

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA CIDADE DE PAU DOS FERROS-RN

Groundwater quality in the city of Pau dos Ferros-RN

Calidad de las aguas subterráneas en la dos de la ciudad de Pau Ferros-RN



Caio Sergio Pereira de ARAÚJO – Graduado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Brasil. *ORCID ID:* <https://orcid.org/0000-0002-6747-7028>. *CURRICULUM LATTES:* <http://lattes.cnpq.br/7321350430676917>
EMAIL: caiosergio.ufersa@gmail.com

Joel Medeiros BEZERRA – Professor Adjunto do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, Brasil. *ORCID ID:* <https://orcid.org/0000-0002-8150-4125>. *CURRICULUM LATTES:* <http://lattes.cnpq.br/6945041178312614>
EMAIL: joel.medeiros@ufersa.edu.br

RESUMO

As águas subterrâneas no município de Pau dos Ferros, a cada dia são mais exploradas para o abastecimento residencial, como também para o comércio local e abastecimento animal. A demanda por água, devido a longa estiagem que assola, gera uma preocupação sobre o futuro dos recursos hídricos. Entretanto, a população faz sua exploração de maneira desordenada sem se preocupar com a quantidade e a qualidade dessas águas, visto que, a recarga desses mananciais não vem acontecendo devido à estiagem de chuvas e o aumento da concentração de minerais e outros sólidos nos poços de captação, os quais podem limitar seus múltiplos usos e causar doenças futuras a população. Desse modo, este trabalho objetivou avaliar a qualidade das águas subterrâneas na cidade de Pau dos Ferros-RN, em que foram efetuadas coletas de água de 18 poços tubulares na área urbana do município, sendo analisados parâmetros físicos e químicos em laboratório da Universidade Federal Rural do Semiárido. Os resultados das análises mostraram a ocorrência de poços com altos teores de cálcio e magnésio, aumentando assim a condutividade elétrica, a dureza da água e conseqüentemente deixando-a salobra. Quanto a distribuição espacial, o poço 12 localizado no bairro São Judas Tadeu apresentou os níveis mais altos de sais de cálcio e magnésio. Os órgãos responsáveis pela gestão das águas subterrâneas deveriam promover políticas de manejo e conscientização desses recursos, a fim de promover o uso racional destas.

Palavras-chave: Estiagem. Mananciais. Recursos hídricos.

Histórico do artigo:

Recebido: 16 outubro, 2018

Aceito: 25 novembro, 2018

Publicado: 29 dezembro, 2018

ABSTRACT

Groundwater in the municipality of Pau dos Ferros is increasingly exploited for residential supply, as well as for local trade and animal feed. The demand for water, due to the long drought that rains, raises a concern about the future of water resources. However, the population makes its exploration in a disorderly way without worrying about the quantity and quality of these waters, since the recharge of these sources is not happening due to the drought of rains and the increase of the concentration of minerals and other solids in the wells of which can limit its multiple uses and cause future disease in the population. Thus, the objective of this study was to evaluate the groundwater quality in the city of Pau dos Ferros-RN, where water samples were collected from 18 tubular wells in the urban area of the city, and physical and chemical parameters were analyzed in the Federal Rural University of the Semi-Arid. The results of the analyzes showed the occurrence of wells with high calcium and magnesium contents, thus increasing the electrical conductivity, water hardness and consequently leaving it brackish. As for spatial distribution, well 12 located in the district of São Judas Tadeu presented the highest levels of calcium and magnesium salts. The bodies responsible for groundwater management should promote management policies and awareness of these resources in order to promote their rational use.

Keywords: Drought. Water sources. Water resources.

RESUMEN

Las aguas subterráneas en el municipio de Pau dos Ferros, cada día son más explotadas para el abastecimiento residencial, así como para el comercio local y el abastecimiento animal. La demanda de agua, debido a la larga sequía que asola, genera una preocupación sobre el futuro de los recursos hídricos. Sin embargo, la población hace su explotación de manera desordenada sin preocuparse por la cantidad y la calidad de esas aguas, ya que, la recarga de esos manantiales no viene ocurriendo debido al estiaje de lluvias y el aumento de la concentración de minerales y otros sólidos en los pozos de lluvia captación, los cuales pueden limitar sus múltiples usos y causar enfermedades futuras a la población. De este modo, este trabajo objetivó evaluar la calidad de las aguas subterráneas en la ciudad de Pau dos Ferros-RN, en que se efectuaron colectas de agua de 18 pozos tubulares en el área urbana del municipio, siendo analizados parámetros físicos y químicos en laboratorio de la Universidad Federal Rural del Semiárido. Los resultados de los análisis mostraron la presencia de pozos con altos contenidos de calcio y magnesio, aumentando así la conductividad eléctrica, la dureza del agua y consecuentemente dejándola salobre. En cuanto a la distribución espacial, el pozo 12 localizado en el barrio São Judas Tadeu presentó los niveles más altos de sales de calcio y magnesio. Los organismos responsables de la gestión de las aguas subterráneas deberían promover políticas de manejo y concientización de estos recursos para promover el uso racional de éstas.

Palabras clave: Sequía. Fuentes de agua. Los recursos hídricos

1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil é caracterizada por uma distribuição irregular em escala espacial e temporal quanto à disponibilidade hídrica, sendo comum que parte da população, aquelas que são providas de recursos financeiros, recorram a captação de águas subterráneas.

No estado do Rio Grande do Norte isto se torna cada vez mais comum, já que o mesmo conta com grandes aquíferos como o Cristalino, Açú, Jandaíra e o Barreiras, os quais são explorados tanto legalmente, como clandestinamente. Desta forma o estado apresenta um grande potencial de recursos hídricos em aquíferos subterráneos. No entanto, na maioria apresentam águas salinas e salobras, necessitando assim, de aparato técnico para dessalinizar e fornecer água de qualidade para a população.

As águas subterrâneas possuem elevado padrão de qualidade quando se trata dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico, onde esses parâmetros indicam níveis baixos em relação aos principais contaminantes e agentes de poluição capazes de elevar esses valores. Enquanto na questão da quantidade de água armazenada, seu volume é muito superior aos das águas superficiais, onde sua vazão não é muito afetada em períodos de estiagem como acontece nas águas superficiais, e não tem problemas com perdas na evaporação.

