

# Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil

**Brisa Ribeiro de Lima\***, **Elcivan Pereira Oliveira**, **Enok Pereira Donato Júnior** e **Felizarda Viana Bebé**

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano. *Campus Guanambi*. Caixa Postal nº 09. Distrito de Saída para Ceraíma. Zona Rural. Guanambi-BA, Brasil (CEP 46430-000). \*E-mail: [brisa\\_lima2@hotmail.com](mailto:brisa_lima2@hotmail.com).

**Resumo.** No Território Sertão Produtivo a irregularidade da precipitação faz da irrigação imprescindível para fornecer água para as lavouras. Na ausência de águas superficiais, o uso de água subterrânea é a única opção para todas as atividades agropecuária, principalmente para irrigação. Por isto, conhecer a qualidade da água utilizada é fundamental para a preservação do solo e garantia da produtividade das culturas. Diante do contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade e caracterizar o uso da água subterrânea pelos agricultores familiares do Município de Candiba, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. Foram amostrados 83 poços em 20 comunidades rurais. Em laboratório foram determinadas a condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), a concentração de sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbonatos ( $\text{CO}_3$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ) e cloreto (Cl) e calculou-se a relação de adsorção de sódio (RAS). Após a obtenção de dados, os poços foram classificados pelo risco de salinização, sodificação e quanto ao nível de restrição de uso da água para irrigação. A população rural do Município de Candiba é extremamente dependente do uso de água subterrânea para atividades agropecuárias. Nenhum poço apresentou alta produtividade/vazão, apenas 12% das águas amostradas enquadram-se na classe C2S1, a melhor classificação encontrada, e 35% dos poços apresentam nível alto de salinidade e médio de sodificação (C3S2). A maioria dos poços possui atividade mista, com alguma restrição de uso da água para irrigação e com perigo de salinidade e sodificação acentuado.

**Palavras-chave:** Irrigação; Sais solúveis; Semiárido baiano; Brasil.

**Abstract.** *Use and quality of underground water used by family farmers in the Sertão Productive Territory, Bahia State, Northeast Brazil.* In the Sertão Productive Territory, irregular rainfall makes irrigation essential to supply water for crops. In the absence of surface water, the use of groundwater is the only option for all agricultural activities, mainly for irrigation. For this

Recebido  
13/02/2020

Aceito  
28/07/2020

Disponível *on line*  
09/08/2020

Publicado  
31/08/2020

 Acesso aberto



 ORCID

-  0000-0001-5168-4797  
Brisa Ribeiro de Lima
-  0000-0002-2454-9693  
Elcivan Pereira Oliveira
-  0000-0003-1227-1417  
Enok Pereira Donato Júnior
-  0000-0001-5459-6303  
Felizarda Viana Bebé

reason, knowing the quality of the water used is essential for preserving the soil and guaranteeing crop productivity. Given the context, the objective of this study was to assess the quality and characterize the use of groundwater by family farmers in the Municipality of Candiba, Bahia State, Northeast Brazil. 83 wells were sampled in 20 rural communities. In the laboratory, electrical conductivity (EC), hydrogen potential (pH), sodium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), carbonates ( $\text{CO}_3$ ), bicarbonates ( $\text{HCO}_3$ ) and chlorides (Cl) and the sodium adsorption ratio (SAR) was calculated. After obtaining data, the wells were classified by the risk of salinization, sodification and the level of restriction of water use for irrigation. The rural population of the Municipality of Candiba, is extremely dependent on the use of groundwater for agricultural activities. No well presented high productivity/flow, only 12% of the sampled waters fall in class C2S1, the best classification found, and 35% of the wells have a high level of salinity and average sodification (C3S2). Most of the wells have mixed activity, with some restrictions on the use of water for irrigation and with a risk of marked salinity and sodification.

