



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

SANTANA LÍVIA DE LIMA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
EM ÁGUAS DE POÇOS PÚBLICOS NA ZONA URBANA DE TRIUNFO/PB**

**SUMÉ, PB
DEZEMBRO, 2017**

SANTANA LÍVIA DE LIMA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS
EM ÁGUAS DE POÇOS PÚBLICOS NA ZONA URBANA DE TRIUNFO/PB**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Graduação em Engenharia de
Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento
Sustentável do Semiárido da Universidade
Federal de Campina Grande, em cumprimento
as exigências para obtenção do título de
Engenheiro de Biosistemas.**

**Orientador: Dr. George do Nascimento
Ribeiro**

Co-orientador: Dr. Paulo da Costa Medeiros

**SUMÉ, PB
DEZEMBRO, 2017**

L732u Lima, Santana Livia de.

Uso de geotecnologias aplicadas à parâmetros físico-químicos em águas de poços públicos na zona urbana de triunfo/PB. / Santana Livia de Lima. - Sumé - PB: [s.n], 2017.

57 f.

Orientador: Prof. Dr. George Nascimento Ribeiro.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Bacharelado em Engenharia de Biosistemas.

1. Biosistemas. 2. Geotecnologias. 3. Poços de água. I. Título.

UFCG/BS

CDU: 628.112 (043.1)

SANTANA LÍVIA DE LIMA

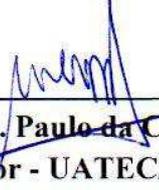
**USO DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À PARÂMETROS FÍSICO-
QUÍMICOS EM ÁGUAS DE POÇOS PÚBLICOS NA ZONA URBANA
DE TRIUNFO/PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA:



Professor Dr. George Nascimento Ribeiro
Orientador - UAEB/CDSA/UFCG



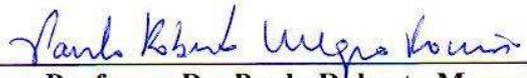
Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros
Co-orientador - UATEC/CDSA/UFCG



Professora Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro
Examinadora Interna- UATEC/CDSA/UFCG



Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara
Examinador Interno- UATEC/CDSA/UFCG



Professor Dr. Paulo Roberto Megna Francisco
Examinador Externo- PPGCS/CCA/UFPB

Trabalho aprovado em: 06 de Dezembro de 2017.

SUMÉ - PB.

AGRADECIMENTOS

Meus mais sinceros agradecimentos,

Primeiramente a **Deus**, pela graça de simplesmente estar viva e por sempre guiar meus passos e me proteger para que eu pudesse chegar ao final dessa jornada com êxito.

Agradeço a minha **família**, especialmente aos meus pais Maria e Edilson, que estiveram sempre comigo, apoiando todas as minhas decisões e souberam conviver com a distância e as visitas corridas durante minha fase de formação acadêmica. Vocês são os responsáveis por moldarem o meu caráter, foram as pessoas mais importantes para a realização deste sonho tão importante, meu porto seguro que, com seus olhares de compreensão palavras de incentivo e apoio incomparável, foram minha fonte de sabedoria, exemplo vivo de fé, perseverança e muito amor maior.

A minha irmã Ramone e meus irmãos Rogerio, Osmildo, Francisco e Chagas por me apoiarem sempre em todos os momentos, meus maiores incentivadores, muito obrigado pelo carinho e apoio incondicional.

Aos meus pequenos sobrinhos (Guilherme, Artur, Maria Alice, João Pedro e Larissa) por serem meus principais motivadores, minha fonte de inspiração, por todo amor e carinho expresso a cada reencontro, minhas estrelas mais lindas.

A minha avó Midinha (*In memorian*) por todo seu carinho e ensinamento.

A minha Tia (Madrinha) Nininha por sempre se fazer presente na minha vida com todo amor, carinho e os melhores conselhos.

Aos meus primos (Iolanda, Maria Rita, Dalvilina, Juliana, Larissa e Tadeu, entres outros) muito obrigado por todo apoio e carinho durante essa caminhada.

As minhas Tias pelos conselhos, apoio e carinho a mim concedido.

A minha segunda família (Fatima, Eliane, Edilane e Joelma) que sempre se fez muito presente na minha vida, obrigada pelo apoio e carinho imensurável durante toda essa jornada.

Aos meus grandes e eternos amigos que Sumé me presenteou, em especial Welinagila, Rafaela, Fabiana Paolla, Lorrany, Shenia, Suerda, Aryane, Estela, Pablo, Carlinhos, Silvia, Thiago, Euclides, Aldo, Paulo César, Maria Rita, Luana, Renato e Napoleão a eles todo meu carinho, pelos os momentos de companheirismo, felicidade e por se fazerem luz nos meus momentos de escuridão.

Aos meus queridos amigos Pedro Jorge e Mayane que sempre se fizeram presentes em todos os momentos da minha vida, por todo apoio, carinho e amor incondicional.

Ao meu orientador e grande amigo Dr. George Ribeiro, pela orientação, paciência, apoio e incentivo em todos os momentos da realização desse trabalho. Pelas oportunidades a mim confiadas, ensinamento e todo carinho no decorrer desses anos, por todos os conselhos que só me fizeram crescer como profissional e como pessoa, muitíssimo obrigado.

Ao meu co-orientador Dr. Paulo Medeiros pela orientação, dedicação e confiança durante a realização desse trabalho, muito obrigado.

A professora Dra. Ilza, por disponibilizar o Laboratório de Qualidade de Água para realização das análises, por todo seu carinho, sempre se fez presente na minha vida, obrigada por todos os seus conselhos, por muitas vezes me fazer continuar em momentos que pensei em desistir, a senhora vai sempre está em lugar especial no meu coração, muito obrigado por tudo.

Ao membro da banca Dr. Paulo Megna, pelas valiosas contribuições geotecnológicas para com o trabalho, no qual será eternamente lembrado.

A minha amiga e professora Dra. Joelma Sales por todo o incentivo, conselhos e por sempre me trazer lucidez em momentos difíceis, seu acolhimento e carinho fez total diferença no final dessa jornada, terá sempre um lugar muito especial no meu coração.

Ao professor Dr. Hugo Morais pelo seu incentivo, apoio, conselhos e os melhores ensinamentos, sempre presente desde o início até os momentos finais, muito obrigada.

Ao Técnico do Laboratório de Qualidade de Águas da UFCG/campus Sumé Francisco e aos alunos Maria José e Maike por todo auxílio na realização da análises, que foram de fundamental na obtenção dos resultados.

A professora Dra. Fabiana Pimentel por seus conselhos, incentivo e todo seu carinho serei sempre grata.

Aos professores da Unidade Acadêmica de Tecnologia e Desenvolvimento pelos ensinamentos passados ao longo da graduação.

A cidade de Sumé por seu acolhimento, por proporcionar os 7 melhores anos da minha vida até agora, me presenteou com muitos amigos e muitas histórias.

E por fim a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste projeto e que me acompanharam durante esta trajetória acadêmica, muito obrigada.

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. A confecção dos mapas de isovalores foi procedida com a utilização do *Software Surfer 11*. 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, lakes, among others for human consumption. The present work had the objective of characterizing the quality and spatial distribution of the waters of public wells at urban zone of the city of Triunfo-PB, by means of geotechnologies. A survey was made of the geolocation of the wells that are used to supply the Triunfo-PB population. Samples were collected from nine (9) public tubular wells, and made laboratory tests of pH, electrical conductivity, chlorides, alkalinity, total hardness, were performed from 08 to 11 February 2016 at the Water Quality Laboratory of the UFCG/Sumé campus. The mapping of isovalues was done using the Surfer Software 11. It was evident from the results obtained that the water consumption of wells 1, 3 and 6 in the assessed situation could represent a risk to public health, since presented high values of electrical conductivity, chlorides and alkalinity; for well 8, only hardness is in disagreement with the current brazilian legislation, not presenting ideal potability conditions; therefore, they may be able to transmit water-borne diseases.

KEYWORDS: geolocation. Water quality. Groundwater. Thematic mapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Hidrológico	18
Figura 2. Imagem da localização do município de Triunfo-PB.....	27
Figura 3. Mapa da Geologia do município de Triunfo-PB.....	29
Figura 4. Mapa da Geomorfologia do município de Triunfo-PB.....	31
Figura 5. Localização dos poços tubulares públicos na zona urbana de Triunfo-PB.....	33
Figura 6. Análises físico-químicas no Laboratório de Qualidade de Águas da UFCEG/Campus Sumé.....	34
Figura 7. Recorte (.bln) da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	37
Figura 8. Distribuição espacial dos poços públicos da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	38
Figura 9. Modelo Digital de Terreno (MDT) da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	39
Figura 10. Imagem da declividade da região estudada.....	39
Figura 11. Modelo de bacias hidrográficas referentes a da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	40
Figura 12. Imagem de profundidade dos poços públicos da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	41
Figura 13. Imagem de vazão dos poços públicos da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	42
Figura 14. Imagem comparativa entre os valores de pH em laboratório e no ato das coletas das águas dos poços da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	43
Figura 15. Imagem do fossão da cidade (a esquerda) e rua não pavimentada (a direita)	44
Figura 16. Imagem dos valores de dureza total das águas dos poços da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	45
Figura 17. Imagem de isovalores dos cloretos das águas dos poços da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	47
Figura 18. Imagem de isovalores da alcalinidade da água dos poços da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	48
Figura 19. Imagem da condutividade elétrica (CE) dos poços da zona urbana do município de Triunfo-PB.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABAS	Associação Brasileira de Água Subterrânea
ABNT	Agencia Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agencia Nacional de Águas
APDA	Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas
Ca²⁺	Íon Cálcio
CaCO₃	Carbonato de Cálcio
CE	Condutividade Elétrica
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
Cl⁻	Íon Cloreto
CNRH	Concelho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GPS	Sistema de Posicionamento Global
H⁺	Íon Hidrogênico
IBGE	Índice Brasileiro de Geografia e Estatística
L	Litro
Km	Quilômetros
m	Metro
MDT	Modelo Digital de Terreno
Mg⁺²	Íon Magnésio
mg.L⁻¹	Miligramas por Litro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
N^o	Número
Na⁺	Íon Sódio
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
PB	Paraíba
pH	Potencial Hidrogeniônico
SAD69	South American Datum 1969

SIG	Sistema de Informação Geográfica
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UTM	Universal Transversor Mercator
VMP	Valor Máximo Permitido
$\mu\text{S.cm}^{-1}$	MicroSiemens por centímetro

