



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES - CFP
UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA - UNAGEO
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

MARCIO ANTONIO BEZERRA DE ALMEIDA JUNIOR

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DECORRENTES DO
LANÇAMENTO DE ESGOTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO
PIANCÓ EM POMBAL-PB

CAJAZEIRAS - PB

2017

MARCIO ANTONIO BEZERRA DE ALMEIDA JUNIOR

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DECORRENTES DO
LANÇAMENTO DE ESGOTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO
PIANCÓ EM POMBAL-PB**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia, Unidade Acadêmica de Geografia (UNAGEO) do Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus de Cajazeiras como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Aloysio Rodrigues de Sousa.

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Leal de Moraes Sales

CAJAZEIRAS – PB

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)
Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764
Cajazeiras - Paraíba

A447i Almeida Junior, Marcio Antonio Bezerra de.
Impactos socioambientais decorrentes do lançamento de esgotos na
qualidade da água no rio Piancó em Pombal-PB / Marcio Antonio Bezerra
de Almeida Junior. - Cajazeiras, 2017.
95f.: il.
Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Aloysio Rodrigues de Sousa.
Coorientador: Prof. Dr. Luciano Leal de Moraes Sales.
Monografia (Licenciatura em Geografia) UFCG/CFP, 2017.

1. Água - análise. 2. Rio Piancó – Pombal-PB. 3. Impactos
socioambientais. 4. Esgotos. 5. Coliformes. 6. Potabilidade. I. Sousa,
Aloysio Rodrigues de. II. Sales, Luciano Leal de Moraes. III. Universidade
Federal de Campina Grande. VI. Centro de Formação de Professores. V.
Título.

UFCG/CFP/BS

CDU – 543.3

LANÇAMENTO DE ESGOTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PIANCÓ EM POMBAL-PB

Monografia apresentada ao Curso de Geografia, Unidade Acadêmica de Geografia (UNAGEO) do Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus de Cajazeiras como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Aloysio Rodrigues de Sousa

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Leal de Moraes Sales

Apresentado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Aloysio Rodrigues de Sousa - UFCG
(Orientador)

Prof. Dr. Luciano Leal de Moraes Sales - UFCG
(Coorientador)

Prof. Dr. José Cezario de Almeida - UFCG
(Examinador)

Prof. Me. Marcos Assis Pereira de Souza - UFCG
(Examinador)

CAJAZEIRAS - PB

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, e por toda a força nos momentos difíceis e por todas as conquistas alcançadas, pois sei que se Deus permitiu os obstáculos impostos em minha vida, é porque acreditou que eu poderia ultrapassá-los e adquirir sabedoria com eles.

À minha família, que eu amo muito, em especial a minha esposa Thais Guedes, ao meu filho Arthur Almeida, a minha mãe Osma Queiroga e ao meu pai Marcio Bezerra, por todos os momentos de alegria, paciência, e por serem meus alicerces que me apoiaram e estão sempre ao meu lado me motivando na busca e realização dos meus sonhos.

Ao meu orientador Dr. Aloysio Rodrigues de Sousa e o coorientador Dr. Luciano Sales por toda paciência, e pelo incentivo e ensinamentos durante a execução deste trabalho.

Meus agradecimentos à Heverton Costa, Rodrigo Almeida, Genilson Silva e Fernando Vieira, irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação, irmãos na amizade durante as viagens de campo. Esse símbolo de amizade ecoará por toda a eternidade!

Meus agradecimentos à Andressa Sarmento, Gerlane Souza e Roseane Souza, pela amizade que fizeram parte da minha formação e durante as viagens de campo. Esse símbolo de amizade ecoará por toda a eternidade!

Aos professores Dr. Marcelo Brandão, Dr. Aloysio Rodrigues, Me. Henaldo Gomes, Me. Marcos Assis, Dr. Santiago Vasconcelos, Dr. Josenilton Patrício, Dr. Rodrigo Pessoa, Dr. Josias Galvão, e as professoras Dra. Cícera Cécilia, Dra. Ivanalda Dantas, Ma. Glória Anselmo, pelo incentivo e ensinamentos durante o processo de formação acadêmica.