**Keywords:** Soluble salts; irrigation; Semiarid of Bahia State; Brazil.

## Introdução

A Região Nordeste do Brasil apresenta uma grande diversidade edafoclimática, o que proporciona ao setor agrícola a possibilidade de conduzir diferentes cultivos. Entretanto, com a irregularidade da precipitação, torna-se imprescindível o uso da irrigação, uma vez que o índice pluviométrico não atende à demanda evapotranspirométrica das culturas. Para municípios que não são atendidos com água dos recursos hídricos superficiais, o uso de água subterrânea passa a ser a única fonte para todas as atividades agropecuária, principalmente para irrigação.

No semiárido, a maior exigência de água das culturas para atender às suas necessidades fisiológicas, somadas à elevada evapotranspiração do período de estiagem, geram um intenso uso da água pelos agricultores, provocando o aumento concentração de sais dos poços de água subterrânea. O município de Candiba está localizado na porção sudoeste do estado da Bahia, pertencente ao semiárido nordestino, dentro do território de identidade Sertão Produtivo. A agricultura familiar movimenta a economia local, e maioritariamente, estes agricultores fazem uso da água subterrânea de poços tubulares, permitindo que a agricultura seja praticada todo o ano, mesmo no período de seca.

Além das adversidades climáticas ambientais, susceptibilidade ao processo de desertificação e sistemas extremamente explorados dos recursos naturais, a agricultura familiar é praticada de forma empírica, utilizando os escassos recursos hídricos existentes de forma inadequada (Santos et al., 2016). Para alcançar a sustentabilidade na agricultura irrigada, é necessário que os agricultores conduzam de forma adequada o manejo da irrigação. O conhecimento da qualidade da água subterrânea, relativa à concentração salina, torna-se ferramenta necessária para o planejamento da exploração desse recurso hidrológico e para o manejo empregado. Segundo Ayers e Westcot (1985), a água utilizada para irrigação, mesmo apresentando baixos níveis de salinidade, poderá acarretar um processo de salinização, caso não seja manejada de forma adequada.

A água salina que chega para a agricultura irrigada pode ocasionar limitações para o seu desenvolvimento. Dependendo das concentrações, pode haver queda relativa do rendimento ou a inviabilização total ou parcial da atividade. Além disso, a deterioração dos equipamentos de irrigação e da infraestrutura associada (canais e reservatórios) é outro problema comum da má qualidade da água, ocasionando corrosão, incrustação, entupimento de aspersores e impactos econômicos que tende a diminuir a eficiência de irrigação (ANA, 2017).

Estima-se que 10% da terra arável mundial são afetadas pela salinidade e sodicidade, distribuídos em um bilhão de hectares pelo mundo. Entre 25% e 30% das terras irrigadas são afetadas por sais e em todo o mundo, cerca de 10 milhões de hectares de áreas irrigadas são abandonadas anualmente por salinização e sodificação (FAO, 2015; Shahid et al., 2018). No Brasil, existem cerca de 4,5 milhões de hectares que apresentam algum grau de salinização e a maioria desses solos se localiza no semiárido nordestino (Pinheiro et al., 2013). Diante disso, é fundamental o conhecimento da qualidade deste recurso natural para evitar estes problemas na produção agrícola e que comprometa a qualidade de vida dos agricultores familiares, interferir na sobrevivência e gestão social das famílias.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o uso e avaliar a qualidade de água subterrânea utilizada pela agricultura familiar do Município de Candiba-BA, apontar riscos de salinização, sodificação das áreas e restrição de uso da água para a irrigação.