Devido a inexistência ou deficiência na gestão desses recursos e, a problemas que o município passa com a estiagem, ocorreu o aumento da procura por este recurso por parte da população onde a tendência é a escassez do mesmo, visto que, a quantidade de água retirada é maior que a recarga de sua fonte.

De acordo com Araújo (2015), com aproximadamente 60% do território está sobre rochas cristalinas, o lençol freático potiguar não consegue recompor suas perdas com as chuvas, pois tais superfícies não absorvem água facilmente. O resultado é a dificuldade que a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) tem em perfurar poços que demandem uma quantidade suficiente para o abastecimento humano. Cerca de 30% dos poços dos 320 perfurados pela SEMARH ao longo de 2016 não obtiveram êxito (ARAÚJO, 2015).

No município de Pau dos Ferros, que até meados de 2009, o município tinha outro cenário, onde a grande quantidade de chuva provocava alagamentos devido ao sangramento da barragem. Hoje a cidade é castigada pela seca, e a população sofre com a falta d'água. Diante das circunstâncias, a população começou a explorar de forma desordenada, às águas subterrâneas através de poços tubulares em busca de suprir suas necessidades, desprezando a percepção quanto a sustentabilidade destas

O presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade das águas subterrâneas dos poços tubulares na cidade de Pau dos Ferros-RN.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Pau dos Ferros situa-se na mesorregião Oeste Potiguar, abrangendo uma área de 277 km², inseridos na folha Pau dos Ferros (SB.24-Z-A-II), na escala 1:100.000, editada pela SUDENE (BELTRÃO, 2005).

É caracterizado por um clima quente e semiárido com estações chuvosas no outono. Do período de janeiro de 2016 a novembro de 2016 a precipitação acumulada de

chuvas foi de 415mm/ano, comparado com o ano todo de 2015 que a precipitação foi de 469mm/ano, onde os níveis do regime pluviométrico se comportaram como um regime seco que é de 490,34mm (EMPARN, 2016).

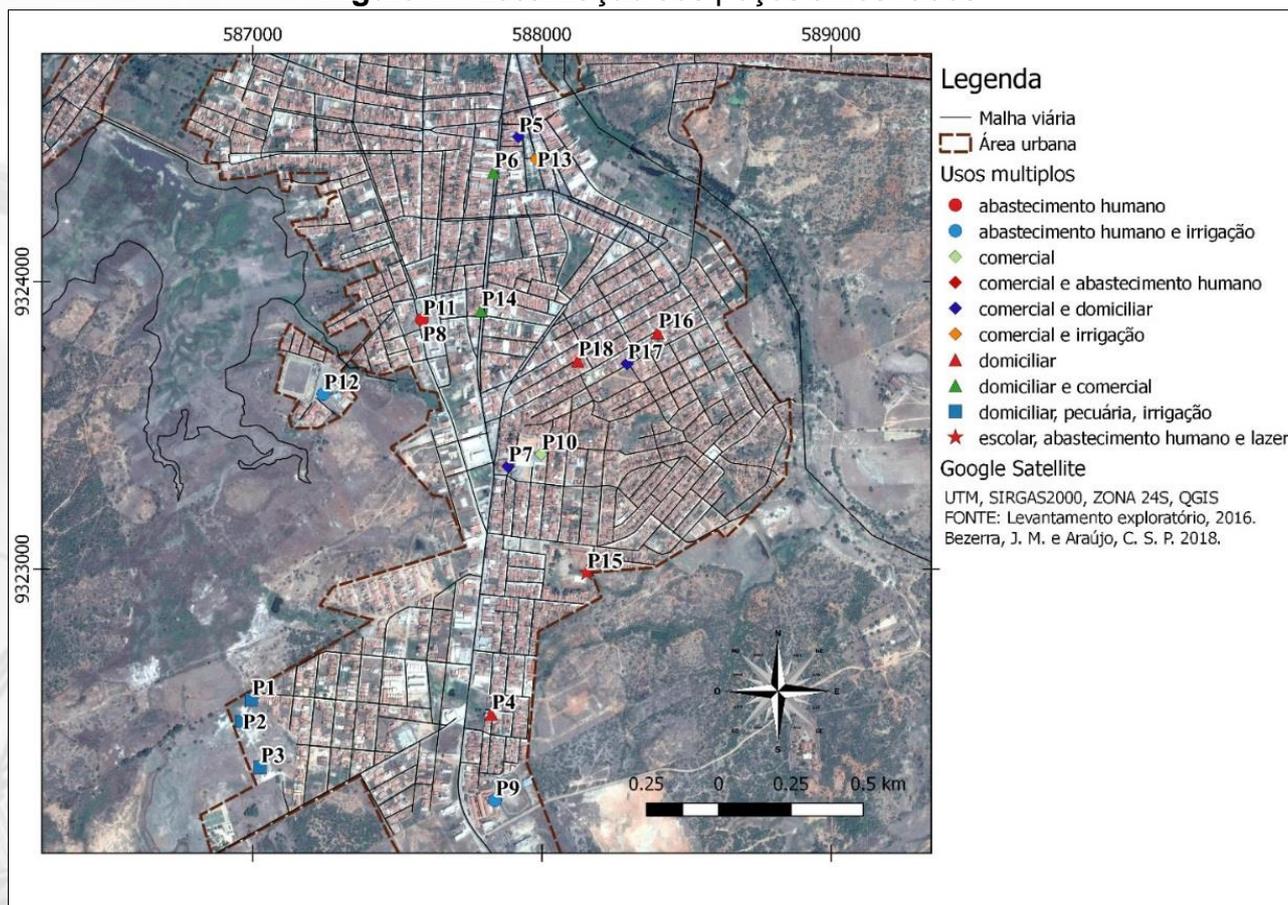
O bioma predominante em Pau dos Ferros é o de Caatinga e se associa ao sub-grupo Caatinga Hiperxerófito, com uma caracterização seca e abundância de cactáceas e plantas de pequeno porte (IDEMA, 2009).

A formação dos solos de Pau dos Ferros é constituída basicamente por três tipos: Argissolo, Chernossolo e Luvisolo, desses, o que mais predomina na região é Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico (Argissolos), com fertilidade alta, textura média e média cascalhenta, acentuadamente drenado e relevo suave ondulado (Beltrão, 2005). O município realiza diversas atividades que promovem sua economia, dentre elas se destacam a agropecuária o extrativismo e o comércio local.

