



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS-PPGSA
CAMPUS DE POMBAL - PB

ALIANE CRISTIANE DE SOUSA FORMIGA

**Variação Espaço/Temporal da Qualidade de água Subterrânea do
Município de Juazeiro do Norte- CE**

POMBAL – PB

2015

ALIANE CRISTIANE DE SOUSA FORMIGA

**Variação Espaço/Temporal da Qualidade de Água Subterrânea do
Município de Juazeiro do Norte- CE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Sistemas Agroindústrias – Linha de Pesquisa: Gestão e Tecnologia Ambiental em Sistemas Agroindustriais

ORIENTADOR:

Prof.º Dsc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

POMBAL – PB

2015

ALIANE CRISTIANE DE SOUSA FORMIGA

**Variação Espaço/Temporal da Qualidade de Água Subterrânea do
Município de Juazeiro do Norte- CE**

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
Orientador (UFCG/CCTA/UACTA)

Prof. Dr. Sc. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho
Examinador Interno (UFCG/CCTA/UATA)

Prof. Dr. Sc. Ednaldo Barbosa Pereira Junior
Examinador Externo (IFPB/Campus/Sousa)

Dedico este trabalho á todos aqueles que eu amei muito e que não puderam estar presentes para prestigiar mais uma de minhas conquistas: Meu Pai (Euclides Formiga de Sousa) meus avós maternos (Josefa Cardoso de Sousa e Antônio Honório de Sousa) Meu tio querido, segundo pai, (José Nicolau de Almeida.) todos In Memória. Eternas Saudades.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de viver, e por me permitir realizar mais sonho de na minha vida: Ser Mestre! A ti Senhor sempre o meu amor.

A minha Família, minha base, meu alicerce. A quem sempre dedicarei todo o meu esforço.

A Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, e o Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindústrias - PPGSA pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao meu orientador, o Prof^o. D. Sc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, por toda dedicação, paciência e pelos ensinamentos no decorrer dos nossos encontros de orientação. Sem palavras para definir tamanho agradecimento.

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, por ter confiado em meu trabalho e desempenho. E acreditado em min, por ter sido base para que minha pesquisa obtivesse êxito. Ainda agradeço pelas liberações quinzenais para orientações na qualificação e na conclusão da dissertação.

A FUNCEME, na pessoa do senhor Gilberto, que muito se fez prestativo ao me acompanhar na emissão dos resultados da pesquisa. A ele tenho muito a agradecer.

A banca Examinadora, que se fez representada pelos Professores D. Sc Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho e Prof. Dr. Sc. Ednaldo Barbosa Pereira Junior, pela contribuição e participação que engrandeceu ainda mais o meu trabalho.

A minha querida mãe, Maria do Bom Sucesso, que ao longo de minha vida pessoal e acadêmica me apoiou para que diante das dificuldades vivenciadas nunca desistisse.

Aos meus irmãos Aline e Alberto, por suportarem meus estresses e por me ajudarem sempre que precisei.

Aos meus Colegas do mestrado turma 2013.1, que contribuíram para que meu trabalho obtivesse êxito. Obrigada por acreditaram sempre em min, encorajando-me a seguir frente com muita audácia. Agradeço em especial a Yuri, Eliane Pereira, Pierre Travassos.

A todos os meus amigos, que de uma forma ou de outra, me ajudaram nessa caminhada com palavras e gestos de carinho. Agradeço em especial, Josi Lima, Mariana Oliveira, Danielly Melo, Gilderlânia Lourenço, Caio Franklin, Jaqueline Liedja, Junior

Meneses. Obrigada por todo apoio, amizade, dedicação e compreensão. Vocês sempre serão a minha segunda família.

Ao pessoal da Comunidade Shalom - Juazeiro do Norte, representada na pessoa de Danires. Agradeço pelas orações.

Em fim, a todos, o meu muito obrigada!

“Eu tentei 99 vezes e falhei. Mas na centésima tentativa eu consegui. Nunca desista de seus objetivos, mesmo que eles pareçam impossíveis. A próxima tentativa pode ser a vitoriosa.”

Albert Einstein

RESUMO

Como incremento da atividade antrópica e seus efeitos, a disponibilidade de água potável para consumo humano tornou-se um bem escasso e valioso, sendo necessária, frequentemente, uma avaliação que permita identificar sua qualidade para seus diversos usos. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea da região de mananciais do município de Juazeiro do Norte - CE, oriundas dos poços tubulares operados pela CAGECE, na bacia hidrográfica do Rio Salgado, sob os aspectos físico-químico, referentes a sua variação espaço/temporal e aos limites estabelecidos pela portaria 2914/11 do Ministério da Saúde. Os dados dos parâmetros estudados, para os períodos de maio e novembro de 2013, maio e novembro de 2014, referentes a 33 poços de patrimônio da empresa CAGECE, somando um total de 124 amostras, divididas entre os 4 períodos. Os resultados obtidos foram submetidos ao Diagrama de Piper para posterior classificação e comparação de distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes. Em geral, as águas subterrâneas foram classificadas como águas bicarbonatadas mistas. Em função do tempo, usando o teste de Tukey foram observadas interferências ao nível de 5% de probabilidade nos teores de pH, Magnésio, Fluoreto e Alumínio. Quanto ao fator espacial, destaca-se variações significativas nos níveis de 5%, de probabilidade nos parâmetros pH, Alcalinidade, Dureza, Cálcio, Cloreto, Ferro, STD e CE. Níveis de 1% e 0,1% de significância foram detectados em todos os poços com o Nitrato, através do teste de Tukey. De acordo com a Portaria 2914/11 MS, ficou confirmado que alguns poços apresentaram índices relacionados a determinados parâmetros acima dos toleráveis de potabilidade de água, durante os quatro períodos monitorados. A água do município é de boa qualidade em termos de potabilidade, porém algumas áreas podem estar sendo contaminadas por ações antrópicas, desta maneira, torna-se necessário um monitoramento para verificar a ocorrência deste fato observado principalmente através do parâmetro nitrato.

Palavras-chave: Qualidade de água; Juazeiro do Norte; Parâmetros físico-químico.

ABSTRACT

As increased human activity and its effects, the availability of clean drinking water has become a scarce and valuable, requiring often an assessment to identify its quality for its various uses. Thus, this study aims to evaluate the quality of groundwater sources region of Juazeiro Municipality - EC, coming from the wells operated by CAGECE in the river basin Salgado, under the physical-chemical aspects, concerning the variation space / time and the limits established by Decree 2914/11 the Ministry of Health. The data of the parameters for the periods of May and November 2013, May and November 2014, regarding the company's heritage of 33 wells CAGECE, for a total of 124 samples, divided between the four periods. The results were submitted to the Piper diagram for further classification and comparison of different water groups as the dominant ions. In general, the groundwater were classified as mixed bicarbonated water. In function of time, using the Tukey test were observed interference level of 5% probability in pH, magnesium, and aluminum fluoride. As for the spatial factor, there is significant variation in the level of 5% probability the parameters pH, alkalinity, hardness, calcium, chloride, iron, STD and CE. Levels of 1% and 0.1% significance level were detected in all wells with the nitrate by the Tukey test. According to the Ordinance 2914/11 MS, it was confirmed that some wells showed indices related to certain parameters above the tolerable water potability, during the four monitored periods. The city's water is of good quality in terms of drinkability, however some areas may have been contaminated by human actions, in this way, it is necessary monitoring to verify the occurrence of this fact observed mainly by nitrates parameter.

Keywords: water quality, Juazeiro, physicochemical parameters.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Águas subterrâneas e sua ocorrência no ciclo hidrológico.....	23
FIGURA 2 – Principais fontes de contaminação de águas subterrâneas.....	27
FIGURA 3 – Localização de Juazeiro do Norte no Estado do Ceará.....	40
FIGURA 4 – Localização do município de Juazeiro do Norte em relação aos domínios sedimentares e cristalino do Estado do Ceará.....	41
FIGURA 5 – Bacias Hidrográficas do Ceará, em destaque a Sub Bacia do Salgado.....	43
FIGURA 6 – Localização dos poços no formato de coordenadas cartesianas.....	44
FIGURA 7 – Localização dos poços no formato Google mapas.....	44
FIGURA 8 – Diagrama de Piper.....	47
FIGURA 9 – Diagramas de Piper para (A) maio/2013, (B) outubro/2013, (C) maio (A) maio/2014 e (D) outubro/2014.....	56
FIGURA 10 - Distribuição da classificação das águas de acordo com o número de poços....	58
FIGURAS 11 e 12 – Variação de Turbidez em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	61
FIGURAS 13 e 14 – Variação de pH em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	62
FIGURAS 15 e 16 - Variação de Alcalinidade em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.	63
FIGURAS 17 e 18 - Variação de Fluoreto em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	64
FIGURAS 19 e 20 Variação de Nitrato em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	65
FIGURAS 21 e 22 - Variação de Dureza em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	66
FIGURAS 23 e 24 – Variação de Cálcio em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	67
FIGURAS 25 e 26 - Variação de Magnésio em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	68
FIGURAS 27 e 28 - Variação de CE em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	69
FIGURAS 29 e 30 – Variação de Nitrito em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	70

FIGURAS 31 e 32 – Variação de Cloreto em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	71
FIGURAS 33 e 34 – Variação de Sulfato em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	72
FIGURAS 35 e 36 - Variação de Amônia em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	73
FIGURAS 37 e 38 - Variação de Ferro em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	74
FIGURAS 39 e 40 - Variação de Alumínio em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	75
FIGURAS 41 e 42 – Variação de STD em cada período, considerando todos os poços e, nos períodos de maio/13 a novembro/14, respectivamente.....	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Padrões de potabilidade adotados pelo Brasil e pela Organização Mundial da Saúde.....	21
TABELA 2 – Período de realização das coletas das amostras.....	45
TABELA 3 – Metodologia de realização dos Parâmetros físico-químico e Químico.....	46
TABELA 4 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Maio de 2013.....	49
TABELA 5 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Novembro de 2013.....	50
TABELA 6 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Maio de 2014.....	52
TABELA 7 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Novembro de 2014.....	54
TABELA 8 – Classificação das águas Conforme Diagrama de Piper.....	57
TABELA 9 – Média dos valores dos parâmetros físico-químicos observados nos diversos poços em cada período.....	59
TABELA 10 – Média dos valores dos parâmetros físico-químicos observados entre os quatro períodos usados na comparação estatística dos mesmos entre os diversos poços.....	60
TABELA 11 – Parâmetros e VMPs segundo a Portaria 2914/11 MS.....	77
TABELA 12 – Valores dos parâmetros que apresentaram resultados acima dos VMPs da Portaria 2914/11MS.....	78

LISTA DE SIGLAS

CAGECE – Companhia da de Água e Esgoto do Ceará

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídrico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Hídricos

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

ABNT – Agencia Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

VMP – Valor Máximo Permitido

MS – Ministério da Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

BA – Bahia

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

IDT – Ingestão Diária Tolerável

DDA – Dose Diária Admissível

PH – Potencial Hidrogenionico

OMS – Organização Mundial de Saúde

ETA – Estação de Tratamento de Água

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de são Paulo

CE – Condutividade Elétrica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1. Qualidade das Águas.....	18
3.2. Águas Subterrânea.....	22
3.2.1. Utilização e o aproveitamento das Águas Subterrâneas.....	24
3.2.2. Impactos sobre as Águas Subterrâneas.....	26
3.2.3. Fontes Contaminantes das águas subterrâneas.....	27
3.2.4. Proteção e Leis que Regulamenta as Águas Subterrânea.....	31
3.3. Parâmetros que avaliam a qualidade das águas.....	32
3.3.1. Parâmetros Físicos.....	32
3.3.2. Parâmetros Químicos.....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
4.1 Caracterização da Área de Estudo.....	43
4.2 Coleta e Processamento dos dados.....	45
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
6. CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

1. INTRODUÇÃO

A água é o elemento indispensável para todos os seres vivos. É um recurso natural de grande importância para humanidade e possui um grande valor econômico, ambiental e social, uma vez que ela é encontrada na natureza em três estados de agregação: sólido, líquido e gasoso; todas as formas de vida necessitam dela. No entanto, a diminuição da quantidade e da qualidade da água potável em níveis que comprometam até mesmo a sobrevivência humana é um problema cada vez mais realista. Os múltiplos usos dela são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas, em que se destacam, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática.

Cada vez mais a água doce tem se tornado um recurso escasso e mais degradado do ponto de vista ambiental, com uma relevância política crescente, e cada vez mais valiosa do ponto de vista estratégico e econômico. O aumento da população requer o uso em maior quantidade da água, conseqüentemente, cresce também a preocupação com a conservação e disponibilidade hídrica tanto em quantidade como em qualidade. Atualmente, com a utilização predatória cada vez mais intensa dos recursos hídricos superficiais, muitos países já começam a se preocupar com a escassez da água potável (MOREIRA, 2005).

Segundo Costa (2009), nas regiões do Nordeste do Brasil o balanço entre oferta e demanda das bacias hidrográficas apresenta-se desequilibrado, uma vez que uma das formas possíveis de solucionar este problema é através do uso das águas subterrâneas. Atualmente, com a escassez de água, a importância das águas subterrâneas vem aumentando, pois funciona como reservatório do qual se pode extrair água de boa qualidade para o abastecimento de água potável e para utilização na indústria e na agricultura (CCE, 2003).

A expansão dos centros urbanos, o desenvolvimento das técnicas agrícolas, a exploração dos recursos naturais, os processos industriais contribuem para a deterioração das águas subterrâneas. Nesse contexto, as fontes potencialmente poluidoras crescem exacerbadamente e a implantação de obras de captação na ausência de critérios técnicos, conseqüentemente, vem proporcionar riscos de contaminação, comprometendo o uso sustentável desse recurso e inúmeras são as dificuldades referentes à oferta da água de boa qualidade para o abastecimento público em diversas regiões do Brasil.

A ausência de chuvas frequentes, a contaminação dos mananciais pelas atividades agrícolas e processos industriais e com esse aspecto, faz-se necessário que as águas utilizadas

para o abastecimento público mereçam cuidados especiais. A água potável é aquela destinada ao consumo humano, sem que ofereça riscos à saúde. No Brasil, os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que atendam aos padrões de potabilidade são fixados pela Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Diante desse contexto, parte-se do pressuposto que a maioria da população da cidade de Juazeiro do Norte (CE) é abastecida por águas subterrâneas, uma vez que a região é rica em quantidade de aquíferos e toda sua formação geológica subterrânea favorece a capacidade de armazenar água, possuindo permeabilidade suficiente para permitir que esta se movimente e surja a necessidade de avaliar a qualidade destas águas subterrâneas, como também realizar o monitoramento ao longo do tempo e do espaço dos poços que abastecem a população da referida cidade.

A análise temporal é importante para um maior acompanhamento sobre a tendência de alterações, seja de melhor ou pior qualidade da água. Essa análise permite aos gestores a tomada de medidas mais rápidas e eficientes sobre o bom uso da água e tal ação implica no levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados, tendo por finalidade acompanhar a evolução das condições da qualidade da água ao longo do tempo, garantindo sua manutenção futura. A análise espacial visa avaliar o comportamento de um determinado parâmetro de qualidade para pontos situados ao longo de um mesmo corpo hídrico. Conforme Oliveira (2004), através da avaliação espacial é possível identificar trechos críticos, em que a qualidade da água esteja comprometida em virtude de fatores meteorológicos, de eventual sazonalidade de lançamentos poluidores e de alterações na vazão.

2. OBJETIVO

No presente trabalho buscou-se avaliar a qualidade da água subterrânea da região de mananciais do município de Juazeiro do Norte - CE, sob os aspectos físico-químicos, referentes à sua variação espaço-temporal comparando com os limites de potabilidade e classificando-as sob o aspecto hidrogeoquímico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Qualidade das águas

A qualidade da água é tão importante quanto à quantidade, quando se trata de atender às necessidades básicas dos seres humanos e do meio ambiente, com isso essa qualidade da água pode limitar o seu uso.

O Brasil não apresenta problemas em relação à quantidade de água disponível, pois é um país privilegiado em disponibilidade hídrica, porém a qualidade desta água é um fator preocupante, reflexo de um passado de gestão inadequada.

Diante dessa problemática, há uma necessidade de um manejo adequado dos recursos hídricos, de forma a garantir a água na quantidade e na qualidade desejáveis aos seus múltiplos usos (LEITÃO, 2001).

De acordo com Lei n°. 9.433, de 08 de janeiro de 1997, no Capítulo I Art. 1° é estabelecido que a política nacional de recursos hídricos seja baseada nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é para o consumo humano, dessedentação de animais e, ainda, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

Segundo Farias (2006), “[...] a qualidade da água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática”.

Os principais usos das águas são: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação. Branco (1991), aponta que tais usos, implicam em padrões de qualidades de água diferentes.

Diante desse contexto, é necessário que no uso da água, seja realizada uma avaliação de qualidade, seguindo os seguintes critérios:

- ✓ As concentrações, espécies e tipos de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água;
- ✓ A composição e o estado das águas, destacando o uso de acordo com as especificidades;
- ✓ As mudanças temporais e espaciais que se produzem devido aos fatores intrínsecos e externos na água em estudo.

A qualidade da água vem sendo afetada por mudanças em teores de nutrientes, sedimentos, temperatura, pH, metais pesados, toxinas não metálicas, componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, fatores biológicos, entre muitos outros (CARR & NEARY, 2008).

Conforme Farias (2006), “[...] a avaliação da qualidade de água, é uma importante ferramenta na gestão de recursos hídricos, pois proporciona a obtenção de dados confiáveis dos corpos d’água de interesse”.

A Organização Mundial da Saúde sugere três formas básicas para obtenção destes dados (DERISIO, 1992), os quais são:

Monitoramento: Prevê o levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados. Tal ação visa acompanhar a evolução das condições de qualidade de água ao longo do tempo;

Vigilância: Implica em uma avaliação contínua da qualidade da água. Busca detectar alterações instantâneas de modo a permitir providências imediatas para resolver ou contornar o problema;

Estudo especial: É projetado para atender as necessidades de um estudo em particular. Geralmente é feito através de campanhas intensivas e de determinada duração.

De acordo com Farias (2006), o programa de monitoramento contribui para solucionar os conflitos entre os usos da água, sejam eles de utilização para fins de abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, recreação e a preservação qualitativa e quantitativa do manancial.

A referida autora reforça que o monitoramento é capaz de fornecer subsídios para avaliar as condições do manancial e, além disso, propiciar informações para a tomada de decisões com relação ao gerenciamento deste recurso hídrico.

Conforme Magalhães Júnior (2000) *apud* Farias (2006), o monitoramento deve ser visto como um processo essencial à implantação dos instrumentos de gestão das águas, já que permite a obtenção de informações estratégicas, acompanhamentos das medidas efetivas, atualização do banco de dados e atualização das decisões.

A água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano, tais condições podem ser resumidas em cinco palavras-chave: qualidade, quantidade, continuidade, cobertura e custo (OMS, 2001).

A água, como bem natural dotado de valor econômico, deve ser garantida tanto para a manutenção do equilíbrio ecológico, como para os múltiplos usos exigidos pela sociedade, garantindo, assim, a sua conservação para as futuras gerações (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Araújo e Santaella (2001), “[...] a qualidade da água é um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que podem atender aos múltiplos usos a que se destina”.

Hespanhol (2001) afirma ainda que as condições geológicas e geomorfológicas da cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces e das ações do homem, também são determinantes para a qualidade da água.

As atividades humanas que afetam a qualidade da água são apresentadas em quatro categorias - produção agrícola; industrial e mineradora; infraestrutura hídrica e lançamento direto de efluentes domésticos não ou parcialmente tratados em sistemas aquáticos – como também os impactos destas atividades sobre a qualidade da água.

Merten e Minella (2002) relatam que a qualidade da água destinada ao consumo humano pode ser afetada por efluentes domésticos sendo caracterizados por contaminantes orgânicos e patogênicos, efluentes industriais que pode ser complexa de acordo com sua natureza e grau de concentração.

A água potável é aquela água destinada ao consumo humano, sem que ofereça riscos à saúde. No Brasil, os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que atendam aos padrões de potabilidade são fixados pela Portaria 2.914/2011, do Ministério da Saúde.

Atualmente esses padrões foram revisados, tendo como principal referência e influência para a sua periódica atualização as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS) (PÁDUA et al., 2009).

A portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O capítulo I no Art. nº 3 estabelece que a água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

No capítulo I no Art. nº 4 informa que, toda água destinada ao consumo humano, proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

O padrão de potabilidade de acordo com a referida portaria corresponde aos valores máximos permitidos (VMP - concentrações limites), estabelecidos para cada parâmetro, das características das águas destinadas ao consumo humano aceito pela saúde pública.

Pádua et. al. (2009) destaca que esses valores são fixados pela OMS através de peritos que investigam a influência de cada substância e produto no homem e nos animais, definindo assim, a quantidade que pode ser absorvida diariamente, a ingestão diária tolerável (IDT) ou dose diária admissível (DDA), sem riscos para a saúde.

Conforme o autor supracitado, através da ingestão diária tolerável, calcula-se os valores máximos permitidos (VMP) de uma substância na água para consumo humano, levando em consideração a massa corporal média, a ingestão diária tolerável e a quantidade de água ingerida, em média, por dia.

Na Tabela 1 estão indicados os padrões de potabilidade adotados pelo Brasil e pela Organização Mundial da Saúde.

Parâmetros	Padrões de potabilidade (VMP) ¹	
	Portaria 2914/MS	OMS
Cor Aparente	15 mg Pt-Co/L	15 Pt/L
pH	6,0 - 9,5	6,5 - 8,5
Turbidez	5,0 uT	5,0 UT
Sólidos Totais Dissolvidos	1000 mg/L	1000 mg/L
Cloreto	250 mg/L	250 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L (como N)	-
Nitrato	10 mg/L (como N)	10 mg/L (como N)
Sulfato	250 mg/L	400 mg/L
<i>E. coli</i>	Ausentes em 100 mL	Ausentes em 100 mL
Coliformes Totais	Ausentes em 100 mL	Ausentes em 100 mL

(1) VMP: Valor Máximo Permitido

Fonte: OMS, (2011)

Sabe-se da importância de se tratar a água destinada ao consumo humano, pois é capaz de veicular grande quantidade de contaminantes físico-químicos e/ou biológicos cujo consumo tem sido associado a diversos problemas de saúde (TORRES et al., 2000).

Diante da situação agravante, é necessário elaborar estratégias para eliminar a contaminação das águas para o consumo humano e as doenças de veiculação hídricas.

Segundo Freitas (2002), há uma preocupação de monitorar as águas de abastecimento público e verificar se as condições de potabilidade de forma que não ofereça nenhum risco à saúde da população.

A água distribuída para consumo humano deve ser potável, ou seja, tratada, limpa e livre de qualquer contaminação, seja esta de origem microbiológica, química, física ou

radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana (BRASIL, 2004).

A potabilidade da água é alcançada mediante várias formas de tratamento, sendo que a mais tradicional inclui basicamente as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e a fluoretação (FREITAS, 2002).

Segundo Drewes e Fox (2000) apud Scuracchio (2010), a qualidade da água depende de todas as fases de tratamento, distribuição e armazenamento do produto. Assim, para que um programa de qualidade cumpra com sucesso suas funções é necessário que, tanto a tecnologia disponível para o tratamento e distribuição seja adequada, quanto o sistema de armazenamento seja eficiente.

Conforme Scuracchio (2010), os reservatórios domésticos e filtros devem ser mantidos em condições adequadas para evitar alteração na qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

3.2. Águas Subterrâneas

Água subterrânea é a água que ocupa a zona saturada do subsolo ou num sentido mais amplo, toda a água situada abaixo da superfície do solo, na litosfera (ABNT, 1993).

Águas subterrâneas são todas as águas que ocorrem abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas que, sendo submetidas a duas forças (de adesão e de gravidade), desempenham um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos (ABAS, 2008).

Quase toda essa água subterrânea tem origem no ciclo hidrológico, ou seja, é um sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e para os continentes, retornando superficial ou subterraneamente ao oceano (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

As reservas renováveis de água subterrânea no Brasil, ou seja, suas recargas efetivas alcançam $42.289 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ($1.334 \text{ km}^2 \text{ a}^{-1}$) e correspondem a 24 % do escoamento dos rios em território nacional (vazão média anual de $179.433 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) e 49 % da vazão de estiagem (considerada como a vazão de estiagem com 95 % de permanência).

Na Resolução do CONAMA nº 396/08, águas subterrâneas são aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo. A Figura 1 apresenta os caminhos das águas subterrâneas e sua ocorrência no ciclo hidrológico.

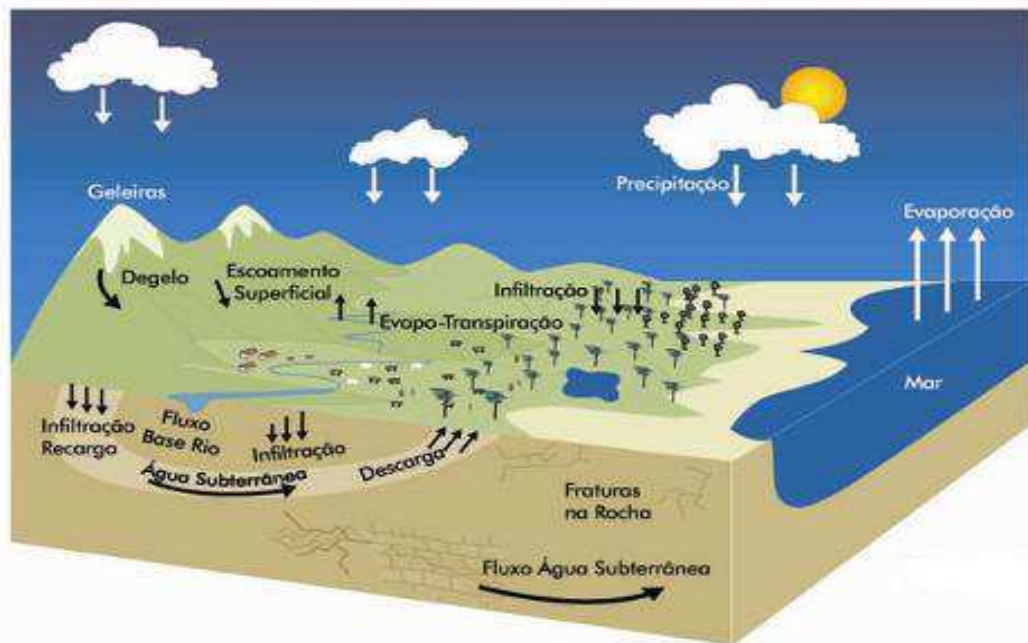


Figura 1: Águas subterrâneas e sua ocorrência no ciclo hidrológico

Fonte: www.mma.gov.br

Nas últimas décadas a exploração das águas subterrâneas vem sendo intensificada, o fator importante se dá devido ao aumento da demanda por água de boa qualidade e pelo fato das águas superficiais não estarem suprindo as condições necessárias tanto quanto a quantidade e qualidade exigidas. O reflexo do uso crescente de água subterrânea é a estimativa de que existam no país pelo menos 400.000 poços (ZOBY & MATOS, 2002).

