

## I-363 - FILTRAÇÃO ANGULAR EM SEDIMENTO DE PRAIA COMO PRÉ-TRATAMENTO A OSMOSE INVERSA

### **Tiago Burgardt<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Sul de Santa Catarina. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

### **Bruno Segalla Pizzolatti<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutorado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen.

### **Luíza Kaschny Borges<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Sul de Santa Catarina. Mestranda na Universidade Federal de Santa Catarina

### **Maurício Luis Sens<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista (UFSC). Doutor em Ciências Químicas (Université de Rennes I / França). Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Campus Reitor João David Ferreira Lima, sn, Trindade, Florianópolis – SC. CEP: 88040-090 – Brasil. Tel: (048) 3721-9883, email: tiagoburg@me.com

### **RESUMO**

É crescente a preocupação mundial com relação à carência dos recursos hídricos em função da poluição por processos antrópicos e do crescimento populacional desenfreado. A água doce em sua forma potável é um recurso encontrado em situação de escassez em algumas regiões. Dessa maneira, como forma de restaurar o equilíbrio entre demanda e oferta, a água dos oceanos é uma opção viável a falta de água doce. Entretanto, 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 da água salgada. Entre os processos utilizados para a remoção dos sais destaca-se a Osmose Inversa (OI), técnica a qual utiliza membranas com permeabilidade seletiva para fazer a retenção de sais e outros contaminantes existentes na água bruta. Mas para se realizar o tratamento por membranas de OI de forma correta faz-se necessário à utilização de um pré-tratamento. Entre os pré-tratamentos utilizados destaca-se a filtração em sedimento de praia. O presente trabalho teve por objetivo analisar um sistema de captação angular em sedimento de praia localizado na Barra da Lagoa, Município de Florianópolis, SC, por meio de parâmetros físico-químicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dessalinização, osmose inversa, pré-tratamento, filtração.

### **INTRODUÇÃO**

Considerando a crescente preocupação mundial sobre a carência dos recursos hídricos em virtude da poluição por processos antrópicos e o crescimento populacional desenfreado, a água doce passível de potabilização por técnicas convencionais vem ao longo do tempo sendo um recurso cada vez mais escasso. Dessa forma, fontes alternativas como a água dos oceanos (salinidade superior a 30 ‰) são opções a falta de água doce (salinidade inferior a 0,5 ‰) (Brasil, 2005).

Para tornar-se própria ao consumo humano, a água dos oceanos necessita sofrer o processo de dessalinização. Entre as técnicas de dessalinização mais utilizadas na produção de água própria ao consumo humano destaca-se a Osmose Reversa (OR), técnica a qual apresentou diversos avanços e melhorias nos últimos anos. Para se utilizar a técnica de OR de maneira adequada, a água de entrada nas membranas deve apresentar valores de qualidade pré-determinados para que a técnica apresente um desempenho adequado e seja economicamente viável.

Entretanto, devido a deterioração da qualidade das águas dos oceanos, um dos principais problemas referente à utilização da técnica ocorre devido a um fenômeno denominado de *fouling*. Este fenômeno é o principal

responsável pela deterioração das membranas de OR, e conseqüentemente na redução de 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. Dessa forma, faz-se necessário a utilização de pré-tratamentos que adequam a qualidade da água bruta dos oceanos a passagem pelas membranas.

Dentro deste contexto, entre as tecnologias de pré-tratamento empregadas, destaca-se a filtração em sedimento do mar, técnica semelhante a filtração em margem na qual se utilizam poços coletores construídos próximos ao mar que podem apresentar diferentes configurações, dependendo das condições hidrogeológicas do local. A utilização dos poços coletores apresenta como vantagem a filtração contínua sem a ocorrência de colmatção do meio filtrante, uma vez que a movimentação constante das massas de água (ondas) no local impede que esse fenômeno aconteça, além de proporcionar a dissipação dos colóides retidos no oceano.

