

Qualidade da água subterrânea para consumo humano e sua correlação com fontes poluidoras na Sub-bacia do Rio Taperoá - PB

Quality of groundwater for human consumption and its correlation with polluting sources in the Taperoá River Sub-basin - PB

• **Data de entrada:**
13/06/2018


• **Data de aprovação:**
12/09/2018


Ewerton Braúllio Nascimento Bezerra^{1*} | Carla Isonaide Araujo da Silva¹ |
Celeide Maria Belmont Sabino Meira¹ | Rayssa de Lourdes Carvalho Marinho do Rêgo² |
Rui de Oliveira¹ | Ruth Silveira do Nascimento¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.032>


ORCID ID


Bezerra EBN  <https://orcid.org/0000-0003-1742-8137>

Silva CIA  <https://orcid.org/0000-0002-2723-1277>

Meira CMBS  <https://orcid.org/0000-0002-5981-6982>

Rêgo RLCM  <https://orcid.org/0000-0002-4134-0373>

Oliveira R  <https://orcid.org/0000-0002-1972-9809>

Nascimento RS  <https://orcid.org/0000-0002-1342-3075>

Resumo

O Nordeste brasileiro é caracterizado por longos períodos de estiagem, o que compromete a qualidade de vida da população, implicando maiores índices de doenças de veiculação hídrica. Diante disso, a utilização de águas subterrâneas por meio de poços vem se tornando uma das soluções alternativas de abastecimento mais acessíveis nessa região. Contudo, tal exploração exige cuidados, visto que as águas subterrâneas, a exemplo da sub-bacia do Rio Taperoá - PB, estão impróprias para o consumo humano. O objetivo deste trabalho foi analisar a adequação para consumo humano das águas de 8 poços tubulares e sua relação com fontes poluidoras na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá - PB. Entre os indicadores físico-químicos, na maioria dos poços, as concentrações de nitrato apresentaram não conformidade ao padrão de potabilidade, assim como as análises microbiológicas. De fato, os resultados analíticos indicaram que as águas dos poços analisados somente podem ser utilizadas para fins não potáveis.

Palavras-chave: Água subterrânea. Solução alternativa. Potabilidade. Análises. Poços. Fontes poluidoras. Qualidade da água.

Abstract

Brazil's Northeast region is characterized by long periods of drought, which compromises the quality of life of the population, implying in higher rates of waterborne diseases. Therefore, the use of groundwater by means of wells has become one of the most accessible alternative supply solutions in this region. However, such exploitation requires care since groundwater, such as the Taperoá River subbasin (PB), is unfit for human consumption. The objective of this work was to analyze the suitability for human consumption of the waters of 8 tubular wells and their relation with polluting sources in the Taperoá River basin - PB. Among the physical-chemical indicators, in most wells, nitrate concentrations showed non-compliance with the potability standard, as well as microbiological analyzes. In fact, the analytical results indicated that the analyzed wells could only be used for non-potable purposes.

Keywords: Subterranean water. Alternative solution. Potability. Analyzes. Wells. Pollution sources. Water quality.

¹ Universidade Estadual da Paraíba - Campina Grande - PB - Brasil.

² Universidade Federal de Campina Grande - Guarabira - PB - Brasil.

* **Autor correspondente:** ewertonbraullio@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida na Terra, sendo distribuída de forma aleatória, o que torna algumas populações humanas mais vulneráveis do que outras. Mas, infelizmente, esse recurso encontra-se cada vez mais limitado e exaurido pelas ações impactantes do homem nas bacias hidrográficas, degradando sua qualidade e prejudicando a população que dela faz uso (PAZ et al., 2000).

Segundo a Organização Mundial da Saúde, até o ano de 2025, metade da população mundial viverá em áreas de escassez hídrica, tornando-se cada vez mais difícil o acesso à água (WHO, 2015). No Brasil, especificamente no semiárido nordestino, há um histórico de baixos índices pluviométricos, que somados às limitações relacionadas à gestão dos recursos hídricos contribuem para uma ação negativa no fenômeno da seca, num cenário caracterizado por baixa cobertura de ações de saneamento básico, na maior parcela dos municípios. Esse cenário caracteriza a suscetibilidade dos recursos naturais regionais à escassez e à contaminação (ANA, 2013).

Segundo Caubet (2006), dois milhões de seres humanos, principalmente crianças, morrem anualmente nos países mais pobres por causa de doenças gastrointestinais relacionadas à falta de água tratada. No Brasil, vinte mil crianças menores de cinco anos morrem anualmente por doenças diarreicas (PORTELA et al., 2013).

