

SUBMETIDO 03/09/2021

APROVADO 08/12/2021

PUBLICADO ON-LINE 23/12/2021

PUBLICADO 10/07/2023

EDITOR ASSOCIADO
Manoel Barbosa Dantas

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6344>

ARTIGO ORIGINAL

Qualidade da água subterrânea utilizada para irrigação em comunidade rural do município de Areia, Paraíba

- ① Valdeir de Souza Oliveira ^{[1]*}
② Gabryella Freire Monteiro ^[2]
③ Mirelly Miguel Porcino ^[3]
④ Tereziana Silva da Costa ^[4]
⑤ Maria Betania Hermenegildo dos Santos ^[5]

[1] valdeir.natal25@gmail.com

[3] mirellyagroufpb@hotmail.com

Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus Areia, Brasil

[2] gabryellafm@gmail.com

[4] tereziana.sc@gmail.com

[5] mbetaniahs@gmail.com

Departamento de Química e Física, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus Areia, Brasil

RESUMO: A água é o bem mais valioso da terra; na agricultura, sua qualidade afeta diretamente o desenvolvimento das espécies e pode ocasionar a degradação do solo. Sendo assim, este trabalho objetivou avaliar os parâmetros físico-químicos de água subterrânea utilizada para agricultura familiar no brejo paraibano. Foram coletadas amostras de água de dois poços tubulares profundos não jorrantes, com 40 m e 52 m de profundidade, em uma propriedade rural do município de Areia-PB, totalizando seis amostras, no período de novembro de 2017 a janeiro de 2018. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Química Analítica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, Paraíba. Foram analisadas as seguintes variáveis: alcalinidade total; dureza total; pH; Ca, Na, K e Mg; turbidez; condutividade elétrica; e Razão de Absorção de Sódio (RAS). Com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos, as águas avaliadas são adequadas para o uso na agricultura irrigada, considerando as legislações vigentes. Quanto ao risco de salinização, as amostras foram classificadas em C₁ (baixo) e C₂ (médio), e quanto ao risco de sodificação, essas foram classificadas em águas do tipo S₂ (médio) e S₃ (alto). Embora possam ser utilizadas para irrigação, é importante acompanhar as concentrações de sódio, cálcio e magnésio nessas águas.

Palavras-chave: irrigação; poços tubulares; salinidade; sodicidade.

Quality of groundwater used for irrigation in a rural community in the municipality of Areia, Paraíba

ABSTRACT: Water is the most valuable asset on earth; in agriculture its quality directly affects the development of species and can lead to soil degradation. This study aimed to evaluate the physical-chemical parameters of groundwater used for family farming at marshes of Paraíba. Water samples were collected from two deep, non-spouting tubular wells, 40 m and 52 m deep, in a rural property

*Autor para correspondência.

in the municipality of Areia-PB, totaling six samples, in the period from November 2017 to January 2018. The samples were sent to the Laboratory of Analytical Chemistry, Federal University of Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, Paraíba. The following variables were analyzed: total alkalinity; total hardness; pH; Ca, Na, K and Mg; turbidity; electrical conductivity and Sodium Absorption Ratio (RAS). Based on the results of the physical-chemical parameters, the waters evaluated are suitable for use in irrigated agriculture, considering the current legislation. As for the risk of salinization, the samples were classified as C1 (low) and C2 (medium), and regarding the risk of sodification, these were classified as type S2 (medium) and S3 (high) waters. Although they can be used for irrigation, it is important to monitor the concentrations of sodium, calcium and magnesium in these waters.

.....
Keywords: irrigation; salinity; sodicity; tubular wells.

1 Introdução

O Brasil se destaca mundialmente como um dos principais produtores de alimentos, devido às extensas áreas cultivadas, às boas condições climáticas e à diversidade de alimentos produzidos (LIMA *et al.*, 2020). O setor agrícola apresenta papel importante no que se refere à utilização de água, sendo anualmente responsável por 87% do consumo total de água de boa qualidade no mundo, destinada principalmente à irrigação de grandes áreas frutíferas, culturas anuais e horticultura. Por ser um recurso fundamental para a produção de alimentos, é importante destacar que sua utilização deve ser feita de forma racional e qualitativa na irrigação (SANDRI; ROSA, 2017).