Ao professor Dr. José Cezario e ao biólogo Michel Avelino, pela valiosa ajuda durante a realização das análises microbiológicas.

Ao Professor Dr. Luciano Sales e a professora Dra. Albaneide Wanderley e, pela valiosa ajuda durante a realização das análises físico-químicas.

RESUMO

Este trabalho consiste em um estudo sobre os impactos socioambientais causados pelo lançamento de esgotos no rio Piancó em Pombal-PB. Este esgotos podem causar impactos na qualidade da água do rio Piancó, do qual o município depende exclusivamente para o abastecimento d'água. Os objetivos gerais dessa pesquisa consistiu-se em diagnosticar os impactos socioambientais causados pelo lançamento de esgotos na qualidade da água no rio Piancó em Pombal-PB, e analisar a qualidade da água do rio Piancó por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, para verificar se os resultados estão de acordo com as legislações pertinentes. O período de realização da pesquisa ocorreu entre maio de 2017 à agosto de 2017, utilizando-se materiais, métodos e técnicas que possibilitaram a execução das atividades propostas, como o embasamento da pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, observação in loco, registro fotográfico, coleta de amostras de esgotos doméstico, coleta de amostras da água do trecho do canal fluvial do rio Piancó, análises laboratoriais das amostras coletadas, levantamento de bases cartográficas e o uso do software de geoprocessamento Qgis 2.8.3 para o processamento das bases cartográficas para as elaborações dos mapas. Os resultados obtidos permitiram a identificação de impactos socioambientais adversos, que foram encontradas nas imediações do curso fluvial do rio Piancó e, nos canais de drenagem pluvial. As análises microbiológicas mostraram que as águas superficiais do rio Piancó, não apresentam condições para o consumo humano sem passar por um tratamento adequado, pois estas águas não condizem com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, devido a presença de *Escherichia coli*, coliformes fecais e coliformes totais, o que oferece riscos à saúde humana. Tendo em vista este cenário, faz recomendações de medidas mitigadoras e compensatórias, quanto à alternativa mais favorável para a redução dos impactos socioambientais na qualidade das águas do rio Piancó.

Palavras-chaves: Rio Piancó. Impactos socioambientais. Esgotos. Coliformes. Potabilidade.

ABSTRACT

This work consists of a study on the socioenvironmental impacts caused by the launching of sewage in the Piancó river in Pombal-PB. This sewage can cause impacts on the quality of the water of the Piancó river, of which the municipality depends exclusively for the water supply. The general objectives of this research were to diagnose the socioenvironmental impacts caused by the discharge of sewage into the water quality of the Piancó river in Pombal-PB, and to analyze the water quality of the Piancó river through physicochemical and microbiological analyzes to the results are in accordance with the relevant legislation. The research period was carried out from May 2017 to August 2017, using materials, methods and techniques that allowed the execution of the proposed activities, such as the bibliographic research base, documentary research, in situ observation, photographic record, collection sampling of water from the Piancó river channel, laboratorial analysis of collected samples, mapping of cartographic bases and the use of Qgis 2.8.3 geoprocessing software for the processing of the cartographic bases for the elaborations of the maps. The results obtained allowed the identification of adverse socioenvironmental impacts that were found in the vicinity of the fluvial course of the Piancó river and in the drainage channels. Microbiological analyzes showed that the surface waters of the Piancó river do not present conditions for human consumption without being adequately treated, since these waters do not comply with the standards of potability established by Ordinance No. 2.914/2011 of the Ministry of Health, due to presence of *Escherichia coli*, faecal coliforms and total coliforms, which poses risks to human health. In view of this scenario, it makes recommendations for mitigating and compensatory measures regarding the most favorable alternative for the reduction of socio-environmental impacts on the quality of Pianco river waters.