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado dos parâmetros físico-químicos da água dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB.....	42
--	-----------

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 O CICLO HIDROLÓGICO E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	18
3.2 ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	20
3.3 GERENCIAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E PROCEDIMENTOS PARA OUTORGA DE USO	21
3.4 QUALIDADES DAS ÁGUAS E PARÂMETROS FUNDAMENTAIS PARA ANÁLISE	22
3.4.1 pH	22
3.4.2 Condutividade Elétrica (CE)	23
3.4.3 Íon Cloretos	23
3.4.4 Alcalinidade	23
3.4.5 Dureza Total	24
3.5 POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	24
3.6 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	25
3.7 USO DE GEOTECNOLOGIAS EM ESTUDOS HÍDRICOS	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
4.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DO MUNICÍPIO DE TRIUNFO-PB	29
4.3 GEORREFERENCIAMENTO DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA	31
4.4 COLETA DE ÁGUA PARA ANÁLISE	32
4.5 MÉTODOS DE ANÁLISES DAS ÁGUAS	34
4.5.1 Determinação do pH	34
4.5.2 Determinação da Condutividade Elétrica (Ce)	34
4.5.3 Determinação do Cloreto	35
4.5.4 Determinação da Alcalinidade	35
4.5.5 Determinação da Dureza Total	35
4.6 PRODUÇÃO DOS MAPAS DE ISOVALORES	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 pH	43
5.2 DUREZA TOTAL	44
5.3 CLORETOS	46
5.4 ALCALINIDADE	47

5.5 CONDUTIVIDADE ELETRICA.....	47
6 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	52
ANEXOS.....	58

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, 2017).

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. Desde 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 Nº 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).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Diante do exposto, a presente pesquisa tem 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.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as estruturas dos poços subterrâneos;
- Utilizar geotecnologias para o levantamento da localização dos poços públicos da zona urbana do município;
- Analisar parâmetros físico-químicos das águas de poços subterrâneos da zona urbana;
- Elaborar mapa altimétrico (Modelo Digital de Terreno – MDT) da zona urbana do município;
- Elaborar mapas de isovalores dos parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

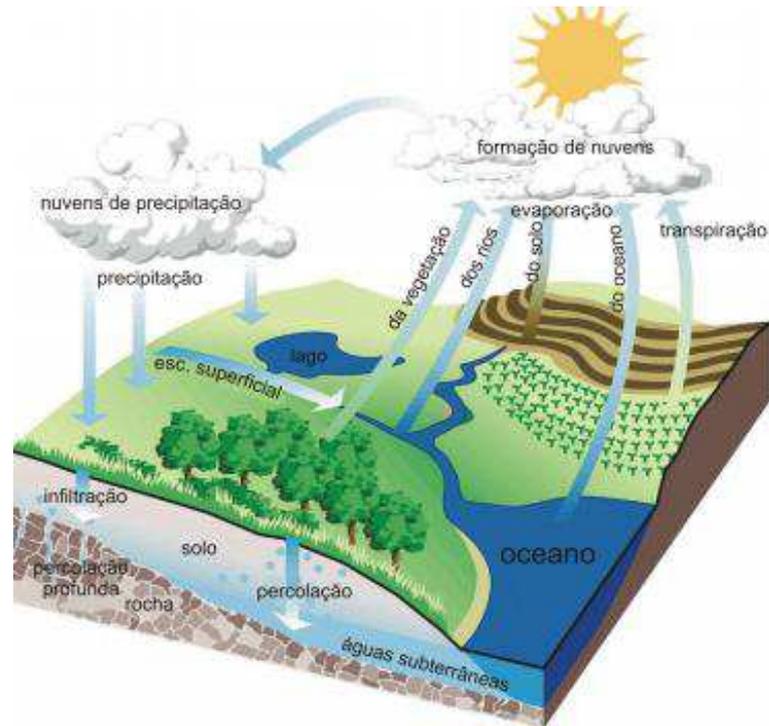
3.1 O CICLO HIDROLÓGICO E AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de fluxo fechado da água entre a superfície terrestre e a atmosfera. Impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada a gravidade e à rotação terrestre (TUCCI, 2012). De acordo com o MMA (Ministério do Meio Ambiente, 2017) na atmosfera, formam-se as nuvens que, quando carregadas, provocam precipitações, na forma de chuva, granizo, orvalho e neve. Para que o ciclo continue em sua operação natural, é necessário que o mesmo não seja desestabilizado, como o que ocorre com os processos de urbanização, na qual as variáveis hidrológicas são modificadas (POLETO, 2011).

O ciclo hidrológico pode ser composto de duas fases principais: uma atmosférica e uma terrestre e cada uma delas inclui: armazenamento temporário de água, transporte e mudança de estado. Podendo ser compreendido em quatro etapas principais: a) precipitação atmosférica (chuva, granizo, neve e orvalho), b) escoamentos subterrâneos (infiltração e águas subterrâneas), c) escoamentos superficiais (torrentes, rios e lagos), e d) evaporação (nas superfícies das águas e no solo) e transpiração dos vegetais e animais (GARCEZ; ALVAREZ, 2011).

Segundo Tucci (2012), o ciclo hidrológico só é fechado em nível global, e os volumes evaporados em um determinado local do planeta não precipitam necessariamente na mesma região, porque ocorrem movimentos contínuos, com dinâmicas diferentes, na atmosfera e também na superfície terrestre. Como exemplos podemos citar as calotas polares nas quais ocorre pouca precipitação e a evaporação é direta das geleiras, já nos grandes desertos são raras as precipitações, com água permanente disponível somente a grande profundidade, sem trocas significativas com a atmosfera, provavelmente armazenada em tempos antigos (Figura 1).

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.



Fonte: MMA, (2017).

Segundo a ABAS (2017), água subterrânea é toda água que ocorre abaixo da superfície da terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactadas. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, sendo que constituem uma parcela da água precipitada.

Segundo Rocha et al., (2011) as águas subterrâneas fazem parte do ciclo hidrológico e estão intimamente relacionadas com os processos atmosféricos e climáticos, com o regime de águas superficiais de rios e lagos, com as nascentes e as terras úmidas que são por elas alimentadas. As reservas de água subterrânea no Brasil são estimadas em 112 trilhões de metros cúbicos.

As águas subterrâneas têm três origens: Meteoricas que são resultantes das chuvas, neve e neblinas que constituem cerca de 97% de água doce dos continentes e ilhas; Conatas são denominadas de águas de formação por serem retidas desde a época de formação dos depósitos e possuem alto teor salino; Juvenil que é originada dos processos magmáticos da terra, estimada em 0,3 Km³ por ano. (ROCHA et al., 2011).

No Brasil, a utilização da água subterrânea teve um acréscimo significativo nas últimas décadas, sendo em menor grau comparado as superficiais. Da mesma forma, as águas subterrâneas estão suscetíveis a contaminações, porém uma vez contaminadas, sua

despoluição é bem mais complexa e onerosa quando comparada com as águas superficiais (MEDEIROS, 2012).

Povos primitivos em todo o planeta já evidenciavam a importância desse bem, utilizando-o diante da escassez ou insuficiência de chuvas (COUTINHO, 2015).

Das reservas hídricas existentes no planeta, cerca de 80% é de água subterrânea, mas um grande percentual dessa água não está disponível por encontra-se a grandes profundidades ou apresentar alto teor de sais. Essas águas apresentam algumas propriedades que tornam o seu uso mais vantajoso em relação a água dos rios (ROCHA et al., 2011).

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 e a Austrália tem a água subterrânea como o único recurso hídrico disponível para uso humano (ROCHA et al., 2011).

É factível destacar como as principais vantagens da utilização das águas subterrâneas o baixo custo de construção dos poços, a boa qualidade, o baixo teor de sais e é uma alternativa para o abastecimento de pequenas cidades e zonas rurais (LOBLER, 2013).

3.2 ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

No tocante aos recursos hídricos a Lei Federal Nº 9.433/97 constitui a “Carta Magna” da legislação das águas no Brasil. Dentre os fundamentos destaca-se que a água é um bem de domínio público, dotada de valor econômico e bacia hidrográfica é a unidade territorial de gerenciamento. Os instrumentos de gestão (Planos de recursos hídricos, enquadramento dos corpos de água, cobrança, outorga e sistema de informações sobre recursos hídricos) são destacados na referida Lei.

O conselho Nacional de Recursos Hídricos é o colegiado que desenvolve regras de mediação entre os diversos usuários da água que articula a integração das políticas públicas, sendo orientador para um diálogo transparente no processo de decisões no campo das águas (CNRH, 2017).

A Agência Nacional de Águas – ANA, é o órgão que disciplina “a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela Política Nacional de Recursos Hídricos” concernentes aos rios de domínio da União (ANA, 2017).

Na esfera estadual, a Lei n.º 6.308, de 02 de julho de 1996, instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e suas diretrizes. A Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba - AESA foi criada pela Lei n.º 7.779, de 07/07/2005, em seu Artigo 3º destaca os objetivos: “gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais de domínio do Estado da Paraíba, de águas originárias de bacias hidrográficas localizadas em outros Estados que lhe sejam transferidas através de obras implantadas pelo Governo Federal e, por delegação, na forma da Lei, de águas de domínio da União que ocorrem em território do Estado da Paraíba”.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH é o órgão de fiscalização, deliberação coletiva e de caráter normativo. Dentre os objetivos, coordena a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos e delibera sobre assuntos relativos aos recursos hídricos (AESA, 2017).

O comitê de bacia é o parlamento das águas que, de uma maneira geral, é composto, em sua representatividade, pelo o poder público, sociedade civil organizada e usuários de água, dentre os objetivos: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia; propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes (AESA, 2017).

3.3 GERENCIAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E PROCEDIMENTOS PARA OUTORGA DE USO

Os principais documentos infraconstitucionais disciplinadores da temática das águas subterrâneas no Brasil, são resoluções específicas no Conselho Nacional de Recursos Hídricos, na qual a resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001, trata do estabelecimento dos principais conceitos acerca desse tema e a Resolução nº 22, de 24 de maio de 2002, sobre os conteúdos e disciplinamentos dos Planos de Recursos Hídricos relativos as águas subterrâneas (CNRH, 2001).