Os principais mecanismos de remoção dos contaminantes ocorrem por meio de processos naturais, tais como: filtração (coagem), dispersão, adsorção, biodegradação, precipitação química e diluição. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência, por meio de parâmetros físicos e químicos, de um sistema de filtração em sedimento de praia com configuração angular dentro do município de Florianópolis, Santa Catarina durante os meses de agosto e setembro de 2016.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na localidade Barra da Lagoa, situada no município de Florianópolis, o qual ocupa uma área de 438,5 km<sup>2</sup>, entre as coordenadas geográficas 27°10' e 27°50' latitude sul, e entre 48°25' e 48°35' de longitude oeste (Figura 1). A localidade da Barra da Lagoa foi escolhida, pois além de apresentar requisitos básicos como segurança e facilidade na obtenção de energia elétrica, também encontra-se próxima ao mar, o que facilita a conexão hidráulica entre o oceano e o poço de produção.

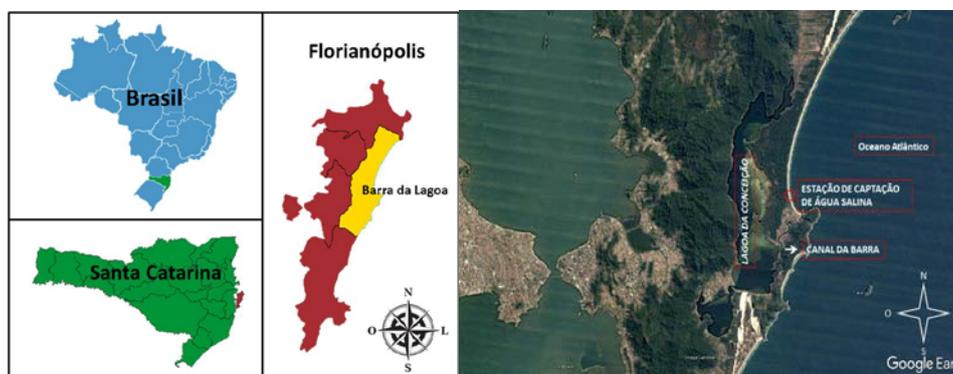
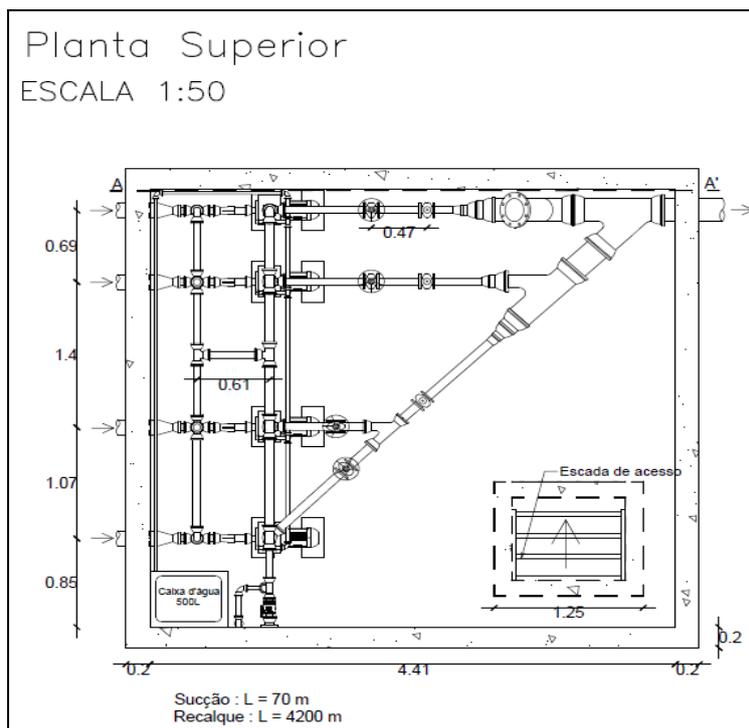


