

**Geotecnologias aplicadas à análise de parâmetros físico-químicos em águas de poços públicos na zona urbana de Triunfo/PB**

**Geotechnologies applied to the analysis of physical-chemical parameters in public well waters in the urban area of Triumph/PB**

DOI:10.34117/bjdv6n11-073

Recebimento dos originais: 05/10/2020

Aceitação para publicação: 05/11/2020

**Santana Lívia de Lima**

Mestres em Meteorologia, UFCG/CDSA/UACA/Campus Campina Grande

E-mail: livialima24s@gmail.com

**Antônia Silânia de Andrade**

Mestres em Meteorologia, UFCG/CDSA/UACA/Campus Campina Grande

E-mail: silaniaandrade21@gmail.com

**Welinágila Grangeiro de Sousa**

Doutorandas em Meteorologia, UFCG/UACA/Campus Campina Grande

E-mail: welinagilagrangero@bol.com.br

**Mariana da Silva de Siqueira**

Doutorandas em Meteorologia, UFCG/UACA/Campus Campina Grande

E-mail: siqueira.s.mariana@gmail.com

**George do Nascimento Ribeiro**

Professor Adjunto, UFCG/CDSA/UATEC/Campus Sumé

E-mail: george@ufcg.edu.br

**RESUMO**

A preservação da qualidade da água é uma necessidade universal, que exige atenção por parte das autoridades sanitárias e consumidores em geral, particularmente no que se refere a água de mananciais, como poços, nascentes, lagos, entre outros destinados ao consumo humano. O presente trabalho teve como objetivo a caracterização da qualidade a partir das análises físico-químicas e distribuição espacial das águas de poços públicos da zona urbana do município de Triunfo-PB, por meio de geotecnologias. Foi realizado o levantamento da geolocalização dos poços que são utilizados para o abastecimento da população triunfense. Foram coletadas amostras de nove (09) poços tubulares públicos, e procedidas as análises laboratoriais (pH, condutividade elétrica, cloretos, alcalinidade, dureza total), no período de 08 a 11 do mês de fevereiro de 2016, no Laboratório de Qualidade de Águas da UFCG/campus Sumé. Diante dos resultados obtidos ficou evidente que o consumo de água dos poços 1, 3, e 6, na situação avaliada, pode representar risco à saúde pública, uma vez que apresentaram elevados valores de condutividade elétrica, cloretos e alcalinidade; para o poço 8, apenas dureza encontra-se em desacordo com a legislação vigente, não apresentando ideais condições de potabilidade; assim sendo, podem ser capazes de transmitir enfermidades de veiculação hídrica.

**Palavras-Chave:** geolocalização, qualidade de água, águas subterrâneas, mapeamento temático.

**ABSTRACT**

The preservation of water quality is a universal need, which requires attention from health authorities and consumers in general, particularly with regard to water from springs, such as wells, springs, lakes, among others intended for human consumption. The present work aimed to characterize the quality from the physical-chemical analysis and spatial distribution of water from public wells in the urban area of the municipality of Triunfo-PB, through geotechnologies. A survey of the geolocation of the wells that are used to supply the triumphant population was carried out. Samples were collected from nine (09) public tubular wells, and laboratory analyzes (pH, electrical conductivity, chlorides, alkalinity, total hardness) were carried out in the period from 08 to 11 of February 2016, at the Water Quality Laboratory UFCG/Sumé campus. In view of the results obtained, it was evident that the water consumption of wells 1, 3, and 6, in the assessed situation, may represent a risk to public health, since they presented high values of electrical conductivity, chlorides and alkalinity; for well 8, only hardness is in disagreement with the current legislation, not presenting ideal drinking conditions; therefore, they may be able to transmit waterborne illnesses.

**Keywords:** geolocation, water quality, groundwater, thematic mapping.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é primordial para a vida sendo, porém, um recurso limitado e dotado de valor econômico. Sua escassez pode ocorrer, tanto por condições climáticas/hidrológicas e hidrogeológicas. Fundamental para a vida, a água, composto formado por hidrogênio e oxigênio, cobre mais de 70% do globo terrestre. A ocorrência em sua forma natural (inodora, incolor e insípida) vem sofrendo, nas últimas décadas, impactos negativos quanto a sua qualidade e quantidade. Uma substância de grande relevância e de necessidade incontestável, podendo ser considerada como o bem mais precioso do planeta (COUTINHO, 2015).

A “crise” da água doce no mundo se faz presente sob duas vertentes: quantitativa, com escassez nos corpos superficiais, como em rios e lagos, ou nos corpos subterrâneos, armazenadas nos aquíferos; e qualitativa, em relação aos desejáveis parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. Ambos aspectos devem permitir potencial (oferta) disponibilidade hídrica para atenderem as reais demandas atuais e futuras em relação às diferentes formas de uso, rural, doméstico e industrial (BORDALO, 2012).

A água pode ser classificada potável quando a mesma atende os parâmetros requeridos pela portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, do ministério da saúde. A mesma estabelece procedimentos e responsabilidades relacionados ao controle da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2012). No planeta Terra, aproximadamente 97% da água encontra-se nos oceanos, 2% congelada em geleiras e apenas 1% encontra-se na forma superficial e mais abundantemente na forma subterrânea (NUMMER, 2011).

As águas subterrâneas são águas de subsuperfície, mas para a hidrogeologia é aquela que circula na “zona saturada”, ou seja, abaixo do nível freático, representando 21% do total da água doce do planeta ou 97% da água doce não-congelada (CPRM, 2005).

Apesar da importância que as águas subterrâneas representam para o abastecimento de cidades, a sua qualidade vem se demonstrando deteriorada em função da deficiência de sistema de esgotamento sanitário e de tratamento que possibilite uma disposição final adequada dos efluentes domésticos (STEIN et al., 2012). Em muitos lugares do mundo a maior parte de água potável é de origem subterrânea. Em regiões áridas e semiáridas como o nordeste do Brasil, Austrália e Líbia (regiões desérticas) tem a água subterrânea como o único recurso hídrico disponível para uso humano (LEAL, 1999).

Uma caracterização aproximada da ideia de risco de poluição das águas subterrâneas consiste na associação e interação da vulnerabilidade natural do aquífero com a carga poluidora aplicada no solo ou em subsuperfície. Isso significa que se pode ter uma situação de alta vulnerabilidade, porém,

sem risco de contaminação se não existir carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada; mas o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero (KEMERICH et al., 2011).