De acordo com a Resolução nº. 15, de 11 de janeiro de 2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas em seu artigo primeiro define os corpos d'água existentes:

Art. 1º Para efeito desta resolução consideram-se:

I - Águas Subterrâneas – são as águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo;

II - Águas Meteóricas – são as águas encontradas na atmosfera em quaisquer de seus estados físicos;

III- Aquífero - corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carregamento de materiais rochosos;

IV - Corpo Hídrico Subterrâneo - volume de água armazenado no subsolo. Sendo esta água retirada para ser utilizada no abastecimento humano, na agricultura, na indústria e lazer de acordo com a Resolução CONAMA nº396/2008. No Brasil, a Constituição Federal (1988), estabelece em seu Art. 26 que a titularidade das águas superficiais e subterrâneas é competência dos estados.

3.4 QUALIDADES DAS ÁGUAS E PARÂMETROS FUNDAMENTAIS PARA ANÁLISE.

A qualidade da água pode ser exposta por meio de variados parâmetros, que abrangem as mais consideráveis características físicas, químicas e biológicas. Na resolução CONAMA Nº 357/05 estão retratados padrões para mais de 70 parâmetros de qualidade da água. Neste item serão expostos apenas os parâmetros nos quais foram analisados para o vigente estudo.

3.4.1 pH

O pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução e corresponde ao logaritmo do inverso da concentração de íons H^+ na solução. O pH influencia na solubilidade das substâncias (sais metálicos), na predominância de determinadas espécies mais ou menos tóxicas e nos processos de adsorção/sedimentação dos metais e outras substâncias na água (FUNASA, 2014).

Conforme Naime et al. (2009), diversos fatores podem influenciar o pH, desde a ausência de substâncias salinas dispostas nas rochas para solubilização e neutralização da

água, até poluições com excreções animais, que colaboram para a diminuição dos níveis de pH.

3.4.2 Condutividade Elétrica (CE)

Segundo Souza et al. (2012), a condutividade elétrica remete à capacidade de condução de corrente elétrica de sais dissolvidos e ionizados presentes na água, pode ser utilizada como parâmetro de avaliação de qualidade. Assim a condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição da água, especialmente na sua concentração mineral. À medida que mais sólidos dissolvidos são incorporados, a condutividade da água se eleva, mostrando características corrosivas da água (ALVES, 2010). Libânio (2010) cita que esse parâmetro é fundamental em regiões suscetíveis a altas taxas de evaporação e baixo volume pluviométrico.

3.4.3 Íon Cloretos

O cloro, na forma de íon cloreto (Cl^-), é um dos principais ânions inorgânicos em águas naturais e residuais. Hoje, no Brasil, ele é largamente usado como o principal método para a desinfecção do abastecimento de água (NETO e PINTO, 2014).

O íon Cl^- tem origem em sais muito solúveis e quase sempre está associado ao sódio (Na^+) com maior predominância nas águas salobras. Nas águas doces, a quantidade de cloreto varia até cerca de 250 mg/L, valor este recomendado como o máximo permitido de acordo com os padrões de potabilidade (RICHER & AZEVEDO, 2011).

3.4.4 Alcalinidade

Alcalinidade pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH. Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos (PIVELI, 2015). Segundo Pereira (2014), a alcalinidade é gerada por sais alcalinos, sobretudo de sódio e cálcio, tem como propósito medir capacidade da água de neutralizar com ácidos, em grandes quantidades, pode produzir sabor desagradável à água, sendo detectada na forma de carbonatos e bicarbonatos, raramente encontrada em águas naturais.

3.4.5 Dureza Total

Refere-se à concentração total de íons alcalino-terrosos na água, particularmente de íon cálcio (Ca^{2+}) e íon magnésio (Mg^{2+}), cujas concentrações são muito superiores às dos demais íons alcalino-terrosos encontrados em águas naturais. A dureza é normalmente expressa como número de equivalente de miligramas por litro (mg.L^{-1}) de carbonato de cálcio (CaCO_3). Tal característica imprime à água a dificuldade em dissolver sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como ferro, manganês, cobre e bário (ABDALLA et al, 2010).

A dureza da água pode mudar de forma geográfica, de acordo com a natureza geológica dos terrenos nos quais a água permeia e com os quais tem contato, sendo as águas subterrâneas, devido ao maior contato com as formações geológicas, mais duras que as águas de superfície. Pode ser uma água muito dura quando a mesma apresenta uma quantidade de carbonato de cálcio superior a 180 mg/L; dura com concentração entre 120 e 180 mg/L, moderadamente dura entre 60-120 mg/L e macia quando os teores em carbonato de cálcio são $<60 \text{ mg.L}^{-1}$ (APDA, 2012).

3.5 POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo a ABNT/NBR N° 12.244/2006, “poço é definido como qualquer obra de captação de água subterrânea executada com sonda, mediante perfuração vertical”. Essa norma também estabelece que o poço deve ter selo sanitário, perfil construtivo e ser executado por técnicos habilitados (TERRA et al, 2013).

Segundo Vasconcelos (2014) de acordo com as características peculiares de cada unidade de captação de água, os poços podem ser classificados como: I Poços escavados e; II Poços tubulares. Os poços escavados estão divididos entre cacimba; cacimbão e amazonas. E os poços tubulares são classificados em freáticos, artesianos jorrantes e artesianos não jorrantes. Essa classificação envolve a maior parte dos poços existentes utilizados para a captação de águas subterrâneas.

A água de aquíferos confinados ou livres pode ser extraída com a perfuração de poços tubulares, que deverão ser bem projetados e construídos, de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/NBR N° 12.212/2006 e ABNT/NBR N° 12.244/2006), para evitar a contaminação dos meios aquíferos (TERRA et al., 2013).

Na cidade de Triunfo a maioria dos poços são tubulares e, de acordo com a classificação anterior, são artesianos não jorrantes. Em pequenas cidades a população realiza a captação da água desses poços com o auxílio de bombas, as mesmas bombeiam a água até caixas localizadas em locais estratégicos que facilitem a utilização da água para toda a comunidade, bairro ou rua.

A maioria dos poços de pequenas cidades são construídos sem critérios técnicos, muitas vezes localizados próximos de fossas e em ruas sem rede de esgoto, a proteção contra contaminantes é apenas com revestimento interno e cobertura externa para impedir a entrada da água da chuva diminuindo a possibilidade de contaminação das águas.

3.6 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Atualmente existe uma maior vulnerabilidade à contaminação dos mananciais e em consequência uma acentuada instabilidade e/ou insuficiência de um abastecimento de água com qualidade aos usuários. 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 Nº 357/05, que indica, de acordo com a classe, o tipo de tratamento adequado (FILHO; ROCHA, 2015).

Segundo Campos (2013), a contaminação dos solos e da água por elementos, compostos ou organismos que possam prejudicar a saúde do homem ou de animais ocorre tanto no meio urbano ou rural. Quando a contaminação não tem a origem natural que é provocada por constituintes dissolvidos de minerais constituintes das rochas e dos solos, ela é proveniente de atividades humanas e acabam atingindo os mananciais superficiais e subterrâneos.

O tratamento desses aquíferos contaminados é bastante complexo e uma das formas para tentar trazê-lo mais próximo das condições naturais é por meio de remediação, que consiste em retirar ou atenuar a concentração do contaminante do solo ou da água subterrânea. Ela é feita para que a concentração seja reduzida a limites pré-determinados na avaliação de risco da saúde humana, disposto na legislação vigente (CAMPOS, 2013).

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 adoçam ou mesmo morram. O uso frequente de poços artesianos pode ocasionar a contaminação das águas subterrâneas (SILVA, 2010).

3.7 USO DE GEOTECNOLOGIAS EM ESTUDOS HÍDRICOS

O geoprocessamento é “um conjunto de tecnologias, métodos e processos para o processamento digital de dados e informações geográficas” (PEREIRA; SILVA, 2001). As técnicas de geoprocessamento englobam o processamento digital de imagens, a cartografia digital e os sistemas de informação geográfica (SIG).

As tecnologias de geoprocessamento são instrumentos apropriados para o manuseio, manutenção, gerenciamento e disponibilização de informações com características espaciais. Na região semiárida os problemas econômicos e sociais são recorrentes, com danos ambientais impactantes e degradantes, causando enormes prejuízos econômicos aos municípios e principalmente ao meio ambiente (MMA, 2007).

Segundo Flauzino et al. (2010), as geotecnologias se tornaram um instrumento de grande relevância para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água. Destaca-se a utilização dos SIG's como ferramenta para mapear e obter respostas às várias questões sobre planejamento urbano e levantamento do meio físico, ao descrever os mecanismos das mudanças que operam no meio ambiente, além de auxiliar o planejamento e manejo dos recursos naturais existentes.

Com o avanço das geotecnologias pode-se obter produtos de extrema relevância e com qualidade para o mapeamento e monitoramento das alterações sofridas na natureza, tornando-se importantes para o planejamento e fiscalização das mudanças no ambiente por atividades antrópicas (SALES; PASSOS, 2016).

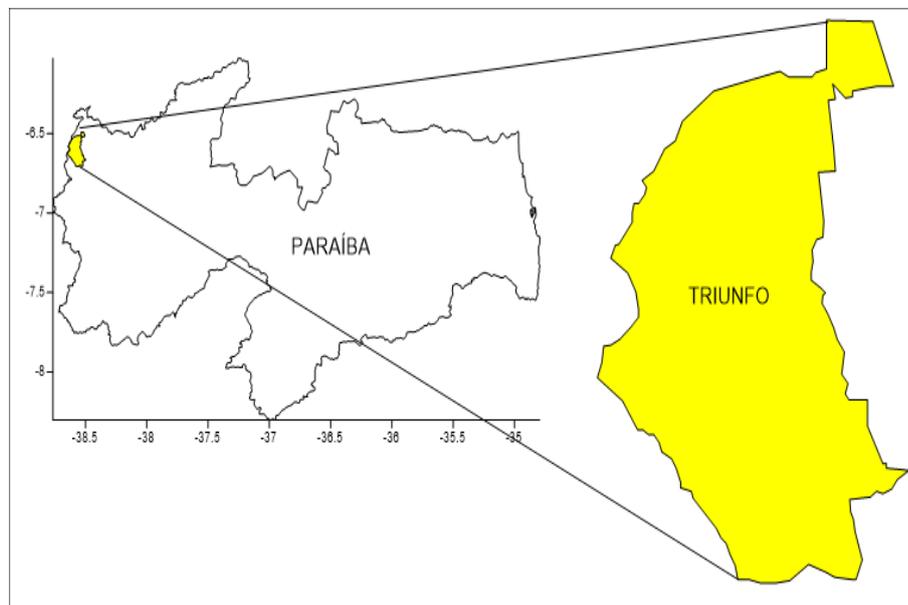
Com a limitação dos recursos hídricos as geotecnologias se tornaram ferramentas de fundamental importância para a construção de indicadores ambientais e avaliação da capacidade de suporte ambiental (DEUS et al., 2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Triunfo está localizado na região oeste da Paraíba na microrregião de Cajazeiras, se estende por uma área 219,9 km² e apresenta uma população de 9.410 habitantes, a densidade demográfica é de 41,9 habitantes.km⁻². 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, 2010).

