



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JEANDSON MATHEUS DA SILVA

**DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE REJEITO PROVENIENTE DO
PROCESSO DE DESTILAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA UFERSA CAMPUS
CARAÚBAS**

CARAÚBAS-RN

2023

JEANDSON MATHEUS DA SILVA

**DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE REJEITO PROVENIENTE DO
PROCESSO DE DESTILAÇÃO: ESTUDO DE CASO DA UFERSA CAMPUS
CARAÚBAS**

Monografia apresentada ao curso Interdisciplinar em
Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido (Ufersa), Campus Caraúbas, como
parte dos requisitos para obtenção do Título de
Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins

CARAÚBAS-RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M586d Matheus da Silva, Jeandson.
Determinação da qualidade da água de rejeito
proveniente do processo de destilação: estudo de
caso da Ufersa campus Caraúbas / Jeandson Matheus
da Silva. - 2023.
70 f. : il.

Orientador: Daniel Freitas Freire Martins.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. sustentabilidade. 2. reúso . 3. semiárido.
I. Freitas Freire Martins, Daniel , orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JEANDSON MATHEUS DA SILVA

Monografia apresentada ao curso Interdisciplinar em
Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido (Ufersa), Campus Caraúbas, como
parte dos requisitos para obtenção do Título de
Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 29/09/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Freitas Freire Martins (Ufersa)
Presidente

Me. Wicliton Wagner Oliveira (Ufersa)
Membro Examinador

Prof. Me. Antônio Alex de Lima Silva (Facene)
Membro Examinador

Aos familiares e amigos!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, e não poderia ser diferente, agradeço ao meu Deus, pelo dom da vida, pela saúde, por estar sempre ao meu lado me acompanhando nessa jornada chamada vida, por todos os dons e graças recebidos, por exatamente tudo. “Sei que podes fazer todas as coisas, nenhum dos teus planos pode ser frustrado” (Jó 42:2).

Em segundo lugar, agradeço a minha família, por todo apoio, pelos ensinamentos, por nunca deixar faltar o essencial, por compartilhar minhas dores e alegrias, por ser meu alicerce nos momentos difíceis. A minha bisavó Anita Gonçalves de Brito, que infelizmente já não se encontra entre nós, a minha avó Maria do Socorro Carneiro, a minha mãe Jeane Meire da Silva - a mulher que me apoia incondicionalmente em tudo o que me disponho a fazer, as minhas tias Raquel Lúcia da Silva, Rita de Cássia da Silva e Rejane Cândido da Silva. Amo vocês!

Ao meu orientador Daniel Freitas Freire Martins, por aceitar o convite e me acolher como seu orientando, um excelente companheiro e notável profissional, que exerce sua função de professor de forma maestral.

Aos amigos Gleison Americo Silva de Lima – amigo de infância que considero um irmão, com quem compartilhei muitos momentos; Monalisa Fernanda da Silva, uma amiga que Deus colocou em meu caminho durante a jornada acadêmica e que, espero, vá além dela. Aos amigos de residência Alisson Diego Silva e Geovani Lima Costa, pessoas especiais que conheci durante esses anos de academia. Ao amigo Luilson Santos da Cunha, pelo apoio nessa jornada.

A banca examinadora por aceitar o convite para a avaliação deste trabalho e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Ufersa, pela acolhida, pelo conhecimento compartilhado e pela infraestrutura disponibilizada.

“Tarde te amei, ó beleza tão antiga e tão nova, tarde te amei. Eis que estavas dentro, e eu fora. Estavas comigo e não eu contigo. Exalaste perfume e respirei. Agora anelo por ti. Provei-te e tenho fome e sede. Tocaste-me e ardi por tua paz” (Agostinho de Hipona)

RESUMO

A água, sabe-se, é um bem essencial para a subsistência de todo ser vivo. O uso sem regramento de água e o não cuidado com os rejeitos gerados pela indústria, bem como pela sociedade, o aumento da população mundial, bem como o aumento da demanda econômica, trazem, e irão trazer, sérias consequências ao planeta. É de conhecimento de grande parte dos pesquisadores e daqueles ligados a atividades afins que há um elevado descarte de água proveniente do processo de destilação; água essa que necessita de uma correta destinação. Diante da atual situação hídrica no Brasil e no mundo, o presente trabalho tem como finalidade avaliar a qualidade da água do sistema de destilação e o estudo da viabilidade de reutilização da água de rejeito na irrigação. As análises se basearam no guia Standard Methods of APHA (2005), guia internacional utilizado na avaliação de águas residuais e potáveis. Foram avaliados 13 (treze) parâmetros, a saber: pH, condutividade, salinidade, dureza total, cálcio, magnésio, cloreto, sódio, potássio, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade parcial e total e turbidez. Nas análises foi possível observar que as amostras (A3) – água destilada Quimis e (A5) – água destilada Solab, apresentaram índices baixos na quase totalidade dos parâmetros – como esperado. A amostra (A2) – água de rejeito Quimis, mostrou comportamento semelhante a amostra (A1) – água de abastecimento em quase todas as amostras, e que a amostra (A4), advinda do rejeito Solab se mostrou sobressalente quando comparada com as demais amostras, possivelmente por causa da falta de manutenção do destilador, o que interferiu em seu desempenho. Os resultados obtidos se mostraram satisfatórios, como pode ser verificado, no emprego da água de rejeito na irrigação. No entanto, vale ressaltar que alguns parâmetros se mostraram fora dos limites estabelecidos pela literatura, sendo eles: pH e potássio. A amostra (A4) do pH ficou um pouco acima do limite tido como ideal. Com relação ao potássio, o parâmetro obteve o valor de 170 mg.L⁻¹ para a amostra (A2) e 390 mg.L⁻¹ para a amostra (A4), o que o engloba fora do limite tido como ideal. Há de se ressaltar que esses números não impedem que a água de rejeito gerada no processo de destilação dos laboratórios possa ser empregada na irrigação, pois ajustes podem ser feitos.

Palavras-chave: sustentabilidade; reúso; semiárido.

ABSTRACT

Water, we know, is an essential asset for the subsistence of every living being. The unregulated use of water and the failure to take care of the waste generated by industry, as well as by society, the increase in the world population, as well as the increase in economic demand, bring, and will bring, serious consequences to the planet. It is known to most researchers and those involved in related activities that there is a high level of water disposal from the distillation process; water that needs correct disposal. Given the current water situation in Brazil and the world, the purpose of this work is to evaluate the quality of water from the distillation system and study the feasibility of reusing waste water in irrigation. The analyzes were based on the Standard Methods of APHA guide (2005), an international guide used in the evaluation of waste and drinking water. 13 (thirteen) parameters were evaluated, namely: pH, conductivity, salinity, total hardness, calcium, magnesium, chloride, sodium, potassium, total dissolved solids, partial and total alkalinity and turbidity. In the analyzes it was possible to observe that samples (A3) – Quimis distilled water and (A5) – Solab distilled water, presented low rates in almost all parameters – as expected. Sample (A2) – Quimis waste water, showed similar behavior to sample (A1) – supply water in almost all samples, and sample (A4), coming from Solab waste, proved to be outstanding when compared to the other samples, possibly due to the lack of maintenance of the distiller, which interfered with its performance. The results obtained were satisfactory, as can be seen, when using waste water in irrigation. However, it is worth highlighting that some parameters were found to be outside the limits established in the literature, namely: pH and potassium. The pH sample (A4) was slightly above the limit considered ideal. Regarding potassium, the parameter obtained a value of 170 mg.L^{-1} for the sample (A2) and 390 mg.L^{-1} for the sample (A4), which is outside the limit considered ideal. It should be noted that these numbers do not prevent the waste water generated in the laboratory distillation process from being used in irrigation, as adjustments can be made.

Keywords: sustainability; reuse; semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa esquemático do Sistema Aquífero Guarani.	18
Figura 2: Lago em Caraúbas/RN.....	21
Figura 3: Mecanismo interno de destilador tipo pilsen	28
Figura 5: Destilador Quimis.....	33
Figura 6: Destilador Solab.....	34
Figura 7: Sonda multiparâmetro.....	35
Figura 8: Fotômetro de chama.	38
Figura 9: Turbidímetro	39
Figura 10: Amostras de água.....	42
Figura 11: Valores médios da condutividade.....	48
Figura 12: Valores médios do cloreto	50
Figura 13: Valores médios do sódio.....	51
Figura 14: Valores médios da salinidade	53
Figura 15: Valores médios da dureza total.....	55
Figura 16: Valores médios do cálcio.....	56
Figura 17: Valores médios do magnésio	56
Figura 18: Valores médios do potássio	57
Figura 19: Valores médios dos sólidos dissolvidos totais.....	59
Figura 20: Valores médios do pH	60
Figura 21: Valores médios da alcalinidade parcial	62
Figura 22: Valores médios da alcalinidade total	62
Figura 23: Valores médios da turbidez	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volumes de água mensurados.....	43
Tabela 2. Análises físico-químicas das amostras de água.	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Equipamentos utilizados nas análises físico-químicas.....	32
Quadro 2 – Reagentes utilizados nas análises físico-químicas.	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	GERAL	16
2.2	ESPECÍFICOS	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	DISPONIBILIDADE E FONTES DE ÁGUA	17
3.2	ESCASSEZ HÍDRICA	19
3.3	USOS DA ÁGUA.....	20
3.4	QUALIDADE DA ÁGUA	22
3.5	ÁGUA NO SEMIÁRIDO.....	23
3.6	POSSIBILIDADES DE USO DE ÁGUAS RESIDUAIS	24
3.7	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA.....	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1	EQUIPAMENTOS E REAGENTES UTILIZADOS	32
4.2	OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	33
4.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	34
4.3.1	pH, condutividade e salinidade:	34
4.3.2	Dureza Total:	35
4.3.3	Cálcio:	36
4.3.4	Magnésio:	36
4.3.5	Cloreto:	37
4.3.6	Sódio e Potássio:	38
4.3.7	Sólidos dissolvidos totais:	38
4.3.8	Turbidez:	39
4.3.9	Alcalinidade Parcial e Total:	40
4.4	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	CONDUTIVIDADE.....	47
5.2	CLORETO.....	49
5.3	SÓDIO.....	50
5.4	SALINIDADE.....	52
5.5	DUREZA TOTAL, CÁLCIO E MAGNÉSIO	53

5.6	POTÁSSIO	57
5.7	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	58
5.8	pH, ALCALINIDADE PARCIAL E ALCALINIDADE TOTAL.....	59
5.9	TURBIDEZ	63
6	CONCLUSÕES.....	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é essencial para a subsistência do ser humano e de todo ser vivo; mais que isso, é a força motriz que move o mundo. O uso sem regramento de água e o não cuidado com os rejeitos gerados pela indústria, bem como pela sociedade, o aumento da população mundial, bem como o aumento da demanda econômica, trazem, e irão trazer, sérias consequências ao planeta.

Diante do exposto, existem leis que tratam da temática dos recursos hídricos, como a lei nº 9.433 de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. As leis que tratam da temática citada têm como uma das finalidades gerenciar os recursos hídricos de modo que o mesmo seja mais bem aproveitado e consumido da forma correta.

A disponibilidade hídrica reduzida foi e é um elemento causador de limitação no que se refere ao desenvolvimento da região Semiárida. Um dos tópicos abordados nessa pesquisa trata do uso da água; no Brasil a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer (ANA, 2017). Os diferentes tipos de uso podem afetar a qualidade e a quantidade de água. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos consuntivos múltiplos e setoriais (SNIRH, 2022). O número expressivo de retirada de água das fontes, sejam superficiais ou subterrâneas, são motivo de tento por parte dos gestores. O elevado consumo de água e sua escassez trazem à tona um fato que deve ser eliminado, ou ao menos mitigado, que é o desperdício. Uma das formas de mitigar a questão do consumo excessivo, bem como do desperdício de água, é a reutilização da mesma.

Deve-se considerar o reuso de água como um processo complementar dos demais processos que tratam da conservação e utilização consciente da mesma, como uso racional e eficiente da água, controle de perdas e desperdício, minimização da produção de efluente e do consumo. Dentre as táticas de reuso pode-se citar, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: reuso indireto planejado da água, reuso direto planejado da água, aplicação da água reciclada e aproveitamento da água da chuva (CETESB, 2013).

Nesse contexto de reutilização, para a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), a aplicação da técnica de reuso de água terá como norte a preservação do meio ambiente, maior economia financeira, diminuição da quantidade de efluente descartado e preservação de água potável. Tecnicamente a pesquisa irá tratar de temas como quantificação do volume de água de rejeito produzido e algumas caracterizações físico-químicas que são importantes para verificação da possibilidade de utilização do rejeito produzido na irrigação. Dessa forma, este trabalho irá se ater à relação de consumo e reuso de água, no âmbito da Ufersa, em particular ao Campus Caraúbas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo da presente pesquisa foi determinar a qualidade da água dos sistemas de destilação presentes nos laboratórios da Ufersa, campus Caraúbas, e verificar a possibilidade de uso da água de rejeito na irrigação.

2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a quantidade de água de rejeito produzida no processo de destilação;
- Realizar a caracterização físico-química da água de abastecimento, da água destilada e da água de rejeito, através dos seguintes parâmetros: pH, condutividade, salinidade, dureza total, cálcio, magnésio, cloreto, sódio, potássio, alcalinidade parcial e total, turbidez e sólidos dissolvidos totais e;
- Fazer uma análise comparativa dos parâmetros medidos com os valores previstos na literatura vigente quanto à possibilidade de uso da água de rejeito na irrigação

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DISPONIBILIDADE E FONTES DE ÁGUA

O homem possui dois tipos de fontes de água para uso: as superficiais, provenientes de rios, lagos e canais e as subterrâneas, provenientes de lençóis subterrâneos. Vale ressaltar que as fontes supracitadas nem sempre estão separadas. A dinâmica da água faz com que em determinado ponto ela seja superficial e em outro ponto de seu percurso, subterrânea (Guimarães, Carvalho e Silva, 2007).

Guimarães, Carvalho e Silva (2007) seguem afirmando que devido a facilidade de captação, as águas superficiais são as mais utilizadas no consumo humano. No entanto, tem-se que menos de 5% da água doce existente no mundo encontra-se disponível superficialmente, ficando todo o resto armazenado em reservas subterrâneas.

É de conhecimento de muitos que a maior parte do planeta é composto por água; sabe-se também que grande parte dessa água não é própria para consumo. Dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020) mostram que 97,5 % da água que compõe o planeta é salgada. Dos 2,5% de água restante (doce), uma porcentagem considerável é de difícil acesso por se encontrar distribuída em geleiras (69 %), águas subterrâneas (30 %) e rios (1 %).

Em se tratando de águas subterrâneas, os aquíferos são responsáveis por armazenar uma quantidade considerável de água doce. Tão importante é a importância dos aquíferos que inúmeros estudos foram e são realizados anualmente sobre o tema. Um artigo publicado no ano de 2022 pela revista “Sociedade & natureza” estudou a vulnerabilidade à poluição antropogênica no sistema aquífero Dunas/Barreiras localizado na região metropolitana de Natal/RN. De acordo com Madroñero *et al.* (2022), as características naturais típicas nos aquíferos da região metropolitana de Natal/RN, certificam, na maior parte, uma vulnerabilidade média com 63,48 % e nível alto com 11,75 %. O método utilizado na pesquisa foi o método GODS. O método consiste no cálculo da vulnerabilidade intrínseca do aquífero através da avaliação numérica de alguns parâmetros geológicos e hidrológicos, os quais: grau de confinamento hidráulico, ocorrência do substrato subjacente, distância ao nível da água subterrânea e tipo de solo.