Esse fato está diretamente relacionado com a pobreza hídrica associada ao uso de águas contaminadas, gerando cenários que propiciam a ingestão de água de qualidade desconhecida. Com isso, a adoção de soluções alternativas de abastecimento de água, tais como a exploração de água subterrânea por meio de poços, desempenha um papel importante no acesso à água em regiões com estiagens prolongadas (TUCCI et al., 2000).

De acordo com o Sistema de Informação de Águas Subterrâneas - SIAGAS, a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Taperoá-SBHRT, localizada no Nordeste brasileiro, possui 3079 poços cadastrados, sendo os municípios de Juazeirinho, Cabaceiras e Soledade os que possuem maior densidade de perfurações, concentrando 27,35% dos poços da SBHRT.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é avaliar por meio de análises físico-químicas e microbiológicas a adequação, para consumo humano, das águas dos poços, localizados nos municípios de Cabaceiras, Juazeirinho e Soledade, na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá, estado da Paraíba, conforme os padrões da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde e da Resolução CONAMA nº 396/2008.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá (6° 51'47" - 7° 34'33" Sul, 36° 00'10" - 37° 14'00" Oeste), localizada (Fig. 1) no Planalto da Borborema, estado da Paraíba, a aproximadamente 600 m de altitude e com área de 5.666,38 km². Os índices pluviométricos da região variam entre 400 e 600 mm, concentrados na quadra chuvosa de fevereiro a maio, sendo a vegetação predominante da caatinga (XAVIER et al., 2013).

A SBHRT compreende 23 municípios em sua área geográfica, distribuídos em três mesorregiões da Paraíba. O clima, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é BSh, que significa semiárido quente. As temperaturas mínimas variam de 18 a 22°C, nos meses de julho e agosto, e as máximas se situam entre 28 e 31°C, nos meses de novembro e dezembro (LACERDA, 2003). A evaporação potencial varia de 2.500 a 3.000 mm/ano, e os valores decrescem de oeste para leste, na sub-bacia (BARRETO et al., 2010).



Figura 1 - Localização da SBHRT no estado da Paraíba

Fonte: Adaptado da AESA, 2018

Foram analisadas amostras de águas subterrâneas de áreas urbanas e periurbanas de três municípios da SBHRT, Cabaceiras, Juazeirinho e So-

ledade (Fig. 2), que foram escolhidas pelo critério de possuírem o maior número de poços tubulares profundos nessa sub-bacia.

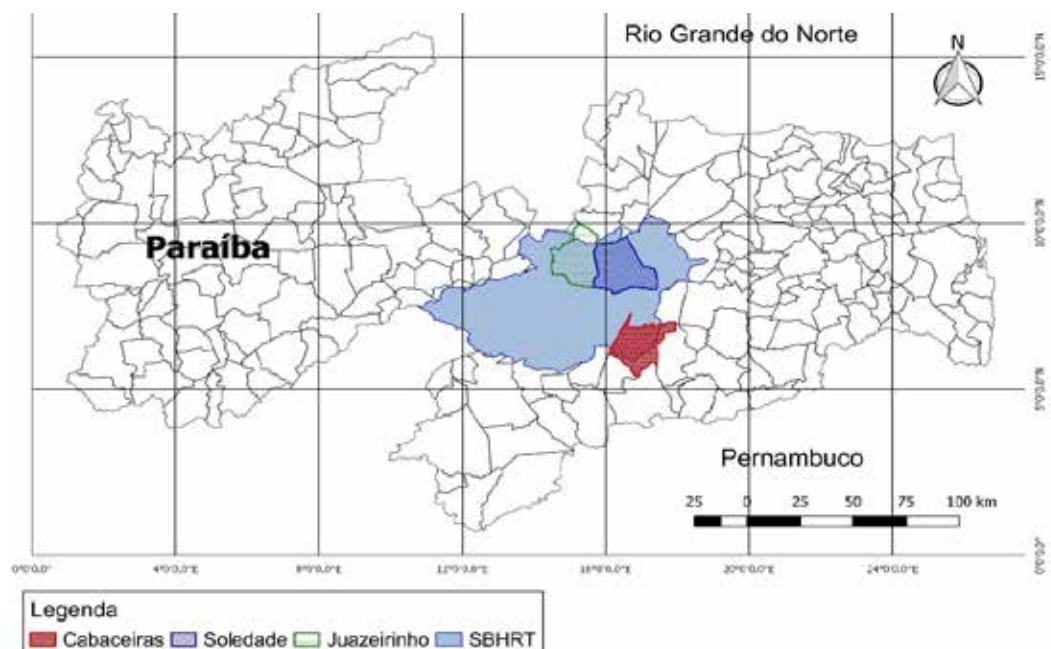


Figura 2 - Localização dos municípios pesquisados

Fonte: Adaptado da AESA, 2018

2.2 Procedimentos de coleta e indicadores analisados

Foram analisadas amostras de águas subterrâneas de 8 poços (Tabela 1), totalizando 58 coletas, e analisados 12 indicadores de qualidade, entre os anos de 2014 e 2017. As amostras foram coletadas no período da manhã, entre 8h30min e 10h30min, em pontos de saída direta de água das instalações dos poços, utilizando material

asséptico e armazenando as amostras em caixas térmicas sob baixa temperatura.