Figura 2 - Imagem da localização do município de Triunfo-PB



Fonte: Autor, 2017.

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

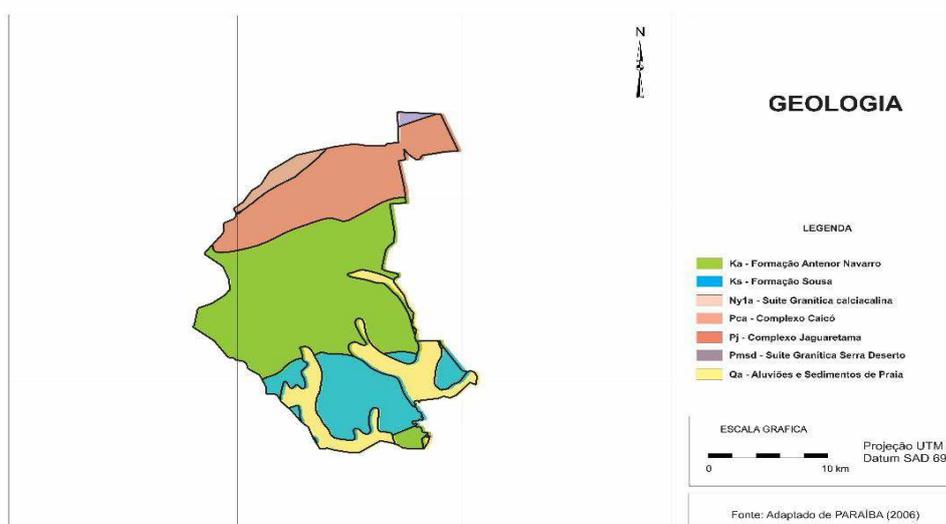
de apenas 02 estações: a seca que constitui o verão, cujo clímax é de setembro a dezembro e a chuvosa denominada de inverno, restrito a um período de 3 a 4 meses por ano.

A vegetação é de pequeno porte, típica de caatinga xerofítica, 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).

4.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DO MUNICÍPIO DE TRIUNFO-PB

Tendo como base os mapas Geológicos e Geomorfológicos do estado da Paraíba (PARAÍBA, 2006), foram confeccionados, utilizando o *software* CorelDRAW X6 (64bits), os respectivos mapas para o município de Triunfo-PB, como observado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Mapa da Geologia do município de Triunfo-PB



Fonte: Adaptado de Paraíba (2006)

Pertencente a Bacia do Rio do Peixe, na porção noroeste do estado, a Formação Antenor Navarro (Ka) é constituída na base por conglomerados e arenitos imaturos, os quais

passam gradualmente, em direção ao topo a arenitos finos e micáceos intercalados com argilitos. Estes sedimentos foram depositados diretamente sobre o embasamento cristalino, em um ambiente de leque aluvial, passando a fluvial, sendo contemporâneos aos primeiros pulsos tectônicos. Sua base conglomerática associa-se a um regime de corrente (torrente e aluvião), que prevaleceu no início dos movimentos tectônicos, passando gradualmente para sedimentos mais finos em direção ao topo da formação (CPRM, 2002). Para o ambiente estudado, compreendida apenas pela zona urbana do município de Triunfo-PB, esta categoria recobre toda sua extensão.

À saber, a Formação Sousa é constituída de argilitos intercalados com arenitos finos e finos níveis carbonáticos, incluindo vários níveis fossilíferos e pegadas de dinossauros que permitem a datação da bacia. Esta formação foi depositada em um ambiente fluvial meandrante (planície de inundação) e lacustre pouco profundo, durante um período de relativa calma tectônica. Seus contatos com as formações Antenor Navarro (inferior) e Rio Piranhas (superior) são progressivos. Esta formação apresenta uma área de ocorrência pequena na subbacia Brejo das Freiras, amplo na subbacia de Sousa e inexistente na sub-bacia de Pombal e no alto de Santa Helena (CPRM, 2002).

A suíte N γ 1a é caracterizada por granitóides porfiríticos de composição monzonítica, sienogranítica e granodiorítica, conhecidos na literatura como tipo Itaporanga (Almeida et al., 1967; *apud* CPRM, 2002). Ela consiste em grandes complexos formados principalmente por granito com megacristais de feldspato potássico em coexistência com diorito e uma fase de mistura entre eles (Mariano & Sial, 1990; *apud* CPRM, 2002).

O Complexo Caicó é composto por ortognaisses bandados félsico-máficos, ortognaisses maciços e migmatitos, com intercalações de rochas máficas e supracrustais metassedimentares. Constitui a unidade dominante no Terreno Rio Piranhas, tendo sido usualmente referida em outros trabalhos como um complexo gnáissico-migmatítico. A presença de supracrustais no Complexo Caicó e o alto grau metamórfico dessas rochas tornam complexa uma distinção entre essas supracrustais e aquelas do Grupo Seridó, em algumas áreas. Entretanto, algumas estreitas faixas de biotita paragnaisses, que ocorrem na zona oeste do terreno, foram individualizadas como supracrustais do Complexo Caicó, sendo discriminadas pela sigla Pca1 (CPRM, 2002).

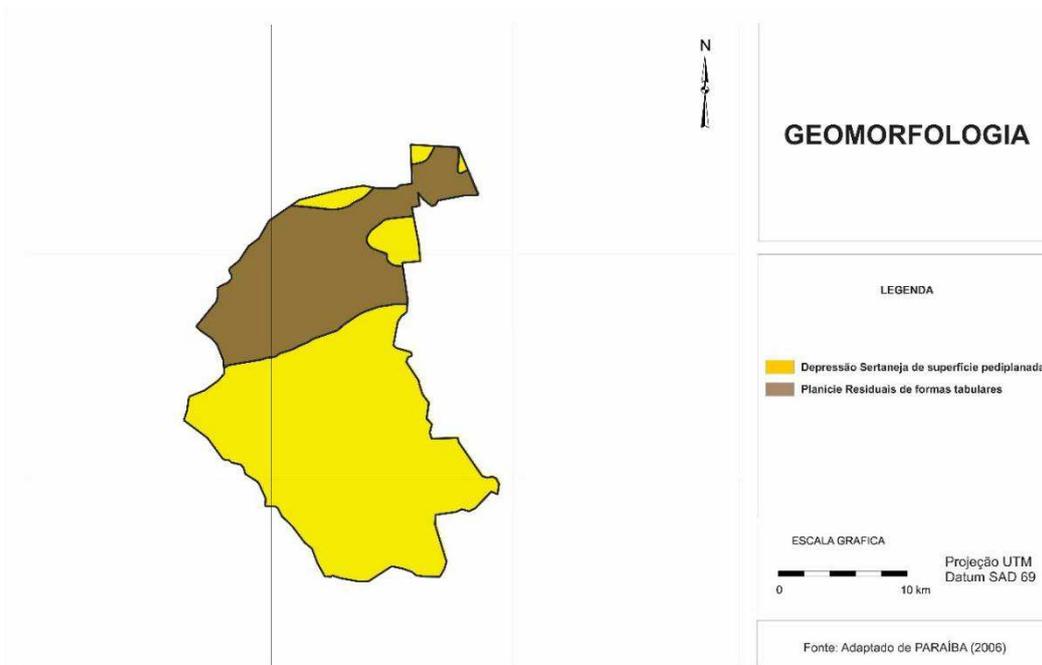
O Complexo Jaguaretama é composto por ortognaisses bandados e migmatitos de composição granodiorítica-tonalítica e granítica, onde se intercalam bandas de gnaisses anfibolíticos, anfibólio xistos, augen gnaisses e raramente rochas calcissilicáticas (CPRM, 2002).

Segundo Cavalcante (1999) *apud* CPRM (2002) a Suíte Granítica Serra Deserto (Pmsd) é formada por rochas de composição essencialmente granítica, textura porfiroclástica (augen), com matriz de coloração cinza ou esverdeada, onde estão imersos porfiroblastos de microclina que alcançam alguns centímetros de comprimento. Trata-se de um magmatismo anorogênico predominantemente granítico, de tendência alcalina, que pode ser relacionado ao vulcanismo félsico do Grupo Orós.

Os Aluviões e Sedimentos de Praia (Qa) são representados principalmente pelas aluviões dos rios Piranhas, Piancó, do Peixe, Mamanguape, Paraíba e também por dunas e sedimentos de praia que ocorrem na faixa litorânea (CPRM, 2002).

Segundo Paraíba (2006), as unidades geomorfológicas presentes no município de Triunfo-PB, são as seguintes: Depressão Sertaneja de superfície pediplanada e Planície Residuais de formas tabulares, se encontram no setor semiárido, nas Áreas Sedimentares Continentais, correspondendo as Chapadas e Depressão do Rio do Peixe (Figura 4).

Figura 4 - Mapa da Geomorfologia do município de Triunfo-PB



Fonte: Adaptado de Paraíba (2006)

4.3 GEORREFERENCIAMENTO DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

Foi realizado o levantamento da geolocalização dos poços que são utilizados para o abastecimento da população triunfense. A localização geográfica dos poços foi determinada com o uso de um GPS Garmin Etrex10, cujo sistema de coordenadas utilizado no levantamento foi o Universal Transverso Mercator (UTM), referenciado ao *South American Datum*, de 1969 – 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 (ANEXO I), 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.

