

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS – APMA**

JOSÉ LUÍS GOMES MOREIRA

OSMOSE REVERSA

**RIO DE JANEIRO
2016**

JOSÉ LUÍS GOMES MOREIRA



OSMOSE REVERSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Orientador: Dr. Paulo Roberto Batista Pinto.

**RIO DE JANEIRO
2016**

JOSÉ LUÍS GOMES MOREIRA

OSMOSE REVERSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Data da Aprovação: 31/05/2016.

Orientador: Dr. Paulo Roberto Batista Pinto



Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: 10,0

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, especialmente à minha Mãe Manuela Camila Gomes Moreira, à minha esposa, aos meus filhos e aos meus irmãos e a toda minha Família que me apoiou incondicionalmente em todas as dificuldades e minhas decisões.

Ao Comandante do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Sr. Almirante Lourenço, e todos os seus Colaboradores; ao Comandante Clovenildo e Capitão Aguiar; ao Chefe da Missão Naval em Cabo Verde Comandante Alexandre Gildes e Sr. SO José Marinho, ao Comandante Raul Soulé, diretor de certificação da AMP de Cabo Verde; ao Sr. André Mourilhe, Diretor do AVA; aos Tenentes Anderson Araújo, Fabiana Ribeiro, Raquel Apolaro, Luciana Mello e Sr. Capelão Capitão Tenente Eliese Eleutério; aos Professores da fase à distância e presencial por toda paciência e ajuda. Aos colegas de classe que passamos juntos por mais uma etapa profissional. Ao meu Orientador e Professor Dr. Paulo Pinto, pela ajuda prestada e esclarecimentos das dúvidas.

A todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, ajudaram a tornar este sonho em realidade.

“Toda ação humana, quer se torne positiva ou negativa,
precisa depender de motivação.”

Dalai Lama

RESUMO

Água potável que é fundamental pra a vida, é uma preocupação mundial. Pois mesmo que a maior parte do planeta seja constituída por água, apenas 3% é água doce. Existe então a necessidade de procurar meios de obtenção dessa água, e um dos modos é a dessalinização, visto que a maior parte da água do planeta é salgada. A dessalinização é amplamente utilizada a bordo de navios para não utilizar a reserva de água potável, proveniente de recursos naturais, no funcionamento de alguns sistemas do navio. Não podendo ser utilizado água salgada, pois provoca incrustações e danos nos equipamentos. Este trabalho faz abordagem ao processo de destilação por osmose reversa, que vem sendo aplicado com mais frequência em cidades com escassez de água e em embarcações.

Palavras-chave: Água doce. Dessalinização. Osmose reversa.

ABSTRACT

Drinking water is fundamental to a life, is a worldwide concern. For even though most of the planet is formed by water, only 3% and freshwater. Then there is the need for search Obtaining Means That Water, and hum of modes and desalination, as most of the water on the planet and salt. Desalination and widely used on board ships paragraph not use a drinking water reserve, from Natural Resources, not operation Some Ship Systems. Can not be used salt water, it causes fouling and damage the equipment. This work makes Approach the distillation process by reverse osmosis, que has been applied with more frequency in cities with a shortage of water and boats.

Key words: Freshwater. Desalination. Reverse osmosis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Distribuição de água na Terra	10
Figura 2:	Planta de dessalinização por osmose reversa	16
Figura 3:	Processo de Osmose Natural	17
Figura 4:	Processo de Osmose reversa	18
Figura 5:	Sistema típico de Osmose Reversa	19
Figura 6:	Esquema básico de um sistema de Osmose Reversa	20
Figura 7:	Ilustração da membrana semipermeável	21
Figura 8:	Membrana de Osmose Reversa	21
Figura 9:	Sistema e equipamentos auxiliares	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	FONTES DE ÁGUA NO PLANETA TERRA	10
2.1	Fontes de água doce	11
3	DESSALINIZAÇÃO	13
3.1	Processos de dessalinização	13
3.2	Soluções salinas	14
3.3	Característica da água do mar	14
4	DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA	15
4.1	Funcionamento	16
4.2	Equipamentos auxiliares	19
4.3	Manutenção	23
4.4	Vantagens e desvantagens	25
4.4.1	Vantagens	25
4.4.2	Desvantagens	25
5	COMPARAÇÃO ENTRE OSMOSE REVERSA E SISTEMA DESTILATÓRIO	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

Obter água limpa e adequada para o consumo já é um esforço em algumas áreas geográficas. Em virtude do aumento da população, das constantes mudanças climáticas e da poluição e contaminação de água potável.

Levando em consideração que 97% de água disponível no planeta é água salgada, 2% são calotas polares e geleiras, e que a maior parte do 1% restante está no subsolo, deve haver a preocupação com o meio ambiente e principalmente com processos que envolvem a reciclagem da água (SABESP).

Até pouco tempo atrás a principal preocupação das indústrias era de como realizar o simples tratamento da água até os padrões estabelecidos nas normas de controle ambientais para despejá-la de volta ao meio ambiente. Atualmente, devido a preocupação com a escassez de água potável, começam a surgir iniciativas para reuso da água, que a o invés do tratamento para lançamento, considera-se os requisitos mínimos de qualidade para reutilização no processo industrial.

Nas embarcações sempre houve a limitação do embarque da quantidade necessária de água doce para consumo e utilização em alguns sistemas, principalmente e viagens de maior distância, onde não é possível o reabastecimento de água doce. Porém, no mar dispõe-se de abundancia de água salgada, então passou- se a raciocinar sobre maneiras de transformar água salgada em água doce.

