

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

LAÍSA THAYSE GOMES DE MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO DOS
BANCÁRIOS EM JOÃO PESSOA – PB**

João Pessoa, PB

2018

LAÍSA THAYSE GOMES DE MEDEIROS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO DOS
BANCÁRIOS EM JOÃO PESSOA – PB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba como pré-
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde
Júnior

João Pessoa, PB

2018

M488a Medeiros, Laísa Thayse Gomes de

Avaliação Da Qualidade Da Água Subterrânea na Região dos Bancários em João Pessoa. / Laísa Thayse Gomes de Medeiros. – João Pessoa, 2018.

44f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior.
Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) Campus I
- UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. 1 Qualidade, Água, Parâmetros, Abastecimento Humano.
I. Júnior, Gilson Barbosa Athayde. II. Título.

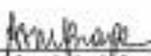
UFPB/BC

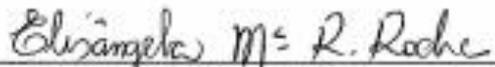
FOLHA DE APROVAÇÃO

LAÍSA THAYSE GOMES DE MEDEIROS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO DOS BANCÁRIOS EM JOAO PESSOA - PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 16/10/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

 _____ Gilson Barbosa Athayde Júnior Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 _____ Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 _____ Alina Flávia Nunes Remígio Antunes Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>



Profª. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Profª Elisângela M. R. Rocha
Coord. CCGEAM/CT/UFPB
Mat. SIAPE 1821373

RESUMO

A água desempenha um papel essencial para a sobrevivência humana e de outras espécies no planeta, assim como para o desenvolvimento das sociedades. As águas subterrâneas são as fontes alternativas mais procuradas para suprir a demanda do abastecimento humano, pois, em geral, possuem uma qualidade conveniente, devido ao solo funcionar como um filtro natural para sua purificação. Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade das águas subterrâneas na região dos Bancários em João Pessoa – PB, tendo como referência a Portaria de Consolidação nº 05/2017 acerca dos padrões de potabilidade, assim como na Resolução CONAMA nº 396/2008 que trata da classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas de acordo com os seus usos preponderantes. A pesquisa desenvolvida possui caráter exploratório e qualitativo, partindo de dados de 26 análises físico-química e bacteriológica de água fornecidos por 05 condomínios residenciais situados na região dos Bancários, mais especificamente nos bairros Jardim Cidade Universitária, Jardim São Paulo e Água Fria. O proposto trabalho apresenta os resultados através de gráficos para os parâmetros físico-químicos avaliados (cloreto, acidez, pH, cor, dureza total, turbidez, sólidos totais dissolvidos), enquanto que a análise de variância foi realizada pelo método GT-2, com nível de significância de 5%. A pesquisa também explana sobre análises bacteriológicas dos aludidos poços estudados. Os resultados obtidos foram verificados por inspeção visual dos gráficos, como também pela análise de variância (pelo método GT-2) para comparação das médias dos poços, em um período global de 2012 a 2018, o que evidenciou que não existe diferença significativa do ponto de vista estatístico entre as médias dos poços, estando as amostras dentro dos padrões estabelecidos pelas legislações supracitadas, com exceção de algumas amostras para o parâmetro de pH.

Palavras-chave: Qualidade, Água, Parâmetros, Abastecimento Humano.

LISTA DE SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas
ANA	Agência Nacional das Águas
CAGEPA	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVO GERAL	10
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	11
3.1. ASPECTOS LEGAIS ACERCA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	12
3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	14
3.2.1. Parâmetros para Qualidade de Águas	17
3.2.1.1. Cor	17
3.2.1.2. Turbidez	17
3.2.1.3. Sólidos.....	18
3.2.1.4. pH.....	18
3.2.1.5. Dureza	19
3.2.1.6. Cloretos	19
3.2.1.7. Acidez	19
3.2.1.8. Coliformes Totais e Escherichia Coli.....	20
3.3. FONTES DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	21
3.4. CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	22
4. METODOLOGIA	23
4.1. METODOLOGIA DAS ANÁLISES	25
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	25
4.2.1. Clima	25
4.2.2. Hidrogeologia	26
4.2.3. Distribuição Espacial dos Poços	26
RESULTADOS	30
5.1. COR	30
5.2. TURBIDEZ	31
5.3. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD).....	32
5.4. PH.....	33
5.5. DUREZA TOTAL	34
5.6. CLORETOS.....	36

5.7. ACIDEZ	37
5.8. COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI.....	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

O papel essencial da água para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento das sociedades é de conhecimento geral, tendo influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano, das atividades econômicas e manutenção dos ecossistemas. Cada vez mais a sociedade tem se preocupado com a problemática do meio ambiente, mais especificadamente da água, por se tratar de um bem natural responsável pela sobrevivência da espécie humana.

O uso não racional da água e a contaminação dos corpos hídricos por fontes antrópicas vem rapidamente comprometendo a boa qualidade e reduzindo a oferta de águas superficiais no planeta, fazendo com que os indivíduos busquem fontes alternativas para o abastecimento humano. As águas subterrâneas são as fontes alternativas mais procuradas para suprir a demanda do abastecimento, pois em geral, possuem uma qualidade conveniente, devido ao solo funcionar como um filtro natural para sua purificação. Na maioria das vezes, faz-se necessário apenas um processo de desinfecção para sua adequação ao consumo humano.

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, 2018), água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.

Para o direito do uso das águas, o órgão competente concede a outorga. Na Paraíba, atualmente, este órgão é a AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas, o qual possui um cadastro de 564 outorgas (maio/2017) de uso de água de poço para abastecimento público, uso comercial e industrial, vigentes e vencidas na cidade de João Pessoa. A concessionária de abastecimento público da cidade, a CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, conta com 30 poços cadastrados na AESA, com um volume anual outorgado de 251.846.39 m³.

É certo que precisamos de água para consumo de boa qualidade. Em virtude disso vem surgindo legislações que visam dar harmonia entre o ser humano e o meio ambiente e campanhas de conscientização para que haja um uso consciente de tal bem natural, tentando

propiciar uma boa qualidade de vida para a presente e futuras gerações, conforme preceitua o conceito de Desenvolvimento Sustentável.

O bom funcionamento dos sistemas ambientais depende de medidas e ações para ser alcançado, para tanto, a gestão funciona como um importante instrumento para atingir este objetivo. Ressalta-se arcabouço legal de gestão de águas pertinentes no Brasil: Lei Federal nº 9.433 de 1997 a qual institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos; Resolução de nº 15/2001 do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos que trata da gestão das águas subterrâneas; Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de nº 396/2008 a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas de acordo com os seus usos preponderantes; Portaria de Consolidação de nº 05 do Ministério da Saúde, a qual estabelece valores máximos permitidos de parâmetros da água para consumo humano.

O aumento do uso das águas subterrâneas, atrelado à urbanização e ao crescimento populacional, interfere na sua qualidade, devido a ações antrópicas que contaminam o solo e a água alterando suas características naturais. Com esta percepção o presente Trabalho de Conclusão de Curso avalia uma série temporal de dados acerca de parâmetros indicadores de qualidade de águas na região dos Bancários na cidade de João Pessoa – PB, a fim de verificar o atendimento aos padrões de potabilidade para consumo humano. Contudo, preservando a saúde da população atendida por esta fonte de abastecimento.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade das águas subterrâneas da região dos Bancários na cidade de João Pessoa – PB, utilizando dados primários de análises físico-química e bacteriológica de águas em pontos selecionados.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para a obtenção do objetivo geral, os objetivos específicos estabelecidos foram:

- i. Verificar o atendimento dos parâmetros avaliados com a legislação vigente no país, com embasamento na Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 do Ministério da Saúde, como também a Resolução CONAMA nº 396/2008 para enquadramento nas classes de uso para consumo humano;
- ii. Avaliar os parâmetros que sofreram alteração ao longo dos anos avaliados.
- iii. Identificar possíveis diferenças nos parâmetros avaliados entre os poços estudados;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água é encontrada em nosso planeta de diversos modos, e é um bem natural renovável que tem sua manutenção através do ciclo hidrológico. O referido ciclo tem seu funcionamento por meio da evaporação de mares, rios, lagos e plantas, formando nuvens, em seguida ocorrendo a precipitação que ao atingir a superfície terrestre, escoar superficialmente ou infiltra no solo.

Por sua vez, as águas subterrâneas são contidas no subsolo devido ao excedente das águas de chuva, armazenadas em aquíferos, os quais funcionam como um reservatório subterrâneo de água. Este reservatório é alimentado após a precipitação, onde parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos extremamente variáveis, decorrentes de muitos fatores como porosidade do subsolo, cobertura vegetal, inclinação do terreno e tipo de chuva.

Durante a infiltração, uma parcela da água sob a ação da força de adesão ou de capilaridade fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a zona não-saturada, esta é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água. Outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada, que é a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água. As águas atingem esta zona por gravidade, através dos poros ou fraturas até alcançar uma camada impermeável (ABAS, 2018).

Os aquíferos são uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que armazena água em seus poros ou fraturas. Os aquíferos podem ter duas formas de ocorrência quanto à pressão (Figura 01):

- ✓ Aquíferos livres: é aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável (ABAS, 2018);
- ✓ Aquíferos confinados: é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis (ABAS, 2018);

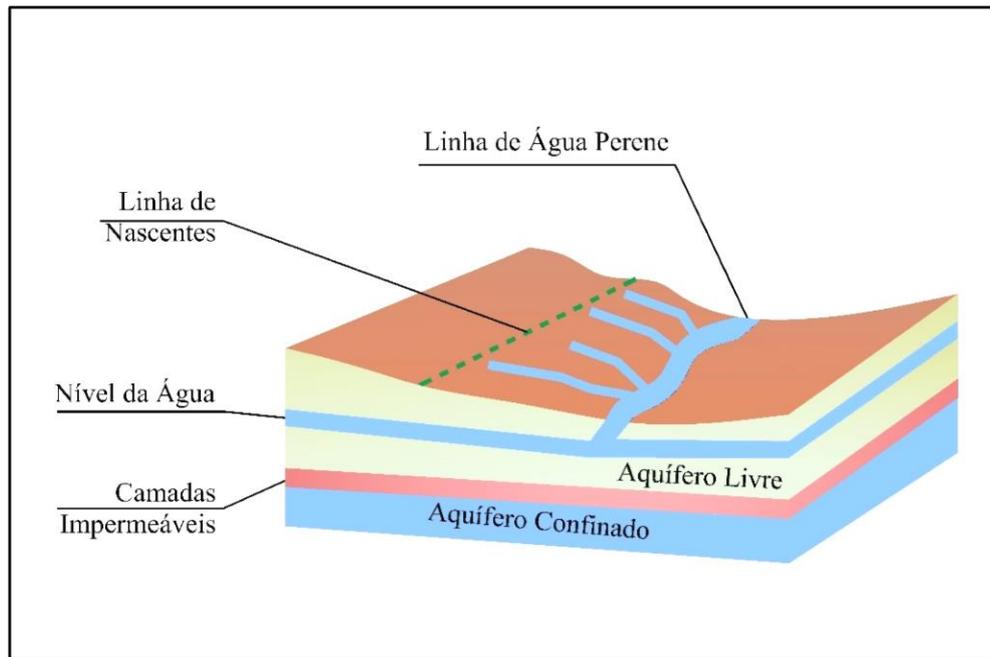


Figura 01. Esquema dos tipos de aquíferos.
Elaborado pela autora.