Os trabalhos de campo foram realizados na área urbana consolidada do município de Pau dos Ferros-RN, no período de setembro a outubro de 2016. A localização dos poços tubulares foi feita por sistema de coordenadas com ajuda de aparelho *Global Positioning System* (GPS) *Garmin 78H*; em seguida coletaram-se as amostras de água de cada poço, que foram acondicionadas para posterior obtenção das variáveis no Laboratório de Química Aplicada a Engenharia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Foram utilizadas as diretrizes técnicas do ministério da saúde, Portaria nº 2.914/2011, adotando-se os métodos utilizados no *StandartMethods for the Examination of Waterand Weste water, 20th edition* (APHA, 1998)

Como nem todos os poços tubulares foram cadastrados na prefeitura municipal de Pau dos Ferros, e tão pouco possuem outorga, no espaço amostral foram selecionados 18 poços tubulares que foram identificados mediante visita *in loco*, como mostra a Figura 1:

Figura 1 - Localização dos poços amostrados



Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Para a obtenção dos dados, foram selecionados parâmetros físicos e químicos com a intenção de se ter uma maior compreensão na avaliação dos dados, bem como avaliar de forma mais abrangente a finalidade de uso dos mesmos. As variáveis analisadas foram: Profundidade, Vazão, Tempo de uso, Altitude, Sólidos Totais e Sólidos Totais Dissolvidos, de ordem física, e Turbidez, Condutividade, pH, Dureza, Cálcio e Magnésio, de ordem química.

Os valores de profundidade, vazão e tempo de uso, foram obtidos através de informações cedidas pelos responsáveis dos poços, isso para os poços particulares, enquanto os poços públicos, as informações foram cedidas pela Secretaria Municipal de Agricultura. A altitude foi obtida com a ajuda do *GPS Garmin 78H*, que forneceu além da altitude, as coordenadas UTM.

Os valores de pH, foram obtidos utilizando o pHmetro, da marca pHmeter, JK-PHM-005, onde o mesmo contém uma sonda com calibração entre 1 a 14, que é

mergulhada na amostra de água. A turbidez foi obtida com o turbidímetro da marca Adamo, onde o mesmo é calibrado com 6 tipos de líquidos turvos, sendo inserido a amostra no frasco limpo e colocado para analisar de forma eletrônica. Já a condutividade elétrica foi obtida utilizando-se um condutivímetro da marca conductor meter CD-860 que possui uma sonda com sensibilidade a sais, no qual essa mede o valor da condutividade elétrica.

Os sólidos totais foram determinados pelo método da gravimetria conforme *Standard Methods* (APHA, 1998). Os sólidos totais dissolvidos, foram obtidos mediante relação empírica proposta APHA et al. (1992) entre condutividade (C, $\mu\text{mho/cm}$) e a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD, mg/L).

Para obtenção da dureza e do cálcio, foram utilizados o método de determinação titulométrico, conforme mostra a Equação 1, onde N_{EDTA} é a molaridade do reagente EDTA, o $V_{EDTA\text{gasto}}$ é o volume de EDTA gastos na titulação. A fórmula para dureza e cálcio foram retiradas do Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitários e industrial (USP, 2004).

$$\text{mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{N_{EDTA} * V_{EDTA\text{gasto}} * 50000}{\text{Volume da amostra}}$$

(Equação 1)

Já o magnésio foi utilizando a Equação 2, da diferença do volume de EDTA gasto na titulação da dureza pela do cálcio.

$$\text{mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{\text{EDTA gastos na dureza} - \text{EDTA gastos no cálcio} * 0,05 * 50000}{\text{Volume da amostra}}$$

(Equação 2)

Após obtenção dos parâmetros mencionados foi realizada uma análise estatística descritiva, produção de gráficos de box-plot e correlação linear de Pearson dos parâmetros físicos e químicos para avaliar a associação entres essas variáveis utilizando o Microsoft Office Excel¹, além de realizar a espacialização dos dados georreferenciados em cartas temáticas, mediante processos de modelagem de superfície, utilizando o programa QGIS 2.14.7.²

¹ Microsoft® Office®, ver: <https://products.office.com/pt-br/excel>

² QGIS Team Developer, 2016. Detalhes acessar: <https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 01 apresenta os resultados obtidos em laboratório, o qual verifica-se os principais valores estatísticos descritivos dos parâmetros utilizados, bem como a associação entre eles para os dados avaliados da qualidade das águas dos poços selecionados.

Tabela 01 - Estatística descritiva.

Parâmetro	TURB	pH	COND	DUR	Ca	Mg	ST	STD	Q	PROF	ALT	TU
Unidade de medida	NTU		mS/cm			mg/L			L/h	m		anos
Mín	0,00	6,51	1,00	142,50	75,00	67,50	1,71E-02	6,40E-04	500,00	42,00	167,00	0,60
Máx	5,80	7,64	5,38	987,50	450,00	537,50	9,60E-02	3,44E-03	3500,00	100,00	307,00	3,00
Média	0,38	6,95	2,20	343,33	168,19	175,14	3,62E-02	1,41E-03	1520,17	58,06	212,11	1,93
Mediana	0,00	6,90	1,60	242,50	120,00	126,25	2,41E-02	1,02E-03	1200,00	55,00	211,50	2,05
Variância	1,85	0,09	1,76	60275,74	12605,74	18734,91	6,07E-04	7,2E-07	849274,62	210,53	930,22	0,74
DP	1,36	0,30	1,33	245,51	112,28	136,88	2,46E-02	8,49E-04	921,56	14,51	30,50	0,86
CV (%)	354,90	4,36	60,27	71,51	66,75	78,15	68,05	60,27	60,62	24,99	14,38	44,70
Assimetria	4,16	0,61	1,61	1,70	1,52	1,75	1,66	1,61	0,88	1,58	1,73	-0,11
Curtose	17,46	0,06	1,40	1,99	1,36	2,07	1,50	1,40	-0,37	3,10	4,98	-1,34
D	0,416Ln	0,13n	0,341n	0,316n	0,274n	0,336n	0,359n	0,341n	0,247n	0,225n	0,213n	0,17n

TURB – Turbidez; pH – potencial Hidrogeniônico; COND – Condutividade elétrica; DUR – Dureza total; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; Q – Vazão; PROF – Profundidade; TU – Tempo de uso; ALT – Altitude; STD – Sólidos Totais Dissolvidos; e ST – Sólidos Totais.