Dentre as técnicas existentes destaca- se a osmose reversa devido a sua capacidade de remover partículas extremamente pequenas. Através de um processo que consiste na utilização de uma pressão externa superior à pressão osmótica, assim a água atravessa uma membrana semipermeável, passando de uma solução de alta concentração de sal para uma de baixa ou com nenhum teor deste composto.

2 FONTES DE ÁGUA NO PLANETA TERRA

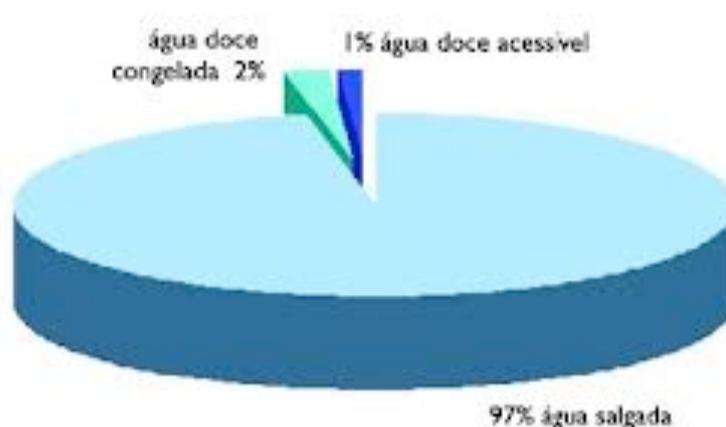
A água potável é um recurso finito, se espalhando em partes desiguais pela superfície terrestre. Apesar de seu ciclo natural se responsabilizar pela sua manutenção, tornando-a um recurso renovável, suas reservas ainda são limitadas.

Preocupar-se com a escassez de água em um planeta que tem 75% de sua superfície coberta por água parece absurdo. Porém, a maior parte desse volume encontra-se nos mares e oceanos. Ou seja, água salgada imprópria para consumo humano.

Total de água salgada encontrada principalmente em mares e oceanos, corresponde a 97% do total de água da Terra.

A água doce corresponde a 3% de água total do planeta. Apenas um terço da água doce está presente nos rios, lagos, lençóis freáticos superficiais e atmosfera, ou seja, acessível. O restante está concentrado em geleiras, calotas polares e lençóis freáticos profundos.

Figura 1: Distribuição de água na Terra



Fonte: www.educador.brasilecola.uol.com.br.

Este diagrama demonstra que água disponível e própria para o consumo é mínima.

A busca pelo conforto implica em um aumento considerável das necessidades diárias de água. Porém precisa-se de conscientização para evitar o desperdício e a poluição. Visto que:

- a) Um sexto da população mundial, mais de um bilhão de pessoas, não tem acesso a água potável.
- b) 40% dos habitantes do planeta não tem acesso a serviços de saneamento básico
- c) Segundo a ONU, até 2025, se os padrões de consumo se mantiverem, duas em cada três pessoas no mundo vão sofrer escassez moderada ou grave de água.

2.1 Fontes de água doce

É a água pronta para o consumo, desde que seja tratada, para animais e seres humanos. A água doce também é utilizada na agricultura. Essa água vem das represas, rios, lagos, açudes reservas.

A água doce também pode ser obtida através do Mar, após o processo de dessalinização, este ponto que trataremos no nosso estudo. A produção de água doce a partir da água do mar para consumo dessa água destilada em embarcações e terminais.

O recurso da produção e utilização da água destilada, produzida por dessalinizadores a partir da dessalinização da água do mar, é uma necessidade para navios e embarcações, a fim de torna-los independentes de fontes externas de água doce, de forma que possam manter-se durante longos períodos no mar.

A água é imprescindível para embarcações, essa dependência a primeira vista pode parecer um paradoxo já que o navio opera cercado por água. Entretanto, há de se considerar que essa água presente em mares e rios não é tratada, pode ser utilizada em diversas aplicações a bordo. Porém não é indicada a uma série de outras necessidades de sistemas e equipamentos existentes em um navio, muito menos para consumo da tripulação.

A água de oceanos, mares e rios são denominadas “in natura”, a quantidade e a natureza dos constituintes presentes nessas águas variam, em função da natureza do solo do qual são originárias, das condições climáticas e do grau de poluição.

Em navios em geral essa água é chamada de água salgada. Essa água sofre algum tipo de tratamento para torna-se utilizável em alguns sistemas a bordo. O tratamento depende do tipo de utilização.

Normalmente, no navio embarca-se uma reserva de água doce para utilizar no preparo de comidas, banho e consumo. Há um sistema de tratamento e reutilização dessa água nas atividades rotineiras do ser humano. É planejada a quantidade de água doce que deve ser embarcada para essas funções e não deve haver o desperdício.

Muitos sistemas do navio, como o arrefecimento do motor, necessitam de água doce para o funcionamento, pois água salgada pode acarretar em corrosão e danos nos equipamentos. Afim de não precisar utilizar a reserva de água para consumo humano, Realiza-se um tratamento na água do mar para torna-la aplicável em alguns sistemas a bordo.

O grau de tratamento depende de qual será a utilização. A água para ser considerada potável possui menos de 500 ppm (partículas por milhão) de TDS (total de sólidos dissolvidos) e a água desmineralizada até 20 ppm de TDS.

3 DESSALINIZAÇÃO

A dessalinização refere-se a vários processos físico-químicos de retirada de sal e outros minerais da água transformando-a em água doce.

