

FILTRAÇÃO DE ÁGUA MARINHA EM SEDIMENTO DE PRAIA COMO PRÉ-TRATAMENTO A OSMOSE INVERSA

Tiago Burgardt⁽¹⁾: Mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina. Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado de Santa Catarina.

Maurício Luíz Sens⁽²⁾: Professor da Universidade Federal de Santa Catarina. Graduado em Eng. Sanitária pela UFSC. Diploma de Estudos Aprofundados e doutorado pela Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, da Université de Rennes I e Pós-doutorado pela Universidade de Limoges, França.

Tiago Guedes⁽³⁾: Doutorando da Universidade Federal de Santa Catarina. Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO

Uma vez que a água em sua forma doce encontra-se em situação de escassez em virtude da poluição por processos antrópicos e o crescimento populacional desenfreado, fontes alternativas como a água dos oceanos são opções à falta de água doce. Para tornar-se própria ao consumo humano, a água dos oceanos necessita sofrer o processo de dessalinização. A dessalinização é uma técnica que utiliza processos não convencionais para o tratamento de água salgada e já é utilizada em diversos países do mundo, como Austrália, Espanha e Israel. Como forma de adequar a passagem da água bruta dos oceanos as membranas de osmose inversa (OI) faz-se necessário à utilização de um pré-tratamento. Entre os pré-tratamentos utilizados destaca-se a filtração em sedimento de praia. Assim, o presente trabalho tem por objetivo a análise de um sistema de captação horizontal em sedimento de praia localizado na Barra da Lagoa, Município de Florianópolis, SC, por meio de parâmetros físico-químicos. Espera-se com os resultados obtidos neste estudo, viabilizar a técnica de filtração em sedimento de praia, como pré-tratamento adequado antes da OI, uma vez que a granulometria do meio filtrante encontrado na ilha de Florianópolis, é propícia para a remoção de materiais suspensos.

Palavras-chave: Filtração em sedimento de Praia, Osmose Inversa, Pré-tratamento.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a presença de vida na terra, além de ser componente essencial para a maioria dos processos de produção de alimentos, energia e manufaturados. Segundo dados da Organização das Nações Unidas - ONU, o volume total de água sobre a terra é de aproximadamente 1,4 bilhões de km³. Entretanto, apenas 2,5% desse valor (cerca de 35 milhões de km³) é de água doce (ONU, 2013).

Apesar de grande parte das reservas de água doce do mundo se encontrar em território nacional (12%), problemas relacionados à escassez de água potável são recorrentes em virtude da utilização desenfreada dos recursos hídricos. Processos antrópicos como o despejo de resíduos industriais, o assoreamento de cursos hídricos devido ao uso intensivo do solo, o uso excessivo de defensivos agrícolas, o crescimento populacional desordenado (aglomerados urbanos) e o aumento do setor industrial na produção de bens de consumo, acabam por contaminar os mananciais de água doce diminuindo a quantidade de água em sua forma potável.

Segundo relatório mundial da ONU sobre desenvolvimento de recursos hídricos, em 2050 está previsto um aumento da demanda hídrica mundial de 55%, principalmente devido ao aumento do setor industrial, dos sistemas de geração de energia termoelétrica e do crescimento populacional desenfreado. Dessa forma, a não ser que o equilíbrio entre consumo e oferta seja restaurado o mundo deverá enfrentar um déficit global de água cada vez mais grave, aumentando dessa forma o risco de conflitos localizados e as desigualdades no acesso aos serviços, com impactos significativos nas economias locais e no bem-estar da população (ONU, 2015).

Uma vez que a água doce (salinidade igual ou inferior a 0,5%), principal recurso utilizado na dessedentação humana e de animais encontra-se em estado de escassez, fontes alternativas como a utilização de águas salinas (salinidade superior a 30%) podem ser utilizadas como forma de suprir a falta de água doce. No Brasil, a

classificação da água em função da salinidade é definida pela Resolução n. 357, de 2005 do CONAMA (BRASIL, 2005).

Diversas são as tecnologias empregadas para tornar as águas salinas próprias para o consumo humano. A dessalinização consiste em um tratamento específico que remove sais e íons presentes na água, uma vez que essas partículas de pequenas dimensões não são removidas no tratamento convencional. Entre as técnicas utilizadas para a dessalinização da água, destaca-se a osmose inversa (OI), técnica a qual consiste na passagem da água através de membranas com permeabilidade seletiva. Cabe ressaltar que esse tipo de tecnologia já é amplamente utilizado em diversos países do mundo, como Austrália, Espanha e Israel.

Durante a dessalinização pela técnica de OI, a passagem da água do mar através da membrana ocorre devido à pressão externa ser maior do que a pressão osmótica existente, fazendo o fluido se deslocar do lado com menor concentração de sais para aquele com maior concentração de sais, revertendo o processo natural de osmose. A membrana utilizada no sistema de osmose inversa é feita de material sintético semipermeável, com uma espessura total inferior a 1mm. Dessa maneira, as impurezas existentes na água salina bombeada com alta pressão ficam retidas na superfície da membrana, ocorrendo a separação dos contaminantes presentes e tornando a água própria ao consumo humano (CRITTENDEN et al., 2005).

