

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE MÁQUINAS - APMA

PIERRE DE MATTOS FULY

**DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA E SUA COMPARAÇÃO COM O
DESTILADOR**

RIO DE JANEIRO

2014

PIERRE DE MATTOS FULY

**DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA E SUA COMPARAÇÃO COM O
DESTILADOR**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Prof. 1OM Cláudio de Jesus.

RIO DE JANEIRO

2014

PIERRE DE MATTOS FULY

**DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA E SUA COMPARAÇÃO COM O
DESTILADOR**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Prof. 1OM Cláudio de Jesus

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me permitiu chegar até aqui.

Agradeço a minha esposa que me apoiou e incentivou em todos os momentos deste caminho.

Agradeço aos profissionais do Navio Sonda Cerrado, pelo apoio e incentivo que possibilitaram a minha participação neste curso de aperfeiçoamento.

Agradeço ao corpo docente do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha pelo aprendizado proporcionado, em especial ao professor Claudio de Jesus que me orientou na realização deste trabalho.

Agradeço aos companheiros de turma pelo suporte durante todo o curso para cumprirmos todas as etapas.

RESUMO

A busca por água potável já é uma preocupação mundial e o processo de dessalinização é uma alternativa amplamente utilizada a bordo a fim de reduzir o consumo de água potável proveniente dos recursos naturais. A destilação é o processo de dessalinização mais utilizado, porém recentemente o método de osmose reversa vem sendo aplicado com mais frequência. Esses dois processos serão analisados do ponto de vista da manutenção, sustentabilidade e custo x benefício, de modo que seja identificado o melhor método de dessalinização a longo tanto para uma embarcação, ou seja o armador, bem como para o meio ambiente.

Palavras-chave: Dessalinização, Destilação, Osmose Reversa.

ABSTRACT

The search for clean water is now a global concern and the desalination process is an alternative widely used on board in order to reduce the consumption of drinking water from natural resources. Distillation is the most commonly used desalination process, but recently the method of reverse osmosis has been used more frequently. These two processes are analyzed from the standpoint of maintenance, sustainability and cost-benefit, so the best method is identified desalination long for either a vessel, or the owner, as well as for the environment.

Key-words: Desalination, Distillation, Reverse Osmosis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Planta Industrial Osmose Reversa na Espanha	10
Figura 2 -	Planta Industrial Osmose Reversa na Espanha	11
Figura 3 -	Processo Normal de Osmose	12
Figura 4 -	Processo de Osmose Reversa	13
Figura 5 -	Membrana da Unidade Osmose Reversa	15
Figura 6 -	Unidade Simples Estágio Osmose Reversa	15
Figura 7 -	Unidade Duplo Estágio Osmose Reversa	16
Figura 8 -	Destilador Convencional	17
Figura 9 -	Fluxo de água salgada e da fonte de calor no Destilador	18
Figura 10 -	Placas de titânio do Destilador onde ocorre o processo	18
Figura 11 -	Incrustações nas placas	20
Figura 12 -	Acúmulo de sal no interior do Destilador	20

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	08
HISTÓRICO	09
CAPÍTULO I - DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA	12
CAPÍTULO II - DESTILADOR CONVENCIONAL	17
CAPÍTULO III – MANUTENÇÃO EM AMBOS DESSALINIZADORES (OSMOSE REVERSA E DESTILADOR)	19
CAPÍTULO IV – CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o objetivo de comparar Dessalinizadores usados a bordo de embarcações mercantes sejam na navegação, no apoio marítimo e nas unidades marítimas, com seus processos específicos com a mesma finalidade de produzir água salgada em água potável.

Por serem equipamentos de fundamental importância para a operação e condução das embarcações, e de seus tripulantes e passageiros, será feita uma análise comparativa dos equipamentos mais utilizados atualmente: Destilador e Osmose Reversa. Considerando-se custo x benefício, manutenção e o aspecto ambiental.