3.1. ASPECTOS LEGAIS ACERCA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água é um recurso indispensável à vida e ao desenvolvimento de uma sociedade. Para tanto, se faz necessária a construção de uma série de ferramentas e instrumentos legais visando uma gestão adequada do recurso, assegurando sua boa qualidade e um consumo racional. O primeiro marco legal no Brasil pertinente a gestão de águas, tiveram início das discussões na década de 1930, quando foi instituído o Código das Águas pelo Decreto de nº 24.643 de 1934.

Em 1997, a Lei Federal de nº 9.433 instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) a qual tem como um dos objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”, onde uma de suas diretrizes é “a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade”. Com o objetivo de regular e fazer cumprir a supracitada lei, foi criada a Agência Nacional de Águas (ANA) pela lei federal de nº 9.984 de 2000.

A PNRH tem como um instrumento “o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água”. Para regulamentar este item temos a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de nº 396 de 2008 a qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Esta, classifica as águas subterrâneas em 6 classes conforme o seu uso a que forem enquadradas e determina limites para os parâmetros de qualidade. Neste sentido, a resolução define enquadramento como o estabelecimento de metas de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH no uso de suas atribuições instaurou algumas resoluções inerente a águas subterrâneas. Estas são:

- ✓ A Resolução nº 15/01: “estabelece diretrizes gerais para a gestão de água subterrânea”, esta, dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água subterrâneos, os quais devem-se considerar as características hidrogeológicas dos aquíferos, visto que essas características alteram a composição da água;
- ✓ A Resolução nº 16/01: “Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos.” A outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado previamente ou mediante o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes. A concessão máxima do direito ao uso da água é de 5 anos, como previsto na PNRH;
- ✓ A Resolução nº 91/08: “dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos” institui que a concepção da proposta do enquadramento deve analisar a associação das águas superficial e da subterrânea de forma integrada;
- ✓ A Resolução nº 92/08: “considera a necessidade de promover a utilização racional das águas subterrâneas e sua gestão integrada com as águas superficiais, de forma sustentável”, estabelecendo critérios para a proteção e conservação das águas subterrâneas.

A Portaria de Consolidação de nº 05 de 2017 do MS prevê que toda água destinada para consumo humano proveniente de solução alternativa coletiva de abastecimento de água,

deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água, já a água proveniente de solução alternativa individual está sujeita a esta vigilância. A Portaria determina que a água para consumo humano deve estar em conformidade com os padrões de potabilidade previstos em uma lista de parâmetros com seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP).

No tocante a esfera estadual, a Paraíba conta com a Lei de nº 8.466 de 2007 que dispõe da Política Estadual de Recursos Hídricos, a qual visa a conservação dos recursos hídricos do estado. Nesta lei está disposto que compete ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos aprovar o enquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderante com base nas propostas dos órgãos e entidades que compõem o Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, bem como, estabelecer os critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso e definir os valores a serem cobrados.

No ano de 2005, a AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba foi criada pela lei estadual de nº 7.779, onde, segundo a citada lei, “São objetivos da AESA, o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais de domínio do Estado da Paraíba, de águas originárias de bacias hidrográficas localizadas em outros Estados que lhe sejam transferidas através de obras implantadas pelo Governo Federal e, por delegação, na forma da Lei, de águas de domínio da União que ocorrem em território do Estado da Paraíba”. Desse modo, as outorgas do direito ao uso da água, assim como a licença para obras hídricas, no estado da Paraíba, são emitidas pela AESA.

3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Conforme Leal (1999), a qualidade das águas subterrâneas é influenciada pela composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas.

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas que as armazenam. A qualidade da água subterrânea, portanto, é decorrente de processos físicos, químicos e biológicos que determinam uma grande variedade de substâncias presentes na água, decorrentes principalmente dos tipos litológicos. A atividade antropogênica, que origina principalmente cargas poluidoras pontuais domésticas e industriais e cargas difusas de origem urbana e rural, também pode influenciar na qualidade das águas subterrâneas. (CETESB, 2016).

A qualidade das águas também depende do meio ao qual o corpo d'água está inserido, devido a existir fontes diversas de poluição que tendem a alterar as características naturais da água. As fontes de poluição podem ser oriundas de atividades comerciais, domésticas e/ou industriais.

A finalidade do uso da água define os seus padrões de qualidade. Para tanto, ocorre o enquadramento em classes, onde a classe mais rigorosa com os requisitos é a para consumo humano, que estabelece um conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, os padrões de potabilidade.

O conjunto de ações produzidas pelas atividades humanas ao explorar os recursos hídricos para expandir o desenvolvimento econômico e a urbanização, além de fazer frente às demandas industriais e agrícolas somadas ao crescimento da população afetam diretamente e tendem a um único caminho, a degradação da qualidade e quantidade da água (TUNDISI; TUNDISI, 2011).

De acordo com WREGE (1997), as águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam o seu uso mais vantajoso em relação ao das águas dos rios:

- ✓ São filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos convencionais;
- ✓ Necessitam de custos menores como fonte de água;
- ✓ Apresentam grande proteção contra agentes poluidores;
- ✓ Possibilitam a implantação de projetos de abastecimento à medida da necessidade.

Conforme a Resolução CONAMA 396/2008 as águas subterrâneas são classificadas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

A qualidade de água subterrânea é utilizada como critério a ser considerado na solicitação da outorga do direito ao uso da água, tendo em vista o uso proposto para a água a ser captada e a classe em que estiver enquadrado o aquífero. Tal qualidade depende de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, como por exemplo, os sólidos totais dissolvidos (STD), os coliformes termotolerantes e os nitratos. Dependendo dos valores encontrados para diversos outros parâmetros é possível estabelecer as classes de águas subterrâneas (COSTA, 2009)

O critério de outorga de qualidade de água supracitado refere-se ao teor de qualidade da água captada no aquífero a certa profundidade, diferentemente da outorga qualitativa, a qual se relaciona com a qualidade da água a ser lançada no corpo hídrico receptor (COSTA, 2009).

Sendo assim, dependendo da classe em que estiver enquadrada a água subterrânea e do uso a que se pretende dar a ela, faz-se necessário tratamento adequado para torná-la passível de utilização. Salienta-se que uma água subterrânea de Classe 5 nunca poderá ser outorgada para abastecimento humano, visto que estas são destinadas a atividades que não possuam requisitos de qualidade para uso (COSTA, 2009).

O órgão gestor deverá avaliar com minúcia a análise da qualidade de água subterrânea (na profundidade solicitada) anexada pelo requerente e confrontá-la com o enquadramento naquele aquífero ou porção de aquíferos. A presença de metais pesados deve ser observada e sempre negada a outorga para uma captação que apresente estes compostos (COSTA, 2009).

Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial e subterrâneo, devem coletar amostras semestrais da água bruta, no ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana, conforme Portaria de Consolidação nº 05/2017 (Ministério da Saúde, 2017).

3.2.1. Parâmetros para Qualidade de Águas

A qualidade da água pode ser avaliada através de parâmetros tais como:

- ✓ **Parâmetros Físicos:** Cor, turbidez, sólidos;
- ✓ **Parâmetros Químicos:** pH, dureza total, nitrogênio nitrato, cloreto;
- ✓ **Parâmetros Microbiológicos:** Escherichia coli, coliformes termotolerantes, coliformes totais.

3.2.1.1. Cor

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferior a 1 μm – denominadas coloides – finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). Corpos d'água de cores naturalmente escuras são encontrados em regiões ricas em vegetação, em decorrência da maior produção de ácidos húmicos (FUNASA, 2014).

3.2.1.2. Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez. A turbidez dos corpos d'água é particularmente

alta em regiões com solos erosivos, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo (FUNASA, 2014).

A turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação. Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez pode ser bastante baixa. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode, também, ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (FUNASA, 2014).

3.2.1.3. Sólidos

Os sólidos presentes na água podem ser: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). Sólidos em suspensão são as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} μm e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos) (FUNASA, 2014).

3.2.1.4. pH

O potencial hidrogênio (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). É calculado em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). O valor do pH contribui para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (FUNASA, 2014).

As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações. Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se, geralmente, na faixa de 6 a 9 (FUNASA, 2014).

3.2.1.5. Dureza

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio e, em menor escala, ferro, manganês, estrôncio e alumínio. A dureza pode ser classificada como dureza carbonato ou dureza não carbonato, dependendo do ânion com o qual ela está associada (FUNASA, 2014).

A dureza carbonato corresponde à alcalinidade, estando, portanto em condições de indicar a capacidade de tamponamento de uma amostra de água. A origem da dureza das águas pode ser natural (por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais). A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio e pode ser classificada em mole ou branda: < 50 mg/L de; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de; e muito dura: >300 mg/L (FUNASA, 2014).

Águas de elevada dureza reduzem a formação de espuma, o que implica em um maior consumo de sabões e xampus, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação dos cátions em altas temperaturas (FUNASA, 2014).

3.2.1.6. Cloretos

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas provenientes de solos e rochas. Nas águas superficiais são fontes de descargas de esgotos sanitários, visto que a urina humana expele substâncias contendo cloreto. Diversas indústrias apresentam efluentes com altas concentrações de cloretos, as principais fontes industriais são as petroquímicas, farmacêuticas e curtumes, outra fonte é a intrusão salina nas regiões costeiras (PAVELI; KATO, 2006).

3.2.1.7. Acidez

Acidez de uma água pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com uma base forte até um valor definido de pH, devido à presença de

ácidos fortes (ácidos minerais: clorídrico, sulfúrico, etc.), ácidos fracos (orgânicos: ácido acético, por exemplo, e inorgânicos: ácido carbônico, por exemplo) e sais que apresentam caráter ácido (sulfato de alumínio, cloreto férrico, por exemplo) (PIVELI, 2018).