O território nacional possui 12% de toda a água doce disponível no planeta; se incluída a água que se origina de outros países e chega ao Brasil, o percentual fica em torno de 18% (PENA, 2017). No entanto, a região semiárida enfrenta sérios problemas com a escassez de água; nessa região, os longos períodos de estiagem transformam os rios e riachos perenes em sazonais, e os solos apresentam baixa capacidade de absorção de água. Além disso, os solos cristalinos limitam o acesso a águas de aquíferos subterrâneos, que normalmente são de má qualidade (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2019).

Existe uma constante preocupação acerca dos futuros sistemas alimentares no panorama mundial. E, entre as principais dificuldades enfrentadas nesse sistema, estão a produção de alimentos suficientes para a população, a conservação dos recursos naturais e a adequação às constantes mudanças climáticas (KODIREKKALA, 2017). Por esse motivo, várias formas de cultivo vêm sendo abordadas, visando ofertar alimentos em função da demanda que cresce de forma exorbitante (MIGLIORINI; WEZEL, 2017). Dessa forma, os sistemas de produção com base ecológica também se expandiram nos últimos anos, com destaque para a agricultura familiar tradicional, que tem crescido cada vez mais devido ao melhor uso dos processos ecológicos e pela sua sustentabilidade (WEZEL; FRANCIS, 2017).

No semiárido brasileiro, a agricultura familiar tem grande importância no âmbito econômico e social. A região semiárida produz essencialmente alimentos básicos, além de se destacar como a principal responsável por gerar emprego, pois conta com aproximadamente 58% do pessoal ocupado de toda a região Nordeste (NUNES; SCHNEIDER, 2014). No entanto, as longas estiagens contribuíram para a baixa na

produção de alimentos; em contrapartida, ocorreu um aumento na busca por água, que nem sempre apresenta a qualidade necessária para a utilização. Devido à baixa tecnologia empregada nos sistemas de plantio, principalmente relacionada às técnicas de irrigação, os produtores sofrem com perdas ocasionadas por práticas inadequadas durante o cultivo (NUNES *et al.*, 2018).

Atualmente, o cultivo de hortaliças vem crescendo em virtude da busca por uma alimentação mais saudável e de alta diversidade pela população. Essas plantas apresentam um ciclo produtivo relativamente curto, que exige maiores cuidados no manejo para garantir produtos de qualidade. Dessa forma, a água usada nesses sistemas de produção deve respeitar os critérios de qualidade, visando à preservação dos solos e priorizando a colheita de hortaliças sem danos ou contaminações. Além disso, o uso adequado da água na agricultura é imprescindível para a sustentabilidade ambiental (SOUZA *et al.*, 2016).

A horticultura irrigada, por ser uma prática agrícola de relevância para a economia, depende principalmente da qualidade da água de irrigação, uma vez que o uso de águas salinas pode ser um risco para a produção em larga escala (ARAÚJO *et al.*, 2016). As águas subterrâneas são as que mais enfrentam problemas relacionados à contaminação do solo, sendo imprescindível conhecer sua qualidade físico-química para, assim, impedir possíveis contaminações de alimentos e do ambiente e problemas no sistema de irrigação, bem como em bombas, filtros e emissores (SOUZA *et al.*, 2016).

Nesse contexto, a disponibilidade hídrica de águas subterrâneas e a produção de poços normalmente são os principais fatores determinantes na exploração dos aquíferos. Tendo em vista o crescimento desenfreado da perfuração de poços tubulares e das atividades antrópicas, que direta ou indiretamente contribuem para a ocorrência de contaminação dos aquíferos, a temática da qualidade da água subterrânea tem se tornado uma preocupação constante e cada vez mais importante para o gerenciamento do recurso hídrico no país (ALCALDE-SANZ; GAWLIK, 2017). Aqui, interessa dizer que os poços tubulares profundos são caracterizados por apresentarem profundidades maiores, além de serem bem estruturados, com revestimento e selos que protegem contra contaminação superficial (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2003).