A urbanização crescente, o aumento de áreas irrigadas, a implantação de parques industriais, tudo veio a acarretar na exploração crescente das águas subterrâneas no Brasil, favorecida também pelo avanço tecnológico na área de perfuração de poços. A água de poços e fontes vem sendo utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer.

Segundo Zoby (2008), apesar da relevância da água subterrânea para o desenvolvimento socioeconômico, o Brasil ainda apresenta uma deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu estágio de exploração e a qualidade das suas águas.

O referido autor destaca que os estudos regionais são poucos e encontram-se defasados. A maior parte dos estudos de qualidade da água subterrânea publicados recentemente é de caráter mais localizado.

No Brasil, diversos núcleos urbanos são abastecidos pelas águas subterrâneas de forma exclusiva ou complementar, sendo o recurso mais importante de água doce. As indústrias, escolas, hospitais, propriedades rurais e outros estabelecimentos utilizam, com frequência, água de poços profundos. O maior volume de água é destinado ao abastecimento público. (CAJAZEIRAS, 2007).

A água subterrânea participa do abastecimento de comunidades rurais do semiárido nordestino e da população urbana de diversas capitais do país, tais como: Manaus, Belém, Fortaleza, Recife, Natal e Maceió. É amplamente utilizada na irrigação em Mossoró, no Rio Grande do Norte, no Oeste da Bahia e na região de Irecê (BA). Na Região Metropolitana de São Paulo, a água subterrânea é utilizada em hospitais, indústrias e hotéis. Estima-se um número próximo de 11.000 poços em operação (MARTINS NETTO et al., 2004).

De acordo com os dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas - ANA (2007), no Brasil, as águas subterrâneas vêm sendo aproveitadas de forma crescente e significativa, inclusive nas áreas de influência dos grandes centros urbanos, como: Recife (com mais de 4.000 poços), Fortaleza, Natal, Brasília, Campo Grande e Dourados.

A geologia, vegetação e clima têm importância nas águas superficiais e subterrâneas, porque esses agentes condicionam o estado da qualidade das águas. A água percola sobre os litotipos, incluindo e dissolvendo íons como cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos, entre outros. (CAJAZEIRAS, 2007)

3.2.1. Utilização e o aproveitamento das Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas são consideradas mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento de água para o consumo humano, para aquela população que não tem acesso à rede pública de abastecimento e aquelas que têm um abastecimento, mas que não é regular (FREITAS, et.al 2001).

A água subterrânea é utilizada frequentemente para abastecimento doméstico, irrigação, dessedentação de animais, recreação (parques aquáticos, termas) e fins industriais.

Conforme Silva (2012), a água subterrânea é considerada um recurso natural indispensável para a humanidade e para o meio ambiente, pois mantém a umidade do solo, garante o fluxo de base dos cursos d'água, sendo responsável pela sua perenização em épocas de estiagem.

Segundo o Censo de 2000 (IBGE, 2003), aproximadamente 61% da população brasileira é abastecida para fins domésticos com água subterrânea, sendo que 6% se auto abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos.

O Brasil possui um número de poços tubulares em operação estimado em cerca de 300.000 unidades, com um número de perfurações de aproximadamente 10.000 anualmente, o que pode ser considerado insuficiente diante das necessidades de água potável das populações caso venha a ser comparado com outros países (MMA, 2003).

Segundo Leal (1999) os estados com maior número de poços perfurados são: São Paulo (40.000), Bahia (30.000), Rio Grande do Sul (30.000), Ceará (24.000) e Piauí (31.000). A exploração das águas subterrâneas tem sido, portanto, uma opção bastante atraente para abastecimento público, pois ocorre em maiores quantidades que as superficiais, devido a sua abundância, boa qualidade (em geral) e baixo custo de captação, por sua proximidade das áreas de consumo (SILVA, 2012).

A água subterrânea passa por uma filtração no próprio solo que remove a maioria dos microrganismos, por essa razão é considerada uma água de boa qualidade quando comparada às águas superficiais. Feitosa (1997) destaca as vantagens para o uso das águas subterrâneas: qualidade, quantidade, distribuição, usos, custos, meio ambiente.

- Qualidade – As águas subterrâneas possuem elevado padrão de qualidade físico-química e bacteriológica. Por serem naturalmente protegidas (mas não imunes) dos agentes de poluição e contaminação, essas águas dispensam, na maioria dos casos, tratamento físico-químico;

- Quantidade – Os volumes são superiores aos das águas superficiais. Sua vazão (quantidade de água/tempo) é menos afetada por períodos de estiagem prolongada e não apresenta perdas por evaporação, como nos reservatórios de superfície;

- Distribuição – As águas subterrâneas ocupam áreas muito maiores do que a calha de um rio ou lagoa, o que permite a perfuração de poços nos locais em que as demandas ocorrem. Nesse sentido, as águas subterrâneas facilitam a distribuição setorizada, visto que, a distância dos poços até o reservatório ou caixa de água, é, em geral, de pequena extensão;

- Usos – Além dos diversos usos das águas subterrâneas (por exemplo, abastecimento, indústria, agricultura, entre outros), aquelas que apresentam temperaturas elevadas também podem ser exploradas economicamente em atividades relacionadas com o turismo termal (estâncias termais) e na indústria;

- Custos – O valor de perfuração dos poços, assim como os prazos de execução, é, geralmente, inferior aos necessários para as obras de captação e transporte de águas de superfície. Neste quesito, é importante destacar a facilidade da perfuração de poços, que permite planejar a implantação gradual do sistema de abastecimento, à medida que cresce a demanda os custos de manutenção e operação são mais baixos. Além disso, não há custo de armazenamento primário, como nas barragens e açudes, não requerendo a desapropriação de grandes áreas;

- Meio ambiente – Os impactos ambientais relacionados com as instalações para o aproveitamento das águas subterrâneas são consideravelmente pequenos, quando instalados e operados adequadamente, ficando restritos a área de captação (poço tubular). Para efeito de comparação citam-se os impactos causados pelas barragens, que envolvem grandes áreas e alteram o equilíbrio dos ecossistemas.

3.2.2 Impactos sobre as Águas Subterrâneas

Segundo Feitosa (1997), no Brasil, os problemas mais comuns das águas subterrâneas estão relacionados com a superexploração, impermeabilização do solo e com a poluição.

a) Superexploração

Ocorre quando a extração de água ultrapassa o volume infiltrado, em que pode afetar o escoamento básico dos rios, secar nascentes, influenciar os níveis mínimos dos reservatórios, provocar subsidência (afundamento) dos terrenos, induzir o deslocamento de água contaminada, salinizar, provocar impactos negativos na biodiversidade e até mesmo a exaurir completamente o aquífero.

Em áreas litorâneas, pode provocar a movimentação da água do mar no sentido do continente, ocupando os espaços deixados pela água doce (processo conhecido como intrusão da cunha salina).

b) Poluição das Águas Subterrâneas

A poluição/contaminação da água subterrânea pode ser direta ou indireta. Ambas podem estar relacionadas com as atividades humanas e/ou por processos naturais. As fontes

mais comuns de poluição e contaminação direta das águas subterrâneas são: deposição de resíduos sólidos no solo; esgotos e fossas; atividades agrícolas; mineração; vazamento de substâncias tóxicas; cemitérios; filtragem vertical descendente; contaminação natural; poços mal construídos e/ou abandonados.

A Figura 2 apresenta as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas.

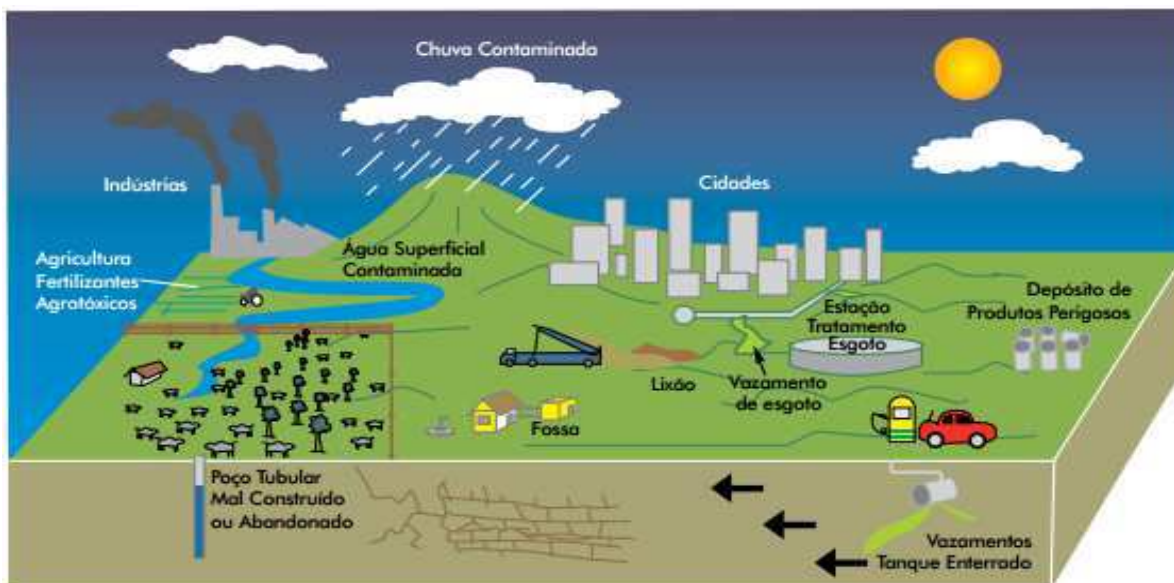


Figura 2. Principais fontes de contaminação de águas subterrâneas
Fonte: Feitosa – CPRM, 1997

c) Impermeabilização

A impermeabilização do solo a partir da construção de casas, prédios, asfaltamento de ruas, ausência de jardins e parques, entre outros, reduz a capacidade de infiltração da água no solo. Ao não encontrar locais para infiltrar, a água acaba escoando pela superfície, adquirindo velocidade nas áreas de declive, acentuado em direção às partes baixas do relevo. Esses processos resultam em: redução do volume de água na recarga dos aquíferos, erosão dos solos, enchentes e assoreamento dos cursos de água.

3.2.3. Fontes Contaminantes das águas subterrâneas

As atividades antrópicas são as principais representantes de risco aos aquíferos e a qualidade das águas subterrâneas. Uma vez contaminadas as águas subterrâneas, torna-se

muito difícil e cara a sua remediação (PNUMA ,1996). São bastante limitados os dados sobre a qualidade da água subterrânea, devido ao alto custo de monitoramento e análise (REVENGA et al., 2000).

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 aos mananciais (poços, nascentes, etc.) destinados ao consumo humano.

As diversas atividades humanas podem contaminar as águas, as superficiais por estarem mais expostas, tendem a ser mais vulneráveis que as subterrâneas, sendo estas, normalmente, de boa qualidade. Assim sendo, é possível descrever as principais fontes potenciais de contaminação do manancial subterrâneo, dentre elas são destacados:

- **Construção dos poços**

Essa questão encontra-se regulamentada por meio de duas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicadas em 1990. O projeto de poço para captação de água subterrânea é regulamentado pela norma ABNT NBR-12.212 de 1992, que prevê a elaboração de especificações técnicas de construção, planilha orçamentária e croquis construtivos. O projeto executivo deve seguir as normas técnicas para construção de poços, apresentada na norma ABNT NBR-12.244 de 1990.

No Brasil, o crescimento da utilização de águas subterrâneas foi acompanhado da proliferação de poços construídos sem critérios técnicos adequados. A perfuração de poços, nestes casos, e com locações inadequadas, coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas, à medida que cria uma conexão entre águas mais rasas, mais suscetíveis à contaminação, com águas mais profundas e menos vulneráveis (ANA, 2007).

A Resolução nº 15 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) de 2001, destaca que a empresa que executa perfuração de poço tubular profundo deve ser cadastrada junto aos conselhos regionais de engenharia, arquitetura e agronomia e os órgãos estaduais de gestão de recursos hídricos e apresentar as informações técnicas necessárias, semestralmente, sempre que solicitado.

Os fatores que causam contaminação na construção de poços tubulares são:

- O não isolamento das camadas indesejáveis durante a perfuração;
- Ausência de laje na proteção sanitária e altura inadequada da boca do poço;
- Proximidade com pontos contaminados, a exemplo: fossas, postos de combustíveis, lixões;

- Não desinfecção dos poços após construção;
- Não cimentação de o espaço anelar entre o furo e o poço, que facilita a entrada das águas subterrâneas.

De acordo com a Resolução nº 15 CNHR de 2001, os poços desativados devem ser devidamente lacrados, a fim de se evitar tornarem fontes de contaminação.

A presença de coliformes nas águas subterrâneas está associada a poços mal construídos, sem laje de proteção e tubo de boca, sem perímetro de proteção e sob influência de rios poluídos, localizados inadequadamente ou mal protegidos (CETESB, 2004a).

A inadequação do filtro e pré-filtro à formação geológica normalmente reflete em problemas de cor e turbidez da água subterrânea.

- **Saneamento**

O impacto do lançamento de esgotos sobre a qualidade das águas subterrâneas pode ser detectado por meio de elevadas concentrações de nitrato e do surgimento de bactérias patogênicas e vírus. Normalmente, a qualidade microbiológica é analisada por meio de coliformes totais e fecais e estreptococos. Os coliformes totais são utilizados apenas como indícios de contaminação. Atualmente, a espécie *Escherichia coli* é considerada o melhor indicador de contaminação fecal, visto que algumas espécies de bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes fecais podem ser encontradas em outras fontes que não fezes.

A Portaria nº 518, do Ministério da Saúde, considera que em poços, fontes e nascentes, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e/ou coliformes termotolerantes, desde que seja investigada a origem da ocorrência e tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

- **Resíduos Sólidos**

Sob o aspecto ambiental e de preservação das águas subterrâneas, o ponto mais importante é a questão do chorume produzido a partir do lixo. A decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos produz gases e chorume.

Os gases gerados são o sulfídrico, metano e mercaptano, estes possuem odor desagradável, sendo o metano inflamável com risco de provocar explosões. O chorume é um líquido negro formado por compostos orgânicos e inorgânicos, apresenta altas concentrações

de matéria orgânica e metais pesados. A infiltração do chorume contamina o solo e pode atingir a água subterrânea.

A escolha do local de disposição dos resíduos sólidos é muito importante, pois a permeabilidade favorece a migração de contaminantes em subsuperfície.

- **Agricultura**

O aumento da produtividade da agropecuária fez com que, de 1992 a 2002, a quantidade de fertilizantes utilizados em terras brasileiras tenha crescido duas vezes e meia. Em 2002, para 53,5 milhões de hectares plantados, o Brasil utilizou 7,6 milhões de toneladas de fertilizantes. No mesmo ano, apenas Paraná e Rio Grande do Sul consumiram 2,1 milhões de toneladas (IBGE, 2004). Os três principais nutrientes exigidos pelas culturas são: o nitrogênio (N_2), o Oxido de Potássio (K_2O) e anidrido fosfórico (P_2O_5).

Entre estes elementos, o nitrogênio é aquele que apresenta maior impacto sobre a água subterrânea, ocorrendo principalmente na forma de nitrato. Este composto apresenta alta mobilidade na água subterrânea, podendo contaminar extensas áreas.

- **Indústrias**

Os contaminantes produzidos pelas indústrias atingem os solos e rios, e, posteriormente, dependendo das condições de vulnerabilidade do aquífero (tipo de solo, profundidade do nível de água, entre outros), podem atingir as águas subterrâneas.

- **Mineração**

Uma das poucas áreas no país em que o impacto da mineração sobre os recursos hídricos subterrâneos é bem conhecido e corresponde à região de exploração de carvão, ficam localizadas nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A infiltração da água de chuva sobre os rejeitos gerados nas atividades de lavra e beneficiamento alcança os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos. Essas águas adquirem baixos valores de pH (menores que 3), altos valores de ferro total, sulfato total e outros elementos tóxicos que impedem a sua utilização para qualquer uso e destroem a flora e a fauna aquática (ALEXANDRE; KREBS, 1995 apud CPRM, 2002).

Três bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina são consideradas impactadas pela atividade mineradora de carvão: Rio Araranguá, Rio Tubarão e Rio Urussanga. O volume

total de rejeito e estéril depositados nestas bacias perfaz mais de 370 milhões de m³ (JICA, 1997 apud CPRM, 2002).

- **Cemitérios**

Martins et. al., (1991) informa que a implantação de cemitérios sem levar em consideração os critérios geológicos (características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológicos (nível do lençol freático), constitui mais uma das causas de deterioração da qualidade das águas subterrâneas, pois substâncias provenientes da decomposição de cadáveres podem ter acesso às mesmas, representando um risco do ponto de vista sanitário e higiênico.

Segundo Pacheco (2000), a contaminação de águas subterrâneas por cemitérios está relacionada à alteração da qualidade química da água e a presença de microrganismos existentes nos corpos em decomposição e o necrochorume liberado no período coliquativo. Este período corresponde à dissolução pútrida das partes moles dos cadáveres, pela ação conjunta da fauna necrófaga.

De acordo com o que está previsto na Resolução CONAMA n° 335, de 28 de maio de 2003 e suas alterações (Resolução CONAMA n°368/06 e Resolução CONAMA n° 402/08), os cemitérios são vistos como fontes de contaminação ambiental e sua implantação está sujeita a licenciamento ambiental.

3.2.4. Proteção e Leis que Regulamenta as Águas Subterrâneas

A Resolução CONAMA n° 396, de 03 de abril de 2008, no Art. n° 1 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

Cajazeiras (2007) considera dois pontos importantes para o entendimento do processo de proteção da qualidade das águas subterrâneas: proteção das águas e impacto ambiental.

No art. 2° do Decreto n° 97.632 de 10/04/1989, degradação é representada por todos os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como: a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Conforme o art. 1º da Resolução CONAMA nº 01 de 23/01/1986, o impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Na Resolução nº 91/2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) trata dos procedimentos gerais para o enquadramento das águas superficiais e subterrâneas, norma esta, inovadora na gestão integrada de recursos hídricos.

A referida resolução no Art. 2º trata do enquadramento dos corpos de água que se dá por meio do estabelecimento de classes de qualidade conforme disposto nas Resoluções CONAMA nº 357, de 2005 e 396, de 2008, tendo como referências básicas:

- I - A bacia hidrográfica como unidade de gestão; e
- II - Os usos preponderantes mais restritivos.

3.3. Parâmetros que avaliam a qualidade das águas.

Os padrões de qualidade da água possuem a finalidade de assegurar a saúde humana e o meio ambiente, disciplinando sua utilização (PINTO, 2011).

No Brasil, o órgão responsável pela normatização e padronização da água de abastecimento humano é o Ministério da Saúde, que, por meio da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), estabelece o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é quem determina os padrões de qualidade das águas naturais superficiais, por meio da Resolução nº 357 (BRASIL, 2005), que é alterada e complementada Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011, e as águas subterrâneas, pela Resolução nº 368 (BRASIL, 2008).

3.3.1. Parâmetros Físicos

Turbidez

A turbidez da água é dada pela presença de partículas em suspensão (silte, areia, bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos, entre outros) que podem ou não ser coloridas

(BRANCO, 1972). Este parâmetro representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água, conferindo uma aparência turva (VON SPERLING, 1996).

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

A determinação da condutividade elétrica permite estimar de modo rápido a quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD) presente na água. Para valores elevados de STD, aumenta a solubilidade dos precipitados de alumínio e de ferro, o que influi na cinética de coagulação. Também são afetadas a formação e precipitação do carbonato de cálcio, favorecendo a corrosão (HELLER & PÁDUA, 2010).

O parâmetro condutividade elétrica pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos ou agricultura (AMBIENTE, 2005).

3.3.2. Parâmetros Químicos

PH

Segundo Sawyer et, al. 1994 o termo pH (potencial hidrogeniônico) é definido como uma expressão usada para identificar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio.

Um valor de pH igual a 7 significa que a solução é neutra; pH maior que 7 indica condições básicas e abaixo de 7 condições ácidas. A determinação do pH é feita através do método eletrométrico, utilizando-se para isso um peagâmetro digital (ESTEVES, 1988).

Alcalinidade

Alcalinidade da água é a medida da sua capacidade de neutralizar ácidos ou absorver íons hidrogênio sem mudança significativa do pH (MORGADO, 1999). A alcalinidade influi na coagulação química quando se utiliza como agente coagulante o sulfato de alumínio, visto que, este é doador de prótons em solução. Se a alcalinidade for baixa, a coagulação pode

exigir a adição de alcalinizante para o ajuste do pH, mas se a alcalinidade e o pH forem altos, provavelmente haverá problemas nesse tipo de coagulação (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Em teores elevados, a alcalinidade pode proporcionar sabor desagradável à água.

Fluoreto

O flúor, em baixos teores, até 1,5mg/L é benéfico a saúde na prevenção de cáries dentárias de crianças em fase de crescimento. Acima deste teor já é prejudicial, causando mancha nos dentes e deformação dos ossos. (FEITOSA, 2000)

Em razão disso e outros fatores, é que o seu controle se faz necessário na estação de tratamento de água.

Existem vários métodos para determinação de flúor na água. Os três mais conhecidos são: Método Spadns, Scott-Sanchis e Método do eletrodo específico para íons fluoretos.

Dureza

A dureza pode ser considerada como um atributo conferido à água pela presença de sais alcalino-terrosos, como o cálcio e o magnésio (AZEVEDO NETTO et al., 1987).

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio e pode ser classificada de duas maneiras: pelos íons metálicos e pelos ânions associados com os íons metálicos (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à ação dos sabões e provoca incrustações. É denominada de temporária, uma vez que os bicarbonatos, pela ação do calor, decompõem-se em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam.

A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água. Não se decompõe pela ação do calor.

Teores elevados de dureza podem causar sabor desagradável e efeito laxativo, além da redução da formação de espumas do sabão e formação de incrustações nas tubulações. (MOTA, 1997).

Cálcio

O teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 mg/L a 100 mg/L. O cálcio ocorre principalmente nos minerais calcita, dolomita e aragonita, em rochas calcárias, sendo o plagioclásio e a apatita as maiores fontes de cálcio nas rochas ígneas para a água subterrânea (FEITOSA, 1997).

Magnésio

Os minerais mais comuns fornecedores de magnésio para as águas subterrâneas são: magnesita, biotita, granada, olivína, anfibólios e piroxênios (FEITOSA, 2000). Estes minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso, seu teor nas águas subterrâneas é significativamente menor do que aquele. Em região de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é um importante fornecedor de magnésio. Nas águas subterrâneas ocorre com teores entre 1 mg/L e 40 mg/L. O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas. (FEITOSA, 2000)

Sódio

O íon sódio (Na^+) é um dos metais alcalinos mais importantes e abundantes nas águas subterrâneas. Possui ampla distribuição nas fontes minerais, baixa estabilidade química dos minerais que o contêm, solubilidade elevada e difícil precipitação quando em solução.

Esse composto é um dos maiores constituintes das rochas ígneas (28.000 mg/Kg), ocorre em plagioclásio, principalmente albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) e é liberado durante o intemperismo destes silicatos (MATTHESS, 1982).

A concentração de sódio nas águas subterrâneas pode variar com a profundidade do poço e alcançar maiores concentrações do que nas águas superficiais. A remoção do sódio é onerosa e não é comum nos processos convencionais de tratamento de água para abastecimento.

A Portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011) e a resolução do CONAMA 396/2008 (CONAMA, 2008) estabelecem como limite para o consumo humano o valor máximo de 200 mg.L^{-1} de sódio. Nas águas subterrâneas, o teor de sódio varia entre 0,1 e 100 mg.L^{-1} , sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga (ANA, 2002).

Potássio

O íon potássio (K^+) é um elemento abundante na crosta terrestre. Entretanto, é pouco observado nas águas subterrâneas devido a sua intensa atividade em processos de troca iônica, além de ser facilmente adsorvidos pelos minerais de argila, é bastante utilizado pelos vegetais (Feitosa et al., 2008). Esse íon corresponde a sais de solubilidade muito elevadas e difíceis de precipitar.

Segundo Feitosa et al. (2008), os teores de potássio nas águas subterrâneas são inferiores a 10 mg.L^{-1} , sendo mais frequentes entre 1 e 5 mg.L^{-1} .

Amônia

Segundo Silva (2004), a fonte de amônia pode ser o processo biogeoquímico, tendo início na decomposição das células fitoplanctônicas que liberam para a coluna d'água os micronutrientes que compõem seus protoplasmas (nitrato) e podem ser convertidos em amônia por meio de reações químicas. O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e as duas últimas, oxidadas.

O íon amônio (NH_4^+) é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável. Para este íon, não há necessidade de redução no interior da célula, como ocorre com o nitrato (outra forma de nitrogênio encontrada na água). O nitrato é a maior fonte de nitrogênio para os vegetais aquáticos (plantas superiores e algas microscópicas).

Nitrato

Os nitratos (NO_3) são solúveis em água. Nos corpos d'água está geralmente presente em concentrações moderadas, como agente natural do processo de nitrificação. As principais fontes de poluição por nitratos são os adubos incorporados ao solo para finalidades agrícolas e efluentes de estação de tratamento de esgoto (IAP, 2005).