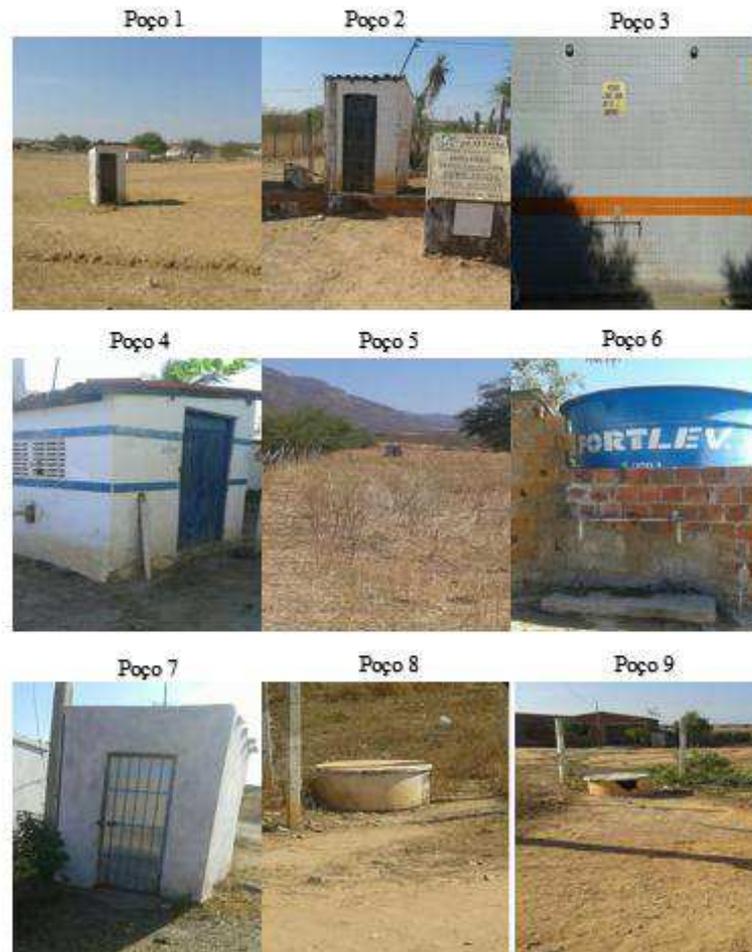
4.4 COLETA DE ÁGUA PARA ANÁLISE

A coleta das amostras das águas foi realizada no mês de janeiro de 2016, nos dias 27 e 28. As amostras foram coletadas diretamente nos registros acoplados às caixas d'água, no qual se abria os mesmos, 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 exposta diretamente ao sol e às intempéries.

Posteriormente colocou-se 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 5) 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 5 - Localização dos poços tubulares públicos na zona urbana de Triunfo.



Fonte: Autor, 2017.

As análises laboratoriais foram feitas no período de 08 a 11 do mês de fevereiro do corrente ano (Figura 6). 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.

Figura 6 -Análises físico-químicas no Laboratório de Qualidade de Águas da UFCG/campus Sumé.



Fonte: Autor, 2017.

Para auxiliar nas discussões, coletou-se informações por meio de perguntas e conversas (ANEXO I) 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.

4.5 MÉTODOS DE ANALISES DAS ÁGUAS

4.5.1 Determinação do pH

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.

4.5.2 Determinação da Condutividade Elétrica (Ce)

Foi determinado utilizando o condutivímetro da marca MS TECNOPON, calibrado de acordo com o seu manual.

4.5.3 Determinação do Cloreto

Foi determinado pelo método de Mor, onde os cloretos 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.

4.5.4 Determinação da Alcalinidade

A alcalinidade foi determinada por meio de titulação de neutralização de ácido/base, com a presença de um indicador, e é expressa em termos de mg/L^{-1} de CaCO_3 .

4.5.5 Determinação da Dureza Total

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.

Técnica de determinação: Colocar 25 ml da amostra em um erlmeyer de 250 ml, adicionar 3,0 ml de solução tampão pH 10 e uma pitada de indicador negro de eriocromo e titular o EDTA 0,025 até a mudança de coloração para azul.

Atualmente experimenta-se uma maior vulnerabilidade à contaminação dos mananciais e conseqüentemente uma demasiada inconstância ou incapacidade de um abastecimento de água com qualidade aos usuários. 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 Nº 357/05, que indica, de acordo com a classe, o tipo de tratamento adequado. (FILHO & ROCHA, 2015).

4.6 PRODUÇÃO DOS MAPAS DE ISOVALORES

Os dados utilizados para a confecção dos mapas são oriundos das análises de parâmetros físico-químicos das águas de poços da zona urbana do município de Triunfo-PB, os quais foram: pH (na coleta e de laboratório), Condutividade Elétrica, Dureza Total, Cloretos e Alcalinidade.

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.

Para a produção dos mapas, foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- Gradeamento (Grid): primeiro passo realizado para a produção dos diversos mapas.

Utilizou-se os dados da planilha criada em Excel, inserindo os dados de cada variável nos dados das colunas (X, Y e Z). No presente estudo utilizou-se para os respectivos eixos as seguintes variáveis: longitude (eixo X), latitude (eixo Y) e variável (eixo Z).

Na Geometria das linhas do gradeamento, inseriram-se os seguintes limites da Zona urbana do município de Triunfo-PB: xMin: -38.608632582769, xMax: -38.58423916493, yMin: -6.5880046436095, yMax: -6.5751209858879.

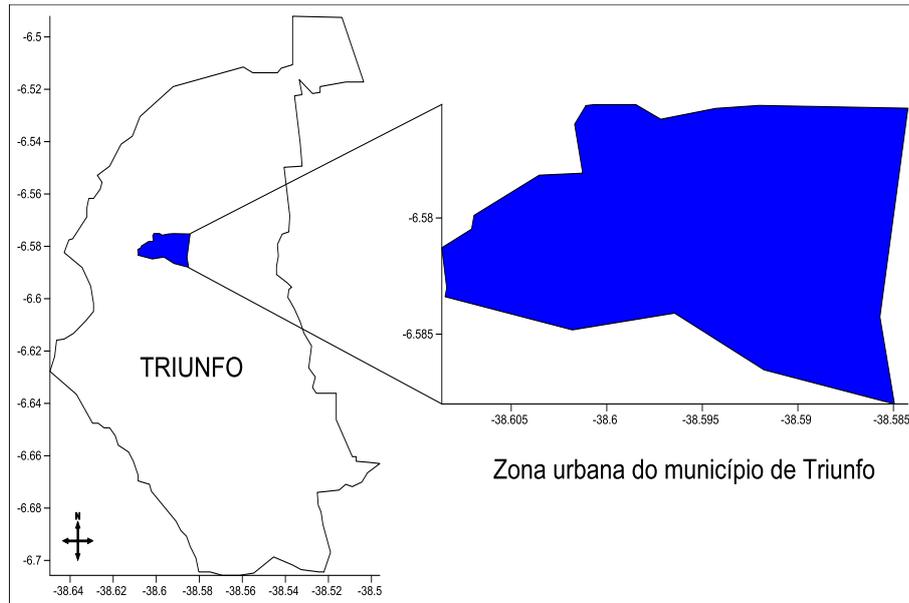
Optou-se por utilizar o método de gradeamento Krigagem.

- Blank: para a produção do mapa com o recorte da área em estudo.

Utilizaram-se os grid's criados no passo anterior como entrada e como plano de informação, que serviu de recorte, utilizou-se um arquivo com extensão *.bln* produzido por meio de um levantamento de campo (GPS) para a obtenção dos limites da zona urbana do município (Figura 7).

Cada blank foi nomeado de acordo com suas variáveis.

Figura 7 - Recorte (.bln) da zona urbana do município de Triunfo-PB



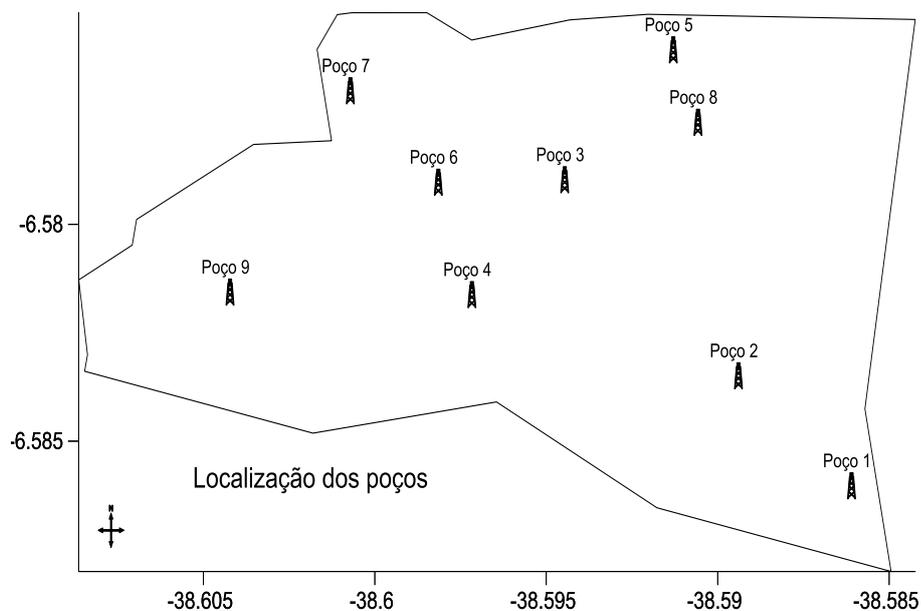
Fonte: Autor, 2017.

- Overlay dos mapas: junção dos mapas blanqueados e o arquivo *.bln*.
Nessa etapa foram feitas todas as manipulações editoriais dos mapas (mudança dos níveis, filtros de coloração e contorno, inserção das escalas de cores, norte magnético e textos, entre outros).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os poços estudados, no qual foram levantados seus dados de geolocalização, assim sendo possível promover a distribuição espacial dos mesmos, foram os seguintes: Poço 1 - Bairro Francisco Liberato; Poço 2 - Bairro Francisco Liberato II; Poço 3 - Chafariz Centro; Poço 4 - Rua Bernadinho Batista; Poço 5 - Bairro Luiz Gomes de Brito; Poço 6 - Rua 7 de Setembro, centro; Poço 7 - Bairro Santa Cecília; Poço 8 - Avenida da Paz, bairro Luiz Gomes de Brito; Poço 9 - Bairro Bela Vista (Figura 8).

Figura 8 - Distribuição espacial dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB.