As águas de irrigação, antes de serem utilizadas, são avaliadas segundo alguns critérios de suma importância. Entre eles, ressaltam-se: o não comprometimento do sistema de irrigação; os riscos de salinização do solo (BELIZÁRIO; SOARES; ASSUNÇÃO, 2014; VILLANUEVA *et al.*, 2015); cuidados com a eutrofização, toxicidade e declínio da estrutura do solo; entre outros. A composição iônica de alguns sais na forma de cloreto (como sódio, cálcio, magnésio e potássio) pode definir a qualidade da água. Por isso, o monitoramento desses íons, dos macronutrientes e dos metais pesados é obrigatório para que estes não causem danos aos sistemas de irrigação e ao solo de maneira geral (ALCALDE-SANZ; GAWLIK, 2017; SILVA *et al.*, 2011a).

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar os parâmetros físico-químicos de água subterrânea proveniente de dois poços tubulares profundos utilizados para agricultura familiar, em uma comunidade rural no município de Areia-PB.

Este trabalho é constituído de três seções principais: a seção 2 apresenta toda a metodologia desenvolvida na pesquisa, desde as coletas das amostras de água até as avaliações físico-químicas; a seção 3 apresenta os principais resultados obtidos após as análises da qualidade da água dos poços tubulares profundos não jorrantes; e a seção 4 apresenta as conclusões deste estudo.

2 Metodologia

Para este trabalho foram coletadas amostras de água de dois poços tubulares profundos não jorrantes, localizados geograficamente a 6°57'54.86"S 35°45'14.19"O e 6°57'56.15"S 35°45'16.92"O, com 40 m e 52 m de profundidade respectivamente, em uma propriedade rural do município de Areia-PB, produtora de hortaliças, cujo solo é classificado como argissolo vermelho amarelo distrófico abruptico (PARAÍBA, 1978), durante o período de novembro de 2017 a janeiro de 2018, totalizando seis amostras.

A coleta seguiu a metodologia proposta por Silva *et al.* (2011b), sendo realizada entre 10 e 15 minutos após o início do bombeamento. Todas as seis coletas foram realizadas por volta das 6 horas da manhã. A água foi armazenada em recipientes de vidro com capacidade para 500 ml, lacrados e identificados.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química e Física do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, Paraíba, para a realização das análises físico-químicas.

As variáveis analisadas foram: alcalinidade total; dureza total; pH; Ca; Na; K; Mg; turbidez; condutividade elétrica; e Razão de Absorção de Sódio (RAS). Todas as análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 1998).

Os equipamentos utilizados nas análises de pH, turbidez e condutividade elétrica foram, respectivamente: um pHmetro MS Tecnon, modelo luca-210; um turbidímetro Del Lab, modelo DLT WV; e um condutivímetro MS Tecnon, modelo luca-150. Para as medições de Na e K foi utilizado o fotômetro de chama Analyser, modelo 910M.

Quadro 1 ►

Parâmetros analisados e métodos utilizados conforme o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.
Fonte: dados da pesquisa

Variáveis	Método
Alcalinidade total	2320 B – Método titulométrico
Dureza total	2340 C – Método titulométrico (EDTA)
pH	4500-H ⁺ B – Método eletrométrico
Turbidez	2130 B – Método nefelométrico
Condutividade elétrica	2510 B – Método laboratorial
Na e K	3500-Na B e 3500-K B – Métodos fotométricos de emissão de chama
Ca	3500-Ca B – Método titulométrico (EDTA)
Mg	3500-Mg B – Método de cálculo

A Razão de Absorção de Sódio (RAS), que pode indicar problemas com a impermeabilização do solo, foi quantificada por meio da Equação 1:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (1)$$

A partir dos resultados da RAS, foi feita a classificação das amostras da água subterrânea dos dois poços, segundo Richards (1954).

