



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

MARCELO PEREIRA CORREIA

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA PROVENIENTE DE
DESSALINIZADOR NA CIDADE DE CARNAÚBA DOS DANTAS - RN**

**Campina Grande
2019**

MARCELO PEREIRA CORREIA

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA PROVENIENTE DE DESSALINIZADOR
NA CIDADE DE CARNAÚBA DOS DANTAS - RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Química Industrial.
Área de concentração: Físico-Química

Orientador: Prof. Ms. Tássila Pereira Neves

**Campina Grande
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C824a Correia, Marcelo Pereira.

Avaliação físico-química de água proveniente de dessalinizador na cidade de Carnaúba dos Dantas - RN [manuscrito] / Marcelo Pereira Correia. - 2019.

30 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.

"Orientação : Profa. Ma. Tássila Pereira Neves, Departamento de Química - CCT."

1. Tratamento de água. 2. Osmose Inversa. 3. Dessalinização. 4. Semiárido. I. Título

21. ed. CDD 628.167

MARCELO PEREIRA CORREIA

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA PROVENIENTE DE DESSALINIZADOR
NA CIDADE DE CARNAÚBA DOS DANTAS - RN**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em
Química Industrial da Universidade Estadual
da Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Físico-Química

Aprovada em: 16/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Tássila Pereira Neves

Profa. Ms. Tássila Pereira Neves (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Wanda Izabel Monteiro de Lima Marsiglia

Profª. Dra. Wanda Izabel Monteiro de Lima Marsiglia
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Wilza da Silva Lopes

Dra. Wilza da Silva Lopes
Instituto Nacional do Semiárido - INSA

A minha família, por todo apoio, carinho, dedicação e amor. DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Paulo Correia e Maria Francinalda Pereira Correia, por me darem todo o suporte necessário em minha empreitada.

A minha avó, Josefa Maria Correia, por me proporcionar conselhos tão importantes e que levarei para a vida.

Aos meus companheiros de jornada, Marinando José Dantas Júnior, Arthur Machado Silva, Amanda Borges Soares e Bráulio Matheus Brito Barbosa.

Aos meus amigos e colegas de curso, por compartilharem comigo e proporcionarem apoio mútuo em todos os momentos de minha vida acadêmica.

A Igor Renan Xavier da Silva e Cristiane Silva Mendes Xavier por toda a ajuda prestada em todos os nossos anos de convívio.

A minha orientadora, Professora Ms. Tássila Pereira Neves, por me auxiliar e contribuir tão esforçadamente para o andamento do presente trabalho.

Aos professores do Curso de Química Industrial da UEPB que contribuíram ao longo de anos com sua sabedoria e empenho, sem os quais não teria me desenvolvido como hoje.

Ao Centro de Testes de Tecnologia de Dessalinização – CTTD do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, em especial á Fabiane Lira Rodrigues e Luize Frances, por me auxiliarem de forma primorosa, tornando esse trabalho possível.

A Universidade Estadual da Paraíba - UEPB por me proporcionar a estrutura acadêmica necessária á minha formação.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton (1675).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da cidade de Carnaúba dos Dantas - RN.....	13
Figura 2 – Fluxograma de uma Estação de Tratamento de Águas- ETA.....	14
Figura 3 – Descrição do Modelo de Filtração de Fluxo Cruzado.....	16
Figura 4 – Esquema de funcionamento de um processo de Osmose Inversa.....	17
Figura 5 – Sistema de Dessalinização via Osmose Inversa.....	22

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Índice de aceitabilidade ao paladar para diferentes concentrações de sólidos.....	15
Tabela 2 - Parâmetros de utilização para membranas de diferentes materiais	17
Tabela 3 – Conceitos das análises físico-químicas da água.....	19
Tabela 4 Tabela 4 – Resultados da análise das correntes provenientes do dessalinizador.....	24
Tabela 5 – Resultados da análise na corrente de Permeado.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Características da região.....	13
2.2 Tratamentos de Água.....	14
2.2.1 Dessalinização.....	15
2.2.2 Processo de Osmose Inversa.....	17
2.2.3 Parâmetros Físico-Químicos.....	18
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 Características da Pesquisa.....	21
3.2 Espaço da Pesquisa.....	21
3.3 Coleta de amostras.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA PROVENIENTE DE DESSALINIZADOR NA CIDADE DE CARNAÚBA DOS DANTAS - RN

Marcelo Pereira Correia*

RESUMO

A disponibilidade de água potável para consumo em regiões semiáridas vem sendo um problema à se agravar com o passar do tempo. No Nordeste do Brasil, a disponibilidade de águas superficiais é escassa, sendo a perfuração de poços tubulares uma das opções encontradas pelos habitantes. No entanto, essas águas apresentam um alto índice de salinidade ocasionando uma adversidade para a população. A dessalinização via Osmose Inversa é uma opção barata para a remoção de sais e de fácil operação, oferecendo uma alternativa que supri de modo eficaz a necessidade dos moradores. O trabalho tem a finalidade de avaliar a qualidade da água fornecida a cidade de Carnaúba dos Dantas, localizada no estado do Rio Grande do Norte. Foram realizadas as análises de Turbidez, Condutância, pH, Cloreto, Sólidos Totais Dissolvidos, Alcalinidade, Dureza, Cor e Concentrações de Sódio e Potássio para as correntes provenientes do dessalinizador. O sistema apresentou remoção da salinidade acima de 90% para o processo, proporcionando uma corrente de permeado de boa qualidade que atende aos critérios estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

Palavras-Chave: Tratamento de água. Osmose inversa. Dessalinização. Semiárido.