As amostras foram transportadas ao Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), para análises físico-químicas, e para o Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais (LAPECA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), para análises microbiológicas.

Tabela 1 – Elementos descritivos dos poços estudados

Identificação do poço	Município	Local de referência	Ano de implantação	Vazão de projeto (l/h)	Profundidade (m)
PC1B	Cabaceiras (PB)	Bairro Xandu	1965	3800	56
PC2B		Fórum	1994	4500	46
PC3B		Feira	1994	3000	56
PC5B		Campo de futebol	2012	1800	40
PC6B		Bairro Novo	2012	1600	56
PJ7B	Juazeirinho (PB)	Comunidade Mendonça	1965	4.000	38
PS8B	Soledade (PB)	Comercial - Gás	2015	10.000	45
PS9B		Comercial -Distribuidora	2014	5.000	72

Nota: PC1B - Ponto 1 água bruta, PC2B – Ponto 2 água bruta, PC3B - Ponto 3 água bruta, PC5B - Ponto 5 água bruta e PC6B - Ponto 6 água bruta, PJ7B - Ponto 7 água bruta; PS8B - Ponto 8 água bruta.

Os indicadores de qualidade da água (pH, turbidez, temperatura, condutividade elétrica, nitrato e o teste de presença de contaminação fecal) foram analisados em todos os poços estudados. Os indicadores (cor aparente, sólidos totais dissolvidos e ferro) foram somente analisados nos poços do município de Soledade, e os indicadores dureza total e fluoreto somente no município de Juazeirinho. O acréscimo do número de indicadores

analisados, nos municípios de Juazeirinho e Soledade, foi devido ao suporte laboratorial disponibilizado no período amostral de cada município.

As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas de acordo com os procedimentos padrões do Standard methods for the examination of water and wastewater, 21^a ed., 2012, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetro, Método e Municípios

Parâmetro(Unidade)	Método	Municípios
Cor aparente (UH)	Colorímetro	3
Turbidez (UNT)	Nefelométrico	1,2,3
pH	Potenciométrico	1,2,3
Nitrato (NO ₃ ⁻ N/L)	Coluna de redução de Cádmio	1,2,3
Condutividade elétrica (mS/cm)	Potenciométrico	1,2,3
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico do EDTA	2
Fluoreto (mg F/L)	Colorimétrico SPADNS	2
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	Potenciométrico	3
Ferro (mg Fe/L)	Colorimétrico da Fenantrolina	3
Temperatura (°C)	Termômetro	1,2,3
Coliformes totais	Substrato cromogênico	1,2,3
<i>Escherichia coli</i>	Substrato cromogênico	1,2,3

Nota: ¹Cabaceiras, ²Juazeirinho, ³Soledade

Com os dados obtidos nas análises, foram estimados os parâmetros estatísticos descritivos dos diferentes conjuntos de dados e aplicada análise de variância (ANOVA) de um fator, a fim de verificar diferenças significativas entre as médias dos grupos de dados de uma mesma variável. Em seguida, foi aplicado o método gráfico GT-2 (por meio do *software Microsoft Excel 2016*) para diferenciar individualmente os grupos de dados que eram estatisticamente semelhantes, a um nível de significância de 0,05.

Adicionalmente, foram estimados coeficientes de correlação de Pearson entre os indicadores de qualidade da água. A classificação das águas subterrâneas foi realizada por meio da Resolução CONAMA nº 396/2008, constituindo a Portaria

nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, base para o julgamento de sua adequação para o abastecimento humano.

3 RESULTADOS

3.1 Avaliação das águas subterrâneas brutas das localidades estudadas

A análise de variância do conjunto de dados das variáveis comuns à monitoração das águas brutas das localidades estudadas demonstrou a ocorrência de diferenças significativas entre as médias dos diversos conjuntos amostrais das respectivas variáveis (Tabela 3). A Figura 3 ilustra essas diferenças com base nos intervalos de comparação de 95%, estimados pelo método GT-2.

Tabela 3 - Análise de variância de um fator das variáveis temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez e nitrato, determinadas nos poços estudados.