3 Resultados e discussão

Os resultados para cada parâmetro físico-químico das amostras de água analisadas encontram-se na Tabela 1, de acordo com o período de realização das análises. Para fins de uso na agricultura irrigada, os parâmetros físico-químicos e a salinidade são muito importantes na avaliação da qualidade da água (HOLANDA *et al.*, 2016; SOUZA; RIBEIRO, 2019).

Embora não existam padrões estabelecidos para os parâmetros pH, turbidez e condutividade elétrica na Resolução Conama nº 396/2008 (CONAMA, 2008), que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, inclusive para o uso na irrigação, essa legislação exige o monitoramento desses parâmetros para acompanhamento da condição de qualidade das águas.

Verifica-se, na Tabela 1, que houve pouca variação no pH das amostras de água dos dois poços. O pH tem relação com a alcalinidade e com a acidez, que influenciam em várias reações químicas que ocorrem na água. As águas subterrâneas têm pH inferior ao das águas superficiais devido ao aprisionamento do CO₂, que contribui para essa redução. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (BRAGA *et al.*, 2018).

Tabela 1 ►

Resultados das análises de amostras de água coletadas em poços tubulares profundos não jorrantes durante os meses de nov/2017, dez/2017 e jan/2018. Poço I com 52 m de profundidade e Poço II com 40 m de profundidade.
Fonte: dados da pesquisa

Variáveis	Poço I	Poço II
pH	6,2 ± 0,10	6,2 ± 0,00
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	41,9 ± 18,34	50,4 ± 2,50
Turbidez (NTU)	2,2 ± 0,38	0,3 ± 0,17
Condutividade elétrica (µs/cm)	222,7 ± 43,15	202,7 ± 34,93
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	35,7 ± 0,92	41,6 ± 6,97

Stein *et al.* (2012), ao analisarem as águas do aquífero Barreiras, no estado do Rio Grande do Norte, obtiveram valores semelhantes aos que foram encontrados no presente estudo, havendo uma tendência a serem pouco ácidas, com pH médio de 6,18. De acordo com Silva *et al.* (2011b), o pH ideal para água de irrigação deve estar no intervalo de 6,5 a 8,4, o que garante que os solos não sejam prejudicados a curto prazo.

Ao avaliar o parâmetro alcalinidade, observou-se uma variação mais significativa nas amostras do Poço I, aumentando de 28,9 para 62,9 mg/L CaCO₃ entre os meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018. A alcalinidade em água demonstra a capacidade da água de neutralizar os ácidos presentes (STEIN *et al.*, 2012). Segundo Pohling (2009), o aumento de CO₂ na água, que pode estar associado às condições naturais ou a decomposição de matéria orgânica, eleva a capacidade de dissolução de calcário e dolomita para bicarbonato de cálcio e magnésio, resultando em aumento da alcalinidade; por isso, esse parâmetro pode ser um indicativo de contaminação da água.

Em alguns estados brasileiros, é comum a presença de rochas como o granito e o gnaisse, que contribuem para alcalinidade em águas subterrâneas (MARINS; PARAQUETTI; AYRES, 2002).

Os valores encontrados de turbidez, que variaram de 2,0 a 2,6 NTU nas amostras do Poço I e de 0,2 a 0,5 NTU nas amostras do Poço II, são considerados baixos, tendo em vista que são inferiores ao padrão para consumo humano (5,0 NTU), que é o uso mais restritivo, estabelecido pela Portaria MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021).

Em uma amostra de água, a turbidez representa o grau de diminuição de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, decorrente da existência de sólidos em suspensão, que podem ser partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e resquícios orgânicos, algas e bactérias, entre outros (ALMEIDA; SILVA; PAULA, 2017).

A condutividade elétrica (CE) variou entre as amostras de água, tendo sido observado um valor mais alto no mês de janeiro, o que pode ser justificado pela falta de chuva na época da coleta, pois meses mais quentes sem ocorrências de chuvas ocasionam a concentração de uma maior quantidade de sais.

