e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo). Nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, já que uma parte, na sua queda, pode ser interceptada pela vegetação e volta a evaporar-se⁴.

3.2 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NA TERRA

O volume total de água na Terra não aumenta nem diminui, é sempre o mesmo. A água ocupa aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta. Mas 97,5% da água do planeta é salgada e apenas 2,5% é doce. Da parcela de água doce, 68,9% encontra-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (MMA, 2016). (Figura 2).

⁴ Fonte: **Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em: 27/06/2016.

FIGURA 2: DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO PLANETA



FONTE: Adaptado de MMA 2016.

Na figura 3, verifica-se como está distribuída a água dos oceanos no planeta.

FIGURA 3: ÁGUA DOS OCEANOS NO PLANETA



FONTE: **Relevo do mapa mundo**. Disponível em: <<https://pt.dreamstime.com/fotos-de-stock-relevo-do-mapa-de-mundo-image12864273>>. Acesso em: 22/08/2016.

A água doce não está distribuída igualmente em todo o globo. Menos de 10 países concentram 60% do suprimento global de água doce disponível: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e a República Dominicana do Congo (ANA, 2009).

Na figura 4, observa-se a porcentagem de água doce nos continentes e destacar as Américas com 39,6% do total, sendo a América do Sul a que possui a maior porcentagem, com destaque para o Brasil que é o país com maior porcentagem de água doce do mundo.

FIGURA 4: DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DOCE



FONTE: Adaptado de ANA 2009.

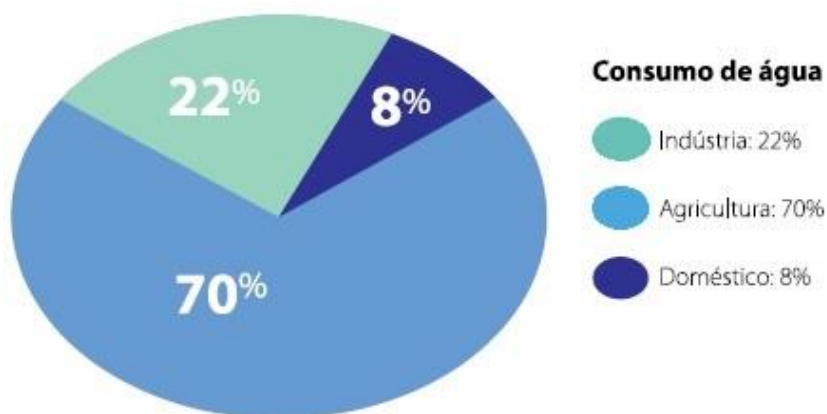
3.3 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA NA ATUALIDADE

A demanda hídrica global é fortemente influenciada pelo crescimento da população, pela urbanização, pelas políticas de segurança alimentar e energética, e pelos processos macroeconômicos, tais como a globalização do comércio, as mudanças na dieta e o aumento do consumo. Em 2050, prevê-se um aumento da demanda hídrica mundial de 55% (WWDR, 2015).

A água além de saciar a sede também é utilizada em outras situações nas quais os seres humanos necessitam dela para viver e produzir (uso industrial, uso agrícola, geração de energia, navegação, pesca e lazer, entre outros).

As três principais formas de consumo da água estão ilustradas na figura 5, são elas: 70% pela agricultura, 22% pela indústria e 8% para uso doméstico.

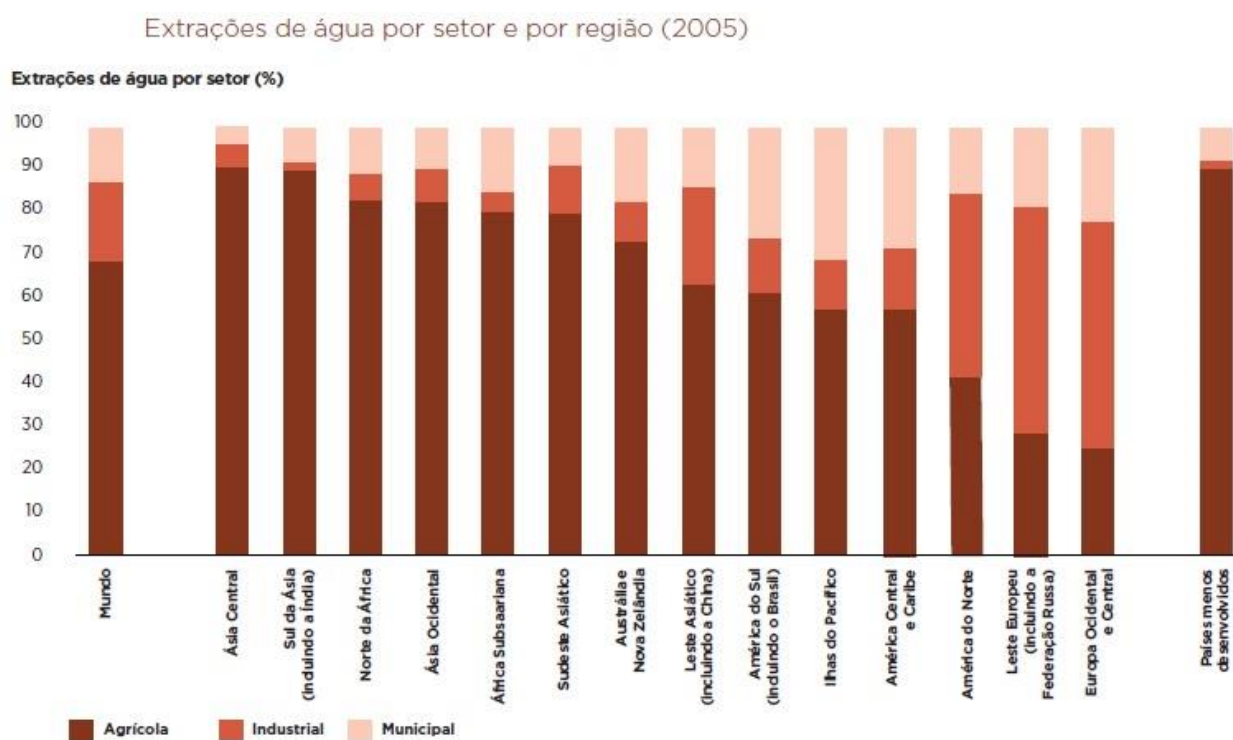
FIGURA 5: CONSUMO DE ÁGUA NO MUNDO



FONTE: Adaptado de MMA 2016.

A figura 6, traz uma visão das regiões do planeta e sua utilização da água. Nos países mais desenvolvidos (ricos), a indústria é o setor que mais consome água, e nos países menos desenvolvidos (pobres), a agricultura é o setor que mais consome a água.

FIGURA 6: EXTRAÇÕES DE ÁGUA POR SETOR E POR REGIÃO



FONTE: Adaptado de WWDR4, 2012.

3.3.1 Uso Agrícola

Em muitos países em desenvolvimento, a irrigação é responsável por mais de 90% da água extraída das fontes disponíveis. Na Inglaterra, onde há chuvas abundantes o ano todo, a água usada na agricultura responde por menos de 1% do uso humano. Em contrapartida, no mesmo continente, a água usada para irrigação na Espanha, Grécia e em Portugal excede 70% do uso total (ANA, 2009).

As chuvas nem sempre são suficientes para suprir a umidade necessária para a produção agrícola. A alternativa para os produtores é a irrigação, atividade que consome mais de dois terços da água doce utilizada no planeta. Além do alto consumo, não raro provocado pelo mau aproveitamento, que leva ao desperdício, a agricultura também afeta drasticamente a qualidade dos solos e dos recursos hídricos. Os agrotóxicos e fertilizantes empregados na agricultura podem ser carregados para os corpos d'água, causando a contaminação, tanto da água superficial, quanto subterrânea (MMA, 2016).