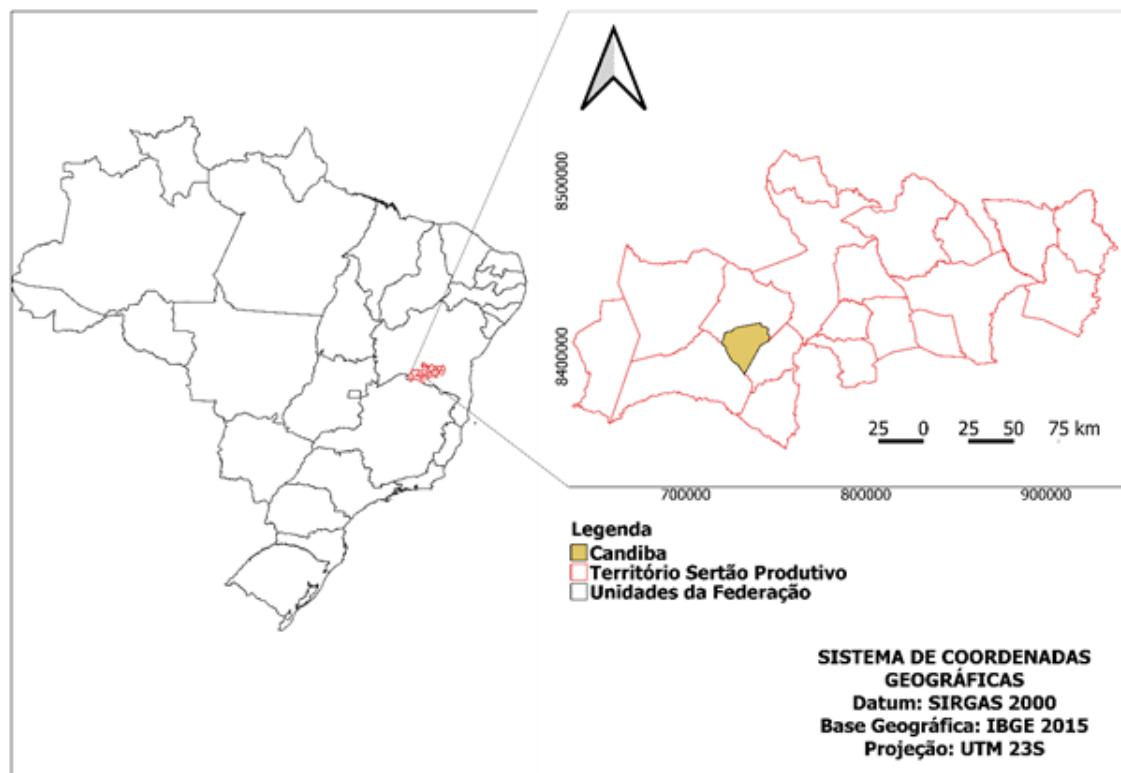
## Material e métodos

O estudo foi realizado no Município de Candiba (Figura 1), localizada no sudoeste baiano, nas coordenadas de referências 14° 24' 07" S 42° 51' 44" W a 563 m de altitude, com precipitação média anual de 688 mm, clima semiárido (BSh) pela classificação de Köppen (Alvares et al., 2013). Foram levantadas informações referentes às características construtivas, as características hidrogeológicas, de uso atual das fontes de água e de seu entorno. Foram amostrados 83 poços tubulares em 20 comunidades rurais do município, sendo elas Anta Gorda, Lagoa da Pedra, Lagoa dos Prates, Arrogante, Mulungunzinho, Barreiro Grande, Correia, Quati, Coronha, Murzelo, Capivara, Riachão, Dourado, Vargem do Rancho, Lagoa dos Anjos, Lagoa de Felipe, Pajeú, Garças, Gameleira e Lagoa do Pinheiro.

As amostras de água subterrânea foram coletadas durante a estação da seca, pois este é o período de maior uso das águas subterrâneas na região. Foram coletadas na saída imediata de cada poço, antes de passar por reservatórios, para evitar a evaporação ou precipitação dos sais. Em cada poço amostrado foram coletados 2 litros de água, acondicionados em dois recipientes plásticos devidamente higienizados. Para análise da dureza foi adicionado em um dos recipientes, ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) para conservação da amostra.