HISTÓRICO

Na natureza, a dessalinização é um processo contínuo e natural, alimentador do ciclo hidrológico, que se comporta como um sistema físico, fechado, sequencial e dinâmico. Devido à ação da energia solar, ocorre a evaporação de um grande volume de água dos oceanos, dos mares e dos continentes. Os sais permanecem na solução e os vapores, por condensação, vão formar as nuvens, as quais originam as chuvas e outras formas de precipitação. Esta água doce, por gravidade, volta aos oceanos e mares, alimentando os rios, os lagos, as lagoas, que, devido à dinâmica do processo, assimilam uma nova carga salina e, assim, todo o ciclo continua. Por necessidade de sobrevivência, o homem copiou a Natureza e desenvolveu métodos e técnicas de dessalinização das águas com elevado conteúdo salino para obter água doce.

O histórico da dessalinização provem de 2000 anos antes de cristo onde antigos textos egípcios e sânscritos claramente revelavam as praticas que eram seguidas para se manter a agua pura.

Há relatos de que o exercito romano, comandado por Júlio Cesar, usava destilação para produzir água potável para seus soldados, a partir da agua do mar.

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

O processo de dessalinização por osmose reversa e mais recente. Entre 1953 a 1959 ocorreu a primeira tentativa nos EUA, por JE Breton e CE Reid, que e reconhecida como a invenção do processo de osmose reversa, porem o volume de água potável obtido ainda 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 incentivam parcerias entra as Universidades e empresas privadas, gerando projetos inovadores que dão um passo decisivo no tratamento de agua por osmose reversa. Surgem a partir dai empresas que passam 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 patenteiam o desenho e a configuração das membranas em espiral, permitindo a popularização da tecnologia.

Em 1971, É solicitada a patente da membrana de osmose reversa construída em poliamida aromática, que veio a dominar o mercado de membranas de osmose reversa, aumentando significativamente a durabilidade desses elementos. Na segunda metade dos anos 70 são 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 200.000 m³/dia de água potável, essa planta é designada para o suprimento da cidade de Barcelona e os distritos próximos.

Figura 1 – Planta Industrial Osmose Reversa na Espanha



Fonte: www.water-technology.net

Figura 2 - Planta Industrial Osmose Reversa na Espanha



Fonte: www.water-technology.net

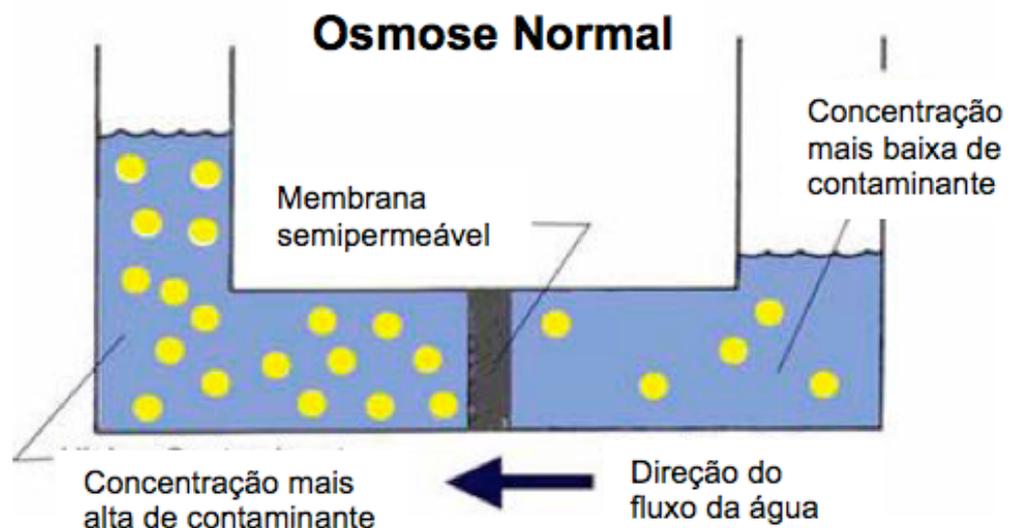
CAPÍTULO I

DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA

Uma membrana de osmose de qualidade elevada é semipermeável, o que significa que permite a passagem da água, mas impede que as partículas dissolvidas passem completamente. Se situarmos uma membrana entre dois compartimentos, e colocar a água salgada em um lado do recipiente e a água pura no outro lado, um princípio científico fundamental marca seu papel. Isto é, duas concentrações diferentes dos líquidos dentro do mesmo sistema tentarão alcançar o equilíbrio (isto é, a mesma concentração dos contaminadores) em ambos os lados da membrana. Naturalmente a única maneira para que isto aconteça é que a água pura passe através da membrana para o lado da água salgada em uma tentativa de diluir a solução de sal.

