

# Dessalinizador por osmose inversa: uma opção para o abastecimento de água potável no Sítio Tamancão em São Luís-MA.

| Josias Silva **Lima**

| Diego Pereira de **Oliveira**

| Marco Antonio Pires **Miranda**

# RESUMO

Por serem perfurados em solos porosos e próximos aos rios de água salgada, os poços semiartesianos (sistemas isolados), estão sujeitos a contaminação por cloretos, carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) além de outras impurezas e microrganismo que afetam a saúde humana. Contextualizando com as diversas realidades da ilha de São Luís e, apontando as falhas no abastecimento de água por parte do poder público, este trabalho tem por objetivo propiciar a melhora na qualidade de vida das 368 pessoas do sítio Tamancão, além dos alunos do Estaleiro Escola do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA).. As condições hidrogeológicas do ambiente estudado, são fatores cruciais à mitigação do abastecimento regular de água, para tanto, é apresentado um estudo para implantação de um dessalinizador por osmose reversa.

**Palavras-chave:** Abastecimento de Água, Dessalinizador por Osmose Reversa, Sítio Tamancão.

## ■ INTRODUÇÃO

Estima-se que a ilha do Tamancão teve o seu povoamento iniciado na metade da década de 30 do século XX. Os casarões que outrora abrigava a usina de soque de arroz, foram transformados em armazéns de produtos diversos, posto que a região comercial de São Luís, o bairro da Praia Grande, estava em atividade crescente, assim como sua população.

Constata-se que a partir dos anos 80, a única fonte (poço do Tamancão) de abastecimento de água à toda a Vila não consegue atender a comunidade de forma satisfatória em função do crescimento populacional.

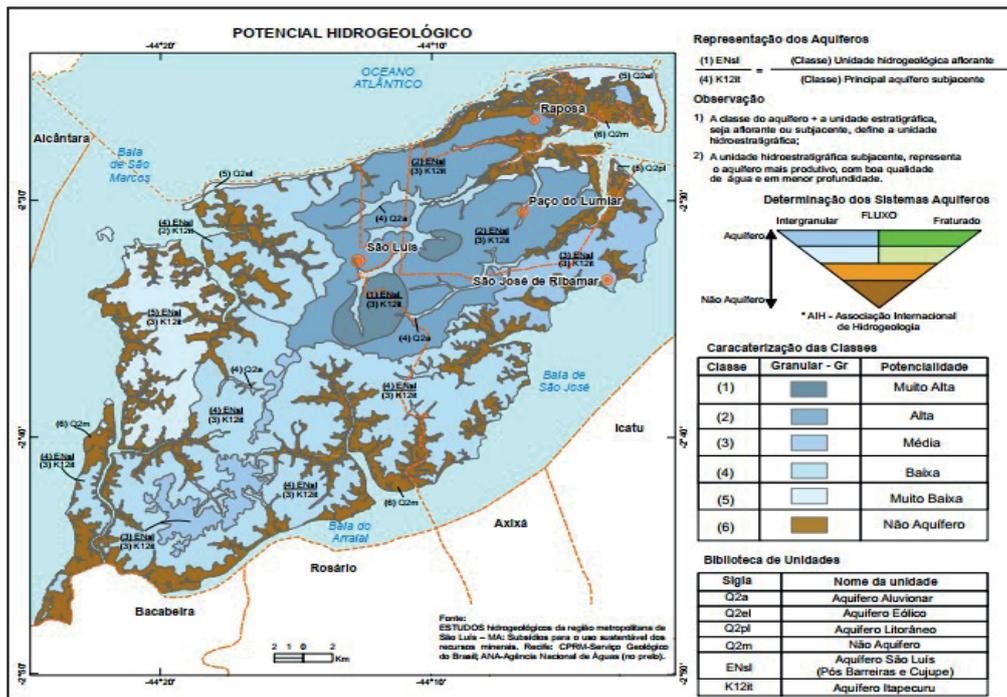
Atualmente, a realidade no Sítio Tamancão é muito distante dos tempos áureos, pois atravessa uma situação problema no que tange as falhas do abastecimento de água por parte dos poderes públicos, Municipal e/ou Estadual, na região do Tamancão.

A intrusão salina é um fenômeno que ocorre em regiões costeiras onde os mananciais subterrâneos estão em constante contato com a água do mar, no entanto, enquanto a água é explorada de forma intensa, a água salgada mais densa penetra no aquífero formando cunha sob a água doce (MIDÕES; FERNANDES; COSTA, 2017).

A dessalinização da água do mar e de águas salobras não se restringe a países desérticos ou com pouca disponibilidade de água potável e, o seu uso, está bastante difundido no mundo. Diante da crescente mitigação da água potável dos mananciais subterrâneos e do volume de água tratada para atender a população, percebe-se a necessidade da intervenção do Poder Público para alcançar um equilíbrio na distribuição diária de água apropriada para o consumo humano.

A figura 1, que compreende a região do Tamancão, conforme indicado no mapa abaixo, está envolta em região que não é aquífero e a porção de terra da referida ilha se enquadra na classe 05, onde se verifica potencial muito baixo para exploração de água.