Nitrito

O nitrito aparece em uma fase intermediária natural na oxidação da amônia. Por via de regras o nitrito formado é imediatamente oxidado para a forma de nitrato. Em casos de aumentos drásticos da amônia ionizada, ou valores elevados de pH e temperatura, a

nitrificação pode ocorrer em velocidade muito alta, causando acúmulo de nitrato, tóxico para peixes (IAP, 2005).

Cloreto

A presença de cloretos numa concentração mais elevada que a encontrada nas águas naturais de uma região é indicação de poluição. Um excesso de cloretos é usualmente um sinal de perigo. Como os cloretos solúveis não são comumente afetados pelos processos biológicos, são reduzidos em concentrações principalmente por diluição (BABBITT, 1973).

O aumento do teor de cloretos na água indica a presença de esgotos, por causa da excreção do cloreto na urina, ou por despejos industriais, acelerando os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água (PHILIPPI, et. al., 2004).

Sulfato

O Sulfato é o ânion dos mais abundantes íons na natureza. Surge nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas. O enxofre pode ser encontrado na natureza em quatro estados de oxidação que se transformam entre si.

Água com alta concentração de sulfatos possui odor fétido, palatabilidade ruim e ação laxativa conferida pelos sulfatos de Mg e Na. Os sulfatos têm 250 mg/L como concentração máxima descrita para a água de bebida das aves. Também podem interferir na absorção intestinal de minerais como o cobre. Os íons sulfato SO_4^{2-} são encontrados na água devido à lixiviação das rochas sedimentares incluindo o xisto. A maior contribuição são os depósitos de Sulfato como gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e anidrita (CaSO_4), e, além disso, a oxidação de matéria orgânica e os despejos industriais.

Manganês

O comportamento do manganês nas águas é muito semelhante ao do ferro em seus aspectos os mais diversos, sendo que a sua ocorrência é mais rara. O manganês desenvolve coloração negra na água, podendo-se se apresentar nos estados de oxidação Mn^{+2} (forma mais solúvel) e Mn^{+4} (forma menos solúvel). (FEITOSA, 2000)

A concentração de manganês menor que 0,05 mg/L geralmente é aceitável em mananciais, devido ao fato de não ocorrerem, nesta faixa de concentração, manifestações de

manchas negras ou depósitos de seu óxido nos sistemas de abastecimento de água. (FEITOSA, 2000).

Ferro Total

O ferro aparece, principalmente, em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação: $\text{Fe} + \text{CO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{FeCO}_3$.

O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente é encontrado em águas de poços, contendo elevados níveis de concentração de ferro.

O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários.

O ferro é determinado em água através de método espectrofotométrico, através de reação de complexação com a ortofenantrolina, que reage com o ferro ferroso produzindo um complexo avermelhado, obedecendo a Lei de Beer-Lambert, podendo-se fazer calibração em espectrofotômetro com leituras a 530 nm.

Quando se deseja determinar a concentração de ferro total ou de ferro trivalente, há a necessidade de se proceder à redução do Fe^{+3} a Fe^{+2} , antes da determinação espectrofotométrica propriamente dita. Esta redução é feita adicionando-se hidroxilamina em meio ácido ($\text{NH}_2\text{OH.HCl}$) à amostra, sob aquecimento em chapa, controlando-se a reação pela quantidade de amostra evaporada.

Alumínio

O alumínio é abundante nas rochas e minerais, sendo considerado elemento de constituição. Nas águas naturais doces e marinhas, entretanto, não se encontra concentrações elevadas de alumínio, sendo esse fato decorrente da sua baixa solubilidade, precipitando-se ou sendo absorvido como hidróxido ou carbonato. Nas águas de abastecimento e residuárias, aparece como resultado do processo de coagulação em que se emprega sulfato de alumínio.

A determinação do alumínio pode ser feita através dos métodos de Absorção Atômica, Eriocromo Cianina – R, utilizando um fotômetro de filtro ou espectrofotômetro e também pelo método de Comparação Visual, utilizando-se tubos de Nessler.

Sólidos Dissolvidos Totais

Sólidos Dissolvidos Totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem da amostra a uma temperatura entre 103° e 105°C, durante um tempo fixado (SILVA, 1997). É um parâmetro de determinação da qualidade da água, pois avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A Área de estudo mostrada na Figura 3 fica localizada na Sub-bacia do Salgado que corresponde a uma área total de 13.275 Km², onde está inserido o reservatório de água subterrânea do município de Juazeiro do Norte, situado na região do Cariri, porção sudoeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Cariri, Missão Velha, Barbalha e Crato. Compreendendo uma área de 248,832 km², de altitude de 377,33 m, latitude 7° 12' 47' e longitude 39° 18' 55'.



Figura 3 – Mapa da Localização de Juazeiro do Norte no Estado do Ceará
Fonte: Geopark Araripe

Juazeiro do Norte é o maior município da região do Cariri e é o segundo maior do interior do Ceará. De acordo com dados do IBGE Cidades (2014), sua população estimada é de 263.704 habitantes. Onde também se concentra a maior renda da região Caririense, e, portanto, ocupando a terceira posição entre os municípios do estado do Ceará em desenvolvimento econômico.

O abastecimento de água para a população ocorre através da distribuição de água subterrânea coletada de poços tubulares e tratada em ETAs (Estações de tratamento de água) pela CAGECE desde 1971. A companhia desenvolve um trabalho de coleta, tratamento, distribuição e controle da qualidade de água que chega a pouco mais de 90 % da população (CAGECE, 2015).

Aspectos Geoambientais Locais

- O SOLO

No município de Juazeiro do Norte pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas sedimentares e depósitos aluvionares.

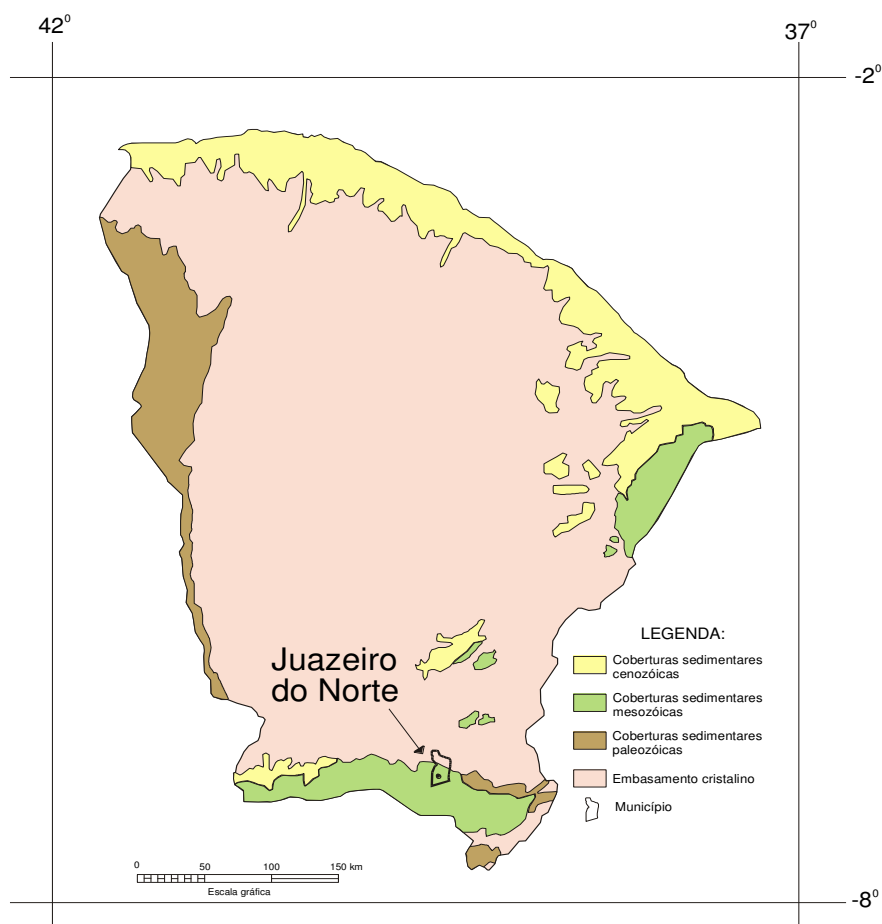


Figura 4 – Localização do município de Juazeiro do Norte em relação aos domínios sedimentares e cristalino do estado do Ceará.

Fonte: CPRM

As rochas sedimentares são as mais importantes como aquífero. Caracterizam-se por possuir uma porosidade primária, e, nos termos arenosos, uma elevada permeabilidade, traduzindo-se em unidades geológicas com excelentes condições de armazenamento e fornecimento d'água (CPRM ,2015).

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semiáridas com predomínio de rochas cristalinas (CPRM, 2015).

- O CLIMA

O clima da área em estudo é o semiárido quente, com temperatura anual média de 24°C, máxima de 35°C e mínima de 19°C registradas pela FUNCEME. (FUNCEME, 2015). A Precipitação no município é em torno de 1.035 milímetros anuais, sendo que os meses que ocorrem o maior número de chuvas estão entre janeiro e abril.

- VEGETAÇÃO

Segundo Figueiredo (1997) a vegetação é constituída dos seguintes tipos de florestas: Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida), Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca), Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea) e Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerrado).

- HIDROGRAFIA

O relevo e a hidrografia encontram-se compreendidos em uma bacia de origem tectônica, preenchida por sedimentos da idade mesozoica. A hidrografia está sobre o domínio da Sub-bacia hidrográfica do Salgado. A região é rica em mananciais subterrâneos, os quais abastecem a população e a agricultura, bem como a criação de animais. (COGERH, 2015)



Figura 5 – Mapa das Bacias Hidrográficas do Ceará, em destaque a Sub Bacia do Salgado

Fonte: COGERH

Segundo a COGERH 2009, a sub-bacia do Salgado constitui-se como a maior bacia hidrogeológica mapeada do estado do Ceará, com os melhores sistemas de aquíferos, mais profundos poços tubulares (até 750 m) e detentor de maior vazão (até 300 m²).

4.1. Caracterização da Área de Estudo

Os aquíferos presentes na Região enriquecem-na de água em quantidade e qualidade isso devido à boa formação de rochas que tem facilidade e alto poder de infiltração de água o que faz com que armazenem grandes quantidades em seu subsolo.

Tendo em vista o tamanho considerável da área de estudo, para a caracterização da qualidade de água bruta do município através de análises dos parâmetros físico - químico estudados, delimitou-se um número de poços os quais são monitorados pela CAGECE. As figuras 6 e 7 mostram os 33 poços a serem estudados.

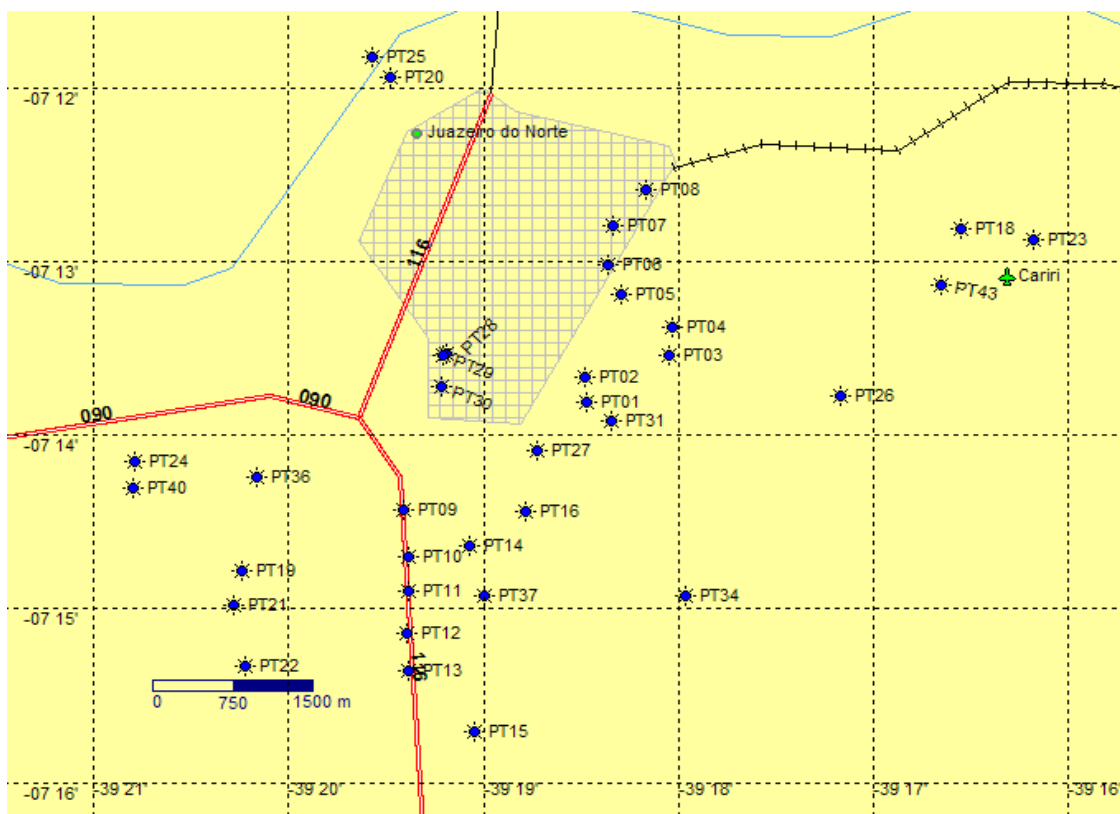


Figura 6 – Mapa de localização dos poços em formato de coordenadas cartesianas.

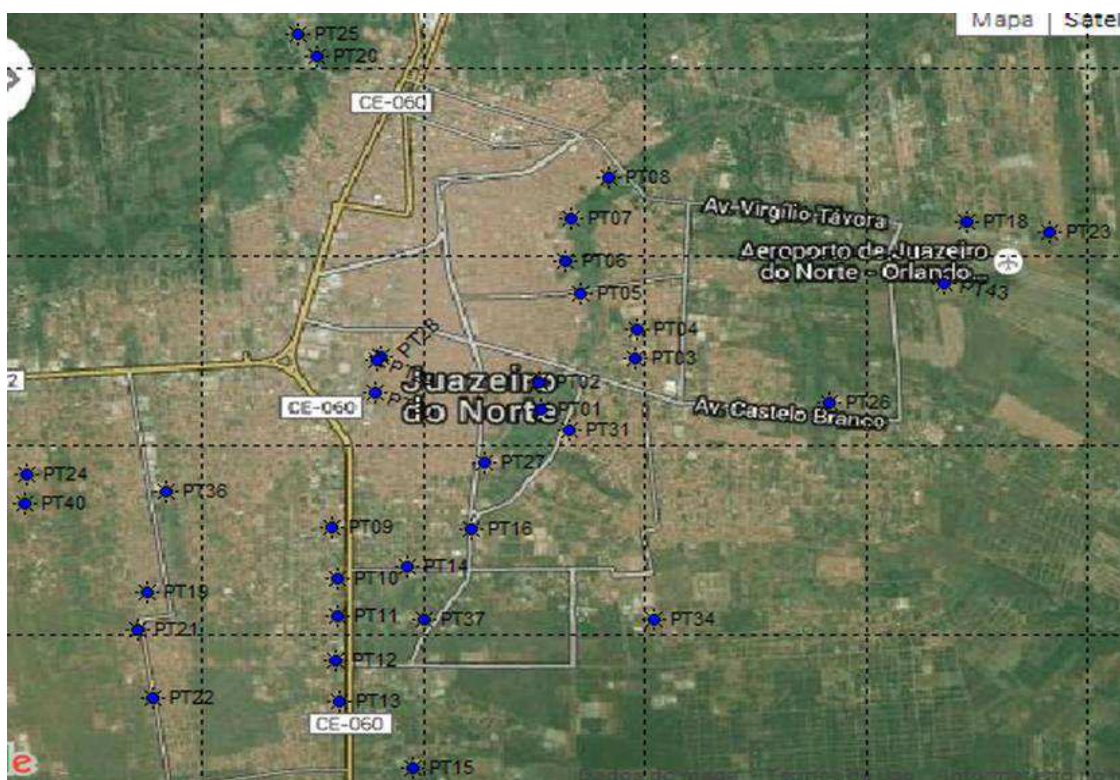


Figura 7 – Mapa de localização dos poços no formato Google mapa

Cada poço, segundo informações da CAGECE, apresentam uma ficha técnica com dados de construção, perfuração, revestimento e dados geológicos.

Em todos os poços estudados, a Companhia faz coletas para realização de exames físico-químico, bem como o bacteriológico, obedecendo as quantidades de amostras exigidas conforme a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde. A cada semestre a empresa faz análises completas, ou seja, de todos os parâmetros exigidos pela Portaria 2914/11 MS para água de consumo humano. Para esta pesquisa, os dados dos períodos que foram fornecidos os resultados, estão especificados de acordo com a Tabela 3:

Tabela 2 – Período de Realização das coletas das amostras

ANOS	MESES	DIAS
2013	MAIO	07 / 14/ 21/ 28
	NOVEMBRO	05/ 12/ 19/ 26
2014	MAIO	06/ 13/ 20/ 27
	NOVEMBRO	04/ 11/ 18/ 25

4.2. Coleta e Processamento dos dados

Segundo informações da CAGECE, as coletas das amostras são realizadas por coletadores próprios do quadro terceirizados da Empresa, sendo armazenadas em bolsas térmicas e em seguidas direcionadas ao laboratório próprio da CAGECE, em Juazeiro do Norte. Onde ocorre a realização das análises e, logo em seguida, os valores são registrados em um programa de informação próprio da Empresa.

As análises foram realizadas de acordo com o tempo máximo permitido para armazenamento das amostras coletadas. Os parâmetros físico-químicos foram analisados em sequências por ordem de prioridade, conforme o prazo para armazenamento. As análises instrumentais: pH, turbidez, cor, condutividade elétrica e STD, foram analisadas assim que as amostras chegaram ao laboratório. Em seguida, as espectrofotométricas: nitrato, nitrito, amônia e alcalinidade foram realizadas com prazo máximo de 24 horas, e depois as demais com prazo de armazenamento maior.

A marcha analítica foi realizada conforme o STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, cuja metodologia encontra-se apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Metodologia de realização dos Parâmetros físico-químico e Químico

PARÂMETRO	METODOLOGIA
TURBIDEZ	Nefelometria
pH	Potenciometria
ALCALINIDADE BICARBONATOS	Titrimetria ácido-base
DUREZA TOTAL	Titrimetriacomplexometria com EDTA
CÁLCIO	Titrimetriacomplexometria com EDTA
MAGNÉSIO	Medida indireta
CONDUTIVIDADE	Condutimetria
CLORETO	TitrimetriaArgentometria
SULFATO	Espectrofotometria
NITRATO	Espectrofotometria Coluna redutora CdCu
NITRITO	Espectrofotometria Diazotização
AMÔNIA	Espectrofotometria Nesslerização
ALUMÍNIO	Espectrofotometria Eriocromo Cianina
FLUORETO	Espectrofotometria SPADNS
MANGANÊS	Espectrofotometria Persulfato
FERRO TOTAL	Espectrofotometria Ortofenantrolina
SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	Condutimetria
SÓDIO	Fotometria
POTÁSSIO	Fotometria

Os dados para a realização desta pesquisa, conforme mencionado anteriormente, foram fornecidos pela CAGECE, através de registros dos quatro períodos monitorados, mostrados na tabela 3.

Ao todo foram utilizados dados de 124 amostras distribuídas, entre os quatro semestres: primeiro semestre de 2013 (27 amostras); segundo semestre de 2013 (31 amostras), primeiro e segundo semestre de 2014 (33 amostras), sendo os resultados organizados em tabelas referentes aos quatro períodos: maio/2013, novembro/2013, maio/2014 e novembro/2014.

Após a conclusão dos dados das Tabelas, a pesquisa teve sua caracterização voltada para classificar a qualidade das águas dos poços, de forma hidrogeoquímica, por meio dos resultados apresentados por ânions e cátions. Utilizou-se o Software *Qualigraf* (FUNCEME, 2015) onde através do Diagrama de Piper, mostrado na figura 12 abaixo, classificou as águas de acordo com a quantidade de íons apresentados.

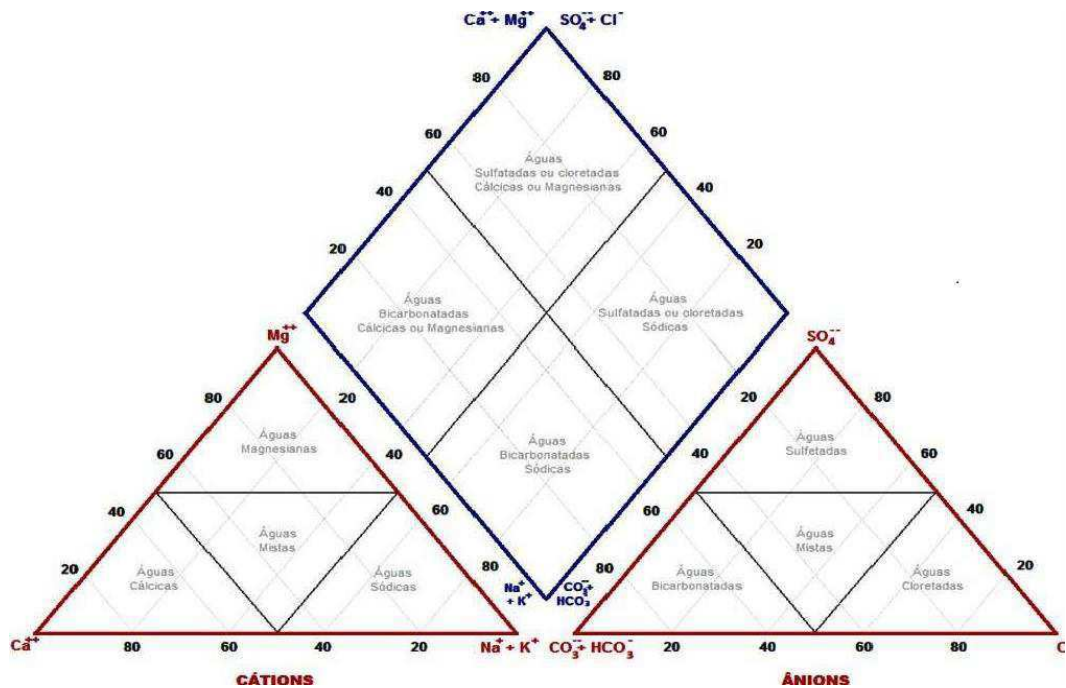


Figura 8 – Diagrama de Piper
 Fonte: FUNCEME

Para verificação da variabilidade temporal, os resultados dos parâmetros referentes aos 33 poços estudados, foram comparados através de análises de variância, utilizando o teste de Tukey com nível de significância de 5%. Enquanto que, para a verificação da variabilidade espacial, os resultados dos 33 poços, referentes aos quatro períodos, foram comparados segundo teste de Dunn (análise não paramétrica de variância) com 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da avaliação da qualidade da água subterrânea realizada neste trabalho tomaram como base os valores dos parâmetros físico-químicos descritos nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, que correspondem aos períodos de observações maio/2013, novembro/2013, maio/2014 e novembro/2014, respectivamente, nos poços tubulares operados e monitorados pela CAGECE.

Para os poços tubulares considerados nesse estudo para o período de maio/2013 (Tabela 5), não foram apresentados valores de nitrato nos poços PT09, PT10, PT15, PT19, PT21, PT22, PT27, PT28, PT34, PT36, PT40 e PT43; nem de valores STD para o poço PT10. Além disso, não existem valores de manganês em todos os poços referidos nesse período.

Em novembro/2013 (tabela 6), apenas o PT 16 não apresentou resultados para os parâmetros flúor, dureza, cálcio e magnésio.

No período maio/2014 (Tabela 7) os poços: PT09, PT10, PT15, PT18, PT19, PT21, PT22, PT23, PT24, PT26, PT28 e PT36 não apresentaram resultados para Nitrato e Nitrito. Não há valores de STD para os poços PT23, PT24, PT26, PT28, PT30, PT34, PT40 e PT43. Com relação a alcalinidade bicarbonatos, os poços PT16, PT23, PT26, PT28 e PT36 não apresentaram resultados. No PT 16 não existem resultados de Dureza, Cálcio, Magnésio e Cloreto, assim como PT 03 não apresentou resultado para Amônia.

De acordo com a Tabela 8 (novembro/2014), assim como ocorreu no período maio/2013, não existiram resultados para o Manganês. Ainda neste mesmo período, para os poços PT09 e PT36, não se dispõe de dados de STD., nem de Sódio e Potássio para o PT27.

Os resultados da classificação hidroquímica referente aos quatro períodos, foram obtidos através do QUALIGRAF e estão apresentados nas Figuras 12, 13, 14 e 15, através do Diagrama de Piper. O diagrama permite classificar as águas quanto ao ânion e ao cátion predominante (sem considerar sua concentração absoluta).

Observando os diagramas, nota-se a ausência de classificação para alguns poços em determinados períodos. Isso ocorreu pelo fato destes poços não apresentarem no mínimo quatro valores dos parâmetros usados para esta classificação.

Tabela 4 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Maio de 2013.