Normalmente, para este experimento, utiliza-se uma membrana semipermeável de modo que o sentido da passagem seja um só, ou seja, do solvente puro para a solução. Esta tentativa de alcançar o equilíbrio é chamada Osmose.

Figura 3 – Processo Normal de Osmose

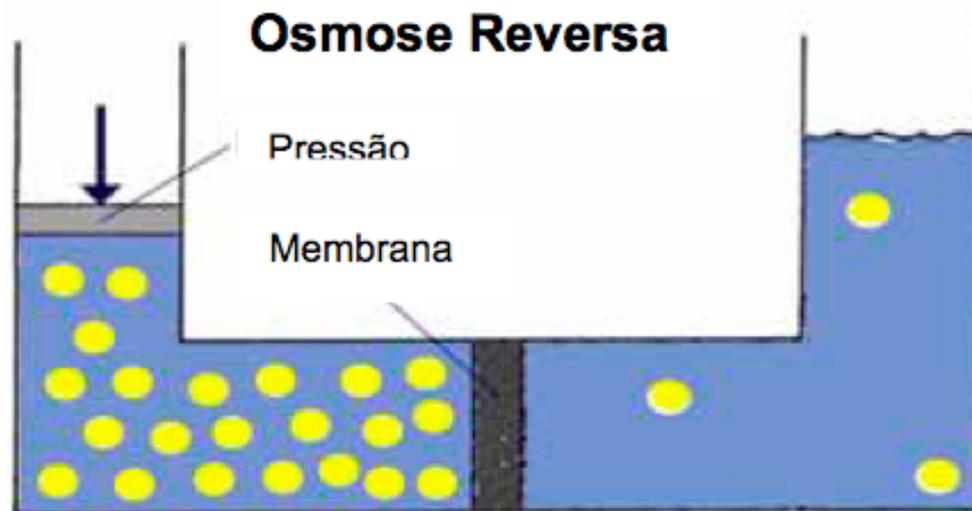


Fonte: www.nutep.ufrn.br

A osmose reversa é a reversão do fluxo natural da osmose. Por exemplo, em

um sistema de purificação de água, o objetivo não é diluir a solução de sal, mas separar a água pura do sal e de outros contaminantes. Quando o fluxo osmótico natural é invertido, a água da solução de sal é forçada através da membrana no sentido oposto pela aplicação da pressão, daí o termo osmose reversa.

Figura 4 – Processo de Osmose Reversa



Fonte: www.nutep.ufrn.br

A osmose reversa, também conhecida como a hiperfiltração, é o processo de filtração conhecido de maior precisão. Este processo permite a remoção de partículas tão pequenas quanto íons de uma solução. A osmose reversa é usada para purificar a água e remover os sais e as outras impurezas a fim de melhorar a cor, o gosto ou as propriedades do líquido.

O processo da osmose reversa requer uma força direcional para empurrar o líquido através da membrana, e a força mais comum é obtida através da pressão fornecida por uma bomba. Quanto mais elevada a pressão, maior a força direcional. Como a concentração do líquido aumenta à medida que os rejeitos vão sendo detidos pela membrana, a força direcional requerida para continuar concentrando o líquido aumenta.

Antes que a água seja dessalinizada na membrana, a água deve estar livre de cloro, ferro, alumínio, ácido silícico, partículas, contaminantes orgânicos e biológicos, etc. Por conseguinte, é comum que a água de alimentação seja pré-tratada antes da

sua passagem através do sistema. O pré-tratamento se destina a reduzir as partículas e contaminantes que prejudicariam a membrana, tubulações ou danificar a bomba de alta pressão.