As amostras de água foram devidamente etiquetadas, armazenadas e encaminhadas para o laboratório do Instituto Federal Baiano, Campus Guanambi. Foram determinadas a condutividade elétrica (CE) com auxílio do condutivímetro digital, potencial hidrogeniônico (pH) com o pHmetro digital, a concentração de sódio (Na) com o fotômetro de chama e as concentrações de cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbonato ( $\text{CO}_3$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) por titrimetria, todos de acordo com a metodologia proposta pela APHA (1998). Com base na concentração desses íons, calculou-se a relação de adsorção de sódio (RAS) apresentada pelo modelo matemático de Yaron (1973) (Equação 1).

$$\text{RAS} = \text{Na} / ((\text{Ca} + \text{Mg} / 2)) \quad (\text{Equação 1})$$



**Figura 1.** Localização da região de estudo, município de Candiba-BA.

Após a tabulação dos dados, as amostras foram distribuídas quanto à produtividade dos poços em muito alta ( $> 100 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ), alta (40 a  $100 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ), média (10 a  $40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ), baixa (3 a  $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ) e muito baixa [ $< 3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ], de acordo com a vazão apresentada. Os poços da região em estudo foram classificados em três classes de restrição de uso da água (nenhum, moderada e severa restrição), cujos limites estão expressos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Classes de restrições de uso da água para irrigação.

Variável	Classe de restrição de uso para irrigação		
	Nenhuma	Moderada	Severa
CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	$< 0,7$	0,7 a 3,0	$> 3,0$
Na ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$< 68,9$	$> 68,9$	-
Ca + Mg ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$< 322$	322 a 966	$> 966$
$\text{HCO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$< 91,6$	91,6 a 519	$> 519$
Cl ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$< 106,3$	$> 106,3$	-

**Fonte:** Adaptado Ayers e Westcot (1985).

Foram ainda classificadas de acordo com o potencial perigo de salinidade e sodificação (alcalinização), estabelecido pelo diagrama de classificação de águas para

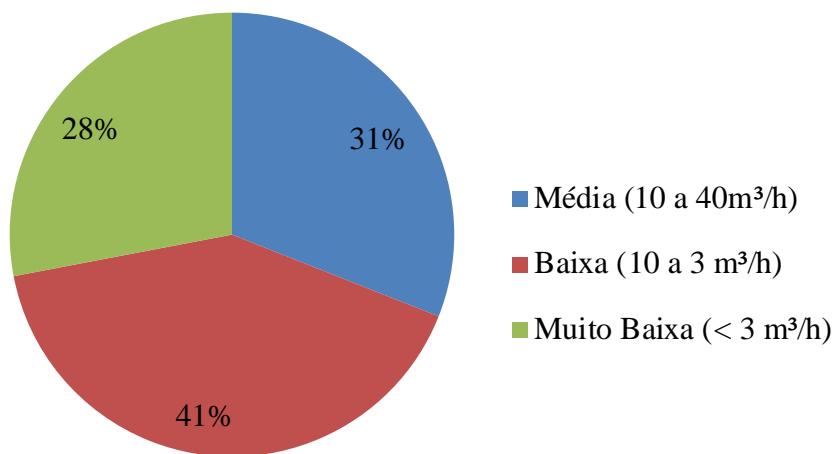
irrigação. De acordo com Richards (1954), as águas são divididas em classes segundo sua condutividade elétrica (representada pela letra C) e a Relação de Adsorção de Sódio - RAS (representada pela letra S). A salinidade é classificada entre C1 e C4 em que C1 representa baixa salinidade; C2, salinidade média; C3, com alta salinidade; C4, salinidade muito alta. A sodificação pode ser classificada entre S1 e S4, em que S1 representa baixo teor de sódio; S2, teor médio de sódio; S3, teor alto de sódio; S4, água com teor muito alto de sódio. As combinações destas variáveis geram 16 classes de qualidade de água para irrigação. Os dados obtidos foram submetidos à estatística descritiva e confecção de gráficos.

## Resultados e discussão

### Identificação hidrogeológica e caracterização do uso das águas subterrâneas

A população rural do Município de Candiba apresenta-se dependente do uso de água subterrânea, uma vez que as condições climáticas não permitem a produção agrícola por todo o ano. Desta forma a produtividade dos poços artesianos é fundamental para manter a produção. Entretanto precipitações pluviométricas reduzidas e concentradas – no tempo e no espaço, aliadas ao fator geológico (rochas cristalinas) determinam condições deficientes de alimentação, armazenamento e circulação, que resultam em reservatórios restritos, aleatórios, pouco produtivos e, como consequência fornecem águas geralmente salinizadas. O subsolo da região estudada é formado por aquíferos fissurais, representado por fraturas e diaclases e apresenta, em geral, potencial hidrogeológico fraco, seja pelo aspecto quantitativo (condições deficientes de alimentação e circulação), seja pelo aspecto qualitativo (água com alto teor salino) (IBGE, 2013).