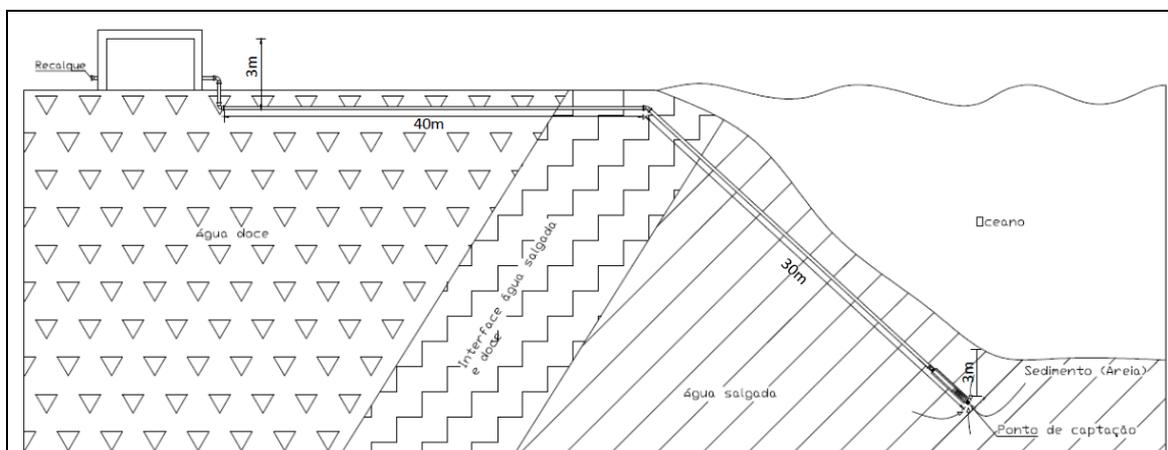
Figura 1: Localização da estação de captação salina, Barra da Lagoa, Florianópolis/SC.

O sistema de captação angular 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 conjuntos motor-bombas da marca Schneider com 4 cavalos (CV) de potência cada, associadas em paralelo e revestimento em bronze, recalcando em média 1000 m<sup>3</sup>/d. Todos os acessórios e conexões utilizados na estação de captação pode ser visualizado na figura 2.



**Figura 2: Planta superior do sistema de captação angular de água salina.**

Para impedir a passagem de areia ou sólidos de espessura pequena pelo sistema, as ponteiros foram revestidas com uma tela de fito plâncton. Além da proteção contra a obstrução das ponteiros, caso exista a necessidade também pode ser realizado retrolavagem, procedimento adotado, na ocorrência de diminuição do fluxo ou da qualidade da água filtrada. Um esquema em perfil do sistema angular pode ser observada na figura 3.



**Figura 3: Perfil construtivo sistema de captação angular de água salina.**

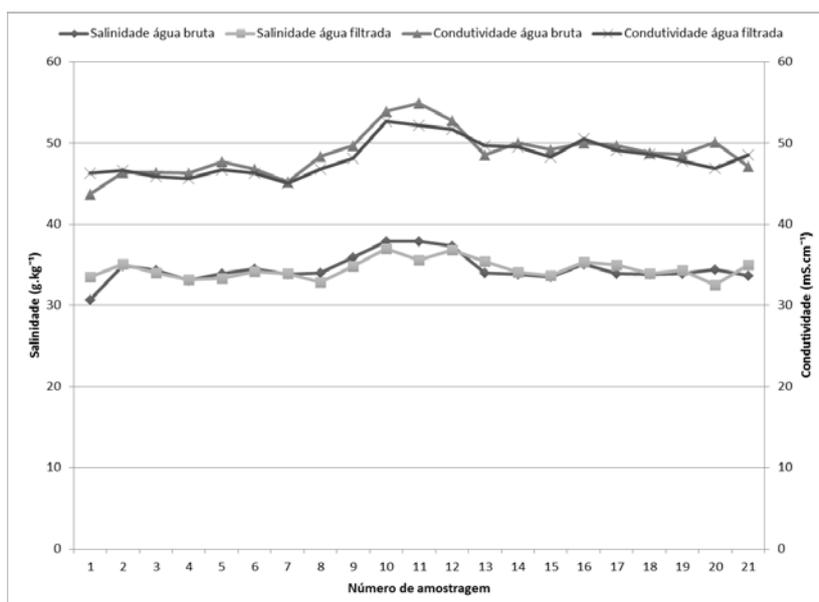
Assim, como forma de avaliar a eficiência do sistema de captação angular de água salina, foi realizado o monitoramento do sistema por meio de parâmetros físicos e químicos durante o período entre os meses de agosto e setembro com frequência semanal. Os parâmetros, equipamentos e técnica analítica podem ser visualizados na tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros, técnica analítica e equipamentos utilizados.**