Até 2050, a agricultura precisará produzir globalmente 60% a mais de alimentos, e 100% a mais nos países em desenvolvimento. Sendo já insustentáveis os atuais índices de crescimento global da demanda de água pela agricultura, o setor terá de aumentar sua eficiência no uso dessa água, reduzindo as perdas e, ainda mais importante, aumentando a produtividade das culturas em relação aos recursos hídricos utilizados (WWDR, 2015).

3.3.2 Uso Industrial

Depois da agricultura, a indústria é o segundo maior usuário de água, embora o volume de água utilizado varie enormemente de um tipo de indústria para outro (ANA, 2009). As indústrias respondem por cerca de 22% do consumo total de água, utilizando grandes quantidades de água limpa. O uso nos processos industriais vai desde a incorporação da água nos produtos até a lavagem de materiais, equipamentos e instalações, a utilização em sistemas de refrigeração e geração de vapor (MMA, 2016).

Dependendo do ramo industrial e da tecnologia adotada, a água resultante dos processos industriais (efluentes industriais) pode carregar resíduos tóxicos,

como metais pesados e restos de materiais em decomposição. Estima-se que a cada ano acumulem-se nas águas de 300 mil a 500 mil toneladas de dejetos provenientes das indústrias (MMA, 2016).

A figura 7, mostra o consumo de água conforme o tipo de indústria.

FIGURA 7: CONSUMO DE ÁGUA NAS INDÚSTRIAS

Consumo de Água nas Indústrias	
Tipo de Indústria	Consumo
Laminação de aço	85 m ³ por t de aço
Refinação de petróleo	290 m ³ por barril refinado
Indústria têxtil	1.000 m ³ por t de tecido
Couros (curtumes)	55 m ³ por t de couro
Papel	250 m ³ por t de papel
Saboarias	2 m ³ por t de sabão
Usinas de açúcar	75 m ³ por t de açúcar
Fábrica de conservas	20 m ³ por t de conserva
Laticínios	2 m ³ por t de produto
Cervejaria	20 m ³ por m ³ de cerveja
Lavanderia	10 m ³ por t de roupa
Matadouros	3 m ³ por animal abatido

FONTE: Adaptado de MMA 2016.

Entre 2000 e 2050, prevê-se um aumento de 400% da demanda global de água pela indústria manufatureira, afetando todos os outros setores, com a maior parte desse aumento ocorrendo em economias emergentes e em países em desenvolvimento. Muitas corporações grandes têm feito progressos consideráveis na avaliação e redução do próprio consumo de água e das respectivas cadeias de suprimentos. As pequenas e médias empresas (PME) enfrentam desafios semelhantes em menor escala, mas com meios e capacidades de resposta mais limitados (WWDR, 2015).

3.3.3 Uso Doméstico

O consumo total de água por dia em todas as atividades (beber, cozinhar, tomar banho, escovar os dentes, lavar roupa, etc.) para uma pessoa varia de 25 a 400 litros (GARCEZ, 2011).

A figura 8, mostra as quantidades de litros de água gastos para cada atividade doméstica.

FIGURA 8: CONSUMO DOMÉSTICO DE ÁGUA

<i>Consumo doméstico</i>	
Atividade	Quantidade (em litros)
1 descarga no WC	10 a 16
1 minuto de chuveiro	15
1 tanque com água	150
1 lavagem de mãos	3 a 5
1 lavagem com máquina de lavar	150
1 lavagem com lava-louça	20 a 25
Escovar os dentes com água corrente	11
Lavagem do automóvel com mangueira	100

FONTE: **Falta de água**. Disponível em: <<http://www.cabesp.com.br/home/Materia/Visualizar/613>>.

Acesso em 28/07/2016

Em 100 a.C. um homem consumia 12 litros de água por dia para satisfazer suas necessidades. O homem romano aumentou esse consumo para 20 litros diários. No século 19, o homem passou a consumir 40 litros diários, nas cidades pequenas, e 60 litros/dia, nas cidades grandes. Já no século 20 o homem moderno chegou a consumir 800 litros de água por dia com suas atividades (GARCEZ, 2011).

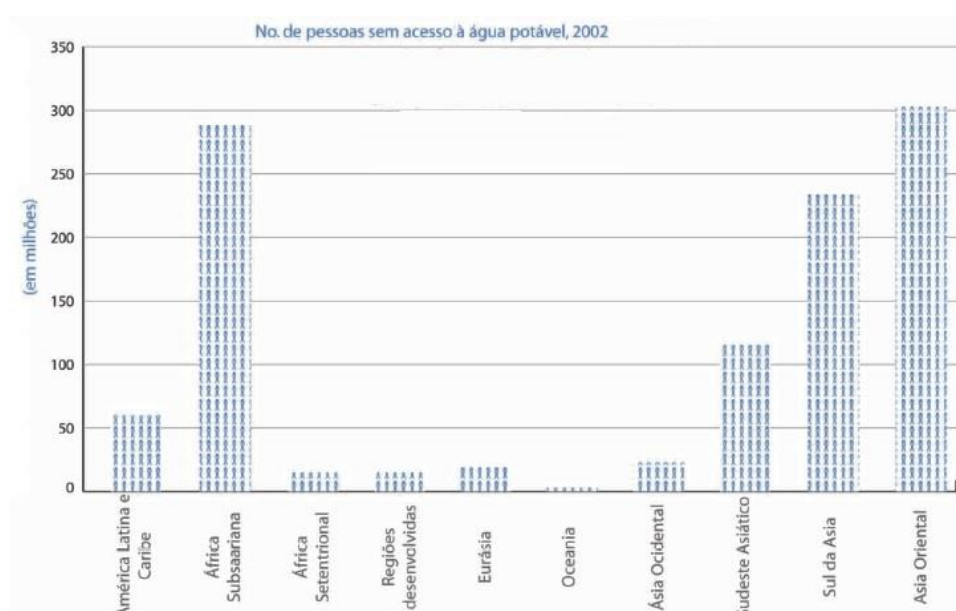
Hoje o consumo diário de água é muito variável ao redor do globo. Além da disponibilidade do local, o consumo médio de água está fortemente relacionado com o nível de desenvolvimento do país e com o nível de renda das pessoas (MMA 2016).

3.4 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

3.4.1 Dados

Mais de um bilhão de pessoas, a maioria na Ásia, ainda não tem acesso a água potável (ANA, 2009). Conforme mostra a figura 10.