Figura 1. Potencial hidrogeológico



Fonte: Bandeira et al. 2018 e adaptado pelos autores

O aquífero São Luís apresenta vulnerabilidade natural à contaminação, geralmente alta e localmente moderada, em função da sua forma de ocorrência livre, a sua composição é essencialmente de arenitos. O Aquífero apresenta porosidade intragranular, boa permeabilidade, e tem potencial hidrogeológico muito baixo e moderado, a depender da variação das espessuras saturadas, que ocorrem em poucas unidades de metros.

Nestas áreas em que o Aquífero São Luís tem menor potencialidade hidrogeológica, destaca-se a ocorrência do aquífero Itapecuru que ocorre de forma subjacente. Está caracterizada pela presença de rochas do tipo sedimentar, formada por camadas arenosas intercaladas e argilo-siltico-arenosas associada a intercalações de lâminas de argila.

Por outro lado, apresenta concreções ferruginosas e cascalho laterítico com alto potencial para uso em obras de infraestrutura e a piçarra amplamente utilizada na construção civil, assim com a existência de espessas camadas de arenito intercaladas com argilito, com alto potencial para exploração de areia e argila.

Neste perfil do solo, encontram-se fragmentos ferruginosos maiores que 30cm ou horizonte concessionário, fragmentos, concreções ferruginosas menores que 30cm em meio à matriz areno-argilosa, os que estão sempre associados a um solo pedogenético, coberto por cascalho laterítico dispersos (BANDEIRA et al., 2018).

## ■ OBJETIVO

Verificar a viabilidade de obtenção de água potável através da Osmose Inversa, a partir das águas salobras dos mananciais subterrâneos do sítio Tamancão, situado a margem esquerda do Rio Bacanga.

## ■ MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo de viabilidade, utilizou-se de uma pesquisa básica, exploratória e qualitativa, a qual passou por diversas etapas a saber: Pesquisa de campo, realizadas na comunidade do Tamancão e nas unidades visitadas onde já utilizam da tecnologia de dessalinização, as quais foram realizadas de forma não estruturadas, acontecendo em função da necessidade de complementar os argumentos a serem explicitados neste trabalho.

Diversas bibliografias foram consultadas a fim de conhecer a dinâmica da hidrogeologia da ilha do Maranhão, o funcionamento do sistema de dessalinização e em especial a bacia do rio Bacanga.

## ■ RESULTADOS

O Sítio do Tamancão, pertence ao conglomerado populacional próximo à margem esquerda do rio Bacanga, e, nele estão incluídos os bairros: Alto da Esperança, Residencial Ana Jensen, Ilha dos Pretos, Vila Ariri, Vila Nova e Ponta do Bom Fim, incluindo o residencial Sol Nascente, os quais pertencem a zona VI-B, conforme a divisão de 8 zonas de abastecimento e deveriam ser abastecidos regularmente pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) (CAEMA, 1994).

O abastecimento de água do Sítio Tamancão é precarizado, por diversos fatores, a saber: salinização do manancial subterrâneo explorados pelos poços semiartesiano e os poços cacimbão, intrusão salina, porosidade no solo, expansão imobiliária e a posição geográfica, visto que a região em estudo é localizada em região de sedimentos de manguezal, modificação da paisagem natural pela construção do aterro do Bacanga que potencializa o avanço das marés em direção da referida ilha e, principalmente no período das marés de maior amplitude, como é o caso das marés de sizígia.

No período da estiagem, verifica-se ainda um aumento no teor de salinidade nos poços da região e, ou quando as marés atingem a sua maior amplitude, e, ainda quando há incidência da maré sizígia. No último ano, tem-se percebido um aumento em torno de 0,50m acima da ponte no período da preamar, situação que não se verificou nos anos anteriores.

Para se abastecerem com água de boa qualidade, os moradores do referido sítio, atravessam a ponte, todos os dias, a fim de coletar água para suas necessidades básicas como: água para consumo e para fazer comida, as quais são transportadas dentro garrações em carro de mão dos poços de pequeno porte, após a ponte. O poço analisado, figura 2, possui Diâmetro Nominal(DN) de 150mm ou 6” (seis polegadas), divergindo do perfil litológico e construtivo, com profundidade de 70m, devidamente revestido com tubos geomecânicos de alta resistência, perfurado para abastecer a Unidade Vocacional do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA), o Estaleiro Escola, o qual atende cerca de 300 alunos por ano. Nesse local, foram coletadas as amostras de água para a realização das análises físicoquímico e bacteriológico.

**Figura 2.** Poço Semiartesiano do Tamancão



**Fonte:** arquivo pessoal dos autores

Conforme constatado no local, o poço semiartesiano, com cavalete e compressor de ar, diverge do seu perfil construtivo e litológico, porém é a fonte de água local que abastece o Estaleiro Escola em suas necessidades básicas, como lavagem do piso e descargas dos Banheiros, visto que a água para consumo chega através de carro pipa e garrações de água natural (mineral).

Foram coletadas duas amostras de água bruta do manancial subterrâneo do Sítio Tamancão, sem cloro obedecendo os critérios de higiene e segurança, a saber. A primeira do poço semiartesiano as 09:00 horas e 45 minutos do dia 05/03/2020, no dia da coleta não houve chuva no local. No referido dia a temperatura da amostra foi de 27,50C no local da coleta, e ao dar entrada no laboratório a temperatura foi elevada para 28,80C na localidade Sítio Tamancão, no município de São Luís, situado na área interna do Estaleiro Escola.