Keywords: Rio Piancó. Social and environmental impacts. Sewers. Coliforms. Potability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AESAs - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA - Agência Nacional de Águas
CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETEBS - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGU - Controladoria Regional da União no Estado da Paraíba
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
ETE - Estações de Tratamento de Esgotos
FUNASA - Fundação Nacional de Saúde
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFC - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia
MIN - Ministério da Integração Nacional
MMA - Ministério do Meio Ambiente
NBR - Norma Brasileira
OD - Oxigênio dissolvido
OMS - Organização Mundial de Saúde
PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRHU - Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano

LISTA DE MAPAS E FIGURAS

Mapa 01. Nova delimitação do semiárido	20
Mapa 02. Mapa de localização geográfica do município de Pombal-PB	57
Mapa 03. Mapas pedológico e geomorfológico do município de Pombal-PB	58
Mapa 04. Mapa de localização da bacia hidrográfica, sub-bacias e regiões dos rios do município de Pombal-PB	59
Mapa 05. Mapa de localização geográfica da área de estudo	60
Mapa 06. Mapa de localização geográfica dos pontos de coleta	62
Figura 01. Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental	18
Figura 02. Principais atribuições do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	26
Figura 03. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil (t/ano) em 2015	31
Figura 04. Percentual de municípios que coletam e tratam esgoto, por Grandes Regiões – 2008	32
Figura 05. Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água	37
Figura 06. Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos	38
Figura 07. Padrão microbiológico da água para consumo humano	46

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 01. Sedes urbanas por tipo de manancial na Região Nordeste	19
Quadro 02. Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, segundo as Grandes Regiões – 2008	30
Quadro 03. Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade	35
Quadro 04. Modelo adotado na distribuição dos tubos de ensaio contendo as amostras	66
Quadro 05. Impactos socioambientais observados.....	69
Tabela 01. Pontos de coleta das amostras físico-química e microbiológica	61
Tabela 02. Valores obtidos para pH	78
Tabela 03. Valores obtidos para pH	78
Tabela 04. Valores obtidos para temperatura	79
Tabela 05. Valores obtidos para temperatura	79
Tabela 06. Valores obtidos para a condutividade elétrica	80
Tabela 07. Valores obtidos para a condutividade elétrica	81

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 01. pHmetro digital da marca MS TecnoPON mPA210	78
Foto 02. Condutivímetro digital da marca Schott	78
Foto 03. Vórtex digital	80
Foto 04. Incubadora da marca Solab	80
Foto 05. Amostras distribuídas em tubos de ensaios na estante	81
Foto 06. Ausência dos serviços de impermeabilização no fundo da lagoas anaeróbica-facultativa.	84
Foto 07. Disposição de resíduos sólidos nas imediações do Rio Piancó, no sistema de drenagem pluvial e nos cursos dos esgotos	85
Foto 08. Ligações clandestinas de esgotos domésticos no sistema de drenagem pluvial	86
Foto 09. Macrófitas aquáticas cobrindo grande extensão no Rio Piancó	87
Foto 10. Esgotos a céu aberto no entorno de residências	89
Foto 11. Reutilização de águas residuárias para fins agrícolas	90
Foto 12. Gado bovino fazendo dessedentação no próprio curso do efluente	91
Foto 13. Coleta de água realizada através de carro pipa no Rio Piancó	92
Foto 14. Amostras das águas superficiais do Rio Piancó indicando a presença de coliformes totais	97
Foto 15. Amostras das águas superficiais do Rio Piancó indicando a presença de <i>Escherichia coli</i>	97

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 A ÁGUA ENQUANTO RECURSO MULTIUSO	14
2.1.1 A importância da água no semiárido brasileiro	17
2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA SOBRE AS ÁGUAS.....	23
2.2.1 A cobrança de água no abastecimento das cidades	27
2.3 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	28
2.4 A QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	33
2.4.1 Parâmetros de qualidade da água	36
2.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS ESGOTOS	45
2.6 POLUIÇÃO DE UM CURSO DE ÁGUA PELOS ESGOTOS E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA	51
3 MATERIAL E MÉTODOS	56
3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA.....	56
3.2 PONTOS DE COLETA	61
3.2.1 Amostras para análises físico-química e microbiológica.....	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
4.1 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELO LANÇAMENTO DE ESGOTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PIANCÓ NA CIDADE DE POMBAL-PB	68
4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	78
5 CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS	86
APÊNDICE	93

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é um papel essencial para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento das sociedades, porém, a quantidade de água armazenada em cada um dos seus grandes reservatórios na Terra, tem sofrido diariamente com a poluição.