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	CE (µs/cm)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Mn ²⁺ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al ³⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
PT 15	9,49	6,38	63,73	0,01	61,5	1,6	7,38	-	138,54	0,001	10,76	36	0	-	0,95	0,01	76,2	4	4
PT 13	0,99	6,52	139,41	0,04	69,19	13,84	8,3	2,99	171,73	0,003	11,74	1	0,04	-	0,12	0	94,45	6	4
PT 22	0,26	6	25,89	0	34,6	1	3,69	-	95,65	0,001	19,61	38	0	-	0,02	0	52,61	3,5	6
PT 12	2,53	6,95	105,53	0,07	130,7	35,36	10,15	2,23	282,3	0,01	11,74	7	0,02	-	0,1	0	155,27	5,5	4
PT 21	0,22	5,9	13,94	0,11	23,06	1,5	1,38	-	76,28	0	10,76	37	0	-	0	0,01	41,95	3,5	6
PT 37	0,25	6,24	37,84	0,01	46,13	7,69	6,46	1,94	115,62	0,001	11,74	3	0,02	-	0	0,01	63,59	8	2,5
PT 34	0,78	6,61	51,78	0,01	74,96	2,2	7,84	-	129,13	0,001	8,79	36	0	-	0,25	0,01	71,02	0	0
PT 11	0,31	6,47	47,8	0	61,5	12,3	7,38	1,69	132,39	0,001	12,73	2	0,07	-	0,05	0,01	72,81	3	4
PT 19	0,27	6,02	25,89	0	46,13	1,1	6	-	89,71	0,001	16,66	38	0,12	-	0,02	0	49,34	3,5	6
PT 10	0,42	6,41	35,85	0,02	42,28	1,2	4,61	-	145,51	0,001	14,69	37	0,18	-	0,03	0,01	-	5,5	5
PT 14	0,35	6,77	89,62	0,04	99,94	22,3	10,61	2,74	250,5	0,001	15,68	8	0,03	-	0	0	137,78	8	2,5
PT 16	52,1	6,45	63,73	0,11	71,11	14,61	8,3	1,68	169,94	1,68	12,73	14	0,62	-	7,11	0,03	93,47	8	2,5
PT 09	0,41	6,41	55,76	0,06	59,58	1,6	6,92	-	150,74	0	16,66	35	0	-	0	0,01	82,91	6	6,5
PT 40	0,65	6,47	41,82	0,06	90,33	26,14	6,46	-	283,1	0,016	54,01	52	0	-	0	0	155,7	13	15
PT 36	0,26	5,65	19,92	0,08	42,28	14,61	6	-	180,54	0	31,4	38	0	-	0,02	0	99,3	13,5	16,5
PT 27	0,23	6,27	41,82	0,27	105,71	3	11,53	-	281,1	0,001	30,42	37	0	-	0	0	154,61	0	0
PT 31	0,26	5,81	27,88	0,05	26,91	5,38	3,23	3,59	143,7	0,001	21,57	4	0,12	-	0	0,01	79,04	20	4,5
PT 01	0,26	6,66	69,71	0,04	157,6	34,6	17,07	21,66	448,4	0,002	49,09	8	0,14	-	0	0	246,62	14,5	5
PT 30	0,28	6	67,71	0	53,82	6,92	8,76	5,66	173,09	0,001	26,49	0	0,01	-	0	0,01	95,2	0	0
PT 02	0,28	6,61	67,71	0,17	159,53	36,9	16,14	20,98	457,6	0,001	49,09	6	0,06	-	0	0	251,78	14,5	4,5
PT 29	4,43	6	29,87	0	42,28	6,15	6,46	3,27	129,68	0,006	17,64	3	0,13	-	0,56	0,01	71,32	7,5	2,5
PT 03	0,31	6,66	101,57	0,13	157,6	34,6	17,07	14,68	426,6	0,001	43,2	6	0,13	-	0,01	0,01	234,63	14,5	5
PT 28	1,39	5,52	19,92	0	48,05	9,23	6	-	136,13	0,001	22,56	34	0	-	0,06	0,01	74,87	10	13,5
PT 04	0,48	6,69	97,59	0,09	153,75	33,06	17,07	16,41	430,3	0,005	46,14	3	0,09	-	0,01	0	236,67	14,5	5
PT 43	1,39	7,61	135,43	0,19	107,63	23,83	11,53	-	385,1	0,001	22,56	66	0	-	0,07	0	211,81	32	5
PT 06	0,36	6,78	85,64	0,07	130,7	26,14	15,68	14,58	423,7	0,001	44,18	8	0,09	-	0	0,01	233,04	14,5	5
PT 20	0,3	7,15	29,87	0,18	228,72	13,84	46,59	0,4	593,9	0,003	29,44	32	0,2	-	0	0,01	326,65	20	3
MIN	0,22	5,52	13,94	0	23,06	1	1,38	1,68	76,28	0	8,79	0	0	-	0	0	41,95	0	0
MÁX	52,1	7,61	139,41	0,27	228,72	36,9	46,59	21,66	593,9	1,68	54,01	66	0,62	-	7,11	0,03	326,65	32	16,5
MÉDIA	2,94	6,41	59,01	0,07	86,13	14,47	10,32	8,15	238,55	0,06	24,52	21,81	0,08	-	0,35	0,01	133,18	9,37	5,09
D. PAD.	10,01	0,46	34,77	0,07	51,77	12,59	8,48	7,66	143,29	0,32	14,10	18,81	0,13	-	1,37	0,01	79,70	7,33	4,01

Tabela 5 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Novembro de 2013.

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	CE (µs/cm)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Mn ²⁺ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al ³⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
PT 15	0,79	6,69	54,46	0,16	58,82	13,33	6,12	1,66	140,78	0,001	20,65	4	0,15	0,1	0,14	0,01	77,43	14	5
PT 13	0,75	7,05	66,56	0	76,47	17,26	8	3,11	198,95	0,001	10,67	8	0,07	0,07	0,11	0	109,42	7	6
PT 22	0,13	6,41	32,27	0,03	33,33	7,84	3,29	0,79	134,88	0	39,61	4	0,08	0,02	0	0	74,18	16	10
PT 12	1,24	6,75	80,68	0,25	86,28	19,61	8,94	2,89	210	0	11,67	9	0,08	0,05	0,13	0	115,5	7	6
PT 21	0,18	6,18	20,17	0	25,49	5,49	2,82	2,4	98,95	0,01	14,66	2	0,12	0,02	0	0,01	54,42	16	10
PT 37	0,12	6,42	36,31	0	45,1	7,84	6,12	1,99	122,33	0	1,3	5	0	0,1	0	0	67,28	6	4,5
PT 11	0,12	7,01	52,44	0,18	66,67	14,12	7,53	1,94	151,9	0	11,67	6	0,03	0,01	0,02	0	83,55	7	5
PT 19	0,12	6,16	24,2	0	35,29	6,27	4,71	2,12	92,91	0,001	24,64	3	0,08	0,02	0	0,02	51,1	16	10
PT 10	0,23	7	50,43	0,04	49,02	7,06	7,53	1,97	196,96	0,001	23,65	2	0,19	0,02	0	0	108,33	7	5,5
PT 14	0,18	7,04	102,87	0,18	123,53	32,94	9,88	3,28	286,9	0	16,66	12	0,01	0,03	0,03	0	157,8	6	4,5
PT 16	27,7	6,47	151,28	-	-	-	-	0,24	816,9	0,005	41,61	16	0,22	0,2	6,28	0,01	449,3	6	4,5
PT 09	0,14	6,59	48,41	0	58,82	12,55	6,59	1,95	145,19	0	14,66	3	0,09	0,03	0	0,01	79,85	7	8
PT 40	0,15	6,55	30,26	0,06	107,84	25,1	10,82	3,16	302	0	40,91	16	0	0,06	0,02	0	166,1	15	6
PT 36	0,39	5,74	9,08	0,09	47,06	4,71	8,47	8,34	195,14	0,001	30,93	3	0	0,32	0,02	0	107,33	9,5	6
PT 24	0,19	6,28	40,34	0	39,22	7,84	4,71	2,77	105,67	0,001	16,66	1	0,08	0,01	0	0	58,12	6,2	8
PT 27	0,18	6,18	20,17	0	25,49	5,49	2,82	2,4	98,95	0,001	14,66	2	0,12	0,02	0	0,01	54,42	0	0
PT 31	1,47	6,2	26,22	0	49,02	6,27	8	4,26	148,47	0,01	19,65	5	0,06	0,05	0,07	0,01	81,66	30,5	4
PT 01	0,58	6,64	96,82	0,06	139,22	35,29	12,24	10,09	418,3	0,003	46,6	16	0,13	0,03	0,09	0	230,07	10	14
PT 26	0,16	6,17	46,39	0,16	58,82	9,41	8,47	2,82	156,76	0,001	18,66	4	0	0	0	0,02	87,22	4	4
PT 02	0,4	6,67	66,56	0	156,86	35,29	16,47	22,96	439,5	0,001	49,59	9	0,11	0,01	0,01	0	241,73	10	14
PT 29	0,37	6,26	28,24	0	47,06	5,49	8	3,78	137,53	0,002	18,66	5	0,12	0,02	0,02	0	75,64	6	4,5
PT 03	0,37	6,91	104,88	0	162,75	41,57	14,12	14,95	442,6	0,002	43,61	11	0,12	0,03	0,02	0	243,43	10	14
PT 28	0,37	5,67	7,06	0,07	41,18	5,49	6,59	8,92	151,34	0	22,95	1	0	0,06	0	0	83,25	14	5
PT 04	0,3	7,11	88,75	0,06	139,22	29,8	15,53	8,11	306,9	0	25,64	11	0,06	0,03	0	0	168,8	10	14
PT 43	0,34	7,87	66,56	0,33	88,24	24,31	6,59	1,52	360,3	0,001	22,95	35	0	0,02	0,01	0	198,17	5	4
PT 06	0,29	6,79	90,77	0,16	133,33	30,59	13,65	15,38	416,1	0,001	40,61	16	0,01	0,01	0,01	0	228,86	10	14
PT 23	0,1	7,69	141,19	0,21	119,61	27,45	12,24	3,11	340	0,001	12,67	17	0,18	0,04	0	0	188	11,5	5,5
PT 18	0,54	7,98	207,75	0,4	156,86	32,16	18,35	1,02	510,7	0,006	16,66	51	0,18	0,01	0,05	0	281,88	10	11
PT 07	0,16	6,56	86,73	0,24	147,06	31,37	16,47	11,85	397,3	0,006	42,61	7	0,02	0,01	0	0	218,12	10	14
PT 20	0,5	7,05	167,41	0	200	35,29	26,82	0,22	500,08	0,16	27,64	52	0,1	0,01	0,01	0	275,44	6	9
PT 25	0,23	7,58	196,08	0,32	196,08	36,86	24,94	0,2	785,7	0,001	60,57	94	0,09	0,06	0,04	0	433,14	5,5	5,5
MIN	0,1	5,67	7,06	0	25,49	4,71	2,82	0,2	92,91	0	1,3	1	0	0	0	0	51,1	0	0

Continuação da Tabela 5

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO3- (mg/L)	F- (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca2+ (mg/L)	Mg2+ (mg/L)	NO3- (mg/L)	CE (µs/cm)	NO2- (mg/L)	Cl- (mg/L)	SO42- (mg/L)	NH4+ (mg/L)	Mn2+ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al3+ (mg/L)	STD (mg/L)	Na+ (mg/L)	K+ (mg/L)
MAX	27,7	7,98	207,75	0,4	200	41,57	26,82	22,96	816,9	0,16	60,57	94	0,22	0,32	6,28	0,02	449,3	30,5	14
MEDIA	1,267	6,699	72,896	0,098	91,549	19,337	10,369	4,951	294,720	0,007	26,427	14,200	0,078	0,046	0,231	0,003	159,070	9,473	7,683
D. PAD	5,002	0,573	54,184	0,119	55,447	12,901	6,201	5,385	196,471	0,029	14,961	19,892	0,064	0,064	1,143	0,006	105,483	5,521	3,934

Tabela 6 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Maio de 2014.

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	CE (µs/cm)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Mn ²⁺ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al ³⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
PT 15	0,05	6,01	53,61	0,06	60,78	10,2	8,47	-	139,84	-	9,83	11	0,1	0,05	0,19	0,02	76,91	4	5
PT 13	1,12	6,32	55,53	0	68,63	13,33	8,47	3,33	185,75	0,001	12,79	6	0,12	0,05	0,15	0,01	103,16	6	4,5
PT 22	0,35	6,13	26,81	0	80,39	7,06	15,06	-	97,01	-	11,8	11	0,03	0	0,05	0,02	53,36	4	5
PT 12	0,51	6,3	74,68	0	88,24	20,39	8,94	2,45	228,1	0	11,8	6	0,07	0,12	0,05	0	126,46	6	5
PT 21	0,46	5,7	11,46	0	49,02	6,27	8	-	80,13	-	9,83	10	0,07	0,04	0,04	0,02	44,07	4	5
PT 37	0,46	6,27	67,02	0	103,92	22,75	11,29	2,36	293,6	0	24,63	8	0,12	0	0,04	0	162,49	6,5	5
PT 34	0,89	6,5	38,16	0,04	58,25	85,44	1,9	0,34	90,06	0	6,93	1	0,05	0	0,13	0,03	-	5	4
PT 11	0,3	6,38	42,13	0	58,82	11,76	7,06	1,68	147,86	0	11,8	4	0,08	0	0,01	0,02	82,32	4	5
PT 19	0,36	6	13,4	0	43,14	6,27	6,59	-	87,34	-	10,82	11	0,08	0,02	0,04	0,02	48,04	4	5
PT 10	0,96	6,12	148,26	0	64,71	14,9	6,59	-	148,26	-	14,76	8	0	0	0,05	0,02	81,54	5	6
PT 14	0,27	5,9	34,47	0	56,86	7,06	9,41	1,77	123,44	0	13,78	4	0,02	0	0,02	0,02	68,89	6,5	5
PT 16	3,57	6,35	-	1,36	-	-	-	0,4	12844,0	0,001	-	356	0	0,3	0,5	0	7064,2	6,5	5
PT 09	0,25	6,29	49,78	0,01	66,67	11,76	8,94	-	118,19	-	7,86	10	0,06	0,01	0,06	0,02	65	7	6
PT 40	0,64	6,25	66,28	0	122,33	279,62	2,7	2,36	321,3	0	43,69	15	0,04	0,07	0,11	0,02	-	7	11
PT 36	30,4	7,98	-	0	137,26	35,29	11,76	-	63,88	-	69,52	6	0,18	0,51	0,37	0	352,34	10	12
PT 24	0,87	6,35	-	0	90,2	19,61	9,88	-	299,3	-	44,68	19	0,01	0,18	0,05	0,02	-	6	11
PT 27	0,24	6	47,87	0	109,8	23,53	12,24	1,7	314,7	0,001	31,54	9	0,07	0,01	0	0,02	174,08	0	0
PT 31	0,42	5,53	26,81	0	49,02	6,27	8	2,75	159,31	0	21,67	3	0,07	0	0,01	0,02	88,62	14,5	5
PT 01	0,56	6,36	95,74	-	158,82	33,73	17,88	8,6	428,6	0,002	50,29	13	0,11	0	0,02	0	235,73	11	7
PT 26	0,27	6,43	-	0,18	58,82	10,98	7,53	-	175,44	-	18,85	2	0,01	0,02	0,05	0,03	-	4	5
PT 30	0,25	6,17	34,15	0,02	87,38	132,04	2,8	3,1	189,51	0	20,84	1	0,13	0,01	0,03	0,02	-	7	8
PT 02	0,32	6,38	61,27	0	160,79	35,29	17,41	17,88	462,8	0,001	50,29	7	0,16	0	0	0,02	254,54	11	7
PT 29	0,62	5,31	26,81	0	45,1	3,92	8,47	0,82	351,5	0,001	15,75	3	0,15	0,08	0,03	0	194,33	6,5	5
PT 03	0,27	6,56	88,08	0	154,9	36,08	15,53	12,77	447,4	0,002	0	9	-	0,05	0,01	0,01	247,07	11	7
PT 28	0,45	4,4	-	21,8	37,26	3,92	6,59	-	163,35	-	21,83	1	0	0,09	0,07	0,03	-	7	10
PT 04	0,3	6,5	86,17	0	137,26	28,24	16	11,24	443,2	0,002	45,36	11	0,08	0,03	0	0,01	244,76	11	7
PT 43	0,33	7,47	134,58	0,17	114,57	248,55	2,7	1,16	388,1	0	19,85	32	0,08	0	0,02	0,01	-	44	4
PT 06	0,33	6,57	84,25	0	135,3	29,02	15,06	11,98	438,1	0,001	43,38	12	0,15	0	0,01	0,01	241,96	11	7
PT 23	0,38	8,32	-	0,13	133,11	27,45	15,53	-	354,8	-	13,89	14	0,12	0	0,07	0,02	-	23	4
PT 18	0,63	7,28	206,8	0,48	74,51	21,96	4,71	-	543,2	-	15,75	63	0,28	0	0,2	0	65	65	4
PT 07	0,25	6,09	86,17	0	145,1	29,8	16,94	9,3	419,8	0,01	44,37	15	0,35	0	0,01	0,02	231,89	11	7
PT 20	0,62	6,99	189,57	0	231,37	28,24	38,59	0,22	586,1	0	30,55	29	0,18	0	0,03	0	323,96	20	5,5

Continuação da Tabela 6

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	CE (µs/cm)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Mn ²⁺ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al ³⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
PT 25	0,47	7,72	-	0,14	194,12	32,16	27,29	-	850,8	-	62,56	117	0,3	0,13	0,12	0	468,94	114	5
MIN	0,05	4,4	11,46	0	37,26	3,92	1,9	0,22	63,88	0	0	1	0	0	0	0	44,07	0	0
MAX	30,4	8,32	206,8	21,8	231,37	279,62	38,59	17,88	850,8	0,01	69,52	356	0,35	0,51	0,5	0,03	7064,2	114	12
MEDIA	1,46	6,39	71,15	0,76	99,26	40,09	11,20	4,81	280,89	0,00	25,35	25,06	0,10	0,05	0,08	0,01	443,99	14,02	5,97
D. PAD.	5,23	0,75	53,32	3,79	50,77	63,34	7,57	4,64	181,11	0,00	18,06	63,26	0,09	0,10	0,11	0,01	1213,73	21,84	2,37

Tabela 7 – Resultados das Análises físico-química e químicas da água subterrânea de Juazeiro do Norte, período Novembro de 2014.

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	CE (µs/cm)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Mn ²⁺ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al ³⁺ (mg/L)	STD (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)
PT 15	0,83	5,97	46,2	0,77	52,53	8,08	7,76	1,06	135,8	0,003	6,81	6	0,04	-	0,01	0,01	74,69	5	7
PT 13	2,38	6,45	80,34	0,61	121,21	16,16	19,39	2,45	181,6	0	12,7	8	0,11	-	0,85	0	99,88	7	6
PT 22	0,18	5,6	16,07	0,49	64,65	4,85	12,61	0,76	93,7	0	10,73	6	0	-	0	0,01	51,54	16	5
PT 12	0,34	6,35	98,42	0,44	113,13	20,2	15,03	2,27	215,6	0,001	9,75	9	0,04	-	0,12	0	118,58	7	6
PT 21	0,17	5,5	12,05	0,1	48,48	4,04	9,21	2,11	79,7	0	10,73	6	0,04	-	0	0	43,84	17	5
PT 37	0,19	5,87	100,43	0,47	82,83	9,7	14,06	1,5	121,9	0	12,7	5	0,16	-	0,04	0,01	67,04	9	5
PT 34	12	6,24	30,13	0,62	36,36	4,04	6,3	0,08	83,8	0	5,82	3	0,01	-	0,05	0,01	46,09	5	7
PT 11	0,2	6,56	64,28	0,69	74,75	12,12	10,67	1,4	135,4	0	10,73	6	0,31	-	0,05	0	74,47	5	7
PT 19	0,18	6,05	22,09	0,55	44,44	9,7	4,85	2,66	1196	0	12,7	10	0	-	0	0	65,78	16	5
PT 10	0,22	6,34	32,14	0,25	80,81	8,08	14,55	4,15	142,3	0	12,7	5	0,03	-	0,01	0	78,27	7	8
PT 14	0,53	6,58	82,35	0,91	107,07	24,24	11,15	2,16	261,9	0	14,66	12	0,1	-	0,08	0	144,04	9	6
PT 16	14,7	6,12	62,27	0,19	111,11	16,16	16,97	1,19	168,3	0,002	14,66	10	0,23	-	1,76	0	92,57	9	6
PT 09	0,22	6,23	46,2	0,17	50,5	8,89	6,79	1,82	148,7	0	11,72	6	0	-	0	0	-	7	7
PT 40	0,11	5,92	56,24	0,34	107,07	24,24	11,15	2,64	293,1	0,001	42,17	12	0,04	-	0,06	0,01	161,2	11	16
PT 36	0,34	5,3	10,04	0,83	50,5	4,85	9,21	7,96	220,1	0,009	32,35	9	0,19	-	0,04	0,01	-	11	15
PT 24	0,1	5,72	36,15	0,12	109,09	22,63	12,61	2,65	300,3	0,002	42,66	10	0,08	-	0,01	0,02	165,17	14	16
PT 27	0,2	6,48	44,19	0,07	109,09	21,01	13,58	12,97	301	0	30,38	9	0,1	-	0	0	165,55	-	-
PT 31	0,36	6,02	88,38	1,15	74,75	12,93	10,18	0,3	155,5	0	7,79	7	0	-	0,05	0	85,52	28	8
PT 01	0,31	6,28	114,49	0,12	163,64	36,36	17,45	8,15	443,9	0,001	49,04	19	0,06	-	0,07	0	244,14	23	10
PT 26	1,06	6	38,16	0,84	58,59	11,31	7,27	0,52	201,9	0,21	16,14	11	0,67	-	0,04	0,02	111,05	8	7
PT 30	0,09	5,71	28,12	0,58	52,53	8,08	7,76	5,04	187,4	0	22,52	3	0,01	-	0,02	0,03	103,07	12	13
PT 02	0,25	6,33	86,37	0,15	165,66	36,36	17,94	18,05	458,9	0,002	50,03	9	0,1	-	0,06	0,08	252,4	23	10
PT 29	0,4	5,6	58,25	0,8	94,95	8,08	17,94	3,25	143,8	0,001	19,58	2	0	-	0,08	0,01	79,09	9	5
PT 03	0,27	6,73	114,49	0,46	169,7	36,36	18,91	13,75	451,7	0	47,08	10	0,07	-	0,04	0	248,44	23	10
PT 28	0,1	5,03	2,01	0,11	28,28	4,04	4,36	8,84	158,9	0,002	21,54	6	0,03	-	0,01	0,01	87,4	14	17
PT 04	0,26	6,29	102,44	0,66	185,86	32,32	25,21	12,45	436,7	0	42,17	18	0,08	-	0,03	0	240,18	23	10
PT 43	0,15	7,21	118,51	0,33	84,85	16,16	10,67	1,44	341,1	0	17,61	22	0,05	-	0,02	0	187,61	34	6
PT 06	0,27	6,35	106,46	0,24	165,66	27,47	23,27	13,85	550,9	0	41,19	15	0,12	-	0,02	0	248	23	0
PT 23	0,22	7,48	130,56	0,22	131,31	20,2	19,39	3,36	349,4	0	1,89	9	0,15	-	0	0	192,17	28	6
PT 18	0,37	7,41	198,85	0,45	147,47	4,85	32,48	0,78	523,2	0,001	13,68	22	0,16	-	0,01	0,01	287,76	56	5
PT 07	0,28	6,24	110,47	0,75	185,86	31,52	25,7	11,05	434,6	0	42,17	18	0,1	-	0,04	0	239,03	23	10
PT 20	0,34	7,17	220,95	0,44	230,3	8,89	49,94	0,1	538	0	30,38	65	0,24	-	0,05	0	295,9	42	8

Continuação da Tabela 7

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO3- (mg/L)	F- (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca2+ (mg/L)	Mg2+ (mg/L)	NO3- (mg/L)	CE (µs/cm)	NO2- (mg/L)	Cl- (mg/L)	SO42- (mg/L)	NH4+ (mg/L)	Mn2+ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al3+ (mg/L)	STD (mg/L)	Na+ (mg/L)	K+ (mg/L)
PT 25	0,81	7,08	214,92	1,19	197,98	12,93	39,76	0,19	820	0,053	54,94	77	0,36	-	0,12	0,02	451	146	8
MIN	0,09	5,03	2,01	0,07	28,28	4,04	4,36	0,08	79,7	0	1,89	2	0	-	0	0	43,84	5	0
MAX	14,7	7,48	198,85	1,15	185,86	36,36	32,48	18,05	1196	0,21	50,03	22	0,67	-	1,76	0,08	287,76	56	17
MÉDIA	1,20	6,19	68,94	0,47	99,12	16,29	14,01	4,86	287,65	0,01	22,14	9,77	0,10	-	0,12	0,01	139,81	16,07	8,13
D. PAD	3,19	0,58	56,13	0,31	53,44	10,33	9,97	4,97	234,09	0,04	15,56	15,78	0,14	-	0,33	0,02	95,66	25,60	3,81

* Os dados representados nas 04 tabelas pelo (-) indica a ausência resultados para tais parâmetros.