Na Figura 2 observa-se que a produtividade dos poços na região de estudo é predominantemente média. Vale ressaltar que nenhum dos poços amostrados apresentou produtividade alta ou muito alta.

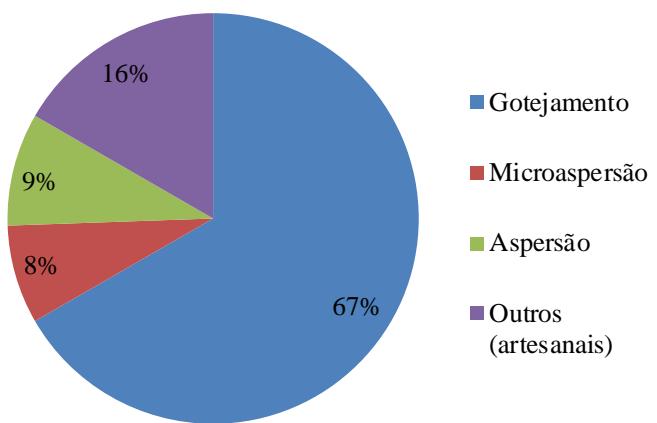


**Figura 2.** Distribuição percentual da produtividade dos poços do Município de Candiba-BA.

Quanto ao uso das águas exploradas do subsolo das propriedades estudadas, ressalta-se que 26% dos poços coletados são destinados para a irrigação de áreas agrícolas e 74% dos poços possuem atividade mista, ou seja, a água captada é utilizada em atividades de subsistência, de caráter doméstico, para irrigação de áreas agrícolas e para dessedentação animal. Foram amostrados nove poços comunitários que juntos abastecem

346 famílias. Estas fazem uso misto da água em atividades como consumo animal, uso doméstico e até mesmo regar jardins ou quintais, não sendo permitido uso para fins agrícolas.

Os valores porcentuais referentes aos métodos de irrigação utilizados nas propriedades estão ilustrados na Figura 3. Dentre as propriedades avaliadas 67% utilizam o gotejamento como método de irrigação das culturas. Alguns agricultores relataram que quando utilizaram outros métodos de irrigação que molhavam a superfície das folhas, a mesmas tornavam-se necrosadas. Belizário et al. (2014) destacaram que o tipo de irrigação a ser utilizado apresenta influência na absorção de sais, ou seja, quando da utilização do método de irrigação por aspersão a toxicidade é mais rápida, pois a absorção é realizada diretamente pelas folhas, justificando o uso de irrigação localizada pela maioria dos agricultores. Dentre o grupo métodos artesanais foram identificados o uso de regadores manuais e mangueiras para molhamento de hortaliças e fruteiras.



**Figura 3.** Distribuição percentual dos métodos de irrigação utilizados por agricultores familiares do Município de Candiba-BA.

### Determinação de parâmetros da qualidade das águas subterrâneas

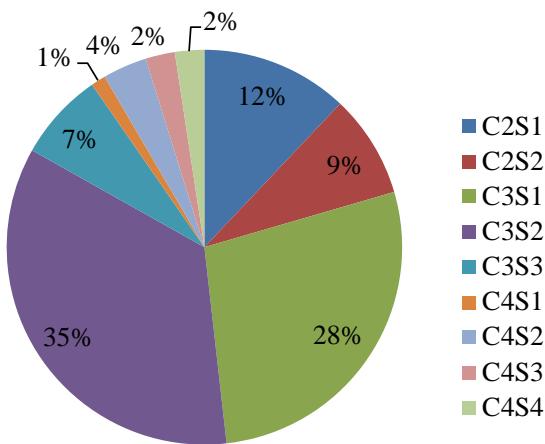
As características químicas da água subterrânea são resultado do meio pelo qual percola. Processos geoquímicos, físicos, biológicos e litológicos determinam as substâncias que a compõe, ou seja, a qualidade da água subterrânea depende das rochas que a armazenam, contudo também pode ser influenciada por atividades antropogênicas diversas, como agricultura, descarte de resíduos urbanos e industriais, entre outras fontes poluidoras.