O crescimento populacional e o processo de urbanização intenso e desordenado, próximo as margens de rios têm ocasionado o surgimento de diversos impactos socioambientais adversos, como a degradação ambiental dos corpos hídricos devido ao lançamento de esgotos sem o seu devido tratamento, acarretando a origem de agentes patogênicos que refletem diretamente na saúde da população.

A situação do saneamento básico no semiárido nordestino apresenta uma situação bastante deficiente, principalmente em relação à coleta e ao tratamento dos esgotos sanitários, sendo estes caracterizados por um serviço pouco disseminado na maior parte do território brasileiro, o que provoca serias consequências ao meio ambiente e à saúde pública.

Essas consequências são ocasionadas pelo lançamento de esgotos diretamente nos corpos receptores sem passar por tratamentos adequados e, pelo consumo de águas que contenham microrganismos patogênicos. Dessa maneira, a qualidade da água destinada ao consumo humano torna-se um fator prioritário, pois são as características da qualidade da água que as irão tornar adequadas ou não ao abastecimento para o consumo humano.

Torna-se evidente que os impactos socioambientais são resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, acabam prejudicando à saúde humana e a qualidade do meio ambiente. Diante deste cenário, este trabalho fez uma análise sobre os impactos socioambientais causados pelo lançamento de esgotos na qualidade da água no rio Piancó em Pombal-PB.

Os motivos que justificaram a elaboração dessa pesquisa, deu-se pelo fato que o abastecimento de água para consumo humano em Pombal-PB, depende exclusivamente do rio Piancó, que é perenizado pelo açude Estevam Marinho. Porém, o curso do canal fluvial do rio Piancó, apresenta diversos impactos socioambientais, devido ao lançamento de esgotos em seu curso sem antes passarem por tratamento adequado.

Os objetivos consistiram-se em diagnosticar os impactos socioambientais causados pelo lançamento de esgotos na qualidade da água no rio Piancó na cidade de Pombal-PB, e analisar a qualidade da água do rio Piancó por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, para verificar se os resultados estão de acordo com as legislações pertinentes. O período de

realização da pesquisa ocorreu entre maio de 2017 à agosto de 2017, utilizando-se materiais, métodos e técnicas que possibilitaram a execução das atividades propostas.

Estrutura-se em quatro capítulos, sendo o primeiro capítulo a revisão da literatura, que permite uma melhor compreensão sobre todos os aspectos abordados. O segundo capítulo, descreve todos os procedimentos metodológicos realizados na construção dessa pesquisa. Os resultados obtidos são apresentados no terceiro capítulo, por meio do diagnóstico dos impactos socioambientais na qualidade da água, assim como os resultados obtidos pelas análises de água, e da respectiva discussão diante da problemática. O quarto capítulo apresentam-se as conclusões, que aborda em síntese sobre o diagnóstico dos impactos socioambientais decorrentes do lançamento de esgotos na qualidade da água no rio Piancó, fazendo-se recomendações de medidas mitigadoras e compensatórias, quanto à alternativa mais favorável para a redução dos impactos socioambientais na qualidade das águas do rio Piancó.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A ÁGUA ENQUANTO RECURSO MULTIUSO

A água é uma das substâncias mais abundantes em nosso planeta, sendo um dos fatores que possibilitaram o surgimento e a manutenção da vida na Terra, e trata-se de um elemento essencial e de extrema importância para a vida de todos os seres vivos que habitam a Terra, ocupando cerca de 70% da superfície terrestre.