No quadro 1, são apresentadas as características físicas e organolépticas do reservatório inferior, visto que no cavalete, ponto para coleta de água, observa-se que o potencial

hidrogênionico dessa amostra de água está abaixo do valor mínimo permitido que a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 preconiza.

O pH está próximo ao valor das chuvas ácidas, portanto, não recomendado para consumo humano.

**Quadro 1.** Características Físicas e Organolépticas (reservatório inferior).

Parâmetro	Unidade	V.M.P.	Resultado	Parâmetro	Unidade	V.M.P.	Resultado
Aspecto	-	Límpido	<b>SEMI-TURVO</b>	pH	ESCALA	6,0 a 9,5	<b>5,75</b>
Cor Aparente	UH ou mgPt/l	2,0	2,0	Gosto1	INTENSIDADE <sup>1</sup>	6	<b>Ñ/R<sup>1</sup></b>
Odor1	INTENSIDADE	6	<b>Ñ/R<sup>1</sup></b>	Turbidez	UT ou U.N.T	1 a 5	<b>3,54</b>

Fonte: Dados coletados na pesquisa juntamente com a FUNASA.

O quadro 2, contém as características químicas dos componentes que afetam a saúde, da água coletada no reservatório inferior do poço semiartesiano do IEMA.

**Quadro 2.** Características Químicas, Componentes que afetam a saúde (reservatório inferior).

Parâmetro	Expresso como	V. M. P. Mg/L	Resultado	Parâmetro	Expresso como	V. M. P. Mg/L	Resultado
Amenia	<b>NH3</b>	<b>1,5</b>		Fluoreto	<b>F</b>	<b>1,5</b>	-----
Alumínio Aluminon	<b>Al</b>	<b>0,2</b>		Fósforo Reativo	<b>PO4<sup>3-</sup></b>		-----
Alumínio ECR	<b>Al</b>	<b>0,2</b>		Fósforo total	<b>PO4<sup>3-</sup></b>		-----
Alcal. Bicarbonatos	<b>CaHCO3</b>	-		Magnésio	<b>Mg</b>	-	<b>115,52</b>
Alcal. Carbonatos	<b>CaCO3</b>	-	<b>352,7</b>	Manganês	<b>Mn</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>
Alcal. Hidróxidos	<b>OH</b>	-		Nitrato	<b>N</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
Cálcio	<b>Ca</b>	-	<b>159,91</b>	Nitrito	<b>N</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Cobre	<b>Cu</b>	<b>2</b>		N. Total TNT Plus	<b>N</b>	-	-----
Cloretos	<b>Cl</b>	<b>250</b>	<b>3.546</b>	Oxigênio Dissolvido	<b>O2</b>	-	-----
Chumbo	<b>Pb</b>	<b>0,01</b>		Sílica	<b>SiO2</b>	-	-----
Condutividade	<b>mmhos/cm</b>	-	<b>7.55</b>	Sólidos Dissolvidos Totais	<b>SDT</b>	<b>1000</b>	<b>5050</b>
Dureza Total	<b>CaCO3</b>	<b>500</b>	<b>874,0</b>	Sulfato	<b>SO4</b>	<b>250</b>	
Ferro Total	<b>Fe</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	Zinco	<b>Zn</b>	<b>5</b>	

Fonte: Dados coletados na pesquisa juntamente com a FUNASA.

**Resultado I** – Conforme a portaria nº 2.914 de dezembro de 2011, a análise físico-químico do poço semiartesiano não atende aos itens 2, (8 e 9) da referida portaria, conforme mostra a análise da FUNASA.

2 - Não atende aos padrões físico-químicos de potabilidade, com relação aos parâmetros que estão com os valores acima do V.M.P.

8 - CLORETO elevado pode trazer restrições ao sabor da água, *V.M.P.: 250 mg/L*  
 9-DUREZA TOTAL elevada, pode provocar incrustações em canalizações e dificuldade na dissolução de sabões, *V.M. P: 500mg/L*.

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, e ainda podem advir dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas geralmente os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio (BRASIL, 2014).

A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para a dureza o teor de 500 mg/L em termos de CaCO<sub>3</sub> (Carbonato de Cálcio – Sal) como o Valor Máximo Permitido (VMP) para água potável.

A tabela 1 traz dados relevantes da água bruta, destacando o seu pH, o qual está dentro do VMP como preconiza a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

**Tabela 1.** Amostra de água direto da cisterna (reservatório Inferior).

Amostra de água coletada:		Parâmetros:	Unid. VMP	Resultado
X	Bruta	Turbidez	UT= 1 a 5	<b>1,34</b>
-	Tratada (Caema)	Cor Aparente	UH= 5 a 15	<b>4,4</b>
-	Somente Clorada	Cloro Residual	5	<b>0</b>
-	Somente Filtrada	Temperatura °C	-	<b>28.8º</b>
PH	-	-	6,0 a 9,5	<b>6,83</b>

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa juntamente com a FUNASA.