FIGURA 10: NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO A ÁGUA POTÁVEL

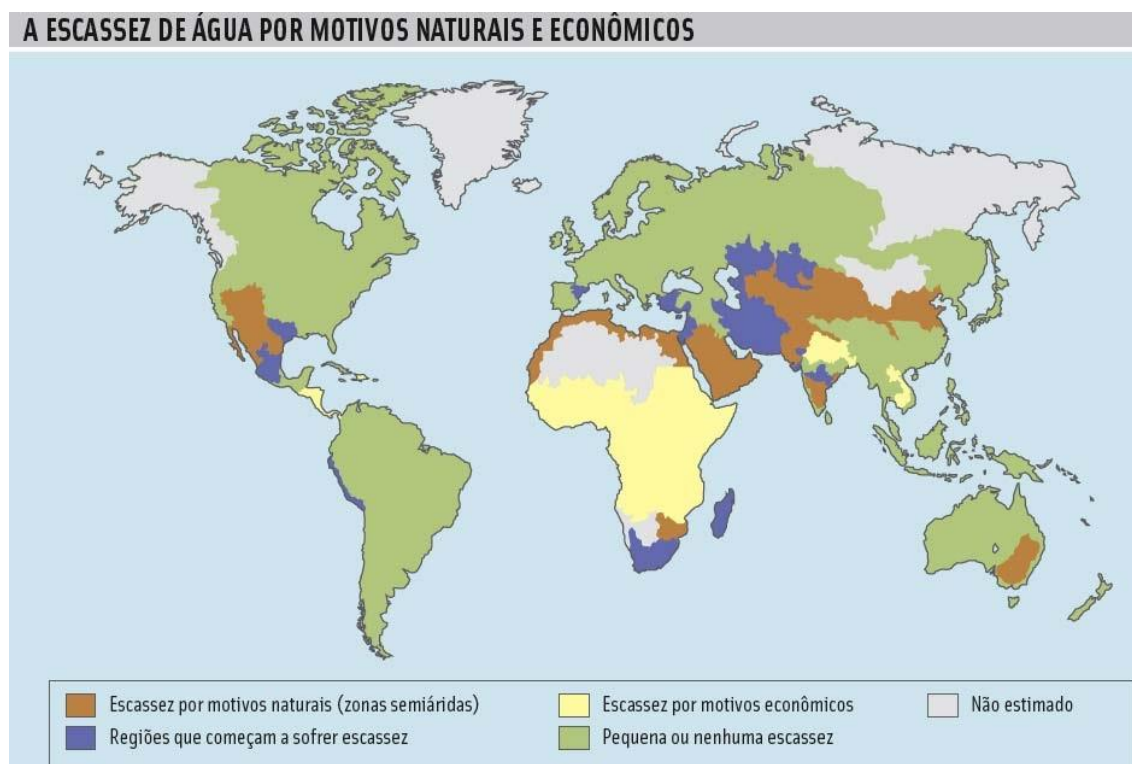


FONTE: Adaptado de ANA, 2009.

A escassez de água afeta mais de 40% da população do planeta, segundo a ONU (Organização das Nações Unidas). Ela prevê que, até 2025, 1,8 bilhão de pessoas estarão vivendo em países ou regiões com absoluta escassez de água⁵. A Figura 11, mostra a escassez de água por motivos naturais e econômicos no mundo, onde grande parte desses lugares ficam próximos a costa.

⁵ Fonte: **Escassez de água já afeta mais de 40 % da população do planeta**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/08/escassez-da-agua-ja-afeta-mais-de-40-da-populacao-do-planeta-terra.html>>. Acesso em: 23/08/2016.

FIGURA 11: ESCASSEZ DE ÁGUA

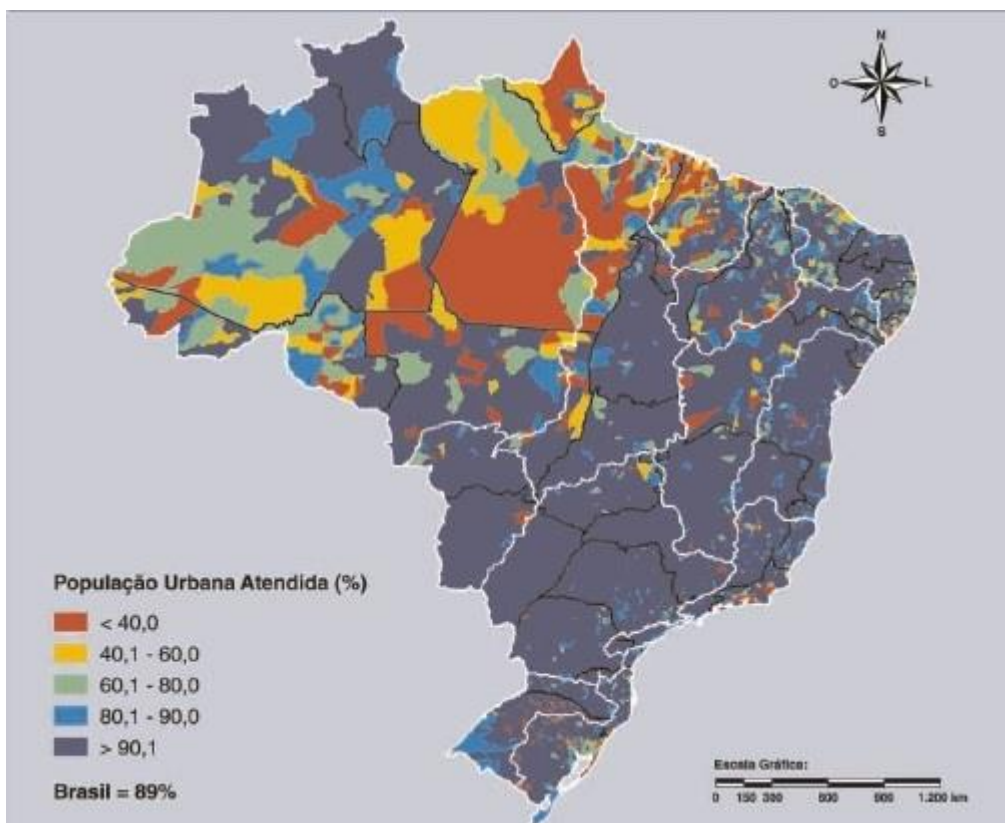


FONTE: **A escassez de água**. Disponível em:

<http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/mundo_com_sede_pop01_973x679.shtml>. Acesso em: 22/08/2016.

O serviço de abastecimento de água no Brasil cobre 89% de sua população urbana. O atendimento com rede de água varia de região para região. A parte norte do Brasil é a que apresenta os menores índices de cobertura com rede de água (inferior a 60% da população). No entanto o restante do território brasileiro apresenta índice de cobertura superior a 80% da população, com predominância de índices acima de 90% (ANA, 2009). Figura 12.

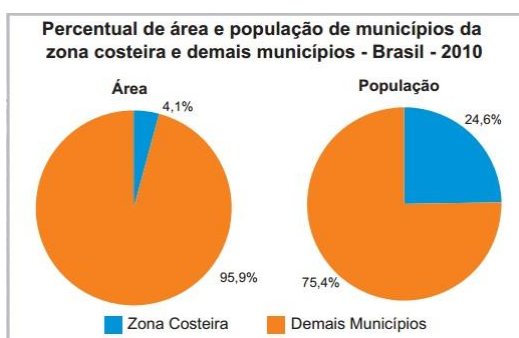
FIGURA 12: ATENDIMENTO URBANO DE ÁGUA NO BRASIL



FONTE: Adaptado de ANA, 2009.

No Brasil, 24,6% da população vive em apenas 4,1% do território, que corresponde a zona costeira, ou seja, um quarto da população brasileira vive próximo ao mar. Conforme mostra o gráfico da figura 13.

FIGURA 13: POPULAÇÃO NA ZONA COSTEIRA



FONTE: Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil, 2011.

3.4.2 Sistema de abastecimento de água

Um sistema de abastecimento de água inicia-se pela captação da água bruta do meio ambiente, depois há um tratamento adequado para torná-la potável e, por último, há a distribuição até os consumidores, em quantidade suficiente para suprir suas necessidades de consumo. Esse sistema pode ser dimensionado para pequenas populações ou para grandes metrópoles, dependendo da necessidade da localidade⁶.

O sistema de abastecimento de água representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos⁷.

Esse sistema é composto por várias etapas até que a água chegue aos consumidores (Figura 14).