O planeta Terra é o único corpo do Universo, onde a água ocorre simultaneamente em seus três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, dependendo da sua pressão e da temperatura na sua atmosfera (REBOUÇAS, 2004).

A distribuição da água sobre a superfície terrestre, subsolo, atmosfera e oceanos, e a sua circulação contínua, é conhecida como ciclo hidrológico, tendo a radiação solar e a gravidade como os principais agentes que governam os processos do ciclo hidrológico, que envolvem seis processos básicos: evaporação, precipitação, infiltração, transpiração, escoamento superficial e subterrâneo. Esses mecanismos são concomitantes, não permitindo caracterizar o seu início e fim (NAGHETTINI, 2006). Esse fenômeno conhecido como ciclo da água ou ciclo hidrológico, se infiltra no solo e abastece os aquíferos, reservatórios de água subterrânea que, por sua vez, vão alimentar os rios e os lagos.

Von Sperling (1996), compreende que além do ciclo da água no globo terrestre, existem ciclos internos, como o ciclo do uso da água, em que a água permanece na sua forma líquida, porém as suas características são alteradas em virtude do seu uso, sendo fundamental o gerenciamento deste ciclo para a manutenção da qualidade da água desejada em função dos seus diversos usos.

As quantidades de águas armazenadas na Terra permaneceram praticamente constante durante os últimos milhões de anos. Porém, esses volumes armazenados em cada um dos grandes reservatórios de água na Terra, variaram durante esse tempo, em níveis nunca imaginados (REBOUÇAS, 2004).

A disponibilidade de água como papel essencial para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento das sociedades, tem sido insuficiente para atender à demanda requerida em muitas regiões do Planeta, fenômeno esse que vem se agravando crescentemente (HELLER, 2006).

Para Rebouças (2004), a água tem uma capacidade natural de depuração, seja nos corpos de água da superfície ou subterrâneos, de tal forma que a qualidade das suas águas pode se

tornar adequada ao consumo novamente, depois de um certo período. Esses mecanismos de depuração natural nos corpos hídricos, são a base dos processos de reuso da água, uma vez que se tenha métodos de tratamento disponíveis.

Por sua vez, o uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento de fontes alternativas para o abastecimento, se constitui hoje, como uma estratégia básica à solução do problema da falta universal de água (REBOUÇAS, 2004).

As necessidades de uso da água foram se tornando crescentemente mais diversificadas e exigentes, em quantidade e qualidade. Nesse ponto de vista, verifica-se diversos usos demandados pelas populações e pelas atividades econômicas, que pode resultar em perdas entre volume de água captado e o volume que retorna ao curso da água (usos consuntivos) ou outros casos, essas perdas não se verificam, embora implique no regime hidrológico ou na qualidade desses recursos (não consuntivos) (HELLER, 2006).

De acordo com Heller (2006), os principais usos da água são:

Usos consuntivos:

- abastecimento humano;
- abastecimento industrial;
- irrigação;
- aquicultura.

Usos não-consuntivos:

- geração de energia hidroelétrica;
- navegação;
- recreação e harmonia paisagística;
- pesca;
- diluição, assimilação e afastamento de esgotos.

Conforme a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), a demanda hídrica é obtida pelo cálculo de volume de água que é retirado de um corpo d'água em determinado intervalo de tempo para atender a determinado uso. Vale destacar que um corpo d'água é a denominação genérica para qualquer manancial hídrico, seja ele um curso d'água, trecho de rio, reservatório artificial ou natural, lago, lagoa ou aquífero subterrâneo (SERGIPE, 201?).

No que se refere a demanda hídrica de uso consuntivo, ela se dá ao fato de se utilizar a água para abastecimento público urbano, rural, industrial, irrigação ou dessedentação animal. Já a demanda hídrica de uso não-consuntiva, se pelo fato na utilização do uso da água para geração hidrelétrica, navegação ou lazer (ANA, 2016).