A água contaminada é usualmente absorvida pelo corpo humano por ingestão, mas alguns contaminantes podem também ser absorvidos por inalação ou via contato dérmico e, dependendo do tipo de contaminação, diferentes órgãos podem ser atingidos por diferentes contaminantes (FILHO & ROCHA, 2015). A água poluída pode levar à transmissão de doenças e transportar substâncias químicas venenosas. Esta água pode fazer com que as pessoas adoeçam ou mesmo morram. O uso frequente de poços artesianos pode ocasionar a contaminação das águas subterrâneas (SILVA, 2010).

A escassez das chuvas vem castigando estados e municípios brasileiros, as crises hídricas tem deixado muitas famílias sem água, parte dos reservatórios que abastecem as cidades estão totalmente secos ou usando a água do seu volume morto, a exemplo do açude de Gamelas que abastece o município de Triunfo-PB, localizado na microrregião de Cajazeiras. Desde o ano de 2012 a população triunfense está sem água saneada, o município vem sendo abastecido por carros pipas, que trazem água de outros municípios ou estados. Não obstante, essa água, que é disponibilizada pelos carros pipas, não é suficiente para abastecer toda a população da cidade, tanto a zona urbana bem como a zona rural.

É de conhecimento empírico, que boa parte da população triunfense optou pela perfuração de poços tubulares profundos. A partir do ano de 2012, a quantidade de perfuração desses poços aumentou de forma expressiva. A população faz uso indiscriminado da água captada em poços, sem nenhum tipo de tratamento, utilizando este recurso para o consumo geral, limpeza, cozimento de alimentos e para beber. Esse uso é feito sem nenhum cuidado sanitário hídrico, muitos não fazem nenhum tipo de tratamento, como uso de cloro, fervura e/ou filtração.

Atualmente experimenta-se uma maior vulnerabilidade à contaminação dos mananciais e, conseqüentemente, uma inconstância ou incapacidade de atender a população com abastecimento de água de qualidade, nos padrões de classe de acordo com o uso a que se destina. Para cada tipo de utilização do recurso hídrico, a água deve estar enquadrada no padrão da classe à qual se destina. A classificação dos corpos de água está determinada na Resolução CONAMA N° 357/05, que indica, de acordo com a classe, o tipo de tratamento adequado (FILHO & ROCHA, 2015).

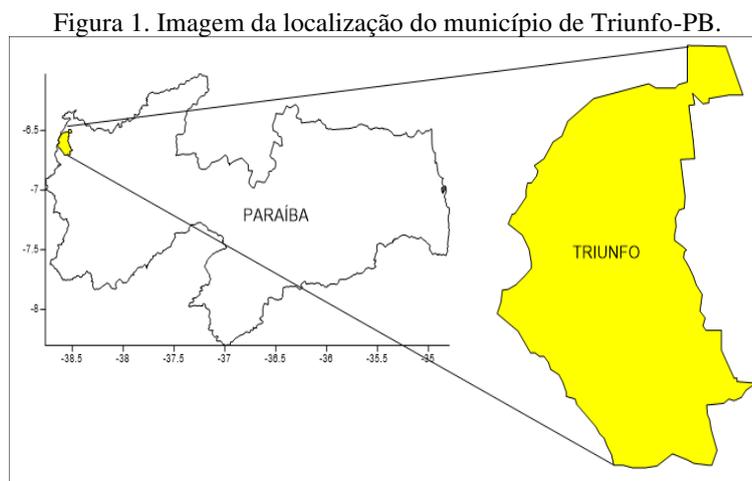
De acordo com Mesquita et al. (2012), as geotecnologias constituem hoje um conjunto de ferramentas aplicáveis para obtenção de dados a serem utilizados no planejamento e mapeamento, tanto em níveis regionais quanto em níveis municipais. As geotecnologias permitem a extração de informações, que por sua vez, serão entrada de dados na fase de modelagem, e reforçando a

apresentação dos resultados das simulações através de mapas. Modelagens dessa natureza vêm sendo empregada, principalmente, no gerenciamento de recursos hídricos, onde a tomada de decisões embasada nos resultados de simulações computacionais, contribuem para evitar prejuízos materiais e financeiros, e ainda, perdas de vidas humanas em áreas de risco (CORREIA et al., 2015).

Assim sendo, a presente pesquisa teve como premissa caracterizar a qualidade e a distribuição espacial das águas de poços públicos da zona urbana do município de Triunfo-PB, por meio de geotecnologias e análises físico-químicas. Em consonância para obtenção dos resultados, lançou-se mão de estratégias, tais como: caracterizar as estruturas dos poços subterrâneos; utilização de geotecnologias para o levantamento da localização dos poços públicos da zona urbana do município; análise de parâmetros físico-químicos das águas de poços subterrâneos da zona urbana; elaboração de mapa altimétrico da zona urbana do município; elaboração de mapas de isovalores dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas (pH, Condutividade Elétrica, Cloretos, Alcalinidade e Dureza Total).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

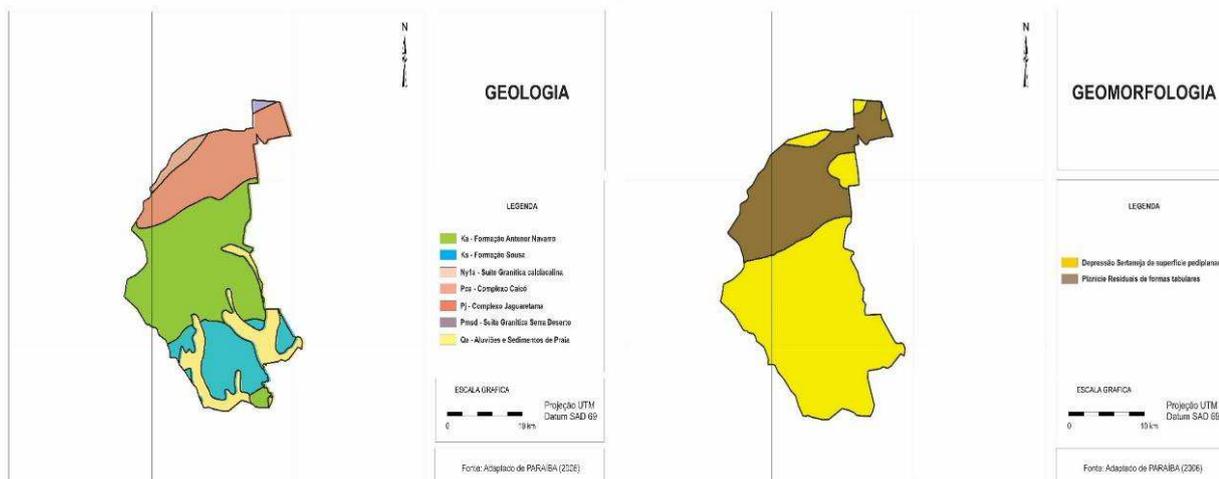
O município de Triunfo (Figura 1) está localizado na região oeste da Paraíba na microrregião de Cajazeiras, se estende por uma área 219,9 km<sup>2</sup> e apresenta uma população de 9.410 habitantes, a densidade demográfica é de 41,9 habitantes.km<sup>2</sup>. Triunfo está situado a 294 metros de altitude, com as coordenadas geográficas central de 6°34'54" de latitude sul e 38°35'36" de longitude oeste. Limitando-se ao sul com a cidade de Santa Helena, a leste com Poço José de Moura, a nordeste com Joca Claudino, a norte Bernardino Batista e a oeste com Umari no estado do Ceará, o município fica a cerca de 513 km da capital João Pessoa (IBGE, 2008).