O quadro 3, mostra que o poço semiartesiano, apresenta contaminação por Coliformes Totais e *Escherichia coli* pertencentes ao grupo das bactérias termotolerantes.

**Quadro 3.** Direto da cisterna – exame microbiológico.

Temperatura e Tempo de incubação: a 35°C p/24/h (**)			a 35/36°Cp/24/h (*)
a) Coliformes Totais:	PRESENTE	N.M.P/100ml	N.C.MF/100ml
b) Escherichia Coli:	PRESENTE	N.M.P/100ml	N.C.MF/100ml
Obs.: (*) confirmado p/Método (MF) de Membrana Filtrante.			
Obs.: (**) Confirmado p/Método (SCF) de Substrato CromógenosFluorogênico (ONPG-MUG).			

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa juntamente com a FUNASA.

**Resultado II** – Conforme a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011, a água do poço cacimbão está imprópria para o consumo humano.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, estabelece que sejam determinados, na água, para aferição de sua potabilidade, a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotróficas. A mesma portaria recomenda que a contagem padrão de bactérias não deva exceder a 500 Unidades Formadoras de Colônias por 1 mililitro de amostra (500/UFC/ml).

As bactérias do grupo coliforme são definidas pela Portaria MS nº. 2.914/2011, como um grupo de bacilos Gram-negativos, também conhecidos como enterobactérias, as quais são comensais do intestino.

A tabela 2, permite identificar a média da temperatura máxima diária do ar em graus Celsius (°C) e seus limites correspondentes recomendados para fluoretos.

**Tabela 2.** Temperatura x limites recomendados para fluoreto.

Média temperatura máxima diária do ar (°C)	Limites recomendados para Fluoretos (Mg/ l F)
10,0 – 12,1	0,9 – 1,7
12,2 – 14,6	0,8 – 1,5
14,7 – 17,7	0,8 – 1,3
17,8 – 21,4	0,7 – 1,2
21,5 – 26,3	0,7 – 1,0
26,4 – 32,5	0,6 – 0,8

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa juntamente com a FUNASA.

No quadro 4, encontram-se as abreviaturas e suas traduções a fim de que se tenha uma melhor compreensão dos resultados microbiológicos e físico-químico dentro do padrão que a norma vigente determina.

**Quadro 4.** Abreviaturas.

Abreviaturas	Traduções
V.M.P.	Valor Máximo Permitido, pela legislação.
N/R	Não realizado
N.M.P.	Número mais provável.
NC.MF.	Número de colônias, membranas filtrantes.
U.F.C.	Unidades formadoras de colônias.
RG. n.º e AM. n.º	Número de registro e de Amostra
Uh	Unidade Hazen
Ñ/R <sup>1</sup>	Não realizado
Ut	Unidade de Turbidez

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa juntamente com a FUNASA.

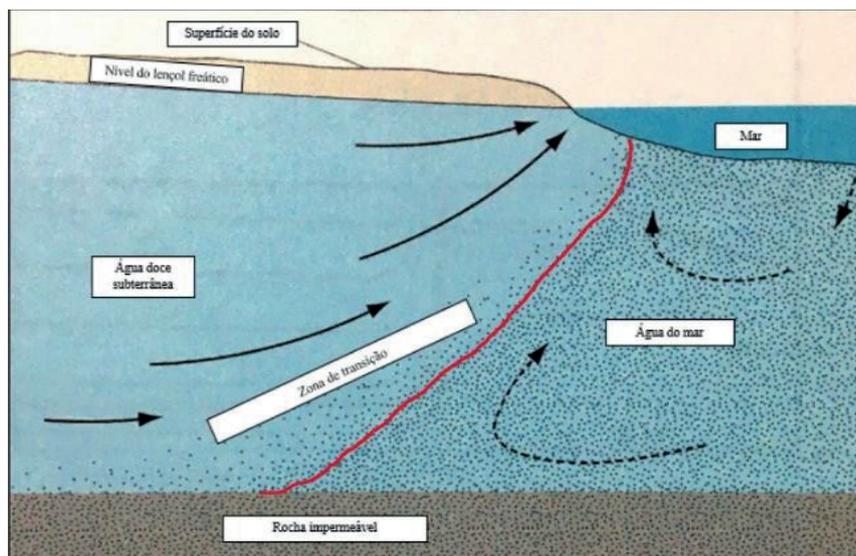
## ■ DISCUSSÕES

A água doce por ser menos densa e com peso específico de  $\gamma_d$  (gama da água doce) e a água salgada mais densa e com peso específico  $\gamma_s$  (gama da água salgada), onde:  $\gamma_s > \gamma_d$ , os quais são fluidos miscíveis e há entre eles uma zona de transição ou de mistura condicionada pela dispersão hidrodinâmica, visto que nessa zona a densidade de mistura é variável.

A água doce está em contínuo escoamento para o mar e ocorre a formação de uma região de contato em equilíbrio hidrodinâmico entre a água doce e a água salgada numa determinada profundidade abaixo da superfície do solo. Na realidade, esta região de contato é constituída por uma zona de difusão em que o teor de salinidade varia gradativamente do valor mínimo junto à água doce até um faixa da água salgada (BANDEIRA *et al.*, 2018).