Percebe-se que os usos são diversificados, e atendem aos mais diferentes interesses. Porém os usos relacionados à proteção da saúde humana, são considerados usos essenciais (HELLER, 2006). O consumo doméstico atende as atividades higiênicas, de limpeza, preparo de alimentos e à ingestão, entre outros usos, e há referências a uma quantidade mínima necessária para o fornecimento doméstico de água, que fica entre 15 l/hab. dia e 50 l/hab. dia (HELLER, 2006).

Dentre todas as atividades do uso da água, a irrigação representa o uso mais intenso dos recursos hídricos, cerca de 70% de toda a água consumida no planeta é utilizada pela irrigação (MMA, 2005). Percebe-se que o uso da água para irrigação é superior aos de uso industrial e doméstico.

Os efeitos na qualidade e na quantidade da água disponível, relacionados com o rápido crescimento da população mundial e com a concentração dessa população em megalópoles, já são evidentes em várias partes do mundo (MMA, 2005).

A água ocupa aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta, sendo 97,5% da água do planeta é salgada, portanto, imprópria para o consumo. Menos de 3% da água do planeta é doce, das quais 2,5% está presa em geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, águas subterrâneas, e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (MMA, 2005). Esses valores evidenciam a grande importância de se preservar os recursos hídricos, e de se evitar a poluição/ contaminação da pequena fração de água disponível própria para o consumo.

Uma opção sustentável para a redução do uso de água tem sido praticado em todo o mundo há anos, que é a utilização de águas residuárias. Esse processo em que a água, tratada ou não, é reutilizada para diversas atividades, considera que o reúso da água é um uso racional ou eficiente, que controla as perdas e desperdícios, e a minimização da produção de esgotos e do consumo de água. Dessa forma, o reúso de água reduz a demanda sobre os mananciais, com o uso de uma água de qualidade inferior (IFC, 2012).

Compreende-se dessa forma, que o reaproveitamento por uma água de qualidade inferior, pode poupar os volumes de água potáveis, e atende-se diversas finalidades, minimizando a produção de esgotos, e reduz a demanda de água sobre os mananciais, substituindo-a por uma água de qualidade inferior.

Cabe ressaltar que o reúso de água compreende a utilização de água residuária, enquanto a água de reúso, são as águas residuárias que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas (CUNHA, 2010).

Embora os processos de tratamento apresentem eficiências na inativação de organismos patogênicos, a presença de microrganismos nos efluentes tratados quase sempre ultrapassam os valores limites das principais normas (GONÇALVES, 2011).

No que se refere a distribuição da água, essa é dependente essencial dos ecossistemas que compõem o território de cada país. Na América do Sul encontra-se 26% do total de água doce disponível no planeta e apenas 6% da população mundial, enquanto o continente asiático possui 36% do total de água e abriga 60% da população mundial (MMA, 2005).

As águas superficiais e as águas subterrâneas, são as responsáveis pelo abastecimento da população urbana brasileira. A intensidade do uso dos mananciais depende da sua localização e das demandas e da oferta de água disponível, seja ela em quantidade e qualidade, para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos (ANA, 2010).

Se continuarmos com o ritmo atual de crescimento demográfico e não estabelecermos um consumo sustentável da água, o consumo humano pode chegar a 90%, restando apenas 10% para os outros seres vivos do planeta (MMA, 2005).

Isso demonstra que a distribuição espacial desigual da água não assegura o acesso à água de qualidade para todos os fins humanos, implicando em custos altos a obtenção de água de boa qualidade.

2.1.1 A importância da água no semiárido brasileiro

O Brasil possui uma área de 8.547.403,5 km² e uma população de 206.081.432 milhões de habitantes, e está organizado em cinco Regiões Geográficas, que abrigam 27 Unidades da Federação e um total de 5.565 municípios (IBGE, 2016a).