Entretanto, a retenção de impurezas na superfície da membrana ocasiona um fenômeno denominado de *fouling*. Este fenômeno é o principal responsável pela deterioração das membranas de OI, e conseqüentemente reduz a sua vida útil e desempenho. Os contaminantes presentes na água de alimentação responsáveis pelo *fouling* são: materiais particulados, sais inorgânicos precipitados, metais oxidados e matéria orgânica dissolvida (AMIRI; SAMIEI, 2007; PRIHASTO; LIU; KIM, 2009).

Assim, a formação de *fouling* depende da qualidade da água de alimentação. Cabe ressaltar que a formação desses depósitos é facilitada pela geometria dos elementos de membranas, onde a água de alimentação deve passar por estreitos canais formados pelos espaçadores de alimentação que agem como uma espécie de filtro (ORISTANIO; PEIG; LOPES, 2006).

Dessa forma, para se utilizar a tecnologia de OI de maneira adequada, se faz necessário a realização de um pré-tratamento na água bruta, o qual tem por finalidade preparar essa água para a sua passagem através das membranas. Uma das técnicas empregadas no pré-tratamento a OI é a técnica de filtração, a qual consiste na passagem da água através de um meio poroso no qual ocorre a retenção de materiais particulados e matéria orgânica. Entre as técnicas de filtração utilizadas para a dessalinização, destaca-se a filtração em sedimento de praia (MISSIMER et al. 2013; VOUTCHKOV, 2005).

Esse processo de pré-tratamento consiste na captação da água do mar através de canais, poços ou galerias de infiltração que estão localizados na praia ou em suas proximidades. A passagem da água do mar através do sedimento é induzida devido à criação de um gradiente hidráulico entre o oceano e o ponto de captação (BARTAK et al., 2012). A capacidade e qualidade da filtração dependem das condições hidrogeológicas do local. A ocorrência de ondas no local impede a colmatação do meio filtrante, além da dissipação dos colóides retidos no oceano. A remoção dos contaminantes ocorre por meio de processos naturais, tais como: filtração (coagem), dispersão, adsorção, biodegradação, precipitação química e diluição, os quais serão discutidos posteriormente (BARTAK et al., 2012).

A passagem da água salgada através do sedimento de praia pode, dependendo das condições do local e da água de alimentação, ser a única etapa de pré-tratamento antes da utilização em membranas de OI, tornando assim, a tecnologia de OI de custo acessível e com boa qualidade quando comparada a sua utilização em conjunto com pré-tratamentos convencionais.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência da técnica de filtração em sedimento de praia por meio de um sistema de captação horizontal de filtração como pré-tratamento para a osmose inversa em processo de dessalinização da água do mar. Assim, o sistema de captação horizontal será avaliado por meio de parâmetros físico-químicos

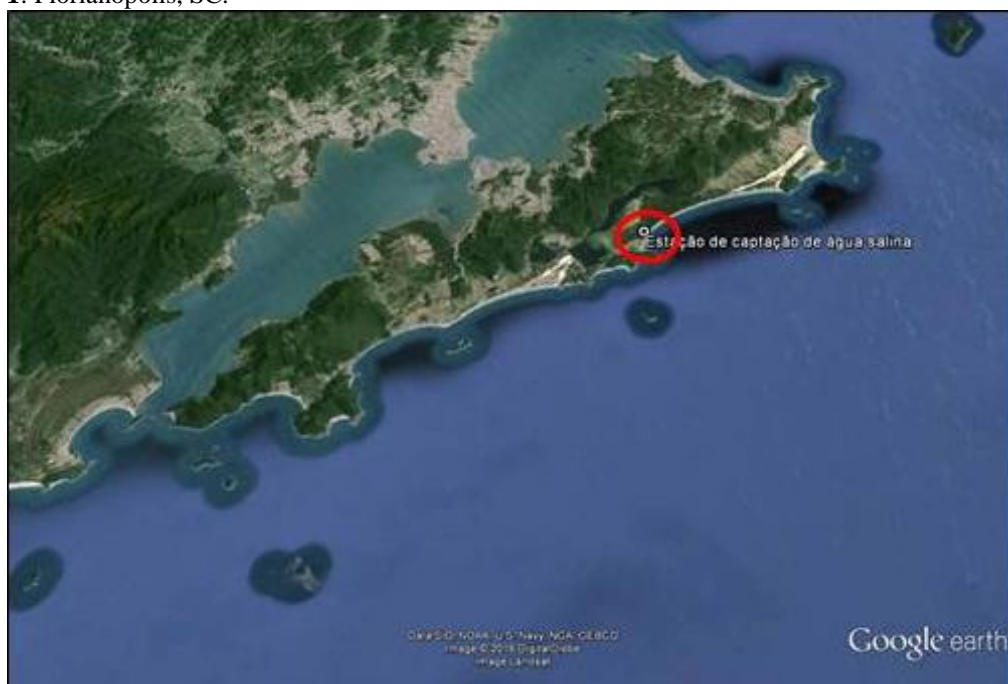
MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Florianópolis, o qual ocupa uma área de 438,5 km², entre as coordenadas geográficas 27°10' e 27°50' latitude sul, e entre 48°25' e 48°35' de longitude oeste. Florianópolis possui limites geográficos configurados na parte insular e continental (FLORIANÓPOLIS, 2008).