Parâmetro	Técnica analítica	Equipamento
Absorbância (cm <sup>-1</sup> )	5910b (APHA, 2005)	$\lambda = 254$ nm/ Espectrofotômetro UV-VIS Modelo SPECTRO 3000 W
Carbono orgânico dissolvido - COD (mg.L <sup>-1</sup> )	5310b (APHA, 1999)	Combustão a alta temperatura/ analisador <i>Shimadzu Toc 5000 A</i>
Condutividade elétrica - CE (mS.cm <sup>-1</sup> )	2510 (APHA, 1999)	Condutivímetro HACH
Cor Aparente (uH)	2120B (APHA, 2005)	Espectrofotômetro HACH DR 2800
Cor verdadeira (uH)	2120 (APHA, 2005)	Espectrofotômetro HACH DR 2800
Ondulação	-	Modelo de previsão WW3 e visualização local
pH	4500 (APHA, 2005)	pHmetro Orion 330
Salinidade (g.kg <sup>-1</sup> )	2520b (APHA, 2012)	Condutivímetro HACH
Sólidos totais dissolvidos - STD (mg.L <sup>-1</sup> )	2540b (APHA, 2012)	Método gravimétrico
Temperatura (°C)	2550B (APHA, 2005)	Sonda Multiparâmetros HACH
Turbidez (uT)	2130b (APHA, 2012)	Turbidímetro portátil HACH 2100P

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

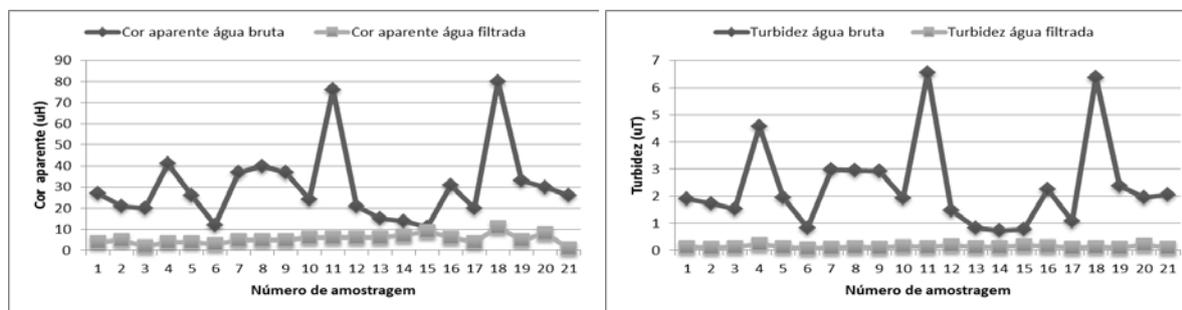
Por meio dos resultados obtidos, pode-se perceber que a água do sistema de captação angular era proveniente do oceano, ou seja, não ocorreu uma mistura com o lençol de água doce. De acordo com alguns pesquisadores, essa mistura deve ser evitada, uma vez que pode alterar a qualidade da água produzida pelo poço de produção de filtração em sedimento de mar (BARTAK et al., 2012; MISSIMER; JONES; MALIVA, 2015; TODD; MAYS, 2005). Assim, por meio dos parâmetros salinidade e CE pode-se perceber que os valores da água produzida foram bem próximos aos valores encontrados para a água bruta. Os valores médios da salinidade e CE para a água bruta foram de 34,5 g.kg<sup>-1</sup> e 48,7 mS.cm<sup>-1</sup>, enquanto que a água produzida pelo sistema apresentou valores médios de 34,4 g.kg<sup>-1</sup> e 48,2 mS.cm<sup>-1</sup>. O comportamento dos dados ao longo do período analisado pode ser observado na figura 4. Cabe ressaltar que a água bruta e a água filtrada apresentaram o mesmo valor de temperatura com média de 19,1°C.