A CE é um dos principais parâmetros a serem analisados em água, uma vez que está diretamente ligada aos riscos de salinidade dos solos. Segundo Libânio (2010), a condutividade elétrica de águas doces naturais é inferior a 100 µS/cm, podendo elevar-se em corpos d'água que recebem dejetos domésticos e industriais.

A quantificação da CE da água para fins de uso na agricultura possibilita estimar riscos relacionados à salinização do solo. Os condicionantes hidrológicos e climáticos são os principais responsáveis pela salinidade dos solos, tanto pelo efeito da diluição dos sais da recarga pluviométrica como por efeito de concentração a partir da evaporação acentuada (ANDRADE *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2020).

Os resultados da dureza total da água foram relativamente baixos. Embora não exista um padrão estabelecido para águas destinadas à irrigação, é estabelecido um limite de 300 mg/L para o uso mais restritivo da água (Portaria MS nº 888/2021). A dureza verificada nas amostras foi inferior a 50 mg CaCO₃/L, sendo a água considerada mole ou branda. Ferreira, Rocha e Figueiredo (2015) obtiveram valores referentes à dureza total da água de irrigação em torno de 45 mg/L, o que corrobora os resultados do presente trabalho.

Esse parâmetro se refere à concentração de íons de cálcio e magnésio em solução, que podem formar precipitados, causar sabor desagradável à água, formar biofilmes, ter efeito laxativo e interferir diretamente na formação de espumas detergentes (COELHO *et al.*, 2017).

Os valores muito elevados de dureza podem evidenciar despejos industriais na água, bem como afetam os sistemas de tubulações para irrigação, causando entupimento de bombas e emissores. A partir dos valores de dureza total é possível calcular a concentração de magnésio nas amostras de água.

Na Tabela 2, encontram-se os elementos químicos analisados nas amostras e suas respectivas concentrações.

Tabela 2 ►

Quantitativos de elementos químicos nas amostras de água coletadas em poços tubulares profundos não jorrantes durante os meses de nov/2017, dez/2017 e jan/2018. Poço I com 52 m de profundidade e Poço II com 40 m de profundidade.
Fonte: dados da pesquisa

Variáveis	Poço I	Poço II
Na (mg/L)	35,9 ± 11,09	29,4 ± 8,16
K (mg/L)	3,7 ± 0,58	4,7 ± 0,58
Ca (mg/L)	2,3 ± 0,58	2,3 ± 0,58
Mg (mg/L)	7,2 ± 0,50	8,7 ± 1,91
RAS	16,4 ± 5,18	12,5 ± 3,73

Os valores de sódio (Na) registrados nas amostras analisadas caracterizam baixa concentração desses íons nos meses da pesquisa. Apesar de não existir um limite de sódio estabelecido na Resolução Conama nº 396/2008 (CONAMA, 2008), quando se refere ao uso na irrigação, esse parâmetro é muito importante e é utilizado para cálculo da Razão de Absorção de Sódio (RAS), a qual será comentada posteriormente. Quando a água é destinada ao consumo humano, o valor máximo estabelecido na Portaria MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021) é 200 mg/L; assim, os valores encontrados neste trabalho são bem inferiores.

O potássio (K) é um elemento químico abundante no solo, porém é encontrado em pequenas quantidades nas águas subterrâneas, fato que é comprovado a partir dos resultados obtidos neste trabalho. O teor médio de potássio nas águas subterrâneas avaliadas por Stein *et al.* (2012) foi de 1,37 mg/L, considerado um valor muito baixo, corroborando esta pesquisa.

O potássio é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais, sendo a lixiviação das rochas a sua principal fonte natural. A função mais importante desse elemento é a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extracelular (ESTEVEZ, 2011; PIRATOBA *et al.*, 2017).

As concentrações de cálcio (Ca) foram observadas em baixas quantidades, sendo inferiores a valores encontrados na literatura. O teor de cálcio nas águas subterrâneas do aquífero Barreiras foi, em média, de 4,17 mg/L (STEIN *et al.*, 2012), assemelhando-se aos resultados do presente trabalho.