Regiões onde a água doce é escassa ou de difícil acesso, como no oriente médio, Austrália e Caribe a dessalinização da água é muito utilizada. A água doce obtida é usada para consumo humano ou necessidades essenciais.

Existem inúmeros métodos conhecidos para se fazer a conversão de água salgada em água doce, mas apenas dois deles representam 88% da dessalinização global: a osmose reversa e a destilação multiestágios.

3.1 Processos de dessalinização

Há cinco processos diferentes para dessalinizar a água seguindo a descrição dos seus procedimentos:

- a) Destilação por forno solar: O forno solar tem como função concentrar os raios solares numa zona específica, graças a um espelho parabólico. Dessa forma, o recipiente que contém a água a destilar pode chegar a temperaturas maiores que normalmente.
- b) Dessalinização térmica: Quando a água salgada é evaporada artificialmente e depois condensada. Esse processo separa a água e o sal, pois este não é carregado no processo de evaporação. Isto ocorre na natureza, pois no ciclo natural da água ocorre a evaporação, mas a chuvas não são salgada.
- c) Congelamento: Outro processo envolve o congelamento da água, pois somente a água pode ser congelada (os sais não congelam junto). O processo é basicamente a extração de sais minerais da água através do congelamento. São repetidos, inúmeras vezes, tais processo para que consiga água destilada . O processo pode ser feito em grande escala, mas é muito caro, portanto é testado e melhorado apenas em laboratórios, para assim ser barateado.
- d) Destilação multiestágios: Utiliza-se vapor a alta temperatura para fazer a água salgada entrar em ebulição. São multiestagios pois a água passa por diversas

células de ebulição-condensação, garantindo um elevado grau de pureza. Neste processo, a própria água do mar é usada condensador da água que é evaporada.

e) Osmose reversa: Quando há pressão sobre a solução, a água e o sal são separados através de uma membrana semipermeável.

3.2 Soluções salinas

Chama-se de solução salina a dissolução de um sal (soluto) em um líquido (solvente), sendo este líquido normalmente a água. Se dissolvermos uma colher de sal de cozinha (cloreto de sódio) em um copo de água pura, teremos uma solução salina de cloreto de sódio. Se pusermos mais colheres de sal no mesmo copo, a água ficará mais “salgada”, isto é, a concentração de sal ficará maior.

Os diferentes sais existentes na natureza apresentam diferentes capacidades de se dissolver na água. Existem os que dissolvem muito pouco ou nada (insolúvel) até os que se dissolvem em grandes quantidades e com facilidade.

Existem ainda substâncias que se dissolvem em água com facilidade, como a sacarose (açúcar), mas resultam em soluções um pouco diferentes das soluções salinas, pois não são soluções eletrolíticas, isto é, não conduzem a corrente elétrica.

As águas salgadas encontradas na natureza têm inúmeros sais nela dissolvidos. A água doce potável apresenta pequena quantidade de sal dissolvida, o que possibilita o consumo.

3.3 Característica da água do mar

Como padrão é consideramos a água do mar com 35.000 ppm de TDS (total de sólidos dissolvidos) e temperatura de 25°C. Podem ocorrer variações entre 35.000 a 45.000 ppm, e entre 0° a 35 °C.

A unidade de medida ppm corresponde ao método comum de referências à quantidade de sólidos dissolvidos em qualquer solução. Por exemplo, se misturarmos 1 grama de cloreto de sódio num reservatório contendo 1.000 litros de água, teremos, hipoteticamente, 1 ppm de TDS => 1 parte de sal para 1.000.000 de partes de água.

4 DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA

Com o surgimento das embarcações a vapor, aumentou a necessidade de se obter água pura em grande quantidade para caldeiras a bordo, tornando o aperfeiçoamento da destilação essencial.

O processo de dessalinização por osmose reversa é mais recente. A primeira tentativa ocorreu nos Estados Unidos da América (EUA) entre 1953 a 1954, por JE Breton e CE Reid, que é reconhecida como a invenção do processo de osmose reversa, porém o volume de água potável obtido era muito baixo. Em 1962 ainda nos EUA, Califórnia, foi inaugurada uma planta piloto de dessalinização por osmose reversa.

Na segunda metade dos anos 60 os EUA incentivaram parcerias entre as universidades e empresas privadas, gerando projetos inovadores que deram um passo decisivo no tratamento de água por osmose reversa. Surgem a partir daí empresas que passaram a dominar a fabricação de membranas.

Em 1965 a planta piloto da Califórnia, EUA, é incorporada ao sistema de abastecimento de água potável, marcando o início do fornecimento comercial de água potável a partir da tecnologia de dessalinização por osmose reversa.

Em 1968, J Westmoreland e DT Bray patentaram o desenho e a configuração das membranas em espiral, permitindo a popularização da tecnologia.

Em 1971, foi solicitada a patente da membrana de osmose reversa construída em poliamida aromática, que dominou o mercado de osmose reversa, aumentando significativamente a durabilidade desses elementos. Na segunda metade dos anos 70 foram construídas as primeiras plantas industriais para produzir água potável.

Em 2009 na Espanha, foi inaugurada a maior planta industrial de dessalinização por osmose reversa do mundo. Com capacidade de 200.000m³/dia de água potável, essa planta é designada para o suprimento da cidade de Barcelona e os distritos próximos.

Figura 2: Planta de dessalinização por osmose reversa



Fonte: www.inovacoestecnologicas.com.br.