A Ilha apresenta 426,6 km² de área, possui uma forma alongada no sentido norte/sul com 54 km; e com largura máxima de 18 km no sentido leste/oeste. A parte continental apresenta forma levemente retangular com 11,9 km² de área. A ilha é separada do continente pela Baía de Florianópolis, denominadas baías Sul e Norte, sendo que ocorre um estreitamento de canal com largura aproximada de 500m de largura e uma profundidade máxima de 28 m, sobre o qual foram construídas três pontes que ligam a ilha ao continente (FLORIANÓPOLIS, 2008). Uma imagem do município e a localização da estação de captação de água salina podem ser visualizadas na figura 1.

Figura 1: Florianópolis, SC.



O clima do município é condicionado pelo domínio da massa de ar quente e úmida, a Massa Tropical Atlântica (MTA) e pela influência das Massas de Ar Intertropical (quente) e a Massa Polar Atlântica (MPA), que dão caráter mesotérmico à região. Destaca-se a Frente Polar Atlântica, responsável pelo ritmo de chuvas da Ilha (em geral frontais, pré-frontais e pós-frontais), e que resulta do encontro das massas MPA, responsável pelos ventos Sul e Sudeste, e MTA, responsável pelos ventos Norte e Nordeste (FREYESLEBEN, 1979).

Os ventos predominantes sopram do quadrante norte, com velocidade média de 3,5 m/s, no entanto os mais velozes e sopram do quadrante sul, com velocidade média de 10 m/s, associados a Tropical Marítima e Polar Marítima do Atlântico. Os ventos sul antecedem a entrada de frentes frias e da Polar Marítima do Atlântico com rajadas chegando até 80 km/h (MENDONÇA, 2002). Esses dados são de extrema importância, uma vez que a direção do vento em conjunto com as ondulações as quais a localidade está sujeita influenciam na qualidade da água bruta de toda região costeira do município.

A localidade foi escolhida para instalação do piloto (figura 1), pois além de apresentar requisitos básicos como segurança e facilidade na obtenção de energia elétrica, o relevo do local também é propício para a captação de água salina. Entre o local de implantação do sistema piloto e a área de convergência da água precipitada existe a Lagoa da Conceição. A ligação entre a Lagoa da Conceição e o oceano se dá por meio do Canal da barra, conforme pode ser visualizados na figura 2.

Figura 2: Lagoa da Conceição e Canal da Barra.



No Município de Florianópolis há basicamente dois tipos de aquíferos, o Sistema Aquífero Cristalino, Fraturado e o Sistema Aquífero Sedimentos inconsolidados. O solo da região da Barra da Lagoa corresponde a um aquífero sedimentar, esse é composto por elementos que variam de areia grossa a fina, podendo apresentar quantidades pequenas de silte e argila (GUEDES JR, 1999). O local de escolha de implantação do piloto possui as coordenadas 27°34'01,75"S e 48°25'44,54"O. Uma imagem da instalação circulada em vermelho pode ser observada na figura 3.

Figura 3: Instalação de captação horizontal de água salina localizada na Barra da Lagoa, Florianópolis, SC.



A instalação de captação em horizontal em sedimento de praia tem por finalidade a captação de água salina para abastecer a Estação de Maricultura da Barra da Lagoa (UFSC) e o Projeto TAMAR, este reconhecido internacionalmente como uma das mais bem sucedidas experiências de conservação marinha e serve de modelo para outros países, sobretudo porque envolve as comunidades costeiras diretamente no seu trabalho socioambiental. A instalação de captação existe desde 1985, e a sua forma de operação e características principais serão apresentadas a seguir. Uma imagem da instalação pode ser visualizada na figura 4.

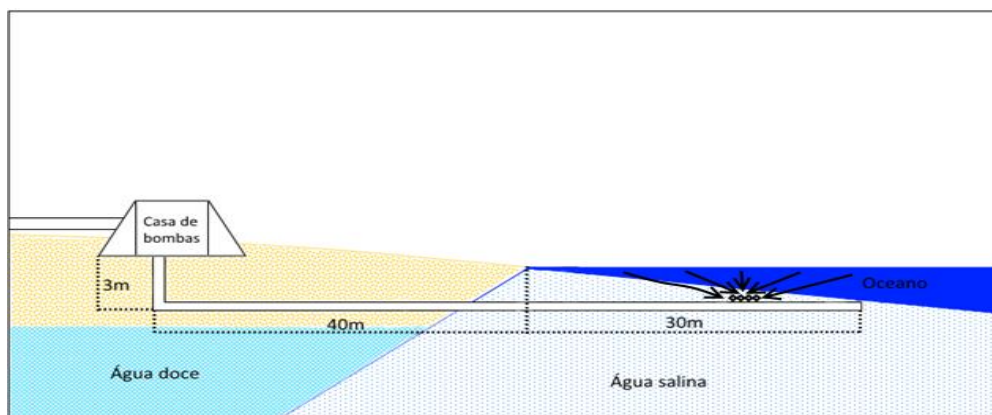
Figura 4: Estação de captação de água marinha (sistema de captação horizontal).