* Aluno de Graduação em Química Industrial na Universidade Estadual da Paraíba – Campus Campina Grande.
Email: marcelocorreya@outlook.com

PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF WATER FROM DESALINATOR IN THE CITY OF CARNAÚBA DOS DANTAS - RN

Marcelo Pereira Correia[†]

ABSTRACT

The availability of drinking water for consumption in semiarid regions has been a problem to worsen over time. In northeastern Brazil, the availability of surface waters is scarce, with the drilling of tubular wells being one of the options found by the inhabitants. However, these waters present a high salinity index causing adversity to the population. Desalination via Reverse Osmosis is a cheap option for the removal of salts and easy operation, offering an alternative that effectively supplied the needs of residents. The work aims to evaluate the quality of water provided to the city of Carnaúba dos Dantas, located in the state of Rio Grande do Norte. Analyses were performed for Turbidity, Conductance, pH, Chloride, Total Dissolved Solids, Alkalinity, Hardness, Color and Sodium and Potassium Concentrations for the currents from the desalinator. The system presented salinity removal above 90% for the process, providing a current of good quality permeate that meets the criteria established by the Ministry of Health.

Keywords: Water treatment. Reverse Osmosis. Desalination. Semi-arid.

[†] Aluno de Graduação em Química Industrial na Universidade Estadual da Paraíba – Campus Campina Grande.
Email: marcelocorreya@outlook.com

1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial tem sido bastante estudada em diferentes regiões do mundo, em face de sua importância no ciclo hidrológico e a manutenção dos seres vivos no planeta (DA SILVA, 2011). As secas constituem sérios problemas para a sociedade humana e para os ecossistemas naturais (DINPASHOH et al., 2004).

De acordo com Balme et al. (2006) as regiões semiáridas possuem como principal características as chuvas irregulares, variando espacialmente de um ano para outro. O Nordeste do Brasil é conhecido como uma região seca, em que a maioria da população sobrevive da agricultura de sequeiro (DA SILVA, 2011).

Essa região do país é historicamente conhecida pelos percalços que seus habitantes têm de suportar. E para subsistir nesse ambiente árduo, buscam formas de obter os recursos necessários à manutenção de sua qualidade de vida e sobrevivência, situação observada principalmente na população rural (SILVEIRA, 1998).

Devido ao clima semiárido e à hidrologia insuficiente, a disponibilidade de água superficial em quantidade e qualidade é baixa (DE OLIVEIRA, 2017). No entanto, existe a possibilidade de se extrair de seu subsolo, por volta de 19,5 bilhões de m³ de águas subterrâneas com baixo risco de esgotamento.(TORRI, 2015 apud SOARES, 2007). Porém, esse recurso apresenta um uso direto limitado causado por um problema comum nos poços escavados: o alto teor de sais dissolvidos, oriundo à localização de grande parte da região Nordeste, a qual possui cerca de 51% do território situado sobre rochas cristalinas e, por consequência desse contato prolongado, observa-se o fenômeno de salinização das águas subterrâneas (TORRI, 2015).

Estudos e pesquisas vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos em busca de melhorias e alternativas para os problemas vivenciados pela população nordestina, provenientes da situação climática característica da região. Dentre essas pesquisas, os estudos de processos de purificação e dessalinização das águas salinas para a obtenção de água potável vêm se tornando cada vez mais importantes.

Segundo De Moura et al (2008), existem diversos processos de purificação de águas, no entanto só é possível a retirada de sais dissolvidos a partir de processos térmicos como: Destilação Flash com Múltiplos Estágios (MSF), Destilação Múltiplos Efeitos (MED) e Destilação por Compressão de Vapor (CV); e por Processos de Membrana como: Eletrodialise e Osmose Inversa.

Osmose Inversa é um processo de purificação de águas que vêm ganhando notoriedade além do âmbito acadêmico devido as vantagens e facilidades apresentadas por essa tecnologia. Segundo Silveira (1998), o baixo custo de instalação, produto final de alta qualidade, facilidade na montagem do equipamento são exemplificações dessas vantagens.

Ferraro (2008) e De Moura et al(2008) ressaltam outros pontos para a utilização da Osmose Inversa no processo de dessalinização de águas como, por exemplo,

- Baixo custo de investimento e manutenção;
- Baixo consumo energético;
- Sistema necessita de área muito reduzida para a sua instalação;
- O processo ocorre á temperatura ambiente e sem mudança de fase;
- A montagem do sistema pode ser feita por meio de módulos, adequando-se as necessidades da situação;
- Processo pode ser operado de modo contínuo;
- Aproveitamento dos rejeitos para criação de peixes e camarões.

Outra possibilidade para o aproveitamento desses rejeitos (águas com alta concentração de sais) é apresentada por Silva et al. (2014) em seu trabalho intitulado “*Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino*”, que visa a utilização desse efluente para a irrigação de culturas como milho e sorgo.

Carnaúba dos Dantas, cidade situada na microrregião do Seridó Oriental do estado do Rio Grande do Norte – RN, encontrou nos sistemas de Dessalinização Via Osmose Inversa a solução para a obtenção de água potável destinada para o consumo humano e doméstico de sua população.