Este sistema é também utilizado em vários Países do Mundo incluindo os da CPLP (Comunidade dos Países da Língua Oficial Portuguesa), como Cabo Verde, situado na Costa ocidental da África. Com uma população de 500.000 habitantes, vê na água potável produzida pela Osmose Reversa uma maneira de sanar os problemas de falta de água, não chove constantemente e é árido na maior parte do ano. A ELECTRA (Empresa Pública de Eletricidade e Água) é a única empresa fornecedora de água do país. Em Cabo Verde não há poço artesiano, nem hidrelétricas. Uma das filiais desta empresa, fica situada em São Vicente, uma das ilhas locais, tem a capacidade de produzir 5 mil metros cúbicos de água diariamente. Ela abastece água para a população local e todos os navios que fazem a rota Europa – América (Fonte: <http://www.asemana.publ.cv/>).

4.1 Funcionamento

Antes de explicar o funcionamento precisamos ter conhecimento de alguns termos que serão muito mencionados nesse trabalho. Temos que:

Solução é mistura líquida homogênea de dois ou mais corpos. Os componentes de uma solução são o soluto e o solvente.

O soluto é o que se dissolve, se desfaz em meio líquido, quando está em contato com outra substância de maior quantidade, o solvente, ou seja, é o componente presente em menor quantidade.

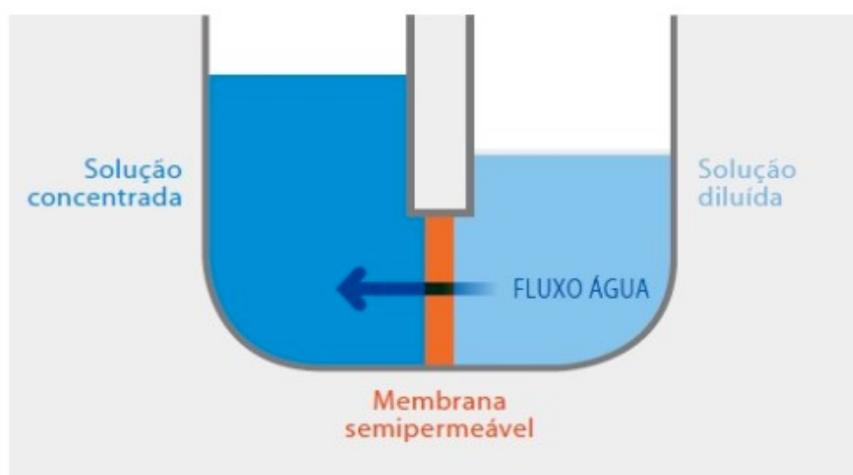
O solvente é a substância líquida que tem propriedade líquida que tem a propriedade de solver ou dissolver outras, é o componente presente em maior quantidade e que dissolve o soluto.

Solução hipotônica é a solução em que a quantidade de solvente é maior que a de soluto.

Solução hipertônica é a solução em que o solvente já dissolveu toda quantidade possível de soluto e toda a quantidade agora adicionada não será dissolvida e ficará no fundo do recipiente.

Para compreender a osmose reversa antes precisamos entender a osmose convencional. Usando-se uma membrana semipermeável, o que significa que permite a passagem da água, mas impede que as partículas dissolvidas passem completamente. Coloca-se a membrana no meio das soluções com concentração diferente de solutos, a água irá, normalmente, passar do lado com menor concentração para o lado com maior concentração, igualando as soluções. Este processo está presente no funcionamento de diversos seres vivos incluindo os seres humanos.

Figura 3: Processo de osmose natural



Fonte: <http://www.hidraulicart.pt/osmose-inversa/>.

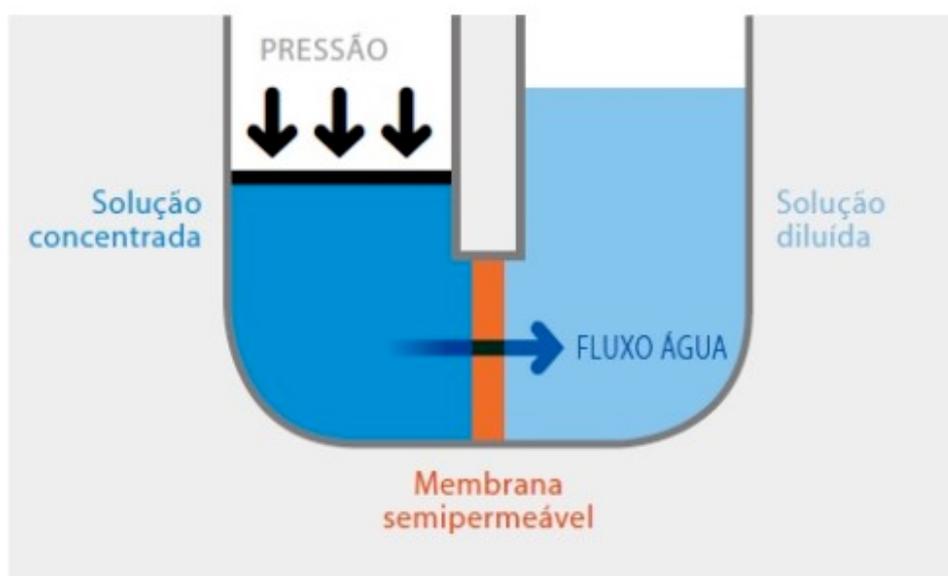
Na figura, podemos verificar um sistema de osmose direta, com dois compartimentos separados por uma membrana semipermeável, onde se encontra uma solução diluída em um dos compartimentos e água salina no outro. Observa-se então um fluxo preferencial da solução diluída difundindo-se através da membrana, reduzindo a concentração salina da água, encontrada no outro compartimento.