Segundo BRASIL (2005), em termos climatológicos o município está inserido no denominado “Polígono das Secas”, constituindo um clima do tipo Aw (de acordo com a classificação climática de Köppen) clima tropical com estação seca. As temperaturas são elevadas durante o dia, amenizando a noite, com variações anuais dentro de um intervalo 23 a 30°C, com ocasionais picos mais elevados, principalmente durante a estação seca. O regime pluviométrico, além de baixo é irregular com médias anuais de 776,9 mm/ano e mínimas e, máximas de 394,1 e 1643,5 mm/ano, respectivamente. No geral, caracteriza-se pela presença de apenas 02 estações: a seca que constitui o verão, cujo clímax é de setembro a dezembro e a chuvosa denominada de inverno, restrito a um período de 3 a 4 meses por ano.

Tendo como base os mapas Geológico e Geomorfológico do estado da Paraíba (PARAÍBA, 2006), foram confeccionadas as respectivas figuras para o município de Triunfo-PB (Figura 2).

Figura 2. Mapa da Geologia e Geomorfologia do município de Triunfo-PB.



A vegetação é de pequeno porte, típica de caatinga xerófila, onde se destaca a presença de cactáceas, arbustos e árvores de pequeno a médio porte. Os solos são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas do embasamento, sendo em sua maioria do tipo Podzólico vermelho-amarelo de composição areno-argilosa (ARGISSOLOS), tendo-se localmente Latossolos (LATOSSOLOS) e porções restritas de solos de aluvião (NEOSSOLOS). O município encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio do Peixe. Seus principais afluentes são: o Rio do Peixe e os riachos: da Tapera, das Gamelas, Cambito, Condado e Poço da Jurema. Todos os cursos d’água no município têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (BRASIL, 2005).

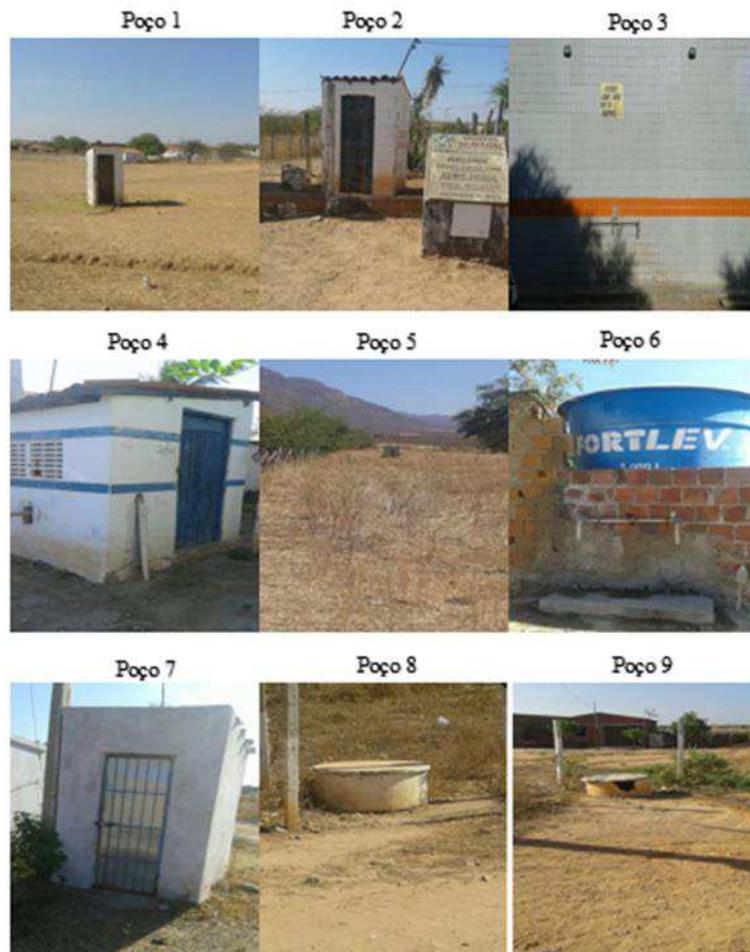
A localização geográfica dos poços foi determinada com o uso de um GPS Garmin Etrex10 (Sistema de coordenadas UTM – SAD69). Para o levantamento de campo, utilizou-se a metodologia Stop and Go, que consiste em locar o ponto e permanecer por no mínimo 15 minutos para a obtenção dos dados referenciais.

Foram observados ao todo, 13 (treze) poços públicos, onde 9 (nove) estavam em pleno funcionamento, não obstante, foram observados que 4 (quatro) estavam sem funcionamento, por falta de manutenção. Para a determinação das características físicas e operacionais de cada poço estudado, foi utilizada uma ficha informativa para a obtenção de dados de: vazão, situação do poço (se estava ativo ou inativo), profundidade, dados construtivos, utilização da água e as condições ambientais no entorno dos poços, por meio de análises visuais e registros fotográficos.

A coleta das amostras das águas foi realizada no mês de janeiro de 2017, nos dias 27 e 28. As amostras foram coletadas diretamente nos registros acoplados às caixas d'água, no qual abria-se os registros, deixando a água sair um pouco para que, a porção que estivesse no interior da tubulação, escoasse, levando possíveis impurezas, uma vez que a maioria se encontrava-se exposta diretamente ao sol e às intempéries. Posteriormente foram colocadas as amostras em recipientes plásticos esterilizados de capacidade de 1,0 L, onde os mesmos só foram abertos no momento de realizar as análises físico-químicas no laboratório. Os recipientes com as amostras foram mantidos em caixa térmica, sob uma temperatura média de 25°C, temperatura ideal para realização das análises.