Ainda segundo os autores, os corpos de água não podem ser categorizados dentro de uma classificação de vulnerabilidade (por não serem formações geológicas), mas é possível aferir a qualidade química de suas águas, de forma que a carga poluente imposta será aquela em que predominar no perigo de contaminação dos aquíferos.

O Brasil possui um extenso território e um imenso depósito de água subterrânea no subsolo, trata-se do aquífero Guarani (Ver Figura 1), cuja extensão é de 1,2 milhão de quilômetros quadrados, com capacidade de armazenar 160 trilhões de litros de água (ANA, 2020). É um tesouro natural que tem capacidade de suprir a população brasileira por longo período e que merece toda atenção dos gestores no que se refere à sua conservação e meios de sua justa distribuição para a população.

Figura 1: Mapa esquemático do Sistema Aquífero Guarani.



Fonte: Meira (2014).

Além do aquífero Guarani, o país possui diversos outros, os quais estão espalhados por todo o território nacional. Dentre os aquíferos importantes do país, além do Guarani, pode-se citar, por sua extensão e pelo volume de água que apresenta, o aquífero Alter do chão, localizado na cidade de Manaus, estado do Amazonas. A revista do instituto de Geociências da USP publicou no ano de 2018 um estudo sobre este aquífero, focando nos processos hidrogeoquímicos, origem da salinidade e as relações com aquíferos subjacentes.

Os autores concluem a pesquisa mostrando preocupação com o uso irracional, como mostra a conclusão da pesquisa, em que afirmam:

Dessa forma, os dados revelam que as camadas mais profundas da FAC (Aquífero Alter do Chão Inferior) constituem um recurso hídrico que demanda longo tempo para sua constituição e renovação e que, por isso, deve ser utilizado com racionalidade. Dados disponíveis no sistema SIAGAS indicam que os níveis estáticos atuais se encontram depletados em pelo menos 15m nas áreas urbanas de Iranduba e Manacapuru comparados aos níveis pré-exploração. Recomenda-se que estudos sejam desenvolvidos para avaliar a real dimensão deste efeito na região, considerando, por

exemplo, a sazonalidade e outros fatores. A exploração excessiva e indiscriminada do aquífero observada na região pode levar a efeitos indesejáveis, como a alteração do fluxo subterrâneo natural e a degradação dos recursos hídricos por águas superficiais contaminadas ou águas salinizadas mais profundas. Tal fato tem sido verificado em alguns poços tubulares, que apresentam altas concentrações de nitrato. É necessário que os órgãos públicos estabeleçam programas para uma gestão adequada do recurso hídrico subterrâneo, que se apresenta vulnerável na região (Pita *et al.*, 2018).

A exemplo da pesquisa realizada pelo instituto de Geociências da USP, uma dissertação apresentada por Silvia Cupertino Formoso à Universidade Federal de Sergipe, sob o título: “Sistema de tratamento de água salobra: Alternativa de combate à escassez hídrica no semiárido sergipano” – teve como principal objetivo apontar meios de produção de água que requeriam operação e manutenção simples, mais especificamente através de processos como dessalinização, destilação solar e outros, sem uso de elementos filtrantes. Após o estudo, concluiu que:

O abastecimento regular de água na região semiárida brasileira tem sido, historicamente, uma demanda de ordem social, ambiental e econômica, muitas vezes indevidamente atendida. Esse estudo procurou apontar uma alternativa que envolve o desenvolvimento e/ou a melhoria de processos para complementar o atendimento dessa demanda. No entanto, devido à complexidade e magnitude do problema, a continuidade dos estudos ainda se faz necessária para que essa demanda seja suprida e, assim, possa haver uma melhora significativa na qualidade de vida da população da região semiárida, facilitando seu convívio com a seca (Formoso, 2010).

3.2 ESCASSEZ HÍDRICA

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021, fazem parte da iniciativa ONU-Água que tem como finalidade reconhecer a importância da água e incorporar ao tema ações política e capital. As Nações Unidas Brasil (2021) afirmaram que a qualidade da água diminui exponencialmente e a escassez hídrica, conjecturada essencialmente pela disponibilidade em função do suprimento, tem afetado mais de 2 bilhões de pessoas.

No que se refere ao uso de água no Brasil, pesquisas do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (2022) indicam que os principais meios de consumo são mineração (1,4 %), humano rural (1,6 %), termelétricidade (4,3 %), animal (7,6 %), indústria de transformação (8,8 %), humano urbano (22,6 %), e irrigação (53,7 %). Os valores referentes aos diversos usos vêm em uma crescente desde a década de 40 até os dias atuais. Há uma

exceção, a qual se refere às projeções setoriais no ano de 2020, haja visto que com a pandemia de COVID-19 houve uma redução das atividades econômicas, ocorrendo uma redução da projeção dos usos setoriais até o ano de 2030.

A partir dos dados citados pelo (SNIRH) conclui-se que há um consumo excessivo de água e que esse consumo tende a aumentar cada vez mais, o que traz consigo apreensão, pois sabe-se que se trata de um bem natural limitado.

3.3 USOS DA ÁGUA

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) enumera dois tipos de uso da água: o consuntivo e o não consuntivo. Segundo a agência, qualquer atividade humana que venha a mudar as condições naturais das águas é considerado um tipo de uso. O uso consuntivo é aquele em que a água é retirada de seu ambiente e é levada para o local destinado, como a irrigação, manufatura, sociedade, etc. Já o uso não consuntivo, é aquele que não envolve o seu consumo direto. A água é aproveitada em seu curso sem ser consumida, como exemplo, tem-se o lazer, pesca e navegação (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019).

Dando seguimento ao tópico concernente ao uso de água, há ainda uma quantidade de água consumida através da evaporação dos reservatórios artificiais de água, considerada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico como uso consuntivo. A avaliação desse uso (evaporação) (Figura 2) é relevante principalmente em cenários de escassez hídrica e crise energética. Essa informação se faz necessária, por exemplo, para a reconstituição das séries de vazões naturais nas bacias que abrigam esses reservatórios (Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, 2019).

Figura 2: Lago em Caraúbas/RN.



Fonte: Autoria própria (2023).

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019) os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Ceará, são os maiores consumidores de água por evaporação líquida, por serem possuidores de um histórico de implantação de reservatórios de grande porte para geração de hidrelétricas e para usos múltiplos, em especial para abastecimento público. Em números a distribuição de vazões destaca a maior participação do Nordeste (33 %), seguido do Sudeste (27 %) e do Centro-Oeste (17 %).

Esse tipo de técnica é hoje referência nacional no que se refere ao uso de água para as políticas públicas de recursos hídrico, segurança hídrica, saneamento, irrigação, irrigação e desenvolvimento regional, todos sob responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), além da relação direta com a política energética do país, considerando-se a matriz nacional predominantemente energética (ANA, 2019).

Em números, dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (2022) mostram que a retirada de água para usos setoriais expandiu em 536 bilhões de litros médios anuais entre 1940 e 1980, acelerando para 781 bilhões entre 1980 e 2000 e para 1 trilhão e 189 bilhões entre 2000 e 2021. Ainda segundo o SNIRH estima-se uma expansão de 1 trilhão e 290 bilhões de litros a.a. até 2040. Vale ressaltar que, a depender do uso, a água deve ter diferentes níveis de qualidade.

3.4 QUALIDADE DA ÁGUA

Dada a importância dos recursos hídricos se faz necessário a avaliação de sua qualidade através de parâmetros, seguindo as normas nacionais. No que se refere às águas superficiais o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 357/2005, apresenta um texto que trata sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as condições para lançamento de efluentes.

O documento afirma que considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essenciais à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes; em seu Art. 2º, cita definições dos tipos de água. Dentre os tipos de água o conselho cita a água doce, que possui, segundo o conselho, salinidade igual ou inferior a 0,5 %, a água salina que possui salinidade igual ou superior a 30% e a dita salobra que possui salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %. Em sua Seção 1, Art. 4º, a resolução traz a classificação da água doce (Brasil, 2005). O documento classifica a água em três classes, a saber: Classes especial, classe 1, classe 2 e classe 3; cada classificação apresentando suas especificidades no que se refere à destinação da água. A Seção 2, Art. 5º e Seção 2, Art. 6º, trazem a classificação e destinação da água salina e salobra, respectivamente. A resolução traz ainda em seu texto tabelas e instruções referentes aos tipos de água, apresentando valores referentes a diversos parâmetros utilizados na mensuração da qualidade da água, de acordo com suas finalidades. O documento serve como guia de análises de águas superficiais no Brasil.

Em se tratando de águas subterrâneas o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA possui a resolução nº 396, de 3 de Abril de 2008, a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

Em seu Art. 2º, inciso 1, a resolução define como água subterrânea as águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo. Ainda em seu Art. 2º, inciso 3, traz a definição de aquífero, que segundo o Conselho trata-se de um corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos. A resolução é ampla e traz outras definições e orientações.

Frente à temática da qualidade de água no Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) criou o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que é o principal indicador qualitativo no país, desenvolvido com a finalidade de avaliar a qualidade de água para abastecimento após o tratamento. Um valor baixo do (IQA) indica a má qualidade da água. O (IQA) é calculado com base nos parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido,

resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez (ANA, 2013). Ressalta-se que existem outros parâmetros que podem ser avaliados além dos apresentados pelo IQA.

Visando atenuar riscos ao ecossistema, através do combate à poluição das bacias hidrográficas e visando também a diminuição da exposição da população brasileira a esses transtornos, se faz necessário, mais do que nunca, investir em saneamento básico. Sabe-se que grande parte dos esgotos têm como destino final rios, lagos e reservatórios, o que traz sérios danos às águas subterrâneas, bem como as superficiais. Caracterizar a situação do esgotamento sanitário nos municípios, avaliar os impactos do lançamento de esgotos nos corpos hídricos e a preconização, devem ser prioridades dos gestores.

Dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2017) dizem que 9,1 toneladas de esgoto são geradas por dia, 45 % da população não possui tratamento de esgotos e apenas 55% da população possui esgotamento sanitário adequado. Toda forma de minimização desses impactos contribui significativamente para o melhor uso da água e seu racionamento.

3.5 ÁGUA NO SEMIÁRIDO

Quando se fala em semiárido logo vem à mente a vegetação seca, o solo pedregoso e os baixos índices pluviométricos. Esse tipo de pensamento não está totalmente equivocado pois esta região se caracteriza principalmente por sua irregularidade pluviométrica. Porém, é importante ressaltar que fenômenos de monções torrenciais também ocorrem na região, reavivando a esperança do povo nordestino (Instituto Nacional do Semiárido, 2019).

Números mostram que a região semiárida nordestina possui população estimada em 28 milhões de habitantes divididos em zonas urbanas (62%) e rurais (38%). Ocupa 12% do território nacional, sendo, portanto, uma das regiões mais povoadas do mundo. A diversidade de composição do solo do semiárido brasileiro é imensa. Solos rasos (de 50 cm a 100 cm), geralmente pedregosos, contrastam com solos mais profundos e desenvolvidos, geralmente argilosos e com elevada reserva de nutrientes. Contrastam ainda com solos arenosos e de baixa fertilidade. Essas particularidades, aliadas aos desmatamentos, às práticas agrícolas sem manejo dos solos, sobrepastoreio pela pecuária extensiva e manejo inadequado dos sistemas de irrigação acarretam, muitas vezes, a salinização do solo, o que torna esse recurso mais exposto à degradação (Instituto Nacional do Semiárido, 2019).

O semiárido nordestino dispõe de escassa capacidade hidrogeológica devido a formação geológica predominante na região. Composto por estruturas cristalinas, os solos dificultam a infiltração/percolação de água, inibindo a formação de lençol freático e a disponibilidade de água subterrânea (Novais, Júnior e Oliveira, 2022).

No semiárido brasileiro a oferta de água está muito abaixo da demanda. Durante os períodos de estiagem a situação se agrava, impactando de forma negativa o abastecimento de 1.262 municípios com reflexos na atividade econômica, em particular na agrícola e industrial. Por outro lado, existe uma fonte de água não convencional e constante, atualmente não tão explorada – o esgoto doméstico. Essa fonte, se coletada e tratada adequadamente, pode atenuar os conflitos pelo uso de água, tão comuns na região (Instituto Nacional do Semiárido, 2019). A região apresenta notável instabilidade climática, sua localização amplifica os períodos de estiagens e problemas relacionados à infraestrutura dificultam ainda mais a resolução do problema.

Na busca pela mudança deste cenário, foi criado pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN). O programa foi criado, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2005), sob recomendações das Nações Unidas, e lançado em agosto 2004 durante a 1ª Conferência Sul-Americana sobre Combate à Desertificação, em Fortaleza (CE).

De acordo com a secretaria de recursos hídricos do Meio Ambiente, as ações relacionadas ao combate à seca e à desertificação contaram com um montante no valor de 23,5 bilhões no período de 2004 a 2007. Os recursos visam o combate à pobreza e à desigualdade social, além do fortalecimento da agricultura familiar, muito presente no Nordeste e no semiárido nordestino (Ministério do Meio Ambiente, 2005). Essa é apenas uma das diversas iniciativas de combate à seca e busca por melhoria da qualidade de vida da população, outros meios podem ser empregados com essa finalidade como, por exemplo, a utilização de água de rejeito com o objetivo de refrear o desperdício de água em uma região tão castigada com a seca.

3.6 POSSIBILIDADES DE USO DE ÁGUAS RESIDUAIS

A reutilização ou reuso de águas residuárias não é um conceito novo e vem sendo aplicado em todo mundo há algum tempo. Nesse sentido, deve-se considerar a reutilização de água como parte de uma ação mais ampliada que é o uso racional ou eficiente da água, o qual abarca o controle de perdas e desperdícios, a minimização da produção de efluentes e do consumo de água. Dentre as aplicações da água reciclada têm-se:

- Irrigação paisagística: Utilizada em campus universitário, parques, cinturões verdes, faixas de domínios de autoestrada, dentre outros;
- Irrigação de campos para cultivos: sendo aplicada proteção contra geadas, plantas fibrosas e de grãos;
- Usos industriais: alimentação de caldeiras, água de processamento, refrigeração;
- Recarga de aquíferos: controle de intrusão marinha, controle de recalques de subsolo, entre outros;
- Usos urbanos não-potáveis: irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc;
- Finalidades ambientais: aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.
- Usos diversos: aquicultura, construções, controle de poeira e dessedentação de animais (CETESB, 2022).

Como pode-se observar, são inúmeras as formas de reutilização de águas residuais, o que constitui um forte indicativo de sua importância e de busca por avanço em pesquisas sobre o tema.

No ano de 2016, uma tese apresentada por André Moreira de Oliveira à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, sob título “Impactos físico-químicos da disposição de rejeito de dessalinizadores das águas de poços em solos do Oeste potiguar” expôs os possíveis problemas advindos do descarte irregular de rejeito no solo.

Segundo Oliveira (2016), os pesquisadores advertem que esses descartes possuem elevado potencial de contaminação e que podem contaminar mananciais, solos e até a fauna e flora da região (região semiárida), alertando para o fato de que os sais depositados na superfície do solo, além de contaminar mananciais subterrâneos poderão ser transportados pela água de escoamento superior e atingir corpos d’água e áreas circunvizinhas.