A passagem de água pura, através da membrana semipermeável, aumenta o volume da água salinizada, com a formação de uma coluna de água. Este efeito é decorrente da pressão exercida sobre a membrana, no lado da água salinizada, estando, então os sistemas em equilíbrio. Esta pressão hidrostática de equilíbrio é denominada pressão osmótica da solução salina em questão.

A osmose reversa ocorre quando se aplica uma pressão maior do que a pressão osmótica, revertendo-se à tendência natural. Neste caso, a água da solução salina passa através da membrana semipermeável a qual comporta-se como uma peneira, rejeitando, seletivamente, quase todas as moléculas diluídas e permitindo somente a passagem de água pura.

A osmose reversa tem capacidade de separar a água de seus contaminantes, tais como sólidos dissolvidos, coloides, sólidos suspensos, bactérias, vírus e matéria orgânica.

Figura 4: Processo de osmose reversa



Fonte: <http://www.hidraulicart.pt/osmose-inversa/>.

Figura 5: Sistema típico de osmose reversa horizontal



Fonte: www.manutencaoesuprimentos.com.br.

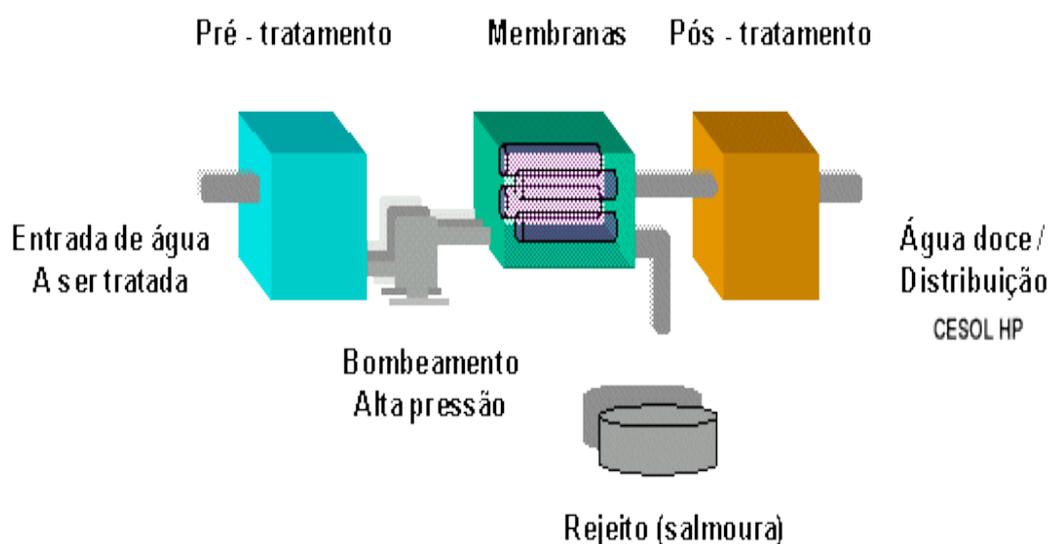
4.2 Equipamentos auxiliares

Com o objetivo de produzir água potável, uma unidade de osmose reversa é constituída basicamente por uma bomba de alimentação de água salgada, uma bomba de alta pressão, membranas, válvulas, manômetros e sensor de condutividade.

A água é captada no mar através de uma bomba centrífuga e esta alimentará a unidade. Uma bomba de alta pressão coleta essa água e a pressuriza sobre as membranas com pressões em torno de 60 bar. Após passar pelas membranas dois fluxos são gerados. Uma parcela de água, com sais retidos (salmoura), é descartada e retorna para o mar e outra é purificada indo para um tanque de água potável, por exemplo.

Um sensor de condutividade controla o teor de sais na água produzida. Se forem atingidos valores acima do tolerado, toda a produção retorna para o ponto de captação através de uma válvula de 3-vias, controlada pelo sensor. Se estiver nos limites aceitáveis, a válvula libera o fluxo de água doce para o destino desejado, no caso, um reservatório de água potável.

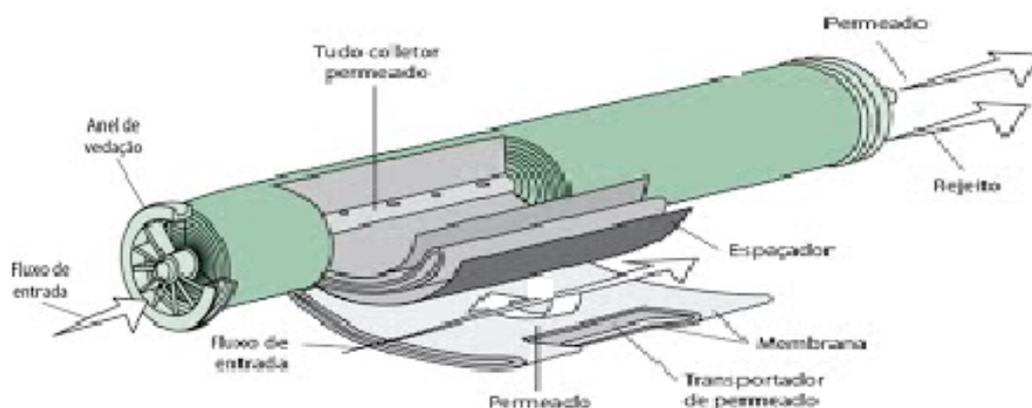
Figura 6: Esquema básico de um sistema de osmose reversa



Fonte: <http://www.geocities.ws/cesol999/OsmoseReversa.htm>.