4.2 ESTAÇÃO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA MARINHA – SISTEMA HORIZONTAL

O sistema de captação horizontal em sedimento de praia funciona com quatro ponteiros enterradas a 1m de profundidade dentro do mar, conforme pode ser observado na figura 5. Entretanto, a altura de areia acima das ponteiros pode sofrer modificações, uma vez que os bancos de areia estão em constante movimentação. Dessa forma, como constatado neste trabalho pelos pesquisadores durante a manutenção à profundidade das ponteiros pode variar de 0,5m até 1,0m ao longo do ano.

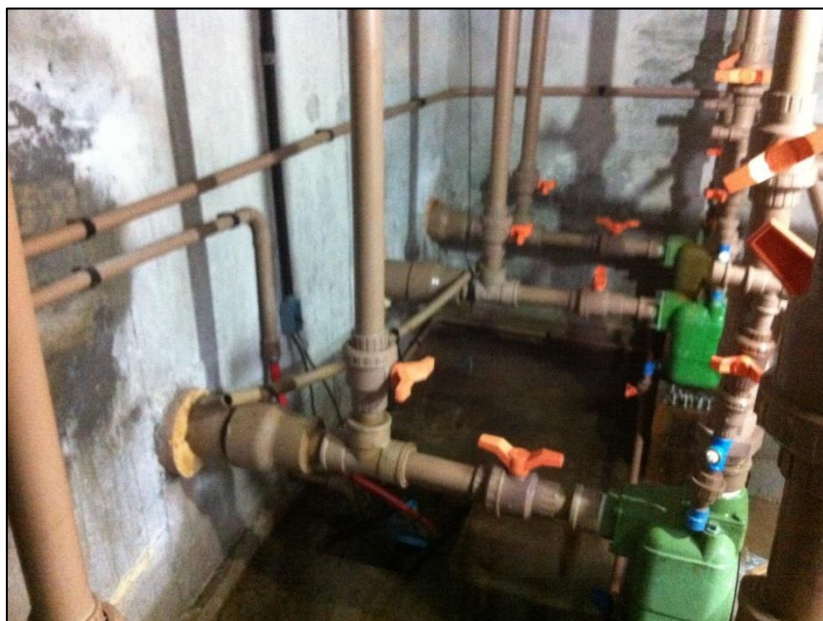
Figura 5: - Estação de captação horizontal de água marinha – sistema horizontal



O sistema de captação horizontal conta com uma tubulação de sucção com 70 metros de comprimento, sendo que 30 metros desta encontram-se dentro do mar. Possui uma casa de bombas e uma tubulação de recalque com 4.200m de extensão. O sistema foi construído com tubulação de Policloreto de vinil (PVC) com diâmetro nominal (DN) de 160mm para sucção e DN 200mm para recalque. A sucção da água através das ponteiros é

feita com auxílio de 4 bombas da marca Schneider com 4 cavalos (CV) de potência e revestimento em bronze, que operam recalçando em média 1000 m³/d, conforme pode ser visualizado na figura 6. O sistema opera de maneira contínua e a quantidade de água a ser enviada para os laboratórios é definida conforme a necessidade de uso. Para impedir a passagem de areia ou sólidos de espessura pequena pelo sistema, as ponteiros foram revestidas com uma manta geotêxtil. Além da proteção contra a obstrução de sedimento nas ponteiros, caso exista a necessidade também pode ser realizado o procedimento de retrolavagem, a qual é realizada na ocorrência de diminuição do fluxo ou da qualidade da água filtrada.

Figura 6: Casa de bombas.



Para verificar a eficiência do sistema, foram verificados os parâmetros físico-químicos descritos no quadro 1, assim como sua frequência de análise e equipamentos. Esses parâmetros foram avaliados ao longo de três semanas e foram definidos conforme revisão bibliográfica realizada sobre o tema.

Quadro 1: Parâmetros, frequência de monitoramento e aparelhos.

Parâmetro	Técnica analítica	Unidade
Condutividade	Condutímetro HACH	(mS/cm)
Cor Aparente	Espectrofotômetro HACH DR 2800	(uH)
Direção do vento	Modelo de previsão WW3 e visualização local	-
Ondulação	Modelo de previsão WW3 e visualização local	-
pH	pHmetro Orion 330	-
Temperatura	Sonda Multiparâmetros HACH	(°C)
Turbidez	Turbidímetro portátil HACH 2100P	(uT)