Foram coletadas amostras de nove (09) poços tubulares públicos que abastecem uma significativa parte da população na zona urbana do município de Triunfo-PB. A identificação dos poços em estudo (Figura 3) foi a seguinte: Bairro Francisco Liberato (Poço 1), Bairro Francisco Liberato 2 (Poço 2), Chafariz Centro (Poço 3), Rua Bernadinho Batista (Poço 4), Bairro Luiz Gomes de Brito (Poço 5), Rua 7 de Setembro (Poço 6), Bairro Santa Cecília (Poço 7), Avenida da Paz, Bairro Luiz Gomes de Brito (Poço 8) e Bairro Bela Vista (Poço 9).

Figura 3. Localização dos poços tubulares públicos na zona urbana de Triunfo.



As análises laboratoriais foram feitas no período de 08 a 11 do mês de fevereiro de 2017. As análises dos parâmetros físico-químicos (pH, Condutividade Elétrica, Dureza Total, Dureza do Cálcio, Dureza do Magnésio, Cloretos e Alcalinidade) foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Águas da UFCG/campus Sumé. Além de efetuar as avaliações das características físico-químicas da água de nove poços artesianos na área urbana, que foram confrontados com os valores preconizados pela Portaria N° 2.914/2011 (BRASIL, 2005), foi procedida a caracterização de cada poço observando, entre outros parâmetros, suas: localizações geográficas, atuais condições de uso, verificação de ações antrópicas tais como da presença de fossas ou esgoto perto dos poços; os quais, são fatores que interferem diretamente na qualidade da água.

Para auxiliar nas discussões, coletou-se informações por meio de perguntas e conversas com a população que reside nas proximidades dos poços, utilizadores reais e potenciais das águas, com o

intuito de saber quantas famílias/pessoas eram abastecidas com aquela água, assim como dá-se a utilização da mesma pelos usuários.

As leituras de pH foram determinadas utilizando um pHmetro da marca BEL ENGINEERING W3B pH METER, calibrado entre os valores de 4,7 e 10, à uma temperatura de 25°C. A Condutividade Elétrica (CE) foi determinada utilizando o condutivímetro da marca MS TECNOPON, calibrado de acordo com o seu manual. O Cloreto foi determinado pelo método de Mor, onde estes são titulados com uma solução de nitrato de prata 0,05N, precipitando o cloreto de prata, o final sendo determinado pela presença de cromato de potássio a 5%, o mesmo reage com o excesso de prata.

Para o parâmetro alcalinidade, esta foi determinada por meio de titulação de neutralização de ácido/base, com a presença de um indicador, e é expressa em termos de  $\text{mg/L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . A dureza foi determinada através do método de complexação, onde o processo constitui na titulação da dureza com uma solução padrão de ácido etilenodiamino tetra acético (EDTA 0,025N). Esses compostos, formam íons complexos muito estáveis com o cálcio, o magnésio, em presença do indicador apropriado, que revela quando os íons causadores da dureza foram complexados.

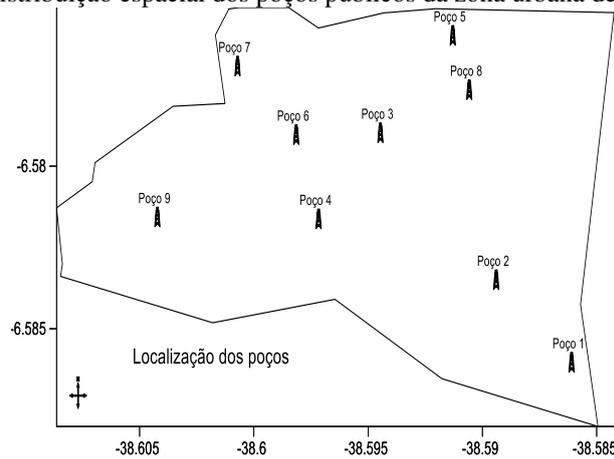
Para a geolocalização dos poços artesianos, foram levantados os dados de longitude, latitude e altitude de cada ponto. Tal qual citado anteriormente, foi utilizado o GPS Garmin Etrex 10. Utilizando um editor de planilha eletrônica, foi elaborada uma tabela apresentando os dados de latitude (variável Y - ordenada) e longitude (variável X - abscissa) concernente à cada poço levantado, atrelados à eles estavam dispostos os dados físico-químicos de cada poço, no qual estes últimos valores serviram como a terceira variável (variável Z) para a produção dos mapas.

A confecção dos mapas de isovalores foi procedida com a utilização de um programa computacional que realiza sofisticados processos de interpolação transformando dados XYZ em mapas de alta qualidade tridimensionais.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

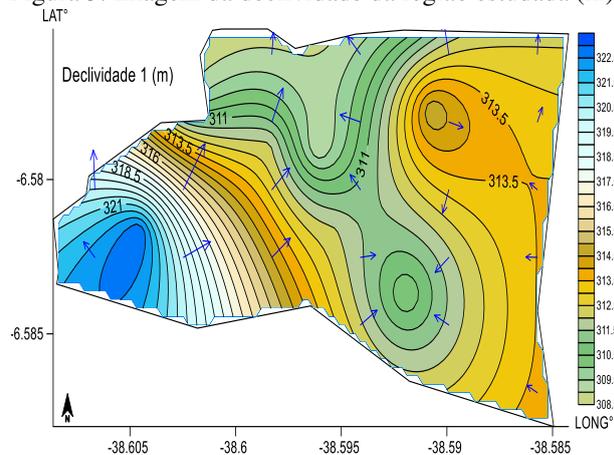
Na Figura 4 é apresentada a distribuição espacial dos poços públicos do município de Triunfo-PB. Diante dessa figura pode-se constatar que esses estão instalados unicamente na zona urbana do município. De acordo com os dados informados pela população durante a coleta de dados em campo, a água é utilizada para fins diversos sem restrições de uso e sem nenhum tratamento prévio.

Figura 4. Distribuição espacial dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB.