Min - Mínimo; Max - Máximo; CV - Coeficiente de variação (%); DP – Desvio Padrão; D - Desvio máximo em relação a distribuição normal por meio do teste Kolmogorov-Smirnov com probabilidade de erro a 0,05 de probabilidade; n - Distribuição Normal; Ln - Distribuição Lognormal

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Avaliando os valores da média e variância, verifica-se que existe estacionalidade, ou seja, os valores não oscilaram e se mantiveram muito próximos para os parâmetros de pH, condutividade elétrica e tempo em anos, enquanto se teve uma discrepância, uma variação grande entre os valores para os valores de dureza, cálcio e magnésio.

Na variância deve-se atentar aos valores de turbidez, pH, condutividade e tempo em anos, que se mantiveram próximos se comparados aos outros parâmetros que tiveram uma variação discrepante, atingindo valores altos e obtendo uma baixa variabilidade dos dados. Para os dados de dureza, cálcio, e magnésio, houve uma grande dispersão dos dados, com variações altas, essas devido aos altos valores frente aos demais nas concentrações obtidas nas análises, com foco nas concentrações dos íons cálcio e magnésio, encontrados em quantidades altas na maioria dos poços.

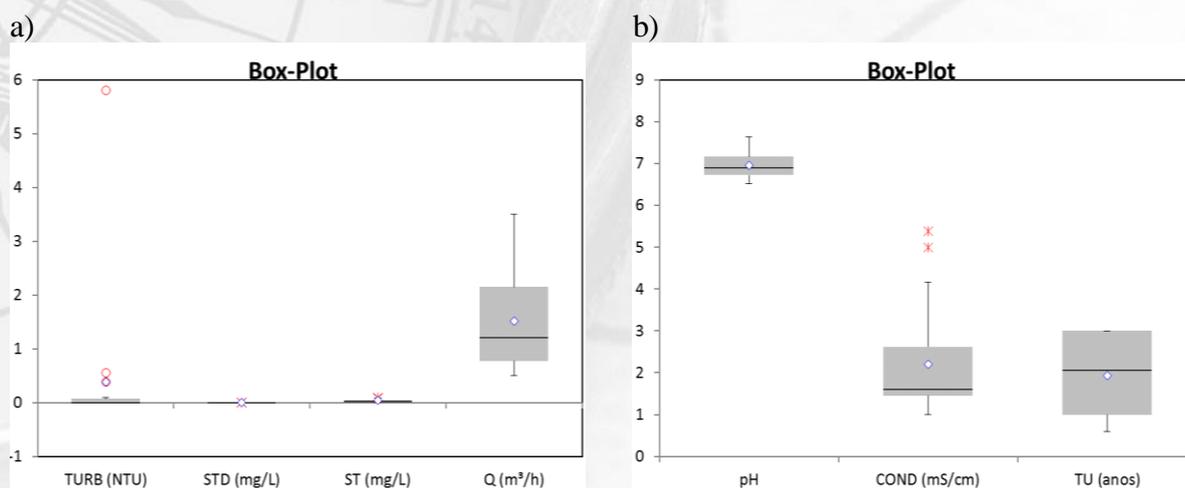
Os valores do coeficiente de variação possibilitaram inferir de forma precisa ou precisão dos valores obtidos. Segundo Garcia (1989), os valores para o coeficiente de variação pode ser classificado como: baixo [$\leq (m - 1DP)$]; médio [$(m - 1DP) < CV \leq (m + 1DP)$]; alto [$(m + 1DP) < CV \leq (m + 2DP)$]; e muito alto [$> (m + 2DP)$].

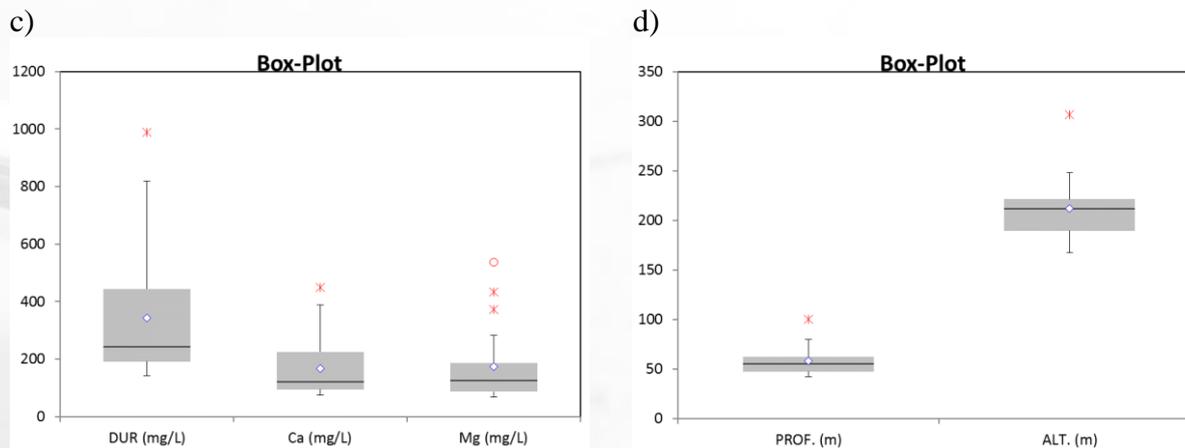
A Tabela 1 demonstra que o menor valor para o CV foi encontrado para o pH (4,36%), enquanto o maior CV foi obtido para turbidez (354,90%). Valores próximos para pH foram encontrados em Caracterização das Águas Subterrâneas do Aquífero Jandaíra em subsídio ao programa Água Doce no Rio Grande do Norte (PAD/RN) (MARCON et al. 2015).

A dureza apresentou um valor mínimo de 142,50 mg/L que é classificada como uma água moderadamente mole, já seu valor máximo foi de 987,50 mg/L classificando como uma água muito dura, a depender da quantidade de CaCO_3 (mg/L) presentes na água ela pode ser: branda 50 mg/L de CaCO_3 ; pouco dura entre 50 – 100 mg/L de CaCO_3 ; dura 100 e 200 mg/L de CaCO_3 e muito dura 200 mg/L de CaCO_3 segundo os valores fornecidos por Custódio&Llamas(1983).