A determinação da condutividade elétrica (CE) permite avaliar o perigo que a água oferece, em termos de salinização do solo. A salinidade é influenciada pelos condicionantes hidrológicos e climáticos, seja pelo efeito da diluição dos sais pela recarga pluviométrica, seja pelo efeito de concentração pela evaporação acentuada (Andrade et al., 2012), ressaltando que nas condições do semiárido a concentração dos sais é muito comum.

A classificação da água de irrigação de acordo com o risco de problemas de infiltração de água no solo deve estar baseada na RAS e na CE da água de irrigação, levando-se em conta que, quanto maior a salinidade da água menor será o efeito dispersante do sódio, uma vez que os sais atuam no solo de maneira oposta ao sódio, ou

seja, os sais presentes na solução do solo têm efeito floculante, aumentando a infiltração (Ayers e Westcot, 1985).

Os valores de condutividade elétrica (CE) e a estimativa da relação de absorção de sódio (RAS) das amostras de água subterrânea foram combinados e comparados no diagrama de classificação de águas para irrigação (Richards, 1954). A Figura 4 evidencia que apenas 12% das águas amostradas enquadram-se na classe C2S1, a melhor classificação encontrada na região de estudo. Esta água apresenta salinidade média e baixo teor de sódio.



**Figura 4.** Distribuição percentual da classificação das amostras de água subterrânea comparadas no diagrama de classificação de águas para irrigação de Richards (1954).

A maior parte dos poços amostrados apresenta classificação C3S2 (35%), um dado preocupante, uma vez que esta classe indica alto grau de salinidade e teores médios de sódio. O uso destas águas deve ser cautelar, apenas em áreas com boa drenagem para garantir a lixiviação dos sais e para irrigação de plantas tolerantes à salinidade. O manejo inadequado desta água para irrigação de lavouras no semiárido contribui para o processo de desertificação dos solos da região estudada. Castro e Santos (2020) avaliaram a salinidade do solo e o risco de desertificação na região semiárida, ressaltam que a deficiência de drenagem e a saturação por sódio são fatores de risco para salinização de solos se mal manejados e alertam que apesar de solos arenosos e bem drenados o valor de CE alto pode ser resultado de anos de irrigação e ausência de engenharias de drenagem construída na área sobre plantação.

Outra variável estudada foi a dureza da água, este parâmetro refere-se, principalmente, à concentração de íons de cálcio e magnésio em solução, formando precipitados, sendo expressa como  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . A dureza pode causar sabor desagradável à água, formação de biofilmes, efeito laxativo, e influenciar a capacidade de formar espuma por sabão e detergente (Coelho et al., 2017). Dos poços amostrados apenas 3,5% apresentaram valores elevados de dureza ( $> 965,8 \text{ mg L}^{-1}$ ), de acordo com os limites estabelecidos por Ayers e Westcot (1985).

A alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). Nas amostras, apenas 5% ultrapassaram os limites estabelecidos por Ayers e Westcot (1985) ( $> 519 \text{ mg L}^{-1}$ ). Com maior frequência, a alcalinidade da água é devida a bicarbonatos produzidos pela ação do gás carbônico

dissolvido na água sobre as rochas calcárias. Nas águas naturais, as variações destes parâmetros são ocasionadas geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), realizados por organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos (Coelho et al., 2017).

Além da alcalinidade, o pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido ( $\text{CO}_2$ ) e dos ácidos orgânicos disponíveis nos solos que aumentam a acidez das águas subterrâneas. O pH apresenta uma forte correlação com o bicarbonato e alcalinidade e indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água e que pode influenciar em vários processos biológicos e químicos nos corpos d'água (Gomes e Cavalcante., 2017). Ayers e Westcot (1985) indicam uma faixa normal de pH compreendida entre valores de 6,5 a 8,4 e apenas 3,5% das amostras apresentaram leve queda de pH em relação a faixa ideal.