O gás carbônico é um componente habitual da acidez das águas naturais. Portanto, embora o gás carbônico não chegue a provocar profundas condições de acidez nas águas, é um componente importante por estar sempre presente, mediante sua dissolução na água proveniente da atmosfera, por diferença de pressão parcial (Lei de Henry) ou por resultar, em caso de águas poluídas, da decomposição aeróbia ou anaeróbia da matéria orgânica (PIVELI, 2018).

3.2.1.8. Coliformes Totais e Escherichia Coli

O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos ou não, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Os coliformes termotolerantes constitui um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais, este grupo compreende o grupo Escherichia (VON SPERLING, 1996).

A Escherichia coli é a principal bactéria do grupo termotolerantes, sendo abundante nas fezes humanas e de animais. É encontrada nos esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. É a única que dá garantia de que a contaminação é fecal, porém não dá garantia de que a contaminação seja humana (FAGUNDES, 2010).

De acordo com a Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 do Ministério da Saúde, as águas para consumo humano devem apresentar nos resultados da amostra para análise, uma ausência em 100 mL de coliformes totais e Escherichia coli.

3.3.FONTES DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A qualidade das águas subterrâneas é alterada por fatores antrópicos e naturais. A contaminação direta e indireta das águas subterrâneas advém de 9 principais fontes (MMA, 2007). As fontes diretas são:

- ✓ Deposição de resíduos sólidos no solo: os resíduos sólidos no processo de degradação, produzem um líquido chamado chorume, este com alta carga de contaminantes (metais pesados, assim como patógenos), infiltra-se no solo, conseqüentemente contaminando as águas subterrâneas do local. Embora grande parte dos resíduos gerados possa ser reduzida através de reciclagem de materiais e por incineração, o método básico de armazenagem desses resíduos continua sendo os aterros sanitários (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000);
- ✓ Esgotos e fossas: os efluentes lançados com ausência de tratamento diretamente em corpos d'água e no solo, assim como rachaduras nos coletores de esgoto e fossas sépticas mal projetadas acarretam na poluição do solo e das águas. O uso generalizado de fossas sépticas deve ser gradativamente substituído por redes coletoras de esgotos, para atenuar a quantidade de cargas contaminantes depositadas no subsolo que, mesmo assim, ainda podem liberar uma significativa quantidade no aquífero mais profundo oriundos das décadas anteriores (FOSTER et al., 2006);
- ✓ Atividades agrícolas: o uso de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura são responsáveis por contaminar solo e as águas subterrâneas devido a composição destes produtos que contém compostos orgânicos, nitratos, sais e metais pesados, ademais a irrigação expande essa contaminação. A presença de pesticidas nos mananciais destinados ao consumo humano implica em elevados custos de tratamento, possíveis incidências toxicológicas e proibição do uso da água (HILDEBRANDT et al., 2008).
- ✓ Mineração: Nesta atividade ocorre geração de rejeitos (líquidos ou sólidos) na extração de minérios que quando mal gerenciados e dispostos impropriamente contaminam os aquíferos.
- ✓ Vazamento de substâncias tóxicas: Esta contaminação acontece quando ocorre vazamentos de tanques em postos de combustíveis, oleodutos e gasodutos, além de acidentes no transporte de substâncias tóxicas, combustíveis e lubrificantes;

- ✓ Cemitérios: A contaminação de águas subterrâneas por cemitérios está relacionada à alteração da qualidade química das águas e à presença de microrganismos existentes nos corpos em decomposição (ZOBY, 2008).

Por outro lado, as formas mais comuns de contaminação indireta são (MMA, 2007):

- ✓ Filtragem vertical descendente: poluição de um aquífero mais profundo pelas águas de um aquífero livre superior (que ocorre acima do primeiro).
- ✓ Contaminação Natural: provocada pela transformação química e dissolução de minerais, podendo ser agravada pela ação antrópica (aquela provocada pelos seres humanos), por exemplo, a salinização, presença de ferro, manganês, carbonatos e outros minerais associados a formação rochosa.
- ✓ Poços mal construídos e/ou abandonados: poços construídos sem critérios técnicos, com revestimento corroído/rachado, sem manutenção e abandonados sem o fechamento adequado (tamponamento), podem constituir vias importantes de contaminação das águas subterrâneas.

A legislação vigente no Brasil acerca da conservação dos recursos naturais, dispõe sobre o gerenciamento e manejo adequado das fontes de contaminação esplanadas neste trabalho, criminalizando a poluição de qualquer bem natural existente.

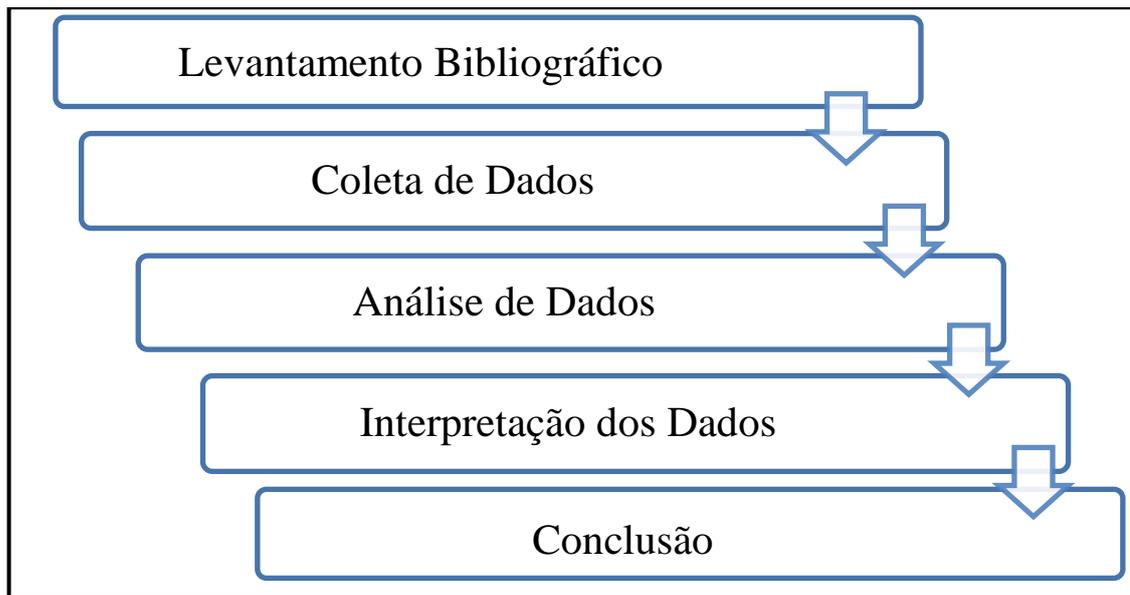
3.4.CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A captação de águas subterrâneas pode ser feita por diferentes tipos de obras. Para captações com profundidade de até 20 metros, podem ser realizadas por poços rasos, cacimba ou amazonas e cisternas; estas são obras simples que podem ser escavadas manualmente e costumam ter diâmetro grande (1 metro ou mais), sendo revestidos de tijolos ou anéis de concreto.

Contudo, o poço tubular é a forma mais adequada de captação, sobre a qual a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dispõe de normativos técnicos para assegurar a boa qualidade das águas subterrâneas, e assim, evitando a contaminação das mesmas. A ABNT/NBR nº 12.244/1990 trata da construção de poços para a captação de águas subterrâneas, a NBR nº 12.212/1992 estabelece critérios para o projeto de poço para captação de águas subterrâneas.

4. METODOLOGIA

A pesquisa realizada possui caráter exploratório e qualitativo, e partiu de dados de análises físico-químicas e bacteriológicas de água, fornecidos por condomínios residenciais situados na região dos Bancários na cidade de João Pessoa – PB. O fluxograma 1 resume as etapas do desenvolvimento da pesquisa.



Fluxograma 1. Etapas para o desenvolvimento da pesquisa.

Foi desenvolvida uma coleta dos dados de análises físico-química e bacteriológica, *in loco*, com síndicos dos condomínios que se disponibilizaram a fornecer os dados necessários para esta pesquisa. O fornecimento dos dados foi feito por 5 condomínios residenciais situados na região conhecida popularmente como Bancários, mais especificamente nos bairros de Jardim São Paulo, Cidade Universitária e Água Fria.

Os dados analisados referem-se a 26 análises físico-química e bacteriológica oriundas de 5 poços tubulares com finalidade para consumo humano. A desinfecção através da cloração é realizada como tratamento prévio a distribuição da água para a população atendida por cada poço. Todavia, 26,9% das análises foram realizadas com as amostras *in natura*, ou seja, previamente a desinfecção, desse modo 73,1% das amostras foram cloradas.

Estes dados foram plotados em gráficos utilizando o software Excel para 7 parâmetros físico-químicos que mostram a distribuição temporal dos dados analisados. Posteriormente, efetuou-se uma análise de correlação entre um dado parâmetro nos poços em estudo. A

comparação concomitante das médias dos parâmetros nos poços foi executada através da análise de variância utilizando o método GT-2, com nível de significância de 5%. De acordo com este método, os intervalos cujos limites se sobrepõem não têm médias significativamente diferentes entre si. Este método também é indicado para comparação entre amostras de tamanhos desiguais (SOKAL & ROHLF, 1981).

O método GT-2 possui como requisitos para ser aplicado o de mínimo 3 pontos, estes contendo no mínimo 3 dados. O resultado deste método é exposto em gráficos que expressam os intervalos de confiança de cada ponto.

A análise de variância é uma extensão do teste t de Student, para a situação na qual se quer fazer comparações entre mais de dois grupos de dados. Isto é feito através da comparação de duas estimativas de variância do conjunto de dados (VON SPERLING, 2005).

Os parâmetros físico-químicos avaliados neste trabalho estão descritos na Tabela 01, bem como os seus respectivos Valores Máximos Permitidos na Portaria de Consolidação nº 05/2017 e na Resolução CONAMA nº 396/2008. Dos parâmetros avaliados neste estudo, apenas os parâmetros cloreto, sólidos totais dissolvidos, coliformes totais e *Escherichia coli*, estão dispostos como relevantes para o enquadramento da água subterrânea na classe para o consumo humano.

Parâmetro	VMP Portaria de Consolidação 05/17	VMP CONAMA 396/08
Cloreto	250 mg/L	250 mg/L
Cor Aparente	15 uH	-
Dureza Total	500 mg/L	-
Turbidez	5uT	-
STD	1000 mg/L	1000 mg/L
pH	6 a 9	-
Acidez	-	-
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Escherichia Coli	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL

Tabela 01. Parâmetros estudados e seus VMP na Portaria de consolidação nº 05/2017 e CONAMA nº 396/2008.

De acordo com o artigo 12 da Resolução CONAMA nº 396/2008 os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características

hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente.