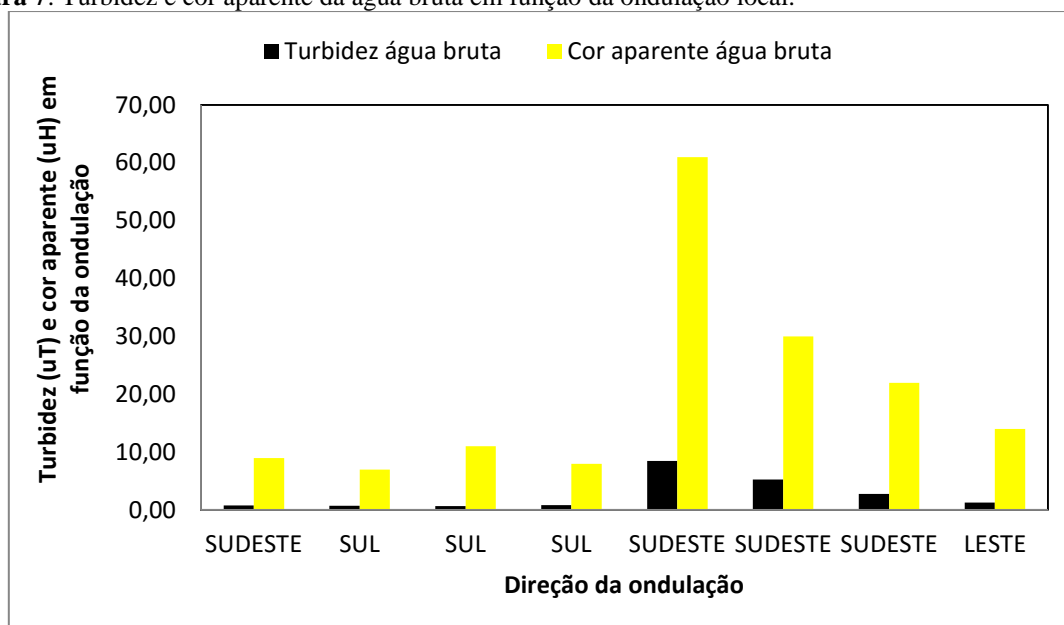
Os dados de vento, ondulação e tabua de marés, foram obtidos por meio do sistema de modelagem WW3 disponível gratuitamente na internet. Estes dados também foram verificados a campo para uma maior confiabilidade dos resultados.

RESULTADOS

TURBIDEZ E COR APARENTE

Durante o período analisado predominaram as ondulações de sudeste com influência do vento nordeste em algumas ocasiões. Dessa forma, o resultado da qualidade da água bruta no local de estudo modificou-se ao longo do tempo devido à variação da ondulação que atingia a costa local. Entretanto, mesmo com a ondulação influenciando os parâmetros turbidez e cor aparente da água bruta, a água filtrada pelo sistema de captação horizontal apresentou resultados estáveis conforme os padrões de qualidade de água exigidos as membranas de osmose inversa. Os resultados podem ser para os parâmetros turbidez, cor aparente e ondulação podem ser observadas na figura 7.

Figura 7: Turbidez e cor aparente da água bruta em função da ondulação local.



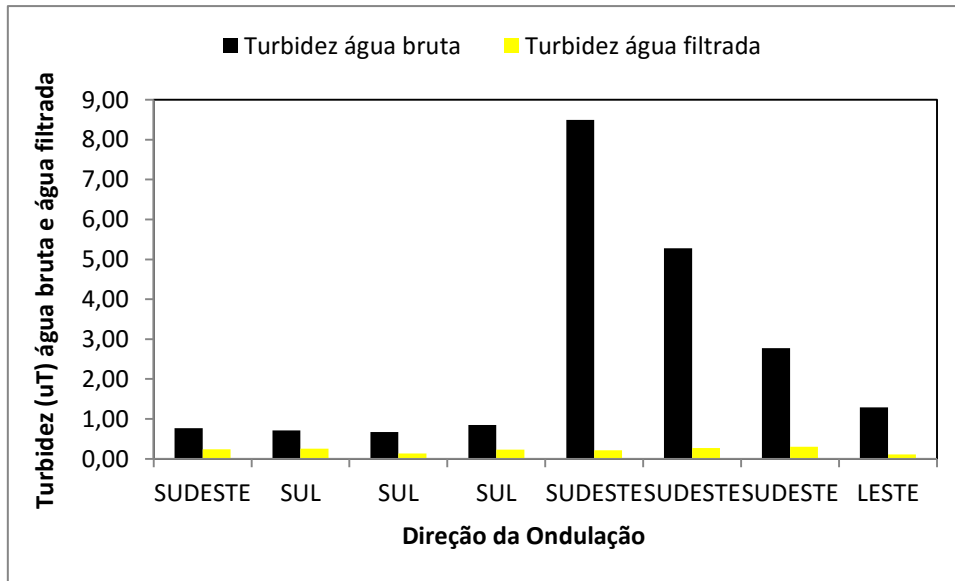
Entretanto, mesmo com as variações da qualidade da água bruta o sistema de captação horizontal apresentou resultados estáveis para os parâmetros turbidez e cor aparente. Isso se deve ao fato de o local possuir como características propícias para a remoção de sólidos em suspensão presentes na água bruta. Os resultados da turbidez da água bruta e da água filtrada podem ser observados na figura 8.

Segundo Missimer (2009), praias de areia fina que apresentem formação de ondas são propícias a utilização da filtração em sedimentos de praia, uma vez que a granulometria mais fina proporciona a remoção dos sólidos suspensos enquanto a movimentação de ondas impede a colmatação do sedimento aonde o sistema de captação está inserido.