As etapas estão dispostas a seguir:

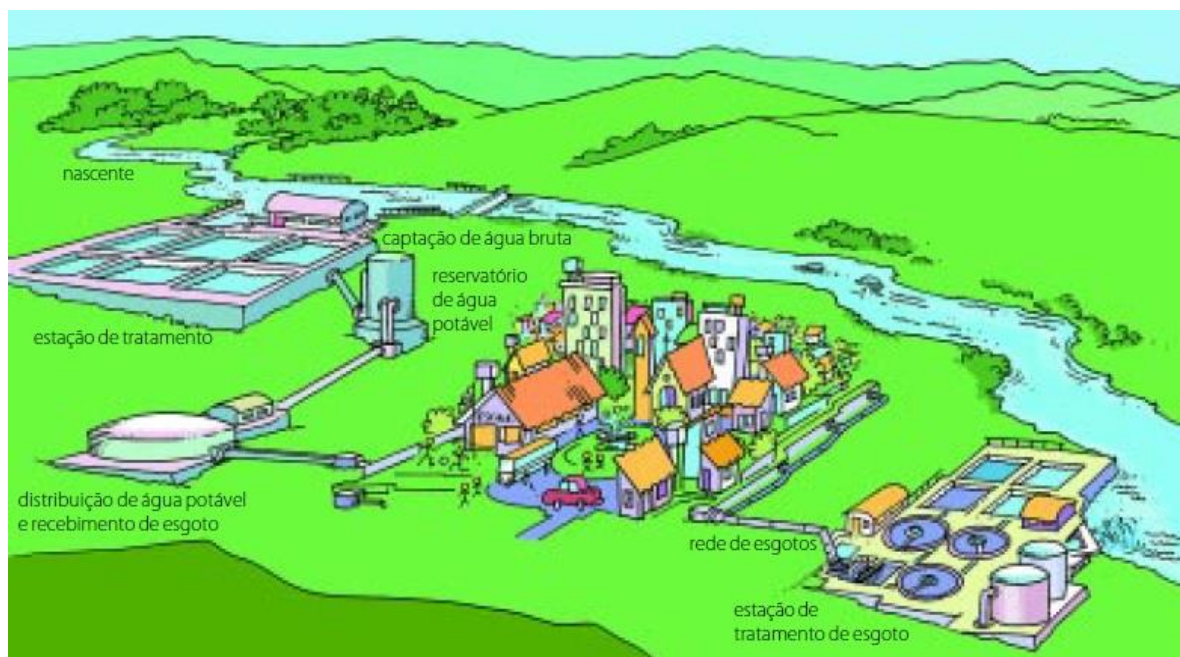
- a) Captação: a água bruta é captada em mananciais superficiais (barragens, lagos, etc.) ou subterrâneos (poços);
- b) Adução: a água captada nos mananciais é bombeada até as ETAs (Estações de Tratamento de Água) para que possa ter tratamento adequado;
- c) Tratamento: através de uma série de processos químicos e físicos, a água bruta é tornada potável para que possa ser distribuída à população;
- d) Reservação: depois de tratada, a água é bombeada até reservatórios para que fique à disposição da rede distribuidora;
- e) Distribuição: a parte final do sistema, onde a água é efetivamente entregue ao consumidor, pronta para ser consumida⁸.

⁷ Fonte: **Abastecimento de Água: Conceito**. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=838%3Aabastecimento-de-agua&catid=74&Itemid=316>. Acesso em: 28/07/2016.

⁸ Fonte: **Abastecimento de Água: Conceito**. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=838%3Aabastecimento-de-agua&catid=74&Itemid=316>. Acesso em: 28/07/2016.

⁸ Fonte: **Abastecimento de Água: Conceito**. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=838%3Aabastecimento-de-agua&catid=74&Itemid=316>. Acesso em: 28/07/2016.

FIGURA 14: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOCE



FONTE: Adaptado de MMA 2016.

3.5 DESSALINIZAÇÃO

O ato de coletar o vapor de águas salgadas, resfriá-lo e usá-lo para saciar a sede é provavelmente tão antigo quanto a humanidade. É também um fenômeno natural que faz parte do ciclo hidrológico, uma vez que a água doce presente no planeta, em seu maior percentual, tem origem na evaporação da água dos mares e oceanos, que depois cai sobre toda a terra na forma de precipitação atmosférica (chuva, neve, granizo, etc.) e é responsável pela reposição das águas doces nos rios, lagos e aquíferos subterrâneos (SILVEIRA, 2015).

Como definição, a dessalinização é a retirada de sais que se encontram dissolvidos na água por meio de diversos métodos. Um dos métodos que vem ganhando espaço em um significativo número de casos é a osmose reversa⁹.

A dessalinização pode ser feita através da água do mar (salgada, com mais sais) ou de águas subterrâneas (salobra, com menos sais). Sabe-se que a água

⁹ Fonte: **Dessalinização e a gestão de recursos hídricos**. Disponível em: <http://www.folhadomeio.com.br/publix/fma/folha/2005/12/doce_salgado164.html>. Acesso em: 20/05/2015

salobra assim como a água do mar, apresenta sabor bastante desagradável (muito salgado) e pode trazer problemas de saúde, não podendo em circunstâncias normais, ser ingerida ou utilizada para fins domésticos, como lavar e cozinhar. No entanto se o teor de sais é reduzido, a água resultante passa a ser adequada para tais usos (SILVEIRA, 2015).

Hoje, em nível comercial e em se tratando de tecnologias utilizadas nas grandes usinas de dessalinização, existem basicamente duas grandes vertentes: processos de destilação térmica e processos que utilizam membranas, sendo estes últimos cada vez mais utilizados (SILVEIRA, 2015).

Nos processos de destilação existem três principais tipos: processo MEF, Destilação por Multiestágio Flash (em inglês, MSF); processo DME, Destilação por Múltiplo Efeito (em inglês, MED); e processo DCV, Destilação por Compressão de Vapor (em inglês, VC). (SILVEIRA, 2015).

No processo MSF, utiliza-se vapor em alta temperatura para fazer com que a água do mar entre em ebulição. A nomenclatura “múltiplos estágios” se justifica pela passagem da água por diversas células de ebulição-condensação, garantindo um elevado grau de pureza. Neste processo, a própria água do mar é usada como condensador da água que é evaporada. Na MED, a água do mar pré-aquecida entra na primeiro evaporador, onde terá sua temperatura elevada até a temperatura de ebulição. O vapor gerado será utilizado para aquecer de forma indireta a água no segundo evaporador e assim sucessivamente, sendo que o vapor do último evaporador será utilizado para pré-aquecer a água bruta, que entrará no primeiro evaporador. Assim como no processo MSF, é utilizado vácuo para reduzir a temperatura de ebulição da água. O princípio de funcionamento da VC é semelhante ao da MED, com a diferença de que a primeira tem por base a compressão do vapor de água gerado na evaporação da água a altas pressões. Nesta técnica, há duas formas distintas de operação: a compressão do vapor pode ser feita por meio de um compressor mecânico (MVC); ou podem ser adicionadas pequenas quantidades de vapor a alta pressão por meio de um ejetor (TVC). (FREIRE, 2015).