As Membranas são os principais elementos constituintes de unidade de osmose reversa. Elas devem ter diâmetro apropriado e ser arranjadas de maneira que suportem as altas pressões fornecidas pela bomba de alta pressão. Os principais materiais empregados em sua fabricação são constituídos de frágil filme de poliamida de polissulfonato que sem um revestimento para dar apoio não resistiriam aos esforços. A dificuldade de combinar os requisitos, grande área superficial e reforço suficiente, foi solucionada fabricando membranas em formato de cartucho em espiral, usualmente instalada em um alojamento resistente a alta pressão.

Figura 7: Ilustração Membrana de Osmose reversa



Fonte: www.ebah.com.br.

Figura 8: Membrana de osmose reversa



Fonte: www.ebah.com.br.

O centro dos cartuchos é constituído de um tubo com poros, que é ligado nas extremidades abertas de um grande número de envelopes, cada um deles feito de duas folhas de matérias da membrana. Os envelopes são separados por folhas de gaze grossas. Os envelopes e separadores tem a aparência de um livro quando aberto, entretanto, estão em volta de um tubo formando o cartucho. Estes são alojados dentro de cilindros, normalmente de aço inoxidável, que são dispostos em paralelo, porém, de acordo com a finalidade de aumentar a qualidade do produto final, são posicionados em série.

Os cartuchos de membranas são arranjados de maneira que a água salgada passe pelo rolamento em espiral e sobre as membranas causando uma ação de limpeza, auxiliando a manter a superfície isenta de depósitos. Isto não impede que sejam efetuadas limpezas periódicas com produtos químicos, como hexametáfosfato de sódio ou ácido sulfâmico, bombeado geralmente em fluxo reverso ao usual, para melhor das membranas e otimização do sistema.

Logo após a descarga da bomba de alimentação de água salgada, tem-se um filtro primário cuja finalidade é a de reter a maioria das partículas sólidas de maiores dimensões. O fluxo de água salgada de alimentação passa pelo material interno do filtro, onde as partículas são retiradas e o fluxo segue para a planta.

Após o filtro primário, o fluxo de água salgada passa por um pré-filtro, esta etapa pode ser chamada de pré-filtragem, com a finalidade de reter partículas sólidas de menores dimensões, com intuito de proteger a bomba de alta pressão contra resíduos danosos e particulados que possam danificar a bomba. Este pré-filtro é um cartucho descartável com capacidade para retenção de partículas de 8 a 20 microns. É instalado em fácil acesso para ser realizado sua troca.

Após a pré-filtragem, o fluxo de água salgada vai para a bomba de alta pressão que é do tipo alternativa (pistão) acionada por um motor elétrico, aonde é bombeado à pressão de trabalho entre 800 a 1180 psi (55 a 85 bar) para as membranas, ocorrendo a separação da água salgada, aonde o fluxo é dividido entre a água doce produzida, que será direcionada para os reservatórios dedicados e salmoura, que será destinada à rede de descarte para o mar. O fluxo de água doce produzida, antes de ter seu destino final, passará por elementos auxiliares utilizados para tratamento mineral e químico desta água

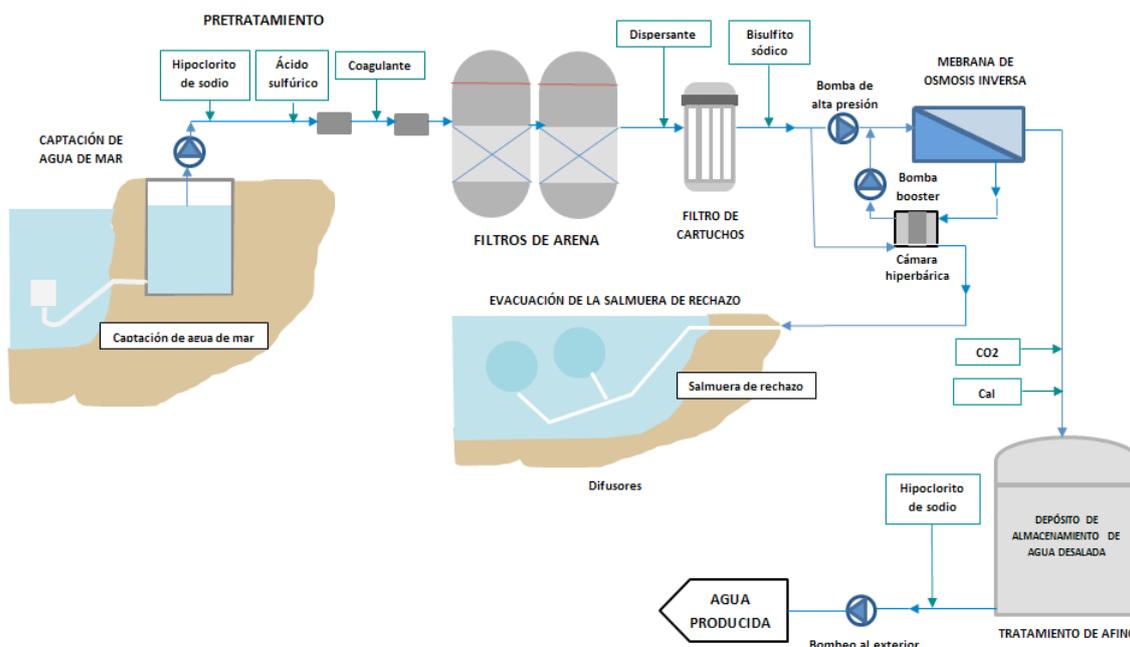
O filtro Rehardening tem a função de aumentar a dureza desta água doce produzida. Este filtro possui manobra de válvulas para limpeza por retrolavagem química, para evitar a formação de lama no fundo e uma película de lodo na superfície do material, bem como válvula by-pass para inspeção interna do equipamento sem necessidade de parada total da planta de osmose reversa.