A média da turbidez para água bruta foi 2,605 enquanto o desvio padrão foi de 2,86. Por sua vez, a média para turbidez da água filtrada foi de 0,217 com um desvio padrão de 0,06. Ao comparar o desvio padrão da água bruta e da água filtrada, pode-se perceber que o sistema de filtração apresenta resultados estáveis mesmo com a água bruta apresentando resultados diferentes devido as ondulações as quais o local estava sujeito.

Assim, os valores encontrados para a turbidez encontram-se dentro do valor de turbidez adequado as membranas de OI encontrado na literatura a respeito do tema. Segundo empresas fabricantes de membranas de OI como a *FILMTEC membranes* e pesquisadores sobre o tema como Voutchkov (2005), sugerem turbidez abaixo de 1uT nas água de alimentação para utilização nas membranas.

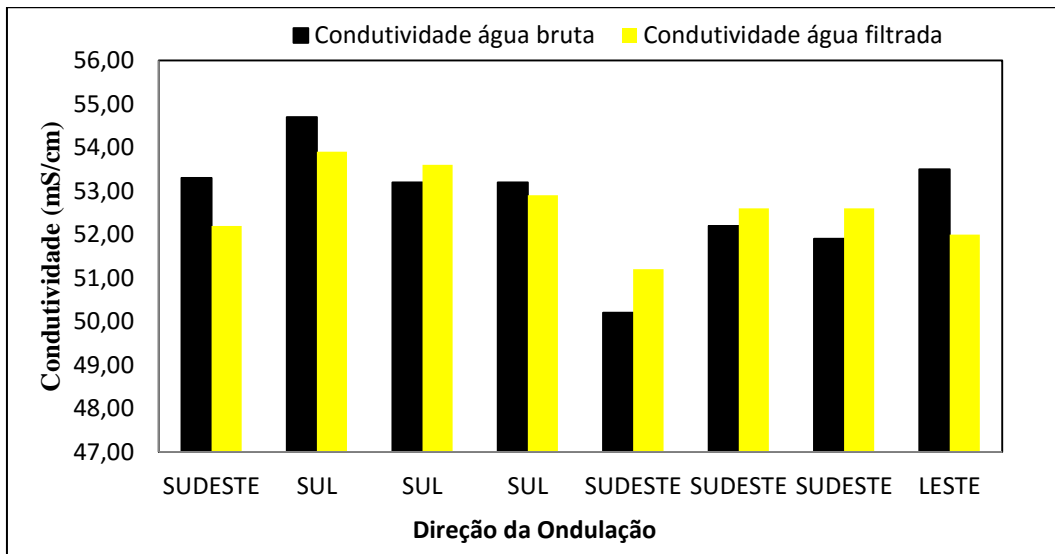
Figura 8: Turbidez entre água bruta e água filtrada



CONDUTIVIDADE

A condutividade da água bruta e da água filtrada variou entre 50,2 (mS/cm) a 54,7 (mS/cm) durante as análises realizadas. Isso mostra que o sistema de captação horizontal e a ondulação presente no local não interferiram nos resultados obtidos para a condutividade. Segundo Crittenden et. al, a filtração não é uma técnica adequada na remoção de sais monovalentes, por isso a condutividade da água bruta sofreu pequenas alterações ao passar pelo sistema de captação horizontal. Os resultados obtidos para condutividade podem ser observados na figura 9.

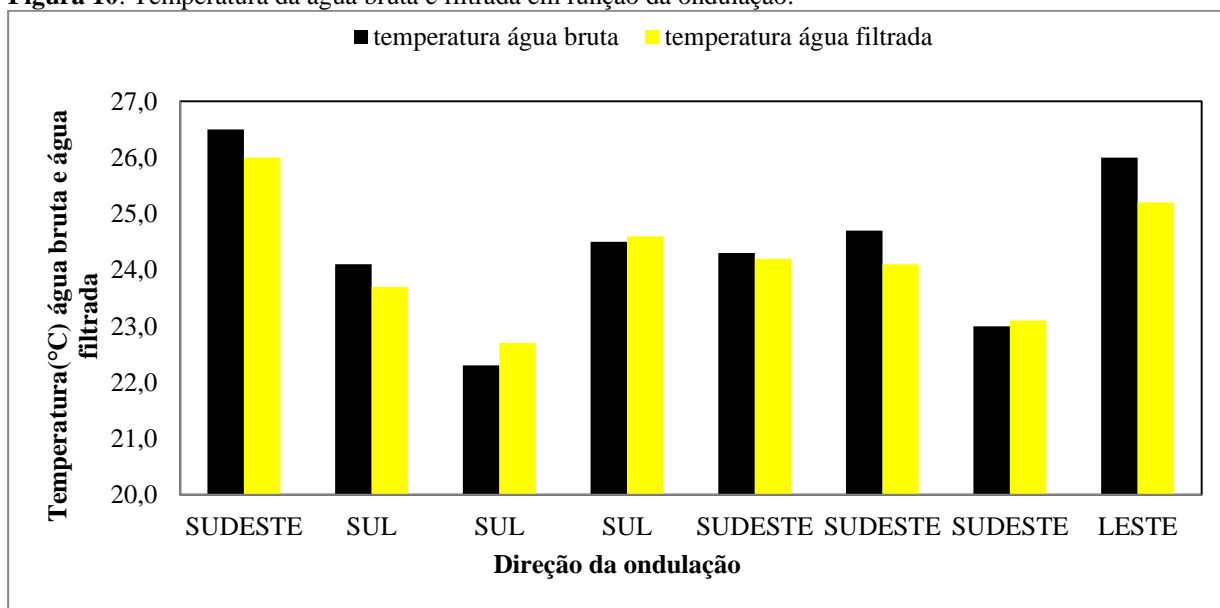
Figura 9: Condutividade entre a água bruta e a água filtrada.