A Figura 2 apresenta os box-plot das variáveis em estudo, mediante conjuntos a partir de suas respectivas ordens de grandeza.

Figura 2 - Box-Plots das variáveis analisadas da qualidade das águas.





Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para a análise da Figura 2a, tem-se que para os parâmetros de STD e ST, tiveram suas medianas próximas a zero, isso se deve ao fato de que a quantidade de ST e STD contidas nas amostras foram baixas.

Já para turbidez houve um valor discrepante (*outliers*) no poço10, isso deve-se à falta de recarga dos lençóis freáticos consequentemente, o aumento de partículas de sais ou sólidos em suspensão presentes na água para o *outlier* maior, e ao analisar o resultado dos ST, a turbidez deve-se manter baixa por conter poucos sólidos em suspensão. A vazão apresentou uma dispersão dos dados devido as formações geológicas da cidade e a profundidade dos poços, como também o seu uso pela população aumentando a variabilidade entre as vazões (Figura 2a).

Para a análise da Figura 2b, o pH e o tempo de uso pela população, apresentaram medianas bem maiores que a condutividade elétrica, uma vez que a condutividade é obtida pela concentração de íons dos sais presentes. De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, recomenda-se o pH da água em entre 6,0 a 9,5, logo todos os poços estão dentro dos padrões. Os valores de condutividade indicam a presença alta de sais devido à alta quantidade de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} como pode ser visto na Tabela 1.

As três variáveis da Figura 2c possuem total afinidade de dados em relação a concentração de sais na água. O Mg apresentou um valor discrepante (*outliers*), que ultrapassou o valor máximo. Já a dureza e o Ca apresentaram uma dispersão de dados bem maior do que o Mg. A dispersão da dureza pode ser devido a quantidade de íons Ca e Mg dissolvidos na amostra, íons esses que estão na sua composição. O Ca e a dureza

obtiveram um valor extremo, enquanto o Mg registrou dois valores extremos, tais valores podem ser resultantes da elevada variabilidade espacial frente a recarga das águas subterrâneas.

Na Figura 2d, foi construído os gráficos de box-plot para as variáveis, profundidade e altitude, a partir deste pode-se averiguar que não ocorreram valores discrepantes nos resultados. A dispersão do box-plot de altitude foi bem maior que o de profundidade que se manteve em uma proporcionalidade, em que ambas as variáveis apresentaram valores extremos. Sendo a profundidade devido a necessidade de se perfurar mais profundo por conta a dificuldade de encontrar água devido a escassez e a falta de recarga das chuvas, enquanto a altitude foi devido a formação geológica e topográfica do município.

A Tabela 02 apresenta a matriz de correlação linear de Pearson entre as variáveis em estudo, sendo avaliada pela classificação proposta por Santos (2007). Os valores de correlação são justificados pelos gráficos de dispersão do comportamento de tais elementos (Figura 2).

Observa-se comportamento similar entre a distribuição das concentrações das variáveis, principalmente com valores de $|r| > 0,8$ onde estas apresentaram correlações fortes positivas. Enquanto as correlações que apresentaram $0,5 < |r| < 0,8$ foram classificadas em moderada; $0,1 < |r| < 0,5$ fraca; $0 < |r| < 0,1$ muito fraca, conforme Santos (2007).

Tabela 02 - Correlação linear entre os parâmetros avaliados.

	TURB	PH	COND	DUR	Ca	Mg	Q	PROF	TU	ALT	STD	ST
TURB	1,000											
pH	-0,395	1,000										
COND	-0,171	-0,399	1,000									
DUR	-0,115	-0,487	0,979	1,000								
Ca	-0,119	-0,485	0,951	0,982	1,000							
Mg	-0,108	-0,476	0,976	0,988	0,941	1,000						
Q	0,344	0,062	-0,278	-0,290	-0,288	-0,284	1,000					
PROF.	0,020	-0,320	0,471	0,444	0,361	0,500	-0,336	1,000				
TU	0,323	0,254	-0,452	-0,461	-0,447	-0,460	0,176	-0,459	1,000			
ALT.	0,100	-0,360	-0,320	-0,201	-0,170	-0,221	-0,130	0,032	0,124	1,000		
STD	-0,171	-0,399	1,000	0,979	0,951	0,976	-0,278	0,471	-0,452	-0,320	1,000	
ST	-0,135	-0,432	0,996	0,984	0,962	0,976	-0,259	0,446	-0,450	-0,292	0,996	1,000

* Em negrito as correlações fortes pela classificação de Santos (2007).

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

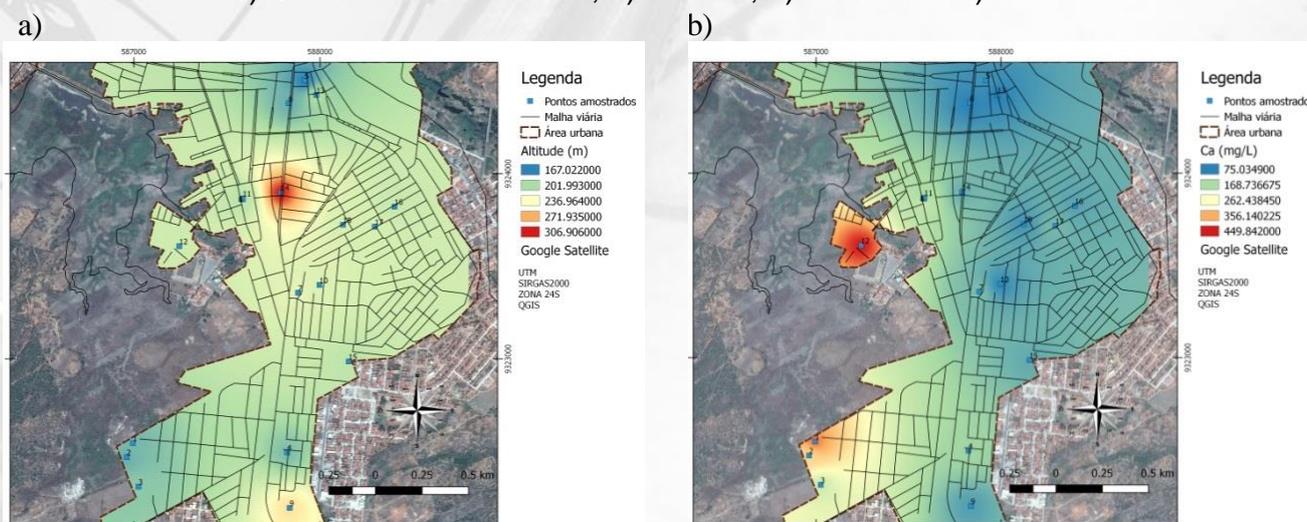
Na concentração de dureza há sais de cálcio presentes que impedem a dissolução de sabão na água. Enquanto que na correlação entre condutividade elétrica e Mg se dá pelo fato da condutividade elétrica ser medida pela presença dos íons dissolvidos na água. Entre Mg e dureza também é devido a altas concentrações de magnésio na água, em que a dureza avalia a capacidade da água em dissolver os sabões devido à presença em pequena ou grande quantidade de sais, podendo comprometer sua qualidade e limitando seus usos, como o consumo humano, animal e também a dissolução de sabão ocasionando o entupimento de tubulações