VARIÁVEL	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Temperatura	171,7	7	24,53	6,066	2E-06	2,055
pH	3,203	7	0,46	20,34	1E-20	2,054
Condutividade elétrica	3663,0	7	523,29	3617,82	8E-207	2,056
Turbidez	10,17	7	1,453	4,953	3E-05	2,054
Nitrato	14108	7	2015	24,42	4E-24	2,054

Nota: SQ = soma dos quadrados, gl = graus de liberdade, MQ = quadrado das médias, F = estatística F, valor-P = probabilidade de significância, F crítico = valor crítico da estatística F.

Com relação à temperatura, as menores médias observadas, em ambos os poços de Soledade, foram significativamente diferentes das maiores médias, estimadas para alguns poços (PC1B, PC3B e PC6B) de Cabaceiras, aparentemente refletindo as condições mais rigorosas de temperatura atmosférica desta localidade.

O pH representa a concentração de íons hidrogênio (H⁺) em uma solução. Na água, esse fator é de fundamental importância, principalmente nos processos de tratamento da água. Conforme a Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saú-

de, o valor do pH para água de consumo humano deve estar entre 6,0 e 9,5. O pH médio das águas brutas, no conjunto dos dados, variou de 7,02 (PJ7B) a 7,56 (PS8B) caracterizando-as como águas neutras, mas com tendência à basicidade.

As águas de Soledade foram extremamente condutivas (12,50 e 14,16 mS/cm) quando comparadas às de Juazeirinho (3,56 mS/cm) e Cabaceiras (2,33 a 2,94 mS/cm), sinalizando cautela no uso dessas águas, uma vez que a condutividade elétrica tem relação direta com a quantidade de sais dissolvidos totais e com a salinidade.