O cálcio é um nutriente importante para as plantas, ajudando a impedir o estresse causado pela presença de salinidade. Porém, teores muito elevados desse elemento são atribuídos a efluentes de atividades industriais.

Os valores referentes ao magnésio (Mg) tiveram uma pequena variação, porém permaneceram bem abaixo do quantitativo de referência, que, segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013), é de no máximo 150 mg/L. Aguiar *et al.* (2019) obtiveram valores de magnésio variando entre 0,432 mg/L e 15,6 mg/L, corroborando o presente trabalho.

O conhecimento dos valores de Na, Ca e Mg é necessário para o cálculo da RAS, parâmetro que avalia a concentração de sódio em relação ao cálcio e ao magnésio presentes em água. A importância do cálculo da RAS consiste em evitar a degradação

do solo, pois a predominância de sódio induzirá a troca de cálcio e magnésio por íons sódio, causando perda da estrutura do solo e permeabilidade (ALMEIDA, 2010).

Na Tabela 3, estão expostas as classificações da água de acordo com Richards (1954), levando em consideração os quantitativos da condutividade elétrica (Tabela 1) e a Razão de Absorção de Sódio (RAS) (Tabela 2). Segundo Richards (1954), as águas para irrigação são classificadas de acordo com a salinidade e a sodicidade. Sendo assim: C₁ – baixo, C₂ – médio, C₃ – alto e C₄ – muito alto, para risco de salinização; e S₁ – baixo, S₂ – médio, S₃ – alto e S₄ – muito alto para risco de sodificação.

Ao observar a Tabela 3, nota-se que a maioria das amostras podem ser classificadas como águas com baixo risco de salinização; apenas uma amostra proveniente do Poço I apresentou risco médio. Com relação ao risco de sodificação, verifica-se que, para os dois poços, existe o risco médio/alto de sodificação, o que pode se tornar um perigo para a agricultura se medidas de prevenção não forem adotadas.

Tabela 3 ►

Classificação e possibilidades de salinização e sodificação de solos mediante irrigação com água dos poços I e II no período de novembro/2017 a janeiro/2018.

Fonte: dados da pesquisa, baseados em Richards (1954)

Poços	Classificação		
	Nov	Dez	Jan
I	C ₁ S ₃	C ₁ S ₂	C ₂ S ₃
II	C ₁ S ₃	C ₁ S ₂	C ₁ S ₂
Risco de salinização	Baixo	Baixo	Médio/baixo
Risco de sodificação	Alto	Médio	Alto/médio

Ao avaliarem a qualidade de água subterrânea no sertão baiano, grande parte das amostras de Lima *et al.* (2020) apresentaram classificação C₃S₂, indicando alto grau de salinidade e teores médios de sódio. Segundo os autores, deve-se tomar cuidado ao utilizar essas águas, ou seja, elas devem ser usadas apenas em áreas com boa drenagem, garantindo a lixiviação dos sais, e em cultivos de culturas tolerantes à salinidade.

Já Chianca *et al.* (2020), avaliando a qualidade da água de barragem subterrânea do sítio Boágua, município de Caraúbas-RN, obtiveram baixo risco de salinização da área cultivada, porém os riscos de sodificação do solo mostraram-se mais problemáticos, pois a água apresentava moderado grau de restrição na avaliação da infiltração no solo.

A sodificação dos solos pela água é muito mais agressiva do que a salinização, uma vez que tal acontecimento ocasiona perda da qualidade física do solo, ficando este mais resistente ao manejo necessário (CAVALCANTE *et al.*, 2012).

Os problemas com a salinização e a sodificação podem acontecer em todas as áreas produtivas, uma vez que aproximadamente 10% da terra arável mundial é comprometida pela salinidade e pela sodicidade. Estima-se que cerca de 10 milhões de hectares de áreas irrigadas no mundo são desprezadas a cada ano, devido à salinização e à sodificação dos solos (FAO, 2015; SHAHID; ZAMAN; HENG, 2018).