PH E TEMPERATURA

Durante o período das análises a temperatura sofreu alterações devido à influência da ondulação do local. Quando o local estava com influência das ondulações de sul foi possível notar um decréscimo da temperatura, por sua vez a ondulação de sudeste e leste provocaram um aumento da temperatura da água, conforme pode ser observado na figura 10.

Figura 10: Temperatura da água bruta e filtrada em função da ondulação.

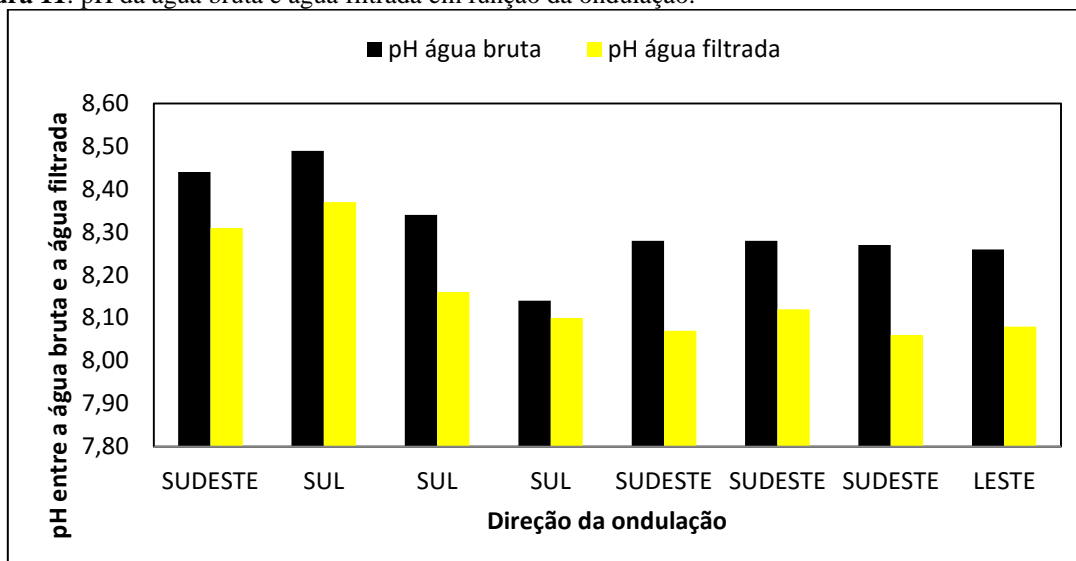


Por meio do gráfico pode-se observar que a temperatura sofreu uma pequena variação (0,5°C) ao comparar a água bruta e a água filtrada pelo sistema de captação horizontal. Isso pode ocorrer devido ao fato da tubulação de recalque ser extensa, 4.200 metros, aspecto que poderia contribuir para a alteração da temperatura da água.

O pH, assim como a turbidez e a cor aparente, foi outro parâmetro que apresentou modificações ao passar pelo sistema de filtração horizontal. O pH da água bruta apresentou média de 8,31, enquanto a média da água filtrada foi de 8,11. Segundo Millero et. al, (2008), o pH da água do mar varia entre 7,5 e 8,5, e os principais íons monovalentes e bivalentes responsáveis por essa alcalinidade são Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Sr^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Br^- , CO_3^{2-} , B(OH)_4^- , F^- , OH^- , B(OH)_3 , e CO_2 . Segundo Voutchkov (2010), o pH adequado para as membranas deve estar entre 7,6 a 8,3. Caso o pH da água bruta se encontre abaixo de 4 e acima de 11 podem causar danos irreversíveis a membrana, sendo necessária a correção do mesmo. Como já explicado anteriormente, o processo de filtração por sedimento de mar é apropriado apenas na remoção de sólidos em suspensão, o que não ocorre com os sais presentes na água do mar caracterizados por sua pequena dimensão.

A filtração em sedimento de praia é capaz de reter apenas parte pequena parte dos sais presentes na água, dessa forma não sendo uma técnica indicada na remoção de sais presentes na água do mar. Os resultados da análise do pH para a água bruta e a água filtrada em função da ondulação podem ser observadas na figura 11.

Figura 11: pH da água bruta e água filtrada em função da ondulação.