A figura 3 permite a visualização do fenômeno da intrusão salina, nas diferentes zonas de transição, onde as densidades da água são variáveis, em função da salinidade.

Figura 3. Intrusão salina



Quando a cidade não tem capacidade de suprir a população, esta procura por seus próprios meios obter água perfurando poços ou comprando água (aumentando de forma exponencial o custo da água).

A população pobre tende a perfurar poços rasos, já contaminados pelo esgoto, enquanto que a população de maior renda perfura poços profundos, mais seguros, mas que podem produzir rebaixamento dos níveis do terreno pelo esgotamento da água. Em regiões costeiras, isto pode produzir intrusão salina. A urbanização também aumenta as áreas impermeáveis e a canalização, o que aumenta os picos de cheia e sua frequência para a mesma precipitação (BICUDO; TUNDISI; TUHL, 2010, p. 117).

Se a água doce começa a ser retirada do subsolo através de bombeamento, o equilíbrio hidrodinâmico se altera e a massa de água salgada se movimenta avançando para o interior do aquífero, fenômeno que é denominado de intrusão salina.

A água doce está em continuo escoamento para o mar e ocorre a formação de uma região de contato em equilíbrio hidrodinâmico entre a água doce e a água salgada numa determinada profundidade abaixo da superfície do solo.

Na realidade esta região de contato é constituída por uma zona de difusão em que o teor de salinidade varia gradativamente do valor mínimo junto à água doce até um faixa da água salgada.

A intrusão salina refere-se à invasão da água do mar através da porosidade das rochas existentes nas regiões costeiras (CABRAL, 1985).

A osmose é um processo que ocorre quando duas soluções são colocadas em dois vasos comunicantes e, no meio dessa interligação estiver uma membrana filtrante (semi-permeável) que permite apenas a passagem da água.

A solução aquosa mais diluída, será impulsionada descrevendo o movimento osmótico para a solução mais concentrada (pressão osmótica).

No caso da água, a sua pressão osmótica gira em torno de 30atm a uma temperatura de 25 °C. Desse modo, se uma pressão maior do que 30atm são aplicadas sobre a água da solução mais concentrada provocará a osmose reversa, que é a passagem do solvente mais concentrado para o mais diluído.

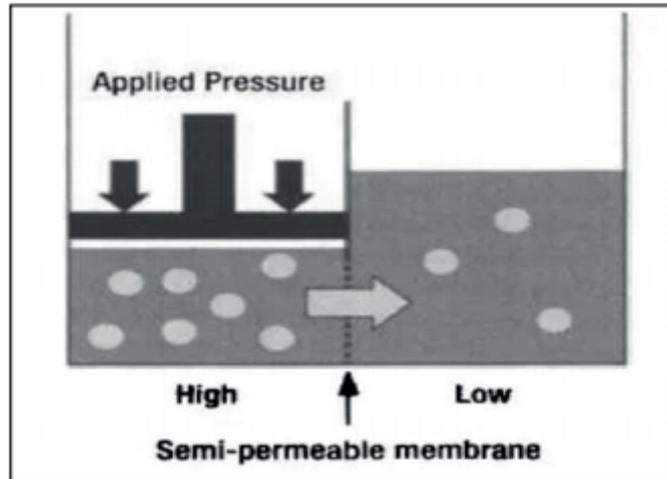
O processo tecnológico de rejeição, o qual é realizado por uma forte pressão aplicada a uma corrente de água salgada em uma membrana de área microporosa, obtendo-se um equilíbrio diferente, denomina-se ornose reversa. A pressão aplicada no sistema, gera dois subprodutos, simultneamente a partir da água bruta ou parcialmente bruta.

Água potável ou permeado, como sendo o resultado da fluidez da água bruta, através de um conjunto de membranas semipermeáveis,as quais retém os sólidos dissolvidos e diversos microorganismos e o concentrado, a água segue livremente sem passar pela membrana microposa e ao final do processo terá aumentada a concentraçãõ de sólidos e de microorganismos.

A osmose inversa é utilizada para dessalinizar águas, salobras e salinas, utilizando membranas semipermeáveis sintéticas e a qualidade do produto final depende da água que entra no sistema sob elevada pressão.

A figura 4, representa o movimento das águas salobras ou salgadas, passando por uma membrana semipermeável, após sofrer uma pressão maior do que 30 atm. A referida pressão é equivalente a pressão osmótica, obtida na osmose simples, visto que a solução com mesmo soluto se desloca em direção da solução com mais soluto.

**Figura 4.** Princípio do processo de osmose reversa

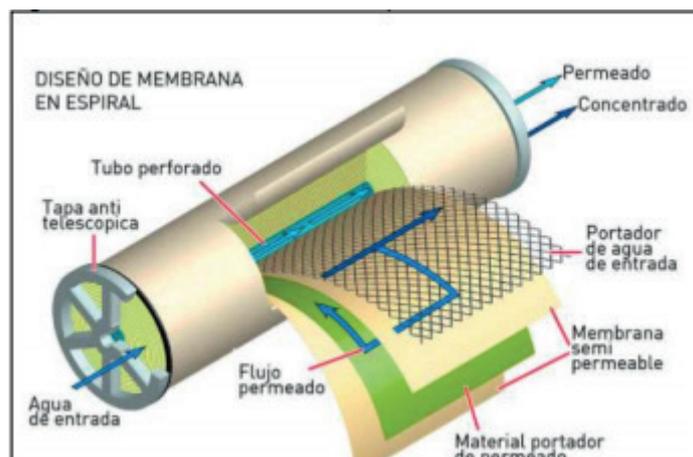


Fonte: Kucera, 2010, p. 17.