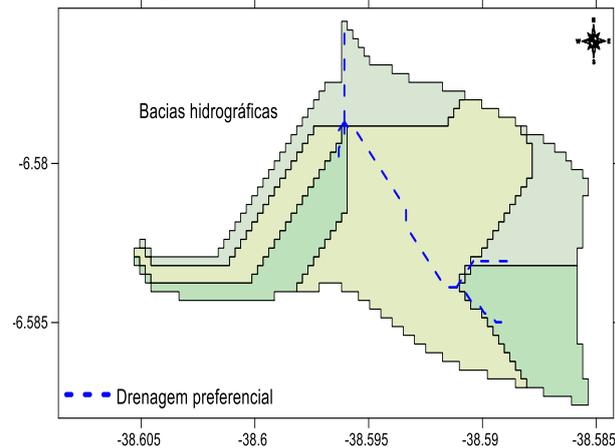
Confrontando os mapas da Figura 4 e o que corresponde ao Mapa Altimétrico (Figura 5) é possível observar que a maioria dos poços públicos são encontrados na região central da zona urbana, no qual apresenta as menores altitudes do recorte em estudo, à saber, 309 a 312m. É possível ainda fazer a observação de que a altitude da região variou entre 308,5 a 322,5m. Na Figura 5 estão destacadas as linhas de água, ou seja, o sentido para qual a água é preferencial na região em estudo. Apenas o poço 9 está localizado na área de maior altitude da região.

Figura 5. Imagem da declividade da região estudada (m).



De comum conhecimento, a exploração de águas de poços apresenta maior carga hidráulica em regiões de baixios, no qual se observa a maior facilidade para sua obtenção, conseqüentemente instalação de poços subterrâneos. Esse fato pode ser observado na Figura 6, no qual demonstra a produção de micro-bacias hidrográficas da região estudada. Não diferenciando do usual, o padrão verificado é que os sentidos das águas escorrem para o ponto central da zona urbana.

Figura 6. Modelo de Bacias hidrográficas referentes à zona urbana do município de Triunfo-PB.

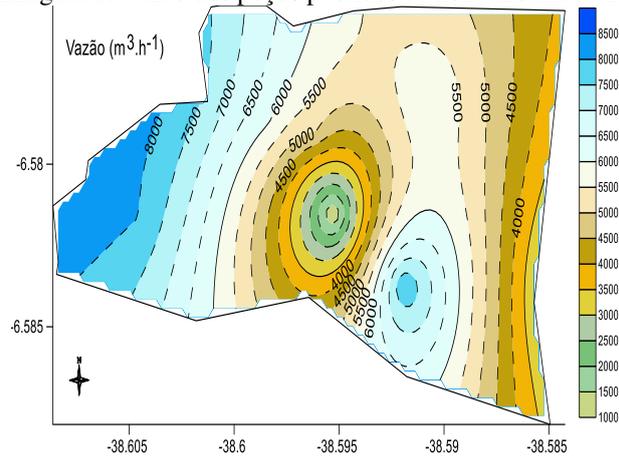


De acordo com os dados levantados em campo, pode-se verificar que os poços analisados são do tipo “Tubulares Não Jorrantes”, no qual sua perfuração fora feita por máquinas especializadas, procedido de acordo com licitações promovidas pela Prefeitura Municipal de Triunfo-PB.

Um dos problemas que deve ser destacado para a área estudada, e que é corroborado por Lima et al. (2015), é a poluição das águas subterrâneas que se concentra mais em áreas urbanas, onde se encontram grandes volumes de fontes de poluição, como esgotos não tratados e lixões. Em razão do crescimento natural da população em ambientes urbanos, e, por conseguinte, dessa contaminação das águas, o suprimento de água potável e de boa qualidade nas áreas mais desenvolvidas torna-se cada vez mais difícil e de maior custo (FOSTER, 1993).

Na Figura 7 é possível observar o mapeamento para a vazão dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB, onde os mesmos demonstraram valores bem heterogêneos com variação de 1800 a 8000  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , com média de 5.422  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Pelo o maior número de poços na região central do município, foi observado que os menores valores de vazão estão associados às localizações desses. Já o poço que se encontra na maior altitude da zona (Poço 9), lá é que se encontra a maior vazão em estudo (8.000  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ).

Figura 7. Imagem de vazão dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB.



Das águas extraídas dos poços foram analisados os seguintes parâmetros: pH; Condutividade Elétrica; Alcalinidade; Dureza do Cálcio; Dureza do Magnésio; Dureza Total e Cloreto. Esses valores foram confrontados com os preconizados pela Portaria N° 2914 de 12/12/2011, do Ministério da Saúde, conforme citado anteriormente, em relação aos padrões de potabilidade para o consumo humano.

Por meio da Figura 8, é possível observar a distribuição do pH; além do mais, os maiores valores de pH estão situados numa região de baixa altitude da zona urbana da cidade, onde estão localizados os poços 1, 2, 4 e 7, região por onde escorre a maior quantidade de água durante o período das chuvas (Figura 6).

Os poços 7 e 4 estão situados no centro da cidade, e os poços 1 e 2 estão localizados numa região distante do centro da cidade. Essas duas regiões se diferenciam em relação à algumas características básicas, pois, o centro da cidade é todo pavimentado, com calçamento e rede de esgoto e a segunda região não possui pavimentação, não tem rede de esgoto e existem muitas fossas construídas nas proximidades dos poços como também o fossão da cidade (Figura 9).

Figura 8. Imagem comparativa entre os valores de pH em laboratório e no ato da coleta das águas de poços da zona urbana em estudada.

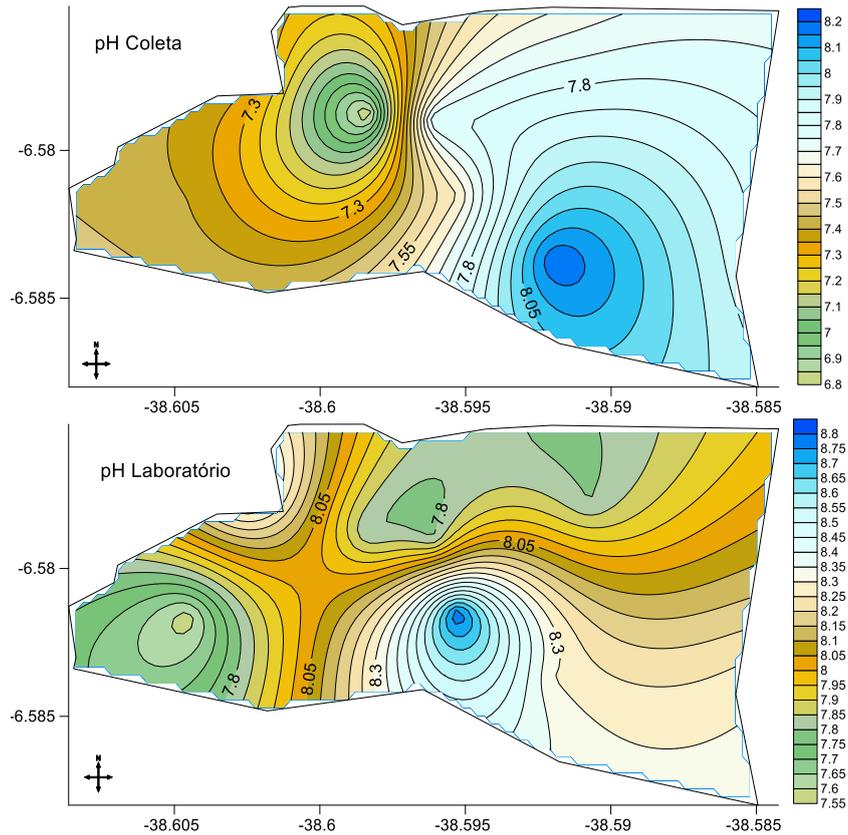


Figura 9. Imagem do fossão da cidade (a esquerda) e rua não pavimentada (a direita).