O filtro exige uma certa pressão para ser capaz de limpar a água. Para conseguir a pressão necessária, uma bomba de água de alimentação é necessário que aumente a pressão da água de alimentação, antes que ele atinja o filtro. Depois disso, a água flui através de um segundo filtro para remover as partículas mais pequenas, e, em seguida, atingir a bomba de alta pressão. A bomba aumenta a pressão da água de alimentação de modo que ultrapasse a pressão osmótica, antes que a água seja dessalinizada na membrana.

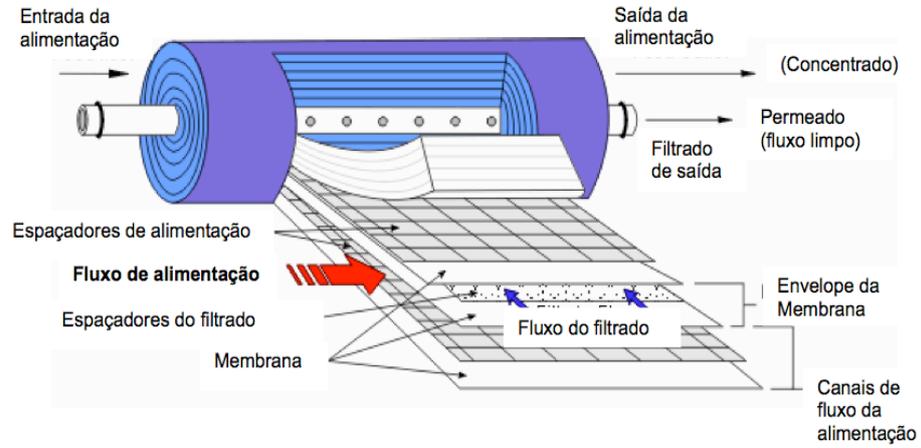
Depois de a água passar no módulo de Osmose Reversa, dois fluxos são produzidos. Uma é água dessalinizada e o outro é o concentrado de sal (salmoura). A salmoura é imediatamente descarregada.

A água tratada a partir do módulo de Osmose Reversa passa através de uma célula de condutividade que mede a condutividade da água. Se a condutividade estiver alta, a água é automaticamente descarregada através de uma válvula magnética de 3 vias. Se a condutividade for inferior ao valor limite, a água produzida vai para um tanque.

Uma unidade de simples estágio do dessalinizador por osmose reversa produz água com o ppm geralmente entre 250 – 300. Esse valor está dentro dos parâmetros de utilização por recomendação da Organização Mundial de Saúde. Porém se o único sistema de geração de água potável de bordo for o osmose reversa, se for necessário utilizar essa água produzida para suplementar sistemas de resfriamento e água de caldeira, será necessário utilizar um sistema de osmose reversa de duplo estágio. O sistema de duplo estágio gera água potável com ppm inferior a 5, o que torna a água produzida capaz de suplementar sistemas de resfriamento e água de caldeira.

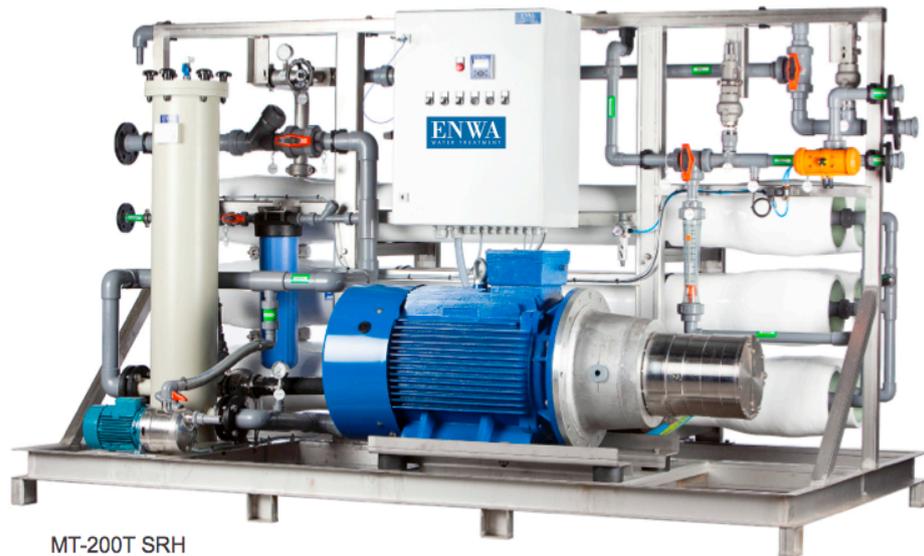
O número de membranas geralmente só influencia na capacidade de produção, para um sistema de duplo estágio é necessário apenas 20% a mais de membranas no segundo estágio em função do primeiro estágio.