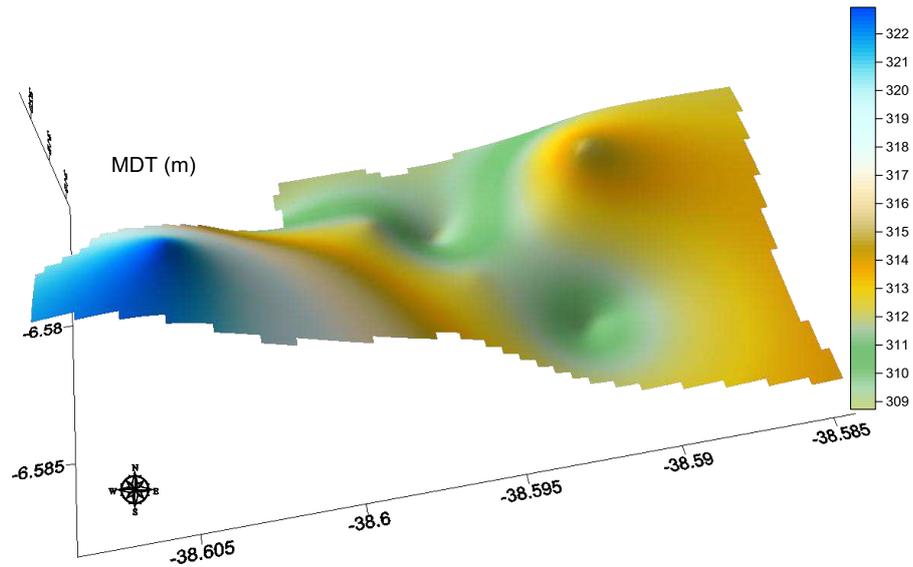


Fonte: Autor, 2017.

Na Figura 8 é apresentada a distribuição espacial dos poços públicos do município de Triunfo-PB. Diante dessa figura pode se constatar que esses poços 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.

Confrontando os mapas da Figura 8 e o mapa que corresponde ao Modelo Digital do Terreno (MDT), Figura 9, 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 312 m.

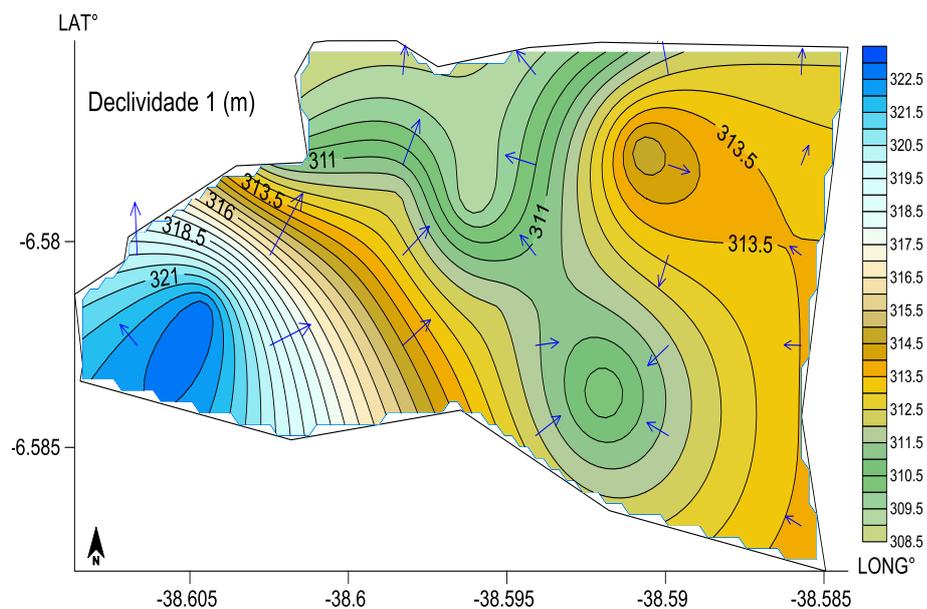
Figura 9 - Modelo Digital de Terreno (MDT) da zona urbana do município de Triunfo-PB



Fonte: Autor, 2017.

É possível ainda fazer a observação de que a altitude da região variou entre 308,5 a 322,5m, tal qual verificado na Figura 10. Nessa figura 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.

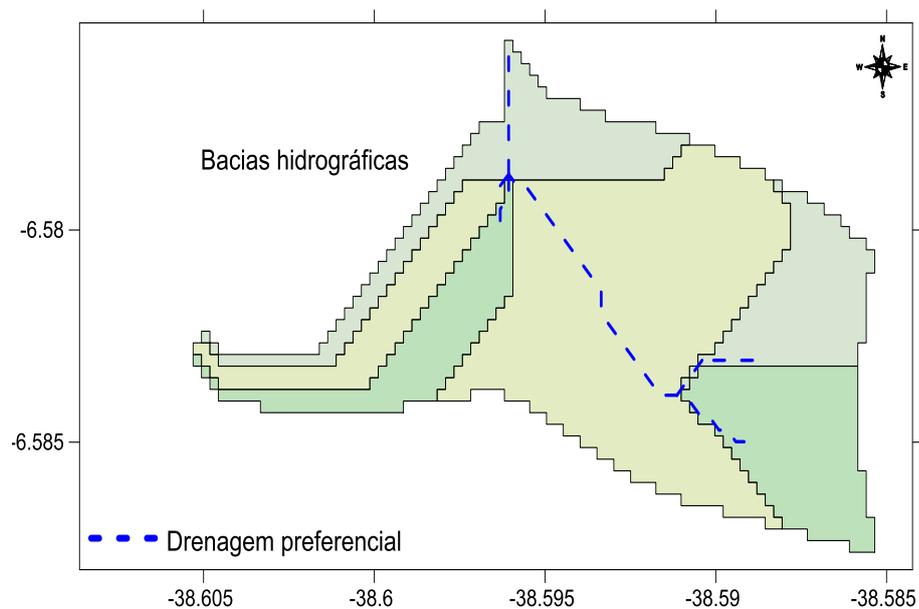
Figura 10 – Imagem da declividade da região estudada (m).



Fonte: Autor, 2017.

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 11, no qual demonstra a produção de micro-bacias hidrográficas da região estudada. Não obstante, o padrão verificado é que os sentidos das águas escorrem para o ponto central da zona urbana.

Figura 11 - Modelo de Bacias hidrográficas referentes à zona urbana do município de Triunfo-PB.



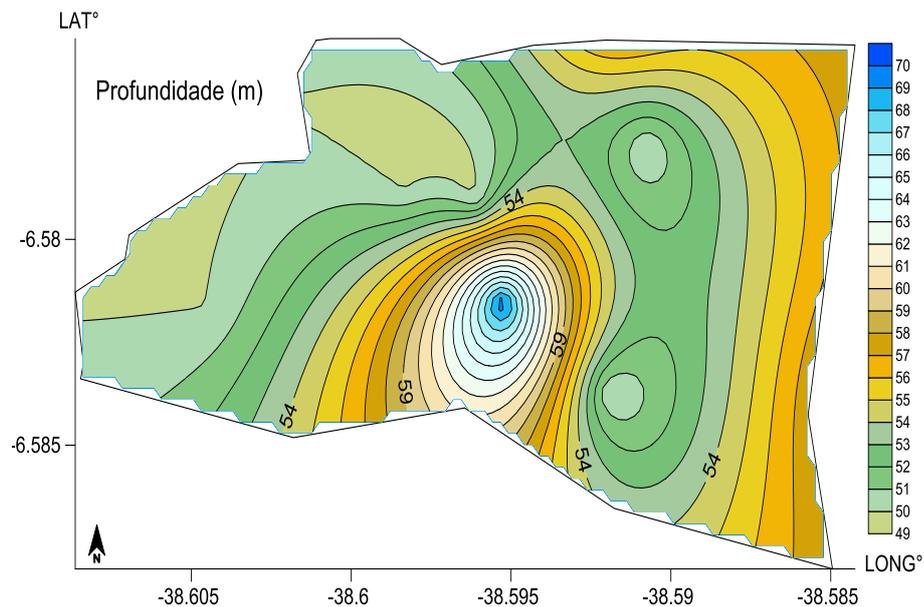
Fonte: Autor, 2017.

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; FILIZOLA, 2002).

Na Figura 12 pode ser verificado o mapa de profundidade dos poços públicos da zona urbana do município de Triunfo-PB. As profundidades dos poços se mostraram bastante homogêneas, onde os mesmos apresentaram uma profundidade média entre 50 e 60 metros; os poços mais profundos na zona urbana do município são os que foram construídos há mais tempo.

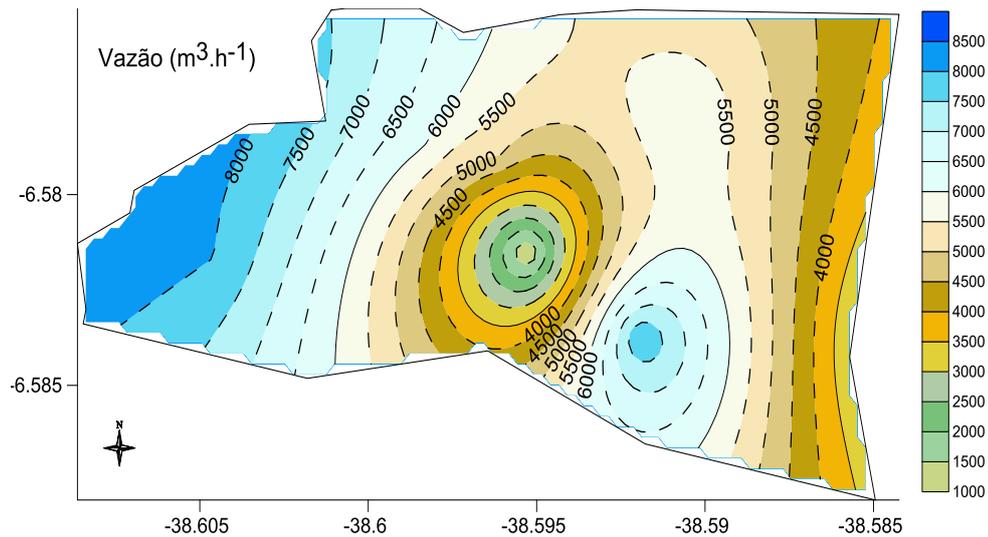
Figura 12 -Imagem de profundidade dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB.



Fonte: Autor, 2017.

Na Figura 13 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 associadas às localizações dos poços. 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 13 - Imagem de vazão dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB.

Fonte: Autor, 2017.

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. Todos os resultados relativos às análises dos parâmetros físico-químicos das águas estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos das águas dos poços públicos da zona urbana de Triunfo-PB. Fonte: o autor.

Nº	pH	CE (µs/cma)	Dureza total (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)
1	8,3	1.396,0	166,0	301,0	341,0
2	8,3	845,5	100,0	73,0	405,0
3	7,8	2.240,0	498,0	448,0	273,5
4	8,8	562,7	78,0	39,2	300,0
5	7,8	894,9	175,0	133,0	334,5
6	7,8	2.136,0	646,5	259,0	209,5
7	8,5	901,9	240,0	126,0	266,5
8	7,8	617,1	110,0	60,2	378,0
9	7,6	486,1	155,0	70,0	275,0
VMP	6,5 a 9,0	-	500	250	250

Fonte: Autor, 2017.