Diante da importância desse processo para a sociedade, tendo em vista o impacto direto no dia a dia da população, a análise das correntes provenientes da dessalinização via Osmose Inversa, responsável por parte majoritária da água destinada ao consumo humano da supracitada localidade, tornou-se o objetivo do presente trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Características da região

Criado pela Lei Estadual Nº 1.028 de 11/12/1953 (IBGE, 2019) o município de Carnaúba dos Dantas foi desmembrado do município de Acari, pertence à microrregião denominada de “Seridó Oriental” do estado do Rio Grande do Norte- RN, e situa-se

“[...] na parte centro-sul deste Estado, da qual também fazem parte os seguintes municípios: Acari, Cruzeta, Currais Novos, Equador, Jardim do Seridó, Ouro Branco, Parelhas, Santana do Seridó e São José do Seridó, totalizando juntos 3.825,73 Km² de área territorial, equivalendo a 7, 24% de todo o território do Estado. Esse subespaço do Rio Grande do Norte faz parte da região semi-árida ou do Polígono das Secas nordestinas e diferencia-se de outras áreas do Estado, dentre outros fatores, por abranger uma enorme área fustigada por secas constantes. (BEZERRA JÚNIOR e DA SILVA, 2007.)

O Polígono das Secas é uma área estimada em 1.083.790,7 Km² situada dentro do semiárido brasileiro (18% do território nacional) que possui como principal característica a ocorrência de secas periódicas. A região é marcada pela ausência, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, não sendo rara a sucessão de anos seguidos de seca. (DE OLIVEIRA, 2017)

A cidade de Carnaúba dos Dantas (Figura 1), localizada a 230 km da capital Natal/RN, possui uma população de 7.429 habitantes e uma área territorial de 246 km² (IBGE, 2019). Conhecida como Terra da Música, a cidade é detentora de um riquíssimo patrimônio histórico, destacando-se pela concentração de sítios arqueológicos em suas imediações

Figura 1 – Localização da cidade de Carnaúba dos Dantas - RN



Fonte: IBGE, 2019.

Seu clima é seco, com pluviosidade média anual de 447,8 mm, distribuída de forma irregular no território e com altas taxas de evapotranspiração, seu período chuvoso vai de fevereiro à abril e temperatura média anual é de 27,5°C (BELTRÃO et al, 2005).

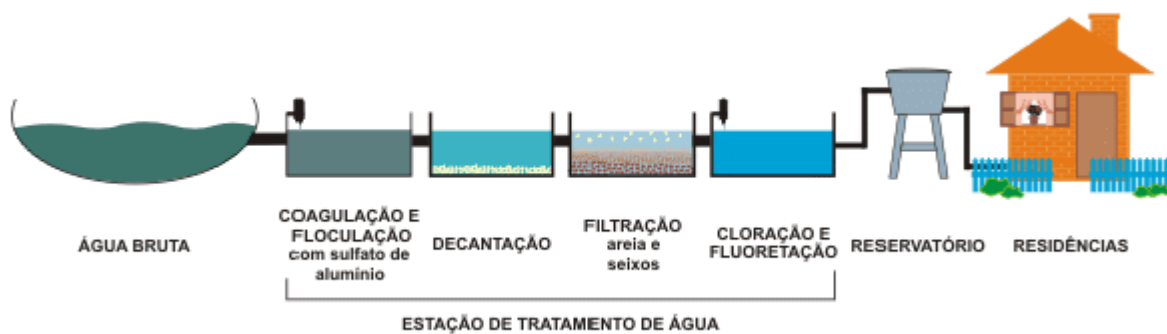
Além de o solo ter baixa retenção de água, na região predomina a presença de rios intermitentes (temporários), não suprimindo por inteiro a demanda hídrica da população. Diante dessa escassez, os habitantes dessa localidade recorrem à perfuração de poços subterrâneos que trazem à tona uma água predominantemente salobra (BEZERRA JÚNIOR, 2007), ou seja, apresentam elevada salinidade com teores de cloreto acima de 1000 mg/L, o que a torna imprópria ao consumo humano segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS, a qual recomenda 250 mg/L de cloreto nas águas para o abastecimento das populações. (DE OLIVEIRA, 2011 e SUASSUNA, 2019).

2.2 Tratamentos de Água

Água é vida, porém água sem tratamento pode causar sérios problemas a saúde humana. Como nem toda a água presente na natureza está em condições para consumo imediato, a água deverá passar por um tratamento até que se encontre em condições de consumo e seja classificada como água potável de acordo com Portaria N° 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

Para assegurar o cumprimento dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde em sua portaria, a água deve passar por etapas de tratamento, compostas de processos e operações unitárias aplicadas para a remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias dissolvidas na água. A Figura 2 representa um fluxograma simplificado de uma Estação de Tratamento de Águas – ETA para águas captadas de rios ou represas.

Figura 2 – Fluxograma de uma Estação de Tratamento de Águas- ETA



Fonte: Tratamento de águas - Cesan

No entanto, o tratamento para águas salobras é diferente daquele aplicado para águas de rios e mananciais, uma vez que para tornar essa água potável faz-se necessário a remoção de elevado teor de sais.

Para transformar a água salgada ou salobra, em água potável por meio da remoção de sais e mineral dissolvidos, a dessalinização é uma técnica bastante utilizada em regiões com poucos recursos hídricos. Quanto aos limites de salinidade a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 2005, divide a água nas seguintes classes:

- Águas doces: salinidade igual ou inferior a 0,5%;
- Águas salobras: salinidade entre 0,5% e 30%;
- Águas salinas: água com salinidade igual ou superior a 30%.

Esse parâmetro influi também na sua atratividade ao paladar humano, sua palatabilidade, como mostra na Tabela 2.

Tabela 1 – Índice de aceitabilidade ao paladar para diferentes concentrações de sólidos.