4.1.METODOLOGIA DAS ANÁLISES

As análises físico-químicas foram realizadas por 2 (dois) laboratórios distintos, os quais seguem as orientações contidas na publicação do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, WEF, AWWA, 2012)

A metodologia utilizada pelas empresas, no que diz respeito à análise bacteriológica de águas, é o método Colilert, que nos permite um teste qualitativo rápido de ausência ou presença de coliformes totais e *E. coli*.

4.2.CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

A região dos Bancários, fica localizada na cidade de João Pessoa, situada no litoral do estado da Paraíba. A área é predominantemente residencial com atividade comercial bem desenvolvida. Segundo o último Censo realizado pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, em 2010, a cidade conta com uma população de 723.515 habitantes, e, uma população estimada para 2018 de 800.323 habitantes.

4.2.1. Clima

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da cidade é o tropical úmido, com índices relativamente elevados de umidade do ar, e temperaturas médias anuais em torno dos 23 °C. O índice pluviométrico anual é superior a 2000 mm, concentrado entre os meses de abril e julho, sendo abril o mês de maior precipitação com chuva média de 350 mm (SILVA, 2017).

Segundo dados fornecidos pela AESA, a média de precipitação nos anos de 2012 até 2017 na região do litoral paraibano, foi de 1774,04 mm. A média da temperatura no inverno é de 24°C, e, no verão de 26°C.

O regime de chuva em João Pessoa, pode ser dividido em dois períodos: a pré-estação chuvosa, que corresponde aos três primeiros meses chuvosos do período (Fevereiro - Abril) e a quadra chuvosa que são os quatro meses (Maio - Agosto). O período seco, que apresenta

baixos índices pluviométricos, equivalente ao final do inverno, abarcando todo o período sazonal da primavera e início do verão entre os meses de Setembro e Janeiro (SILVA, 2007).

4.2.2. Hidrogeologia

João Pessoa apresenta os Latossolos, sobre os Tabuleiros Litorâneos, estruturas formadas pela esculturação da Formação Barreiras, que se estende por toda a área do município, sendo entrecortada pelos vales fluviais; os Argissolos, em áreas de relevo pouco mais acidentado; os Neossolos Quartzarênicos, nas faixas costeiras de praia; os Neossolos Flúvicos, às margens dos cursos d'água da região; e os Solos Indiscriminados de Mangue, ao longo dos rios até onde se faz sentir o fluxo e refluxo das marés. (TUMA 2004).

O Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco corresponde à bacia sedimentar homônima que ocorre entre o litoral sul de Pernambuco e proximidades de Natal (RN), perfazendo uma superfície próxima dos 10.700 km². O aquífero confinado da região de estudo é o Beberibe, e o aquífero livre é o Barreiras (LIMA et al. 2004).

O aquífero em análise neste estudo é o da Formação Barreiras, a qual ocupa quase a totalidade do território da cidade de João Pessoa, este possui uma espessura aproximada de 70 a 80 metros e apresenta-se aflorante em todo o litoral paraibano, tratando-se de um sistema aquífero livre. Constitui-se basicamente de sedimentos areno-argilosos que propicia o acúmulo de água em subsuperfície, nos espaços vazios entre os grãos que compõem a rocha (MENESES, 2011).

4.2.3. Distribuição Espacial dos Poços

A Figura 02 (dois) apresenta um mapa da cidade de João Pessoa – PB com a delimitação dos bairros do município e com ênfase nos bairros abordados neste estudo. A Figura 03 mostra a distribuição espacial dos 05 (cinco) pontos nos bairros estudados. Cabe destacar que nenhum dos poços está compreendido no bairro dos Bancários, ademais a região de estudo é tratada neste trabalho com esta denominação.

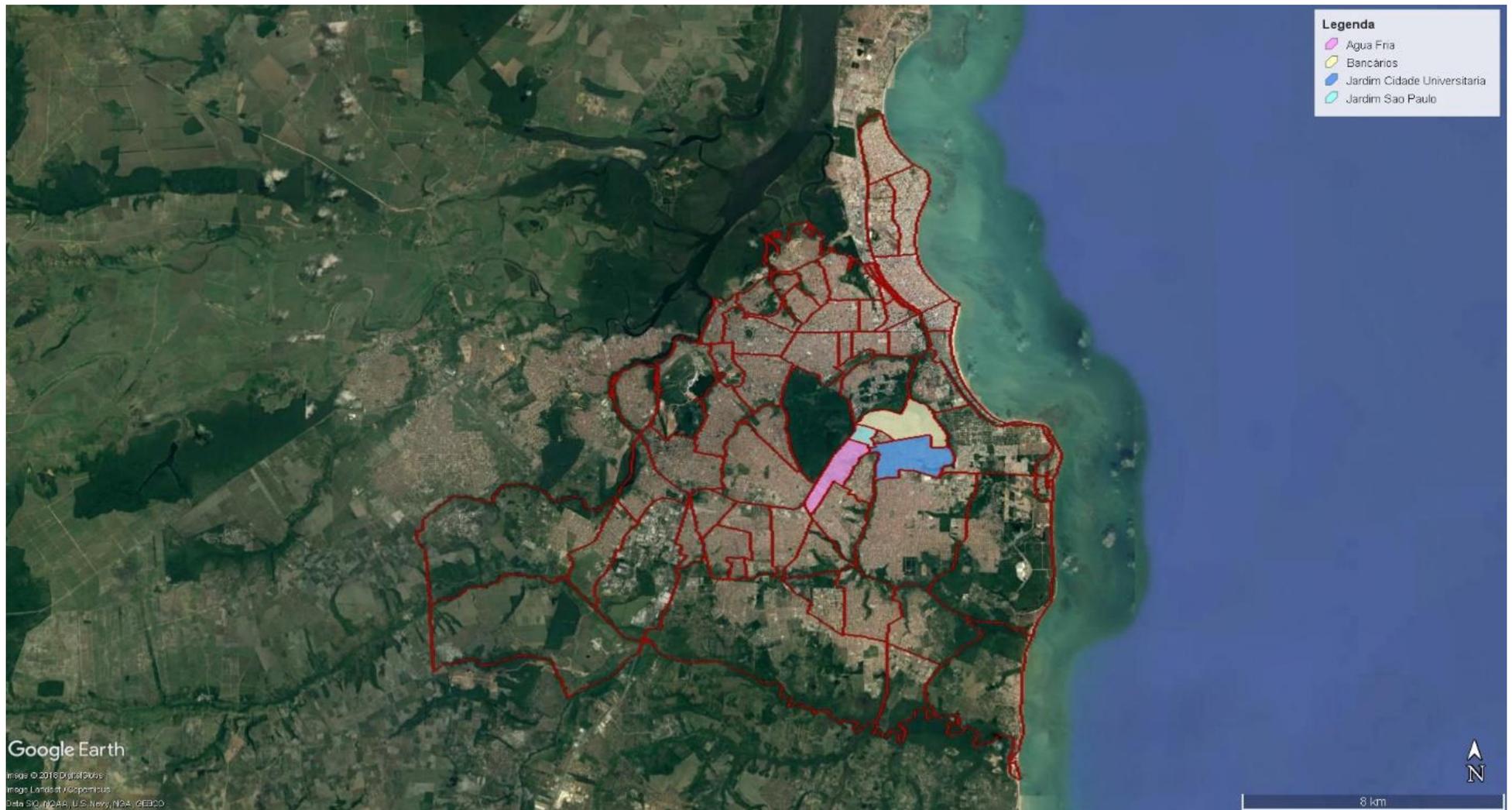


Figura 2. Mapa da cidade de João Pessoa com ênfase na área de estudo.

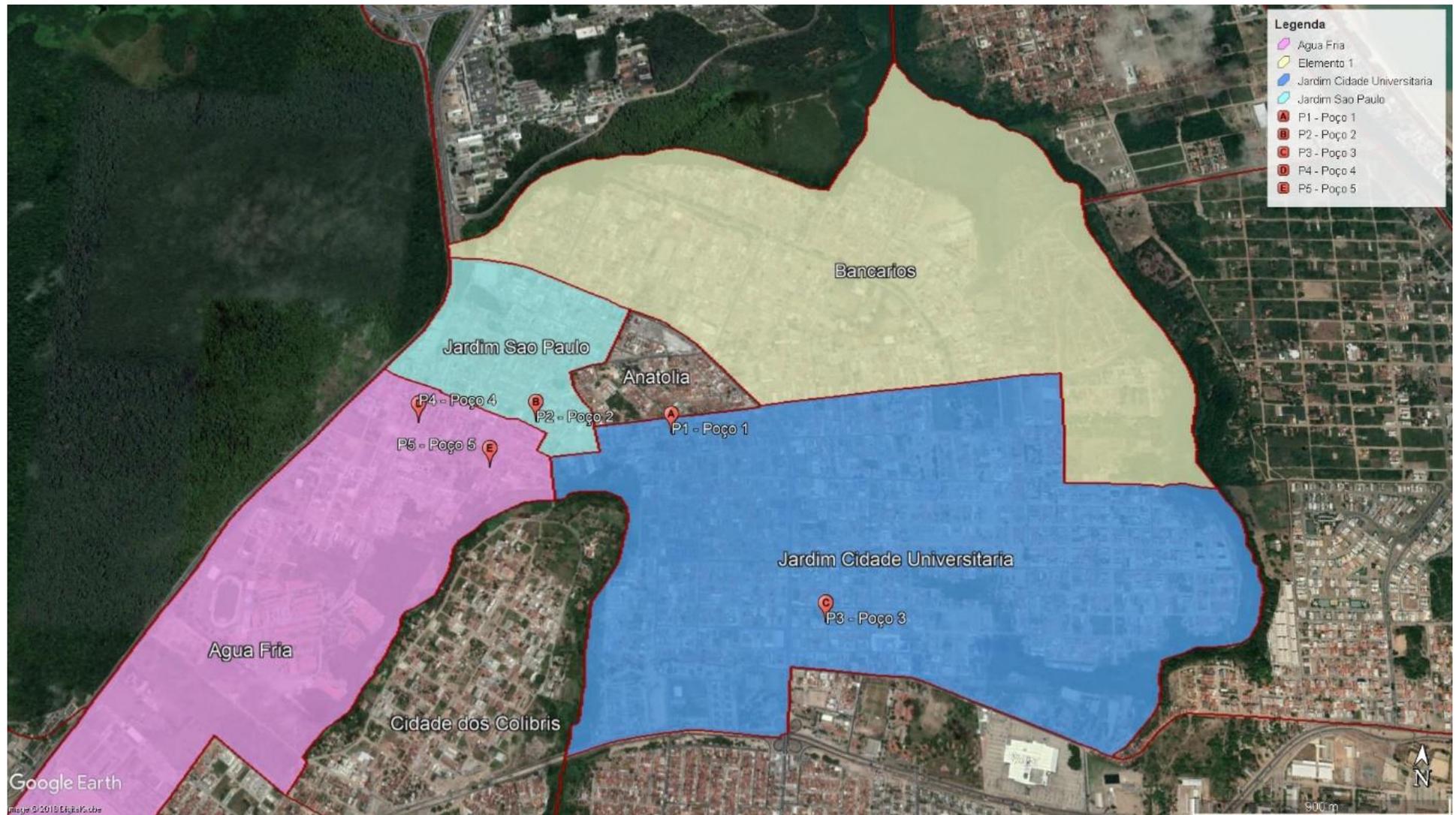


Figura 03. Distribuição espacial dos pontos em estudo.