Figura 5 – Membrana da unidade Osmose Reversa



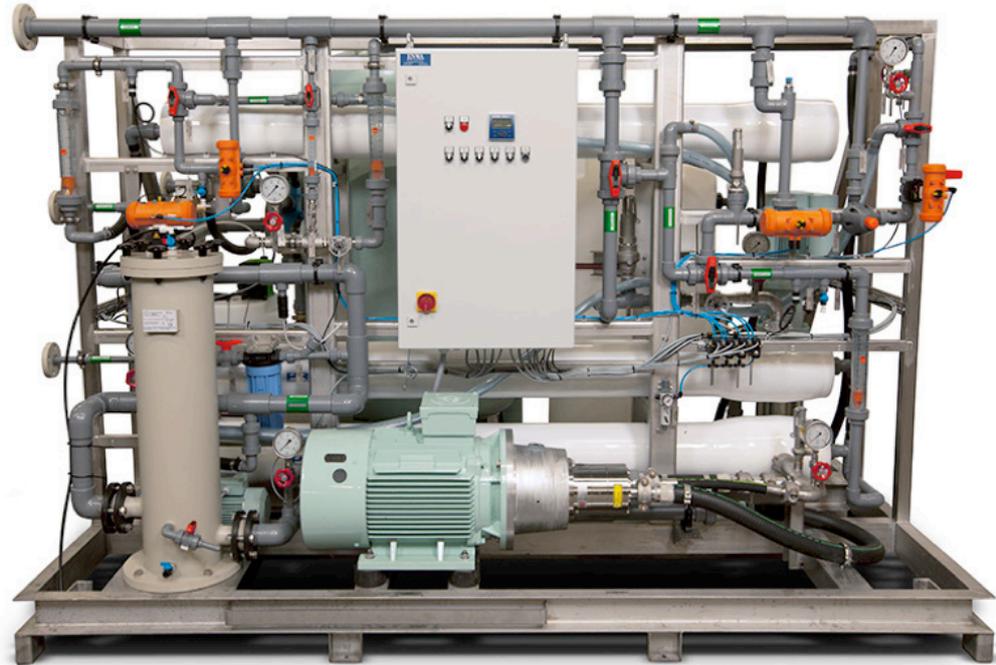
Fonte: www.nutep.ufrn.br

Figura 6 – Unidade Simples Estágio Osmose Reversa



Fonte: www.enwa.co.uk

Figura 7 – Unidade Duplo Estágio Osmose Reversa



Fonte: www.enwa.co.uk

CAPÍTULO II

DESTILADOR CONVENCIONAL

Atualmente há diversos tipos de modelos de destiladores. Porém o princípio básico de funcionamento é o mesmo. Através de duas placas (geralmente titânio) há a troca de calor. Através do vácuo gerado pelo ejetor a temperatura de evaporação da água salgada é reduzida. Para a total separação dos sais (íons) é utilizado o processo de coalescência por um demister que separa e aglutina esses resíduos. O mesmo ejetor que realiza o vácuo no sistema, realiza a extração da salmoura acumulada no processo. A água salgada a ser evaporada, antes de ser evaporada no evaporador é utilizada no condensador para condensar o vapor já tratado e assim a água produzida poder ser bombeada para o tanque de água potável através da bomba de destilado.

A fonte de calor utilizada no evaporador geralmente é a água de resfriamento de alta temperatura dos motores. Porém em alguns casos também é utilizado vapor saturado. O rendimento do destilador é dependente dessa fonte de calor, ou seja, da operação dos motores de combustão interna ou da operação de uma caldeira para geração de vapor.