3.5.1 Método de Osmose Reserva

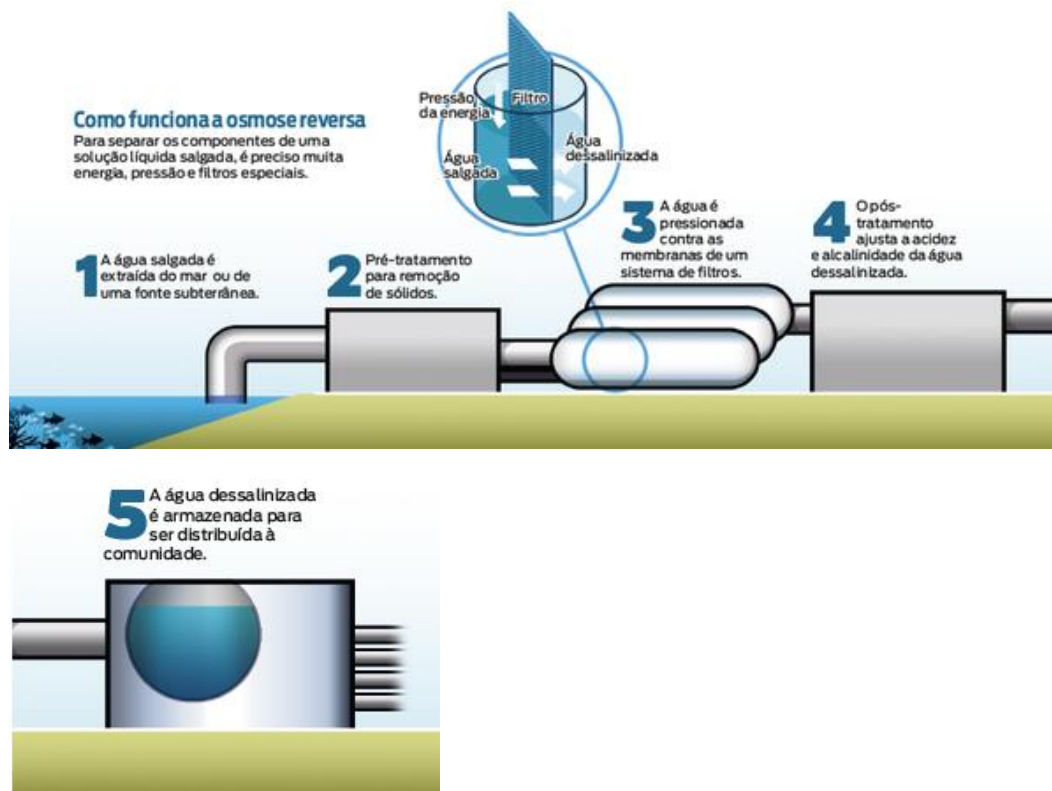
A osmose é um dos métodos de dessalinização, que é a passagem de água por uma membrana semipermeável, de uma solução menos concentrada para uma mais concentrada. A água difunde através da membrana, mas o soluto não. Por isso, a membrana é chamada de semipermeável. Entretanto, com o auxílio da energia, a osmose pode ser revertida. A osmose reversa usa pressão para forçar o movimento da água de uma solução mais concentrada para uma solução menos concentrada. Para usar esse processo de purificação da água, aplica-se pressão do lado da água salgada, forçando a água a passar pela membrana deixando o sal e outras impurezas para trás. Como se poderia esperar a geração de pressão é intensiva em energia (MIDDLECAMP, et al, 2016).

A osmose reversa é um fenômeno que passou a ser conhecido no final do século XIX, mas sua utilização comercial somente começou nos anos sessenta do século passado¹⁰.

O processo consiste na retirada de água salgada do mar ou de uma fonte subterrânea, inicialmente é pré-tratada para remoção de sólidos e depois passa por um sistema de filtros que separam os sais da água. A água dessalinizada passa por um pós-tratamento para ajuste de acidez e alcalinidade e depois é armazenada para ser distribuída. (Figura 15).

¹⁰ Fonte: **Dessalinização e a gestão de recursos hídricos**. Disponível em: <http://www.folhadomeio.com.br/publix/fma/folha/2005/12/doce_salgado164.html>. Acesso em: 20/05/2015

FIGURA 15: PROCESSO DE OSMOSE REVERSA



FONTE: **Mar Doce**. Disponível em: <<http://revistaplaneta.terra.com.br/secao/meio-ambiente/mar-doce>>. Acesso em: 20/05/2015.

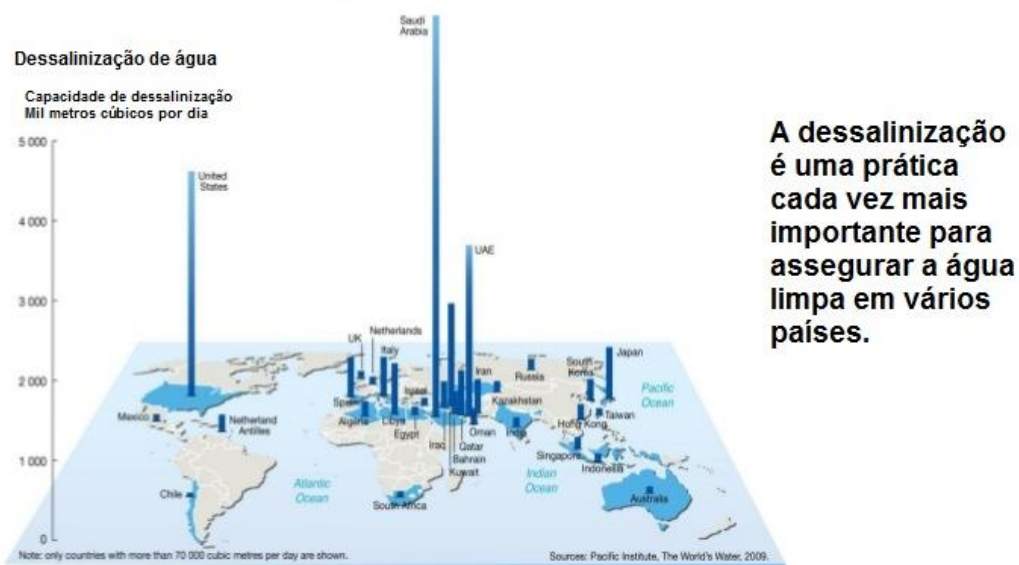
Dessalinizadores podem ser utilizados em diversos casos, como: em plataformas marítimas de exploração de petróleo; em embarcações que navegam em alto mar; e em países com pouca oferta de água ou em regiões semiáridas.

3.5.2 Dessalinização no mundo

As plantas de dessalinização existem em mais 120 países do mundo, incluindo Arábia Saudita, Omã, Emirados Árabes Unidos, Espanha, Chipre, Malta, Gibraltar, Cabo Verde, Portugal, Grécia, Itália, Índia, China, Japão e Austrália. No caso americano em 2015 começou a operar a primeira grande usina de dessalinização de osmose reversa em Tampa, na Flórida. Em todo o mundo, as plantas de dessalinização produzem mais de 3,5 bilhões de galões de água potável por dia. A capacidade instalada de dessalinização de osmose reversa aumentou exponencialmente nos últimos 30 anos. (SEAWATER DESALINATION, 2016). (Figura 16).

FIGURA 16: DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA NO MUNDO

Dessalinização de água no mundo



Fonte: Adaptado de SEAWATER DESALINATION, 2016.

3.5.3 Casos de dessalinização

Serão apresentados quatro exemplos de dessalinização por osmose reversa.

3.5.3.1 Brasil, Ilha de Fernando de Noronha

Em 2014, a ilha recebeu 76.145 turistas, um acréscimo de cerca de 20% em relação ao fluxo de 2013¹¹. Uma das principais preocupações é com relação ao abastecimento de água para a população e para os turistas pois, a ilha possui apenas um açude de água doce, que conforme a falta de chuva não consegue abastecer de forma satisfatória a demanda por água.

¹¹ Fonte: **Alta estação sem falta d'água na Ilha**. Disponível em: <<http://www.noronha.pe.gov.br/>>. Acesso em 26/05/2015.