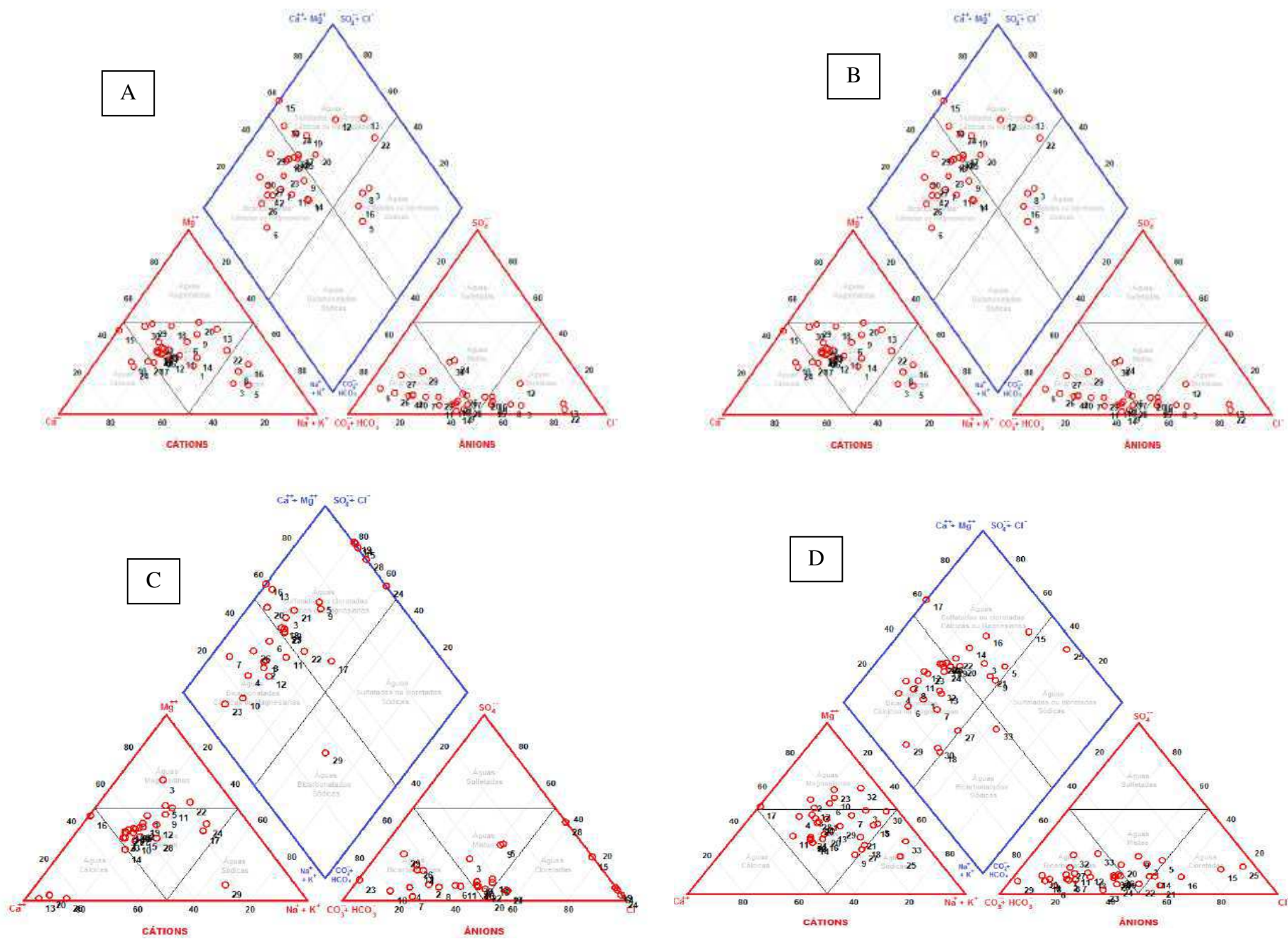


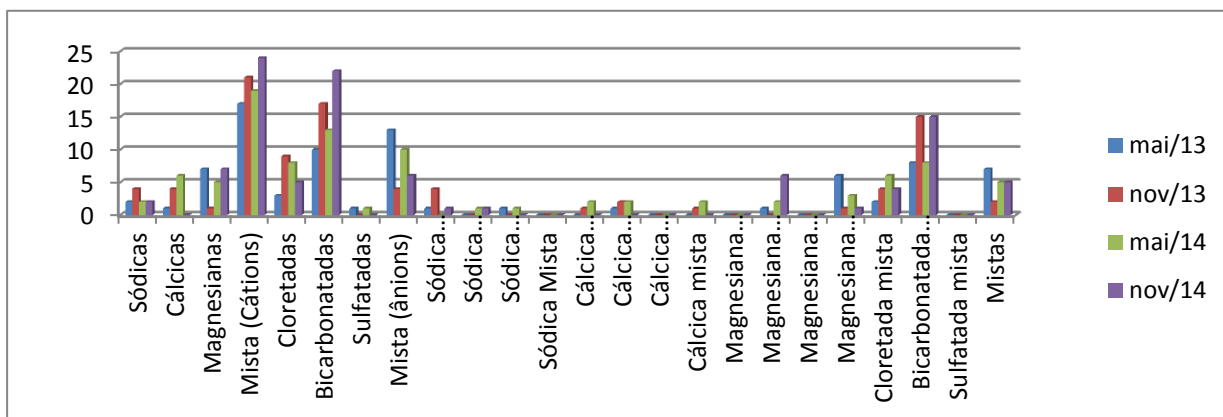
Figura12 - Diagramas de Piper para (A) maio/2013, (B) outubro/2013, (C) maio/2014 e (D) outubro/2014

Os diagramas de Piper (Figura 9) mostram que no período de maio de 2013 os poços PT24, PT26, PT29, PT23, PT18, PT07 e PT25 não receberam classificação hidrogeoquímica. Já para novembro de 2013 foram os poços PT34, PT16, PT30, enquanto que para maio de 2014 foram os poços PT16, PT20 e PT2 que não receberam classificação. A partir da classificação hidrogeoquímica apresentada pela Figura 9 confeccionou-se a Tabela 8 e a Figura 10.

Tabela 8 – Classificação das águas Conforme Diagrama de Piper.

Classes da água	Maio 2013		Novembro 2013		Maio 2014		Novembro 2014	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Sódicas</i>	2	7	4	13	2	6	2	6
<i>Cálcicas</i>	1	4	4	13	6	19	0	0
<i>Magnesianas</i>	7	26	1	3	5	16	7	21
<i>Mista (Cátions)</i>	17	63	21	70	19	59	24	73
<i>Cloretadas</i>	3	11	9	30	8	25	5	15
<i>Bicarbonatadas</i>	10	37	17	57	13	41	22	67
<i>Sulfatadas</i>	1	4	0	0	1	3	0	0
<i>Mista (ânions)</i>	13	48	4	13	10	31	6	18
Sódica Cloretada	1	4	4	13	0	0	1	3
Sódica Bicarbonatada	0	0	0	0	1	3	1	3
Sódica Sulfatada	1	4	0	0	1	3	0	0
Sódica Mista	0	0	0	0	0	0	0	0
Cálcica cloretada	0	0	1	3	2	6	0	0
Cálcica Bicarbonatada	1	4	2	7	2	6	0	0
Cálcica sulfatada	0	0	0	0	0	0	0	0
Cálcica mista	0	0	1	3	2	6	0	0
Magnesiana cloretada	0	0	0	0	0	0	0	0
Magnesiana Bicarbonatada	1	4	0	0	2	6	6	18
Magnesiana sulfatada	0	0	0	0	0	0	0	0
Magnesiana mista	6	22	1	3	3	9	1	3
Cloretada mista	2	7	4	15	6	19	4	12
Bicarbonatada mista	8	30	15	50	8	25	15	45
Sulfatada mista	0	0	0	0	0	0	0	0
Mistas	7	26	2	7	5	16	5	15

Figura 10 – Classes das águas dos poços seguindo o diagrama de Piper.



De acordo com as Figuras 9 e 10 e a Tabela 8 observa-se a predominância de água Bicarbonatada mista em todos os períodos. Porém, nota-se ainda, a presença de 11 tipologias na classificação das águas desta localidade.

No período Maio/2013 apenas uma amostra classificada para cátions e ânions, (cálcica e sulfatada, respectivamente), neste período a maioria das amostras classificaram-se como mistas para os dois tipos de íons. Porém, na classificação geral, (30%) apresentaram-se como bicarbonatadas mistas.

Em novembro/2013, poucas mudanças ocorreram, as amostras de acordo com os ânions, apresentaram sua maioria como bicarbonatadas (57%) e cloretadas (30%). Já de acordo com os cátions, permaneceram mistas (70%), com apenas 1 magnesiana. Na classificação geral metade das amostras se apresentou como bicarbonatadas mistas (50%).

Os resultados para o período Maio/2014, não ocorreram mudanças com relação ao período anterior, tendo em vista que de acordo com os cátions a maioria foi mista (59%) e ânions bicarbonatadas (41%), apenas uma amostra Sulfatada. E em novembro/2014 não houve presença de amostras sulfatadas e cálcicas; permanecendo a maioria mista para os cátions (73%) e bicarbonatadas (67%) para os ânions conforme período anterior. Nos dois períodos a classificação da maior parte das amostras permaneceu como bicarbonatadas mistas com (25% e 45%, respectivamente)

Nos quatro períodos não foram apresentados resultados para as águas do tipo sódicas mista, cálcica sulfatada, magnesiana cloretada e sulfatada mista.

A presença de águas mistas bicarbonatadas são características típicas de águas subterrâneas, e a presença de bicarbonatos, não qualifica a água como de má qualidade.

As Tabelas 9 e 10 apresentam as médias dos valores físico-químicos e os resultados da análise estatística referentes às variações temporal e espacial, respectivamente, dos poços durante os quatro períodos.

As Figuras de números 11 a 44, confeccionadas a partir dos dados apresentados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, mostram a relação dos parâmetros entre os períodos de maio/2013 a nov/2014 e a relação entre cada parâmetro dos 33 poços nos referidos períodos.

Não foram realizadas análises estatísticas dos parâmetros Manganês, Sódio e Potássio. Este primeiro pela ausência de valores nos períodos de novembro/2014 (tabela 8) e maio/2013 (tabela 5), porém os dados disponíveis foram utilizados para análises de potabilidade descritos adiante. Quanto aos parâmetros Sódio e Potássio foram usados apenas na classificação hidrogeoquímica, devido não apresentar influência na análise espaço/temporal da qualidade da água.

Tabela 9 - Média dos valores dos parâmetros físico-químicos observados nos diversos poços em cada período.

Parâmetros	mai/13 (a)	nov/13(b)	mai/14(c)	nov/14(d)
Turbidez	4,01 ^{ns}	5,96 ^{ns}	1,72 ^{ns}	6,19 ^{ns}
Ph	6,44 ^{ns}	6,61*d	6,30 ^{ns}	6,19*b
Alcalinidade	60,51 ^{ns}	63,16 ^{ns}	64,87 ^{ns}	70,84 ^{ns}
Fluoreto	0,07**d	0,07**d	0,16**d	0,46**abc
Dureza	89,18 ^{ns}	83,66 ^{ns}	96,28 ^{ns}	99,30 ^{ns}
Cálcio	15,11 ^{ns}	17,92 ^{ns}	40,64 ^{ns}	16,10 ^{ns}
Magnésio	9,03*d	8,88*d	10,91	14,17*ab
Nitrato	7,63 ^{ns}	5,41 ^{ns}	4,81 ^{ns}	4,96 ^{ns}
Nitrito	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Amônia	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,11 ^{ns}
CE	245,53 ^{ns}	261,32 ^{ns}	729,84 ^{ns}	289,09 ^{ns}
Cloreto	24,72 ^{ns}	25,43 ^{ns}	24,73 ^{ns}	22,09 ^{ns}
Sulfato	23,44 ^{ns}	10,20 ^{ns}	22,88 ^{ns}	11,69 ^{ns}
Ferro	0,36 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Alumínio	0,01*c	0,00**c	0,01*ad**b	0,01*c
STD	134,70 ^{ns}	143,32 ^{ns}	469,72 ^{ns}	135,51 ^{ns}

ns, *, ** não significativo, significativo a $p < 0,05$, muito significativo a $p < 0,01$, respectivamente a diferença do parâmetro entre os períodos pelo teste paramétrico de

Tabela 10 - Média dos valores dos parâmetros físico-químicos observados entre os quatros períodos usados na comparação estatística dos mesmos entre os diversos poços considerados. Amônia, Alumínio, Sulfato, Magnésio, Fluoreto, Turbidez e Nitrito.

POÇOS	TURBIDEZ (NTU)	PH (-)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	DUREZA (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	CE (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Mn ²⁺ (mg/L)	Fe T (mg/L)	Al ³⁺ (mg/L)	STD (mg/L)
PT15 a	23,6ns	6,3ns	54,5ns	21,4 ns	20,9 ns	25,8 ns	7,4 ns	1,4***	138,7ne	0,0 ns	12,0ns	14,3 ns	0,1 ns	0,1	0,3ns	3,7 ns	76,3ns
PT13 b	2,3 ns	6,6 ns	85,5 ns	23,7 ns	29,1 ns	36,2 ns	11,0 ns	3,0***	184,5 ne	0,0 ns	12,0 ns	5,8 ns	0,1 ns	0,1	0,3 ns	1,6 ns	101,7 ns
PT22 c	1,6 ns	6,0 ns	25,3 ns	8,2 ns	9,9 ns	12,3 ns	8,7 ns	0,8***	105,3*z	0,0 ns	20,4 ns	14,8 ns	0,0 ns	0,0	0,0 ns	3,7 ns	57,9 ns
PT12 d	2,7 ns	6,6 ns	89,8 ns	25,1 ns	30,7 ns	38,0 ns	10,8 ns	2,5***	234,0 ne	0,0 ns	11,2 ns	7,8 ns	0,1 ns	0,1	0,1 ns	2,0 ns	129,0 ns
PT21 e	1,6 ns	5,8*x	14,4 ns	5,5 ns	6,4**z	8,0*tu	5,4 ns	1,9***	83,8*tu**z	0,0 ns	11,5 ns	13,8 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	3,5 ns	46,1*sz
PT37 f	1,7 ns	6,2 ns	60,4 ns	17,1 ns	20,9 ns	26,1 ns	9,5 ns	0,2***	163,4 ne	0,0 ns	12,6 ns	5,3 ns	0,1 ns	0,1	0,0 ns	1,3 ns	90,1 ns
PT34 g	2,6 ns	6,5 ns	40,0 ns	12,3 ns	14,7 ns	18,4 ns	5,3 ns	1,7***	101,0*t**z	0,0 ns	7,2*rt	13,3 ns	0,0 ns	0,0	0,1 ns	3,4 ns	58,6*sz
PT11 h	1,8 ns	6,6 ns	51,7 ns	15,0 ns	18,3 ns	22,9 ns	8,2 ns	2,4***	141,9 ne	0,0 ns	11,7 ns	4,5 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	1,2 ns	78,3 ns
PT19 i	1,7 ns	6,1 ns	21,4 ns	7,4 ns	8,9*z	10,9 ns	5,5 ns	2,5***	366,5 ne	0,0 ns	16,2 ns	15,5 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	3,9 ns	53,6*z
PT10 j	2,0 ns	6,5 ns	66,7 ns	18,8 ns	23,0 ns	28,7 ns	8,3 ns	0,9***	158,3 ne	0,0 ns	16,5 ns	13,0 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	3,3 ns	89,4 ns
PT14 k	1,8 ns	6,6 ns	77,3 ns	31,7 ns	39,2 ns	38,7 ns	10,3 ns	1,9***	230,7 ne	0,0 ns	15,2 ns	9,0 ns	0,0 ns	0,0	0,0 ns	2,3 ns	127,1 ns
PT16 l	22,4 ns	6,3 ns	92,4 ns	30,3 ns	32,3 ns	40,3 ns	8,4 ns	2,7***	3499,8 ne	0,4 ns	23,0 ns	99,0 ns	0,3 ns	0,3	3,9*p	25,9 ns	1924,9 ns
PT09 m	1,8 ns	6,4 ns	50,0 ns	14,5 ns	17,7 ns	22,2 ns	7,3 ns	8,2***	140,7 ne	0,0 ns	12,7 ns	13,5 ns	0,0 ns	0,0	0,0 ns	3,4 ns	75,9 ns
PT40 n	1,8 ns	6,3 ns	48,7 ns	15,4 ns	18,8 ns	22,3 ns	7,8 ns	5,7***	299,9 ne	0,0 ns	45,2 ns	23,8 ns	0,0 ns	0,1	0,0 ns	6,0 ns	161,0 ns
PT36 o	15,5 ns	6,2 ns	13,0*vx	8,7 ns	7,0 ns	8,7 ns	8,9 ns	2,7***	164,9 ne	0,0 ns	41,1 ns	14,0 ns	0,1 ns	0,4	0,1 ns	3,7 ns	186,3 ns
PT27 p	1,8 ns	6,2 ns	38,5 ns	11,8 ns	14,3 ns	17,7 ns	10,0 ns	12,1***	248,9 ne	0,0 ns	26,8 ns	14,3 ns	0,1 ns	0,0	0,0*1	3,6 ns	137,2 ns
PT31 q	2,0 ns	5,9*x	42,3 ns	12,7 ns	15,4 ns	19,1 ns	7,4 ns	1,7***	151,7 ne	0,0 ns	17,7 ns	4,8 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	1,2 ns	83,7 ns
PT01 r	1,9 ns	6,5 ns	94,2 ns	25,6 ns	31,6 ns	39,5 ns	16,2 ns	4,6***	434,8 ne	0,0 ns	48,8*g	14,0 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	3,5 ns	239,1 ns
PT26 s	2,1 ns	6,2 ns	43,3 ns	13,2 ns	16,0 ns	19,7 ns	7,8 ns	20,0***	178,0 ne	0,1 ns	17,9 ns	5,7 ns	0,2 ns	0,0	0,0 ns	1,5 ns	250,1*eg
PT02 t	1,8 ns	6,5 ns	70,5 ns	19,7 ns	24,2 ns	30,2*e	17,0 ns	2,8***	454,7*eg	0,0 ns	49,8*g	7,8 ns	0,1 ns	0,1	0,0 ns	2,0 ns	105,1 ns
PT03 u	1,9 ns	6,7 ns	35,8 ns	11,3 ns	13,6*v	16,8*e	16,4 ns	14,0***	442,1*e	0,0 ns	44,6 ns	9,0 ns	0,1 ns	0,0	0,2 ns	2,3 ns	243,4 ns
PT28 v	1,8 ns	5,2**xz	102,3*o	27,3 ns	33,7**z*u	42,1 ns	5,9 ns	12,1***	152,4 ne	0,0 ns	22,2 ns	10,5 ns	0,1 ns	0,1	0,0 ns	2,7 ns	81,8 ns
PT04 w	1,8 ns	6,6 ns	93,7 ns	25,7 ns	31,7 ns	39,4 ns	18,5 ns	1,4***	404,3 ne	0,0 ns	39,8 ns	10,8 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	2,7 ns	222,6 ns
PT43 x	10,7 ns	7,5*eqv	113,8*o	33,0 ns	38,6 ns	48,2 ns	7,9 ns	13,9***	368,7 ne	0,0 ns	20,7 ns	38,8 ns	0,0 ns	0,0	0,0 ns	9,7 ns	199,2 ns
PT06 y	1,8 ns	6,6 ns	91,8 ns	25,1 ns	30,9 ns	38,6 ns	16,9 ns	10,7***	457,2 ne	0,0 ns	42,3 ns	12,8 ns	0,1 ns	0,0	0,0 ns	3,2 ns	238,0 ns
PT20 z	2,1 ns	7,1**v	152 se	53,7 ns	70,9**ev	70,9 ns	38,5 ns	0,2***	554,5*c**eg	0,0 ns	29,5 ns	44,5 ns	0,2 ns	0,0	0,0 ns	11,2 ns	305,5*egi

ns, *, **, *** corresponde a não significativo, significativo a p < 0,05, muito significativo a p < 0,01 e extremamente significativo a p < 0,001, respectivamente, a diferença do parâmetro entre os poços: pelo teste não paramétrico de Dunn.

TURBIDEZ

Nas Figuras 11 e 12 estão apresentadas a variação entre os valores de Turbidez observados nos 33 poços referente aos quatro períodos considerados no estudo.

Figura 11 – Variação de Turbidez em cada período, considerando todos os poços

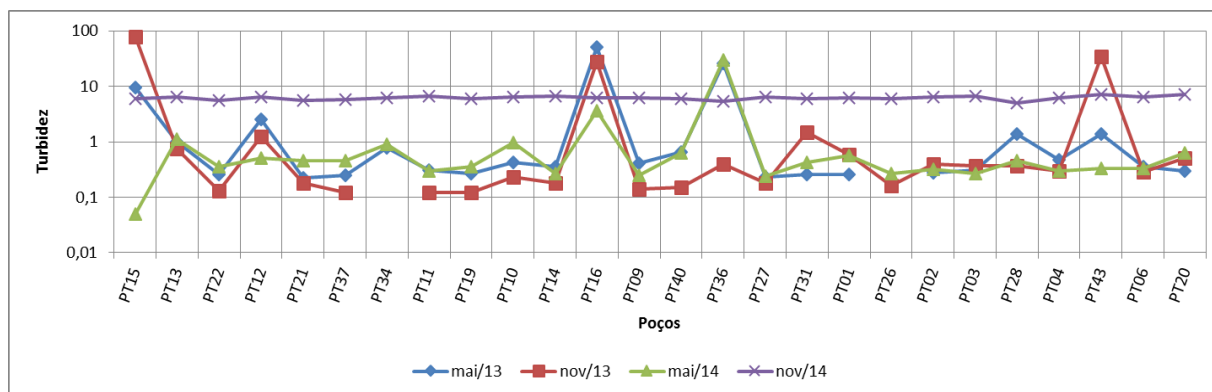
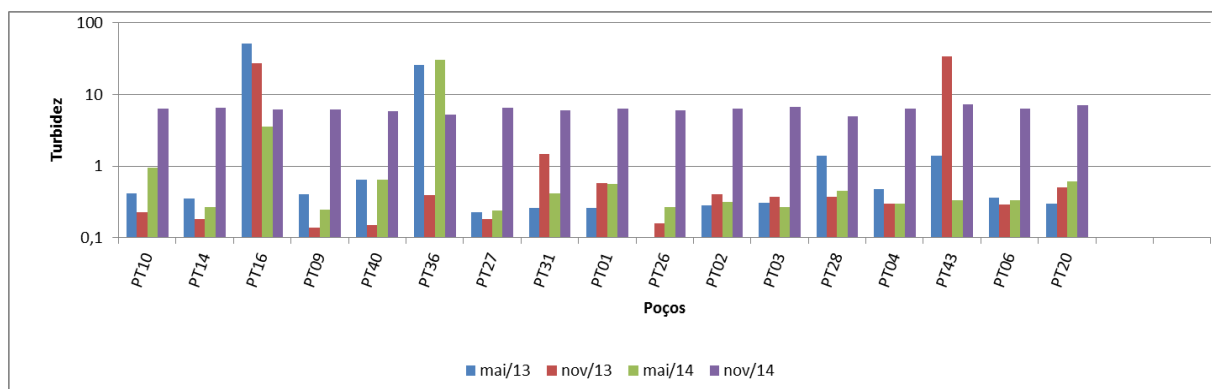


Figura 12 – Variação de Turbidez em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14



Os valores de turbidez apresentados através das Figuras 11 e 12 se mostram discrepantes nos poços PT15, PT36 e PT43. Já no poço PT16, os valores da turbidez encontram-se bem próximos entre si, porém bem mais elevados do que os demais. Observa-se ainda nas citadas figuras, que os valores da turbidez são praticamente iguais em todos os poços, para o período novembro/14, enquanto que nos demais períodos exista variação da turbidez nos diversos poços. Não obstante, seus valores não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, entre os valores observados nos poços monitorados, durante os quatro períodos considerados, conforme podem ser verificados nas Tabelas 9 e 10.

PH

Para os valores de pH observados nos poços em estudo, conforme Figuras 13 e 14 apresentadas a seguir, verificam-se variações pouco significativas, tanto com relação aos períodos, como em relação aos poços. Os valores encontram-se praticamente na mesma faixa etária em todos os períodos. Porém, observa-se um índice de variação significativa de pH nos períodos novembro/2013 e novembro/2014, conforme mostra a tabela 9. Essas variações correspondem ao nível de 5% de significância. Variações maiores são observadas entre os poços PT31, PT43, PT21, PT28 e PT20 com nível de significância de 5% e 1% conforme mostrados na tabela 10.

Figura 13 – Variação de pH em cada período, considerando todos os poços.

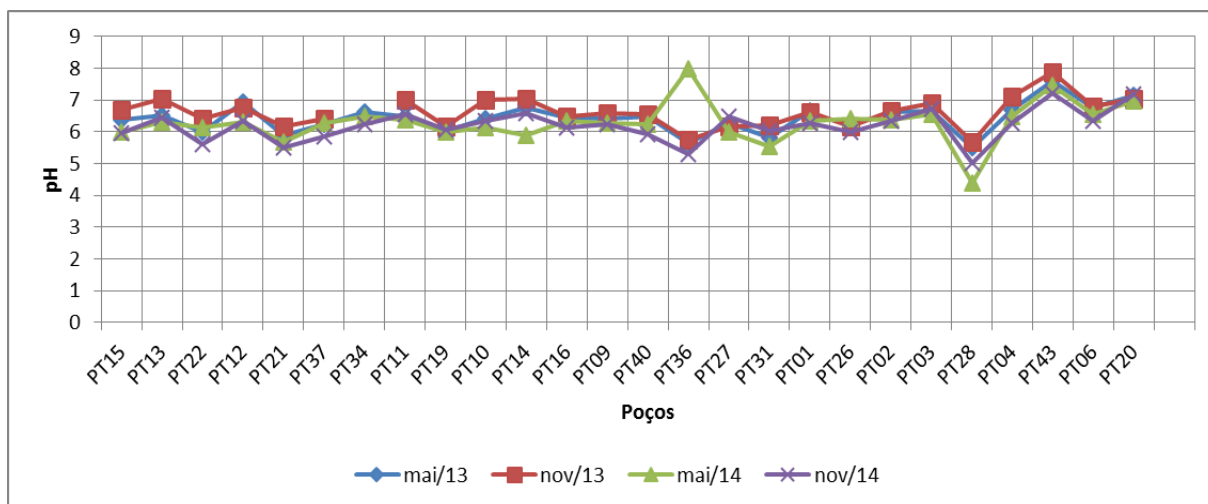
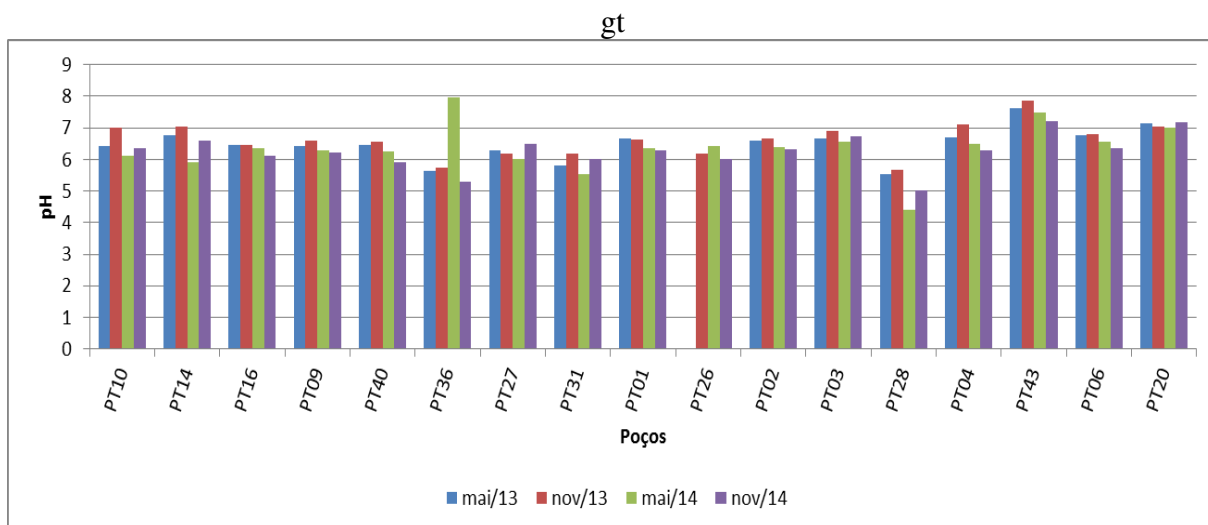


Figura 14 – Variação de pH em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



ALCALINIDADE

O parâmetro Alcalinidade apresentado nas Figuras 15 e 16, apresentam valores discrepantes nos poços PT16, PT20 e PT10, no PT20, por exemplo, nota-se um aumento considerável durante os quatro períodos. Os poços que variaram significativamente entre si em nível de probabilidade de 5% foram PT36, PT28, PT43; e PT20, PT26 e PT21 mostrados na tabela 10. Com relação os quatro períodos avaliados, não ocorre variações significativas ao longo destes, como mostra a tabela 9.