PALATABILIDADE	SÓLIDOS DISSOLVIDOS (mg/L)
Excelente	Menos que 300
Boa	Entre 300 e 600
Razoável	Entre 600 e 900
Pobre	Entre 900 e 1.200
Inaceitável	Maior que 1.200

Fonte: Adaptado de Foundation for Water Research (2015)

2.2.1 Dessalinização.

Diante do cenário de escassez de água e o aumento na demanda por água potável no mundo, surge à necessidade de racionalização do uso das águas bem como buscar formas alternativas para a sua obtenção. Dentre as alternativas mais comuns, se destaca a dessalinização.

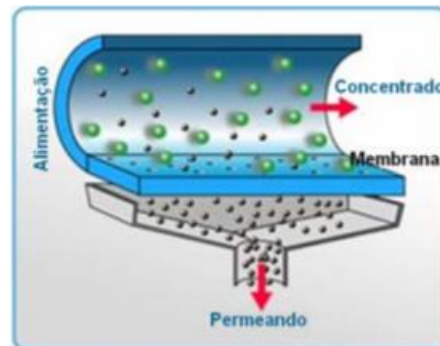
A dessalinização é um processo através do qual a água salobra se transforma, a partir da remoção de sais, em água passível de poder ser usada para o consumo humano, na agricultura e na indústria. (SANTOS,2013)

As tecnologias de dessalinização podem ser classificadas em duas categorias: processos térmicos e processos de membrana. Nos processos térmicos (processos de mudança de fase), a água salgada é dessalinizada através da destilação utilizando fontes de energia térmica. A energia térmica utilizada nestes processos geralmente provém de fontes convencionais de combustíveis fósseis, energia nuclear, e fontes de energia renováveis tais como energia solar, eólica e geotérmica.(SANTOS, 2013)

A membrana é uma fina película de material poroso que permite que as moléculas de água passem através dela, mas, simultaneamente, impede a passagem de substâncias indesejáveis, tais como, bactérias, metais e sais (YOUNOS, 2005).

Os sistemas de separação por membranas utilizam-se de fluxo de alimentação com escoamento cruzado paralelo a superfície da membrana (FIGURA 3), que, por rejeição, gera duas correntes de saída: a corrente concentrada (rejeito do processo) e a do permeado, este possuindo uma concentração mais baixa das substâncias dissolvidas na alimentação (HABERT, 2006), sendo a corrente do permeado considerada o produto desejado.

Figura 3 – Descrição do Modelo de Filtração de Fluxo Cruzado



Fonte : MONTEIRO, 2009.

De acordo com Ferraro (2008) “os materiais da membrana influenciam da definição dos parâmetros operacionais do sistema de tratamentos como um todo, em função de algumas restrições referentes à resistência destes materiais.” Como é mostrado na Tabela 3.

Tabela 2 - Parâmetros de utilização para membranas de diferentes materiais.

Material da membrana	Limite de pH	Limite de Temperatura	Outras Limitações
Acetato de celulose	1,5 - 7,0	0 - 50°C	Pode ser degradado por processos biológicos
Poliamida	4,0 - 11,0	0 - 46°C	Não tolera cloro livre
Filme Fino Composta	<1,0 - 13,0	0 - 79°C	Pode tolerar níveis moderados de cloro livre (100ppm)

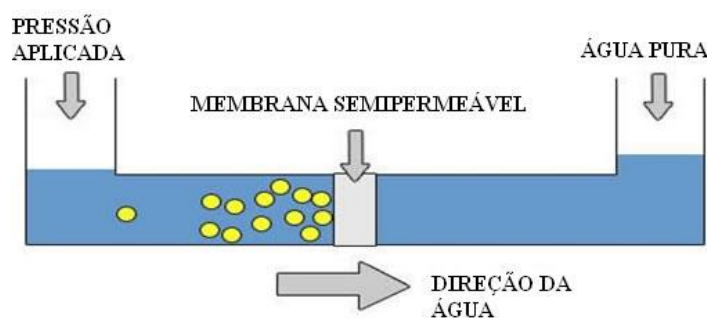
Fonte: Ferraro, 2008.

2.2.2 Processo de Osmose Inversa

Osmose é um processo físico-químico caracterizado pela tendência do solvente fluir entre meios com concentrações diferentes de solutos, onde esse movimento se dá de um meio hipotônico (com menor concentração de soluto) para um hipertônico (mais concentrado em soluto), até que ambos os atinjam a mesma concentração. Esses meios são separados por uma membrana semipermeável, ou seja, uma membrana cujos poros permitem a passagem apenas das moléculas do solvente, mas impede a das demais moléculas (DE MOURA, 2008).

De forma sucinta, Osmose Inversa é o processo que se utiliza pressão para forçar uma solução através de uma membrana para que se possa reter o soluto e gerar uma corrente menos concentrada como apresentado na Figura 4 (TORRI, 2015).

Figura 4 – Esquema de funcionamento de um processo de Osmose Inversa.



Fonte: Naime, 2019.

A Osmose Inversa é utilizada para dessalinizar águas salinas, salobras e de superfície, utilizando membranas semipermeáveis sintéticas, cujo desempenho adequado depende da

temperatura, pressão, pH, concentração de sais, dentre outros (TORRI, 2015). Vale ressaltar que esses parâmetros influem de maneira diferente na taxa de rejeição dependendo da situação como, por exemplo, o aumento da pressão influi positivamente na taxa de rejeição de sais, o que não ocorre com a temperatura que ao aumentar gera uma perda de eficácia no processo, como ocorre também com a própria concentração salina na alimentação (FERRARO, 2008).