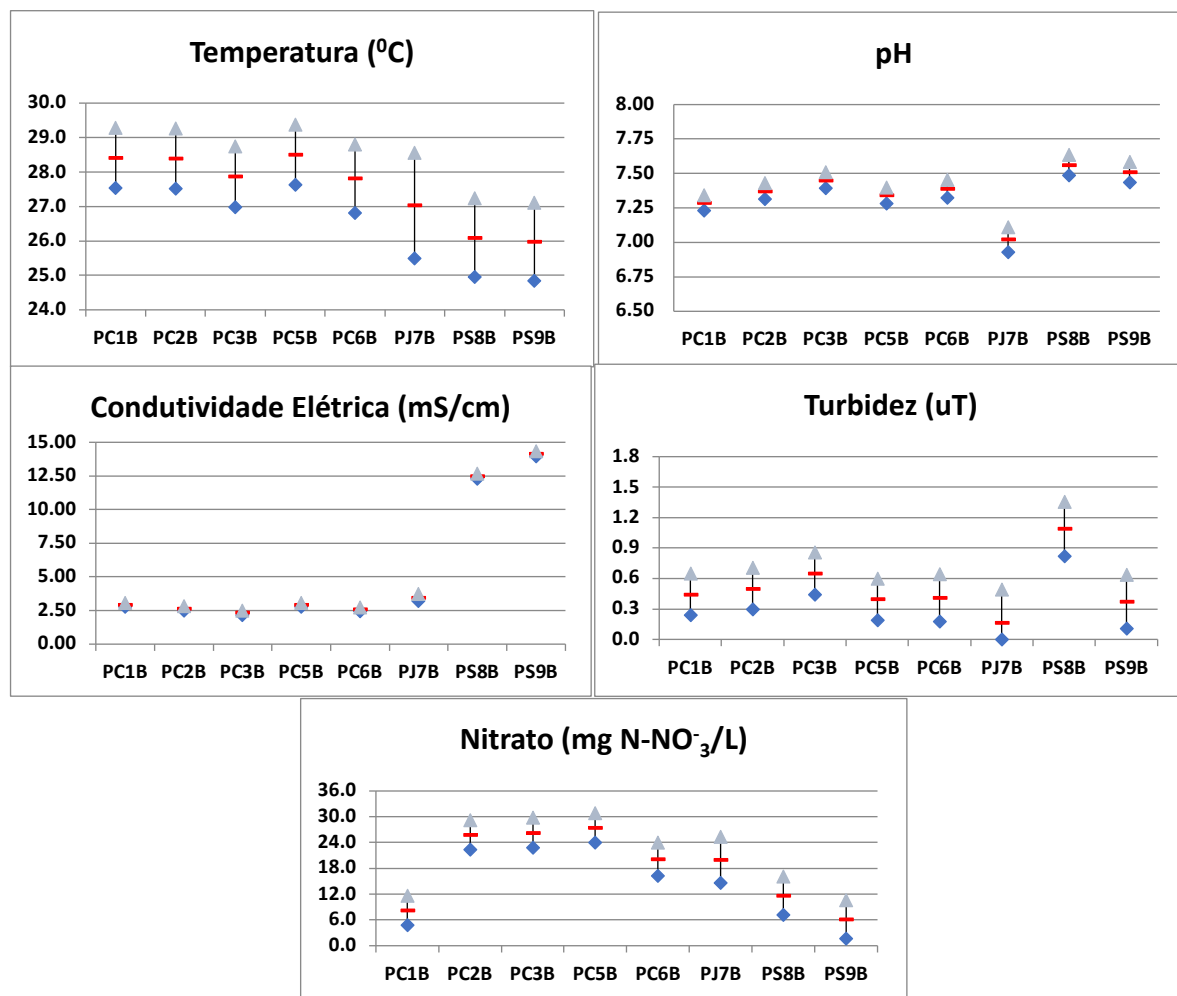


Figura 3 – Teste GT-2 para os indicadores temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez e nitrato, analisados em amostras de águas brutas de poços de Cabaceiras, Juazeirinho e Soledade.

Nota: Cabaceira - PC1B= Ponto 1 água bruta; PC2B= Ponto 2 água bruta; PC3B= Ponto 3 água bruta; PC5B= Ponto 5 água bruta; PC6B= Ponto 6 água bruta. Juazeirinho - PJ7B= Ponto 7 água bruta; Soledade - PS8B= Ponto 8 água bruta; PS9B= Ponto 9 água bruta.

O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixos teores nas águas superficiais, mas podendo atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo por meio das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (ALABURDA e NISHIHARA, 1998).

A maioria dos poços de Cabaceiras e o poço de Juazeirinho apresentaram as maiores médias de concentração de nitrato, 20,1 - 27,3 mgN-NO₃⁻/L

e 19,9 mgN-NO₃⁻/L, respectivamente, refletindo sua proximidade com fontes de poluição tipicamente urbanas, a exemplo de sistemas individuais de esgotamento sanitário, observadas nessas localidades. Mas, em Cabaceiras, o poço PC1B, que apresentou uma das menores concentrações médias (8,1 mgN-NO₃⁻/L), está localizado na entrada da área urbana, relativamente distante de fontes poluidoras.

Embora a CETESB (2005) considere o valor 5 mgN-NO₃⁻/L como base para alertas, a Portaria 2.914/2011 do MS estabelece 10 mgN-NO₃⁻/L

como valor máximo permitido para água de consumo humano.

A turbidez da água é devida a partículas em suspensão ou coloidais, as quais afetam a transparência da mesma. As medidas de turbidez não podem ultrapassar 5,0 UNT, segundo a Portaria 2.914/2011 MS. Todas as águas analisadas apresentaram baixa turbidez, com valores médios inferiores a 1,2 uT, sendo a maior média, significa-

tivamente diferente das demais, estimada para o poço PS8B, em Soledade.

Para aprovar as hipóteses e melhor elucidar os fatores controladores da qualidade das águas, foi determinada uma correlação para os indicadores comuns analisados nos poços dos três municípios estudados. A Tabela 4 apresenta a matriz com os coeficientes de correlação de Pearson para os respectivos parâmetros analisados.

Tabela 4 - Correlação de Pearson para os indicadores comuns em todos os poços.

Variáveis	Temperatura (°C)	pH (-)	Turbidez (UNT)	Condutividade elétrica (mS/cm)
pH	0,110			
Turbidez	0,040	0,176		
Condutividade	0,073	0,319	0,358	
Nitrato	0,261	0,001	-0,230	-0,508

$r_{\text{crítico}} = 0,1173$

Houve correlações diretamente proporcionais significativas, representadas em negrito na Tabela 4 (atribuindo um $r_{\text{crítico}} = 0,1173$), entre a temperatura com pH e nitrato ($r = 0,11$) e ($r = 0,26$), pH com turbidez e condutividade ($r = 0,17$) e ($r = 0,31$) e turbidez com condutividade elétrica ($r = 0,35$). Foram também obtidas correlações inversamente proporcionais, representadas em negrito com sinal negativo, para turbidez e nitrato, condutividade e nitrato ($r = -0,23$) e ($r = -0,50$) respectivamente.

3.2 Análises microbiológicas

Os resultados microbiológicos das amostras dos poços PC1B a PC5B do município de Caba-

ceiras apresentaram, ao longo do período estudado, uma não-conformidade para o indicador Coliformes termotolerantes. Essa presença de coliformes termotolerantes determina a origem fecal da contaminação, indicando risco da presença de outros microrganismos patogênicos ao ser humano.