Diante dessa problemática o autor cita uma infinidade de possíveis destinos para os rejeitos, dentre eles a utilização do mesmo como habitat para peixes e plantas. Afirma o autor:

Na Califórnia, pesquisas avaliam o uso de rejeito em sistemas construídos para serem o habitat de peixes e plantas, de acordo com Amorim *et al.* (2004). Dubon & Pinheiro (2001) observaram resultados promissores ao investigar o crescimento da tilápia (*Oreochromis*) em águas de elevada salinidade. Além da piscicultura, a carcinicultura também vem sendo empregada no aproveitamento da água de rejeito. Atualmente um

grupo de pesquisa da EMBRAPA investiga a viabilidade de criação de camarão (*Panaeus vannamei*) (Oliveira, 2016).

Ante o exposto, se faz necessário a conscientização e busca pelo correto descarte de efluentes provenientes das mais diversas fontes.

No que se refere ao processo de destilação, trata-se de um processo de purificação da água, um processo teoricamente simples no qual a água de abastecimento é introduzida no destilador, onde posteriormente vai ser aquecida até entrar em seu estado gasoso (ebulição) e chegando a esse ponto, a mesma é condensada e a partir daí, extraída. O processo é utilizado comumente em laboratórios. O processo citado gera um considerável volume de rejeito que geralmente não é destinado de forma adequada.

Um estudo realizado no ano de 2016, na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, na Paraíba, propôs o reaproveitamento das águas pluviais e das águas brancas provenientes de destiladores dos blocos de laboratório da Universidade (campus Pombal). O estudo teve como principal objetivo avaliar a qualidade da água da chuva, bem como, da água branca proveniente de destiladores, com o intuito de prever o reaproveitamento. Foram coletadas e analisadas a água da chuva, além das águas brancas provenientes do processo de destilação, quantificado o consumo do sistema de água potável do sistema de abastecimento público e estimado o volume de água pluvial, bem como, de água branca do processo de destilação (Neto, 2016).

Segundo Neto (2016), a pesquisa concluiu que foi possível destacar o reaproveitamento de água como um ponto forte, com a finalidade de promover um melhor uso dos recursos hídricos de forma a preservá-lo. O autor segue afirmando que apesar das análises físico-químicas sugerirem que a água de rejeito do destilador é semelhante à água disponibilizada pela concessionária responsável pelo abastecimento, as análises microbiológicas contrariaram esse indício sugerindo que se o reaproveitamento dessa água for para fins potáveis devem passar por um tratamento e caso seja para fins não potáveis, irá depender da sua aplicação, porém não inviabiliza de forma alguma o reaproveitamento.

Ainda segundo o autor, a quantidade estimada de água que pode ser aproveitada é considerável, podendo chegar a mais de 1.000,0 m³. Junto a esses dados foi acrescentado o fato de se ter uma economia considerável nas contas de água do campus, havendo um potencial de economia por volta de 10.000 (dez mil) reais por ano, diminuição de 6 % na conta, sem considerar as demais unidades prediais. Assim, apesar de inconclusivo na definição dos possíveis usos da água em um reaproveitamento, é importante ressaltar que o trabalho serviu

como base para implantação de um sistema de reuso, por ser considerado viável para a linha de desenvolvimento sustentável.

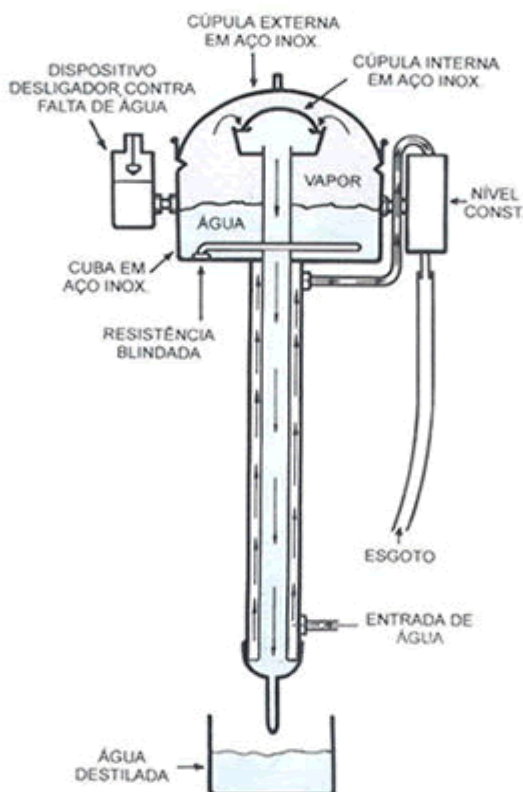
A exemplo da pesquisa realizada na UFCG, um estudo realizado no CEFET-MG no ano de 2006, buscou meios de purificar a água por meio da destilação convencional, atentando para o fato de que o procedimento geraria um considerável desperdício de água. A metodologia consistiu em estimar a quantidade de água desperdiçada realizando três ensaios para a obtenção de 1 litro de água destilada, além do volume de água de refrigeração descartado. Os dados obtidos apresentaram que para a obtenção de 1 litro de água, o descarte de água de refrigeração foi de 440 litros, número consideravelmente elevado (Abreu *et al.*, 2016). A exemplo desses trabalhos, inúmeras instituições de ensino superior, em seus laboratórios, desperdiçam um elevado volume de água, fazendo-se necessário a busca por meios de amenizar o desperdício.

A água é um dos principais solventes utilizados em laboratórios. No entanto, algumas pesquisas – a maioria delas, demandam uma água com elevado teor de pureza e, na grande maioria das vezes essa água é obtida através do processo de destilação (Figura 3).

Oliveira *et al.* (2017) descrevem bem o processo de destilação. Segundo os autores:

No processo de destilação, a água é vaporizada através do aumento de sua temperatura. Dentro do aparelho de destilação, a água vinda da rede de abastecimento entra no aparelho através de uma mangueira, sendo aquecida até seu ponto de ebulição (100°C), onde evapora. O vapor da água sai por um tubo lateral direto para o condensador (lado esquerdo do destilador), onde o vapor se esfria, se condensa, transformando-se em água líquida, que pinga do condensador e fica armazenada para usos posteriores. Essa é a água destilada (Oliveira *et al.*, 2017).

Figura 3: Mecanismo interno de destilador tipo pilsen.



Fonte: DELTTA (2023).

3.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

Sobre a caracterização físico-química, a sua realização é de extrema importância. A água possui diversos componentes químicos, e estes indicam a sua qualidade através de parâmetros, os quais constituem suas características. Dentre os parâmetros podem-se citar os químicos e físicos. Os parâmetros físico-químicos objeto de estudo deste trabalho constituem-se de: pH, alcalinidade parcial e total, turbidez, dureza total, cálcio, magnésio, sólidos totais dissolvidos (orgânicos e inorgânicos), cloreto, condutividade, salinidade, sódio e potássio.

O guia Standard Methods of APHA (2005) versa sobre os mais variados parâmetros e nutrientes utilizados na medição da qualidade da água e esgotos. A seguir será abordado cada parâmetro, de forma sucinta, segundo o guia citado.

- De acordo com o Standard Methods of APHA (2005), a medição do pH é um dos testes mais importantes e frequentemente utilizados em química da água. Praticamente todas as fases do abastecimento de água e do tratamento de águas

residuais (por exemplo, neutralização ácido-base, amolecimento de água, precipitação, coagulação, desinfecção e controle de corrosão) são dependentes do pH. O pH é usado em medições de alcalinidade e dióxido de carbono e muitos outros equilíbrios ácido-base. Acidez e alcalinidade são as capacidades de neutralização de ácidos e bases de uma água e geralmente são expressas em miligramas por litro de CaCO_3 . A basicidade ou acidez de uma solução é estimada pelo pH, uma escala que é definida como o $-\log[\text{H}^+]$.

- A alcalinidade de uma solução é a medida de sua capacidade de neutralizar ácidos devido à presença de bases, sais de ácidos inorgânicos fracos (bicarbonato, borato, silicato e fosfato) e de sais de ácidos voláteis (acetato, propionato, butirato, entre outros) e não voláteis (benzoato, lactato, humato, entre outros). A alcalinidade é importante para muitos usos e no tratamento de águas naturais e águas residuais. Como a alcalinidade de muitas águas superficiais é principalmente uma função do teor de carbonato, bicarbonato e hidróxido, ela é tomada como uma indicação da concentração desses constituintes. Os valores medidos também podem incluir contribuições de boratos, fosfatos, silicatos ou outras bases, se estes estiverem presentes. A alcalinidade em excesso das concentrações de metais alcalino-terrosos é importante para determinar a adequação de uma água para irrigação, por exemplo.
- O índice de dureza da água é um dado muito importante usado para avaliar a sua qualidade. Denomina-se dureza total a soma das durezas individuais atribuídas à presença de íons de cálcio e magnésio. Originalmente, a dureza da água era entendida como uma medida da capacidade da água de precipitar o sabão. O sabão é precipitado principalmente pelos íons cálcio e magnésio presentes. Outros cátions polivalentes também podem precipitar sabão, mas muitas vezes estão em formas complexas, frequentemente com constituintes orgânicos, e seu papel na dureza da água pode ser mínimo e difícil de definir. De acordo com a prática corrente, a dureza total é definida como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambas expressas em carbonato de cálcio, em miligramas por litro.
- O cloreto, na forma de íon cloreto (Cl^-), é um dos principais ânions inorgânicos em água e águas residuais. O sabor salgado produzido pelas concentrações de cloretos é variável e depende da composição química da água. Algumas águas

contendo $250 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Cl}^-$ podem ter um sabor salgado detectável se o cátion for sódio. Por outro lado, o sabor salgado típico pode estar ausente em águas contendo até 1000 mg.L^{-1} quando os cátions predominantes são cálcio e magnésio. A concentração de cloreto é maior em águas residuais do que em água bruta porque o cloreto de sódio (NaCl) é um componente comum da dieta e passa inalterado pelo sistema digestivo. Ao longo da costa marítima, o cloreto pode estar presente em altas concentrações devido ao vazamento de água salgada na rede de esgoto. O cloreto também pode ser aumentado por processos industriais.

- A turbidez determina a intensidade da luz penetrante sobre o sistema aquático superficial, onde os produtores primários produzem matéria orgânica graças à fotossíntese. A clareza da água é importante na produção de produtos destinados ao consumo humano e em muitas operações de fabricação. Produtores de bebidas, processadores de alimentos e estações de tratamento de água potável que extraem de uma fonte de água superficial geralmente dependem de processos de separação de fluido-partícula, como sedimentação e filtração, para aumentar a clareza e garantir um produto aceitável. A claridade de um corpo natural de água é um importante determinante de sua condição e produtividade.
- A condutividade é uma medida da capacidade de uma solução aquosa de transportar uma corrente elétrica. Essa capacidade depende da presença de íons; na sua total concentração, mobilidade e valência; e sobre a temperatura de medição. Soluções da maioria dos compostos inorgânicos são relativamente bons condutores. Por outro lado, moléculas de compostos orgânicos que não se dissociam em solução aquosa conduzem uma corrente muito mal, se é que conduzem.
- O cálcio (Ca) é o terceiro elemento do Grupo IIA da tabela periódica. A abundância média de Ca na crosta terrestre é de 4,9 %; nos solos é de 0,07 a 1,7 %; em riachos é de cerca de 15 mg.L^{-1} ; e nas águas subterrâneas é de 1 a $>500 \text{ mg.L}^{-1}$. As formas mais comuns de cálcio são o carbonato de cálcio (calcita) e carbonato de cálcio-magnésio (dolomita). A solubilidade do carbonato de cálcio é controlada pelo pH e CO_2 dissolvido. O equilíbrio de CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-} é o principal mecanismo de tamponamento em águas doces. A dureza é baseada na concentração de sais de cálcio e magnésio, e muitas vezes é usada como uma medida da qualidade da água potável.

- O magnésio (Mg) é o segundo elemento do Grupo IIA da tabela periódica. Esse elemento possui relação direta com a dureza pois segundo Abdalla (2007) a dureza refere-se à concentração total de íons alcalino-terrosos na água, particularmente de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), cujas concentrações são muito superiores às dos demais íons alcalino-terrosos encontrados em águas naturais.
- Sólidos referem-se à matéria suspensa ou dissolvida em águas potáveis, superficiais e salinas, bem como em águas residuais domésticas e industriais. Os sólidos podem afetar negativamente a qualidade da água ou dos efluentes de várias maneiras. Águas com alto teor de sólidos dissolvidos geralmente são de palatabilidade inferior e podem induzir uma reação fisiológica desfavorável no consumidor transitório, de modo que um limite de 500 mg/L de sólidos dissolvidos é desejável para águas potáveis.
- A salinidade é uma importante propriedade das águas industriais e naturais. Foi originalmente concebido como uma medida da massa de sais dissolvidos em uma dada massa de solução. A determinação experimental do teor de sal por secagem e pesagem apresenta algumas dificuldades devido à perda de alguns componentes. A única maneira confiável de determinar a salinidade verdadeira ou absoluta de uma água natural é fazer uma análise química completa. No entanto, este método é demorado e não pode produzir a precisão necessária para um trabalho preciso. Assim, para determinar a salinidade, normalmente são usados métodos indiretos envolvendo a medição de uma propriedade física, como condutividade, densidade, velocidade do som ou índice de refração. A partir de uma relação empírica entre a salinidade e a propriedade física determinada para uma solução padrão, é possível calcular a salinidade. A salinidade resultante não é mais precisa do que a relação empírica. A precisão da medição de uma propriedade física determina a precisão na salinidade.

Os teores máximos de impurezas permitidos na água são estabelecidos em função de seu uso por entidades públicas, com o objetivo de prevenir patologias. Diante do exposto, das características enumeradas, fica explícita a importância da caracterização físico-química, visto que possui influência em uma série de fatores que, indubitavelmente, influenciam na qualidade da água e no seu uso.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 EQUIPAMENTOS E REAGENTES UTILIZADOS

Os quadros 1 e 2 apresentam a relação dos equipamentos e reagentes empregados neste estudo, juntamente com a marca/fabricante e modelo correspondentes.

Quadro 1 – Equipamentos utilizados nas análises físico-químicas.

Item	Equipamentos	Marca/Modelo
1	Sonda Multiparâmetro	Akso/AK88
2	pHmetro	Quimis/Q400AS
3	Balança Analítica	Shimadzu/AUY220
4	Turbidímetro	Del Lab/DLT-WV
5	Aagitador Mecânico	Eduotec/EEQ-9034
6	Destilador	Quimis/Q341-25
7	Destilador	Solab/SL-71/10
8	Fotômetro de chama	TECNOW 7000
9	Estufa	SL - 100
10	Mufla	Magnus

Fonte: Autoria própria (2023).

Quadro 2 – Reagentes utilizados nas análises físico-químicas.

Item	Reagentes	Marca
1	Trietanolamina	Cromoline
2	Negro de Ericromo T	Vetec
3	Nitrato de Prata	PLAT-LAB
4	Hidróxido de Sódio	Vetec
5	Ácido Sulfúrico	NEON
6	Cloreto de Amônio	NEON
7	Hidróxido de Amônio	NEON
8	EDTA	ALPHATEC
10	Calcon	Qhemis
11	Água deionizada	-
12	Cromato de Potássio	Dinâmica

Fonte: Autoria Própria (2023).

4.2 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

Em um primeiro momento foram feitas coletas das amostras dos destiladores presentes nos laboratórios de química da Ufersa, campus Caraúbas/RN - destiladores das marcas Quimis (Figura 5) e Solab (Figura 6). A coleta ficou dividida em cinco classes, a saber: água de abastecimento (A1), água de rejeito Quimis (A2), água destilada Quimis (A3), água de rejeito Solab (A4) e água destilada Solab (A5). Após a coleta, as amostras foram filtradas com papel de filtro quantitativo, sendo transportadas para análise em seguida.