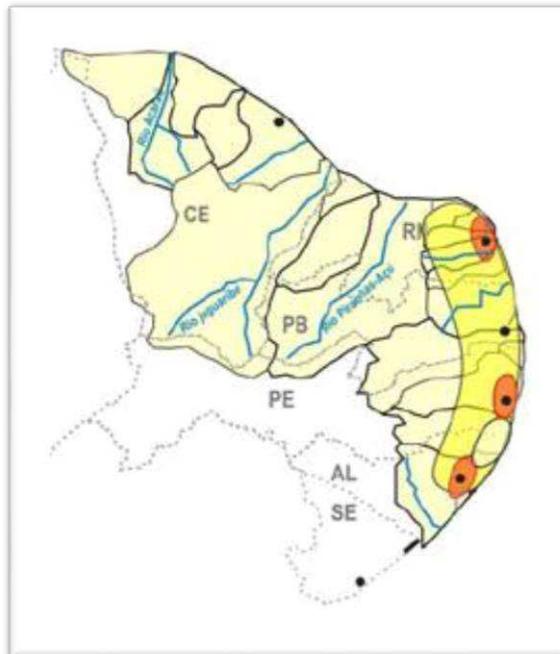
Em termos pluviométricos, mais de 90% do território brasileiro recebem chuvas entre 1.000 e 3.000 mm/ano. Com exceção os 400.000 km² do contexto semiárido do Nordeste, onde as rochas são praticamente subaflorantes e impermeáveis, e as chuvas são mais escassas, entre 400 e 800 mm/ano, e relativamente irregulares. Os rios do Nordeste semiárido apresentam um regime temporário, isto é, secam praticamente durante os períodos sem precipitações de águas atmosféricas nas suas bacias hidrográficas (REBOUÇAS, 2004).

De acordo com ANA (2010), o Brasil apresenta condições das mais diversas, tanto no que se refere à distribuição territorial da população quanto aos seus indicadores socioeconômicos. Dotado de uma variabilidade climática, e de distintos ecossistemas, que se estendem desde as regiões semiáridas à Amazônia, com seu farto potencial de recursos hídricos, possui expressivas diferenças nos padrões de qualidade dos mananciais, especialmente os

localizados junto aos maiores aglomerados urbanos, que são comprometidos pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais.

Devido à grande variabilidade climática que caracteriza o Brasil, a distribuição territorial é bastante desigual dos recursos hídricos, como se verifica na região de maior escassez de água, a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental como mostra a Figura 01, que abrange os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, boa parte do Ceará e um pequeno trecho do Piauí, aonde a disponibilidade hídrica é inferior a $100 \text{ m}^3/\text{s}$, quando comparado a Região Hidrográfica Amazônica, aonde a disponibilidade hídrica alcança vazões de 74 mil m^3/s (ANA, 2010).

Figura 01. Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.



Fonte: Agência Nacional das Águas: Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (201?).

Dos 5.565 municípios brasileiros, 47% são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, e 39% por águas subterrâneas e 14% pelos dois tipos de mananciais (abastecimento misto) (ANA, 2010).

O Quadro 01 mostra o total de sedes urbanas por tipo de manancial na Região Nordeste:

Quadro 01. Sedes urbanas por tipo de manancial na Região Nordeste.

SEDES URBANAS ABASTECIDAS POR UM TIPO DE MANANCIAL						
Região Geográfica	Estados	Tipo de abastecimento			Sem informação	Total de municípios na UF
		Misto	Subterrâneo	Superficial		
NORDESTE	AL	11	16	75	0	102
	BA	32	78	307	0	417
	CE	12	64	108	0	184
	MA	11	158	43	5	217
	PB	17	34	165	7	223
	PE	14	17	153	1	185
	PI	8	174	40	2	224
	RN	3	76	85	3	167
	SE	8	20	47	0	75
	TOTAL	116	637	1.023	18	1.794

Fonte: Adaptado da ANA, (2010).

Percebe-se que, dos 1.794 municípios da Região Nordeste, 1.023 municípios são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, enquanto 637 municípios por águas subterrâneas e 116 pelos dois tipos de mananciais (abastecimento misto).

A demanda consuntiva estimada pela ANA em 2005, foi de 2.275,07 m³/s, considerado a vazão de retirada. O setor de irrigação foi o maior responsável pela retirada (55% do total), seguido das vazões de retirada para fins de abastecimento humano, industrial, animal. A vazão efetivamente consumida foi de 1.209,64 m³/s (ANA, 2016).