As membranas semipermeáveis (microporosa) permitem que alguns átomos ou moléculas passem, mas outros não, impede a passagem de impurezas tais como: bactérias, pirogênios, sólidos inorgânicos, mas não a maioria dos sais dissolvidos, sendo capaz de remover até 99% ou mais dos sais dissolvidos (íons) e sólidos orgânicos com um peso molecular maior que 300g, porém, permitem a passagem da água e dos gases (PURETEC, 2020).

A figura 5, está detalhando as partes de uma membrana microporosa para a realização da osmose inversa, onde se verifica o tubo coletor do permeado ou água dessalinizada, a entrada de água com pressão e a saída de material rejeitado.

**Figura 5.** Partes da membrana para osmose reversa



Fonte: Osmofilter, 2018.

O desempenho de um sistema de osmose inversa é caracterizado por dois parâmetros: O Permeável e fluxo de rejeição de sal, esses desempenhos variam de acordo com material e estrutura da membrana utilizada.

A água salgada é introduzida com alta pressão em uma tubulação contendo a membrana semipermeável e, a partir dela obtém-se dois subprodutos: a água dessalinizada que corre em uma tubulação central, e a água salgada ou concentrada, continua correndo em meio a membrana, até ser eliminada.

Vale lembrar que, em uma solução salina, os íons dissolvidos como sódio (+) e cloreto (-) migram para os eletrodos opostos que passam por membranas selecionadas que permitem a passagem de cátions ou ânions (não os dois). As membranas são geralmente dispostas em um padrão alternativo, com membrana seletiva de ânions seguida por uma membrana seletiva de cátions (KRISHNA, 2020). Geralmente, os sistemas de osmose reversa são projetadas com equipamentos de bombeamento duplo: bomba de baixa pressão ou repressurização e bomba de alta pressão. Por outro lado, eles podem exigir a instalação de bombas dosadoras para pré e ou pós-tratamento.

O conjunto da membrana consiste em um vaso de pressão e uma membrana semi-permeável no interior que permite que a água de alimentação passe através dele. As membranas de osmose inversa para dessalinização geralmente vêm em dois tipos: feita em espiral e fibra oca (GÁLVEZ GÓMEZ, 2011).

Na figura 6, estão dispostas o conjunto de membranas microporosas do Hospital Universitário Presidente Dutra (HU-UFMA).

**Figura 6** - Sistema de osmose inversa do HU-UFMA



Fonte: Arquivo Pessoal dos autores.

Na tabela 3, evidencia-se a eficiência de uma membrana microporosa dos principais agentes que provocam danos à saúde humana, para este estudo de viabilidade destacam-se: os cloretos, as bactérias fecais e totais e os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), sendo que este último, determina a classificação da água em doce, salobra ou salina.

**Tabela 3.** Eficiência de remoção de contaminantes de uma membrana microporosa.

ELIMINAÇÃO DE IMPUREZAS DURANTE A OSMOSE INVERSA			
Cistos de Giárdia	100%	Oocistos de Cryptosporidium	100%
Bactéria E.coli	>99.9%	Bactérias fecais	>99.9%
Vibriocholerae	>99.9%	Shigelladysenteriae	>99.9%
Fluoreto de sódio	99%	Cloreto De Cálcio	99%
Cloreto de Magnésio	99%	Sulfato de Níquel NiSO4	>99.9%
Glicose	98%	Nitrato de Sódio NaNO3	97-99%
Sódio	95-99%	Níquel	95-99%
Potássio	92-99%	Zinco	95-99%
Cálcio	95-99%	Estrôncio	95-99%
Magnésio	95-99%	Cádmio	95-99%
Ferro	95-99%	Prata	95-99%
Alumínio	95-99%	Mercúrio	95-99%
Amônio	95-99%	Bário	95-99%
Cloreto De Sódio NaCl	99%	Pesticidas Clorados	99.9%
Sulfato de cobre CuSO4	>99.9%	Cloreto	99.9%
Bicarbonato	99%	Fluoreto	90-95%
Nitrato 3	90-99%	Silicato	95-99%

Fonte: Filterinter e Adaptado pelos autores (2020).

A seguir no quadro 5, verifica-se as vantagens e desvantagens das membranas microporosas para dessalinizar águas salobras e salinas.

Quadro 5. Comparativo de vantagens e desvantagem.