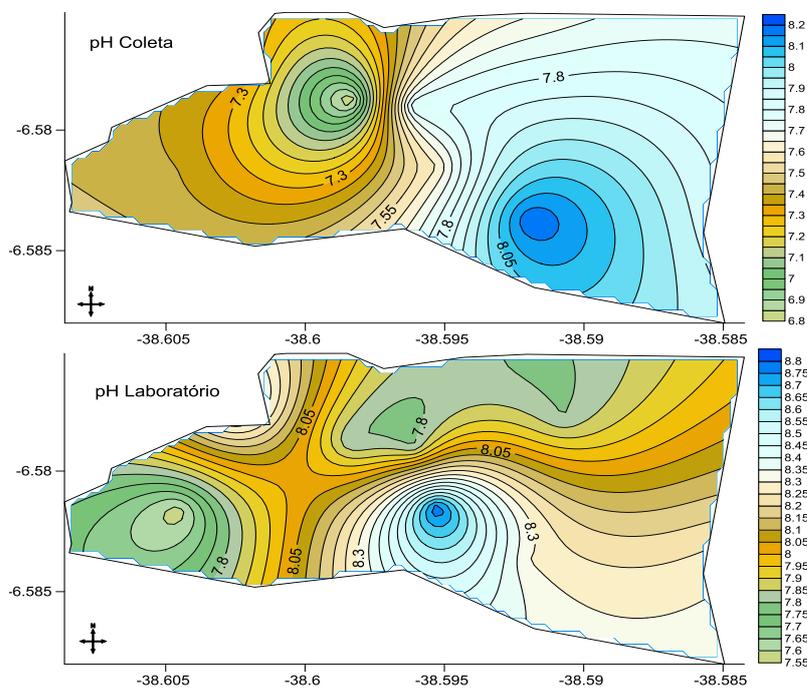
VMP: Valor Máximo Permitido, Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

5.1 pH

Os valores de pH obtidos por meio das análises físico-químicas das águas dos poços variaram de 7,6 a 8,8, (Tabela 1); os poços 1, 2, 4 e 7 apresentaram pH com média acima de 8,3, e os demais se mantiveram entre a faixa de 7,6 e 7,8; todos os valores, concernentes ao pH, encontram-se dentro dos limites da legislação vigente prevista pela portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que preconiza a faixa de pH entre 6,5 a 9,0, como apta ao consumo humano.

Por meio da Figura 14, 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 (ver Figura 11). 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 15).

Figura 14 - Imagem comparativa entre os valores de pH em laboratório e no ato da coleta das águas de poços da zona urbana em estudada.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 15. Imagem do fossão da cidade (a esquerda) e rua não pavimentada (a direita)



Fonte: Autor, 2017.

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.

5.2 DUREZA TOTAL

Segundo Richter (2009), 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 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.

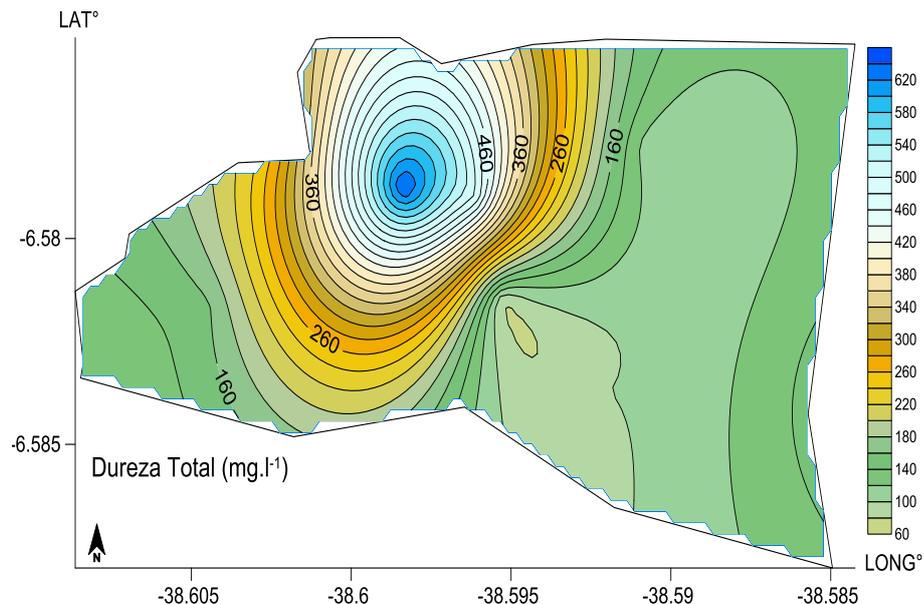
Águas com quantidades muito elevadas de cálcio e magnésio podem causar incrustações. A dureza total dos poços analisados variou de 68 a 645 mg.L^{-1} . Esses valores em

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 mg.l^{-1} , logo, podem ser consideradas como água moderadamente dura e dura, e para o poço 3 sua água pode ser considerada muito dura, contudo, para esses poços citados anteriormente, os valores não ultrapassaram o valor máximo permitido de 500 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 16 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, 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 16 - Imagem dos valores de Dureza Total da região estudada (mg.l^{-1}).



Fonte: Autor, 2017.

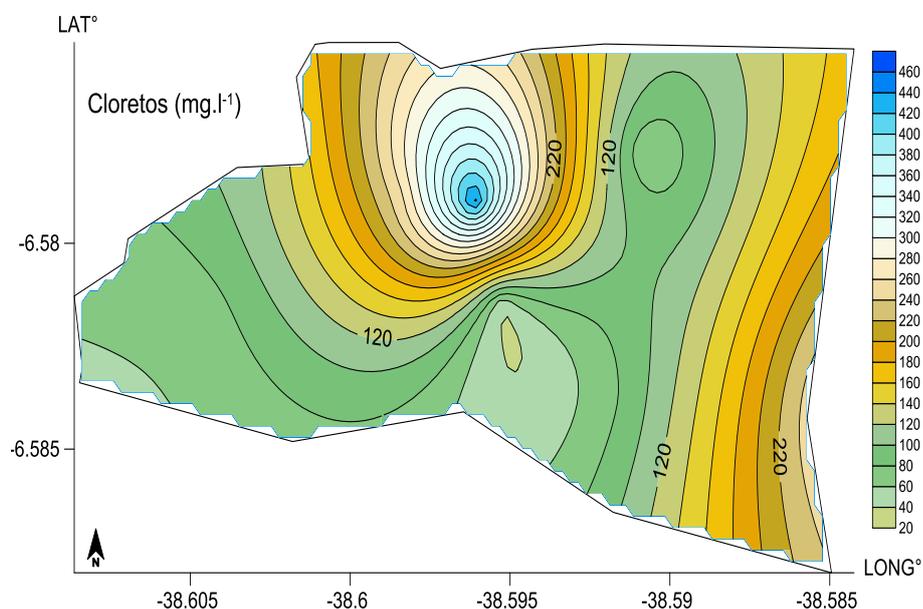
5.3 CLORETOS

As concentrações de cloretos nos poços 1, 3, 6 foram superiores ao valor máximo permitido, correspondente à 250 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 17 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 N° 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 17- Imagem de isovalores de Cloretos da região em estudada (mg.L^{-1}).



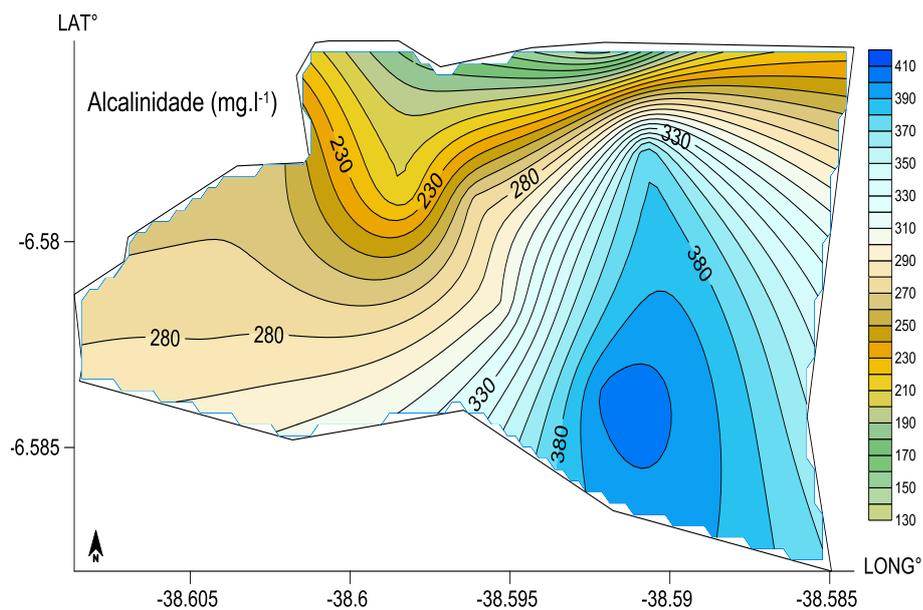
Fonte: Autor, 2017

5.4 ALCALINIDADE

De acordo com a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para a alcalinidade é de 250 mg.L^{-1} , no entanto os valores obtidos de alcalinidade das análises variaram de 209 a 405 mg.L^{-1} , com média de 289 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., 2012).

Na Figura 18 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 18 - Imagem de isovalores da Alcalinidade das águas de poços da zona urbana em estudada (mg.L^{-1}).



Fonte: Autor, 2017.