Os referidos poços analisados possuem distância máxima entre eles de 1,66 km, e a mínima de 0,24 km. Estes são destinados ao consumo humano, desse modo os padrões de potabilidade averiguados estão de acordo com o seu aludido uso.

A Tabela 02 descreve as características de cada poço tubular avaliado, suas respectivas profundidades, o número de análises físico-químicas e bacteriológicas, o número de parâmetros por amostras que cada poço contribuiu para este trabalho, assim como o intervalo das amostras referente aos poços individualmente. Ao final da tabela, foi exposto a média das profundidades, o total de análises, o número máximo de parâmetros e o período global utilizados neste trabalho.

Poço	Profundidade (m)	Nº de Análises Físico-Químicas e Bacteriológica	Nº de Parâmetros por Amostra	Intervalo das Amostras
P1	40	5	7 – 9	25/07/2012 a 22/06/2018
P2	40	12	8 – 9	29/05/2012 a 25/01/2018
P3	38	2	7 – 9	14/10/2016 a 08/05/2018
P4	35	2	7 – 9	14/11/2016 a 26/12/2017
P5	40	5	7 – 9	21/08/2013 a 21/06/2018
	Média da Profundidade	Total de Análises	Nº máx de parâmetros por amostra	Período Global
	38,6	26	9	29/05/2012 a 22/06/2018

Tabela 02. Informações acerca de cada poço estudado.

5. RESULTADOS

O proposto trabalho elucidou os resultados através de gráficos em que cada tópico se trata de um parâmetro analisado. Em atendimento a legislação vigente no país, os condomínios avaliados fazem o tratamento de sua água proveniente de poço tubular com apenas a desinfecção com o uso de cloro.

A pesquisa evidenciou que a profundidade e a proximidade dos poços corroboram o fato de ser a mesma água do ponto de vista estatístico, por se encontrar no mesmo nível freático. Vale salientar que a qualidade das águas subterrâneas está sujeita a variações devido a influências externas em suas características, sobretudo advindo de atividades antrópicas.

Observando os gráficos referentes a variação temporal, percebe-se que não há aumento ou diminuição sistemático na concentração dos parâmetros estudados, ocorrendo oscilação do parâmetro em torno da média.

5.1.COR

O período global das 17 (dezessete) amostras para o parâmetro da cor foi de 4 (quatro) anos, de maio de 2012 a novembro de 2016. Neste período o valor mínimo para este parâmetro foi 0 uH, e, o valor máximo foi de 15 uH.

Diante dos resultados obtidos apresentados no Gráfico 1, os poços analisados para este parâmetro se enquadraram na Portaria de consolidação nº 05/2017, para o seu pretendido uso.

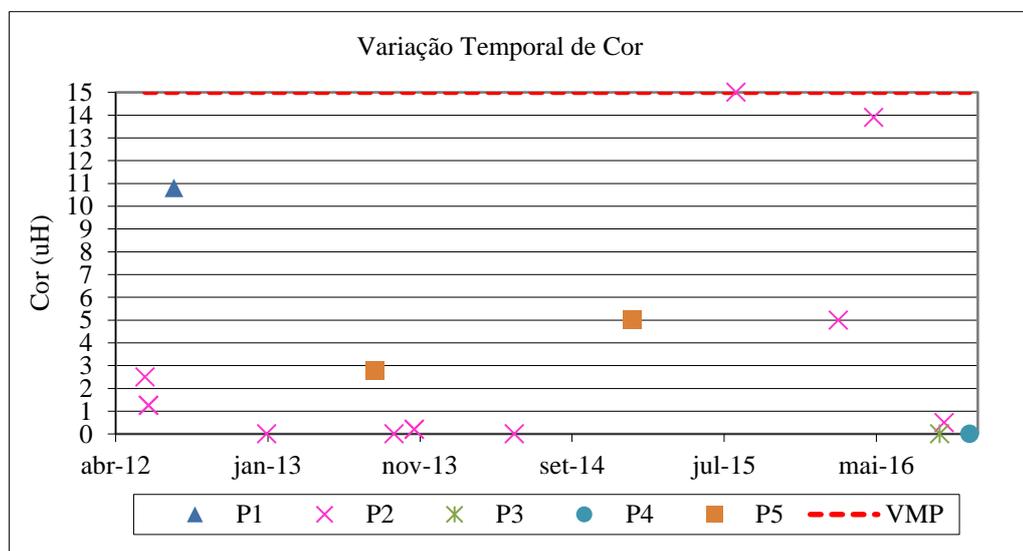


Gráfico 01. Variação temporal da cor.

5.2.TURBIDEZ

O Gráfico 2 apresenta 26 (vinte e seis) amostras de água analisadas para a turbidez, as quais variaram de 0,1 a 5,6 UT, no período global de maio de 2012 à junho de 2018.

O exposto resultado mostra que a água em questão atende aos padrões de potabilidade da Portaria consolidação nº 05/2017, para o seu pretendido uso, com apenas uma exceção, em agosto de 2013, onde o poço de número 05 (P5) apresentou 5,6 UT, sendo o Valor Máximo Permitido 5 UT.

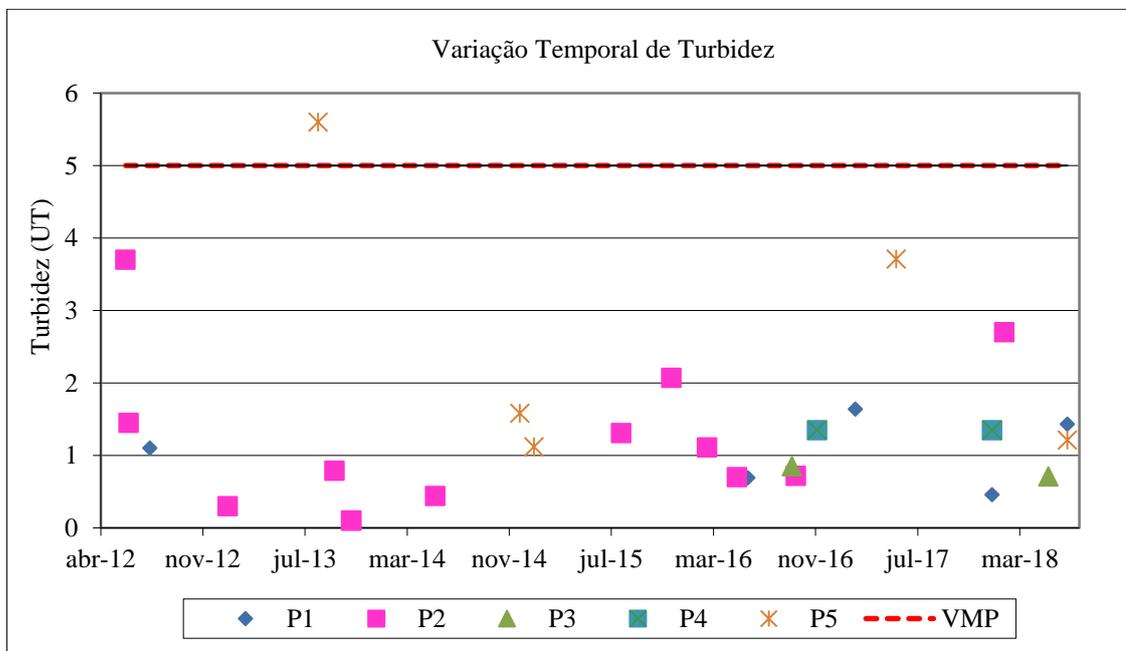


Gráfico 02. Variação Temporal da Turbidez.

Devido as informações contidas nos laudos do P1, P2 e P5, foi possível fazer uma análise de variância para comparar as médias entre eles. O Gráfico 3 expõe a análise GT-2, onde se percebe que não existem diferenças significativas, ao nível de 5%, entre as médias dos poços P1, P2 e P5.

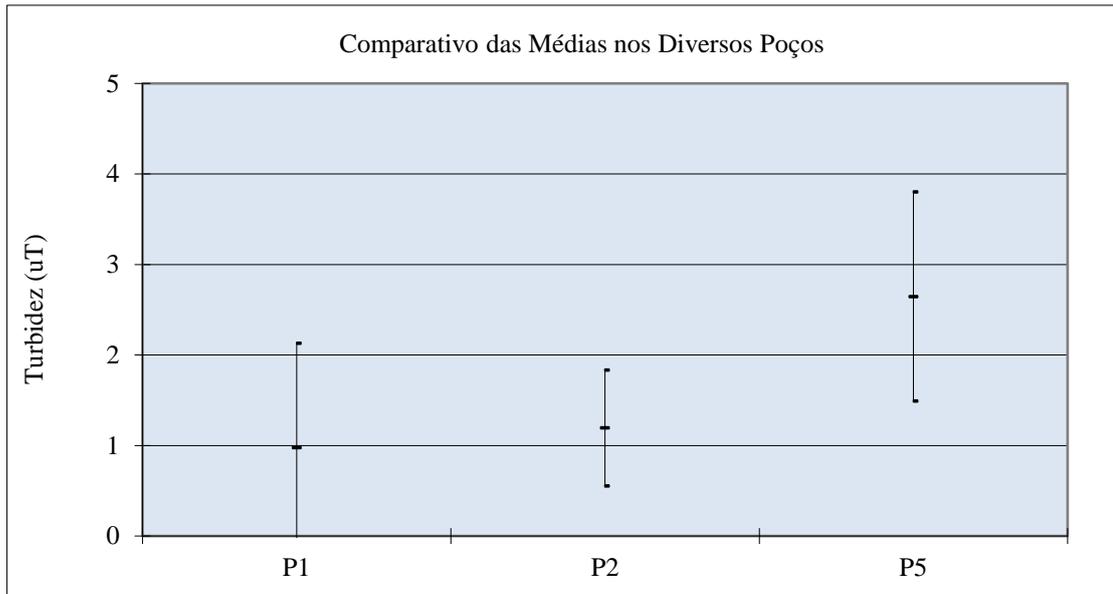


Gráfico 03. Análise GT-2, comparativo das médias dos poços P1, P2 e P5.