2.2.3 Parâmetros Físico-Químicos.

Segundo Parron et al. (2011) as análises físico-químicas da água tem como objetivo identificar e quantificar os elementos e espécies iônicas presentes e, a partir deles compreender os efeitos dessas propriedades e suas interferências ao meio (no equipamento, no produto obtido, impactos ambientais).

Esses parâmetros são determinados por meios de técnicas analíticas capazes de identificar componentes presentes em determinada amostra, quantificar suas concentrações e fornecer laudos com base em padrões conhecidos especificados em portarias e resoluções legais.

Vale ressaltar que a presença desses elementos químicos dissolvidos na água confere características específicas a essa solução, alguns desses constituintes são fundamentais para os seres vivos (cálcio, magnésio, ferro) e outros alteram propriedades da água como, por exemplo, os carbonatos, bicarbonatos e sulfatos que interferem nos usos dessa água; teor de sódio acima de 20mgL^{-1} pode ser prejudicial à saúde de hipertensos.

Além disso, o acompanhamento dos parâmetros físico-químicos no processo de Osmose Inversa é de fundamental importância, visto que a inadequação dos mesmos gera prejuízo econômico, como a perda de eficiência e possível danificação das membranas semipermeáveis, bem como transtornos sociais, devido a presença de espécies químicas indesejadas ou danosas para a população.

Parâmetros como Alcalinidade, Dureza, pH, Condutividade, Cor, Turbidez, STD (Sólidos Totais Dissolvidos) e a presença de íons como Cloreto, Sódio e Potássio, etc., merecem a atenção de serem mapeados nas diferentes correntes que circulam nos equipamentos de dessalinização.

Esses parâmetros estão disponíveis na Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, bem como na Portaria de Consolidação N° 5/2017, do Ministério da Saúde (Anexo XX). A Tabela 4 apresenta os conceitos dos parâmetros físico-químicos segundo APHA (2012).

Tabela 3 – Conceitos das análises físico-químicas da água.

COR	Em uma amostra de água a presença de coloração pode ser resultado da presença de íons metálicos naturais (como ferro e manganês), húmus, algas ou resíduos industriais (APHA, 2012).
Cloreto (Cl⁻)	O cloreto, na forma de íon cloreto (Cl ⁻), é um dos principais ânions inorgânicos da água e águas residuais. Um alto teor de cloreto pode danificar tubos e estruturas metálicas, bem como o crescimento de plantas.
TURBIDEZ	É a propriedade óptica que expressa o quanto da luz foi dispersa ao passar por um meio. É causada por matéria coloidal suspensa, como argila, lodo, matéria orgânica e microorganismos (APHA, 2012).
ALCALINIDADE	A alcalinidade da água é sua capacidade de neutralizar ácidos. É a soma de todas as bases tituláveis. A alcalinidade é significativa em muitos tratamentos de águas naturais e águas residuais. A alcalinidade é uma função do carbonato, bicarbonato, e teor de hidróxido, é tomado como uma indicação da concentração desses constituintes (APHA, 2012).
DUREZA	Originalmente, a dureza da água era entendida como uma medida da capacidade da água para precipitar sabão. O sabão é precipitado principalmente pelos íons cálcio e magnésio presentes. Atualmente, a dureza total é definida como a soma do cálcio e concentrações de magnésio, ambas expressas em carbonato de cálcio, em miligramas por litro. A dureza pode variar de zero a centenas de miligramas por litro, dependendo da fonte e do tratamento para o qual a água está foi submetido (APHA, 2012).
CONDUTIVIDADE	Condutividade é a medida da capacidade de uma solução aquosa de conduzir uma corrente elétrica. Essa propriedade depende da presença de íons, de sua concentração total, mobilidade e valência também da temperatura de medição. As soluções da maioria dos compostos inorgânicos são condutores relativamente bons. Por outro lado, moléculas de compostos orgânicos que não se dissociam em solução aquosa e conduzem a corrente muito mal

(APHA, 2012).

STD
(Sólidos Totais
Dissolvidos)

Sólidos totais é o termo aplicado ao resíduo de material deixado no recipiente após a evaporação de uma amostra e sua secagem subsequente em um forno a uma temperatura definida (APHA, 2012).

POTÁSSIO

O potássio é um elemento essencial na nutrição vegetal e humana e ocorre nas águas subterrâneas como resultado da dissolução de minerais, decomposição do material vegetal e da lixiviação de insumos agrícolas. Ao contrário do sódio, ele não permanece em solução, mas é assimilado pelas plantas e incorporado em várias estruturas argilo-minerais (APHA, 2012).

SÓDIO

O sódio ocorre em formações de silicatos e em depósitos de sal. O sódio é muito solúvel e seu íon monovalente Na^+ pode atingir concentrações tão altas quanto $15000 \text{ mg} / \text{L}$. A permeabilidade do solo pode ser prejudicada por uma alta proporção de sódio. Em grandes concentrações, pode prejudicar pessoas com problemas cardíacos (APHA, 2012).

pH

A medição do pH é um dos testes mais importantes e frequentemente usados em análise de água. Praticamente todas as fases do abastecimento de água e tratamento de águas residuais, como por exemplo, neutralização ácido-base, abrandamento da água, precipitação, coagulação, desinfecção e controle de corrosão, é dependente do pH. A uma determinada temperatura, a intensidade do caráter ácido ou básico de uma solução é indicada pelo pH ou pela atividade dos íons hidrogênio (APHA, 2012).

Fonte: APHA

3 METODOLOGIA

3.1 Características da Pesquisa

Gil (2007) define Pesquisa como sendo o procedimento racional e sistemático, cujo objetivo é proporcionar respostas aos problemas que são propostos. No entanto, a pesquisa pode ser classificada como Qualitativa ou Quantitativa.