Figura 4: Destilador Quimis.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 5: Destilador Solab.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Em um segundo momento deu-se início as análises físico-químicas das amostras, sendo avaliados os parâmetros tendo-se como guia o Standard Methods of APHA (2005). A descrição de como ocorreram as análises, bem como os devidos cálculos, estão descritos a seguir.

4.3.1 pH, condutividade e salinidade:

A determinação do pH, condutividade e salinidade foi realizada utilizando uma sonda multiparâmetro (Figura 7) da Akso, modelo AK88, previamente calibrada conforme manual do equipamento utilizando-se soluções padrão.

Figura 6: Sonda multiparâmetro

Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.2 Dureza Total:

Foi determinada por titulação complexométrica. O procedimento para determinação da dureza total, bem como a equação utilizada na determinação da mesma, Equação 1, seguem descritos.

- Foi colocado 20 mL de amostra em um erlenmeyer, sendo acrescentado 2 mL de trietanolamina 1:4;
- Em seguida foi verificado o pH da solução, utilizando-se papel indicador;
- Logo após foi acrescentada 10 mL de solução tampão $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$;
- Acrescentou-se o indicador negro de Eriocromo T;
- Logo após, acrescentou-se o EDTA $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$;
- Ao se atingir o ponto de viragem notou-se a mudança de cor da solução de rosa para azul.

$$DT (\text{mg.L}^{-1}) = \frac{V_{\text{gasto EDTA}} \times fC_a\text{CO}_3 \times 1000}{V_{\text{amostra}}} \quad (1)$$

Onde:

DT: Dureza total;

f_{CaCO_3} : Molaridade do EDTA x MM $CaCO_3$

V_{gasto} : Volume gasto de EDTA;

$V_{amostra}$: Volume da amostra (mL)

4.3.3 Cálcio:

Foi determinado por titulação complexométrica, utilizando como titulante solução padrão de EDTA 0,05 mol.L⁻¹. A Equação 2 utilizada na determinação do cálcio, pode ser verificada logo a seguir.

- Colocou-se o mesmo volume da amostra utilizado na determinação da Dureza Total em um erlenmeyer;
- Acrescentou-se 2 mL de Trietanolamina 1:4;
- Acrescentou-se 3 mL de NaOH 0,2 N (normal);
- Acrescentou-se uma pequena quantidade do indicador calcon;
- Por fim, acrescentou-se o EDTA 0,01 mol.L⁻¹.

$$Ca(mg.L^{-1}) = \frac{V_{gastoEDTA} \times f_{Ca} \times 1000}{V_{amostra}} \quad (2)$$

Onde:

Ca: Cálcio;

V_{gasto} : Volume gasto de EDTA;

f_{Ca} : Molaridade do EDTA x MM Ca;

V_{gasto} : Volume da amostra (mL).

4.3.4 Magnésio:

Foi determinado através da diferença do volume gasto de EDTA na análise da dureza total pelo volume gasto de EDTA na determinação do cálcio, sendo calculado sua quantidade em mg.L⁻¹. A Equação 3 foi utilizada na determinação do magnésio.

$$Mg \text{ (mg.L}^{-1}\text{)} = \frac{(V_{\text{gasto EDTA DT}} - V_{\text{gasto EDTA Ca}}) \times f_{Mg} \times 1000}{V_{\text{amostra}}} \quad (3)$$

Onde :

Mg: Magnésio;

V_{gasto EDTA DT}: Volume gasto de EDTA na Dureza total;

V_{gasto EDTA Ca}: Volume gasto de EDTA no Cálcio;

f_{Mg}: Molaridade do EDTA x MM Ca;

V_{amostra}: Volume da amostra (mL).

4.3.5 Cloreto:

O cloreto foi determinado através de titulação por precipitação, utilizando como titulante solução padrão de nitrato de prata (AgNO₃) 0,1 N, e como indicador uma solução de cromato de potássio (K₂CrO₄). A Equação 4 foi utilizada no cálculo do volume de cloreto.

- Colocou-se 100 mL de água milli Q no erlenmeyer para avolumar;
- Acrescentou-se 10 mL da amostra de água;
- Acrescentou-se 1,5 mL ou 15 gotas do cromato de potássio;
- Iniciou-se a titulação com acréscimo do titulante (AgNO₃ 0,1N) (O ponto final da titulação foi detectado pelo aparecimento do precipitado de cromato de prata (Ag₂CrO₄) avermelhado (cor de telha).

$$Cl^{-} = \frac{(V_{\text{gasto}} - V_{\text{branco}}) \times f_{Cl^{-}} \times 1000}{V_{\text{amostra}}} \quad (4)$$

Onde:

Cl⁻ : Teor de cloreto

V_{gasto}: Volume gasto de AgNO₃ na titulação da amostra;

V_{branco}: Volume do branco (mL);

f_{Cl⁻}: Normalidade AgNO₃ x Eq Cl⁻;

V_{amostra}: Volume da amostra (mL)

4.3.6 Sódio e Potássio:

Os teores de sódio e potássio foram determinados através da fotometria de chama, utilizando um fotômetro de chama (Figura 8) previamente calibrado com soluções padrão do metal.

Figura 7: Fotômetro de chama.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.7 Sólidos dissolvidos totais:

Foram determinados por gravimetria utilizando uma balança analítica e estufa para evaporação completa da água a 105°C.

- De início foram lavados os cadinhos;
- Em seguida os cadinhos foram aquecidos em uma mufla à temperatura de 600° C por 2 horas;
- Os cadinhos foram resfriados na própria mufla até 100° C e em seguida foram transferidos para o dessecador que continha sílica gel para que fossem resfriados até obterem temperatura ambiente (sem contato com a atmosfera externa);
- Pesou-se os cadinhos em uma balança analítica obtendo-se a massa do cadinho (Mc);
- Transferiu-se 50 mL de água que seria analisada para o cadinho (sem nenhum contato manual com o mesmo);

- Transferiu-se os cadinhos para a estufa com o auxílio de uma pinça onde se manteve a uma temperatura de 105° C até a completa evaporação do líquido (o que levou aproximadamente 12 horas);
- Em seguida transferiu-se os cadinhos com o uso de uma pinça para o dessecador onde foi resfriado até atingir a temperatura ambiente (sem contato com o ar);
- Pesou-se na mesma balança citada anteriormente obtendo-se a massa final do cadinho (Mf) após a evaporação da água a 105° C;
- A Equação 5 foi utilizada na determinação dos sólidos dissolvidos totais.

$$SDT = (Mf - Mc) \times 20 \quad (5)$$

Onde:

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais;

Mf: Massa final;

Mc: Massa do cadinho vazio.

4.3.8 Turbidez:

Para determinação da turbidez foi utilizado um turbidímetro de bancada modelo Del Lab/DLT-WV (Figura 9), o qual foi calibrado utilizando soluções de 0,1; 10; 100 e 800 NTU.

Figura 8: Turbidímetro



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.9 Alcalinidade Parcial e Total:

O método utilizado na determinação da Alcalinidade é o volumétrico, com detecção potenciométrica, até atingir um pH pré-fixado. A determinação da Alcalinidade Total, por potenciometria, foi feita por titulação com solução padronizada de H_2SO_4 . A Equação 8 e a Equação 9, foram utilizadas na determinação da alcalinidade parcial e total, respectivamente.

- Transferiu-se 50 mL da amostra que seria analisada ao béquer de 50 mL;
- Colocou-se a barra magnética para a agitação;
- Retirou-se o eletrodo da solução de KCl, lavou-se com água destilada e o secou;
- Introduziu-se o eletrodo ao béquer contendo a amostra, com a extremidade acima da barra magnética;
- Ligou-se o agitador magnético;
- Mediu-se o pH da amostra;
- No caso de pH superior a 5,75, foi adicionado solução padronizada de ácido sulfúrico $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ até pH 5,75;
- Anotou-se o volume gasto;
- O procedimento seguiu com adição do ácido até pH 4,3;
- No caso de pH abaixo de 5,75 procedeu-se da forma descrita acima até pH final 4,3;
- Anotou-se o volume gasto.
- Por fim, calculou-se a alcalinidade parcial e total.

Alcalinidade parcial:

$$CaCO_3(mg.L^{-1}) = \frac{V_1 \times \text{molaridade } H_2SO_4 \times 1000}{V_{amostra}} \quad (8)$$

Onde:

V_1 : Volume, em mL, de ácido gasto na titulação até pH 5,75.

Alcalinidade Total:

$$CaCO_3(mg.L^{-1}) = \frac{V_2 \times \text{molaridade } H_2SO_4 \times 1000}{V_{amostra}} \quad (9)$$

Onde:

V₂: Volume, em mL, de ácido gasto na titulação até pH 4,3.

4.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

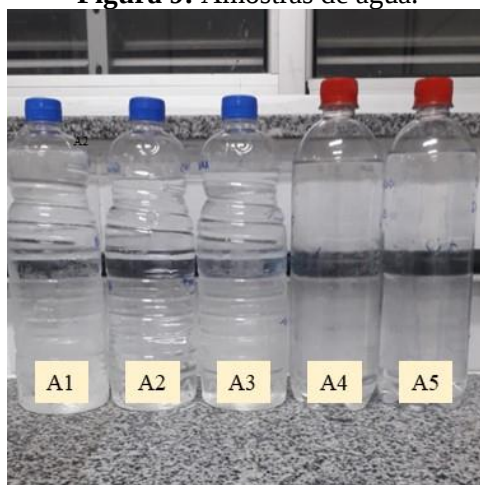
Foi realizado a análise de variância (ANOVA) e posteriormente o teste de Tukey – a um nível de 5 % de significância, através do programa OriginPro 2018 para a diferenciação das médias obtidas nas análises. Tratam-se de tratamentos estatísticos para a comparação da variância das médias ou medianas, graficamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão discutidos os resultados obtidos a partir das análises feitas durante a pesquisa. A discussão seguirá duas linhas, em um primeiro momento os resultados obtidos de cada parâmetro serão discutidos com relação a cada uma das amostras e em um segundo momento haverá um comparativo com a literatura, com o objetivo de verificar a possibilidade de uso de água de rejeito para a irrigação.

Dado início a parte experimental, foram extraídas amostras de água (Figura 10) nos laboratórios da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Campus Caraúbas), com o objetivo de colher amostras para a caracterização físico-química e verificação do volume de água de rejeito gerado no processo de destilação. Os laboratórios da Universidade dispõem de dois destiladores, o destilador da marca Quimis, modelo Q341-25, e o destilador da marca Solab, modelo SL-71/10. Após a coleta das amostras foi dado início a caracterização físico-química das mesmas, tendo-se como guia o manual Standard Methods of APHA (2005).

Figura 9: Amostras de água.



Fonte: Autoria própria (2023).

Os volumes de água de rejeito produzidos a cada 100 mL de água destilada podem ser verificados na (Tabela 1).

Tabela 1. Volumes de água mensurados.

Destilador	Volume de água destilada (mL)	Volume de água de rejeito (mL)
Quimis	100	1226,7 ± 7,6
Solab	100	2548,0 ± 46,0

Fonte: Autoria própria (2023).

Avaliando-se os dados da Tabela 1 pode-se verificar que o volume de água de rejeito produzido pelo destilador da marca Solab se apresentou consideravelmente elevado em comparação ao destilador da marca Quimis. De acordo com Quimis (2021) o destilador modelo Q341-25, possui um rendimento de 5L/h e um consumo de água de mais ou menos 200L/h. Já de acordo com Solabcientifica (2022), o destilador modelo SL-71/10 possui um rendimento de 10L/h e um consumo de água de 100L/h. Baseado nos dados fornecidos pelo fabricante do destilador Solab e comparando com os resultados provenientes da pesquisa, observa-se que o destilador citado produziu um volume de rejeito maior que o valor fornecido pelo fabricante. Uma possível causa para a produção de um maior volume de rejeito é a falta de manutenção do destilador, pois sabe-se que a não manutenção culmina na criação de incrustações no interior do destilador, interferindo assim em seu desempenho.

Um trabalho publicado na Universidade Federal Fluminense (UFF), que a exemplo deste trabalho estudou a racionalização de água de rejeito proveniente de laboratórios, inferiu que a não manutenção dos destiladores interfere no desempenho dos mesmos.

De acordo com Moraes e Moraes (2015) notou-se que é possível aumentar em até 18% a eficiência dos destiladores através de sua regular manutenção. Segundo as autoras, como foram eliminadas incrustações, o processo de aquecimento da água do sistema tornou-se mais eficaz, pois sem o bloqueio causado pelo lavor incrustado houve um melhor contato direto com a serpentina, culminado em uma evaporação mais eficaz.

A partir da afirmação das autoras nota-se que a presença de incrustações no destilador interfere no desempenho do mesmo e consequentemente nos índices da água de rejeito gerada, com relação aos parâmetros avaliados.

Atualmente toda a água de rejeito gerado nos laboratórios da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Campus Caraúbas, é descartada de forma indiscriminada no esgoto, o que gera um desperdício de água considerável, o que ratifica a importância do trabalho sob a ótica da conservação e correta destinação da água de rejeito no âmbito da região semiárida.

Os resultados das análises dos parâmetros pH, salinidade, condutividade, turbidez, alcalinidade parcial, alcalinidade total, cloreto, dureza total, cálcio, magnésio, sódio, potássio e sólidos dissolvidos totais estão contidos na Tabela 2.

De forma geral, avaliando-se os parâmetros da Tabela 2, pode-se verificar que a água de rejeito do destilador Quimis apresentou concentrações semelhantes a água de abastecimento e que a água de rejeito do destilador Solab se apresentou um pouco elevada na quase totalidade dos parâmetros avaliados sendo eles pH, salinidade, condutividade, cloreto, dureza total, cálcio, sódio, potássio e sólidos dissolvidos totais – quando comparada com o destilador Quimis; o que tem como possível justificativa a não manutenção do destilador, o que ocasionaria o depósito de sais na forma de incrustações que são dissolvidos no momento do aquecimento e fazem com que a concentração salina seja maior.

Com relação a água destilada, os resultados apresentaram índices extremamente baixos - como era de se esperar, devido ao próprio processo de destilação. Sabe-se que no processo de destilação a água é aquecida até a total ebulição (100° C) - onde a mesma é condensada, e os sais que necessitam de uma maior temperatura de ebulição são descartados juntamente com a água de rejeito, fazendo com que a água destilada tenha um menor teor de sais e a água de rejeito tenha um maior teor, de forma que isso irá refletir nas concentrações.

Agora serão apresentados os dados referentes a cada parâmetro utilizado na avaliação das amostras de água e será feito um comparativo com a literatura, a fim de que seja possível verificar a possibilidade de emprego da água de rejeito na irrigação.

Tabela 2. Análises físico-químicas das amostras de água.