5.3.SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

O Gráfico 04 apresenta a variação temporal de STD dos poços P1, P2 e P3 do período de maio de 2012 à agosto de 2015. O valor mínimo foi de 0,83 mg/L no P2 e o valor máximo encontrado foi 178 mg/L no P1.

Todas as amostras analisadas para este parâmetro se encontram dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 05/2017, assim como se enquadra na classe para consumo humano pela Resolução CONAMA nº 396/2008.

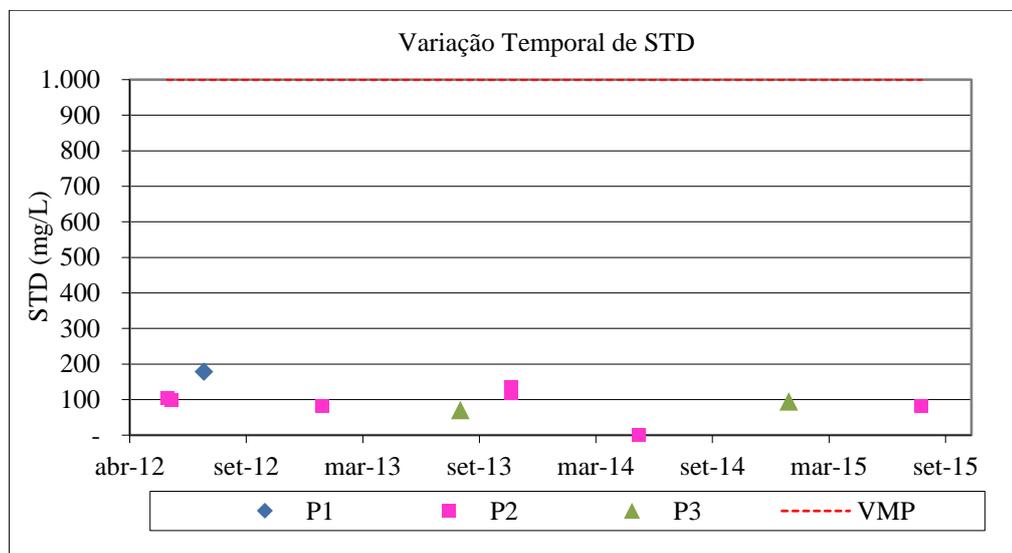


Gráfico 04. Variação temporal dos Sólidos totais dissolvidos.

5.4. PH

O Gráfico 05 explana os dados acerca de 26 (vinte e seis) amostras para o pH dos poços analisados, onde 61% das amostras apresentam um caráter ácido, abaixo do valor mínimo preconizado pela Portaria de Consolidação de nº 05/2017 do Ministério da Saúde.

O caráter ácido das águas avaliadas demonstrado em alguns pontos no gráfico 05 não trazem risco a saúde humana, embora possua propriedade corrosiva para as tubulações do sistema de abastecimento, a longo prazo.

O período global das análises foi de maio de 2012 a junho de 2018, em que o valor máximo obtido para este parâmetro foi de 8,5 no P4 em novembro de 2016 e o valor mínimo foi de 4,3 no P2 em novembro de 2016.

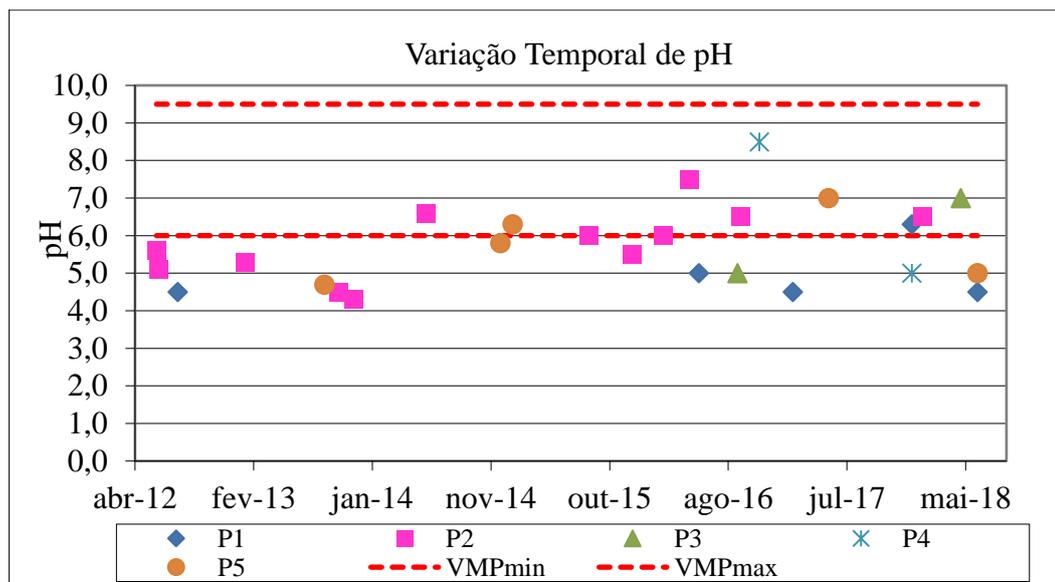


Gráfico 05. Variação Temporal do pH.

O Gráfico 06 expõe o comparativo das médias dos poços P1, P2, P3 e P5, pela análise GT- 2 ao nível de 5%, demonstrando que do ponto de vista estatístico, não há diferenças significativas entre as médias dos poços..

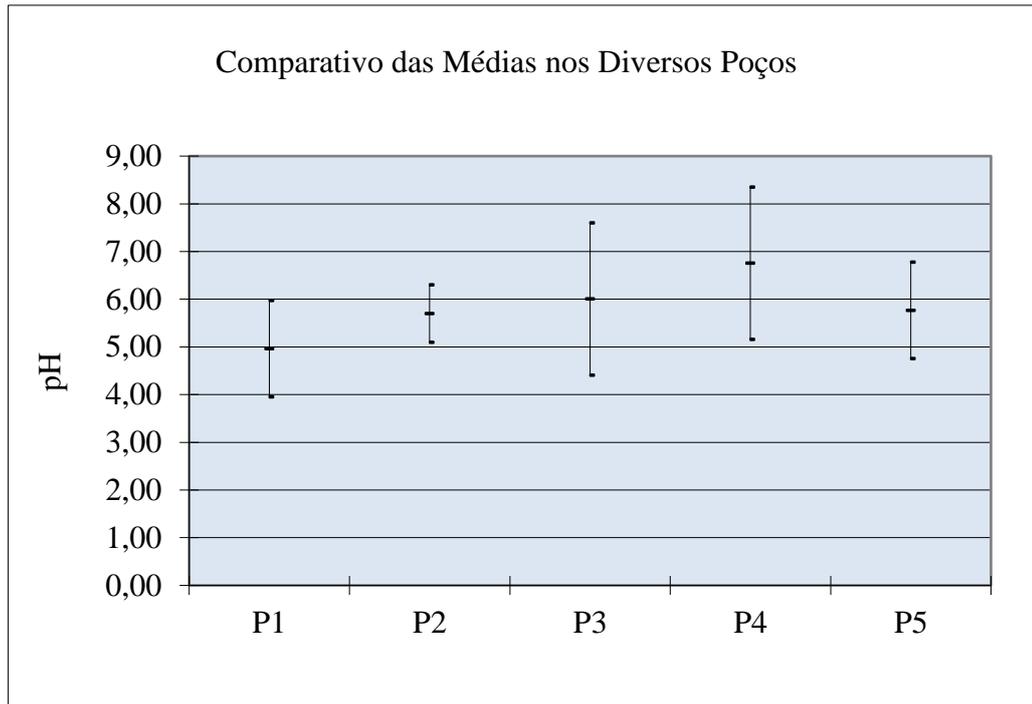


Gráfico 06. Análise GT-2, comparativo das médias dos poços P1, P2, P3, P4 e P5.

5.5.DUREZA TOTAL

Verificou-se na variação temporal da dureza total, como mostrado no Gráfico 07 que o valor máximo foi de 80 mg/L no P1 em maio de 2016, e, o menor valor de 5 mg/L no P1 em junho de 2018. O parâmetro dureza total foi avaliado de maio de 2012 a junho de 2018 para 24 amostras ao longo deste período.

No tocante a dureza total, as águas estudadas foram classificadas de acordo com FUNASA (2014) em mole (35%) e moderada (65%), no qual é importante destacar que quanto maior a dureza, maior a probabilidade de ocorrer incrustação nas tubulações do sistema de abastecimento de água.

De acordo com a Portaria de consolidação nº 05/2017, a dureza total encontra-se dentro dos padrões de potabilidade.

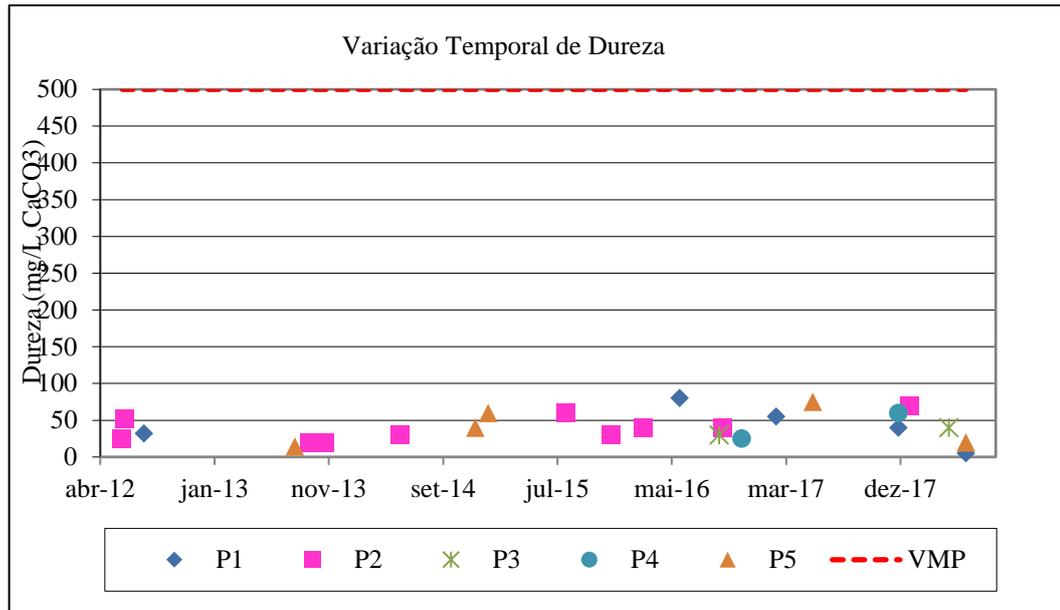


Gráfico 07. Variación temporal da dureza total.