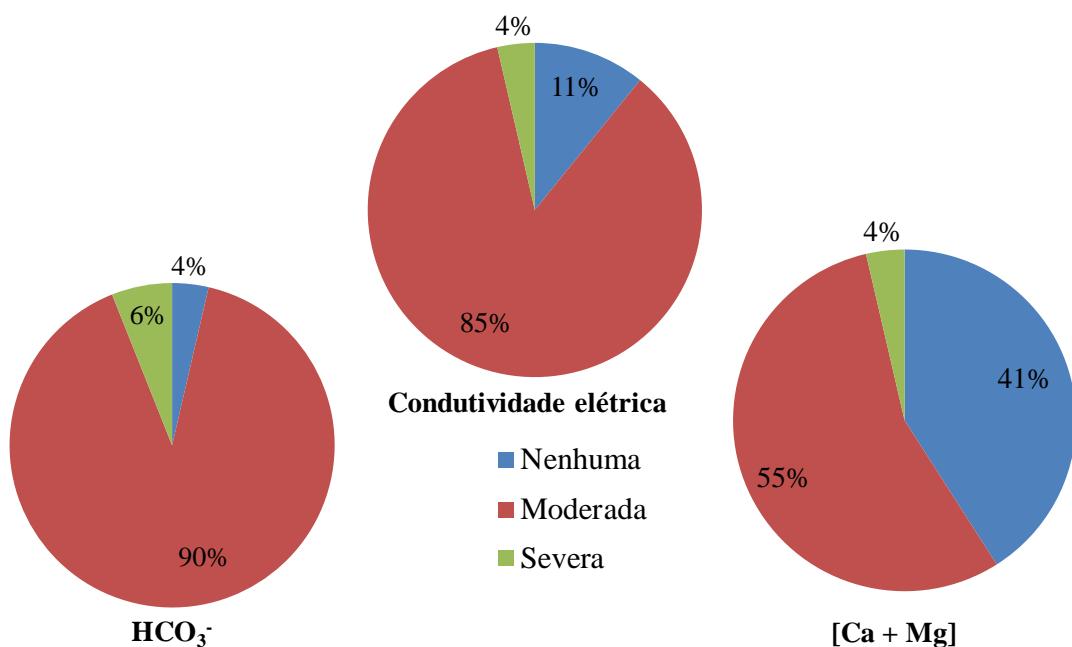
Salienta-se que valores baixos de pH contribuem para a corrosão das tubulações, enquanto valores elevados podem colaborar com a ocorrência de incrustações no sistema de irrigação. O pH é utilizado como indicativo de acidez ou alcalinidade de uma solução, sendo um dos atributos mais estudados na determinação da qualidade de água. Este indica a condição ácida ( $\text{H}^+$ ) ou alcalina ( $\text{OH}^-$ ), que podem ter como origem os fatores naturais do solo ou resultantes dos processos de poluição e contaminação da água que eleva a carga de poluentes dissolvidos (Belizário, 2016).

O conteúdo de cloretos nas águas subterrâneas pode resultar em toxidez às culturas mais sensíveis e a irrigação por aspersão favorece a absorção de cloreto pelas folhas, potencializando o problema. Nenhuma amostra de água subterrânea apresentou teores significativos de cloretos.

No tocante às classes de restrições de uso da água para irrigação (Figura 5), definidas por Ayers e Westcot (1985) (Tabela 1), 4% dos poços tubulares foram classificados com restrição severa de uso para o parâmetro de condutividade elétrica, em relação à alcalinidade apenas 6% e a dureza 4%. Para a variável sódio ( $\text{Na}$ ) não houve restrições severas, 48% dos poços apresentaram restrição moderada e 52% nenhuma restrição para uso da água na irrigação. Essa classificação corrobora com a determinada por Richards (1954) que apontou poucas áreas com risco de sodificação, contudo muitas áreas com risco de salinização em vários níveis.