CONCLUSÃO

Por meio das análises realizadas neste artigo pode-se perceber que o sistema de captação horizontal da água do mar obteve redução da turbidez e cor aparente, uma vez que a turbidez é relacionada à quantidade de sólidos suspensos presentes na água, assim, para esses parâmetros o sistema de pré-tratamento mostrou-se eficiente na adequação da bruta as membranas de osmose inversa.

A variação da ondulação que incidiu no local durante o período de coleta também influenciaram os resultados de quase todos os parâmetros analisados, com exceção da condutividade e pH que apresentaram poucas alterações durante as análises realizadas.

A influência da ondulação na qualidade da água bruta pode ser explicada pelo formato geológico do local de implantação do piloto. O local apresenta maciços rochosos os quais possibilitam apenas que as ondulações dos quadrantes leste e sudeste incidam diretamente no local, por sua vez a ondulação de sul é barrada pelos maciços rochosos, proporcionando uma melhor qualidade da água para os parâmetros analisados.

Mesmo com as alterações da água bruta devido à incidência das diferentes ondulações, o sistema de captação horizontal em sedimento de praia obteve uma estabilidade para o parâmetro turbidez (0,217 uT) dentro do recomendado pelos fabricantes de membranas de osmose inversa.

Por sua vez, os parâmetros condutividade, pH e temperatura, sofreram alterações pequenas para a água bruta e filtrada, uma vez que a técnica de filtração não é indicada na remoção de sais de pequenas dimensões, os quais são encontrados na água do mar. A temperatura da água do local sofreu alterações com as diferentes ondulações que atingiram o local apresentando uma variação de aproximadamente 4°C. Entretanto os valores médios encontrados para pH (8,1), condutividade (52,77mS/cm) e temperatura (24,2°C) encontram-se dentro de valores adequados a passagem da água pelas membranas de osmose inversa.

RECOMENDAÇÕES

Como recomendações para futuros estudos sobre o tema, os autores sugerem um maior número de análises que possam confirmar os resultados iniciais adquiridos nessa pesquisa. Recomenda-se também a análise dos parâmetros carbono orgânico total (COT), cloro total, Sólidos totais, óleos e graxas, *silt density index* (SDI) e

modified fouling index (MFI), uma vez que esses são essenciais para o direcionamento da água marinha bruta as membranas de OI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMIRI, M. C.; SAMIEI, M. Enhancing permeate flux in a RO plant by controlling membrane fouling. **Desalination**. v. 207, n. 1-3, p. 361-9, Mar. 2007.
2. BARTAK, R. et al. **Beach sand filtration as pre-treatment for RO desalination**. International Journal of Water Science. v. 1, n. 2, p. 1-10, 2012.
3. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357/05, de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **DOU**, Brasília, nº 053, p. 58-63, de 18 Mar. 2005.
4. CRITTENDEN, J. C. et al. **Water treatment: principles and design**. Nova Jersey: Wiley, 2005. 1968 p.
5. FREYESLEBEN, L.M.C. Aspectos essenciais do ritmo climático de Florianópolis. 1979. 49 f. **Trabalho Técnico**. Florianópolis, UFSC, 1979.
6. FLORIANÓPOLIS. IPUF. **Plano Diretor Participativo da Cidade: Leitura da Cidade** (vol. 1) 2008. Florianópolis: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 2008.
7. GUEDES, J. A. **Áreas de proteção ambiental para poços de abastecimento público em aquíferos costeiros**. 2005. 184p. **Tese** (doutorado). Pós- Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.
8. MENDONÇA, M. **A dinâmica tempo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC**. 2002. 343 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2002.
9. MILLERO, F. J. et al. **The composition of standard seawater and the definition of the reference-composition salinity scale** Deep Sea Res., v.55, p.50–72, Jan. 2008.
10. MISSIMER, T. M. et al. Subsurface intakes for seawater reverse osmosis facilities: Capacity limitation, **Water Quality Improvement, And Economics**. v. 322, n.1, p.37–51, Agosto. 2013.
11. ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. The Post 2015: Water thematic consultation. **Report**. New York (EUA): ONU, 2013 Aug. 09. Disponível em: <http://www.unwater.org/downloads/Final9Aug2013_WATER_THEMATIC_CONSULTATION_REPORT.pdf>. Acesso em: 12 Nov. 2014.
12. ONU. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos: água para um mundo sustentável**. Perugia (Italia): ONU, 2015. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf>. Acesso em: 31 Ago. 2015.
13. ORISTANIO, B. S.; PEIG, D. B.; LOPES, M. A. S. **Desenvolvimento de um sistema de pré-tratamento para osmose reversa**. 2006, 115f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.brookepeig.com/downloads/Pre-Tratamento-OR.pdf>>. Acesso em: 31 Ago. 2015.
14. PRIHASTO, N.; LIU, Q. F.; KIM, S. H. Pre-treatment strategies for seawater desalination by reverse osmosis system. **Desalination**. v. 249, n. 1, p. 308-16, Nov. 2009.

15. VOUTCHKOV, N. SWRO desalination: on the beach – seawater intakes. **Filtration & Separation**. v. 42, n. 8, p. 24-7, Oct. 2005.