A instalação do maior sistema de tratamento de água do mar em operação no país, composto de quatro dessalinizadores, tornou a ilha de Fernando de Noronha autossuficiente em produção de água. Orçado em R\$ 2,5 milhões, o equipamento opera plenamente desde agosto de 2011 e garante o abastecimento de todos os habitantes a partir da água do mar, que tem o sal retirado para se tornar potável. O sistema dessalinizador de Fernando de Noronha é o único implantado e operado por uma empresa pública em todo o país.¹²

Para realizar o processo de dessalinização da água do mar de Fernando de Noronha, a Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento) utiliza a tecnologia BMET, um sistema de alta pressurização que conta com duas bombas submersas e um motor elétrico. A grande vantagem do sistema é que ele trabalha a questão da efficientização da energia, utilizando bombas de alta pressão e baixo consumo, já que aproveitam o potencial da própria água. Uma das bombas é acionada por uma turbina, que para funcionar reaproveita parte da água eliminada durante o processo. Dessa maneira, exige-se menos potência do motor, elevando assim a redução no consumo de energia, recurso este tão escasso em regiões como Fernando de Noronha. O uso do sistema BMET assegura uma economia de aproximadamente 34% no valor do kWh/m³.¹³

3.5.3.2 Israel, Sorek e Ashkelon

Israel sempre sofreu com a falta d'água, o país está localizado em uma região desértica, com clima entre tropical e semiárido e escassas fontes naturais de água doce. Uma de suas principais estratégias tem sido investir na construção de usinas de dessalinização. Existem cinco grandes usinas de dessalinização em operação, que foram instaladas ao longo da última década. Juntas, elas produzem mais de 492

¹² Fonte: **Abastecimento de Água**. Disponível em: <<http://www.compesa.com.br/nasuacidade/fernando-de-noronha-abastecimento-de-agua>>. Acesso em 26/05/2015.

¹³ Fonte: **Compesa opera maior sistema de dessalinização do Brasil**. Disponível em: <<http://www.aesbe.org.br/conteudo/impressao/4391>>. Acesso em 15/08/2016.

bilhões de litros de água potável por ano, com a meta de chegar a 757 bilhões de litros até 2020.¹⁴

Entre elas estão as duas maiores usinas de dessalinização do mundo a primeira é Sorek, localizada a 15 quilômetros ao sul de Tel Aviv, Sorek produz 624.000 m³ por dia de água doce, o que representa 7,23 m³/s, suficientes para abastecer uma cidade com população de mais de 2 milhões de habitantes. A busca por segurança hídrica levou o governo de Israel, em 2011, investir US\$ 500 milhões para erguer Sorek e aumentar a quantidade de água doce para abastecimento público no país, captando água do Mar Mediterrâneo. A usina foi erguida pela IDE Technologies, companhia israelense. E a tecnologia utilizada para dessalinizar a água é a de osmose reversa.¹⁵

E a segunda é na cidade litorânea de Ashkelon, os canos da instalação avançam um quilômetro mar adentro e abastecem as membranas que separam líquidos e sólidos. A empresa por trás do negócio é a IDE Technologies, e produz cerca de 300 milhões de metros cúbicos anuais do líquido. Hoje, quase metade dos israelenses bebe água dessalinizada. *“E o melhor é que o custo está cada vez mais baixo. O metro cúbico custa US\$ 0,53. No passado não muito distante, eram US\$ 3”*, contabiliza Fredi Lokiec, vice-presidente executivo da IDE¹⁶. Tudo isso, graças a um moderno sistema de osmose reversa que consome menos energia durante a passagem de água pela unidade de dessalinização (ANA,2009).

3.5.3.3 Espanha, Barcelona

Barcelona, na Espanha, é a maior cidade da Europa abastecida com água do mar. A região de mais de cinco milhões de habitantes sempre teve problemas de falta d'água, mas a situação ficou crítica mesmo no final da década passada. Houve racionamento e a cidade precisou importar água da França, de navio. Sem grandes

¹⁴ Fonte: **Após anos de crise hídrica, Israel derrota a seca**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mundo/2015/06/1637877-apos-anos-de-crise-hidrica-israel-derrota-a-seca.shtml>>. Acesso em: 17/08/2016.

¹⁵ Fonte: **Maior usina de dessalinização de Israel**. Disponível em: <http://agua.org.br/maior-usina-dessalinizacao-israel/>>. Acesso em: 22/08/2016.

¹⁶ Fonte: **As lições de Israel**. Disponível em: <http://istoe.com.br/137099_AS+LICOES+DE+ISRAEL/>. Acesso em: 15/08/2016.

reservatórios de água doce, o jeito então foi apanhar água onde há com fartura. Se não tem rio, o jeito foi tirar mesmo do mar.¹⁷

Com capacidade de 200.000 m³/dia, a estação de dessalinização foi inaugurada em 2009 e fornece água potável para mais de 20% de abastecimento de água da cidade de Barcelona. A planta de osmose reversa alimentada pela água do mar é uma das maiores da Europa e abastece cerca de 1.3 milhões de habitantes na região de Barcelona.¹⁸

3.5.3.4 Inglaterra, Londres

Com uma população de cerca de 8,3 milhões de habitantes, a cidade de Londres, na Inglaterra, sofreu com a crises de água durante os anos 2000. A cidade, conhecida pela garoa constante, sofreu com as poucas chuvas e a situação se agravou em 2006. Neste ano, a solução oferecida pelo governo foi a construção de uma usina de dessalinização, responsável por tornar potável a água do mar. A usina foi escolhida por ser a opção mais econômica: devido à proximidade de Londres com o mar, seria mais viável dessalinizar a água do que transportá-la do Norte do país, por exemplo. Com custo de 270 milhões de libras, a usina inaugurada em 2010 pode fornecer água para 1 milhão de pessoas e chega a produzir até 140 milhões de litros de água potável se estiver funcionando a todo vapor. Para reduzir os gastos com energia - o processo de dessalinização custa, em média, duas vezes mais que o tratamento convencional de água - a usina utiliza biodiesel feito de óleo de cozinha, coletado nos restaurantes da cidade.¹⁹

¹⁷ Fonte: **Usina torna água do mar potável e da fim a problema em Barcelona**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2014/09/usina-torna-potavel-agua-do-mar-e-da-fim-problema-em-barcelona.html>>. Acesso em: 18/08/2016.

¹⁸ Fonte: **Barcelona, Espanha**. Disponível em: <<http://www.degremont.com.br/PT/Referencias/Pages/Barcelona-Espanha.aspx>>. Acesso em: 18/08/2016.

¹⁹ Fonte: **O novo pensamento econômico sobre a água**. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/ciencia/o-novo-pensamento-economico-sobre-a-agua/>>. Acesso em 21/08/2016.