A água produzida é monitorada por um salinômetro que atua através da condutividade da água produzida, água dessalinizada não conduz, ao contrário da água com sais (íons) que conduz, e através de um transdutor informa no painel de controle o ppm da água produzida.

Figura 8 – Destilador Convencional

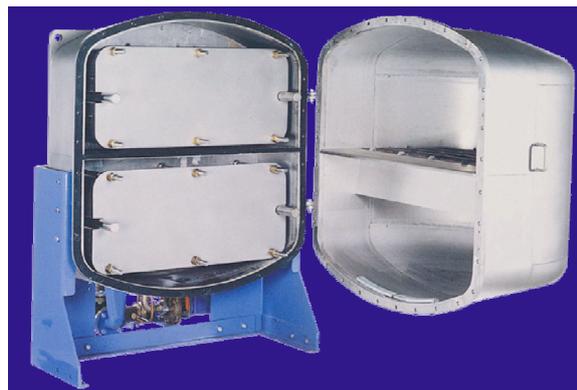
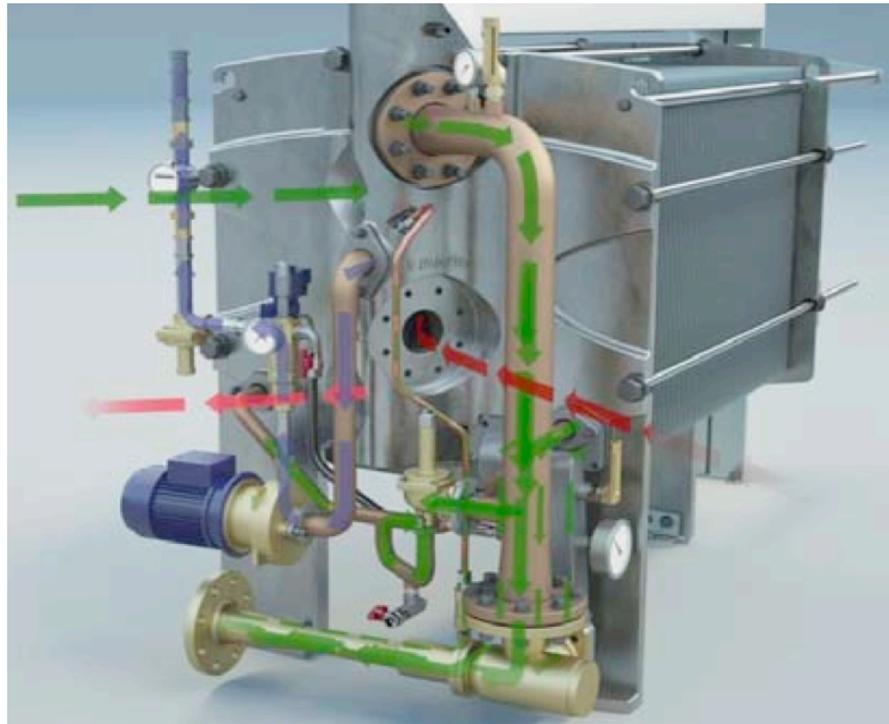
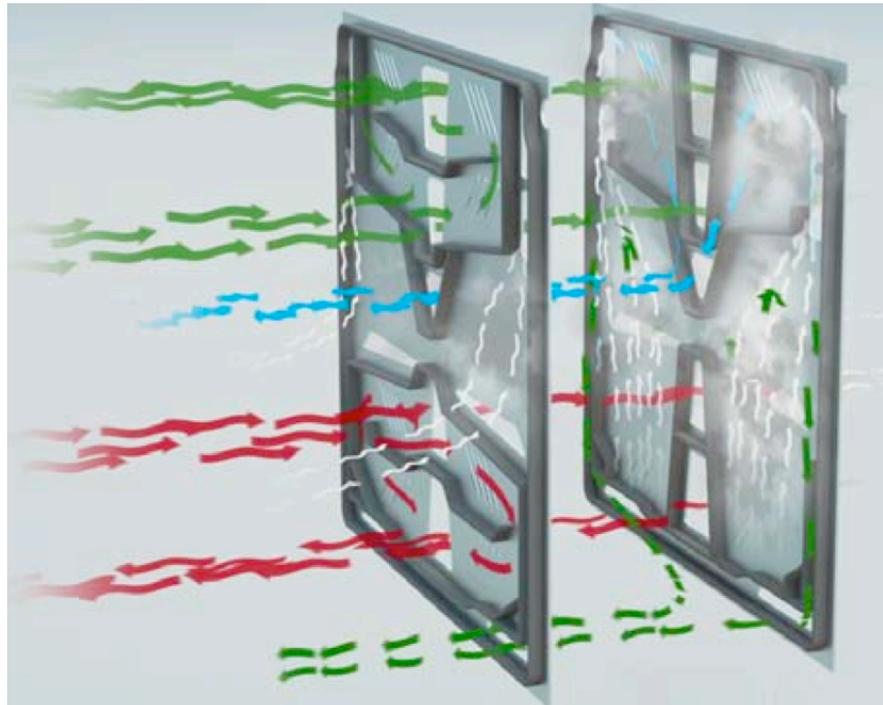