Gerhardt e Silveira (2009) definem pesquisa qualitativa como sendo aquela que está voltada para os aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais.

Já a pesquisa quantitativa é definida como sendo aquela cujos resultados podem ser quantificados, conforme esclarecido por Fonseca (2002).

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade, influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre a linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre as variáveis, etc.

Segundo Gil (2007) define que o estudo de caso como sendo um estudo-piloto para esclarecimentos do campo da pesquisa em seus múltiplos aspectos quanto para a descrição de situações.

Assim, o presente trabalho trata-se de uma pesquisa de estudo de caso, de caráter quantitativo, com o objetivo de analisar a qualidade das águas extraídas do subsolo e dessalinizadas via processo de Osmose Inversa.

3.2 – Espaço da Pesquisa

O município de Carnaúba dos Dantas – RN encontra-se situado na região do semi-árido nordestino, a qual apresenta irregularidade de chuvas, com baixos índices pluviométricos, temperatura média por volta de 27 °C, de clima seco e vegetação de caatinga (vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhadas).

As amostras de água coletadas para a realização do experimento são provenientes de um sistema de captação de águas subterrâneas de poços artesianos, que passam por um

processo de dessalinização via osmose inversa para serem fornecidas aos habitantes daquela localidade.

O sistema investigado, existente na cidade de Carnaúba dos Dantas – RN, que abastece uma parte expressiva da população é apresentado na Figura 5. Ele é composto por um sistema de membranas, bomba para a pressurização da corrente de alimentação, reservatório para a coleta do permeado e um painel de controle manométrico.

Esse sistema opera de modo descontínuo, devido à demanda da população ser irregular e, principalmente, pela vazão do poço artesiano que abastece o equipamento, não podendo ser extrapolar o volume de 2000 L/h correndo o risco de esgotamento do mesmo.

Figura 5 – Sistema de Dessalinização via Osmose Inversa

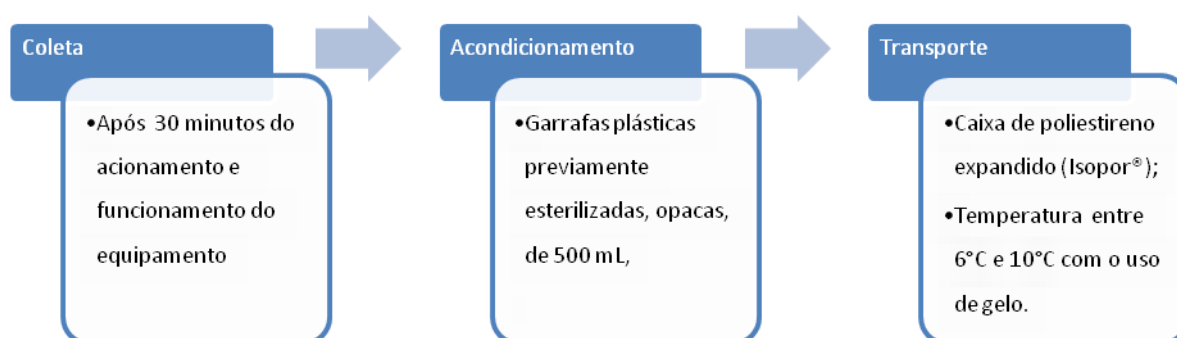


Fonte: Própria

3.3 Coleta de amostras

O sistema de captação e dessalinização de águas da localidade não opera de modo contínuo, por esse motivo, as amostras de água foram coletadas após trinta minutos do acionamento e funcionamento do dessalinizador. As amostras foram coletadas nas correntes de entrada e saída do dessalinizador, e acondicionadas em garrafas plásticas previamente esterilizadas, opacas, de 500 mL. Em seguida, foram armazenadas em uma caixa térmica com gelo e conduzidas para análise laboratorial como pode-se verificar na Figura xxxx.

Figura 6 – Fluxograma de coleta das amostras de água.



Fonte: Própria.

As análises físico-químicas das amostras foram realizadas no Laboratório do Centro de Testes de Tecnologias de Dessalinização - CTTD, localizado na estação experimental Ignácio Salcedo do Instituto Nacional do Semiárido - INSA, situado na cidade de Campina Grande - PB.

As análises de Alcalinidade, Cloreto, Dureza, pH, Condutância, Cor, Turbidez e STD (Sólidos Totais Dissolvidos) seguiram metodologia do APHA (2012). E para a determinação do teor de Sódio e Potássio presentes na amostra, utilizou-se um Fotômetro de Chama Labnova Serie AP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das amostras de água coletadas nas correntes de entrada (alimentação) e saída (concentrado e permeado) do dessalinizador, conforme o esquema exposto na Figura 3, estão apresentados na Tabela xxx. Foram analisados os parâmetros pH, Condutância, Cor, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, Cloreto, Potássio, Sódio, Alcalinidade, Dureza, Salinidade.

Tabela 4 – Resultados da análise das correntes provenientes do dessalinizador.