3.6 LIMITAÇÕES DO USO DA DESSALINIZAÇÃO

Algumas limitações ainda são encontradas no uso da dessalinização. São elas:

a) Eliminação de resíduos:

O processo de dessalinização requer pré-tratamento e produtos químicos para limpeza, que são adicionados à água antes da dessalinização para tornar o tratamento mais eficiente e eficaz. Esses produtos químicos incluem o cloro, ácido clorídrico e peróxido de hidrogênio, e podem ser utilizados apenas por um período limitado de tempo. Uma vez que perdem a capacidade de limpar a água, esses produtos químicos são despejados, o que se torna uma grande preocupação ambiental. Eles muitas vezes encontram o seu caminho de volta para o oceano, onde envenenam a vida vegetal e animal.

b) Salmoura:

A salmoura é o produto secundário da dessalinização. Enquanto a água purificada passa a ser processada e é enviada para o uso humano, a água que sobra, que tem uma supersaturação de sal, deve ser eliminada. A maioria das usinas de dessalinização bombeia a salmoura de volta ao oceano, o que apresenta outra desvantagem ambiental. As espécies do oceano não estão preparadas para se adaptarem à mudança imediata na salinidade causada pela liberação de salmoura na área. A água salgada supersaturada também diminui os níveis de oxigênio na água, fazendo com que animais e plantas se sufoquem.

c) Populações do oceano:

Os organismos mais geralmente afetados pela salmoura e liberação química de usinas de dessalinização são o plâncton e fitoplâncton, que formam a base de toda a vida marinha, formando a base da cadeia alimentar. Portanto, as usinas de dessalinização têm a capacidade de afetar negativamente a população de animais no oceano. Ao sugar a água do oceano pela dessalinização, as usinas prendem e matam animais, plantas e ovos, muitos dos quais pertencem a espécies ameaçadas de extinção.

d) Problemas de saúde:

A dessalinização não é uma tecnologia aperfeiçoada, e a água dessalinizada também pode ser prejudicial à saúde humana. Os subprodutos dos produtos

químicos utilizados na dessalinização podem passar para a água "pura" e pôr em perigo as pessoas que a consomem. A água dessalinizada também pode ser ácida às tubulações e aos sistemas digestivos.

e) Uso de energia:

As usinas de dessalinização têm a desvantagem de exigir grandes quantidades de energia. Outras tecnologias de tratamento de água são mais eficientes em consumo de energia²⁰.

²⁰ Fonte: **As desvantagens da dessalinização**. Disponível em: <http://www.ehow.com.br/desvantagens-dessalinizacao-lista_74530/>. Acesso em: 11/12/2016.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

Para o levantamento das informações necessárias, foram feitas consultas bibliográficas e a utilização de dados secundários. Segundo Macedo (1994), pesquisa bibliográfica é a busca de informações bibliográficas, seleção de documentos que se relacionam com o problema de pesquisa (livros, verbetes de enciclopédias, artigo de revistas, trabalhos de congressos, teses, etc.) e o respectivo fichamento das referências para que sejam posteriormente utilizadas. Ainda segunda o autor, trata-se do primeiro passo para qualquer tipo de pesquisa científica, com o fim de revisar a literatura existente e não redundar o tema de estudo ou experimentação.

4.1.1 Etapas

A primeira etapa foi de fazer a identificação e seleção do material pertinente, foram coletadas informações através de pesquisa em livros e internet. A segunda etapa foi de fazer a leitura do material selecionado para identificação das ideias centrais dos autores das obras, foram selecionados os textos que serviriam de base para a elaboração do conteúdo, e por último foi feita a análise do conteúdo do material levantado para elaboração das conclusões e recomendações da pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma natural a água doce está disponível em uma porcentagem muito pequena em relação ao total de água no mundo. 25% da população brasileira vive em zonas costeiras, e no mundo cerca de 50% da população vive em zonas costeiras e a densidade populacional nestas áreas é três vezes maior que a média mundial. Muitas das comunidades mais pobres do planeta moram em áreas costeiras (MMA, 2010).

Para atender a toda essa demanda por água potável, se faz necessário além dos meios tradicionais de captação de água doce, o investimento em outras formas. O método de osmose reversa tem sido muito utilizado por indústrias de dessalinização, por ser um dos métodos mais eficazes e com menor gasto de energia. Para melhorar as condições e baixar os custos do processo de dessalinização uma solução é usar para a obtenção de energia fontes alternativas, como a eólica e a solar, diminuindo assim o custo de produção do m³ de água.

Sendo assim, para países com vasta costa marítima, como é o caso do Brasil, a dessalinização da água do mar pode ser uma alternativa para a escassez de água. Nos exemplos citados, países que sofrem com a escassez de água, conseguem através da dessalinização, principalmente utilizando o método de osmose reversa, distribuir para a população água de qualidade obtida do mar. Que é o caso de Israel que conseguiu superar a falta d'água e hoje possui as maiores usinas de dessalinização do mundo.

Desta forma, as principais vantagens para o uso da dessalinização da água do mar para obtenção de água potável, seriam a vastidão do recurso na forma de mares e oceanos, e o enorme número de pessoas que podem ser beneficiadas com a obtenção de água potável através da dessalinização. Ou seja, com a tecnologia existente hoje é possível levar água potável para áreas onde fontes de água doce são escassas ou inexistentes. Além disso, pode evitar situações de desabastecimento que acontecem em cidades litorâneas em épocas de temporada quando aumenta o consumo de água.

Outro ponto, é que os custos tem caído drasticamente nos últimos vinte anos, tornando-se uma alternativa economicamente viável em comparação com a

construção de grandes infraestruturas tais como barragens e linhas de abastecimento que necessitam e longos trechos de adutoras de água. Ao mesmo tempo os novos tipos de procedimentos e instalações podem abrir novas perspectivas a custos mais baixos. (WIKIWATER, 2016).

As desvantagens, seriam o alto investimento na instalação de indústrias de dessalinização e o valor final da água que ainda é maior do que nos métodos tradicionais. Além disso, o custo de manutenção das membranas do método de osmose reversa é alto. Outro problema que ocorre, é o retorno da água que sobra do processo de dessalinização com grande quantidade de sais, e além dos sais contém também produtos químicos que são utilizados no pós tratamento, e que pode trazer consequências para o ecossistema marinho. Outro aspecto que limita a utilização da dessalinização, no caso do Brasil, é a falta de informações e estudos a respeito das técnicas.

Contudo, solucionado o problema dos custos de energia, com o avanço tecnológico e uso de outras fontes como a solar, entre outras, a perspectiva para a dessalinização poderá tornar-se viável.

Para que a dessalinização se popularize é uma questão de inovação e tecnologia, com o desenvolvimento de novas técnicas e meios de obtenção através da dessalinização o custo final do processo pode reduzir e desta forma, se tornar mais viável, ou seja, consiga chegar nas regiões mais pobres que são as que mais sofrem com a falta d'água. Ainda persiste a necessidade de uma análise mais ampla das potencialidades no Brasil, um panorama de quais a regiões este processo se torna viável.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O planeta Terra vem sofrendo nesses últimos tempos por causa de abusos cometidos contra a natureza em busca de crescimento econômico. Fatalmente esses abusos geram problemas que afetam a vida das pessoas de uma maneira geral, como é o caso da escassez de água doce, que hoje já não está restrito a apenas uma parte do planeta, mas em sua grande maioria, principalmente nos lugares mais densamente povoados.

Tendo em vista que a vida depende da água para sobreviver, ou seja, para que possamos nos saciar, para que os animais possam se saciar, para que a natureza possa se manter, para que possamos produzir alimentos e diversos produtos, entre outros, precisamos de alternativas para continuar evoluindo sem prejudicar a nossa sobrevivência e a do planeta.

Pelas características de algumas cidades, principalmente as litorâneas e ilhas, as quais são banhadas pelos oceanos, a dessalinização da água do mar torna-se uma ótima opção de obtenção de água para transformá-la em potável. E além disso, uma opção de desenvolvimento e crescimento. Desenvolvimento, porque colabora de maneira significativa para melhorar a qualidade de vida da população e crescimento, porque colabora significativamente com a criação de empregos, aumento e geração de renda.

O grande número de pessoas que hoje são beneficiadas pelas indústrias de dessalinização no mundo, mostra que realmente é uma alternativa que pode ser estimulada e aprimorada para que no futuro se torne algo mais fácil e acessível a todas as localidades, principalmente as mais necessitadas e menos favorecidas financeiramente, ou seja, os países menos desenvolvidos que por consequência também acabam sendo os países com maior número de pessoas.