Parâmetros	A1	A2	A3	A4	A5
pH	8,60±0,04	8,41±0,05	8,37±0,22	8,66±0,09	7,78±0,58
Salinidade (ppt)	0,27±0,01	0,27±0,00	0,01±0,00	0,47±0,00	0,01±0,00
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	513,33±1,16	508,33±3,06	2,07±0,06	872,00±1,53	3,70±0,17
Turbidez (NTU)	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00
Alcalinidade Parcial (mg.L^{-1})	6,58±0,00	9,71±0,54	0,00±0,00	8,15±0,54	0,00±0,00
Alcalinidade Total (mg.L^{-1})	8,77±0,54	11,59±0,54	0,94±0,00	10,34±0,94	1,88±0,00
Cloreto (mg.L^{-1})	2,98±0,27	3,13±0,27	0,00±0,00	6,27±0,27	0,00±0,00
Dureza total (mg.L^{-1})	231,60±9,01	275,84±4,51	0,00±0,00	359,11±7,81	0,00±0,00
Cálcio (mg.L^{-1})	78,15±3,13	76,07±6,51	0,00±0,00	116,71±1,81	0,00±0,00
Magnésio (mg.L^{-1})	8,85±1,10	18,96±0,00	0,00±0,00	16,43±2,19	0,00±0,00
Sódio (mg.L^{-1})	337,19±13,27	367,84±0,00	0,00±0,00	666,71±0,00	0,00±0,00
Potássio (mg.L^{-1})	178,55±2,26	170,73±2,26	0,00±0,00	390,98±0,00	0,00±0,00
SDT (mg.L^{-1})	379,00±4,24	433,00±4,24	37,00±4,24	719,00±69,30	45,00±1,41

SDT: Sólidos dissolvidos totais; A1: Água de abastecimento; A2: Água de rejeito Quimis; A3: Água destilada Quimis; A4: Água de rejeito Solab; A5: Água destilada Solab.

Fonte: Autoria própria (2023).

5.1 CONDUTIVIDADE

De acordo com o Standard Methods of APHA (2005) a condutividade é uma medida da capacidade de uma solução aquosa de transportar corrente elétrica. Essa capacidade depende da presença de íons; na sua total concentração, mobilidade e valência; e da temperatura de medição.

O comportamento da condutividade (Figura 11) se deu da seguinte forma: a amostra 2 (A2) que é da água de rejeito do destilador Quimis se mostrou semelhante a amostra da água de abastecimento (A1), porém diferente, ao nível de 5% de significância quando aplicado o teste de Tukey. Essa proximidade nos valores obtidos entre as amostras tem como causa uma semelhança na quantidade de sais presente na água, haja visto que a condutividade elétrica está relacionada com a presença de íons (que na grande maioria das vezes são sais dissolvidos) na água. As águas destiladas de ambos os destiladores, Quimis (A3) e Solab (A5), apresentaram valores baixos, como era de se esperar, devido ao próprio processo de destilação, pois sabe-se que no processo de purificação há a remoção de sais da água. Em contrapartida, o destilador Solab apresentou em sua água de rejeito (A4) um valor que o destaca dos demais, $872 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, o que tem como possível causa a sua não manutenção, o que pode ter criado incrustações de sais que podem ter solubilizado durante o processo de aquecimento, ocasionando um aumento significativo do seu teor na água de rejeito.

Um trabalho publicado por Simões *et al.* (2020) avaliou a qualidade da água de resfriamento de destiladores dos laboratórios do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

O trabalho analisou alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de resfriamento descartada do destilador do Laboratório de química (LAQAM) e do Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária (LEAS). Dentre os parâmetros avaliados a condutividade foi um deles. Segundo Simões *et al.* (2020) foram feitas 5 (cinco) coletas e obteve-se uma média de $11,7 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ para o LAQAM e $10,0 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ para o LEAS. Os resultados obtidos pela presente pesquisa com relação ao parâmetro condutividade foram: $508,33 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ para a amostra (A2) da água de rejeito Quimis e $872,00 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ para a amostra (A4) da água de rejeito Solab.

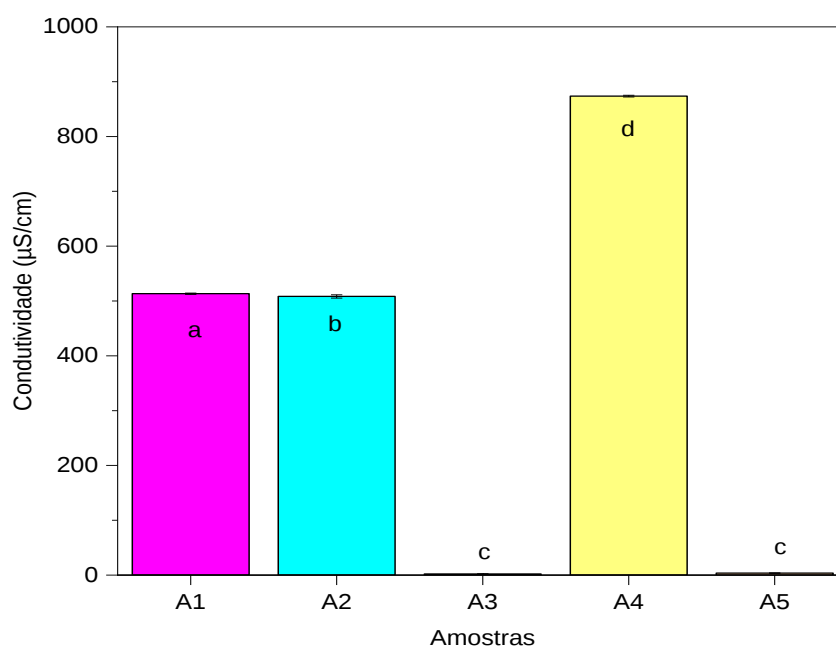
Comparando-se os valores obtidos pelo autor com os valores obtidos pela presente pesquisa, observa-se que as amostras (A2) e (A4) ficaram bem acima em comparação ao trabalho apresentado por Simões *et al.* (2020).

O trabalho de Pinheiro (2017) teve como objetivo propor a instalação de um sistema de purificação de água e abastecimento de laboratórios do Bloco de Laboratórios das Engenharias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), campus Mossoró, visando maior eficiência no uso da água. Dentre os parâmetros avaliados a condutividade foi um deles. De acordo com o autor a condutividade obteve uma média de $724,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para a água de rejeito gerada no processo.

Comparando-se a média apresentada pelo autor com as médias obtidas pelo presente trabalho, observa-se que a média apresentada por Pinheiro (2017) se mostrou superior a amostra (A2) e abaixo da amostra (A4), que obteve média de $872,00 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Segundo Ayers e Westcot (1994) a qualidade de água de irrigação, no que se refere à condutividade, deve estar entre 0 e $3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Convertendo-se a referente unidade para $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, unidade trabalhada pelo presente trabalho, tem-se que o limite é de $3000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Diante disso, os valores de condutividade da água de rejeito encontram-se dentro dos limites estabelecidos.

Figura 10: Valores médios da condutividade.



Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

5.2 CLORETO

De acordo com o Standard Methods of APHA (2005) o cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas e nas águas superficiais são provenientes principalmente da descarga de esgotos sanitários. A concentração de cloreto é maior em águas residuais do que em água bruta.

Os valores obtidos para o cloreto (Figura 12) se comportaram da seguinte forma: As amostras de água de abastecimento (A1) e de rejeito Quimis (A2) são estatisticamente iguais ao nível de 5% de significância. Já as amostras de água destilada dos destiladores Quimis (A3) e Solab (A5) apresentaram teor igual a zero, tendo como causa o descarte de sais no processo de destilação, dentre esses sais descartados, o íon cloreto. Já a amostra (A4) de rejeito Solab, mais uma vez, a exemplo do parâmetro condutividade, se mostrou sobressalente em relação as demais amostras, possivelmente devido a não manutenção do destilador o que criaria uma camada de incrustação no equipamento e que ocasionaria uma dissolução dessa camada que possivelmente foi descartada juntamente com a água de rejeito.

Segundo Simões *et al.* (2020) a média de um total de 5 (cinco) amostras para o cloreto foi de $10,8 \text{ mg.L}^{-1}$ no LAQAM e de $10,6 \text{ mg.L}^{-1}$ no LEAS. As amostras do presente trabalho tiveram as seguintes médias: $3,13 \text{ mg.L}^{-1}$ para a amostra (A2) – água de rejeito Quimis e $6,27 \text{ mg.L}^{-1}$ para a amostra (A4) – água rejeito Solab.

Comparando-se os valores apresentados por Simões *et al.* (2020) com os obtidos pela presente pesquisa, pode-se verificar que todas as amostras se apresentaram menores que as do autor.

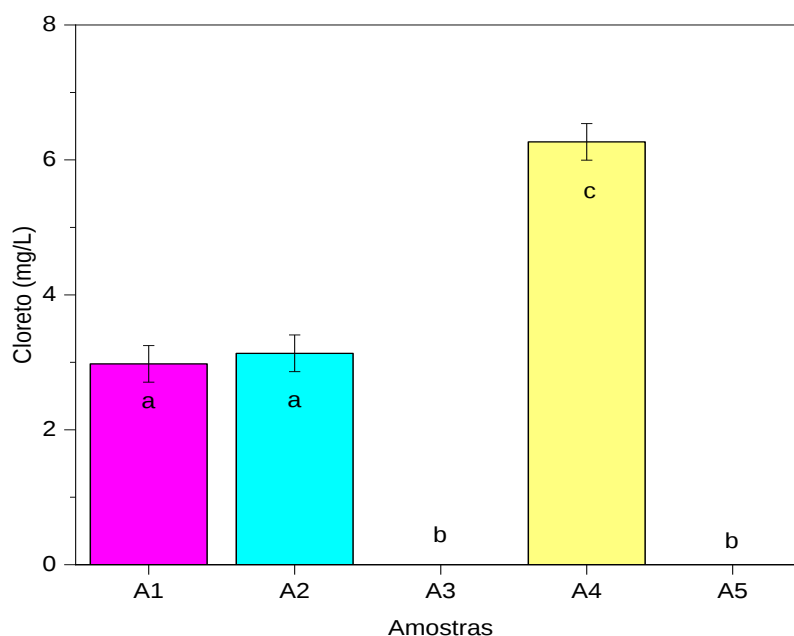
Pinheiro (2017) apresentou em sua pesquisa valores referentes ao parâmetro cloreto. De acordo com o autor o parâmetro supracitado obteve uma média de $4,4 \text{ mmolc.L}^{-1}$, que convertendo-se para a unidade trabalhada no presente trabalho (mg.L^{-1}) obtém-se o valor $155,99 \text{ mg.L}^{-1}$. As médias obtidas para as amostras (A2) da água de rejeito Quimis e (A4) da água destilada Solab foram de: $3,13 \text{ mg.L}^{-1}$ e $6,27 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente.

Comparando-se a média obtida pelo autor com os resultados obtidos pela presente pesquisa, nota-se que a média apresentada pelo autor ficou bem acima das médias obtidas da presente pesquisa.

Ayers e Westcot (1994) afirma que para estar em uma escala tida como leve/moderada, o parâmetro cloreto deve se encontrar em um intervalo que vai de 0 a 30 meq.L^{-1} . Convertendo-se o limite máximo (30) de meq.L^{-1} para mg.L^{-1} , o limite máximo para o Cloreto passa a ser

1.063,5 mg.L⁻¹. Diante disso, todas as amostras de rejeito encontram-se abaixo do limite estabelecido.

Figura 11: Valores médios do cloreto.



Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

5.3 SÓDIO

As análises do sódio (Figura 13) se mostraram semelhantes aos parâmetros vistos até o momento, onde as amostras de água de abastecimento (A1) e de rejeito Quimis (A2) foram semelhantes, porém diferentes ao nível de 5% de significância segundo o teste de Tukey, as amostras de água de destilada dos destiladores Quimis (A3) e Solab (A5), pelo próprio processo de destilação, obtiveram média 0 (zero) – como esperado, e a amostra de rejeito Solab (A4) mais uma vez se mostrou superior as demais amostras. Para fins de não redundância, as explicações sobre os resultados obtidos pelo sódio se resumirão apenas ao fato de que são as mesmas explicações dos parâmetros precedentes.

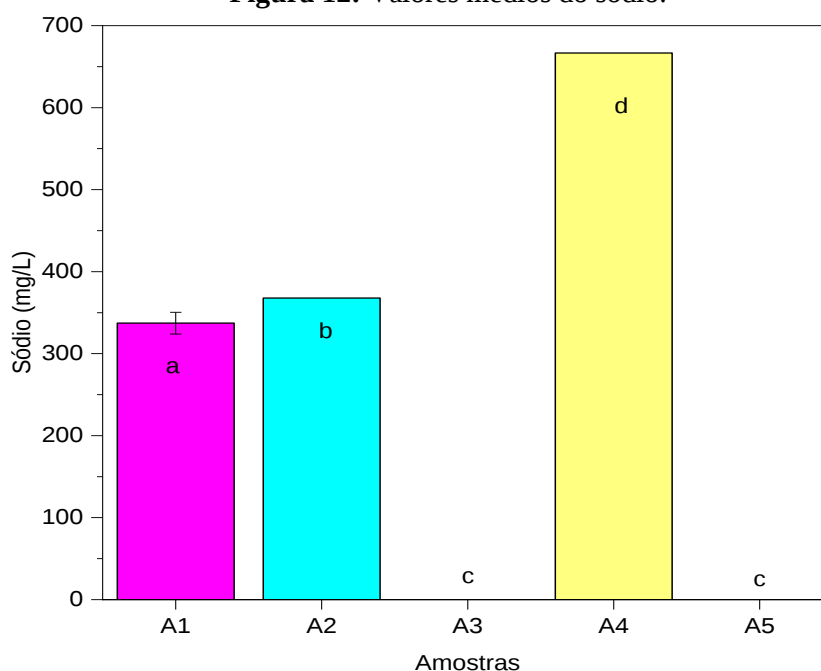
Pinheiro (2017) apresentou, dentre os parâmetros avaliados em sua pesquisa, o sódio. De acordo com o autor o parâmetro sódio obteve uma média de 5,94 mmolc.L⁻¹. Convertendo-se a unidade citada para mg.L⁻¹ – unidade trabalhada no presente trabalho, obtém-se o valor de 136,50 mg.L⁻¹.

As médias obtidas pelo presente trabalho, no que concerne ao parâmetro sódio foram: 367,84 mg.L⁻¹ para a amostra (A2) – água de rejeito Quimis e 666,71 mg.L⁻¹ para a amostra (A4) – água de rejeito Solab.

Comparando-se a média obtida por Pinheiro (2017) com as médias obtidas pela presente pesquisa, observa-se que as amostras (A2) e (A4) se mostraram acima da média apresentada pelo autor, tendo a amostra (A4) se destacado das demais.

O intervalo de classe estabelecido para o parâmetro Sódio, segundo Ayers e Westcot (1994) para emprego na irrigação, estar entre 0 e 40 meq.L⁻¹. Convertendo-se 40 meq.L⁻¹ (limite máximo) para mg.L⁻¹, obtém-se como limite máximo 919,6 mg.L⁻¹. Diante disso, observa-se que as amostras de ambos os destiladores, no que se refere à água de rejeito, estão dentro do limite máximo estabelecido.

Figura 12: Valores médios do sódio.



Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

5.4 SALINIDADE

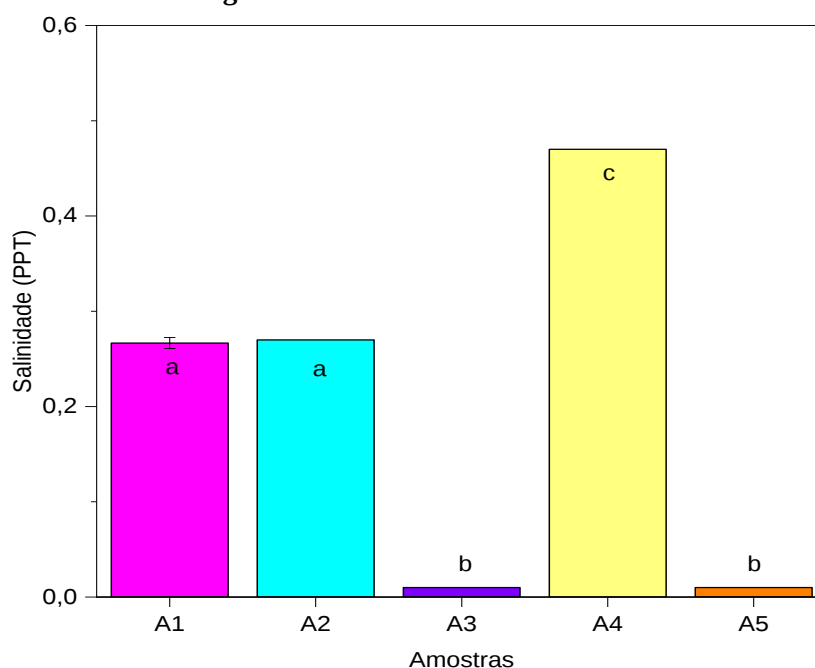
Segundo o guia Standard Methods of APHA (2005) a salinidade é uma importante propriedade das águas industriais e naturais. Foi originalmente concebido como uma medida da massa de sais dissolvidos em uma dada massa de solução.