Figura 15 – Variação de Alcalinidade em cada período, considerando todos os poços.

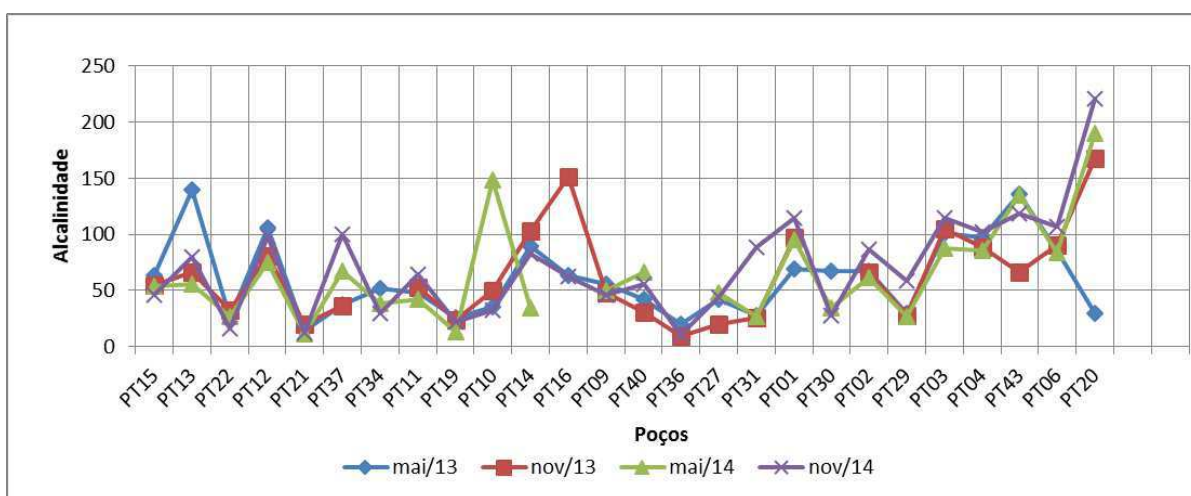
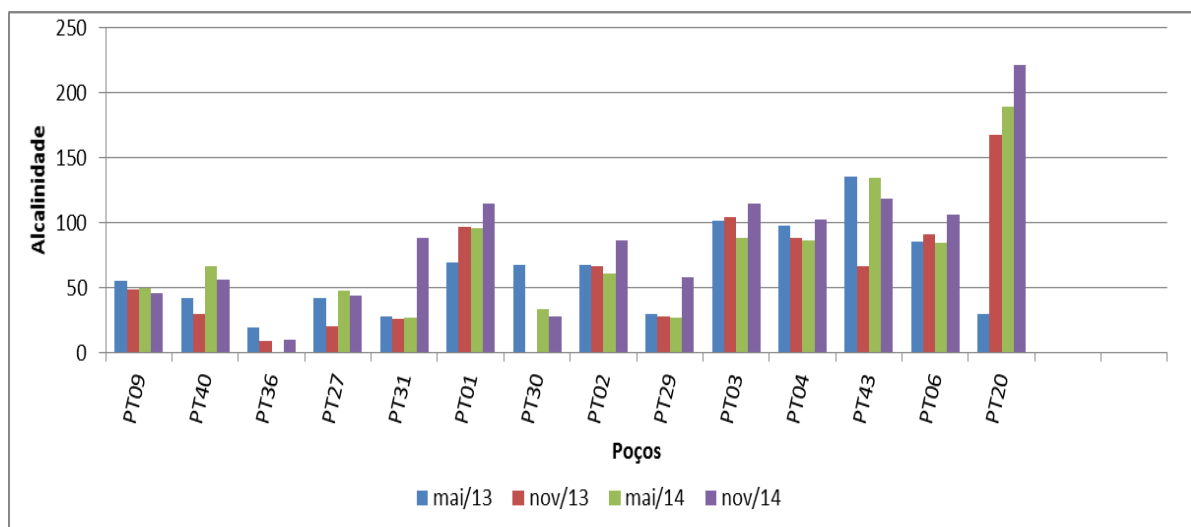


Figura 16 – Variação de Alcalinidade em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



FLUORETO

Os valores de fluoreto apresentados por meio das Figuras 17 e 18 se mostram com discrepância acentuada no período de maio/2014 nos poços PT16 e PT28, com relação aos demais poços neste período, os valores de fluoreto mostraram-se praticamente inalterados. Ocorre variação muito significativa no que diz respeito ao período de novembro/2014 em relação aos outros três períodos com nível de variação de 1%. Já entre os demais períodos, não ocorrem variações significativas entre os poços em si, como mostra a tabela 9.

Figura 17 – Variação de Fluoreto em cada período, considerando todos os poços.

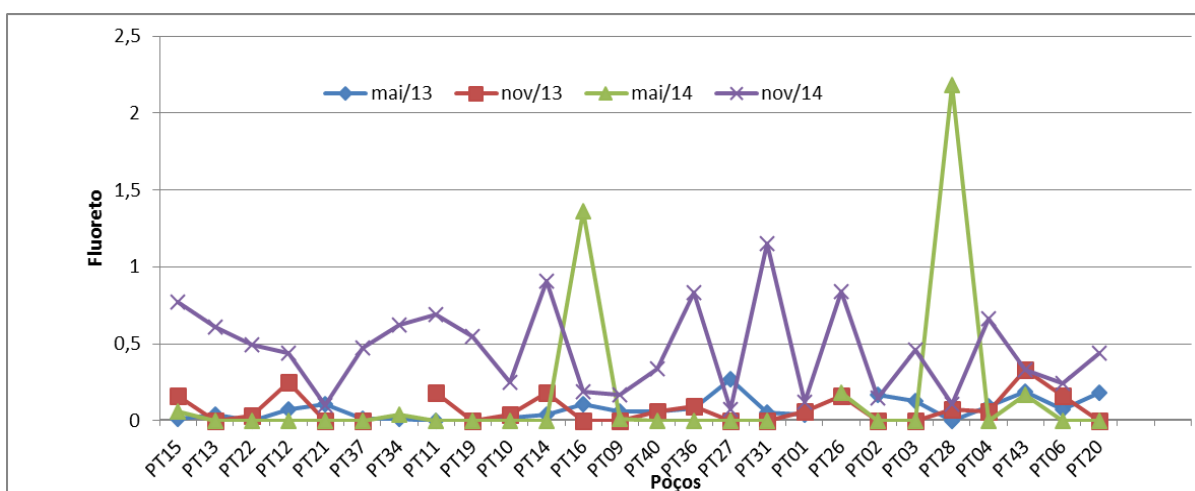
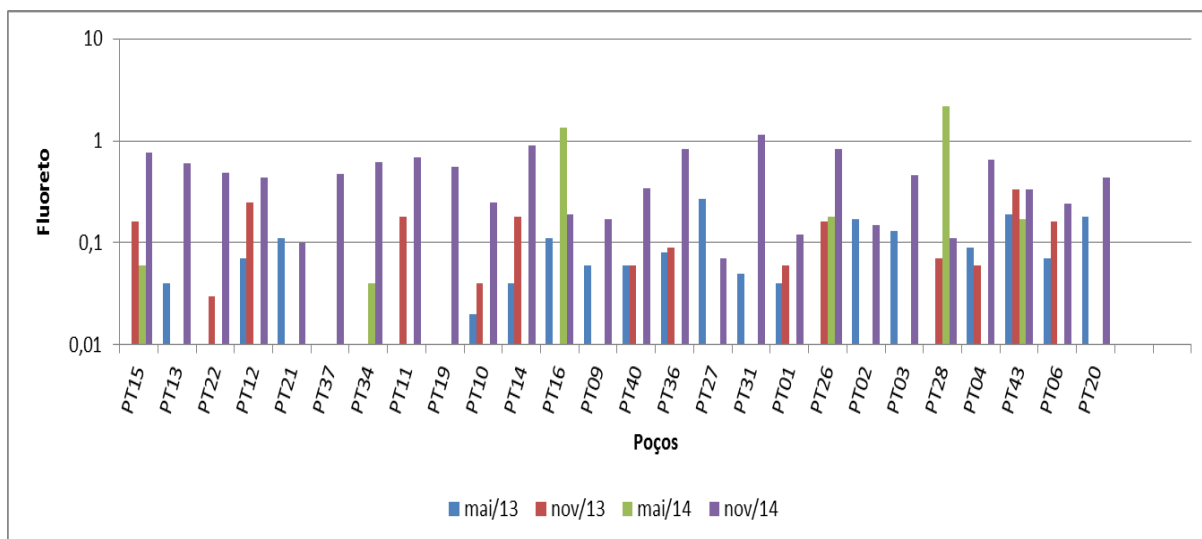


Figura 18 – Variação de Fluoreto em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



NITRATO

Nas Figuras 19 e 20 apresentam a variação entre os valores de Nitrato observados nos 33 poços referente aos quatro períodos considerados no estudo.

Figura 19 - Variação de Nitrato em cada período, considerando todos os poços.

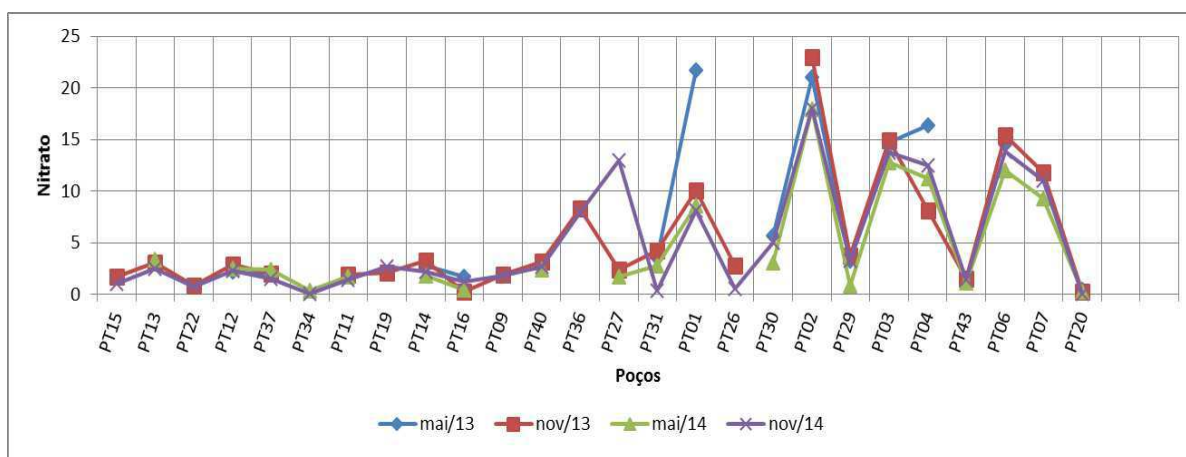
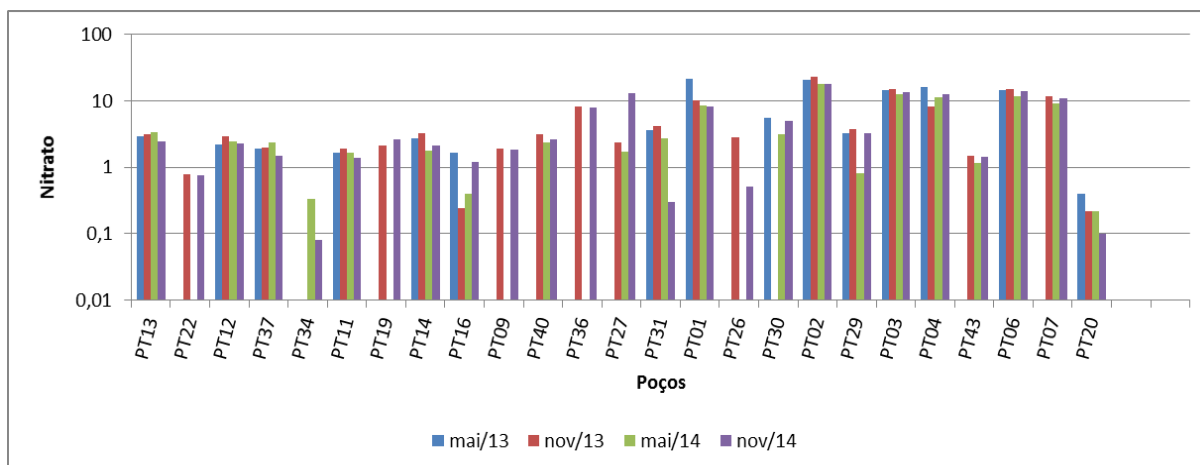


Figura 20 – Variação de Nitrato em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14



Observando as Figuras 19 e 22 em que mostram as variações do parâmetro Nitrato ao longo dos quatro períodos em estudo para todos os poços avaliados, nota-se que não houve variações significativas durante os períodos como mostra a tabela 9. O mesmo não ocorre quando se compara os poços entre si, tendo em vista que diferente de todos os outros parâmetros observados, o Nitrato foi o único em que todos os poços avaliados apresentaram interferências significativas aos níveis de probabilidade de 5%, 1% e 0,1%, como mostra a tabela 10. Variações extremamente significativas ocorrem com os poços em relação ao nitrato. Avalia-se que essas interferências possivelmente poderiam ter ocorrido pela ação

antrópica, já que em observância a uma determinada região onde os poços em que apresentaram índices alto de nitrato encontram-se bem próximos entre si, e numa região onde inexistente rede de coleta de esgoto. Sabe-se que a formação de nitrato é oriunda da decomposição de materiais biológicos, e que ao se infiltrarem no solo, atingem os lençóis freáticos contaminando as águas.

DUREZA

As Figuras 21 e 22 mostram que os poços com maiores índices de Dureza com valores acima de 150mg/L são PT01, PT02, PT03, PT04 e PT20. Variações muito significativas com grau 1% ocorrem entre os poços 20, 21 e 28, e significativas com grau 5% entre os poços PT03, PT2, PT19 e PT20, conforme mostra tabela 10. Variações significativas entre os quatro períodos monitorados não foram apresentadas para este parâmetro como mostra a tabela 9.

Figura 21 – Variação de Dureza em cada período, considerando todos os poços.

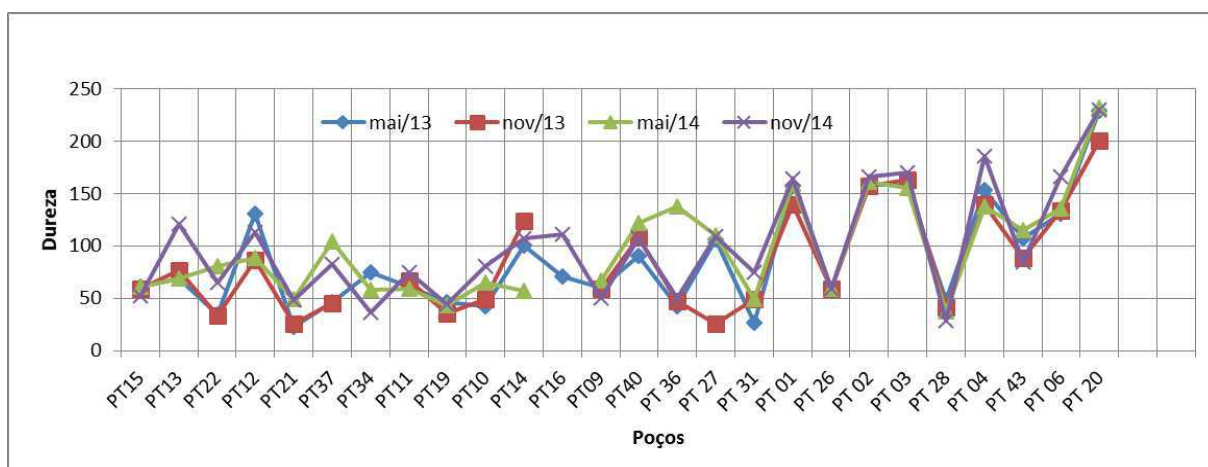
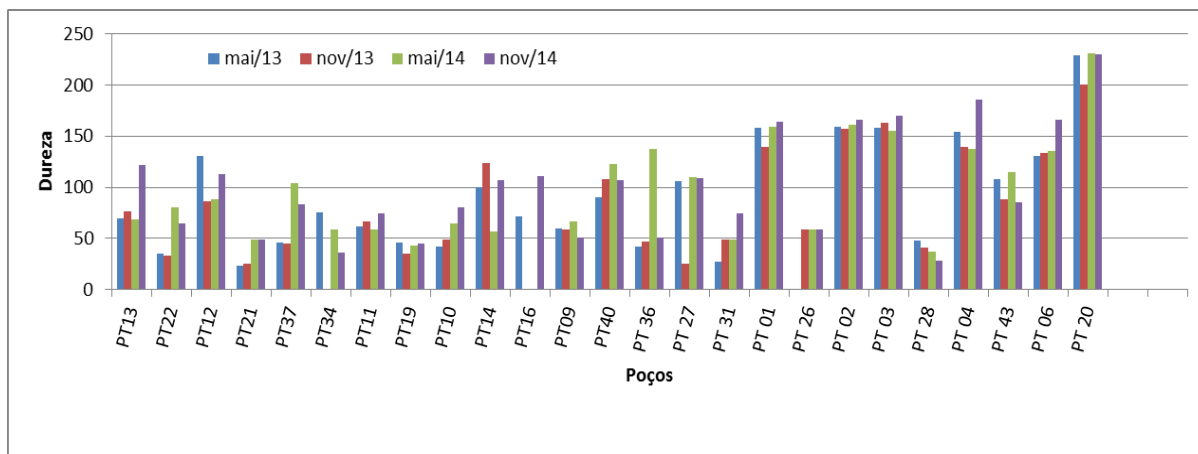


Figura 22 – Variação de Dureza em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



CÁLCIO

Os valores de Cálcio exibidos nas Figuras 23 e 24 apresentam-se mais elevados nos poços PT40 e PT43 em novembro/2014, e mais baixos nos poços PT19 e PT10 em maio/2013. Variações significativas temporais ao longo dos quatro períodos estudados não são observadas, como mostra na tabela 9. Porém, com os poços entre si, nota-se uma variação significativa ao nível de 5% entre os PT21, PT02 e PT03.

Figura 23 – Variação de Cálcio em cada período, considerando todos os poços.

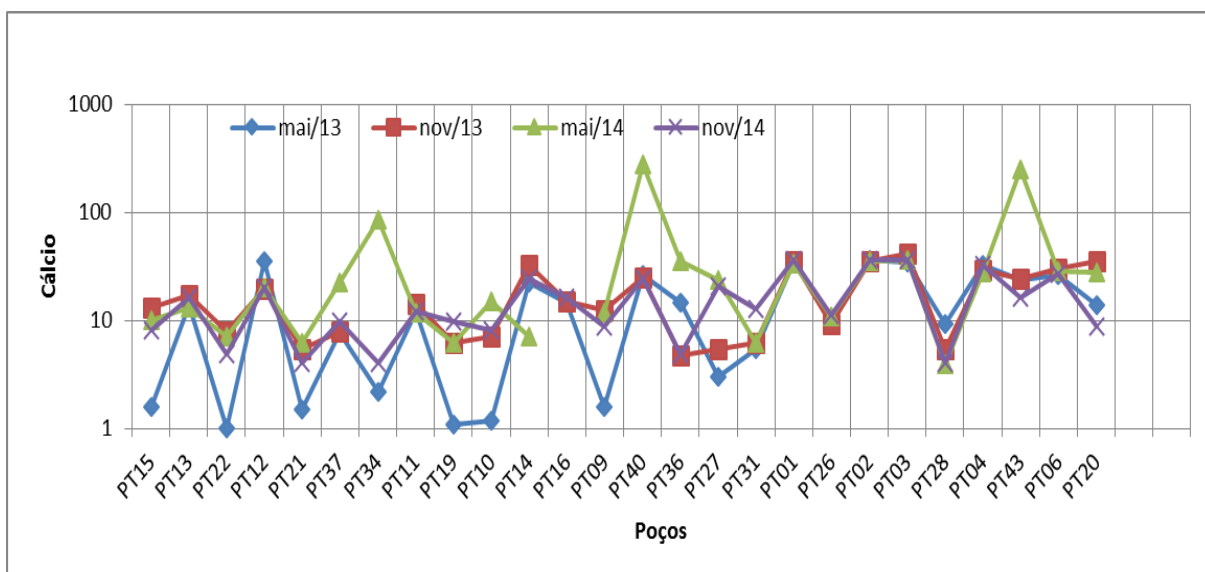
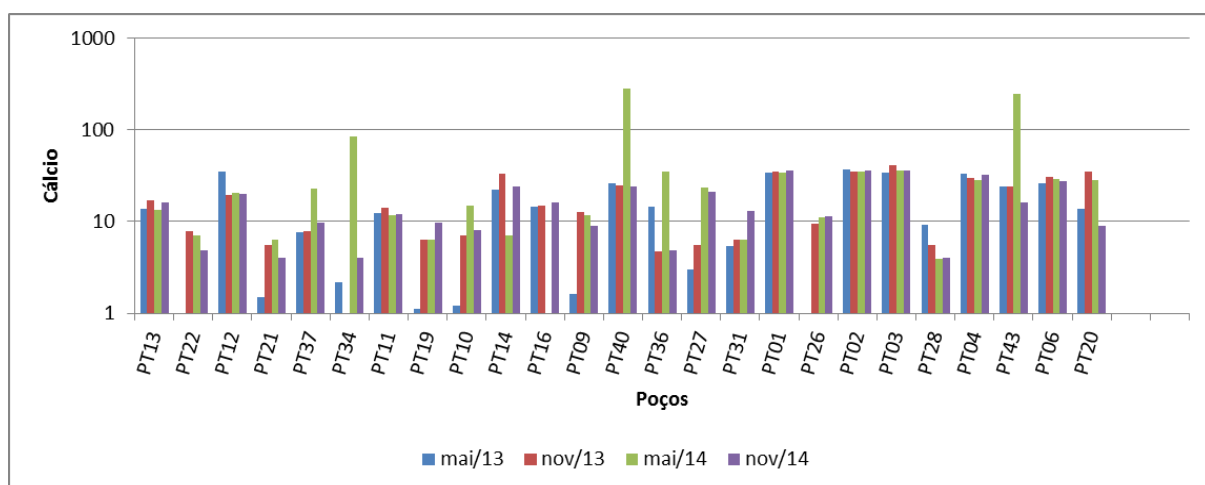


Figura 24– Variação de Cálcio em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14



MAGNÉSIO

De acordo com as Figuras 25 e 26 nota-se que para o Magnésio, o poço PT20 é o que apresenta com índices mais elevados. Ocorrem variações significativas com nível de variância de 5% nos períodos de maio/2013 e novembro/2013 em relação a novembro/2014. Nota-se ainda que de acordo com a tabela 9, ocorre um aumento de magnésio em maio/2013 para novembro/2014. E com relação à variabilidade entre os poços na região de estudo observa-se que não apresentam variações significativas ente entre os mesmos de acordo com a tabela 10.

Figura 25 – Variação de Magnésio em cada período, considerando todos os poços.