Figura 9 – Fluxo da Água salgada e da fonte de calor no Destilador



Fonte: www.alfalaval.com

Figura 10 – Placas de Titânio do Destilador onde ocorre o processo



Fonte: www.alfalaval.com

CAPÍTULO III

MANUTENÇÃO EM AMBOS DESSALINIZADORES (OSMOSE REVERSA E DESTILADOR)

A manutenção é sem dúvida, atualmente, 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 a longo prazo, conforme seja realizada a manutenção preventiva adequadamente.

Ambos dessalinizadores citados nesse trabalho, osmose reversa e destilador, não possuem um custo alto no projeto inicial para manutenção preventiva a curto e médio prazo. Sobressalentes básicos são necessários para manutenções preventivas ou até mesmo corretivas emergências ou planejadas, como manômetros, termômetros, filtros ou ralo, juntas.

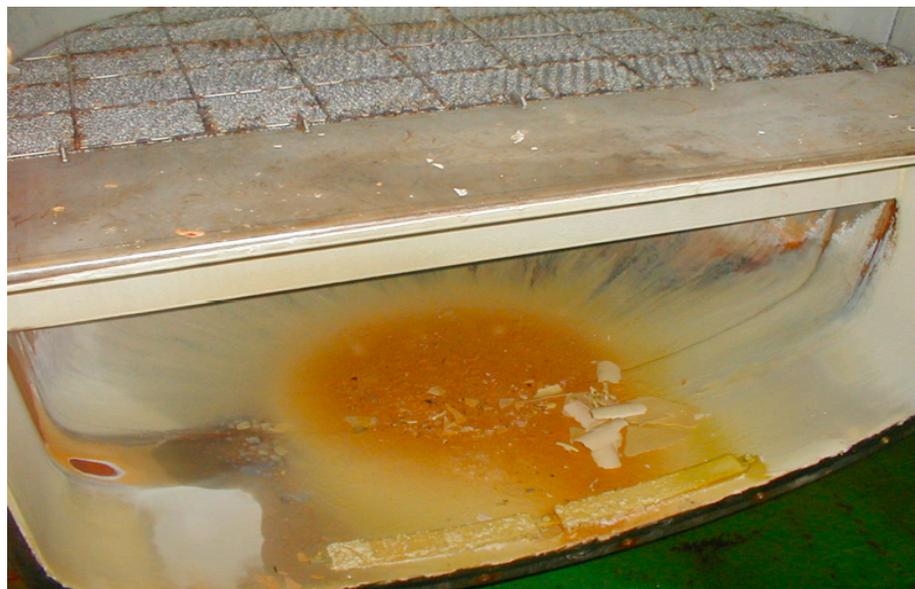
O destilador convencional requer para sua manutenção preventiva a longo prazo sobressalentes que podem ser custosos, como as próprias placas de titânio, selos das bombas ejetora e de destilado, ejetor, impelidores e motores elétricos. A longo prazo o custo com produtos químicos *anti-scaling* são de suma importância, pois sem esse tratamento químico a operação do destilador perde rendimento rapidamente e há a necessidade de limpeza manual das placas com frequência maior do que a recomendada pelo fabricante. O custo homem x hora para a realização da limpeza manual dos destiladores é um fator importante a ser considerado pois a realização dessa limpeza manual, mesmo com o uso de produtos químicos *anti-scaling*, requer um tempo grande de realização.