Analisando as amostras, considerando-se o parâmetro salinidade (Figura 14), tem-se que: a exemplo das espécies anteriores, as amostras de água de abastecimento (A1) e água de rejeito Quimis (A2) são estatisticamente iguais considerando-se o teste de Tukey, já as amostras de água de destilada dos destiladores Quimis (A3) e Solab (A5) apresentaram valores baixos devido a remoção de sais no processo de purificação da água. Com relação a amostra da água de rejeito Solab (A4), mais uma vez se sobrepôs as demais amostras, tendo como possível causa, a não manutenção do destilador, como explicado anteriormente.

Um artigo publicado por Sousa *et al.* (2022), buscou avaliar a qualidade da água de descarte (rejeito) dos destiladores dos laboratórios da Universidade de Gurupi (UNIRG), através de análises físico-químicas de alguns parâmetros, dentre estes a salinidade. As amostras analisadas foram das águas de abastecimento e de descarte (rejeito).

De acordo com os autores, a salinidade obteve o valor de 0,03 ppt para a água de abastecimento e para a água de rejeito gerada no processo de destilação.

Os valores obtidos pela presente pesquisa se comportaram da seguinte maneira: a amostra (A1) da água de abastecimento obteve o valor de 0,27 ppt, a amostra (A2) da água de rejeito Quimis obteve o valor de 0,27 ppt e a amostra (A4) da água de rejeito Solab, obteve o valor de 0,47 ppt. Analisando os dados, observa-se que as amostras (A1); (A2) e (A4) se mostraram acima das apresentadas pelo autor.

Figura 13: Valores médios da salinidade.

Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

5.5 DUREZA TOTAL, CÁLCIO E MAGNÉSIO

De acordo com o guia Standard Methods of APHA (2005) o índice de dureza da água é um dado muito importante, utilizado para avaliar a sua qualidade. Denomina-se Dureza Total a soma das durezas individuais atribuídas à presença de íons de Cálcio e Magnésio.

Os parâmetros supracitados se comportaram da seguinte forma: A dureza (Figura 15) apresentou valores próximos, porém diferentes ao nível de 5% de significância, nas amostras de água de abastecimento (A1) e de rejeito Quimis (A2). As amostras de água destilada do destilador Quimis (A3), bem como Solab (A5), apresentaram valor zero. Uma justificativa para esse comportamento da água destilada, de ambos os destiladores, é a remoção dos sais de cálcio (Figura 14) e magnésio (Figura 15) no processo de destilação. Já em relação a amostra (A4) – água de rejeito do destilador Solab, conforme esperado pelas arguições feitas até o momento, se apresentou superior as demais amostras.

Um trabalho publicado por Medeiros, Storck e Volpato (2017) estudou a reutilização de água utilizada na refrigeração do processo de destilação. Foram avaliados 3 destiladores e quantificados os volumes de água desperdiçadas para a produção de 1 (um) litro de água destilada. Dentre os parâmetros avaliados, a dureza foi um deles. De acordo com os autores a

dureza obteve uma média de 36,33 mg.CaCO₃.L⁻¹; 49,00 mg.CaCO₃.L⁻¹ e 37,66 mg.CaCO₃.L⁻¹, para os laboratórios 1, 2 e 3, respectivamente.

As médias obtidas pelo presente trabalho – referente à dureza, foram: 275 mg.L⁻¹ para a amostra (A2) da água de rejeito Quimis e 359,11 mg.L⁻¹ para a amostra (A4) da água de rejeito Solab. Conclui-se a partir dos resultados que todos os resultados da presente pesquisa se apresentaram acima dos resultados apresentados por Medeiros, Stork e Volpatto (2017).

De acordo com Novais e Queiroz (2022), os valores padrão de Dureza são: < 75 (mole), 75–150 (moderada), 150–300 (dura), e > 12300 (muito dura), tendo como unidade mg.L⁻¹. Comparando-se os valores obtidos pela presente pesquisa com os fornecidos pelo autor, pode-se observar que a água de abastecimento e de rejeito Quimis se classificam como dura e a água de rejeito Solab como muito dura.

A média apresentada por Pinheiro (2017) com relação ao íon cálcio foi de 0,81 mmolc.L⁻¹. Convertendo-se o valor citado para mg.L⁻¹, unidade trabalhada pelo presente trabalho, obtém-se o valor de 32,46 mg.L⁻¹.

As médias obtidas pelo presente trabalho, referentes ao parâmetro cálcio (Figura 16) foram: a amostra (A2) da água de rejeito Quimis obteve uma média de 76,07 mg.L⁻¹ e a amostra (A4) da água de rejeito Solab obteve a média de 116,71 mg.L⁻¹.

Comparando-se os valores obtidos pelo autor com a presente pesquisa observa-se que as amostras (A2) e (A4) se mostraram superiores à média apresentada por Pinheiro (2017), tendo a amostra (A4) se mostrado consideravelmente acima das demais.

Segundo Ayers e Westcot (1994) no que concerne a aplicação da água para a irrigação, o valor para a espécie cálcio deve se comportar da seguinte maneira para ser englobado no intervalo tido como ideal: o cálcio deve estar num intervalo de 0 – 20 meq.L⁻¹. Convertendo o limite máximo de 20 meq.L⁻¹ para mg.L⁻¹ (unidade trabalhada na presente pesquisa), obtém-se o valor de 400,78 mg.L⁻¹. A partir das afirmativas infere-se que todas as amostras se encontram dentro do limite tido como ideal pelo autor.

Pinheiro (2017) também apresentou em seu trabalho a média obtida na análise do parâmetro magnésio. Segundo o autor o parâmetro obteve a média de 0,54 mmolc.L⁻¹. Convertendo-se o valor citado para mg.L⁻¹, unidade trabalhada pela presente pesquisa, obtém-se o valor de 13,12 mg.L⁻¹.

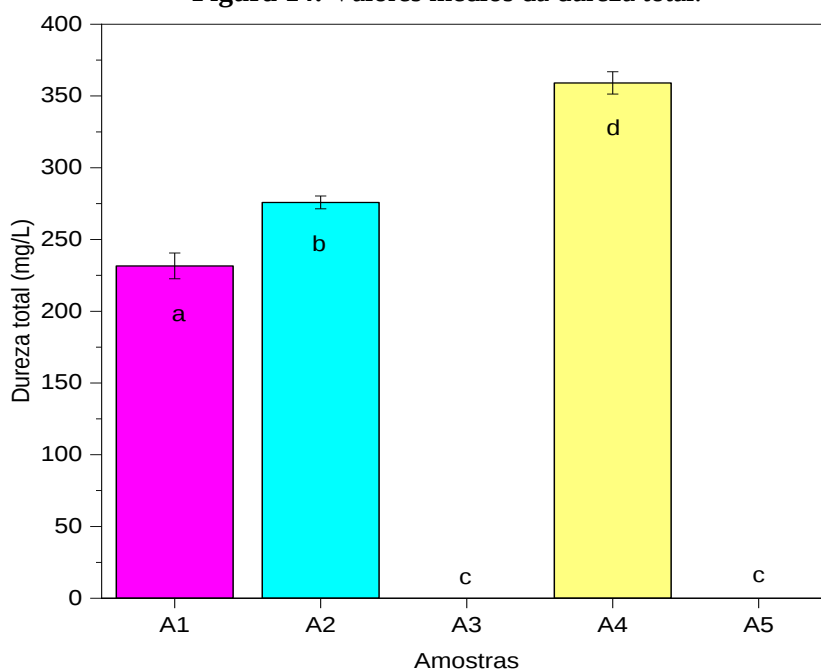
Os valores obtidos para o parâmetro magnésio pela presente pesquisa (Figura 17) foram: 8,85 mg.L⁻¹ para a amostra (A1) da água de abastecimento; 18,96 mg.L⁻¹ para as amostras (A2) da água de rejeito Quimis; 0,00 mg.L⁻¹ para as amostras (A3) da água destilada Quimis; 16,43

mg.L⁻¹ para a amostra (A4) da água de rejeito Solab e 0,00 mg.L⁻¹ para a amostra (A5) da água destilada Solab.

Comparando-se o valor apresentado por Pinheiro (2017) com as médias da presente pesquisa observa-se que as amostras (A1); (A3) e (A5) se mostraram abaixo dos valor obtido pelo autor e que as amostras (A2) e (A4) se mostraram acima.

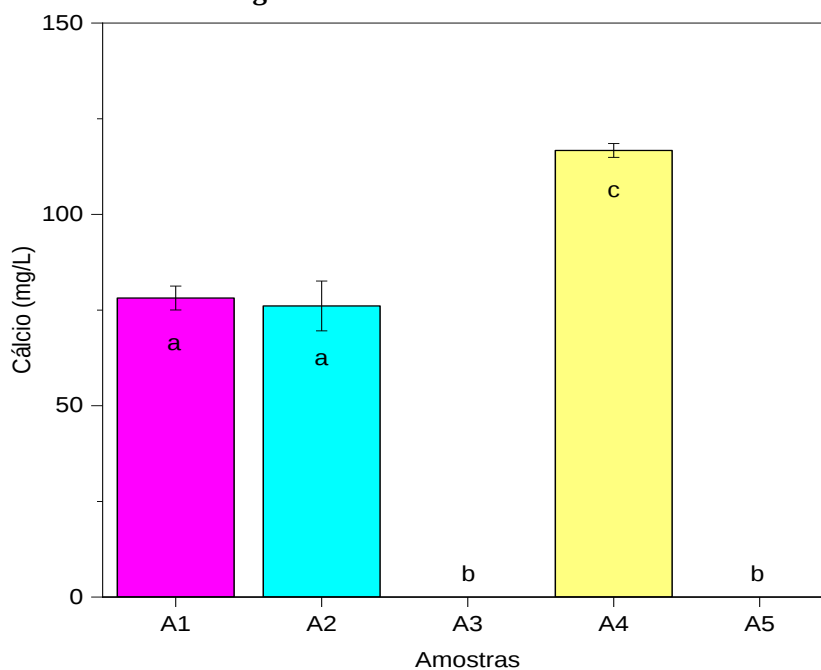
De acordo com Ayers e Westcot (1994), o parâmetro magnésio deve se encontrar em um intervalo de 0 – 5 meq.L⁻¹. Convertendo-se o limite máximo que é 5 meq.L⁻¹ para mg.L⁻¹, obtém-se o valor de 60,76 mg.L⁻¹, o que indica que o parâmetro magnésio também se encontra dentro do intervalo considerado normal segundo os autores.

Figura 14: Valores médios da dureza total.



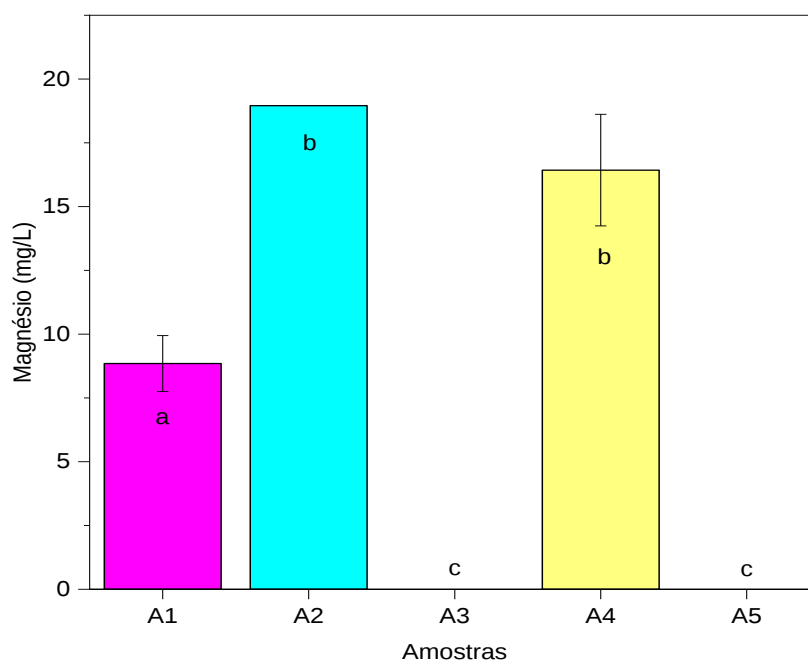
Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 15: Valores médios do cálcio.

Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 16: Valores médios do magnésio.

Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

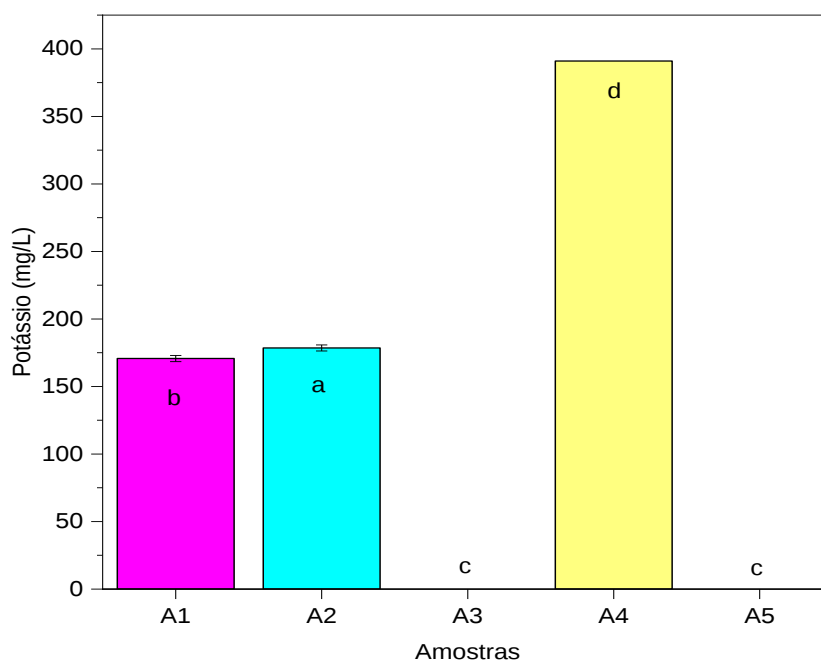
5.6 POTÁSSIO

Nas análises (Figura 18) o potássio se comportou da seguinte maneira: a mostra (A1) – água de abastecimento obteve média de 178,55 mg.L⁻¹; a amostra (A2) – água de rejeito Quimis obteve uma média de 170,73 mg.L⁻¹; a amostra (A3) – água destilada Quimis obteve média de 0,00 mg.L⁻¹; a amostra (A4) – água de rejeito Solab obteve média de 390,98 mg.L⁻¹ e a amostra (A5) – água destilada Solab obteve uma média de 0,00 mg.L⁻¹.

Com relação ao potássio, Ayers e Westcot (1994) afirmam que naquilo que concerne a avaliação do parâmetro para emprego da água na irrigação, a espécie deve estar num intervalo de 0 – 2 mg.L⁻¹ para ser considerado leve/moderado.