ANÁLISE		ALIMENTAÇÃO	CONCENTRADO	PERMEADO
pH		7,88	8,605	7,37
Condutância (μs)		1178,5	2168	63,44
Cor		0	0	0
Turbidez (NTU)		0,41	0,395	1,09
STD (mg/L)		500	1100	200
Cloreto (mgCl ⁻ /L)		201	408,205	17,37
POTÁSSIO (mg/L)		6	15	0,6
SÓDIO (mg/L)		145	279	8,45
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	HIDRÓXIDO	0	0	0
	CARBONATO	105	125	0
	BICARBONATO	742,5	293,75	37,5
	TOTAL	847,5	318,75	37,5
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	Cálcio	151	347,75	6,5
	Magnésio	61,6	92,4	3,2
	TOTAL	403	728	19,5
Salinidade (g/L)		0,5578	1,0825	0,0238

Fonte: Própria

Analisando os resultados apresentados, é possível observar que os valores obtidos para os parâmetros da corrente de Concentrado são superiores aos valores encontrados na corrente de Alimentação, o que caracteriza a eficácia do processo de osmose inversa na retirada de sais. Esse fato pode ser comprovado verificando o item Salinidade entre as correntes de entrada e saída do equipamento, apresentando uma concentração de 94% de sais na corrente do Concentrado, demonstrando uma eficiência de processo de 95,7% de remoção, restaram apenas 6% de sais na corrente de permeado.

A análise de Condutância também é um parâmetro que pode ser usado para mensurar a eficácia do processo de dessalinização, visto que esse critério é utilizado para mediar a capacidade de uma solução aquosa de conduzir uma corrente elétrica, indicando a presença de íons na mesma. Considerando os valores obtidos com essa análise, é possível afirmar uma considerável retirada de íons, de 1178,5 μS na corrente de alimentação para 63,44 μS na corrente de permeado, corrente de interesse do processo. O fator condutância também pode ser utilizado para mensurar o grau de mineralização da água e indicar mudanças bruscas nas variações de concentrações de minerais dissolvidos. (CLESCERI et al, 1998)

Os parâmetros pH, Condutância, Alcalinidade, Dureza total, Cloretos, teor de Cálcio e Magnésio também são utilizados para avaliar o caráter agressivo e incrustante da água, podendo ser empregados para a determinação da manutenção e substituição da membrana e do equipamento.

A água para consumo humano deve apresentar características que garantam a sua potabilidade, de modo a não constituir um risco para a saúde pública. A Tabela 6 mostra os resultados obtidos para a corrente de Permeado.

Tabela 5 – Resultados da análise da corrente de Permeado

ANÁLISE		PERMEADO	*VMP (Valor Máximo Permitido)
pH		7,37	Entre 6 e 9,5
Condutância (us)		63,44	-
Cor		0	Até 15,00 UH
Turbidez (NTU)		1,09	Até 5,00 NTU
STD (g/10mL)		0,002	Até 1000 mg/L
Cloreto (mgCl ⁻)		17,37	Até 250 mg Cl ⁻ /L
POTÁSSIO (k) (mg/L)		0,6	-
SÓDIO (Na) (mg/L)		8,45	200mg/L
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	HIDRÓXIDO	0	0.0 mg CaCO ₃ /L
	CARBONATO	0	Até 125 mg CaCO ₃ /L
	BICARBONATO	37,5	Até 250 mg CaCO ₃ /L
	TOTAL	37,5	-
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	Cálcio	6,5	-
	Magnésio	3,2	-
	TOTAL	19,5	Até 500 mg CaCO ₃ /L
Salinidade (g (sal)/L)		0,0238	0,5

Fonte: Própria

*Segundo a Portaria de Consolidação Nº 5/2017, do Ministério da Saúde (Anexo XX).

Analisando separadamente os valores obtidos para o Permeado e comparando com os valores máximos permitidos (VMP), observamos que os parâmetros de pH, Cor, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Cloreto, Sódio e Dureza Total da corrente encontram-se dentro e inferiores às especificações indicadas na Portaria de Consolidação Nº5 do Ministério da Saúde de 3 de outubro de 2017.

O teor de Salinidade obtido foi de 0,0238 g/L, o que é inferior ao valor de referência da CONAMA para a caracterização de águas doces (0,5 g/L), logo pode-se afirmar que a água dessalinizada apresenta características para ser enquadrada como água doce.

O pH medido para o Permeado foi de 7,37, estando dentro das especificações. Segundo Pivele e Kato (2005) e Parron (2011), o pH da solução pode contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados.

A análise de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) possui como principal finalidade a indicação da presença de produtos contaminantes na água. (PARRON et al, 2011). Comparando o valor medido na amostra com a especificação regulamentar, pode-se afirmar que a água dessalinizada encontra-se livre de contaminantes.

A turbidez é a análise de uma propriedade óptica e valores acima de 5,0 NTU indicam a presença de materiais em suspensão sejam eles orgânicos e/ou inorgânicos. (PARRON et al, 2011). Sabendo que o valor mensurado para turbidez na amostra analisada foi de 1,09 NTU, é possível afirmar que a água encontra-se isenta de materiais em suspensão.

Ao analisarmos os parâmetros Alcalinidade Total, Concentração de Potássio, Dureza para Cálcio e Magnésio, apesar de não estar disponível os valores de referência, podemos inferir que houve uma boa remoção desses indicadores presentes na água. Não é possível quantificar a eficiência da retirada devido a presença de outros parâmetros que não foram contemplados na análise, porém estes influenciam diretamente no resultado.

5 CONCLUSÕES

Diante das análises realizadas, podemos afirmar que as águas coletadas na cidade de Carnaúba dos Dantas-RN, que passaram por um processo de dessalinização via Osmose Inversa, estão dentro das especificações exigidas pelos órgãos regulamentadores como CONAMA e Ministério da Saúde, sendo consideradas doces.

REFERÊNCIAS

APHA, American Public Health Association. BAIRD, Rodger B. et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC, 2012.