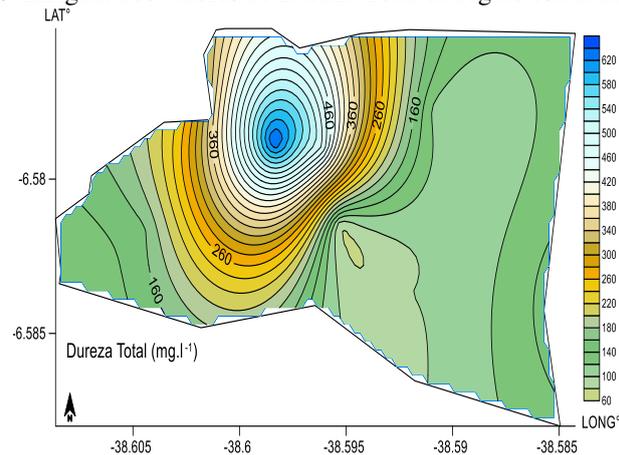
Soares e Maia (1999) reportam que o valor do pH é importante, uma vez que apresenta relação direta com o crescimento bacteriano, já que para a maioria das bactérias o pH ótimo para seu desenvolvimento se concentra entre 6,5 e 7,5. Em estudo na região sudoeste do Paraná, observando o padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais, Daneluz e Tessaro (2015), reportaram que o consumo de água de poços rasos e nascentes, na situação avaliada, pode representar risco à saúde pública, portanto, capaz de transmitir enfermidades de veiculação hídrica.

Ademais, quando comparados os valores de pH obtidos no ato da coleta e no laboratório é notório que os mesmos permanecem dentro dos padrões estabelecidos pela portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde; não obstante, foi observada uma diferença entre os valores de pH obtidos na coleta e no laboratório, no qual essa diferença pode ser decorrente das condições de armazenamento e transporte das amostras do local de coleta até o laboratório onde foram realizadas as análises.

Segundo (RICHTER, 2011), a água pode ser classificada em mole quando seu valor de dureza é ( $< 50 \text{ mg.L}^{-1}$ ); quando a dureza está entre ( $50\text{-}150 \text{ mg.L}^{-1}$ ), ela é moderadamente dura; entre ( $150\text{-}300 \text{ mg.L}^{-1}$ ) é considerada dura, e valores acima de ( $300 \text{ mg.L}^{-1}$ ) é considerada muito dura. Em relação ao consumo de águas classificadas como dura ou muito, não há restrições ao seu uso para o consumo humano. Águas com quantidades muito elevadas de cálcio e magnésio podem causar incrustações. A dureza total dos poços analisados variou de 68 a  $645 \text{ mg.L}^{-1}$ . Esses valores em sua grande maioria não ultrapassam o valor máximo permitido de acordo com a portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do ministério da saúde.

Os valores de dureza total nos poços 1, 2, 5, 7, 8 e 9 ultrapassaram  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , logo, podem ser consideradas como água moderadamente dura e dura, e para o poço 3 sua água pode ser considera muito dura, contudo, para esses poços citados anteriormente, os valores não ultrapassaram o valor máximo permitido de  $500 \text{ mg.L}^{-1}$ , excetuando-se a água do poço 6 que ultrapassou o valor máximo permitido, sendo assim considerada imprópria para o consumo humano (BRASIL, 2011).

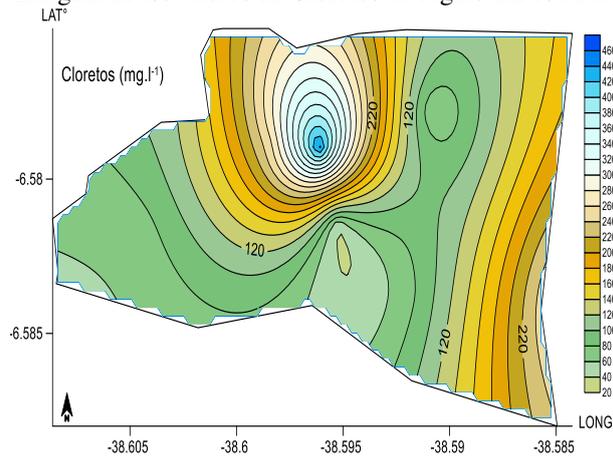
Mediante a Figura 10 é possível observar que os maiores valores de dureza são encontrados no centro da cidade de Triunfo-PB, onde estão localizados os poços 3 (três) e 6 (seis). De acordo com a FUNASA (2014) a principal fonte de dureza nas águas é quando ocorre a passagem pelo solo e acontece a dissolução da rocha calcária pelo gás carbônico da água, desta forma, as águas apresentam altos níveis de dureza. Resultados semelhantes foram encontrados por Eckhardt et al. (2009), em trabalho realizado sobre o mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do Município de Lajeado, RS, Brasil. Esse fato pode ser considerado diferente da situação estudada, em decorrência das características geomorfológicas da região.

Figura 10. Imagem dos valores de Dureza Total da região estudada ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

As concentrações de cloretos nos poços 1, 3, 6 foram superiores ao valor máximo permitido, correspondente à  $250 \text{ mg.L}^{-1}$  para consumo humano, já os poços 2, 4, 5, 7, 8, 9 se mantiveram dentro dos padrões de potabilidade (BRASIL, 2011). O cloro é um elemento que aparece em pequenas proporções na composição química da crosta terrestre, embora se apresente em grandes concentrações nas águas subterrâneas (CONCEIÇÃO et al., 2009). Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (2012), na avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. Quando o teor de cloreto está elevado na água e não há influências de fatores geológicos, essa contaminação pode ser proveniente de efluentes domésticos ou industriais (POHLING, 2009).