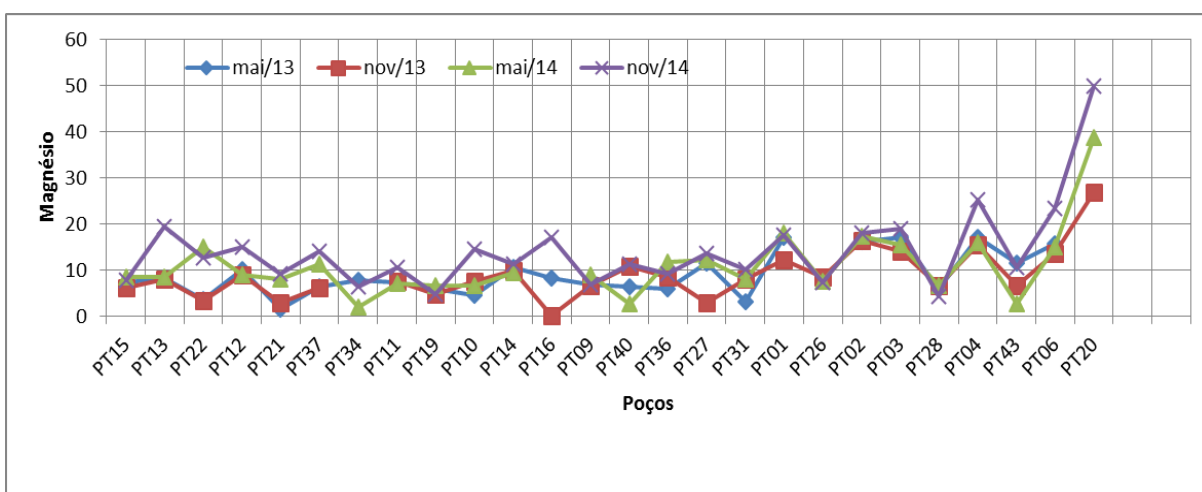
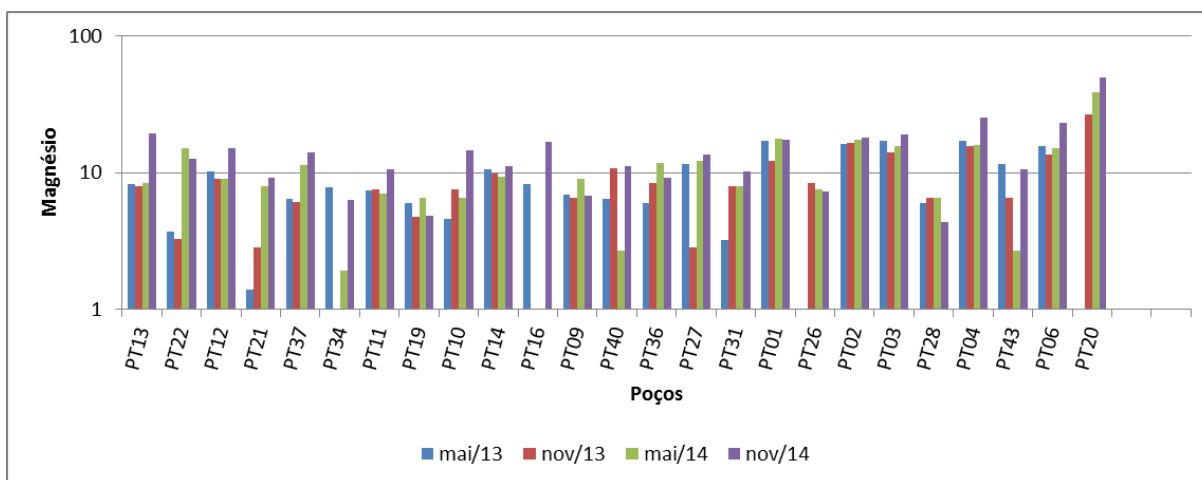


Figura 26 – Variação de Magnésio em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Os valores de CE, apresentados nas Figuras 27 e 28, apresentam discrepância com relação ao PT16 em maio/2014, o valor ultrapassa os limites de 10.000mg/L deste íon em água. Observa-se, de acordo com a Tabela 9, que não ocorreu interferências significativas ao longo dos quatro períodos de estudos para este parâmetro. Porém os poços PT22, PT20, PT21, PT02, PT03 e PT34, apresentaram variações significativas aos níveis de 5% e 1% de probabilidade como mostra a tabela 10.

Figura 27 – Variação da CE em cada período, considerando todos os poços.

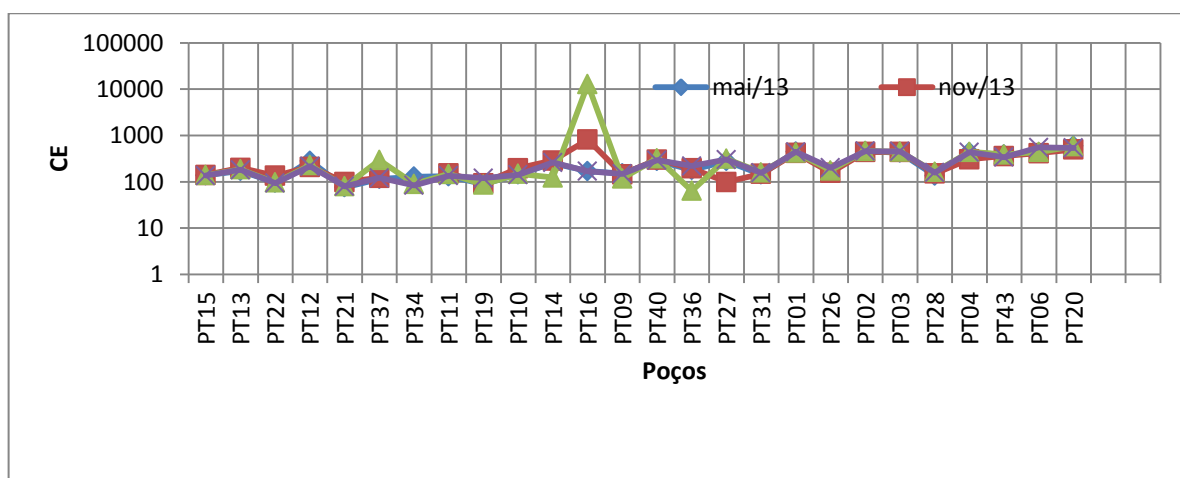
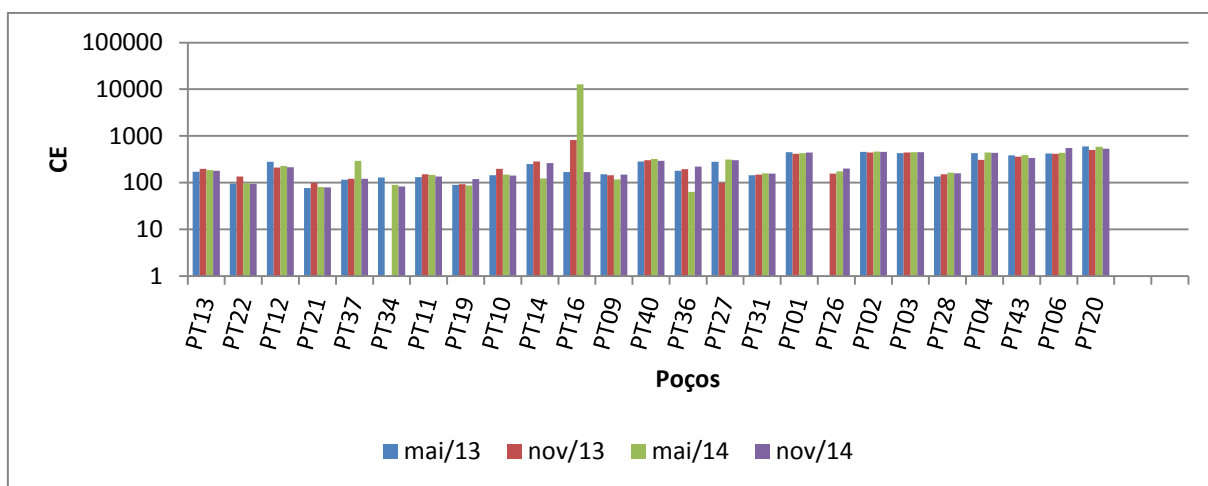


Figura 28 – Variação da CE em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



NITRITO

Os valores de Nitrito, apresentados através das Figuras 29 e 30, se mostram discrepantes nos poços PT16, PT26 e PT20. No poço PT16 o valor de Nitrito ultrapassou os limites de água para consumo humano de 1,0mg/L no período de maio/2013. Observa-se ainda nestas figuras, que os valores de nitrito apresentaram pequenas variações entre os períodos, estando, portanto, na faixa de 0,001 a 0,1mg/L. Não obstante, seus valores não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, entre os valores observados nos poços monitorados, entre os 4 períodos considerados, conforme podem ser verificados nas Tabelas 9 e 10.

Figura 29 - Variação de Nitrito em cada período, considerando todos os poços

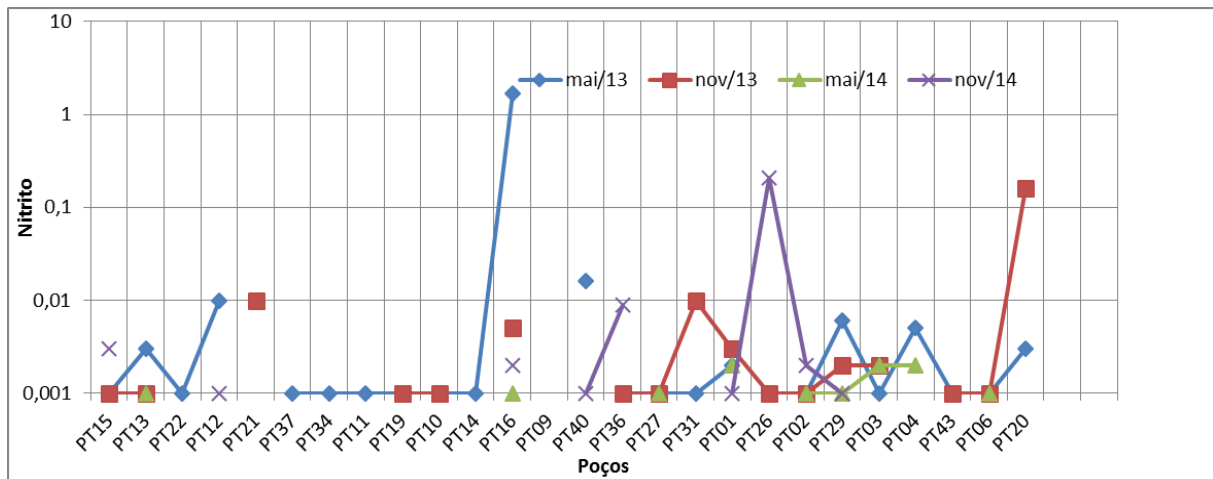
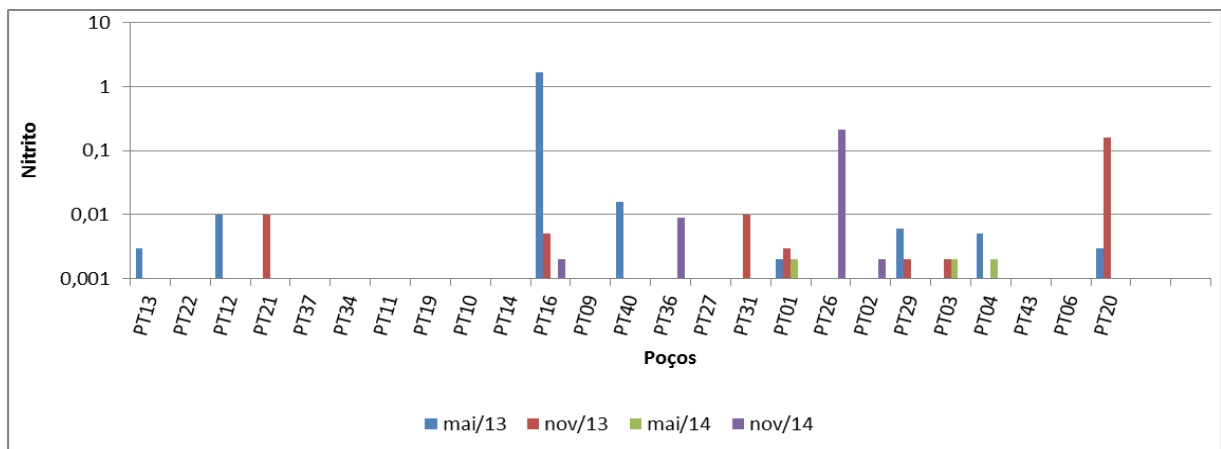


Figura 30 – Variação de Nitrito em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



CLORETO

Os valores de Cloreto apresentados nas Figuras 31 e 32 mostra que o poço PT36 em maio/2014 foi o que destacou o mais elevado índice de cloreto durante os períodos analisados. E o PT37 em novembro/2013 o menor índice. Percebe-se ainda em análise da tabela 10, que existe uma variação significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os poços PT34, PT 01, PT02. Porém ao longo dos quatro períodos em estudo não se verifica diferenças significativas entre os valores dos poços como mostra a tabela 9.

Figura 31 – Variação de Sulfato em cada período, considerando todos os poços

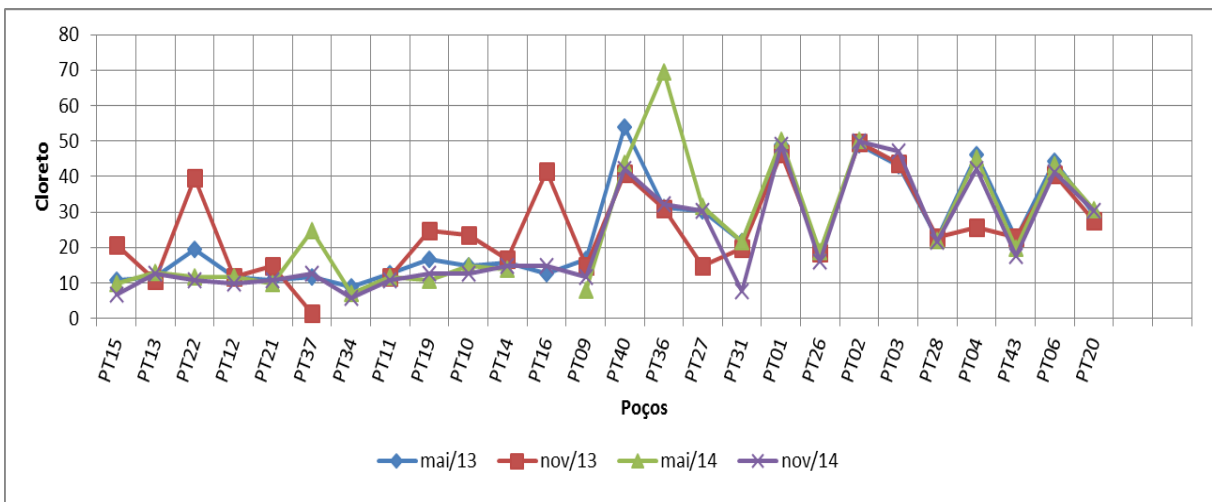
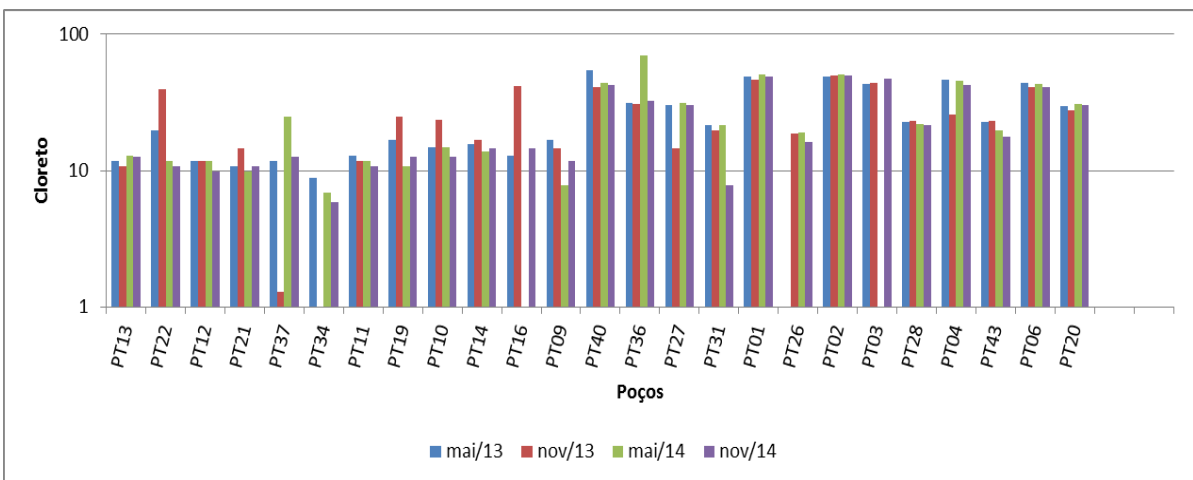


Figura 32 – Variação de Sulfato em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



SULFATO

Os valores de Sulfato conforme as Figuras 33 e 34 mostrou-se discrepante com relação ao poço PT16 no período de maio/2014, apresentando resultado acima de 300mg/L deste íon na amostra. Porém, nos demais períodos os valores para todos os poços apresentaram poucas variações entre 1,0 e 10,0mg/L, sem ultrapassar a 100mg/. Apesar disso, seus valores não emitiram diferenças significativas, entre os valores observados nos poços monitorados, durante os quatro períodos considerados, conforme podem ser verificados nas Tabelas 9 e 10.

Figura 33 – Variação de Sulfato em cada período, considerando todos os poços

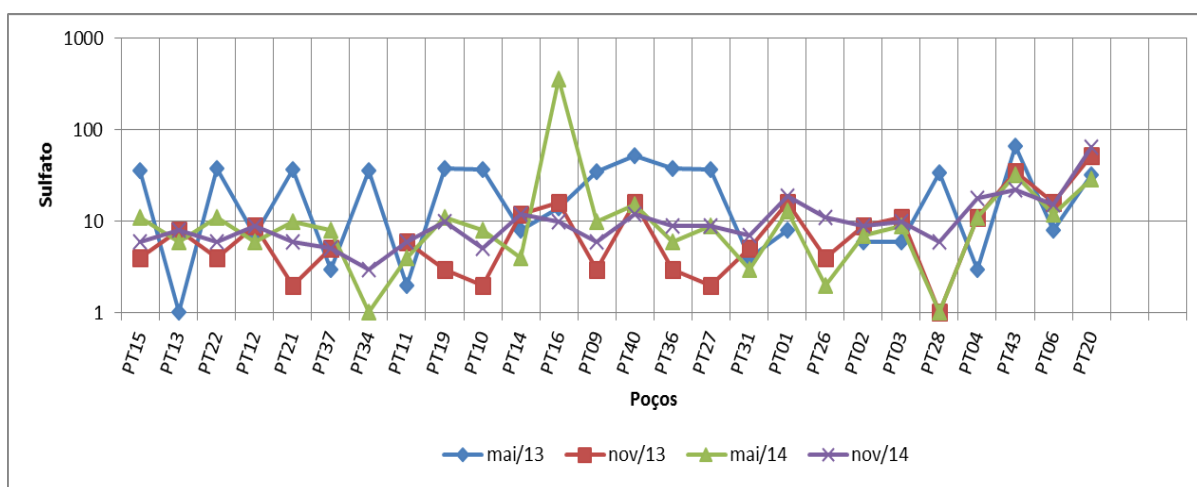
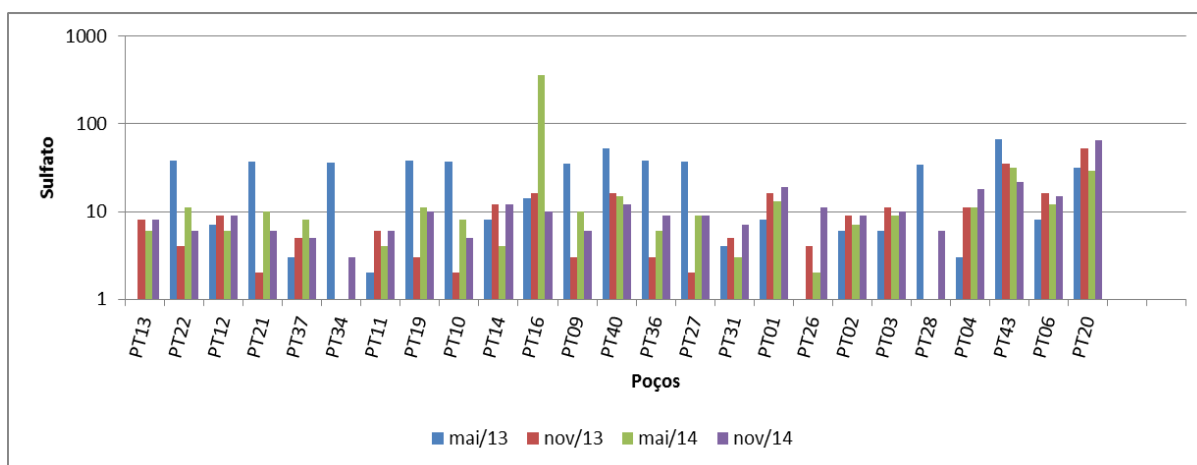


Figura 34 – Variação de Sulfato em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



AMÔNIA

Os valores de Amônia apresentados nas Figuras 35 e 36 se mostram discrepantes nos poços PT11, PT16 e PT26. O período que mais obteve variações entre os poços, foi novembro/2014, nos demais períodos os valores permaneceram muito próximos para todos os poços, com variações entre 0,0 e 0,2 mg/L de amônia. Contudo, seus valores não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, entre os observados nos poços monitorados, durante os 4 períodos considerados conforme podem ser verificados nas Tabelas 9 e 10.

Figura 35 – Variação de Amônia em cada período, considerando todos os poços.

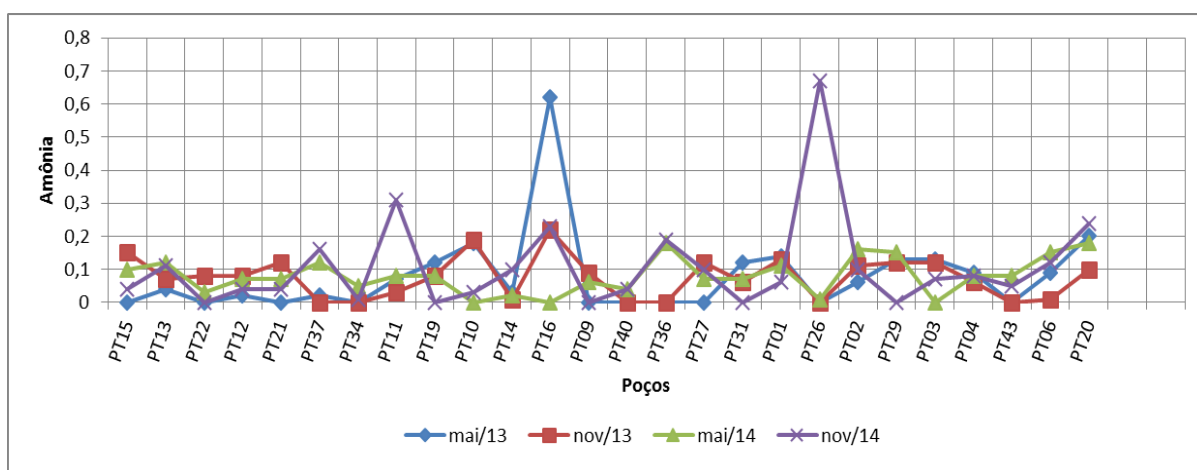
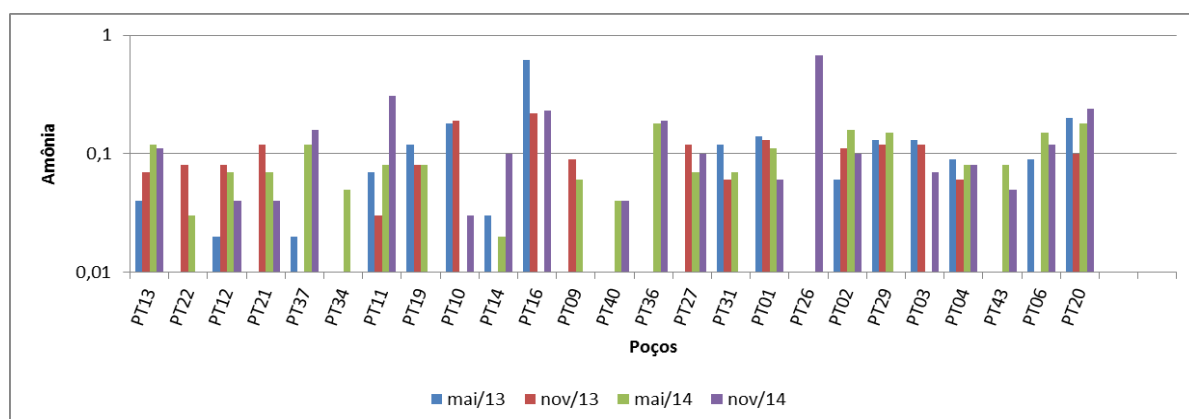


Figura 36 – Variação de Amônia em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



FERRO

Para os valores de Ferro apresentados nas Figuras 37 e 38, verifica-se uma acentuada discrepância em relação ao poço PT 16. Diante desta acentuada diferença, observa-se uma variação significativa deste em relação ao PT27 ao nível de 5% de probabilidade como mostra a Tabela 10. Com relação aos 4 períodos avaliados, observa-se segundo a tabela 9 que não ocorrem variações temporais para os poços monitorados neste estudo.

Figura 37 – Variação de Ferro em cada período, considerando todos os poços.