BALME, M.; VISCHEL, T.; LEBEL, T.; PEUGEOT, C.; GALLE, S. **Assessing the water balance in the Sahel: Impact of small scale rainfall variability on runoff**. Part 1: Rainfall variability analysis. *Journal of Hydrology*, v.33, p.336-348, 2006

BRASIL, MMA. Resolução CONAMA nº 357 de 2005. **Diário Oficial da União (da) República Federativa do Brasil**, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] União**, n. 239, 2011.

BELTRÃO, Breno Augusto; DA ROCHA, Dunaldson E. G. A.; MASCARENHAS, João de Castro et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Rio Grande do Norte: diagnóstico do município de Carnaúba dos Dantas**. CPRM, 2005.

CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E.; EATON, A.D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 1998.1325 p.

DA SILVA, Vicente PR; PEREIRA, Emerson R. R.; DE AZEVEDO, Pedro V. et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, v. 15, n. 2, 2011.

DE LUCA, Rafael. **Proposta de geração de energia e água potável para a região semi-árida do nordeste brasileiro**. Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS, 2011.

DE MOURA, Johnson Pontes; MONTEIRO, G.S.; SILVA, J.N. et al. **Aplicações Do Processo De Osmose Reversa Para O Aproveitamento De Água Salobra Do Semi-Árido Nordestino**. *Revista Águas Subterrâneas - SP*, 2008.

DE OLIVEIRA, André Moreira; DIAS, N. S.; FREITAS, Jair J. R. et al. **Avaliação físico-química das águas do processo de dessalinização de poços salobros e salinos em comunidades rurais do oeste potiguar**. *Revista Águas Subterrâneas - SP*, v. 31, n. 2, p. 58-73, 2017.

DE OLIVEIRA, André Moreira; DIAS, N. S.; GURGEL, Gabriela C. S. et al. **Impactos físico-químicos da disposição do rejeito da dessalinização das águas de poços salinos em neossolo e chernossolo do oeste potiguar**. *Revista IRRIGA – Brazilian Journal of Irrigation and Drainage*, v. 23, n. 3, p. 413-425, 2018.

DINPASHOH, Y.; FAKHERI-Fard, A.; MOGHADDAM, M.; JAHANBAKHS, S.; MIRNIA, M. **Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods.** *Journal of Hydrology*, v.297, p.109-123, 2004

FERRARO, Ronaldo José Silva. **Sistema De Osmose Reversa.** Monografia do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade São Francisco, Campinas - SP, 2008.

FONSECA, J.J.S; **Metodologia da Pesquisa Científica.** Fortaleza, UEC, 2002.

FOUNDATION FOR WATER RESEARCH. **Desalination for Water Supply.** Bucks, UK, 2015.12p.

GERHARDT, T.E. e SILVEIRA, D.T.;- **Métodos de Pesquisa.** Série EAD – Educação a Distância, Editora UFRGS, 2009.

GIL, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas, 4º ed, São Paulo, 2007.

HABERT, Alberto Cláudio. **Processos de separação por membranas.** Editora E-papers, 2006.

IBGE. **Carnaúba dos Dantas.** Brasil. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/carnauba-dos-dantas/panorama>>. Acesso em: 20 de Nov. de 2019

BEZERRA JÚNIOR, José Gilberto Olimpio; DA SILVA, Nubelia Moreira. **Caracterização geoambiental da microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte.** *Holos*, v. 2, p. 78-91, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação Nº 5/2017, Anexo XX. Disponível em: < <https://cevs-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201804/26143402-anexo-xx.pdf>. > Acesso em: 13/12/19

MONTEIRO, Giovanna de Sousa et al. **Arranjos de membranas de osmose inversa: avaliação e comparação do desempenho de pequenos sistemas.** 2009. Disponível em < <http://dspace.sti.ufcg.edu.br/>>. Acesso em 09/12/2019.

NAIME, R. **Osmose reversa na dessalinização de água.** *Revista EcoDebate*. ISSN 2446-9394. Acesso em 12 de Dez. 2019. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2019/07/09/osmose-reversa-na-dessalinizacao-de-agua-artigo-de-roberto-naime/>>

PARRON, Lucilia Maria; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, Claudia Mara. **Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química da Água.** Documento 232 – Embrapa, ISSN 1980-3958., 2011.

PIVELI, R.P. KATO, M.T.; **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, 285 p.

SANTOS, Aristides A.A - **Análise Custo/Benefício do Processo da Dessalinização da Água do Mar**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Instituto Politécnico de Leiria - IPL, Portugal , 2013.

SILVA, José L. de A.; MEDEIROS, José F.; ALVES, Samara S. V. et al. **Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino**. *Rev. bras. eng.agríc. ambient.* [online]. 2014, vol.18, suppl., pp.66-72.ISSN 1415-4366. <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsupps66-s72>>

SILVEIRA, M. C.; FRANÇA, K. B. **Avaliação Do Desempenho De Um Sistema De Dessalinização Via Osmose Inversa Para Águas Salobras**. *Revista Águas Subterrâneas - SP*, n. 1, 1998.

SUASSUNA,J. **Água potável no semi-árido: escassez anunciada**. Acessada em 08 de dezembro de 2019. Disponível em <https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/9245-agua-potavel-no-semi-arido-escassez-anunciada>

TORRI, Júlia Betina. **Dessalinização de água salobra e/ou salgada: métodos, custos e aplicações**. Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS. 2015.

YOUNOS, T., TOULOU, K. E. “**Overview of desalination Techniques**”, *Journal of contemporary water research & education*, 2005, n. 132, pp. 3-10.