Os resultados microbiológicos das amostras analisadas dos poços nos municípios de Juazeirinho e Soledade confirmaram a presença de coliformes totais e de *Escherichia coli*, o que as classificam como impróprias para consumo humano, de acordo com as exigências da Portaria nº 2.914/2011 do MS. A Tabela 5 apresenta a frequência percentual da presença dos indicadores microbiológicos nas amostras dos poços estudados.

Tabela 5 - Porcentagem de presença dos indicadores microbiológicos dos municípios Juazeirinho e Soledade

Poço	C. T1	E. C2	N 3
PJ7B	87,5%	62,5%	13
PS8B	100%	40%	20
PS9B	100%	45%	20
Valor de referência	0%	0%	-

Nota: PJ7B – poço 7 Juazeirinho água bruta, PS8B – poço 8 Soledade água bruta, PS9B – poço 9 Soledade água bruta, ¹C.T – Coliformes totais, ²E.C – *Escherichia coli*, N – número de dados (análises)

Essa contaminação pode ser oriunda da ação antrópica nas localidades dos poços, bem como da presença de dejetos de animais próximos aos poços, o que ocorre devido à falta de perímetros de proteção, não impedindo o fluxo e passagem de animais indesejados nas proximidades dos poços, como também na higienização dos reservatórios de armazenamento pós extração da água retirada dos poços.

A Resolução CONAMA nº 396/2008 declara que devem ser implementadas áreas de proteção de aquíferos e perímetros de proteção de poços, visando à proteção da qualidade das águas subterrâneas; contudo, não expressa as metodologias necessárias. Legislações nacionais não dispõem a respeito do perímetro de proteção de poços, mas pesquisas apontam algumas metodologias para essa questão, como o raio arbitrário, que é um valor fixo ou medido com base na proporção de bombeamento, porosidade do solo e/ou espessura da zona saturada (WAHNFRIED e HIRATA, 2005).

3.3 Análise complementar no município de Soledade – PB

A cor aparente da água é decorrente de substâncias dissolvidas, sua medida é essencial, visto que confere um caráter de rejeição por parte do consumidor, restringindo seu uso, fazendo que vá

em busca de outra fonte de uso que muitas vezes possui caráter duvidoso. Os resultados desse indicador apresentaram variações significativas, entre 0,5 e 29,3 UH, no que se refere ao parâmetro da Portaria 2.914/2011 do MS, que estima um valor máximo de 15 UH.

O ferro confere característica de sabor metálico à água e pode manchar roupas e paredes com a sua utilização, como também, contribui para o crescimento de bactérias. Altas concentrações de ferro implicam de forma direta na cor, o que possibilitará restrição a seu uso. Porém todos os resultados de ferro nos poços analisados não apresentaram valores que possam restringir tal uso, que foram de 0,0 a 0,05 mg/L, sendo que a Portaria vigente estabelece um VMP de 0,3 mg/L.

Os Sólidos totais dissolvidos (STD) são o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas em um líquido na forma molecular, iônica ou micro-granular. Por ser um parâmetro de determinação da qualidade da água, é de fundamental importância; quando presentes em elevadas concentrações, podem ser prejudiciais à saúde (MATTOS et al., 2017).

O STD foi medido por meio de uma sonda multiparâmetros, e seus valores chegaram a uma média de 6943 e 7970 mg/L, ultrapassando 1000 mg/L, que é o limite máximo permitido pela Portaria 2.914/2011 do MS. Com isso, essas águas caracterizam-se como impróprias para o consumo humano.

A correlação de Pearson para todos os indicadores analisados no município de Soledade (Tabela 6) serviu para consolidar a qualidade da água frente às condições que se encontram no meio, ou seja, que possam interferir na qualidade natural da água dos poços direta ou indiretamente.

Tabela 6 - Correlação de Pearson dos indicadores analisados no município de Soledade

Indicador	Temperatura (° C)	pH -	Salinidade (‰)	CE ¹ (mS/cm)	Cor aparente (UH)	Turbidez (UNT)	SDT ² (mg/L)
pH	0,12						
Salinidade	0,17	-0,09					
Cond. elétrica	-0,09	-0,04	0,51				
Cor aparente	0,22	0,31	0,45	-0,30			
Turbidez	0,37	0,34	-0,41	-0,31	0,74		
SDT2	-0,08	-0,01	0,51	0,98	-0,29	-0,30	
Nitrato	0,19	0,33	-0,56	-0,53	0,60	0,60	-0,55

Nota: ¹CE – Condutividade elétrica, ²SDT – sólidos dissolvidos totais; ($r_{\text{crítico}} = 0,271$).