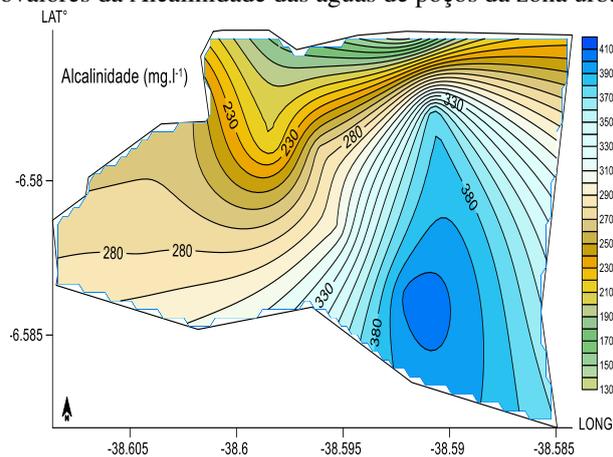
Na Figura 11 é possível observar que, não diferente da dureza total, as maiores concentrações de cloreto também se localizam na região central da zona urbana estudada, onde estão situados os poços 3 (três) e 6 (seis); não obstante, estes apresentaram valores maiores do que os preconizados pela portaria Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, sendo assim a água desses poços não está apta para o consumo humano. Os altos valores de cloretos podem ser influenciados pela falta de chuva por um longo período, despejo de esgotos domésticos nas proximidades dos poços, como também a presença de fossas, caso esse ocorra nas proximidades dos poços que apresentaram valores excedentes de cloretos.

Figura 11. Imagem de isovalores de Cloretos da região em estudada ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).



De acordo com a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para a alcalinidade é de  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ ; os valores obtidos de alcalinidade das análises variaram de 209 a  $405 \text{ mg.L}^{-1}$ , com média de  $289 \text{ mg.L}^{-1}$ , apresentando-se superior ao valor máximo permitido, tornando a água imprópria para o consumo humano, exceto o poço 6, que está dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano. Em concentrações moderadas na água de consumo, a alcalinidade total não tem nenhum significado sanitário, contudo, em níveis elevados pode trazer sabores desagradáveis (MARINS et al., 2002). Na Figura 12 é possível observar que os maiores valores de alcalinidade estão localizados em uma região de menores altitudes da zona urbana, por onde passa uma grande quantidade de água, esse valor alto de alcalinidade pode ser em virtude dos processos de intemperismo químico.

Figura 12. Imagem de isovalores da Alcalinidade das águas de poços da zona urbana em estudada ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

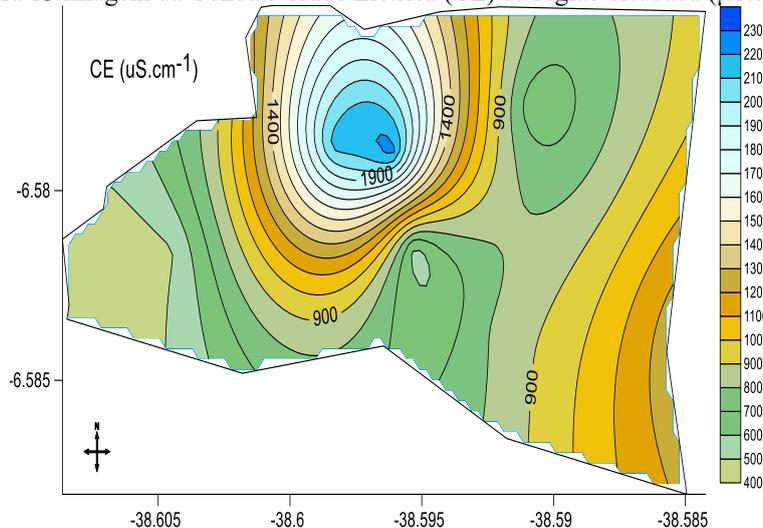


A condutividade elétrica mede a capacidade dos sais dissolvidos e ionizados conduzirem a corrente elétrica, que pode estar relacionado com as concentrações dos íons cloretos ( $\text{Cl}^-$ ), cálcio

(Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e outros íons dissolvidos na água. Os níveis de condutividade elétrica são classificados como baixa ( $CE \leq 250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), média ( $250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} < CE \leq 750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), alta ( $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} < CE \leq 2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e muito alta ( $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} < CE > \leq 10.947 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (CAJAZEIRAS, 2007).

Os valores de condutividade elétrica obtidos nas análises variaram de 486,0 a 2.241,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  com média de 1.071,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Assim sendo, podemos constatar que a água dos poços 4, 8 e 9 podem ser classificados como “média”, e os demais se classificam como “alta”. Concernente à Figura 13, é possível observar que os maiores valores de condutividade elétrica estão localizados na região central da cidade nos poços 3 e 6, os quais apresentaram valores fora do limite permitido pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Tal qual os poços 3 e 6, o poço 1 também apresentou valor muito superior ao permitido; o mesmo está localizado em uma região de menores altitudes, onde passa um grande volume de água durante o período chuvoso. Esses valores podem ser influenciados por fatores de contaminação, já que próximo aos poços 3 e 6 está localizado o fossão da cidade; já no caso do poço 1, a rua não tem pavimentação existindo uma grande quantidade de fossas nas proximidades do mesmo e esgoto a céu aberto.

Figura 13. Imagem da Condutividade Elétrica (CE) da região estudada ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).



Oliveira et al. (2009), diz que condutividade elevada afeta o desenvolvimento das hortaliças e a produtividade das hortas. Segundo a CETESB (2005), níveis superiores de  $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados e apresentaram características corrosivas. Tal situação pode ser observada para os poços estudados.

#### 4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, ficou evidente que o consumo de água dos poços 1, 3, e 6, na situação avaliada, pode representar risco à saúde pública, uma vez que apresentaram elevados valores de condutividade elétrica, cloretos e alcalinidade; para o poço 8, apenas o valor de dureza encontra-se em desacordo com a legislação vigente, não apresentando ideais condições de potabilidade; assim sendo, podem ser capazes de transmitir enfermidades de veiculação hídrica.

Por meio dos resultados obtidos, com a avaliação e comparação dos mapas de isovalores dos parâmetros analisados, pode se observar que os poços que apresentam seus valores fora dos padrões impostos pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estão em sua maioria localizados no centro da cidade, região de mais baixa altitude, onde passa maior quantidade de água durante o período chuvoso.

Ressalta-se que, estudos dessa natureza são de extrema importância para a compreensão da inter-relação entre os constituintes geológicos-antrópicos e os parâmetros físico-químicos de águas de poços subterrâneos. Não obstante, é necessário promover uma análise microbiológica das águas para uma apresentação mais eficaz dos padrões de potabilidade destas.