4 Conclusão

Os resultados dos parâmetros físico-químicos indicaram que a água possui uma boa qualidade, não apenas para o uso na agricultura irrigada, mas também para o uso mais restritivo, como o consumo humano.

Quanto ao risco de salinização, as águas dos dois poços avaliados apresentaram baixo risco, exceto em uma amostra do Poço I, a qual teve o risco de salinização classificado como médio.

Embora as concentrações de sódio encontradas tenham sido consideradas baixas, o risco de sodificação para os dois poços foi classificado como médio/alto, isso porque essa classificação é baseada na Razão de Absorção de Sódio (RAS), que leva em consideração também as concentrações de cálcio e magnésio.

As águas dos referidos poços podem ser usadas para irrigação, no entanto, é importante acompanhar as concentrações de sódio, cálcio e magnésio, devido ao risco de sodificação, para avaliar possíveis aumentos desse risco e evitar a degradação do solo.

Financiamento

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

AGUIAR, C. N. H.; ANDRADE, C. K. B. L.; MOURA, T. N. B.; CARVALHO, J. O.; OLIVEIRA, F. C. Análise dos padrões de qualidade físico-química de amostras de água mineral comercializada em Teresina-PI. **Revista Interdisciplinar**, v. 12, n. 3, p. 27-36, 2019. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7961772>. Acesso em: 29 maio 2023.

ALCALDE-SANZ, L.; GAWLIK, B. M. **Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge**: Towards a legal instrument on water reuse at EU level, EUR 28962 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.2760/804116>.

ALMEIDA, M. C.; SILVA, M. M.; PAULA, M. Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e Ph da água. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 25-40, 2017. DOI: <https://doi.org/10.9771/gesta.v5i1.17396>.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/875385/1/livroqualidadeagua.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2021.

ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; RODRIGUES, D. F. B. Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 496-504, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000500005>.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF – WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington, D.C.: APHA: AWWA: WEF, 1998.

ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1726>.

BELIZÁRIO, T. L.; SOARES, M. A.; ASSUNÇÃO, W. L. Qualidade da água para irrigação no projeto de assentamento Dom José Mauro, Uberlândia-MG. **Revista Gestão Tecnologia e Ciências**, v. 3, n. 5, p. 53-73, 2014. Disponível em: <https://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/getec/article/view/430>. Acesso em: 16 dez. 2021.

BRAGA, E. S.; FREITAS, C. B.; MENDES, L. S. A. S.; AQUINO, M. D. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 17-24, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i1.28969>.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 9 nov. 2021.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, P. D. Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F. **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. Cap. 1, p. 17-65.

CHIANCA, C. G. C.; BATISTA, R. O.; SILVA, C. K.; SOUZA, A. A. Qualidade da água de barragens subterrâneas do município de Caraúbas/RN. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7444-7456, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/6904>. Acesso em: 16 dez. 2021.

COELHO, S. C.; DUARTE, A. N.; AMARAL, L. S.; SANTOS, P. M.; SALLES, M. J.; SANTOS, J. A. A.; SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em comunidade rural da cidade de São Luís, MA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 1, p. 156-167, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1962>.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF: Conama, 2008. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-396-de-3-de-abril-de-2008/view>. Acesso em: 23 nov. 2018.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Status of the world's soil resources**. Roma: FAO, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>. Acesso em: 29 maio 2023.

FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C.; FIGUEIREDO, M. A. Análise do índice de qualidade de água na bacia do Córrego do Rio Acima, São João Del-Rei/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 15, p. 94-105, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17271/231884723152015994>.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. rev. Brasília, DF: Funasa, 2013. 150 p.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 43-62.

KODIREKKALA, K. R. Internal and external factors affecting loss of traditional knowledge: evidence from a horticultural society in South India. **Journal of Anthropological Research**. v. 73, n. 1, p. 22-42, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1086/690524>.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LIMA, B. R.; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 679-689, 2020. DOI: [http://dx.doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071615](http://dx.doi.org/10.21438/rbgas(2020)071615).