Após do filtro Rehardening, o fluxo de água doce produzida além da adição de sais minerais, também necessita de certa concentração de cloro, dosado na forma

hipoclorito de sódio, a fim de esterilizar a água e evitar formação de microorganismo danosos à saúde humana.

Os painéis de controle são normalmente encontrados com: salinômetro com indicação de salinidade e temperatura da água na saída dos cilindros, medidores de vazão do produto (hidrômetro), manômetro de baixa e alta pressão, chaves de partida e parada, válvula de três vias para extração do produto no porão quando o salinômetro acusar elevação de ppm, válvula reguladora de alta pressão, horímetro e luzes indicadoras da quantidade de água.

Figura 9: Sistema e equipamentos auxiliares



Fonte: www.infobibos.com.br.

4.3 Manutenção

A manutenção é sem dúvida uma fase do equipamento muito importante que influencia tanto na fabricação quanto no projeto.

Levar em consideração os aspectos da manutenção no projeto é de suma importância, já que a maioria das empresas do ramo marítimo, apoio marítimo, offshore, navegação, utilizam a manutenção preventiva como método de

manutenção. A manutenção preventiva prevê um custo alto no primeiro momento a fim de reduzir o custo em longo prazo.

No sistema de dessalinização por osmose reversa, as redes de alimentação de água salgada até a bomba de recalque são construídas de material resistente a corrosão para evitar ao máximo a chegada de impurezas nas membranas filtrantes e, assim prolongar a vida útil do equipamento, ou pelo menos, evitar excessivo número de paradas do equipamento para realizar retrolavagem do sistema. Após esta bomba, as redes são feitas de PVC ou mangueiras até a aspiração da bomba de alta pressão e a partir da descarga desta até os cilindros das membranas, as redes são feitas de aço inoxidável.

Há pontos que podem necessitar de reparos consecutivos, tais como as válvulas de admissão e descarga da bomba de alta pressão, pois em uso contínuo, pode aparecer fadiga nas molas de acionamento causando perda de rendimento ou até quebra das mesmas, o que resultar em avarias maiores nas bombas. Para um bom funcionamento da bomba, é necessário seu acionamento por um motor de alta potência, para que seja alcançada a pressão necessária à filtragem e rotação específica conseguida por meio de polias de diâmetros distintos entre o motor e a bomba, reduzindo a rotação da bomba para exercer um papel melhor. O acoplamento da bomba e o motor elétrico, geralmente é feito por polias e por correia dentada para evitar que o sistema entre em ressonância devido as vibrações e evitar excesso de aquecimento se perder a aspiração devido a alta pressão.

Os filtros de aspiração da bomba centrífuga devem permanecer sempre limpos para evitar a diminuição do fluxo de água salgada na aspiração da bomba de alta pressão causando desarme no sistema.

Os anéis de vedação dos cilindros das membranas, essenciais na separação entre água produzida e salmoura a ser extraída, podem se deslocar ou até romper devido à elevada pressão de trabalho. Isto pode contaminar a água produzida. É realizada a parada do sistema para substituição dos mesmos.

Por um período de prolongado de tempo, as membranas de osmose reversa são sujeitas à incrustação por material suspenso ou solúvel presente na água de

alimentação. Exemplos comuns de incrustações são: Carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, óxidos de metais, sílica, e depósitos orgânicos ou biológicos.

É importante monitorar o desempenho do dessalinizador em um padrão regular, é um passo importante para saber quando as membranas estão tornando-se incrustadas.

A eliminação de incrustações é efetuada pela limpeza e lavagem rápida e, preventivamente pela mudança das condições de operação. A eliminação de incrustações é exigida quando a vazão do permeado tem diminuído de 10 a 15% abaixo da vazão normal ou a pressão da água de alimentação tem aumentado de 10 a 15% para manter a vazão da água do permeado ou a qualidade da água do permeado tem diminuído de 10 a 15% ou a passagem de sal aumentado de 10 a 15% ou ainda o diferencial de pressão através de um estágio de osmose reversa em aumentado.

4.4 Vantagens e desvantagens do sistema de osmose reversa

4.4.1 Vantagens

O sistema de osmose reversa não desperdiça tanta água em comparação a outros sistemas de dessalinização e não necessita de muito espaço físico para sua instalação.

Após a filtragem a água torna-se potável e economiza-se algum dinheiro com água mineral. Pois o sistema é capaz de se livrar da ferrugem e partículas microscópicas; ele também pode filtrar manganês, ferro e sal, bem como outros minerais nocivos; também produtos químicos como flúor e cloro podem ser removidos; as bactérias não podem passar através dos filtros.

4.4.2 Desvantagens

A água pode se tornar mais ácida, pois alguns minerais alcalinos benéficos também são removidos juntamente com outros minerais nocivos. E a água potável que possui zero ou baixa concentração alcalina absorve o cálcio e outros minerais do corpo. A água muito ácida pode corroer os aparelhos do sistema.

A membrana é de alto valor comercial devido ao material que a compõe (poliéster + polisufone + poliamida), elevando o custo da manutenção.