Após determinação do $r_{\text{crítico}} = 0,271$, conclui-se que possui correlação diretamente proporcional todos os valores positivos destacados em negrito na tabela 6, os quais são temperatura com turbidez ($r = 0,37$), pH com cor ($r = 0,31$), turbidez ($r = 0,34$) e nitrato ($r = 0,33$). A salinidade com condutividade ($r = 0,51$), cor ($r = 0,45$) e SDT ($r = 0,51$). A condutividade com SDT apresentou melhor correlação das demais ($r = 0,98$). A cor com turbidez ($r = 0,74$) e nitrato ($r = 0,60$) e a turbidez com nitrato ($r = 0,60$).

As correlações inversamente proporcionais, representadas pelo sinal negativo e grafadas em negrito, como pode ser observado na Tabela 6, foram Cor com condutividade elétrica ($r = -0,30$), turbidez com salinidade ($r = -0,41$) e condutividade elétrica ($r = -0,31$), nitrato com salinidade ($r = -0,56$), condutividade elétrica ($r = -0,53$) e

SDT ($r = -0,55$), SDT com cor ($r = -0,29$) e turbidez ($r = -0,30$).

Os valores inferiores, diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais, não representaram uma correlação significativa; contudo, podem apresentar um nível de significância no âmbito geral das análises, pois existem diversos fatores que podem influenciar tanto na presença como na determinação de tais indicadores.

3.4 Análise complementar no município de Juazeirinho – PB

A Tabela 7 apresenta a matriz com os coeficientes de correlação de Pearson para os indicadores analisados no município de Juazeirinho, a fim de consolidar a qualidade da água diante da situação sanitária em que os poços se encontram.

Tabela 7 - Correlação de Pearson para os dados do município de Juazeirinho

Indicador	Temperatura (° C)	pH -	CE (mS/cm)	Turbidez (UNT)	Nitrato (mg NO ₃ -N/L)	Dureza total (mg CaCO ₃ /L)
pH	0,02					
CE	-0,32	0,02				
Turbidez	0,19	0,12	-0,41			
Nitrato	0,47	-0,27	-0,25	-0,21		
Dureza total	-0,25	-0,47	0,28	0,03	-0,15	
Flúor	0,71	0,30	-0,40	0,23	0,64	-0,43

Nota: CE – condutividade elétrica, $r_{\text{crítico}} = 0,6214$

Determinado o *r crítico* (0,6214), é possível afirmar que houve correlação diretamente proporcional (representada em negrito) apenas entre temperatura com flúor (0,71) e flúor com nitrato (0,64). É importante saber que não se pode desprezar ou tratar os demais valores correlacionados como impróprios ou desprezíveis, uma vez que tal correlação depende do número de dados coletados, que é um fator determinante, e o município de Juazeirinho conta com apenas treze coletas de dados.

A dureza total é basicamente a soma dos teores de cálcio e magnésio. A média dos níveis de dureza na água coletada variou entre 276 e 400 mg/L CaCO₃. O valor máximo permitido (VMP), segundo a portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, é de 500 mg/L CaCO₃; sendo assim, os resultados obtidos não geram riscos à saúde humana para esse indicador.

O Fluoreto é de fundamental importância na ação preventiva e terapêutica de cárie dentária. Contudo, sua concentração acima de 1,5 mg F/L, valor máximo permitido pelo padrão de potabili-

dade, pode causar fluorose dentária, problemas estéticos e ocorrência de câncer e de fratura óssea (FRAZÃO et al. 2011). Diante disso, nenhum valor das análises ultrapassou o recomendado pela Portaria vigente. As médias, variando de 1,15 a 1,43 mg F/L, não ocasionam restrição ao consumo humano.

3.5 Análise do município de Cabaceiras – PB

A Tabela 8 apresenta a matriz com os coeficientes de correlação de Pearson para os indicadores analisados no município de Cabaceiras, permitindo caracterizar individualmente a qualidade da água diante das condições sanitárias e das instalações que se encontram os poços. Após a determinação do *r crítico*, percebe-se que apenas a correlação do nitrato com pH foi significativa diretamente proporcional (destacada em negrito), uma vez que o *r* é maior que o *r crítico*, enquanto houve correlação inversamente proporcional entre a temperatura com pH e condutividade, e de nitrato com condutividade.

Tabela 8 - Correlação de Pearson para os dados de Cabaceiras

Indicador	Temperatura (° C)	pH -	CE (mS/cm)	Turbidez (UNT)
pH	-0,21			
CE	-0,21	-0,04		
Turbidez	0,02	0,02	-0,09	
Nitrato	0,06	0,14	-0,49	0,08

Nota: CE – Condutividade elétrica, *r crítico* = 0,1386

As demais correlações não se apresentaram estatisticamente significativas, no entanto sabe-se que outros fatores estão ligados à correlação de duas variáveis, como a quantidade de dados disponíveis e/ou a relação física ou química entre si.