**Figura 4: Salinidade e Condutividade da água bruta e água filtrada pelo sistema angular.**

Após a verificação de que água produzida pelo sistema era do oceano, iniciou-se a verificação da eficiência da sistema angular. Analisando os parâmetros turbidez e cor aparente, foi possível perceber que houve uma redução desses parâmetros para a água produzida pelo sistema angular quando comparada a água bruta do local. O parâmetro turbidez apresentou valor médio de 0,13 uT para a água filtrada, enquanto o valor médio para água bruta foi de 2,37 uT, ou seja remoção de aproximadamente 94%. Por sua vez a cor aparente apresentou valor médio de 5,3 uH para a água filtrada e 30,6 uH para a água bruta, aproximadamente 82% de remoção (Figura 5). Diversos autores citam que a filtração angular produz água com baixos valores de turbidez e cor aparente (ABDEL-JAWAD; EBRAHIM, 1994; FARIÑAS; LÓPEZ, 2007; MISSIMER et al., 2013; VOUTCHKOV, 2005, 2010). A variação destes parâmetros na qualidade da água bruta ocorre devido a intensidade das ondulações que atingem o local. Neste caso, as ondulações de leste e sudeste incidiam de maneira mais intensa sobre o local de captação, revolvendo o fundo do mar e aumento o valor dos parâmetros turbidez e cor aparente. Por sua vez, as ondulações do quadrante sul, passavam pelo local de maneira perpendicular e menos intensa promovendo uma clarificação da água bruta.

Além da eficiência na remoção de sólidos suspensos, o sistema também se mostrou estável ao longo do tempo mesmo com as variações de qualidade apresentadas pela água bruta, apresentando valores de turbidez sempre abaixo de 1,00 uT e valores sempre abaixo de 10,00 uH para cor aparente.



**Figura 5: Turbidez e Cor aparente da água bruta e água filtrada pelo sistema angular.**

O parâmetro cor verdadeira também foi avaliado e apresentou valores com média de 3,8 uH para água bruta e 3,6 uH para a água filtrada. Analisando os dados pode-se perceber que a diferença entre a cor aparente e a cor verdadeira da água bruta ocorre devido a presença de sólidos suspensos presentes na massa de água, uma vez que a água bruta possui valores mais elevados para o parâmetro turbidez. Já a água filtrada produzida pelo sistema angular apresentou valores próximos entre a cor aparente e a cor verdadeira, resultado que demonstra a eficiência na remoção de sólidos suspensos presentes na água bruta.

Também foram avaliados os parâmetros absorvância 254 nm e COD com a finalidade de identificar a matéria orgânica dissolvida nas amostras. A absorvância 254 nm da água bruta apresentou valor médio de 0,025  $\text{cm}^{-1}$  enquanto que a água produzida pelo sistema angular apresentou valor médio de 0,022  $\text{cm}^{-1}$ , ou seja, variação de aproximadamente 12%. Por sua vez o COD da água bruta apresentou média de 5,23  $\text{mg.L}^{-1}$ , enquanto que a água produzida pelo sistema angular apresentou valor médio de 4,54  $\text{mg.L}^{-1}$ , uma remoção de aproximadamente 13%. Por meio destes resultados pode-se observar que o sistema também apresenta remoção para as compostos orgânicos dissolvidos, entretanto, essa remoção é pequena uma vez que a filtração sem coagulação química efetiva para a remoção de substância dissolvidas (BARTAK et al., 2012; FRITZMANN et al., 2007; MISSIMER et al., 2013). O comportamento de ambos os parâmetros ao longo do período de monitoramento pode ser visualizado na figura 6.

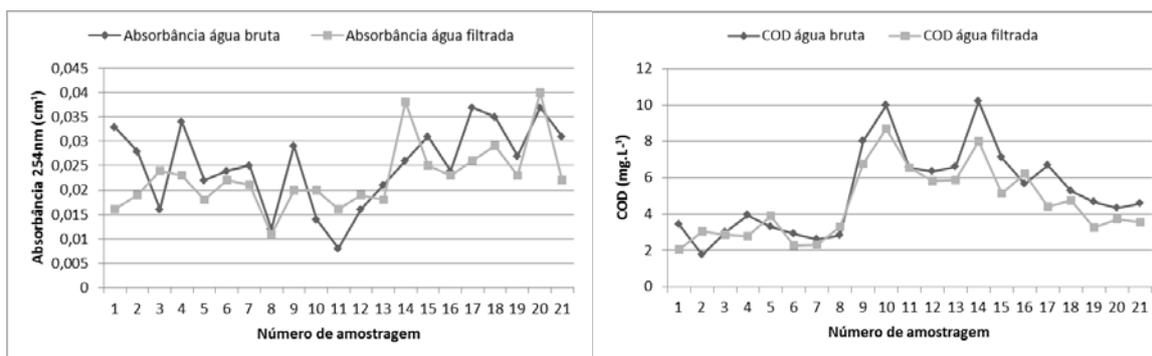


Figura 6: Absorbância 254nm e COD da água bruta e água filtrada pelo sistema angular