Figura 11 – Incrustações nas placas



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 12 – Acúmulo de sal no interior do Destilador



Fonte: Arquivo Pessoal

Já a manutenção no dessalinizador por osmose reversa, mesmo nas manutenções preventivas, não requer itens de alto custo para a realização, como por exemplo: produtos químicos para realização de uma limpeza, geralmente semestral; filtro de carvão ativo, geralmente anualmente; elementos filtrantes de linha, trocados em função da qualidade da água a ser dessalinizada; óleo lubrificante da bomba de alta pressão, a quantidade de óleo varia conforme a bomba porem são

poucos litros mesmo em bombas de alta capacidade; e o principal item do sistema de osmose reversa, as membranas, que dependendo do fabricante possuem um tempo de vida útil de 3 a 5 anos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSÃO

O objetivo dessa pesquisa foi comparar os principais tipos de dessalinizadores usados a bordo, em função dos processos de operação, manutenção e meio ambiente.

Como visto, o destilador convencional demanda uma mão de obra constante para a manutenção de limpeza de placas, além de ser dependente da operação de um motor de combustão interna, com uma carga relativamente alta, ou uma caldeira para geração de vapor saturado. Ou seja, para a utilização do destilador convencional precisamos fazer uso de óleo combustível, o que por mais modernos que sejam os sistemas de eliminação de resíduos para a atmosfera, ocorre a poluição pela queima. Da mesma forma que há maior consumo do óleo combustível gasto para a operação dos destiladores.

Já o processo por osmose reversa, mais moderno, com alto grau de confiabilidade não depende de nenhum outro equipamento principal ou auxiliar. Sua manutenção preventiva, ou corretiva, mais custosa, a troca de membranas ocorre com grandes intervalos.

Com o atual nível de confiabilidade dos dessalinizadores por osmose reversa, este se torna cada vez mais vantajoso e usado a bordo das embarcações mercantes. Ter um equipamento confiável, com baixo custo de manutenção e que não agride o meio ambiente é fundamental e essas se tornam as grandes vantagens do osmose reversa frente ao destilador convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Water Works Association. Reverse Osmosis and Nanofiltration. Awwa. 2007. 226p.

Dessalinização da Água: <http://ecoviagem.uol.com.br/fique-por-dentro/artigos/meio-ambiente/dessalinizacao-da-agua-682.asp> Acesso em 21 Março 2014.

Dessalinização por Osmose Reversa: <http://www.water-technology.net/projects/barcelonadesalinatio/> Acesso em 25 Março 2014.

Fresh Water Distiller. Sondex Technical Manual. www.sondex.ro

Geradores de Água Doce. Alfa Laval Manual Técnico. www.alfalaval.com

Kucera, Jane. Reverse Osmosis: Design, Processes and applications for Engineers. Wiley. 2011. 393p. ISBN: 978-1-118-21144-1

Maintenance on Osmosis Reverse: <http://www.intechopen.com/books/advancing-desalination/chemistry-in-the-operation-and-maintenance-of-reverse-osmosis-systems> Acesso em 29 Março 2014.

Osmose Reversa: <http://www.brasilecola.com/quimica/osmose-reversa-na-dessalinizacao-das-aguas-dos-mares.htm> Acesso em 10 Março 2014.

Osmose Reversa: <http://www.ypora.com.br/index.php/historico> Acesso em 13 Março 2014.

Processos de Dessalinização: <http://www.nupeg.ufrn.br> Acesso em 18 Março 2014.

Sourirajan, Sidney. Reverse Osmosis and Synthetic Membranes: Theory, technology and engineering. Council Canadá. 1997. 598p.

Seawater Desalination with Reverse Osmosis. Enwa Water Treatment Technical Manual. www.enwa.co.uk