Diante do estudo realizado, pode-se observar que a população está utilizando essa água de forma indevida, pois mediante informações cedidas pela mesma, eles não têm conhecimento sobre aspectos qualitativos e que seu uso, sem um tratamento sanitário prévio, pode causar danos à saúde da população, já que foi evidenciado o uso constante, assim como só há a disponibilidade desse tipo de recurso hídrico para suprir suas necessidades básicas diárias (dessedentação humana e animal e na construção civil).

Não obstante, o uso das geotecnologias colaborou com a rapidez e precisão dos dados mapeados neste trabalho.

**REFERÊNCIAS**

BORDALO, C. A. L. A “crise” mundial da água vista numa perspectiva da geografia política. GEOUSP: Espaço e Tempo, v.31, p.66-78, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Diagnostico do município de Triunfo-PB. 2005. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/>> Acesso em: 13 ago 2017.

BRASIL. Portaria nº2.914, de 12 de dezembro de 2011. Perguntas e respostas sobre a portaria MS nº 2.914/2011. Ministério da Saúde. Brasília, 2012.

BRASIL/ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Funções dos aquíferos. 2011. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>> Acesso em: 02 ago 2017.

CAJAZEIRAS, C. C. DE A. Qualidade e uso das águas subterrâneas e a relação com doenças de veiculação hídrica, Região de Crajubar/CE. 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2007.

CETESB. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.org.br/>> Acesso em: 19 de setembro de 2017.

CONCEIÇÃO, F. T. DA; CUNHA, R.; SARDINHA, D. DE S.; SOUZA, A. D. G.; SINELLI, O. Hidrogeoquímica do Aquífero Guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP). Geociências, v.28, n.1, p.65-77. 2009.

CORREIA, E. F. G.; RIBEIRO, G. P; BAPTISTA, A. C. Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Bengalas, Nova Friburgo, RJ, utilizando o potencial de geotecnologias na definição de áreas de risco à inundação. Revista Brasileira de Cartografia, v.67, n.6, p.1183-1202, 2015.

COSTA, C. L.; LIMA, R. F. DE; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. Revista SEMINA: Ciências Biológicas e da Saúde, v.33, n.2, p.171-180, 2012.

COUTINHO, L. Água – Recurso Mineral: o paradoxo hídrico resultante da regulamentação jurídica aplicada às águas minerais no Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2015.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Org. SANTOS, E. J. DOS; FERREIRA, C. A.; SILVA JUNIOR, J. M. F. DA. Recife, PE, 234p. 2002.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. Diagnóstico Socioambiental - Litoral Norte - O Meio Físico da Área, 2005. Recursos Hídricos Subterrâneos. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/25\\_Recurso\\_Hidricos\\_Subterraneos](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/25_Recurso_Hidricos_Subterraneos)> Acesso em: 25 jul 2017.

DANELUZ, D.; TESSARO, D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. Arq. Inst. Biol., v.82 p.1-5, 2015.

ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L.; FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. *Ambi-Agua*, v.4, n.1, p.58-80, 2009

FILHO, H. R. G.; ROCHA, E. F. C. Prevalência de doenças de veiculação hídrica em usuários de águas de poços freáticos em Campos dos Goytacazes-RJ. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v.9 n.1, p.49-67, 2015.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. Determinação do risco das águas subterrâneas. Um método baseado em dados existentes. Instituto Geológico. 1993.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Departamento de Saúde Ambiental (DESAM). Brasília- DF. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008. Disponível em: [www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/). Acesso em: 08 abr. 2017.

KEMERICH, P. D. C. DE; SILVA, J. L. S. DE; FILHO, L. L. V. D.; VOLPATTO, F.; SAUCEDO, E. M. Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no bairro nossa senhora do perpétuo socorro em Santa Maria – RS. *Engenharia Ambiental*, v.8, n.3, p.085-098, 2011.

LEAL, A. DE S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e usos. In: FREITAS, M. A. V. DE (org). *O Estado das Águas no Brasil*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; superintendência de Estudos e Informações hidrológicas. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Ministério de Minas e Energia, 1999.

LIMA, R. B.; OLIVEIRA, D. DA S.; SOUZA, L. D.; BATHISATA, R. O.; ALVES, S. M. C.; SILVA, F. U. Análise físico-química da água de três poços subterrâneos do município de Mossoró-RN. *Revista Química: ciência, tecnologia e sociedade*, v.4, n.2, 2015.

MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L. R. Ó. geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da Lagoa do Uruaú – Beberibe/CE. *Geonorte*, v.2, n.4, p.1509–1518, 2012.

NUMMER, A.; MACIEL FILHO, C. A. *Introdução à Geologia de Engenharia*. 4. ed. UFSM, Santa Maria, 2011.

MARINS, R. V.; PARAQUETTI, H. H. M.; AYRES, G. A. Alternativa analítica para especiação físico-química de mercúrio em águas costeiras tropicais. Instituto de Ciências do Mar, UFCE; Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense. v.25, n.3, p. 372-378. 2002.

MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L. R. Ó. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da Lagoa do Uruaú – Beberibe/CE. *Geonorte*, v.2, n.4, p.1509–1518, 2012.

OLIVEIRA, A. DA S.; ALMEIDA, A.G. DE; SGRIGNOLLI, L. A.; OTOBONI, ALDA M. M. B.; MARINELLI, P. Sérgio. Levantamento físico-químico e higiênico-sanitário de águas de irrigação do cultivo de hortaliças na cidade de Marília/SP. 2009.

PARAÍBA. SECTMA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Geomorfologia do Estado da Paraíba. 2006. Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE\\_09.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_09.pdf). Acesso em: 13 de novembro de 2017.

POHLING, R. Reações Químicas na Análise de Água. Fortaleza: Editora Arte Visual Gráfica e Editora Ltda. – ME, p.5, 2009.

RICHTER, C. A., AZEVEDO. N. J. M. Tratamento de Água. Tecnologia atualizada. Editora Blucher. São Paulo–SP, 2011.

SILVA, K. M. O Perigo do uso indiscriminado dos poços artesianos - uma abordagem hídrica. 2010. Disponível em: <http://www.agsolve.com.br/noticias/o-perigo-do-uso-indiscriminado-dos-pocos-artesianos-uma-abordagem-hidrica>. Acesso em: 22 de set 2016.

SOARES, J. B.; MAIA, A. C. F. Água: microbiologia e tratamento. Fortaleza: UFC, 1999. 215p.

STEIN, P.; FILHO, J. B. D.; 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, n.1, p.226-237, 2012.