O Gráfico 08 expõe o comparativo das médias pela análise GT-2, ao nível de 5%, para os poços P1, P2 e P5, indicando que não há diferença significativa entre as médias de dureza total entre os poços.

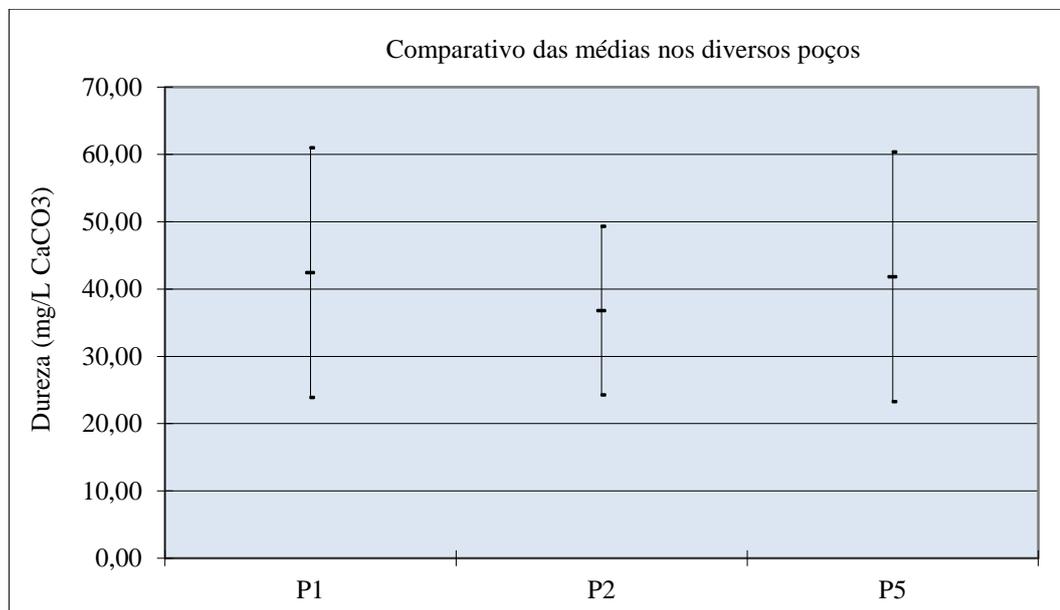


Gráfico 08. Análise GT-2, comparativo das médias dos poços P1, P2 e P5.

5.6.CLORETOS

As 25 (vinte e cinco) amostras de água analisadas para o parâmetro de cloreto datam de maio de 2012 a junho de 2018, o Gráfico 09 mostra que o maior valor foi 50 mg/L em outubro de 2013 no P2 e em fevereiro de 2017 no P1. O menor valor para este parâmetro foi de 10 mg/L em janeiro de 2013 no P2 e, em dezembro de 2017 nos P1 e P4.

Os valores encontrados nos resultados estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 05/2017, bem como se enquadra na classe para consumo humano pela Resolução CONAMA nº 396/2008.

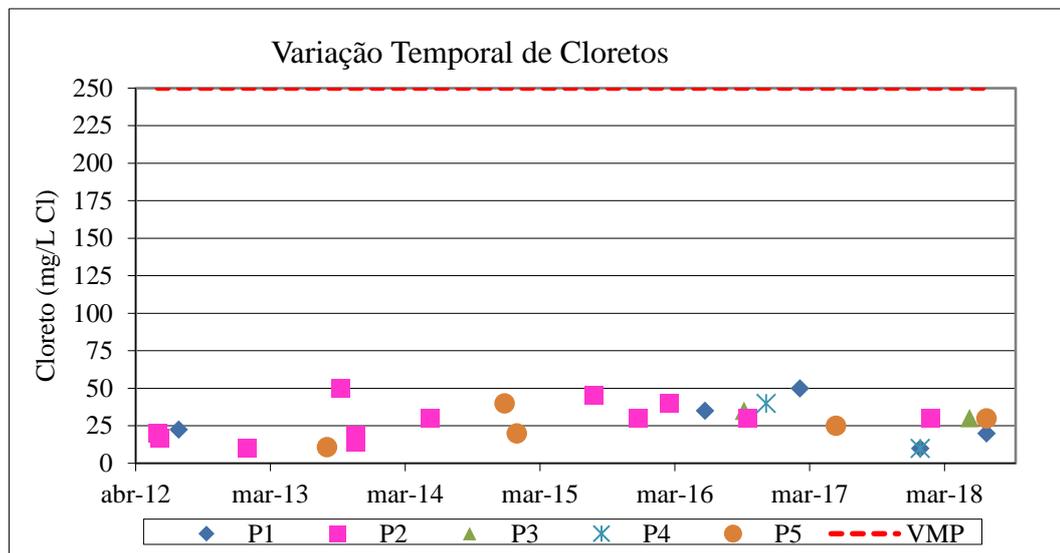


Gráfico 09. Variação temporal de cloretos.

Constatou-se no gráfico 10 que mostra a análise GT-2 ao nível 5%, que no comparativo das médias dos P1, P2 e P5 para o parâmetro cloretos não houve diferença significativa entre elas.

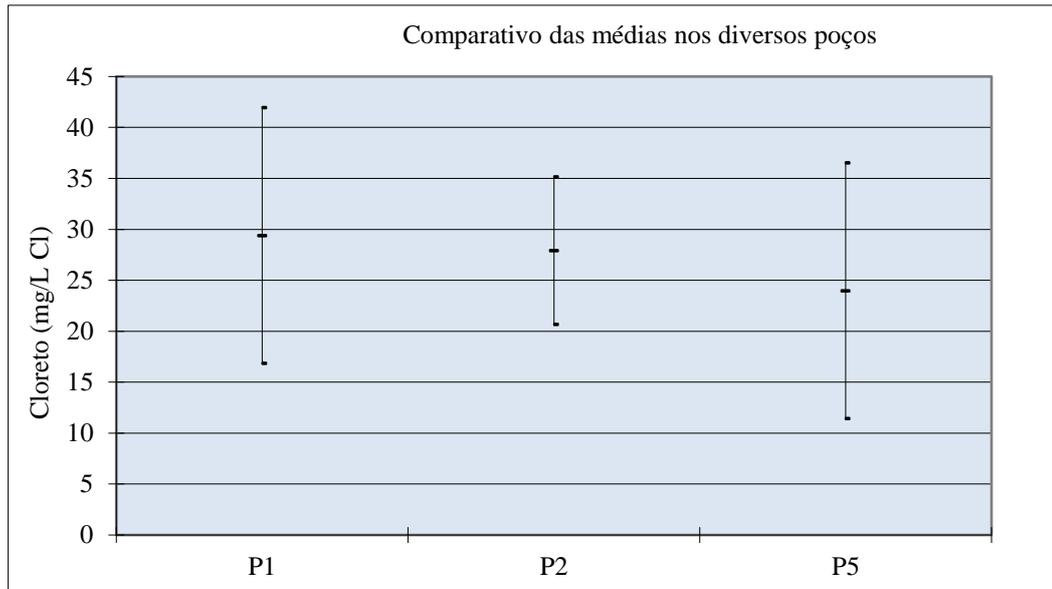


Gráfico 10. Análise GT-2, comparativo das médias dos poços P1, P2 e P5.

5.7.ACIDEZ

A acidez variou de 0 (P5) em janeiro de 2015 à 140 (P1) em fevereiro de 2017, como ilustrado no gráfico 11. A variação temporal foi de janeiro de 2013 a junho de 2018 em suas 17 amostras. Este parâmetro não está disposto na legislação vigente, logo não possui valores de referência e nem unidade.

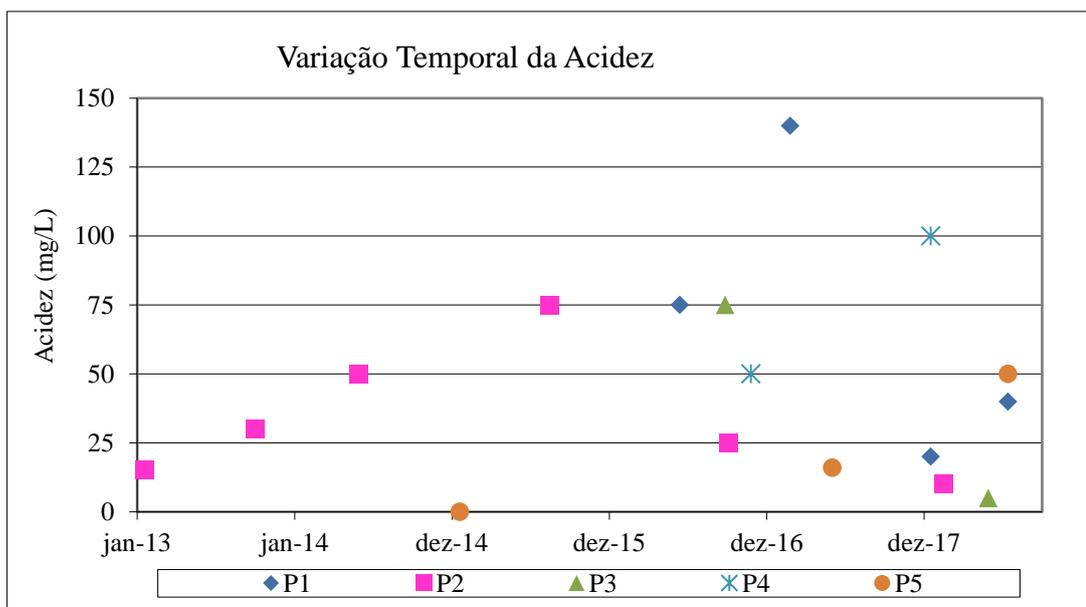


Gráfico 11. Variação temporal da acidez.

Através da análise GT-2 ao nível de 5% para o comparativo das médias para a acidez (gráfico 12) para os poços P1, P2 e P5, indica que não ocorre significativamente médias diferentes entre eles.