4 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que as águas subterrâneas das localidades estudadas são salobras e apresentam, ordinariamente, elevadas

concentrações de nitrato, além de positividade em testes de presença de indicadores microbiológicos e indicadores de contaminação fecal, requerendo tratamento adequado para o consumo humano.

O gerenciamento da qualidade das águas brutas desses poços apresenta uma deficiência, sendo necessário implementar medidas de proteção sanitária, executando ações que minimizem ou cessem a mobilização de contaminantes indesejados para os aquíferos, especialmente com relação aos reservatórios de armazenamento de água.

De forma geral, as águas subterrâneas estudadas na SBHRT apresentam uma qualidade não adequada, necessitando de tratamento para o consumo humano. São águas de classe IV, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008, estão aptas sem tratamento algum, para usos preponderantes menos restritivos.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

6 REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos nitrogenados em águas de poços, **Caderno de Saúde Pública**, São Paulo, Vol. 32, nº 2: 160 – 5, 1998.

ANA - Agência nacional de águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013**.

APHA – American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 th ed., Washington, 2012.

AYACH, L. R.; PINTO, A. L.; CAPPI, N. Concentração de nitrato nas águas freáticas de anestésio (MS) e suas implicações ambientais. **Climatologia e estudos da paisagem**, Rio Claro. V. 2, nº 2, 2007.

BARRETO, J. F., DANTAS N. J., FÉRIAS, S. A. R. Avaliação socioeconômica e hídrica dos municípios da sub-bacia hidrográfica do rio taperoá, pb. **Qualitas Revista Eletrônica**, V.9, n 1, 2010. ISSN 1677-4280.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914/MS, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Legislação. Brasília: MS, 2011.

CAUBET, C. G. **A Água, a lei, a política**. Ministério do Meio Ambiente. Curitiba: Juruá, 2006.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria nº 195-2005**. CETESB, São Paulo, 2005.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 396, de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília – DF: CONAMA, 2008.

FRAZÃO P., PERES, M. A., CURY, J. A., Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto, **Revista Saúde Pública**, Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo, 2011.

LACERDA, A. V., **A semiaridez e a gestão em bacias hidrográficas**: visões e trilhas de um divisor de ideias. João Pessoa: Autor Associado/UFPB, 2003, 164p.

LOPES, L. G., HOJAJI, A., PINTO, R. A.; PINTO, F. R., AMARAL, L. A. D.; FERRAUDO, A. S. **Sazonalidade de indicadores de qualidade de água em poços do município de jaboticabal** – sp. *Nucleus* [1678-6602] Lopes, Laudicéia yr:2010 vol:7 iss:1 pg:155.

MATTOS, J. B., CRUZ, M. J. M., PAULA, F. C. F., SALES, E. F. Tipologia hidrogeoquímica e qualidade das águas subterrâneas na área urbana do município de Lençóis, Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Águas subterrâneas**, V.31, n. 3, p. 281-295, 2017.

McDonagh M., WHITING P., BRADLEY M., COOPER J., SUTTON A., CHESTNUTT I. **A systematic review of public water fluoridation**. New York: NHS Centre for Reviews and Dissemination, University of York; 2000. (Report 18).

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PORTELA R.A., LEITE V.D., PEREIRA C.F., ROCHA E.M.F.M. Comportamento das doenças diarreicas nas mudanças sazonais do município de Campina Grande – PB. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, HYGEIA V. 9, n 17, p. 116 – 128, 2013.

RIBEIRO, M.L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Revista Química Nova**, vol. 30, Nº. 3, 688-694, 2007.

RUY, R., REIS, T. E. S. Risco de contaminação por agrotóxicos das águas subterrâneas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Pesticidas: **Revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, 2012, Vol.22, pp.77-84.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “Visão Mundial da Água”. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/585>. Acessado em: 01 nov. 2017.

WAHNFRIED, I., HIRATA, R. Perímetros de proteção de poços: uma importante ferramenta para a sustentabilidade de mananciais públicos. In: II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. **Anais...** São Paulo, 2005.

WHO (World Health Organization). **Foodborne disease outbreaks. Guidelines for investigation and control**. World Health Organization. 162 p, 2008.

XAVIER, R.A., DORNELLAS, P.C., MACIEL, J.S. CÍCERO DO BÚ, J. Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do Rio Paraíba-PB. **Rev. Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 08, n. 2, pags. 15-28, jul/dez. 2013.