Além dos parâmetros discutidos anteriormente, também foram avaliados os parâmetros pH e STD. Para ambos os parâmetros a água produzida pelo poço de produção apresentou valores um pouco abaixo dos resultados encontrados para água bruta. O parâmetro pH apresentou média de 8,11 para a água produzida pelo poço e média de 8,31 para água bruta. Por sua vez o parâmetro STD apresentou média de 34,2 g.L<sup>-1</sup> para a água bruta e 33,2 g.L<sup>-1</sup> para a água filtrada pelo sistema angular. Por meio dos resultados pode-se perceber uma pequena redução de ambos os valores para a água produzida pelo sistema de filtração angular. Cabe ressaltar que os resultados de ambos os parâmetros são similares a valores apresentados por outros pesquisadores.

## CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos pode-se perceber que a água bruta do mar sofre alterações de sua qualidade dependendo da intensidade da ondulação que incide sobre o local. O revolvimento do fundo, aumenta a quantidade de sólidos suspensos e consequentemente torna a água mais turva. Também foi possível perceber que o sistema de filtração angular em sedimento de mar promoveu a remoção dos sólidos suspensos de maneira eficiente, fato que pode ser observado por meio dos parâmetros turbidez e cor aparente que apresentaram remoção de 94% e 82% respectivamente. Também foi possível observar que mesmo com a alteração dos valores de turbidez e cor aparente encontrados na água bruta, a água produzida pelo sistema angular apresentou resultados estáveis durante o período de análise. Presume-se dessa forma que o sistema apresenta boa remoção de sólidos suspensos, uma vez que a areia fina encontrada no local é indicada para a remoção dessas substâncias. Também foi possível perceber que todos os parâmetros que analisaram a presença de substâncias orgânicas ou inorgânicas dissolvidas apresentaram pouca ou nenhuma alteração entre a água bruta e a água produzida pelo sistema. Isso se deve ao fato de que o meio filtrante, neste caso a areia, sem a coagulação química não as substâncias dissolvidas. Assim, a técnica de filtração em sedimento de praia apresenta-se como uma tecnologia promissora para melhorar a qualidade de água antes de passar pelo sistema de OR, entretanto, outras análise, como SDI (*silt density index*) e TEP (transparent exopolymer particles) devem ser realizadas para confirmar os resultados preliminares encontrados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDEL-JAWAD, M.; EBRAHIM, S. Beachwell seawater intake as feed for an RO desalting system. **Desalination**, v. 99, n. 1, p. 57–71, 1994.
2. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>a</sup> ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 1999.
3. ASSIRY, A. M. et al. Electrical conductivity of seawater during ohmic heating. **Desalination**, v. 260, n. 1–3, p. 9–17, 2010.
4. BARTAK, R. et al. Beach Sand Filtration as Pre-Treatment for RO Desalination. **International Journal of Water Sciences**, v. 1, n. 2, 2012.
5. CRITTENDEN, J. C. et al. **MWH 's Water Treatment: Principles and Design**. 3. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
6. BRASIL, Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

7. FARIÑAS, M.; LÓPEZ, L. Á. New and innovative sea water intake system for the desalination plant at San Pedro del Pinatar. **Desalination**, v. 203, n. 1–3, p. 199–217, 2007.
8. FRITZMANN, C. et al. State-of-the-art of reverse osmosis desalination. **Desalination**, v. 216, n. 1–3, p. 1–76, 2007.
9. MISSIMER, T. M. et al. Subsurface intakes for seawater reverse osmosis facilities: Capacity limitation, water quality improvement, and economics. **Desalination**, v. 322, p. 37–51, 2013.
10. MISSIMER, T. M.; JONES, B.; MALIVA, R. G. **Intakes and Outfalls for Seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities: Innovations and Environmental Impacts**. New York: Springer, 2015.
11. TODD, D. K.; MAYS, L. W. **Groundwater Hydrology**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
12. VOUTCHKOV, N. SWRO desalination process: On the beach - Seawater intakes. **Filtration and Separation**, v. 42, n. 8, p. 24–27, 2005.
13. VOUTCHKOV, N. Considerations for selection of seawater filtration pretreatment system. **Desalination**, v. 261, n. 3, p. 354–364, 2010.