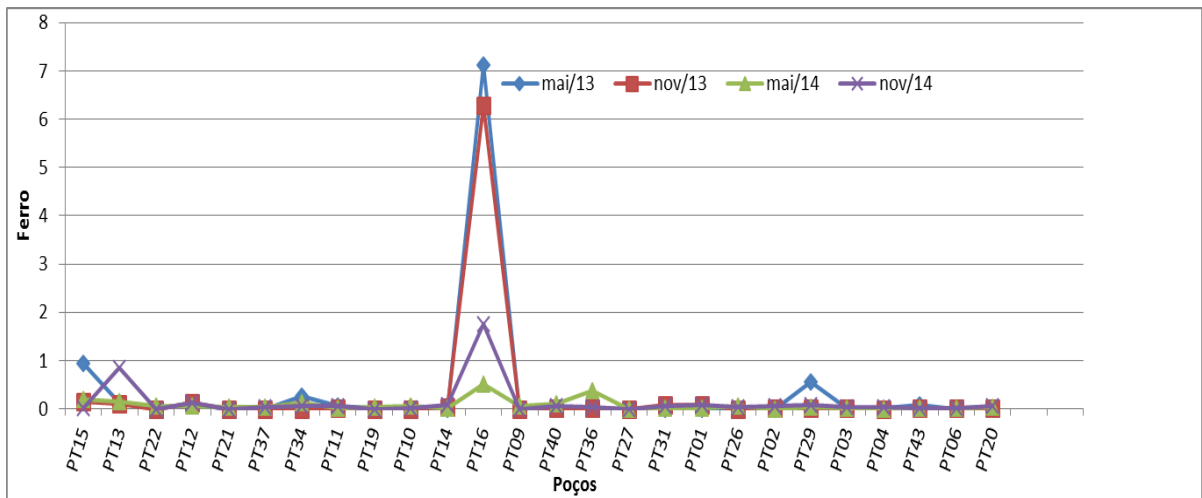
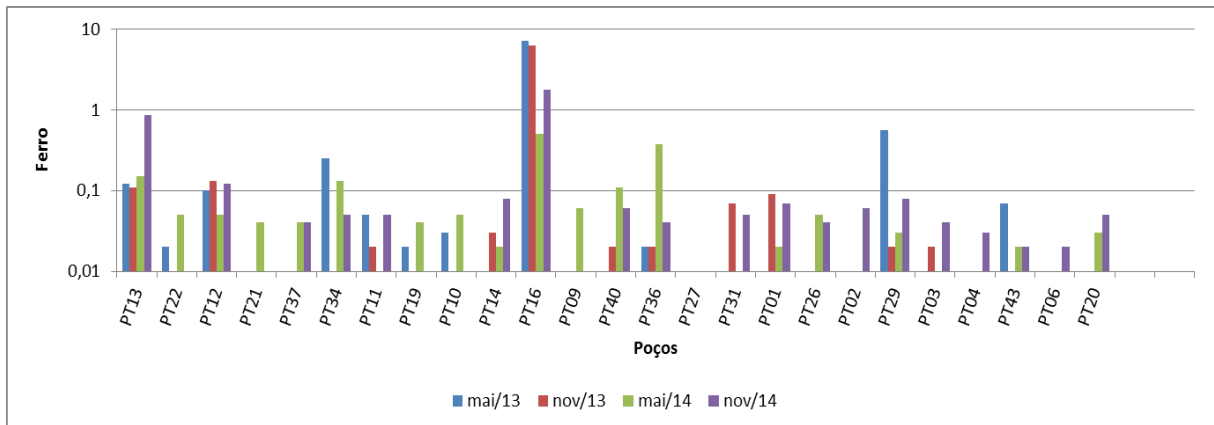


Figura 38 – Variação de Ferro em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



ALUMÍNIO

Através das Figuras 39 e 40 observa-se uma discrepância com o poço PT 02 em novembro/2014 com relação ao parâmetro Alumínio. Em observância aos demais períodos, os valores dos poços não apresentam variações espaciais entre si, como mostra a Tabela 10. O que não ocorre com relação aos períodos, tendo em vista que houve diferenças consideráveis deste parâmetro em todas as épocas com nível predominante de variância entre 5% e 1%, conforme mostrado na Tabela 9.

Figura 39 – Variação de Alumínio em cada período, considerando todos os poços.

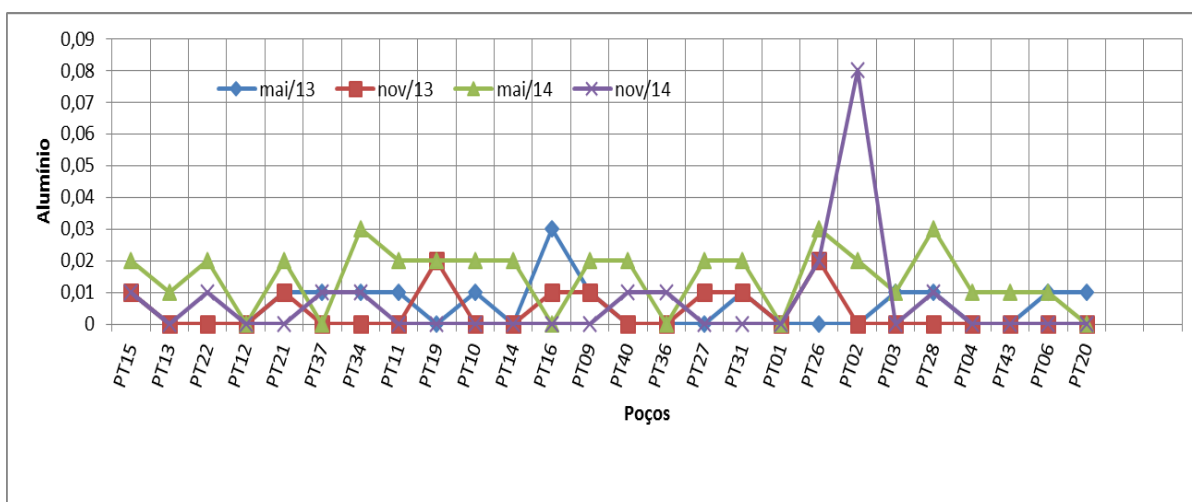
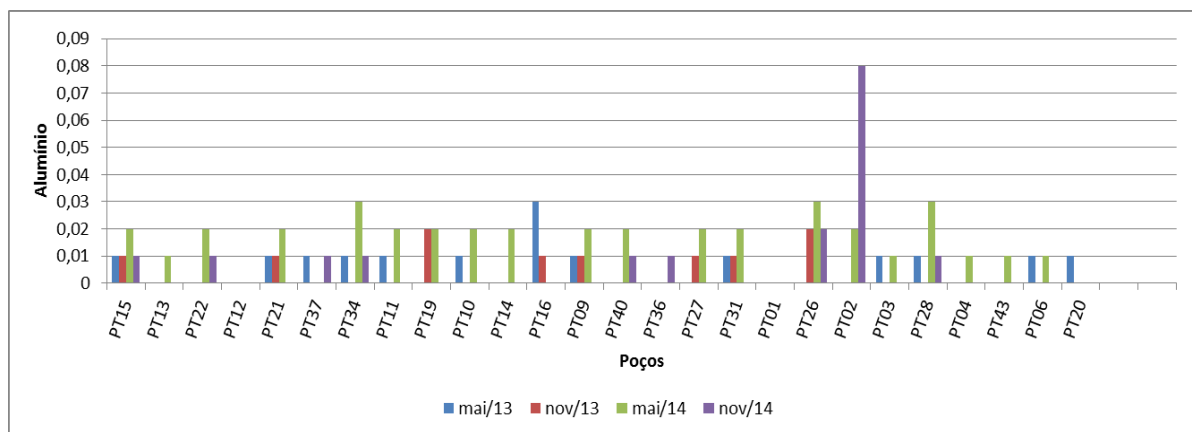


Figura 40 - Variação de Alumínio em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Nas Figuras 41 e 42 que apresentam os resultados de STD observa-se uma de discrepância com o PT16 no período de maio/2014. De acordo com a Tabela 9, não se observa interferências ao longo dos quatro períodos para este parâmetro. Porém, entre os poços avaliados, ocorrem varrições ao nível de 5% e 1% com os poços PT19, PT20, PT21, PT26 e PT34, como mostra a tabela 10.

Figura 41 – Variação de STD em cada período, considerando todos os poços.

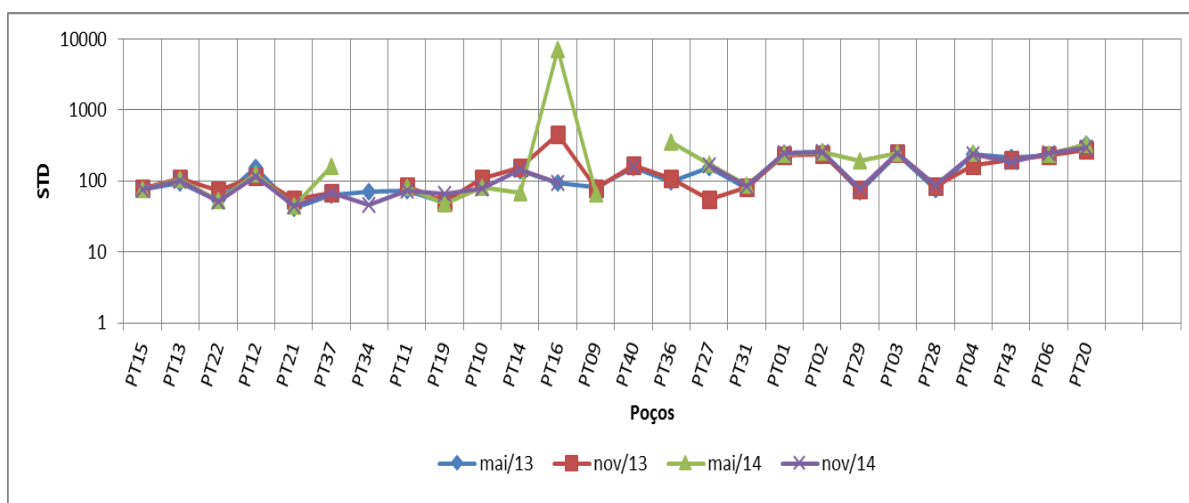
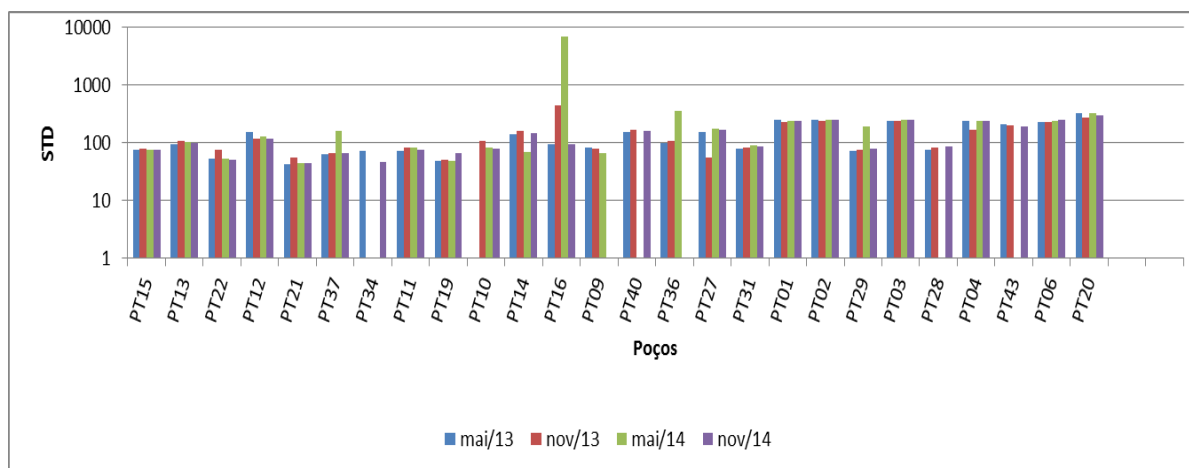


Figura 42 – Variação de STD em cada poço, nos períodos de maio/13 a novembro/14.



Os dados da tabela 11 e 12 permitem comparar os valores apresentados entre os parâmetros durante os quatro períodos deste estudo, com os valores máximos permitidos para água de consumo humano estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde.

Essa comparação é fundamental, tendo em vista que os valores elevados destes parâmetros, conforme avaliados pelo Ministério da Saúde, pode trazer consequências graves a saúde humana.

Tabela 11– Parâmetros e VMPs segundo a Portaria 2914/11 MS

PARÂMETROS	VMP PORTARIA 2914/11MS
TURBIDEZ	5,0 uT
PH	6,0 a 9,5
NITRATO	10 mg/L
NITRITO	1,0 mg/L
FERRO	0,3 mg/L
MANGANÊS	0,1 mg/L
FLUORETO	1,5 mg/L
STD	1000mg/L
CE	1000mg/L

Tabela 12 – Valores dos parâmetros que apresentaram resultados acima dos VMPs da Portaria 2914/11MS.

PARÂMETROS	MAIO	NOVEMBRO	MAIO	NOVEMBRO
	2013	2013	2014	2014
	POÇOS	POÇOS	POÇOS	POÇOS
TURBIDEZ	PT15=9,49 PT16=52,1 PT29=4,43	PT16=27,7	PT36=30,04	PT16=14,7
PH	PT21=5,9 PT36=5,65 PT31=5,81 PT28=5,52	PT36=5,74 PT28=5,67	PT21=5,7 PT14=5,9 PT29=5,31 PT31=5,53 PT28=4,4	PT15=5,97 PT22=5,6 PT21=5,5 PT37=5,87 PT40=5,92 PT36=5,3 PT24=5,72

				PT30=5,71 PT29=5,6 PT28=5,03
NITRATO	PT01=21,66 PT02=20,98 PT03=14,68 PT04=16,41 PT06=14,58	PT01=10,09 PT02=22,96 PT03=14,95 PT06=15,38 PT07=11,85	PT02=17,88 PT03=12,77 PT04=11,24 PT06=11,98	PT27=12,97 PT02=18,05 PT03=13,75 PT04=12,45 PT06=13,85 PT07=11,05
NITRITO	PT16=1,68			PT26=0,21
FERRO	PT16=7,11	PT16=6,98	PT16=6,98	PT16=1,76 PT13=0,85
MANGANÊS		PT36=0,32	PT12=0,12 PT16=0,3 PT36=0,51 PT24=0,18 PT01=0,11 PT30=0,13 PT02=0,16 PT29=0,15 PT06=0,15 PT23=0,12 PT18=0,28 PT07=0,35 PT20=0,18	
FLUORETO			PT28=2,18	
STD			PT16=7064,2	
CE			PT16=12844,0	

Comparando os valores mostrados pelos poços na Tabela 11, com os valores de referência (VMP) da Portaria 2914/11 MS mostrados na Tabela 12, observa-se que uma boa parte dos poços não corresponde a água de qualidade para consumo humano de acordo com parâmetros apresentados. O PT16 foi o que se mostrou com piores índices de qualidade de Água Potável. Os valores para este poço encontram-se extremamente acima dos valores máximos permitidos pela Portaria observados em vários parâmetros e nas diversas épocas dos períodos em estudo, como mostra a tabela 11. Além disso, os Poços: PT01, PT02, PT03, PT04, PT06 e PT07 exibiram valores altos para nitrato em todos os períodos, o que de fato mostra de acordo com a figura 6 (pag. 43 - Localização dos poços) em uma mesma área, podendo ser compreendido por esta ocorrência ao fato de presença de materiais biológicos de resíduos de esgotos, pela ausência de saneamento no município, como já foi mencionado anteriormente.

Outro parâmetro a ser observado com valores fora dos padrões de qualidade é o Manganês, que apesar de apresentar ausência de resultados em dois períodos, não se descartou a possibilidade de interferência entre os poços da região. No período de maio/2014, por exemplo, treze poços (43%) apontaram valores de Manganês acima dos valores máximos de água para consumo humano, como mostra a Tabela 11. O pH também se mostrou com interferência acentuada entre os poços comparando os valores com limites da Portaria, porém os resultados apresentados não demonstram interferências significativas, tendo em vista que é característica típica das águas subterrâneas terem o pH um pouco abaixo de 6,0, como foi o caso de algumas amostras. .

6. CONCLUSÃO

Este estudo procurou mostrar a variação da qualidade da água durante quatro períodos, entre os anos de 2013 e 2014, em determinados pontos do território municipal de Juazeiro do Norte, onde foram fornecidos dados pela CAGECE (Companhia que faz a distribuição e tratamento da água para a população local) referentes à análises físico-químicas de 19 Parâmetros, distribuídos entre 33 Poços Tubulares, somando um total de 124 amostras.

Através da classificação iônica usando o diagrama de Piper, as águas indicaram a existência de 11 tipologias, com a predominância de bicarbonatada mista para todos os períodos.

De acordo com os dados estatísticos, o pH foi o único parâmetro que apresentou variações significativas ao nível de 5% de probabilidade, tanto espacial como temporal. E o Nitrato foi o único que apresentou variações com todos os poços em nível de significância entre 1% e 0,1%.

O Nitrato em alguns poços exibiu valores bastante elevados em relação a outros. Pôde-se observar, através deste fato, que estes poços com índices elevados se localizavam bem próximos e que possivelmente, acredita-se que esta região possa estar sendo contaminada por ações antrópicas, já que este íon se forma a partir da decomposição de matérias biológicas e o município não é detentor de uma rede de coleta e saneamento o que possivelmente venha a contribuir para esse fato.

O P16 foi o poço que mostrou piores índices de qualidade de água potável. Relacionando aos VMPs da Portaria 2914/11 MS, este poço obteve valores acima dos permitidos para água de consumo humano em determinados períodos em comparação aos parâmetros STD, Turbidez, CE, Nitrito, Ferro (nos 4 períodos) e Manganês (maio/2014), considerada impossibilitada sua distribuição a população devido a péssima qualidade, principalmente pelo excesso de ferro observado até 7,0mg/L.

Por fim, pode-se concluir que a água do aquífero de Juazeiro do Norte - CE é de boa qualidade para consumo humano, porém algumas áreas encontram-se provavelmente contaminadas por apresentarem alto teor de nitrato, possivelmente, devido às ações antrópicas ou até mesmo a falta de saneamento básico, presença forte de ferro e manganês na região certamente também ocorra devido a instalação de grandes indústrias de galvanoplastia presentes no município.

REFERÊNCIAS BOBLOGRÁFICAS

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. (2008). *Educação/Águas subterrâneas, o que são?* Disponível on-line em <www.abas.org/educacao.php>. Acesso 13 de janeiro de 2015.

ABNT - NBR 9896 (1993) - *Glossário de poluição das águas*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Brasília, agosto/2002. Disponível em: http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/infoHidrologicas/projetos_aguaSubt> Acesso em 21/03/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2005a. *Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*. Brasília. Disponível em: 30 de jan. de 2015 <<http://www.ana.gov.br/sprtew/recursoshidricos.asp> >

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2005b. *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília. Disponível em: 30 de jan. de 2015 <<http://www.ana.gov.br/sprtew/recursoshidricos.asp> >

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS / ANA. *Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água. Estudo Técnico de Apoio ao Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm. 2007>. Acesso em: 09 de jan. de 2015. Agência Nacional de Águas. Brasília. 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). *Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos / Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*. -- Brasília: ANA, 2011.

AMBIENTE, Brasil. Apresenta artigos, entrevistas, colunas e trabalhos científicos relacionados ao meio ambiente. [200-]. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acessado em: 12 de janeiro de 2015.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Água: tratamento e qualidade*. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1964. 465p.

ARAÚJO, J.C.; SANTAELLA, S.T. Gestão da Qualidade. In: *Gestão das Águas*. Nilson Campos e Ticina Studart (Edit.). Porto Alegre, RS: ABRH. 2. ed. 242 p. 2001.

BAUDISOVA, D. *Evaluation of E. coli as the main indicator of faecal pollutin*. Water Science and Technology, Oxford, v.35, n.11, p.333-338, 1997.

BRANCO, S. M. *Poluição*. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1972. 157p.

BRANCO, S.M. A água e o Homem. In: PORTO, R.L.L. (Org) *Hidrologia Ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.3), 1991.

BRASIL. Decreto n. 97.632 - 10 abr. 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental no Artigo n° 1. Disponível em : <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso em 07 de Janeiro de 2015.

BRASIL. Resolução CNRH n° 15 de 11 de janeiro de 2001. *Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas*. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso em 07 de Janeiro de 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 396, de 03 de abril de 2008. *Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências*. Brasília, DF, 2008 b.

BRASIL. *Ministério da Saúde*. Portaria 2914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, 14 de dezembro de 2011. Seção V. p. 32.

CAJAZEIRAS, CLÁUDIO CÉSAR DE AGUIAR. *Qualidade e Uso das Águas Subterrâneas e a Relação com Doenças de Veiculação Hídrica*, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia, Fortaleza, 2007. 131 f. il

CARR, G.M. AND J.P. NEARY. (2008). Water Quality for Ecosystem and Human Health, 2nd Edition. United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System. Retrieved 14 July 2009, from http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water_quality_human_health.pdf.

CCE - Comissão das Comunidades Europeias. 2003. *Proposta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho Relativa à Protecção das Águas Subterrâneas Contra a Poluição*. Bruxelas. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0550:FIN:PT:DOC>> Acesso em: 20 Jan. 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo. 2001 / 2003. CETESB, 2004a. 106 p.

CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Hídricos. *Atlas Digital dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Juazeiro do Norte*. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

CORSEUIL, H.X. & ALVAREZ, P.J.J. Natural bioremediation perspective for BTEX - Contaminated groundwater. In: *Brazil: effects of ethanol*. Wat. Sci. Tech. v.34, n. 7-8, 1996. p.311-318.

COSTA, MIRELLA LEÔNICIO MOTTA. *Estabelecimento de Critérios de Outorga de Direito de Uso para Águas Subterrâneas*, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande. Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), Campina Grande, 2009. 119 f.

D'ÁGUILA O. S.; ROQUE O. C. C.; MIRANDA C. A. S.; FERREIRA A. P. *Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu*. v.16, n.3. Cad. Saúde Pública, 2000. p.791-798.

DERÍSIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 1ed. São Paulo: CETESB, 1992.

DREWES, J.E. & FOX, P. (2000). *Effect of drinking water sources on reclaimed water quality in water reuse systems*. Water Environment Research 72, 3, 353-362.

FARIAS, M. S. S. *Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo*, Tese (Doutorado) – Universidade federal de Campina Grande. Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB - 2006. 153fl.

FEITOSA, F.A.C.; Manoel Filho, J. *Hidrogeologia: Conceitos e aplicações*. CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 1997.

FEITOSA, F.A.C.; Manoel Filho, J. *Hidrogeologia: Conceitos e aplicações* 2ª Ed. CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 2000.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; e DEMETRIO, J. G. A. (Coordenadores). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: CPRM - LABHID, 3ª Ed, 812p, 2008.

FIGUEIREDO, M. A. - Vegetação. In: *Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará*. Fortaleza, 1997. p. 28- 29.

FREITAS, M.B; BRILHANTE, O.M; ALMEIDA, L.M. *Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio*. Cad Saude Publica 2001; 17(3):651-660.

FREITAS, V. P. S. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. In: *Revista Instituto Adolfo Lutz*, Campinas, v.61, n.1, p. 51-58, 2002.

HESPANHOL, I. Manejo integrado dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. *Gestão da água no Brasil*. Cap. 2. Brasília. Ed. Unesco p27-39. 2001.

HIRATA, R, ZOBBI, J., FERNANDES, A. & BERTOLO, R. 2006. *Hidrogeología del Brasil: una breve crónica de las potencialidades, problemática y perspectivas*. Boletín Geológico y Minero 217(1): 25-36.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2004*. Disponível em: <[http:// www2.Ibge.gov.br/pub/](http://www2.ibge.gov.br/pub/)> Acesso em: 18 janeiro 2015.

LEITÃO, S. M. *A Visão da Água: O Desafio do Milênio*. Ecolatina 2001. Belo Horizonte, MG, 2001.

LEGISLAÇÃO BÁSICA. / *Agência Nacional de Águas*. - 2. ed. - Brasília : ANA, 2007. 336 p. + anexos. ISBN: 978-85-89629-32-4.

MAGALHÃES JUNIOR, A.P. A situação do monitoramento das águas no Brasil - Instituições e iniciativas. RBRH.- *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol.5,nº3,jul/set.2000,p.113-115.Porto Alegre/RS:ABRH,2000.

MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. In: *Revista Saúde Pública*, v.25, p.47-52, 1991.

MARTINS NETTO, J.P.G.; DINIZ, H.N.; JOROSKI, R.; OKAMOTO, F.S.; FRANÇA, V.C.Ç TANAKA, S.E.; SILVA, V.H.A. A ocorrência de fluoreto na água de poços da Região Metropolitana de São Paulo e novas tecnologias para sua remoção. In: *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 13. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.

MATTHEUS, G. *The Properties of Groundwater*. New York, John Wiley & Sons, 1982. 406p.

MERTEN, G. H. ; MINELLA, Jean Paolo Gomes. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 3, n.4, p. 33-38, 2002.

MOREIRA, Celina Maria Dutra. *Aspectos Qualitativos da Água Subterrânea no Campus da UFSM, Santa Maria – RS*. Dissertação (Mestrado) - UFSM, RS- 2005.

OLIVEIRA, T. M. *Diagnóstico da qualidade físico-química e biológica dos afluentes da bacia do alto rio Pirapó*. Dissertação (Mestrado) - UEM, Maringá, PR, 2004.

OMS (2001) - “Water and Sanitation” - Fact sheet number 112 (acessado em: 07 de jan de 2015 no site: <http://www.who.int/inffs/en/fact112.html>).

PACHECO, A. *Cemitério e Meio Ambiente*. 2000. 102f. Tese (Livre Docência)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PÁDUA, V. L. (Coord.) *Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 392p. Projeto PROSAB.

PHILIPPI, A.JR; ROMERO M. A.;BRUNA, G.C. *Curso de gestão ambiental*. Barueri,SP: Manole, 2004.

PINTO, Fernanda de Rezende. *Qualidade da água em propriedades rurais da microbacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal – SP*, Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011, 123 f.

REVENGA, C., J. BRUNNER, N. HENNINGER, K. KASSEM, AND R. PAYNE. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems*. World Resources Institute: Washington D.C. Retrieved January 08, 2015 from at <http://www.wri.org/wr2000>.

RICHTER, C. A., NETTO J. M. A. *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 332p.

SARTORY, D. P; DAWSON, D. J. *Microbiological safety of water*. British Medical Bulletin, v.56, n.1, p.74-83, 2000.

SILVA, C.A.R., 2004, *Análises físico-químicas de sistemas marginais marinhos*. Interciências, Rio de Janeiro, 118p.

SCURACCHIO, P. A. *Qualidade da Água Utilizada para Consumo em Escolas no Município de São Carlos - SP*. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Farmacêuticas- programa de pós Graduação em alimentos e Nutrição. Araraquara, SP- 2010, 57f.

SOUZA, J. R. de.; MORAES, M. E. Bruck de.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G.; *A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia*, Brasil. REDE - Revista Eletrônica do Prodepa, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014, Fortaleza, Brasil, ISSN: 1982-5528.

TORRES, D. A. G. V. CHIEFFI P.P.; COSTA W. A.; KUDZIELICS E. *Giardíase em creches mantidas pela prefeitura do município de São Paulo*, 1982/1983. Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo, v.33, p. 137- 141, 2000.

TIBURTIUS, E.R.L., PERALTA-ZAMORA, P.P, LEAL, E.S. *Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados*. Quim. Nova, v. 27, n.3, p. 441-446, 2004.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e do tratamento de esgotos*. 2 ed. Minas Gerais: UFMG, 1996. 243p.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuais: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Belo Horizonte: DESA/UFMG. v.1, 2.ed. 1996. 243p.

ZOBY, J.L.G. & MATOS, B. *Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos*. In: *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 12. Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.

ZOBY, J.L.G. *Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*. In: *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 15. Natal: ABAS, 2008. CD-ROM.