5.5 CONDUTIVIDADE ELETRICA

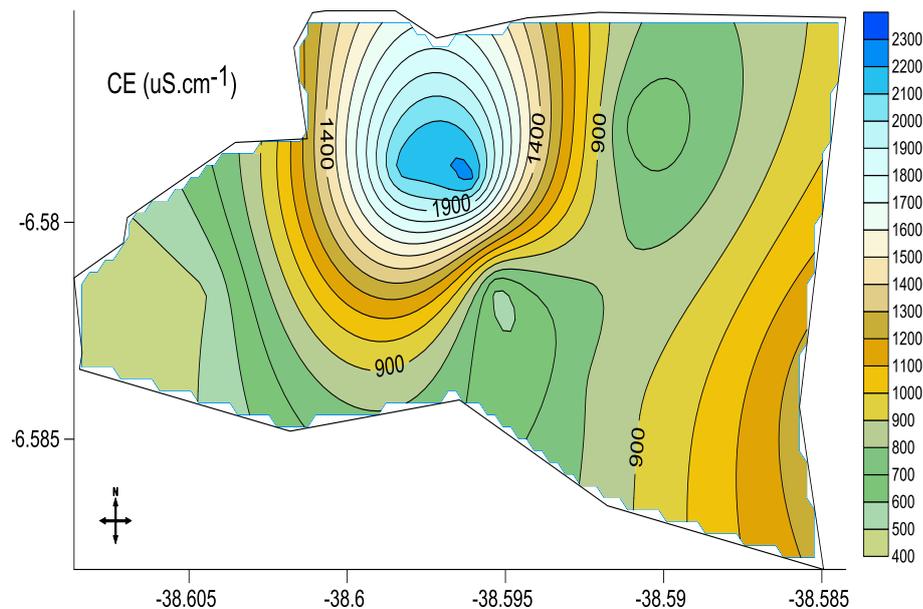
A condutividade elétrica mede a capacidade dos sais dissolvidos e ionizados conduzirem a corrente elétrica, que pode estar relacionado com as concentrações dos íons

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

Os valores de condutividade elétrica obtidos nas análises variaram de 486,0 a 2.241,0 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ com média de 1.071,0 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Assim sendo, podemos constatar que a água dos poços 4, 8 e 9 podem ser classificadas como “média”, e os demais se classificam como “alta”.

Concernente à Figura 19, 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 19 - Imagem da Condutividade Elétrica (CE) da região estudada ($\mu\text{S.cm}^{-1}$).



Fonte: Autor, 2017.

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.

6 CONCLUSÕES

Diante do exposto, fica 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 interrelação 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).

O uso das geotecnologias colaborou com a rapidez e precisão dos dados mapeados neste trabalho.

7 RECOMENDAÇÕES

Mediante os resultados expostos, é de suma importância a implantação de saneamento básico nos bairros que não dispõe do mesmo, como também a desativação do fossão da cidade que fica numa região inadequada, causando transtornos; não obstante, se faz necessário promover a conscientização da população quanto ao fato de não jogar lixo nas proximidades dos poços, desta feita, pode-se lançar mão de estratégias de educação ambiental, por meio de exposições, palestras, dias de campo, entre outros.

Nesse ensejo, uma das premissas de suma importância, é trabalhar com as crianças desde o ensino fundamental, para que estas desenvolvam um olhar crítico concernente aos aspectos de sua vida e saúde, já que, é de comum conhecimento que em fases tenras da vida, os conhecimentos adquiridos são mais facilmente absorvidos.

Contudo, cabe aos gestores públicos colocar equipes de saúde para realizar o monitoramento da qualidade das águas desses poços, por meio de análises mais cautelosas, assim como fazer a avaliação da qualidade dessa água periodicamente. Urge, dessa forma, a necessidade dos entes públicos visualizarem a população com o devido valor social que devem ter.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, K. V, P.; CAVALCANTE, P. R. S.; NETO, J. P. C.; BARBIERI, R.; et al. Avaliação da Dureza e das Concentrações de Cálcio e Magnésio em Águas Subterrâneas da Zona Urbana e Rural do Município de Rosário-MA. In: **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, 2010, São Luiz. Acesso em: 02 ago 2017.
- AESA. **Agencia Executiva de Gestão das Águas**. 2017. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>. Acesso em: 27 set 2017.
- ALVES, C. **Tratamento de Águas de Abastecimento**. 3. ed. Porto: Publindústria, 2010.
- ANA. **Agencia Nacional de Águas**. 2017. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br>. Acesso em: 27 set 2017.
- APDA. **Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas**. Comissão Especializada da Qualidade da Água. 2012. Disponível em: http://www.apda.pt/site/ficheiros_eventos/201311151216-ft_qi_10_dureza_total.pdf. Acesso em: 29 Jun 2017.
- BORDALO, C. A. L. A “crise” Mundial da Água Vista Numa Perspectiva da Geografia Política. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, n. 31, p. 66-78, 2012.
- BRASIL – Ministério de Minas e Energia. **Diagnostico do Município de Triunfo-PB**. 2005. Disponível em: <http://trigeo.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**. 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.
- CAMPOS, H. C. N. S. Metodologia para estudos da qualidade das águas subterrâneas e sua aplicação para caracterização hidrogeoquímica do Aquífero Guarani. **Terra e Didática**, v. 9 n. 2 p. 114-131, 2013.
- CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <http://www.cetesb.org.br/>> Acesso em: 19 de setembro de 2017.
- CNRH- CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução CNRH nº 15**, de 11/01/2001. Brasília. MMA, 2001.

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. **Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 6, p. 1183-1202, 2015.

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**. São Paulo. v. 28, n 1, 2009. p.65-77.

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. Organizador: 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_Recursos_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.**, São Paulo, v.82 p. 1-5, 2015.

DEUS, A. G.; JAYME, S. FRANÇA, V.; PINESE, J. P. P. Implicações na qualidade da água subterrânea: estudos preliminares do uso e ocupação do solo do aquífero serra geral no norte do estado do paraná. **In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**, 2010, Porto Alegre.

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**, Taubaté, 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**, Campos dos Goytacazes, v.9 n.1, p. 49-67, 2015.

FLAUZINO, F. S.; SILVA, M. K. A.; NISHIYAMA. L.; ROSA, R. Geotecnologias Aplicadas à Gestão dos Recursos Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia. 22, n. 1, P. 75-91, 2010.

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.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo. 2011. 291p.

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALVES, V. G. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo, 2005.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008. Disponível em: 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. 0 85-098, 2011.

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

LIMA, R.B.; OLIVEIRA, D. da S.; SOUZA, L.D.; BATISATA, R.O.; ALVES, S.M.C.; SILVA, F.U. Análise físico-química da água de três poços subterrâneos do município de Mossoró-RN. **Rev. Química: ciência, tecnologia e sociedade** (ISSN: 2317-4978) Vol. 4, No. 2, 2015.

LOBLER, C. A. **Análise da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de nova palma, RS**. Tese (Monografia Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

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.

MEDEIROS, C. M. **Proposta para o enquadramento das águas subterrâneas na bacia sedimentar do baixo curso do rio Paraíba**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2012.

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**, Beberibe, v.2, n.4, p.1509 – 1518, 2012.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) – **Ciclo Hidrológico**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapa das áreas susceptíveis a desertificação no Brasil**. Secretaria de Recursos Hídricos. Universidade Federal da Paraíba. Brasília, 2007.

MOURA, A. J. **A crise hídrica no Brasil: a água como elemento raro e caro.** 2015.

Disponível em:

<<http://www.facimed.edu.br/site/revista/pdfs/dce3ce60a047a950fe99e9fc44cc3a12.pdf>>

Acesso em: 27/Set./2016.

NAIME, R. H.; CARVALHO, S.; NASCIMENTO, C. A. Avaliação da Qualidade da Água Utilizada nas Agroindústrias Familiares do Vale dos Sinos. **Agronegócios e Meio Ambiente**, v.2, n.1, p. 105-119, 2009.

NETO, J. L. S.; PINTO, M. R. O. **Análise de Cloretos da Água de Abastecimento de uma Cidade Localizada no Estado de Pernambuco Através do Método Volumétrico de Mohr.** Campina Grande- PB. 2014.

OLIVEIRA, A. da S.; ALMEIDA, A. G. de.; SGRIGNOLLI, L. A.; OTOBONI, Alda M. M. Bueno.; 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. Acesso em: 13 de novembro de 2017.

PEREIRA, A. P. **Avaliação da Qualidade da Água da Chuva.** Dissertação (Técnico em Química) - Centro Universitário Univates, Centro de Educação Profissional, Lajeado, 2014.

PEREIRA, G.C.; SILVA, B.C.N. **Geoprocessamento e Urbanismo.** Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2001.

PIVELI, P. R. **Características Químicas das Águas:** Ph, Acidez, Alcalinidade E Dureza. Universidade Federal de São Paulo. São Paulo. 2015.

POLETO, C. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica. **Thema**, Pelotas, Brasil, v. 8, n.1, p. 1-12, 2011.

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.

SALES, J. C; PASSOS, S. J. Uso de geotecnologia para obtenção de áreas de prioridade para mapeamento geomorfológico na Bacia do Alto Paraguai-BAP. **In: 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 2016, Mato Grosso.

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 set 2016.

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

SOUZA, D. F; PINTO, A. L.; MENDES, A. M. S.; OLIVEIRA, G. H. Classificação Conama das limitações de uso da água superficial da lagoa maior, três lagoas/MS. **Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 10, 2012.

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. **Brasileira de Geociências**, v.42, n. 01, p. 226-237, 2012.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre. 2012. 943p.

VASCONCELOS, M. B.; Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **In: XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2014, Fortaleza.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1 - Ficha informativa para a obtenção de dados dos dados dos poços da zona urbana de Triunfo-PB

Avaliação qualitativa dos poços do município de Triunfo-PB

Dados pessoais do proprietário do poço:

Nome _____
 Cidade _____
 Bairro _____
 Rua _____ Nº _____

Dados técnicos do poço:

Nº de referência: _____
 Data da perfuração do poço? Dia _____ Mês _____ Ano _____
 Coordenadas geográficas: Latitude _____ Longitude _____ Altitude _____
 Profundidade do poço: _____
 Situação atual do poço: Ativo () Desativado ()
 pH: _____

Questionário:

1. Qual foi o intuito inicial para a perfuração do poço?

2. Você sabe qual era a vazão do poço (inicial)? E a atual?

3. Qual era a demanda diária inicial? E a atual?

4. De acordo com seu sentido, a água do poço é: Doce () Salobra () Salgada ()
5. Qual(is) a(s) utilidade(s) da sua água?

6. Quantas residências são abastecidas com a água do seu poço?

7. Você sabe da existência de foças ou esgotos perto do seu poço?

8. Qual o seu tipo de poço: Artesiano () Semi-artesiano – Ex. freático (caipiras, cacimbas, amazonas ou cisternas) () Tubular () Outros ()
9. Você usa bomba para a extração da água do poço? Sim () Não ()
10. Se usa, qual o tipo de bomba? Submersas () Injetora () Centrífuga () Outras ()
11. Existe algum tipo cuidado para a limpeza ou purificação da água extraída? (Ex.: filtros)

12. Existe algum cuidado para com a manutenção dos poços? Sim () Não ()
Se sim, Qual? _____
13. Já houve algum tipo de análise para a água extraída do seu poço? Sim () Não ()
Quando e por qual instituição? _____
 Se sim, qual tipo de análise? _____

Fonte: Autor, 2017.