A partir dos resultados obtidos nota-se que, para emprego na irrigação seria necessário um tratamento para diminuição dos índices de potássio, por exemplo, com a adição de uma água com baixo teor de sais, pois isso ocasionaria a diluição da espécie.

Figura 17: Valores médios do potássio.



Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023)

5.7 SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

Na avaliação dos sólidos dissolvidos totais (SDT) observou-se que as amostras de rejeito obtidas pelos destiladores se mostraram elevadas em comparação com as demais (Figura 19), tendo a amostra (A4) apresentado o maior valor (719,0 mg.L⁻¹). Já a amostra (A1), obteve uma média de 379,00 mg.L⁻¹ e (A2) 433,00 mg.L⁻¹. As demais amostras (A3) e (A5) apresentaram valores consideravelmente próximos nos pares água destilada Quimis e Solab, 37,00 mg.L⁻¹ e 45,00 mg.L⁻¹, respectivamente.

Um trabalho publicado na revista CIATEC – UPF, sob o título “Reúso de efluentes provenientes de aparelhos destiladores”, buscou avaliar os equipamentos que geram efluentes, como destiladores de laboratórios, além de realizar a caracterização físico-química das águas de rejeito. Segundo Marisco *et al.* (2014), em suas análises os sólidos dissolvidos totais obtiveram uma média de 107,0 mg.L⁻¹.

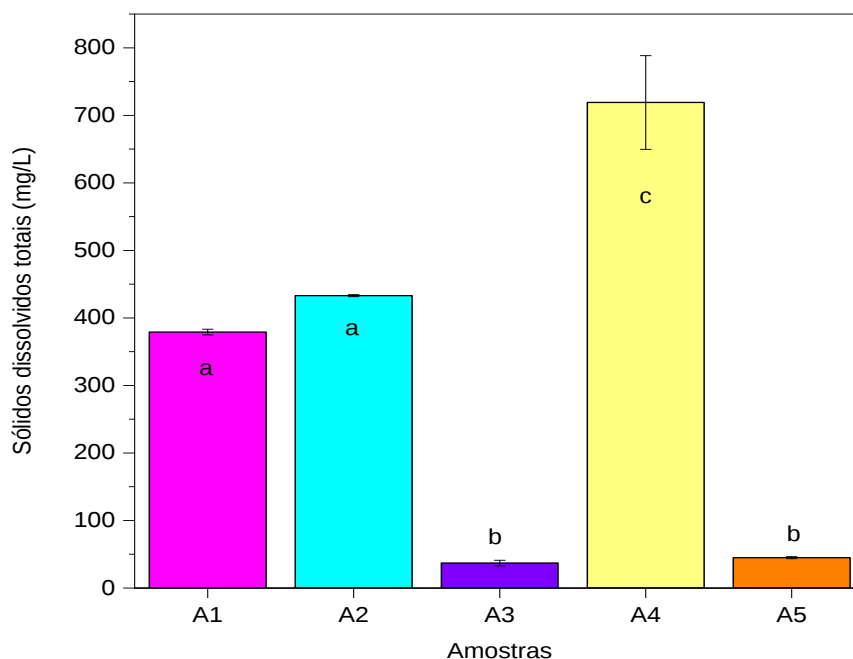
Os valores obtidos pela presente pesquisa, no que concerne ao parâmetro sólidos dissolvidos totais, se comportou da seguinte maneira: a amostra da água de rejeito Quimis (A2) obteve uma média de 433,00 mg.L⁻¹ e a amostra de água de rejeito Solab (A4) obteve uma média de 719,00 mg.L⁻¹. Em se comparando os valores apresentados pela presente pesquisa com os dados fornecidos por Marisco *et al.* (2014) nota-se que as amostras (A2) e (A4) se apresentaram acima da média fornecida pelo autor.

Simões *et al.* (2020) apresentaram em seu trabalho a média referente aos sólidos dissolvidos totais proveniente da análise da água de resfriamento descartada do Laboratório de Química – LAQAM, bem como do Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária – LEAS do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Segundo o autor a média obtida foi de 95,5 mg.L⁻¹ para o LAQAM e de 108,2 mg.L⁻¹ para o LEAS.

Comparando-se os resultados obtidos pela presente pesquisa com os dados obtidos por Simões *et al.* (2020) nota-se que as amostras (A2) e (A4) se mostraram consideravelmente acima.

Segundo Ayers e Westcot (1994), o limite máximo para irrigação, no que concerne aos sólidos dissolvidos totais (SDT), é de 2000 mg.L⁻¹. A partir da comparação com os valores obtidos, conclui-se que todas as amostras estão dentro do limite tido como ideal pelo autor. O comportamento gráfico do parâmetro citado pode ser visto na Figura 19.

Até o momento os parâmetros avaliados apresentaram um comportamento similar no que se refere as amostras. A partir deste parâmetro há de se observar que esse comportamento padrão irá mudar para o pH e turbidez.

Figura 18: Valores médios dos sólidos dissolvidos totais.

Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

5.8 pH, ALCALINIDADE PARCIAL E ALCALINIDADE TOTAL

O pH, de acordo com o Standard Methods of APHA (2005), representa a atividade dos íons hidrônios livres na água, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula de água e, posteriormente, acrescida pelo hidrogênio proveniente de fontes naturais ou antrópicas. O pH mede o total de hidrogênio em uma solução e é uma medida quantitativa da alcalinidade.

Durante as análises o pH (Figura 20) se comportou da seguinte forma: As amostras apresentaram comportamento semelhante tendo a amostra (A5) – água destilada do destilador Solab ficado um pouco abaixo da média com o valor de 7,78. As demais amostras obtiveram os valores (A1) 8,6; (A2) 8,41; (A3) 8,37 e (A4) 8,66.

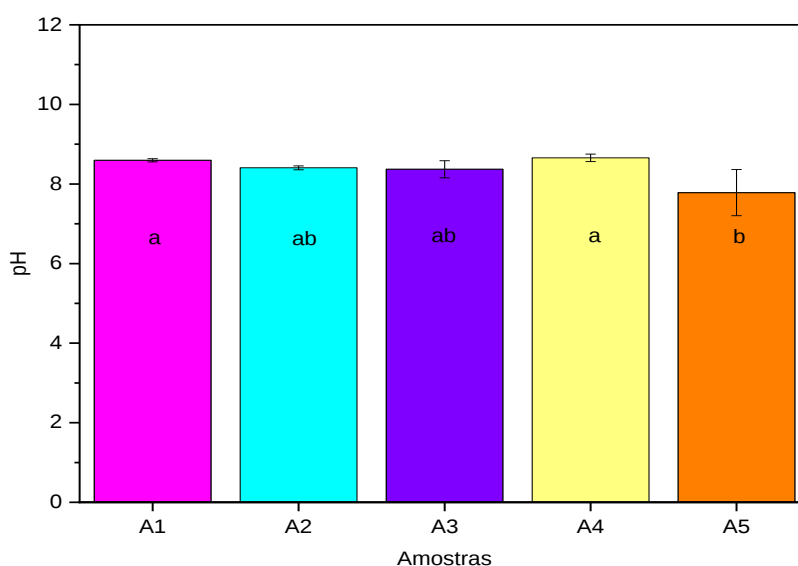
Segundo Marisco *et al.* (2014), em um trabalho que estudou o reuso de efluentes provenientes de destiladores, o pH obteve uma média de 7,6 nos efluentes analisados.

Os resultados obtidos na presente pesquisa, no que se refere ao parâmetro pH, se apresentaram da seguinte forma: a amostra (A2) – água de rejeito Quimis, obteve média de 8,41 e a amostra (A4) – água de rejeito Solab, obteve média de 8,66. Comparando-se os resultados da presente pesquisa com o trabalho de Marisco *et al.* (2014), nota-se que as amostras (A2) e (A4) se apresentaram um pouco acima do valor apresentado pelo autor.

Já o trabalho de Medeiros, Stork e Volpato (2017) apresentou as médias de 7,87; 8,01 e 8,11 para o parâmetros pH, nos três laboratórios utilizados na pesquisa. Em comparação ao presente trabalho, observa-se que as médias obtidas pelos autores se comportaram de maneira semelhante às médias obtidas pela presente pesquisa.

Ayers e Westcot (1994) afirma que o pH da água deve estar em um intervalo de 6 – 8,5 para ser considerado ideal. Avaliando-se os resultados obtidos, pode-se verificar que as amostras (A1) e (A4) estão um pouco acima do recomendado, no entanto, isso não inviabiliza o uso da água pois essa pequena variação pode se dever ao erro experimental associado à medida. Já as amostras (A2), (A3) e (A5) estão dentro do limite considerado ideal pelo autor.

Figura 19: Valores médios do pH.



Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

Segundo o guia Standard Methods of APHA (2005) a alcalinidade (Figura 21 e 22) é importante para muitos usos e no tratamento de águas naturais e águas residuais. Como a alcalinidade de muitas águas superficiais é principalmente uma função do teor de carbonato, bicarbonato e hidróxido, ela é tomada como uma indicação da concentração desses constituintes. A alcalinidade em excesso das concentrações de metais alcalino-terrosos é importante para determinar a adequação de uma água para irrigação, por exemplo.

O comportamento da alcalinidade parcial se deu da seguinte forma: As amostras de água destilada (A3) e (A5), de ambos os destiladores, apresentaram média 0,00 (zero). A amostra

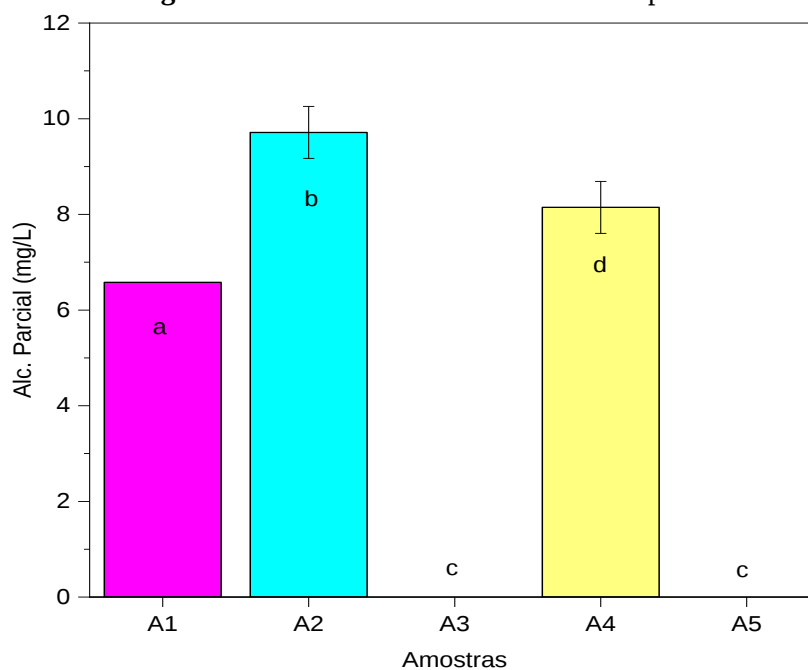
(A4) se mostrou próxima da amostra (A1) – fato pouco comum, foi o único parâmetro em que a amostra de água de rejeito Solab (A4) não se mostrou maior que as demais.

Já com relação a alcalinidade total, seu comportamento se deu da seguinte maneira: As amostra (A3) – água de destilada Quimis e (A5) – destilada Solab, não apresentaram média 0,00 (zero), diferentemente da grande maioria das vezes, apresentando médias $0,94 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1,88 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente.

Estes comportamentos se devem ao fato de que os sais que contribuem para a alcalinidade parcial são removidos no processo de destilação, dentre estes, o bicarbonato; já algumas das substâncias que contribuem para a alcalinidade total, mesmo que em pequena quantidade, não são removidos durante o processo. Segundo Baird e Cann (2012) a alcalinidade parcial se relaciona com a parte específica da alcalinidade total, comumente o íon bicarbonato (HCO_3^-) encontrado em águas naturais. Ela representa a medida do ácido que pode ser neutralizado pelos íons bicarbonato presentes na água.

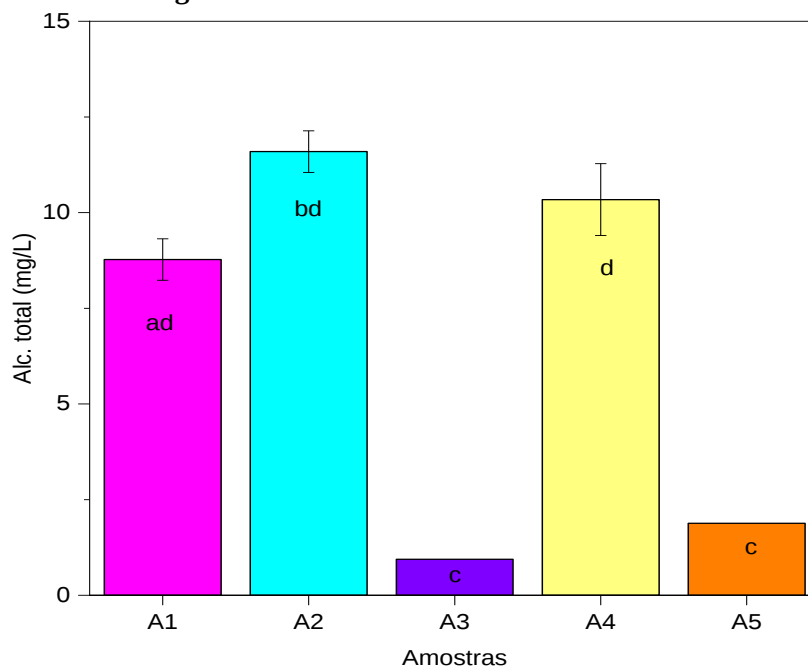
Segundo Medeiros, Storck e Volpatto (2017) a média dos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade de água de descarte dos destiladores dos laboratórios da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, referente ao parâmetro alcalinidade total, obteve o valor de $82,8 \text{ (mg CaCO}_3\text{.L}^{-1}\text{)}$.

Os resultados obtidos pela presente pesquisa, no que se refere à alcalinidade total, se comportaram da seguinte maneira: a amostra da água de rejeito Quimis (A2) obteve uma média de $11,59 \text{ mg.L}^{-1}$ e a amostra de água de rejeito Solab (A4) obteve uma média de $10,34 \text{ mg.L}^{-1}$. A partir dos dados infere-se que as amostras (A2) e (A4) ficaram abaixo da média apresentada por Medeiros, Storck e Volpatto (2017).

Figura 20: Valores médios da alcalinidade parcial.

Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 21: Valores médios da alcalinidade total.

Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância.