MARINS, R. V.; PARAQUETTI, H. H. M.; AYRES, G. A. Alternativa analítica para especiação físico-química de mercúrio em águas costeiras tropicais. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 372-378, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000300007>.

MIGLIORINI, P.; WEZEL, A. Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, 63, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0472-4>.

NUNES, E. M.; MORAIS, A. C.; AQUINO, J. R.; GURGEL, I. A. O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) como mecanismo de política de inclusão na agricultura familiar do Nordeste do Brasil. **Revista Grifos**, v. 27, n. 45, p. 114-139, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22295/grifos.v27i45.4454>.

NUNES, E. M.; SCHNEIDER, S. Reestruturação agrícola, instituições e desenvolvimento rural no Nordeste: a diversificação da agricultura familiar do Polo Açu-Mossoró (RN). **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 601-626, 2014. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/index.php/ren/article/view/82>. Acesso em: 17 dez. 2021.

PARAÍBA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA – PB. **Zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. João Pessoa: UFPB: Eletro Consult, 1978. 448 p.

PENA, R. F. A. Distribuição da água no Brasil. **Brasil Escola**. 2017. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em: 22 set. 2021.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>.

POHLING, R. **Reações químicas na análise de água**. Fortaleza: Arte Visual, 2009. 334 p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2003.

RIBEIRO, C. S.; OLIVEIRA, G. G. A questão hídrica no semiárido baiano: conflitos pelo uso da água e as tecnologias sociais de aproveitamento de água de chuva. **Revista del CESLA**, v. 23, p. 355-382, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/2433/243360564016/html/>. Acesso em: 16 dez. 2021.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos**. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 5. ed. México: Limusa, 1954. 172 p.

SANDRI, D.; ROSA, R. R. B. Atributos químicos do solo irrigado com efluente de esgoto tratado, fertirrigação convencional e água de poço. **IRRIGA – Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 18-33, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p18-33>.

SHAHID, S. A.; ZAMAN, M.; HENG, L. Soil salinity: historical perspectives and a world overview of the problem. *In*: ZAMAN, M.; SHAHID, S. A.; HENG, L. (ed.). **Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques**. Cham: Springer, 2018. p. 43-53. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_2.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 242-245, 2011a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200019>.

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 7, n. 3, p. 1-15, 2011b. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/134>. Acesso em: 17 dez. de 2021.

SOUZA, C. A.; ARAUJO, Y. R.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; BARROS, B. E. A. Análise comparativa da qualidade de água para irrigação em três sistemas hídricos conectados no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 6, p. 1011-1022, 2016. Disponível em: <https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/481>. Acesso em: 18 dez. 2021.

SOUZA, M.; RIBEIRO, A. A. Qualidade da água para fins de irrigação em regiões áridas e semiáridas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 13, n. 4, p. 355-359, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2019v13n4p355-359>.

STEIN, P.; DINIZ FILHO, J. B.; LUCENA, L. R. F.; CABRAL, N. M. T. Qualidade das águas do aquífero Barreiras no setor sul de Natal e norte de Parnamirim, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, suppl. 1, p. 226-237, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5327/Z0375-75362012000500018>.

VILLANUEVA, T. C. B.; LEAL, L. R. B.; ZUCCHI, M. R.; AZEVEDO, E. G.; VILLANUEVA, P. R. A. Diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas e elaboração do mapa de uso e ocupação dos solos na região de Irecê-BA. **Águas Subterrâneas**, v. 29, n. 1, p. 30-41, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v29i1.27932>.

WEZEL, A.; FRANCIS, C. Agroecological practices: potentials and policies. In: WEZEL, A. (ed.). **Agroecological practices for sustainable agriculture: principles, applications, and making the transition**. Hackensack, NJ: World Scientific, 2017. Cap. 16, p. 463-480. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=ygQrDwAAQBAJ>. Acesso em: 12 nov. 2021.