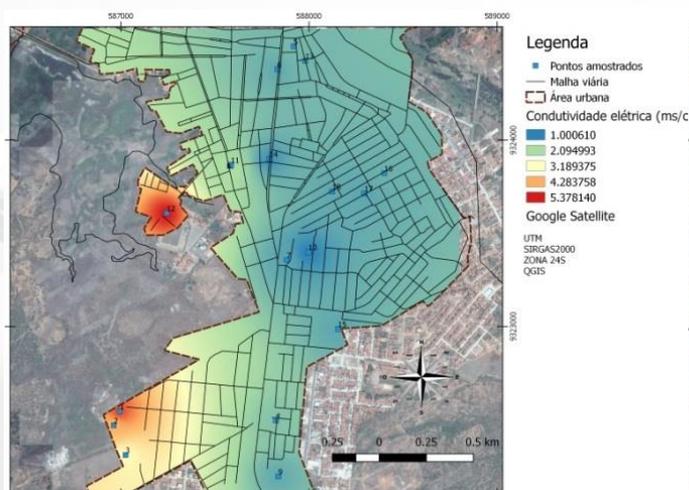
Entre STD e condutividade elétrica indica uma forte integração dos dados, devido a quantidade de sólidos como Ca, Mg, entre outros estarem presentes na água e sendo percebidos na leitura da condutividade elétrica. Os STD mostram todo o material dissolvido na água, seja ele de origem iônica ou coloidal.

As Figuras 3 e 4 apresentam os mapas temáticos de isolinhas para as variáveis avaliadas. Na Figura 4a verifica-se que o ponto de maior altitude se localiza no centro da cidade com 307 m. Esse valor é devido as características do município que se localiza em uma região cercada por serras.

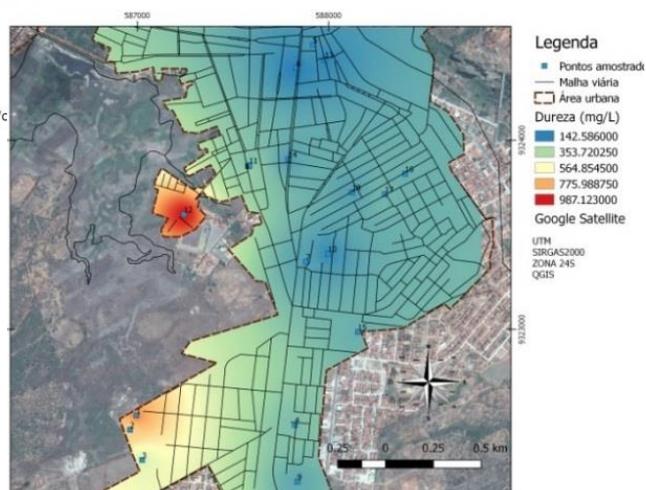
Nas Figuras 3b, 3c e 3d, verifica-se a distribuição espacial das concentrações do íon cálcio, condutividade elétrica e dureza, onde o ponto de maior concentração foi no poço 12 localizado no bairro São Judas Tadeu.

Figura 3 - Mapas temáticos de isolinhas das variáveis: a) Altitude; b) Cálcio; c) Condutividade Elétrica; d) Dureza; e) Turbidez e f) Vazão.

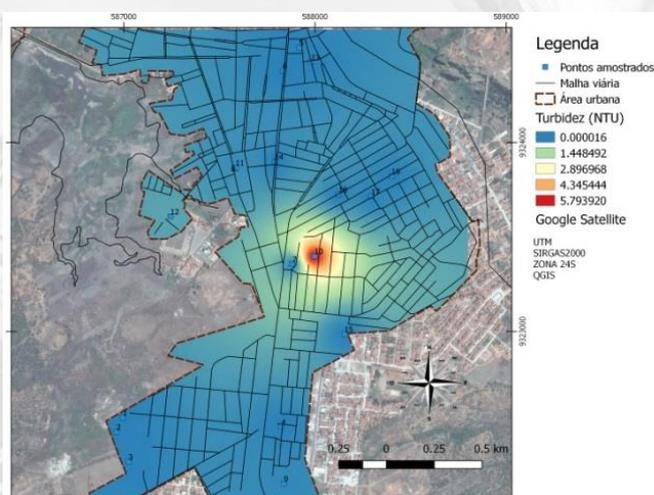




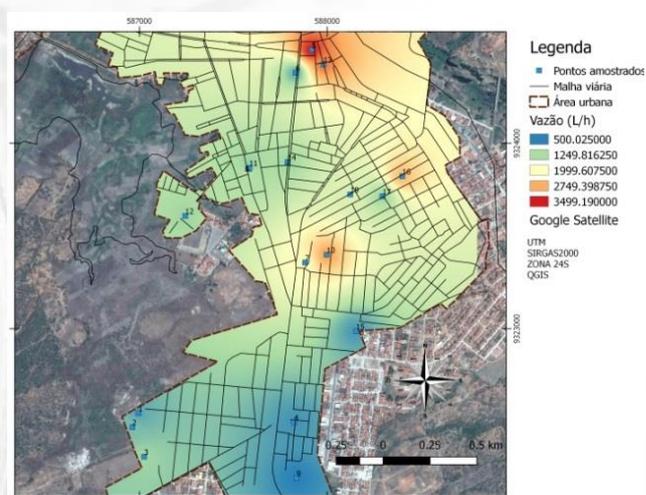
c)



d)



e)



f)

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O valor alto para cálcio em torno de 449mg/L está associado ao período seco na região, logo a falta de recarga dos mananciais devido à falta de chuva, faz com que esses sais de cálcio presentes nas rochas se concentrem nos mananciais dificultando a sua dissolução, aumentando também a condutividade elétrica que obteve um valor de 5,37mS/cm, variável essa que mede o teor de sais presentes na água.