5 COMPARAÇÃO ENTRE OSMOSE REVERSA E SISTEMA DESTILATÓRIO

Apenas dois processos de dessalinização representam 88% da dessalinização global: a osmose reversa e o sistema destilatório. Como o objetivo do trabalho é explicar e esclarecer o sistema de osmose reversa, é de suma importância citar suas diferenças com o único sistema que concorrente.

A energia requerida para a produção de um litro de água potável em relação ao custo da energia cria ou elimina a necessidade de um dessalinizador e auxilia a definir a escolha do melhor processo.

Comparado com o sistema destilatório, a osmose reversa possui maior rendimento. Isto significa que, para mesma quantidade na saída, o volume na entrada de um equipamento de osmose reversa é um terço da água do mar necessária em um grupo destilatório. Isto proporciona decréscimo de consumo de energia e outros custos requeridos para o bombeio da água do mar para o sistema e o descarte da salmoura remanescente. Sistemas de osmose reversa exigem considerável consumo de energia para pressurizar a água do mar nas membranas filtrantes, entretanto, o sistema destilatório necessita de muita energia para o aquecimento da água que será vaporizada.

A tecnologia das membranas de filtragem do sistema de osmose reversa conseguiu um grande avanço na última década, havendo novos tipos de membranas que conseguem o efeito de separação do soluto em pressões de trabalho bem inferiores, resultando em diminuição do consumo de energia. Mas, em geral, o sistema destilatório requer algo em torno de 17 Kwh/m³ de água (para aquecimento e bombeio), contra 5 Kwh/m³ no sistema de osmose reversa. Atualmente, o sistema destilatório só será viável onde houver disponibilidade de calor em sistemas paralelos.

Quanto à qualidade da água produzida o sistema destilatório produz água com menos de 100 mg/l de sal dissolvido, contra 400 mg/l no sistema de osmose reversa. E este necessita de vários conjuntos de membranas para obtenção de água com melhor qualidade. Nos sistemas de osmose reversa, a água produzida depende da qualidade da água do mar de alimentação. Como o sistema destilatório usa a vaporização, a performance não depende da qualidade da alimentação.

Um ponto negativo do sistema de osmose reversa é a necessidade de pré-tratamento da água para o processo. São necessários dispositivos e uso de produtos químicos para remover organismos biológicos, sólidos em suspensão e outras impurezas. Também o PH e outras variáveis químicas da água de alimentação devem ser controlados, algo que o sistema destilatório, usando vaporização, não requer.

Sistemas destilatórios são consideravelmente maiores do que sistemas de osmose reversa. Conseqüentemente os custos de construção e de espaço requeridos são maiores, desde que o sistema de produção de calor, redes específicas para condução deste calor, caldeiras e condensadores, sejam necessários. Como, a bordo das embarcações mercantes, há disponibilidade de fonte de calor, seja a água proveniente do resfriamento dos cilindros dos motores principais ou vapor (em navios de maior porte), os custos de instalação são equivalentes, cabendo, então, a decisão de escolha do melhor sistema, ser baseada na manutenção requerida em cada sistema e o custo de energia necessária para o funcionamento de um deles. Sob o aspecto da energia requerida, como já visto, será maior no grupo destilatório, se comparado ao sistema de osmose reversa, se em sistemas instalados fora de embarcações. A bordo, o custo energético do sistema destilatório será consideravelmente reduzido, por usar o calor de outras fontes já existentes.

O espaço necessário para o sistema destilatório também não será um item fundamental de decisão já que modernos destiladores, de dimensões reduzidas, ocupam o mesmo espaço de um sistema de osmose reversa, embora não tenha a mesma eficiência de produção deste, como, também já foi visto.

A escolha acontecerá, principalmente, baseada nos aspectos de manutenção e da existência ou não de um equipamento dessalinizador originalmente instalado na construção da embarcação, quando terá sido feita toda a interligação apropriada do sistema de dessalinização, qualquer que seja ele, com os sistemas principais, dos quais ele dependerá.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi apresentado a necessidade cada vez maior da obtenção de água potável, devido à poluição e desperdício, sem contar algumas áreas geográficas onde há escassez de água.

Então podemos concluir que a melhor forma para obtenção de água doce é a dessalinização. Foi necessário o aprimoramento e o avanço tecnológico para que nos dias de hoje as técnicas de dessalinização sejam utilizadas em algumas cidades e embarcações.

Existem inúmeras maneiras de dessalinizar a água do mar, transformando-a em água doce, porém apenas dois possuem o rendimento necessário e custos plausíveis.

Este trabalho exemplificou e explicou o processo de osmose reversa que é bastante utilizado para abastecimento de cidades, possui maior rendimento e não ocupa muito espaço físico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MESSIAS, Armida Saconi. COSTA, Marcos Roberto Nunes (Org.) **Água subterrânea e dessalinização**. Recife: UNICAP, 2006.

OSMOSE Reversa. Disponível em: <www.brasilecola.com.br>. Acesso em: mai2016.

OLIVEIRA, Tatiana; CARVALHO, Antônio R. P. **Osmose reversa**.

PROCESSOS de dessalinização. Disponível em: <www.nupeg.ufrn.br>. Acesso em: mai2016.

RAMALHO, Renata. **Dessalinização da água**.

UOL EDUCAÇÃO. Disponível em: <www.educação.uol.com.br>. Acesso em: mai2016.

WATER treatent and purification, desalination: reverse osmosis. Disponível em: <www.alfaval.com>. Acesso em: mai2016.