VANTAGENS	DESvantagens
Redução do teor de sal e de matéria dissolvida em água salobra;	Maiores custos operacionais;
Redução de metais pesados;	Altos custos de energia
Redução de nitratos e sulfatos	Maiores volumes de descarga, maior volume de concentrado
Redução de cor, taninos e turbidez;	Pressão operacional alta que
Suaviza a água dura	Requer que o fornecimento de água seja tratado (pré-filtragem de 0,1 - 20 microns)
Sem produtos químicos - por exemplo não precisa de sal ou produtos químicos durante a operação	Requer que o fornecimento de água seja tratado (pré-filtragem de 0,1 - 20 microns);
Alta retenção de sais e íons univalentes específicos (até> 99%)	Osmose reversa normalmente fornece água com nível de pH agressivo (em outras palavras, um pH baixo ou alto na água com poucos íons);
Desinfecção, incluindo vírus.	Membranas sensíveis ao cloro livre

Fonte: (GUIA DE LOS TRATAMIENTOS..., [2020], p. 4) e adaptado pelos autores

De acordo com a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17 de março de 2005 e alterada pelas resoluções: 410/2009 e 430/2011. No seu

capítulo I das definições e no artigo segundo, as águas podem ser definidas de acordo com o teor de sais, a saber:

- a. Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰;
- b. Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ e;
- c. Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30‰.

O quadro 6, contém a classificação mundial das águas a partir dos Sólidos Dissolvidos Totais.

**Quadro 6.** Classificação Mundial das Águas.

Classificação Mundial das Águas	
Doce	Apresenta o teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) inferior a 1.000 Mg/L
Salobra	Apresenta o teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) entre 1.000 e 10.000 Mg/L
Salgada	Apresenta o teor de sólidos dissolvidos totais (SDT) superior a 10.000 Mg/L

**Fonte:** Ambiente Brasil (2020).

De acordo com a portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos e controle de vigilância e da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade:

- a. Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.
- b. Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água
- c. Para os fins da referida portaria, são adotadas diversas definições para a água, dentre elas destacam-se:
- d. Água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- e. Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade que não ofereça riscos à saúde;
- f. Padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano;
- g. Padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;

- h. Água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade e;
- i. Sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição (BRASIL, 2011).

## ■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sítio Tamancão e outros bairros circunvizinhos, estão situados numa região de sedimentação de manguezal. Ressalta-se que o Sítio Tamancão possui um agravante, é uma ilha e fica isolado dos demais bairros. Seu manancial subterrâneo tem potencial para exploração de água muito baixo.

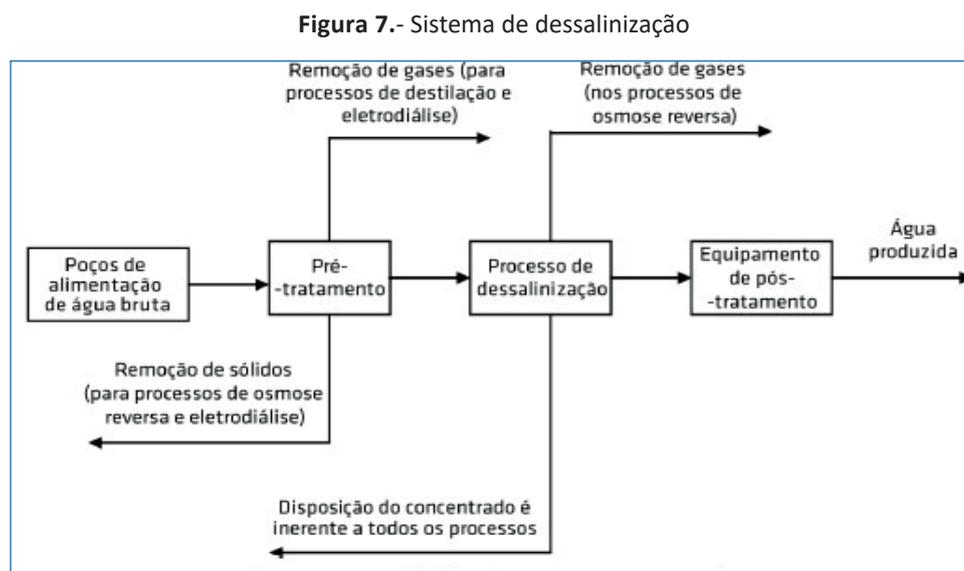
No Brasil, a tecnologia para dessalinizar água por osmose inversa, já está disponível no mercado e de fácil acesso. Dependendo da situação, essa tecnologia é também aplicável em residenciais, conglomerados populacionais, condomínios, hospitais e escolas, com resultados satisfatórios, dentro do que preconiza as normas vigentes no Brasil.

Diante do que foi pesquisado e dos resultados analisados, conclui-se, então, que a proposta de implantar um sistema de dessalinização por osmose inversa é uma opção estratégica viável e extremamente necessária, sob vários aspectos, quais sejam:

- Tendo em vista que não há previsão para duplicação do sistema ITALUIS, a fim de atender a demanda populacional com água potável como preconiza as normas e resoluções vigentes no Brasil.
- O crescimento populacional vem avançando em diversas direções e, como consequência fenômeno, passa existir dificuldades para a água percolar no solo, tais eventos espontâneos propiciam o avanço da intrusão da cunha Salina.
- Devido ao sítio Tamancão estar situado em região sedimentar de manguezais, e os aquíferos dessa região possuírem baixo nível de exploração de água.
- Como foi verificado nas análises físico-química e bacteriológica da água, os dois poços possuem impurezas, as quais são prejudiciais aos seres humanos.
- De um sistema de membranas microporosas no que se refere a eliminação de diversas impurezas que afetam a saúde. Portanto é viável a implantação de um sistema de dessalinização por Osmose Inversa no sítio Tamancão, dada a sua eficiência.
- Conforme a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011, as águas dos mananciais do Tamancão, estão impróprias para o consumo humano.