É então, necessário que todas as pessoas de todas as classes, raças, etnias, governos, países se conscientizem de que o ser humano faz parte da natureza e que não deve vê-la como uma fonte inesgotável de recursos, principalmente no caso da água, que é tão abundante e que ao mesmo tempo para milhões de pessoas é algo tão raro. É preciso mudar o modelo de desenvolvimento atual investindo em

novas tecnologias, com foco para a economia verde. Conservar o mundo em condições ideais para as futuras gerações, e para que todos tenham acesso a água potável, é algo que tem que estar presente no dia a dia de todos. Ainda dá tempo para fazer alguma coisa, só é preciso agir.

Como recomendações fica a necessidade de estudos de viabilidade regionais, especialmente nas áreas de escassez de quantidade de água, levando em conta os aspectos sociais, ambientais e econômicos de cada caso, pois em muitas situações o que inviabiliza ainda é o custo e a falta de informações.

REFERÊNCIAS

ABASTECIMENTO DE ÁGUA. Disponível em: <<http://www.compesa.com.br/nasuacidade/fernando-de-noronha-abastecimento-de-agua>>. Acesso em 26/05/2015.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). **ABASTECIMENTO DE ÁGUA: Conceito**. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=838%3Aabastecimento-de-agua&catid=74&Itemid=316>. Acesso em: 28/07/2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **ATLAS BRASIL: Abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Volume I. Brasília, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **FATOS E TENDÊNCIAS: Água**. Brasília, 2009.

ALMEIDA, C. **POR QUE ESTA FALTANDO ÁGUA?** Superinteressante, São Paulo, p.42-47, setembro, 2014.

CARVALHO, DANIEL FONSECA DE; SILVA, LEONARDO DUARTE BATISTA DA. **HIDROLOGIA: Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em: 27/06/2016.

CICLO DA ÁGUA. Disponível em: <<http://riosvoadores.com.br/educacional/ciclo-da-agua/>>. Acesso em: 27/06/2016.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO (COMPESA). **COMPESA OPERA MAIOR SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO DO BRASIL**. Disponível em: <<http://www.aesbe.org.br/conteudo/impressao/4391>>. Acesso em 15/08/2016.

CONSÓRCIO PCJ. **MAIOR USINA DE DESSALINIZAÇÃO DE ISRAEL**. Disponível em: <http://agua.org.br/maior-usina-dessalinizacao-israel/>>. Acesso em: 22/08/2016.

FALTA DE ÁGUA: **Ajude a mudar o desfecho desse drama**. Disponível em: <<http://www.cabesp.com.br/home/Materia/Visualizar/613>>. Acesso em 28/07/2016.

FERNANDO DE NORONHA: **Alta estação sem falta d'água na Ilha**. Disponível em: <<http://www.noronha.pe.gov.br/>>. Acesso em 26/05/2015.

FERREIRA, TONICO. **ESCASSEZ DE ÁGUA JÁ AFETA MAIS DE 40% DA POPULAÇÃO DO PLANETA**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/08/escassez-da-agua-ja-afeta-mais-de-40-da-populacao-do-planeta-terra.html>>. Acesso em: 23/08/2016.

FREIRE, EDUARDO MACHADO. **ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE AMBIENTAL, FINANCEIRA, COMERCIAL E TECNOLÓGICA ENTRE MÉTODOS DE DESSALINIZAÇÃO**. São Paulo, p. 22, 2015.

GARCEZ, L.; GARCEZ, C. **ÁGUA**. 1ª ed. São Paulo: Callis, 2011.

GOMIDE, CAMILO. **MAR DOCE**. Disponível em: <<http://revistaplaneta.terra.com.br/secao/meio-ambiente/mar-doce>>. Acesso em: 20/05/2015.

GORGULHO, SILVESTRE. A TRANSFORMAÇÃO DE ÁGUA SALGADA EM DOCE: **Dessalinização e a gestão de recursos hídricos**. Disponível em: <http://www.folhadomeio.com.br/publix/fma/folha/2005/12/doce_salgado164.html>. Acesso em: 20/05/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **ATLAS GEOGRÁFICO DAS ZONAS COSTEIRAS E OCEÂNICAS DO BRASIL**. Rio de Janeiro, p.124, 2011.

KERSHNER, ISABEL. **APÓS ANOS DE CRISE HÍDRICA, ISRAEL DERROTA A SECA**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mundo/2015/06/1637877-apos-anos-de-crise-hidrica-israel-derrota-a-seca.shtml>>. Acesso em: 17/08/2016.

LOIOLA, RITA; ELIAS, VIVIAN CARRER. **O NOVO PENSAMENTO ECONÔMICO SOBRE A ÁGUA**. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/ciencia/o-novo-pensamento-economico-sobre-a-agua/>>. Acesso em 21/08/2016.

MACEDO, N. **INICIALIZAÇÃO À PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: guia do estudante para a fundamentação do trabalho de pesquisa**. 2ª ed. São Paulo: Edições Loyola, 1994.

MIDDLECAMP, C. [et. al.]. **QUÍMICA PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL**. 8ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **ÁGUA: um recurso cada vez mais ameaçado**. Brasília, p. 25-40, 2016.

NEGRÃO, I.; SPITZCOVSKY, D. **DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA**. Superinteressante, São Paulo, p. 16, fevereiro, 2015.

O CICLO DA ÁGUA NA NATUREZA. Disponível em: <<http://meioambienterio.com/2015/08/7950/o-ciclo-da-agua-na-natureza/>>. Acesso em: 27/06/2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A ESCASSEZ DE ÁGUA**. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/mundo_com_sede_pop01_973x679.shtml>. Acesso em: 22/08/2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **DEMANDA POR ÁGUA DISPARARÁ 55% ENTRE A POPULAÇÃO MUNDIAL EM 2050, ALERTA FAO.** Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/demanda-por-agua-disparara-55-entre-a-populacao-mundial-em-2050-alerta-fao/>>. Acesso em: 25/05/2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **ÁGUA PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL.** Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz_sc_WWDR2015_main_messages_pt_2015.pdf>. Acesso em 25/05/2015.

RELATÓRIO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS (WWDR). Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf>. Acesso em: 25/05/2015.

RELATÓRIO MUNDIAL DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS (WWDR). Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002154/215491por.pdf>>. Acesso em: 05/06/2016.

RELEVO DO MAPA MUNDO. Disponível em: <<https://pt.dreamstime.com/fotos-de-stock-relevo-do-mapa-de-mundo-image12864273>>. Acesso em: 22/08/2016.

SEAWATER DESALINATION. Disponível em: <<http://hbfreshwater.com/desalination-101/desalination-worldwide>>. Acesso em: 20/12/2016.

SILVEIRA, A. P. P da, [et al]. **DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUAS.** São Paulo. Oficina dos Textos, 2015.

TERRY, CARRIE. **AS DESVANTAGENS DA DESSALINIZAÇÃO.** Disponível em: <http://www.ehow.com.br/desvantagens-dessalinizacao-lista_74530/>. Acesso em: 11/12/2016.

TOVIANSKI, DANIELA. **H2O EM ALTA.** <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/valorizar-recursos-naturais-escassez-agua-ameaca-examepme-574243.shtml>>. Acesso em: 26/05/2015.

WIKIWATER. **PERSPECTIVAS DE LA DESALACIÓN DEL AGUA MARINA.** Disponível em: <<http://wikiwater.fr/e25-perspectivas-de-la-desalacion.html>>. Acesso em: 06/12/2016.