Para áreas de salinidade e teores de sódio elevados, é recomendada a diluição em água de boa qualidade. A construção de barragens, tanques, caixas é alternativa de captação de água da chuva. A água da chuva possui baixos teores de sais solúveis e nesta região o armazenamento da mesma para diluição das águas salinizadas é a solução mais viável. Outras técnicas como dessalinização podem se tornar extremamente onerosas e inviáveis para o cenário da agricultura familiar de Candiba-BA.

A previsão sazonal climática corresponde a melhor maneira de analisar a intensidade e extensão da seca, para que se possa conhecer os impactos da variabilidade climática, identificando assim, as vulnerabilidades e permitindo uma melhor tomada de decisões em termos de medidas de adaptação à seca (Marengo et al., 2016). A utilização consciente das águas subterrâneas garanti a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva mesmo em períodos de estiagem, pois conserva a qualidade dos solos, garante a produção das culturas e não compromete a soberania, segurança alimentar e nutricional das comunidades rurais.



**Figura 5.** Distribuição da percentual condutividade elétrica, alcalinidade  $[\text{HCO}_3^-]$  e dureza  $[\text{Ca} + \text{Mg}]$  em poços do Município de Candiba-BA.

## Conclusões

A população rural do Município de Candiba-BA é dependente da água subterrânea advinda dos poços tubulares.

Dos poços amostrados, 26% são destinados apenas para a irrigação de áreas agrícolas e 74% para atividades mistas (atividades domésticas, irrigação e dessedentação animal).

Os poços são de baixa produtividade, sobre um aquífero do tipo fissural de rochas cristalinas.

A maioria dos poços possui alguma restrição de uso na agricultura. Apenas 12% dos poços possuem água de qualidade para irrigação.

## Agradecimentos

Aos agricultores familiares do Município de Candiba-BA pela colaboração. Ao CNPq e ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pelo financiamento do trabalho e concessão das bolsas de pesquisa e extensão.

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Referências

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANA - Agência Nacional das Águas. **Atlas da irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: Agência Nacional das Águas, 2017.
- 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.
- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA, 1998.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO, 1985.
- Belizário, T. L.; Soares, M. A.; Assunção, W. L. Qualidade da água para irrigação no Projeto de Assentamento Dom José Mauro, Uberlândia-MG. **Revista Getec**, v. 3, n. 5, p. 53-73, 2014.
- Belizário, W. S. Análise ambiental de bacias hidrográficas urbanas: um olhar a partir da avaliação físico-química e microbiológica de águas superficiais. **Revista Mirante**, v. 9, n. 2, p. 87-116, 2016.
- Castro, F. C.; Santos, A. M. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Mercator**, v. 19, e19002, 2020. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002>
- Coelho, S. C.; Duarte, A. N.; Amaral, L. S.; Santos, P. M.; Salles, M. J.; Santos, J. A. A.; Martins, A. S. 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.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Status of the world's soil resources**. Roma: FAO, 2015.
- Gomes, M. C. R.; Cavalcante, I. N. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água subterrânea. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 1, p. 134-149, 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa hidrogeológico da Região Nordeste**. Brasília: IBGE, 2013.
- Marengo, J. A.; Cunha, A. P.; Alves, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanálise**, v. 3, n. 1, p. 49-54, 2016.
- Pinheiro, G. G.; Zanotti, R. F.; Paiva, C. E. C.; Lopes, J. C.; Gai, Z. T. Efeito do estresse salino em sementes e plântulas de feijão-guandu. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 901-912, 2013.
- Richards, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954.
- Santos, S. M.; Paiva, A. L. R.; Silva, V. F. Qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 3, p. 651-662, 2016. <https://doi.org/10.7127/rbai.v10n300394>

Shahid S. A., Zaman, M.; Heng, L. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Zaman, M. (Ed.). **Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques**. Cham: Springer, 2018. p. 43-53.

Yaron, B. Water suitability for irrigation. In: Yaron, E.; Danfors, E.; Vaadip, Y. (Eds.). **Arid zone irrigation**. Berlin: Springer-Verlag, 1973, p. 71-88.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.