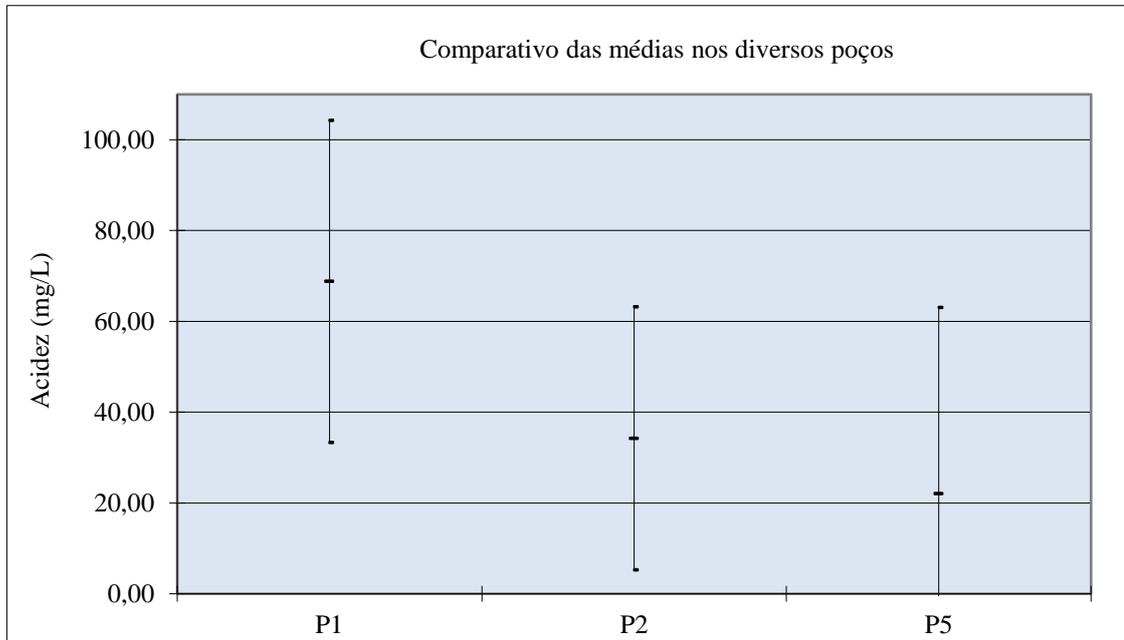


Gráfico 12. Análise GT-2, comparativo das médias dos poços P1, P2 e P5.

5.8. COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI

Os 26 (vinte e seis) laudos para os parâmetros bacteriológicos, coliformes totais e *Escherichia coli*, resultaram em 84,6% das análises, ausência em 100 mL da amostra. As presenças de coliformes totais e *Escherichia coli* ocorrem apenas em algumas das análises realizadas previamente a desinfecção da água, e foi em P1 em fevereiro de 2017, em P4 em novembro de 2016, e, em P5 em dezembro de 2014 e maio de 2017.

Vale ressaltar que nenhuma das análises após o tratamento (desinfecção), ou seja, a água que de fato é distribuída para a população, assim como 28,5% das amostras *in natura*, apresentaram coliforme total e *Escherichia coli* em 100 mL de amostra.

Segundo a Portaria de Consolidação nº 05/2017 e a Resolução CONAMA nº 396/20018, as águas para consumo humano devem apresentar nos resultados da amostra para análise, uma ausência em 100 mL de coliformes totais e *Escherichia coli*.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A apuração dos resultados demonstrou não haver variações espaciais (entre os poços) nem temporal (ao longo do período global estudado) nos parâmetros avaliados, ocorrendo apenas alguns picos na cor e na turbidez, conforme podem ser visualizados por meio da inspeção gráfica.

Para a grande maioria dos parâmetros estudados, houve atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 05/2017. Exceção a isto, foram vários episódios de pH abaixo de 6, que é o limite mínimo preconizado pela Portaria supracitada. Cabe destacar que os valores de pH precisam ser corrigidos antes do consumo da água pela população. Com relação a Resolução CONAMA nº 396/2008, os parâmetros dispostos na Resolução e avaliados neste estudo (Sólidos Totais Dissolvidos, Cloretos, *E. Coli* e Coliforme Total) atenderam os requisitos para o enquadramento na classe de uso para consumo humano.

A desinfecção se mostra um tratamento eficiente para as águas subterrâneas da região, visto que nenhuma das amostras de água coletadas após o tratamento, mostrou presença de coliforme total e *Escherichia coli*.

Dada a importância do assunto, faz-se necessário um monitoramento periódico e contínuo a fim de identificar possíveis alterações nos parâmetros e investigar prováveis fontes de contaminação, as quais podem refletir em problemas no que diz respeito a saúde pública.

Por fim, as pesquisas futuras podem justificar a variação que ocorre em alguns parâmetros, além de continuar o monitoramento da qualidade das águas, com intuito de prevenir futuras fontes de contaminação e assegurar a qualidade ambiental, bem como a saúde pública.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Águas Subterrâneas. Brasil. 2018. Disponível em: < <http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em 07 de agosto de 2018.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Consulta de Outorgas. João Pessoa – PB. 2018. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/consulta-de-outorgas/?produto=municipio&id=95>>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Chuvas. João Pessoa – PB. 2018. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em 20 de agosto de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil.** Brasília – DF. 2007. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf> Acesso em: 29 de agosto de 2018.

BRASIL. Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Código de Águas. Brasília – DF, jul 1934. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm>. Acesso em: 14 ago 2018;

BRASIL. Lei federal de nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Da Política Nacional De Recursos Hídricos. Brasília – DF, jan 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm >. Acesso em: 14 ago. 2018.

BRASIL. Lei federal de nº 9.984 de 17 de julho de 2000. Da criação da Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília – DF, jul 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm>. Acesso em 08 de agosto de 2018.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 05 do Ministério da Saúde de 28 de setembro de 2017. Consolidação Das Normas Sobre As Ações E Os Serviços De Saúde Do Sistema Único De Saúde. Brasília – DF, set 2017.

BRASIL. Resolução CNRH nº 15 de 11 de janeiro de 2001. Estabelece Diretrizes Gerais Para A Gestão De Águas Subterrâneas. Brasília – DF, jan 2001. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-15-de-11-de-Janeiro-de-2001-CNRH.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018;

BRASIL. Resolução CNRH nº 16 de 08 de maio de 2001. Estabelece Critérios Gerais Para A Outorga De Direito De Uso De Recursos Hídricos. Brasília – DF, mai 2001. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-16-de-8-de-Maio-de-2001-CNRH.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

BRASIL. Resolução CNRH nº 91 de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília – DF, nov 2008. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2018;

BRASIL. Resolução CNRH nº 92 de 05 de novembro de 2008. Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro. Brasília – DF, nov 2008. Disponível em: <http://www.abas.org/arquivos/resolucao_cnrh_92_prot_conserv_as.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2018;

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe Sobre a Classificação E Diretrizes Ambientais Para O Enquadramento Das Águas Subterrâneas. Brasília – DF, abr 2008. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2018;

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade Das Águas Subterrâneas No Estado De São Paulo**. São Paulo – SP. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSubterraneas2015_Web_20-07.pdf> Acesso em: 10 de agosto de 2018.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2008.

FOSTER, S; HIRATA. R; GOMES. D; D’ELIA. M; PARIS. M. **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities, and Environment Agencies**. 2011;

HILDEBRANDT, A.; GUILHAMÓN, M.; LACORTE, S.; TAULER, R.; BARCELÓ, D. **Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain)**. Water Research, n. 42, p.3315-26, 2008.

LEAL, A. de S. **O Estado das Águas no Brasil - ANEEL - MMA/SRH – OMM**. 1999. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2010-2/JONAS%20MAGOGA.pdf>>. Acesso em 15 de agosto de 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Águas Subterrâneas: Um Recurso a Ser Protegido**. Brasília – DF. 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf> Acesso em: 06 de agosto de 2018.

COSTA, Mirella Leôncio Motta E. **Estabelecimento De Critérios De Outorga De Direito De Uso Para Águas Subterrâneas**. Campina Grande – PB. 2009.

FAGUNDES, Giuliano de Souza. **Influência do Antigo Lixão do Roger, João Pessoa, nas Águas Subterrâneas Locais**. João Pessoa – PB. 2010.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. Brasília – DF. 2014

LIMA, Eugenio Antonio de; NASCIMENTO, Dilermando Alves do; DOURADO, Teotônio Durval de Castro; BRANDÃO, Luiz Carlos Ribeiro. **Mapeamento Hidrogeológico Da Folha Sb.25-Y-C João Pessoa – Paraíba**. Cuiabá – MT. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2004.

MENESES, Leonardo Figueiredo de; SILVA, Tarcísio Cabral da; FIGUEIREDO, Elaine Cristina Teixeira Pedrosa de; RAFAEL, Renata de Araújo. **Evolução Urbana E Vulnerabilidade Dos Aquíferos Superiores No Município De João Pessoa – PB**. Revista Brasileira de Cartografia N° 63/02. 2011.

NBR n° 12.244/1990. Construção De Poços Para A Captação De Águas Subterrâneas. Brasil. 1990.

NBR n° 12.212/1992. Critérios para O Projeto De Poço Para Captação De Águas Subterrâneas. Brasil. 1992.

PABAÍBA. Lei de n° 7.779 de 07 de julho de 2005. Cria a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA e dá outras providências. Paraíba, jul 2005. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/institucional/informacoes-basicas-2/>>. Acesso em: 17 ago. 2018;

PIVELI, Roque Passos. **Curso: Qualidade Das Águas E Poluição: Aspectos Físico-químicos**. (Apostila). Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20-%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf>> Acesso em 09 de setembro de 2018.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mário Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo. ABES. 2006;

- SCHUBERT, Milena Muller. **Avaliação Da Qualidade De Água: O Caso Dos Rios Morro Alto, Mirandinha E Vertente Parque De France Da Bacia Hidrográfica Do Rio Cachoeira – Joinville – SC.** Joinville – SC. 2015. Disponível em: <http://univille.edu.br/account/ppgsma/VirtualDisk.html?action=readFile&file=Dissertacao_Final_Milena_Muller_Schubert.pdf¤t=/Dissertacoes_completas/2015> Acesso em: 10 de agosto de 2018.
- SILVA, Ana Carla de Lima. **Relação Da Temperatura Do Ar Com As Ocorrências De Dengue E Meningite Nos Municípios Paraibanos De Campina Grande E João Pessoa.** Areia – PB. 2017.
- SILVA, Florilda Vieira da. **Avaliação Da Contaminação Das Águas Subterrâneas Por Atividade Cemiterial Na Cidade De Maceió.** Maceió – AL. 2012. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgrhs/SITE_ANTIGO/Florilda.pdf> Acesso em 06 de agosto de 2018.
- SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba.** (Dissertação de Mestrado). Campina Grande/PB. Programa de Pós-graduação em Meteorologia/UFCG. 2007. 114p.
- SOKAL, Robert R.; ROHLF, F. James. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research.** 2ª. Ed. – New York: W.H. Freeman, 1981. 858p.
- TUMA, L.S.R. **Mapeamento geotécnico da Grande João Pessoa - PB.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Recursos hídricos no século XXI.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328p.
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução à quantidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2ª edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.
- VON SPERLING, Marcos. **Introdução à quantidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.
- WREGGE, Mário. **Termos hidrogeológicos básicos.** Caderno Técnico ABAS, São Paulo, n.4 ago.1997. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 32p.
- ZOBY, José Luiz Gomes. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal – RN. 2008.