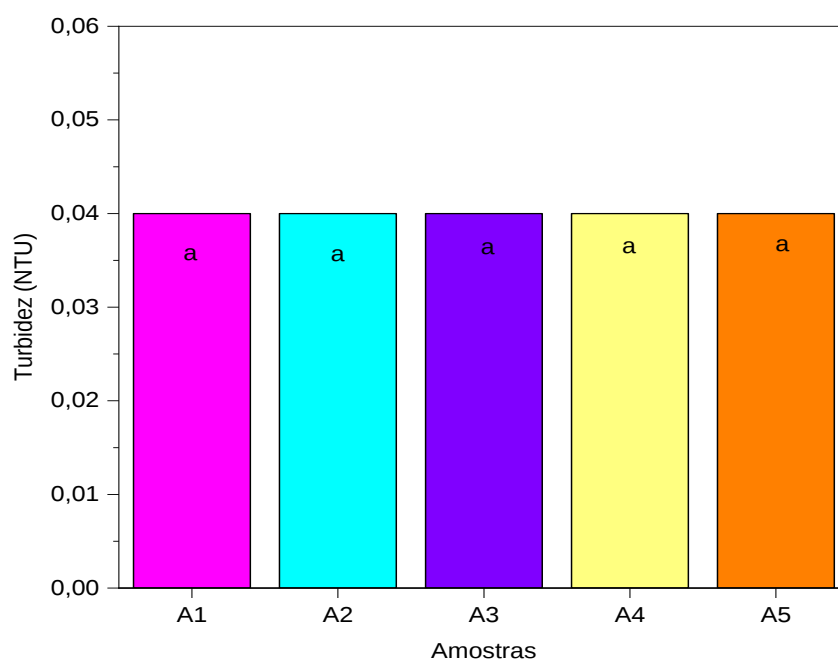
Fonte: Autoria própria (2023).

5.9 TURBIDEZ

As amostras apresentaram a mesma média para o parâmetro turbidez (Figura 23), tendo obtido o valor de 0,04 (NTU). Esse comportamento era esperado pois sabe-se, a turbidez está relacionada com materiais em suspensão. Como o trabalho se deu com água potável esses materiais suspensos quase não podem ser detectados ocasionando nos baixos índices do parâmetro. Há de se ressaltar que o processo de destilação não deve interferir significativamente nessa propriedade porque a água potável já apresenta um baixo índice de turbidez.

Simões *et al.* (2020) trazem dentre os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de abastecimento descartada no Laboratório de Química – LAQAM, bem como do Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária - LEAS do Instituto Federal do Ceará (IFCE) a turbidez, que teve uma média, de um total de 5 (cinco) amostras, o valor de 0,09 UT e 0,08 UT, para os dois laboratórios, respectivamente. A média das 2 (duas) amostras de água de rejeito - (A2) e (A4), do presente trabalho, foi de 0,04 NTU, de onde pode-se concluir que os valores obtidos pelo presente trabalho se encontram abaixo, quando comparados com a média das amostras apresentadas pelo autor.

Pinheiro (2017) apresentou em suas pesquisa resultados referentes a parâmetros avaliados, dentre estes, a turbidez. De acordo com o autor a média obtida para o parâmetro foi de 1,43 UT para as amostras da água de rejeito. Comparando-se a média apresentada por Pinheiro (2017) com os resultados das análises da presente pesquisa, nota-se que todas as amostras de água de rejeito - (A2) e (A4) se mostraram inferior quando comparadas às amostras do autor.

Figura 22: Valores médios da turbidez.

Colunas com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2023).

6 CONCLUSÕES

Diante das análises feitas e dos resultados obtidos, pôde-se observar que as amostras de água destilada (A3) e (A5) – como esperado, obtiveram índices mínimos na quase totalidade dos comparativos, muito provavelmente devido ao próprio processo de destilação/purificação.

No entanto, como o foco do trabalho é a reutilização de água de rejeito, que tem como finalidade dar uma correta destinação a esta água que até então é descartada de forma inadequada no esgoto, os dados que merecem maior atenção são os referentes as águas de rejeito. Com relação a essas águas de rejeito (A2) e (A4), notou-se que na quase totalidade das amostras, os parâmetros avaliados se encontraram dentro dos limites estabelecidos pela literatura, o que é extremamente positivo, pois é um indicativo de que esta água de rejeito gerada pode ser empregada na irrigação.

Além disso, notou-se também que a não manutenção do destilador Solab modelo SL-71/10 interferiu no desempenho do mesmo de forma negativa, ocasionando em um crescimento exponencial nos índices referentes ao destilador. Este fato fez com que a amostra da água de rejeito do destilador Solab (A4) ficasse acima dos demais parâmetros na quase totalidade das análises.

Durante as análises verificou-se que o pH da amostra da água de rejeito do destilador Solab (A4) obteve uma média acima do limite considerado ideal por Ayers e Westcot (1994). Também foi possível observar que o potássio obteve uma média de 170 mg.L^{-1} para a amostra (A2) e uma média de 390 mg.L^{-1} para a amostra (A4), o que o exclui do intervalo considerado ideal para irrigação.

Ao fim, inferiu-se que determinados parâmetros – pH e potássio, necessitam de algumas adequações para que se evite problemas futuros relativos ao desenvolvimento da planta, bem como a própria salinização do solo. Essas adequações se dão, por exemplo, com a mistura da água de rejeito com uma água com maior índice de pureza, pois isso diluiria os sais presentes aumentando a eficácia da água em sua destinação. Ressalta-se ainda que o fato de alguns parâmetros terem dado acima dos limites estabelecidos pela literatura não configuram (neste caso) um impedimento do emprego da água de rejeito na irrigação.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21st ed. Washington: APHA. 2005.

ABDALLA, Kênia Victória *et al.* **Avaliação da Dureza e das Concentrações de Cálcio e Magnésio em Águas Subterrâneas da Zona Urbana e Rural do Município de Rosário-MA**. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 2007.

ABREU, Letícia Lorena Corgosinho; PEDROSO, Jainy de Fátima; PAULA, Bruno Henrique de; AMARAL, Larissa Carvalho Soares; SILVA, Carlos Ademir da; GOMES, Jader Bôsko. **Reutilização de água usada no processo de destilação**. META. Belo Horizonte. v1. n1. 2016.

ALMEIDA, Otávio Álvares de. **Qualidade da água de irrigação**. 21. ed. Cruz das Almas - Ba: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2010. 234 p.

AMBIENTE, Ministério do Meio. **Governo apresenta ações contra desertificação**. 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/governo-apresenta-acoes-contra-desertificacao> Acesso em: 13 dez. 2022.

(ANA), Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Aquífero Guarani, o gigante subterrâneo**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/aquifero-guarani-o-gigante-subterraneo> Acesso em: 08 dez. 2022.

(ANA), Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **ATLAS ESGOTOS: despoluição das bacias hidrográficas**. Despoluição das bacias hidrográficas. 2017. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/> Acesso em: 14 dez. 2022.

(ANA), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Manual de usos consuntivos de água no Brasil**. 2019. Disponível em: file:///C:/Users/mathe/Downloads/ANA_Manual_de_Usos_Consuntivos_da_Agua_no_Brasil.pdf Acesso em: 16 dez. 2022.

(ANA), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Outros usos**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua/outros-usos> Acesso em: 12 dez. 2022.

(ANA), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Qualidade da água: indicadores de qualidade**. Indicadores de qualidade. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASÍLIA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Água no mundo: situação da água no mundo**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo> Acesso em: 07 dez. 2022.

BEZERRA, Vanessa Rosales; LIMA, Carlos Antônio Pereira; AMELO, Valneli da Silva; ALBUQUERQUE, Maria Viginia da Conceição; MONTERO, Luiz Reyes Rosales. Reutilização de rejeito de dessalinizadores na Paraíba. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 5, p. 1-12, 22 set. 2023.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. Environmental chemistry. 5. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2012.

BRASIL. Resolução nº 053, de 2005. **Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005**: Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. v. 27, n. 053, p. 1-27.

BRASIL. Resolução nº 396, de 2008. **Resolução Conama Nº 396**. Brasília, DF: Dou Nº 66, 03 abr. 2008. Seção 1, p. 64-68.

BRASIL. Constituição (1988). Lei nº 9.433, de 1997. **Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Brasília, DF, 1997.

BRASIL, Onu - Nações Unidas. **Agências da ONU lançam Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/123077-agencias-da-onu-lancam-relatorio-mundial-sobre-o-desenvolvimento-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 03 fev. 2023.

CALASANS, N.A.R.; LEVY, M, do C.T.; MOREAU, M. Interrelações entre clima e vazão. In: Schiavetti, A. & Camargo, A. F. M. **Conceitos de Bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus/BA: Editus, 2008.

(CETESB), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Reuso de água: águas interiores**. Águas Interiores. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>. Acesso em: 20 dez. 2022.

CORADI, Paulo Carteri. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, Pelotas/Rs, v. 4, p. 1-12, 2009.

CORDEIRO, Gilberto Gomes. **Qualidade de água para fins de irrigação (Conceitos básicos e práticas)/Gilberto Gomes Cordeiro**. Petrolina, PE: Embrapa SemiÁrido, 2001. 32 p. ; il.; 21 cm - (Embrapa Semi-Árido. Documentos; 167) ISSN 1516-1633 1. Irrigação - Água - Qualidade. I. Título. II. Série.

FORMOSO, Silvia Cupertino. **Sistema de tratamento de água salobra: alternativa de combate à escassez hídrica no semi-árido sergipano**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe - Ufs, São Cristovão/Se, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/mathe/Downloads/Pesquisa%20TCC/Universidade%20Federal%20de%20Sergipe.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.

GHEYI, Hans Raj. **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza/Ce: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. 530 p.

GUIMARÃES; CARVALHO e SILVA. **Saneamento básico**. Disponível em: [Microsoft Word - Cap 1.doc \(ufrj.br\)](#). Acesso em: 18 out. 2023.

Gov.br. **Situação dos reservatórios do Nordeste melhora, mas calor deve elevar a demanda por água e energia**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/central-de-conteudo/noti/situacao-dos-reservatorios-do-nordeste-melhora-mas-calor-deve-elevar-a-demanda-por-agua-e-energia>. Acesso em: 18 dez. 2022.

HIRATA, Ricardo *et al.* **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. . [São Paulo]: Instituto Trata Brasil. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/bitstream/handle/11363-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2022.

(INSA), Instituto Nacional do Semiárido. **O semiárido brasileiro**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro#:~:text=O%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro%20O%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro%20se%20estende,portanto%20um%20dos%20semi%C3%A1ridos%20mais%20povoados%20do%20mundo>. Acesso em: 19 dez. 2022.

LABORATÓRIO, DELTTA Equipamentos Para. **Mecanismo interno de destilador tipo pilsen**. 2023. Disponível em: http://www.dellta.com.br/index.php?route=product/product&product_id=351. Acesso em: 09 out. 2023.

MADROÑERO, Felix David Rivera; OLIVEIRA, Felipe Silva; SOUZA, Raquel Franco; NAVONI, Júlio Alejandro. Vulnerabilidade à Poluição Antropogênica no Sistema Aquífero Dunas/Barreiras da Região Metropolitana de Natal. **Sociedade & Natureza**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 1-15, 2 jun. 2022. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v34-2022-63867>. Disponível em: <https://www.periodicosdeminas.ufmg.br/periodicos/revista-sociedade-natureza/>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MARISCO, Lenisa Veiga; FERNANDES, Vera Cartana; CAVAGNI, Marcos Vinicius; FERNANDES, Luiza Cartana; FERNANDES, Júlia Cartana. Reúso de efluentes provenientes de aparelhos destiladores. **Ciatec – UFP**, [s. l], p. 1-11, 22 set. 2014.

MEDEIROS, Raphael Corrêa; STORCK, William Rosso; VOLPATTO, Fernanda. Gestão da água de descarte de destiladores de água em laboratórios de um IES. In: 8 CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, ., 2017, Campo Grande/Ms. **Anais [...]**. Campo Grande/MS: Ibeas - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2017. p. 1-4.

MEIRA, José Carlos Rodrigues. **AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO DO SOLO E A QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO AQUÍFERO GUARANI EM MINEIROS (GO)**. 2014. 158 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Ciamb-UFG, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

MORAES, Alanna Silveira de; MORAES, Anelize de Oliveira. **RACIONALIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR**: estudo de caso do sistema de destilação da escola de engenharia da uff. 2015. 77 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2015.

NETO, Isnard Santos. **Proposição de reaproveitamento das águas pluviais e das águas brancas de destiladores dos blocos dos laboratórios da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) campus Pombal - PB**. 2016. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande (Ufcg), Pombal - PB, 2016.

NOVAIS, Cleidiane Moraes; QUEIROZ, Tadeu Miranda de. Caracterização físico-química dos 5 primeiros milímetros da precipitação obtida de um amostrador para uso na irrigação da agricultura urbana em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 27, n. 5, p. 957-966, out. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220210165>.

NOVAIS, Roberto Pereira de; JÚNIOR, Adauto Pereira de Carvalho; OLIVEIRA, Manoel Alves de. A perenização de rios pela construção de açudes para o combate à seca no semiárido nordestino. **Geopauta**, v. 6, p. 1-22, 2022.

OLIVEIRA, André Moreira de. **Impactos físico-químicos da disposição de rejeito de dessalinizadores das águas de poços em solos do oeste potiguar**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Manejo de Solo e Água, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

OLIVEIRA, Francisco Fábio Mesquita de; AMORIM, Louise Duarte Matias de; DIAS, Francisca Kelia Duarte; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera. **CONSUMO DE ÁGUA UTILIZADA PELOS DESTILADORES, UERN, CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, MOSSORÓ-RN**. Mossoró, p.2-6, mar. 2013. Disponível em: [ÁGUAS DE REFRIGERAÇÃO NOS LABORATÓRIOS \(unicap.br\)](#). Acesso em: 18 out. 2023.

PINHEIRO, Mariana Kummer da Rocha. **Proposição de um sistema de purificação de água para fim laboratorial, visando uso mais eficiente de água e energia**. 2017. 80 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, De - Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2017.

PITA, Renato Cosme dos Santos; SILVA JÚNIOR, Gerson Cardoso da; ROSÁRIO, Fátima Ferreira do; SILVA, Márcio Luiz da. Sistema aquífero Alter do Chão a oeste da cidade de Manaus (AM): processos hidrogeoquímicos, origem da salinidade e relações com aquíferos adjacentes. **Geologia Usp. Série Científica**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 273-296, 1 mar. 2018. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-134253>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/147769/141404>. Acesso em: 02 fev. 2023.

QUIMIS. **Destilador de Água tipo Pilsen - Q341**. 2021. Disponível em: <https://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/destilador-de-agua-tipo-pilsen>. Acesso em: 12 set. 2023.

SIMÕES, Francisca Adriana Fernandes; FREITAS, Cley Anderson Silva de; FEITOSA, Robson Gonçalves Fachine; COSTA, Yannice Tatiane dos Santos; Laisa Daiana Alcântara;

PINHO, Camilla de Oliveira; SILVA, Maria Lucilene Queiroz da; SANTOS, Suélho Pereira dos. Potencial de reuso das águas de resfriamento de destiladores laboratoriais. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (Gesta)**, Juazeiro do Norte/Ce, v. 8, p. 1-14, 29 abr. 2020.

(SNIRH), Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. **Boletim do SNIRH: panorama dos usos de água no brasil. PANORAMA DOS USOS DE ÁGUA NO BRASIL**. 2022. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/files/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd/ANA_Boletim-SNIRH_1a-Ed_Web.pdf Acesso em: 14 dez. 2022.

SOUSA, Bruno Ferreira de; FARIA, Rhaissa; SANTOS, João Pedro Pereira dos; CAVALCANTE, Vera Lúcia; PEREIRA, Miréia Aparecida Bezerra. Caracterização físico-química de água descartada de destilador de Universidade do Sul de Tocantins para fins de reúso. **Cereus**, [s. l], v. 14, n. 1, p. 1-10, 07 out. 2023.

SOLABCIENTIFICA. **DestiladDestiladores de Água Tipo Pilsen 5 e 10 litrosor de Água tipo Pilsen - Q341**. 2022. Disponível em: www.solabcientifica.com.br. Acesso em: 12 set. 2023.

WESTCOT, D.W.; AYERS, R.S. **Water quality for agriculture**. 1994. Disponível em: <https://www.fao.org/3/t0234e/T0234E00.htm>. Acesso em: 03 ago. 2023.