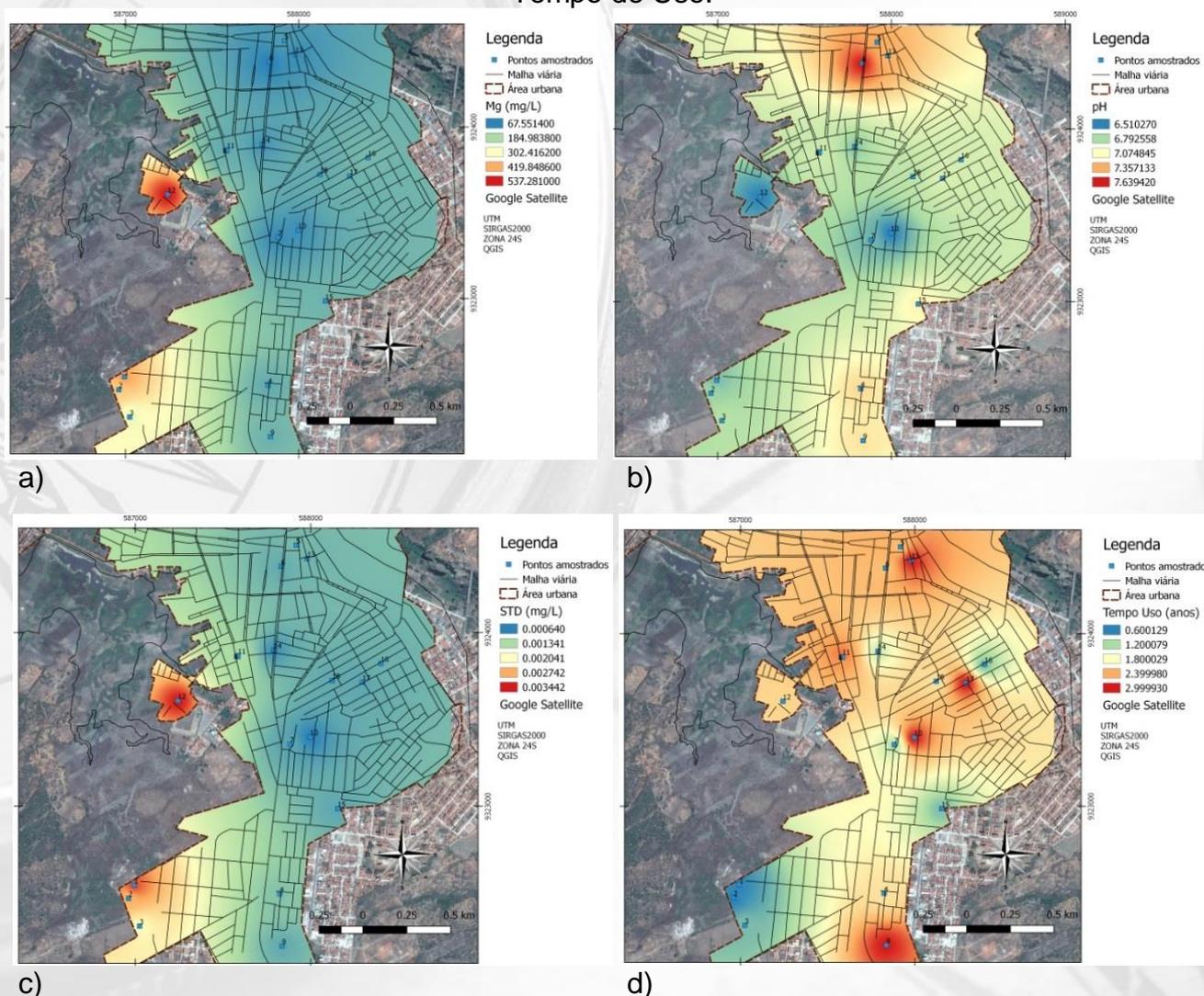
Tendo em vista a quantidade alta de íons cálcio, esse íon irá aumentar também a dureza da água que teve um valor de 987mg/L, ultrapassando o valor estabelecido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, sendo de 500mg/L.

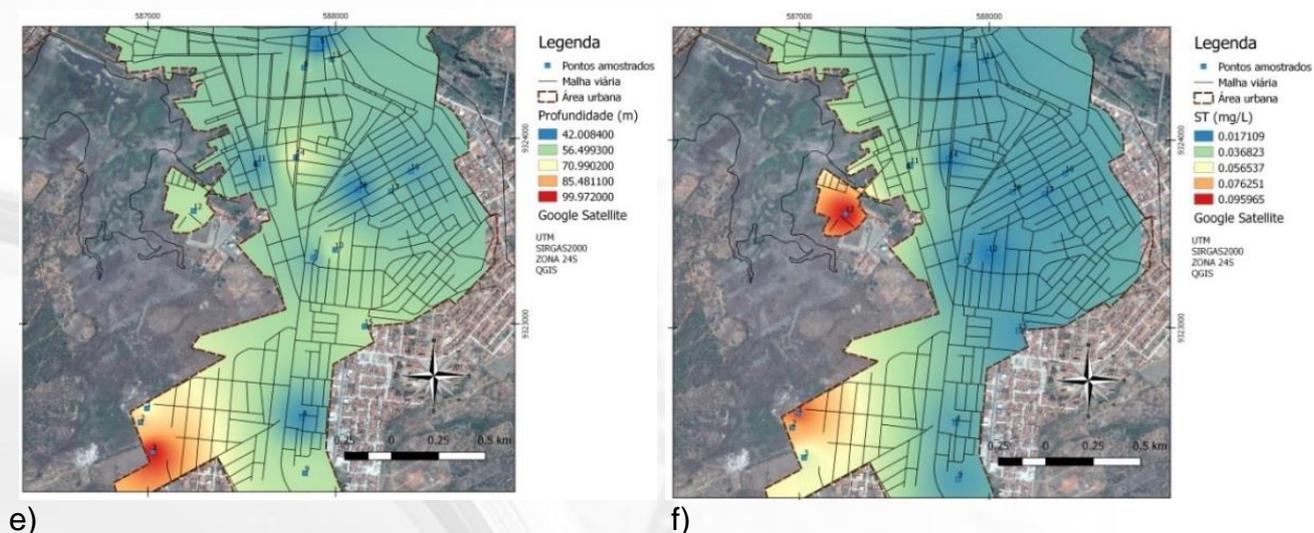
As Figuras 3e e 3f apresentam os mapas de turbidez e da vazão que teve seus pontos extremos no poço 10, para a turbidez com um valor de 5,8 NTU para a vazão que teve um valor de 3.500L/h no poço 5 localizado no centro da cidade. A turbidez se dá pela presença de materiais sólidos suspensos na água, e esse valor obtido foi devido a