- O sitio Tamancão reúne todas as características para instalação de um sistema de dessalinização por osmose inversa, já possui poços Semiartesiano com boa vazão e ainda, possui rede de distribuição de água padrão em todas as ruas e as residências com seus respectivos ramais;
- Além da população nativa, existe no Estaleiro Escola(IEMA), que oferece cursos de capacitação o ano inteiro, atendendo em média de 300 alunos por ano, os quais também são podem se beneficiar com água de boa qualidade.
- Após os levantamentos para conclusão deste estudo de viabilidade, verifica-se que a solução com instalação de um dessalinizador por osmose reversa atende as necessidades tanto da comunidade envolvida, quanto à do estaleiro escola, visto que existem no mercado, os filtros de membrana com área microporosas, pronta para atender as necessidades de cada projeto.

O esquema a seguir é um modelo que pode servir para o sistema de dessalinização por Osmose Inversa do Tamancão.



Fonte: Oficina de textos, 2021

## ■ REFERÊNCIAS

1. AMBIENTE BRASIL. **Água–Recursos Hídricos**. Disponível em: [https://ambientes.ambiente-brasil.com.br/agua/recursos\\_hidricos/agua-\\_recursos\\_hidricos.html](https://ambientes.ambiente-brasil.com.br/agua/recursos_hidricos/agua-_recursos_hidricos.html). Acesso em: 16 out. 2020.
2. BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento *et al.* **Mapa geodiversidade da ilha do Maranhão**. Teresina:CRPM, 2018. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20597>. Acesso em: 03 mar. 2020.
3. BICUDO, Carlos E. de M.; TUNDISI, José Galizia; SCHEUENSTUHL, Marcos C. Barnsley. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518/2004**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2005. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria\\_518\\_2004.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf). Acesso em: 29 fev. 2020.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: [http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp\\_doctos/kit\\_arsesp\\_portaria2914.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf). Acesso em: 29 fev. 2020.
6. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília – DF, 2007.
7. BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº 357, de 17 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. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 26 fev. 2021.
8. CABRAL, Jaime Joaquim Va Silva Pereira. **Intrusão salina em aquíferos costeiros: uma análise pelo método de elementos de contorno**. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 1985. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/am/11422/3595/1/161587.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.
9. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO – CAEMA. **O abastecimento de água em São Luís: estudo da produção e demanda**. São Luís, 1994.
10. FILTERINTER. **Sistema Osmose Reversa Completa – Carcaças de 20” – 45 a 90 Litros/hora**. Disponível em: <https://www.filterinter.com.br/produto/equipamentos/sistema-osmose-reversa-pequena-vasao/>. Acesso em: 18 abr. 2020.
11. GÁLVEZ GÓMEZ, Antonia. **Aplicación del proceso de osmosis inversa al tratamiento del agua de mar**. Estudio técnico y de viabilidad económica. 2011. Disponível em: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13099/Mem%C3%B2ria.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2020.
12. GUIA DE LOS TRATAMIENTOS DE LAS DEYECCIONES GANADERAS. [2020?]. Disponível em: <http://www.arc.cat/es/altres/purins/guia/pdf/ficha10.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2020.
13. WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES. **Intrusão de Cunha Salina**. 2019. Disponível em: <https://waterservicestech.com/tag/intrusao-salina/>. Acesso em: 18 mar. 2020.

14. KRISHNA, Hari J. **Introdutivo to Desalination Technologies**. Disponível em: [https://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered\\_reports/doc/R363/C1.pdf](https://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/R363/C1.pdf). Acesso em: 24 mar. 2020.
15. KUCERA, Jane. **Reverse Osmosis: Design, Processes, and Applications for Engineers**. Wiley, 2010. Disponível em: [https://www.academia.edu/33887602/Reverse\\_Osmosis\\_pdf](https://www.academia.edu/33887602/Reverse_Osmosis_pdf). Acesso em: 24 mar. 2020.
16. MIDÕES, Carla; FERNANDES, Judite; COSTA, Cristina Gomes da. **Água subterrânea: conhecer para proteger e preservar**. IGM, 2001. Disponível em: <http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/488/1/27629.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2020.
17. OFICINA DE TEXTOS. **Arranjos esquemáticos dos processos de dessalinização**. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/arranjos-esquemáticos-dos-processos-de-dessalinização/>. Acesso em: 12 jan. 2021.
18. OSMOFILTER. **Membranas Industriais**. 2018. Disponível em: [https://www.osmofilter.com/es/industrial\\_membranas.php](https://www.osmofilter.com/es/industrial_membranas.php). Acesso em: 24 jan. 2021.
19. PURETEC. **Basics of Reverse Osmosis**. [2020?]. Disponível em: <https://puretecwater.com/downloads/basics-of-reverse-osmosis.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.