quantidade de sais em suspensão no poço10, estando fora dos padrões de potabilidade exigidos na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde que limita um valor máximo de 5,0 NTU, podendo deixar a água com propriedades organolépticas baixa, como gosto ruim e mau cheiro.

Nas Figuras 4a, 4d e 4e verifica-se as variáveis magnésio, sólidos totais e sólidos totais dissolvidos onde o ponto de maior concentração das três variáveis foi no poço 12 com um valor de 537mg/L para o magnésio, 0,09mg/L para sólidos totais, e de 0,003 para sólidos totais dissolvidos localizado no bairro São Judas Tadeu. Isso se deu pelo fato da área apresentar muitos afloramentos rochosos propiciando o aumento dos sais na água.

Figura 4 - Mapas temáticos de isolinhas das variáveis: a) Magnésio; b) potencial Hidrogênionico; c) Profundidade; d) Sólidos Totais; e) Sólidos Totais Dissolvidos e f) Tempo de Uso.





Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A quantidade de magnésio está associada com a de cálcio presente na água, ambos estão associados, sendo o magnésio mais difícil de ser detectado por se apresentar em menor quantidade que o cálcio, valores esses que pode ser confirmado pela Tabela 1.

As Figuras 4b, 4c e 4f mostram as distribuições das concentrações do pH, profundidade, tempo de uso, da água, onde a maior concentração foi no poço 6 para o pH, no poço 3 para a profundidade, e nos poços 9,10,13 e 17 para o tempo em uso. A maior profundidade encontrada foi de 100 metros, mostrando a dificuldade para se obter água com a escassez de chuva. O tempo de uso se manteve entre 2,4 e 3 anos, tempo esse que se iniciou as perfurações tendo em vista o início da estiagem.

4 CONCLUSÃO

Diante dos valores obtidos para as águas subterrâneas, verificou-se valores extremos para dureza, cálcio, magnésio, como também para condutividade elétrica, onde estão intimamente ligados pela presença e dissolução dos sais na água. Foi constatado também que, alguns parâmetros permaneceram dentro dos padrões de potabilidade exigidos pela legislação como encontrados nos (sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, e pH) indicando a presença de águas duras, o que restringe o uso destas.

As águas subterrâneas do município apresentaram níveis elevados para os parâmetros de cálcio, magnésio e dureza não sendo indicada para o consumo imediato da população e nem de animais sem antes passar por um tratamento adequado que

reduza a quantidade de sais podendo estar contaminada por excesso de algum mineral (íon metálico), seguindo os padrões da Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, aconselhando-se realização de análises dessas águas em órgãos especializados para e tratamento adequado para posterior fornecimento de água de qualidade.

Os dados estatísticos foram de grande importância para o conhecimento da qualidade físico-química dessas águas, podendo assim elaborar uma medida de diminuir a quantidade de íons em excesso, para que assim a população possa usufruir de uma água de qualidade.

Com a obtenção dos dados estatísticos, entre outras conclusões, pode-se observar que o poço que se manteve fora dos padrões de potabilidade de acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde foi o poço 12 localizado no Bairro São Judas Tadeu, onde se teve quantidades elevadas para Cálcio e Magnésio, bem como para dureza, turbidez e condutividade elétrica.

A espacialização dos poços se deu de maneira satisfatória, conseguindo relacionar bem a distribuição e a qualidade da água dos poços bem como os aspectos fisiográficos dos mesmos.

No mais, destaca-se que a exploração das águas subterrâneas, através da perfuração de poços artesianos tende a continuar aumentando de forma desordenada e sem a preocupação da sustentabilidade desse recurso, uma vez que não se tem previsão da principal fonte de recarga dessas águas. Logo essa pesquisa tem um caráter importantíssimo para o município, onde, a população terá dados significativos da qualidade dessas águas.

REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th edition, Washington: APHA/AWWA/WEF; 1998.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th edition**. Washington: American Public Health Association; 1992.
ARAÚJO R. **Aquíferos: inacessíveis em 60% do RN**. [cited 2015 out. 10]. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/aqua-feros-inacessa-veis-em-60-do-rn/326729>.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União, Brasília, DF. Ministério da Saúde** (2011 dez. 12).

BELTRÃO BA, ROCHA DEGA, MASCARENHAS JC, JUNIOR LCS, PIRES STM, CARVALHO VGD. **Projeto Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado do Rio Grande do Norte: Diagnóstico do Município de Pau dos Ferros. Pau dos Ferros**: Editoração Eletrônica; 2005.

CUSTÓDIO, E; LLAMAS, M. R. 1983. **Hidrología Subterránea**. Barcelona. Barcelona: Ed. Omega, v. 2.

EMPARN – EMPRESA DE PESQUISA AGOPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. Dados de precipitação do RN. [cited 2016 nov. 08]. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacaoemparn/arquivos/metereologa/precipitacao.asp>.

GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu Município**. Natal-RN. 2009.[cited 2016 out. 15]. Disponível em: www.idema.rn.gov.br.

MARCON, A. E; MARTINS, C. A; STEIN, P; **Caracterização das Águas Subterrâneas do Aquífero Jandaíra em subsídio ao programa Água Doce no Rio Grande do Norte (PAD/RN)**. 2015. XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

SANTOS CMA. **Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem**. Lisboa: Edições Sílabo; 2007.

USP – Universidade de São Paulo. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial**. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANITÁRIA LABORATÓRIO DE SANEAMENTO “PROFO LUCAS NOGUEIRA GARCEZ”, 2004.