A região do semiárido brasileiro está situado na maior parte do Nordeste brasileiro e parte no norte de Minas Gerais. É constituído por um conjunto de espaços caracterizado pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, sua evaporação é de 2.000 mm/ano, e a umidade relativa do ar em torno de 50% (BRITO, et al., 2007).

A região do semiárido tem características edafoclimáticas semelhantes às de outros semiáridos quentes do mundo, com secas periódicas e cheias frequentes dos rios intermitentes, solos arenosos, rasos, salinos e pobres em nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. A vegetação apresenta grande variedade de formações, todas adaptadas à prolongada estação seca, sendo a caatinga o ecossistema predominante da região, entre os biomas brasileiros, é a única que apresenta distribuição geográfica restrita ao território nacional, encontrando-se apenas no Nordeste do Brasil (REBOUÇAS, 1997). Desta forma, a natureza no semiárido

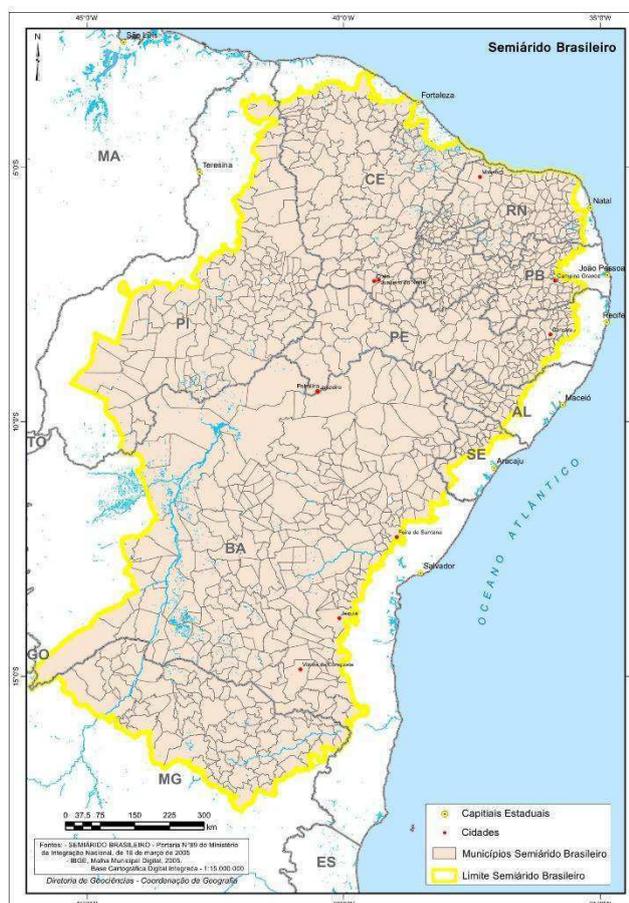
brasileiro traz, em si, a marca da escassez hídrica, que tem em sua história alicerçada por eventos severos de secas e cheias (SOUZA FILHO, 2011).

Segundo o Ministério da Integração Nacional (MIN, 2005), uma nova delimitação do semiárido brasileiro foi definida em 2005, tendo por base três critérios técnicos:

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
- Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;
- Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Além de atualizar os critérios de seleção, passaram a fazer parte do semiárido outros 102 novos municípios, dos 1.031 municípios já incorporados, totalizando 1.133 municípios integrantes do novo semiárido brasileiro. Devido a essa atualização, a área aumentou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km² (MIN, 2005, pp. 3-4). O Mapa 01 mostra a nova delimitação do semiárido.

Mapa 01. Nova delimitação do semiárido.



Fonte: IBGE, (2005).

O Semiárido apresenta insuficiência de água em seus mananciais, com temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. Os totais pluviométricos são irregulares e inferiores a 900 mm/anuais, sendo estes superados pelos elevados índices de evapotranspiração, resultando em taxas negativas no balanço hídrico. Trata-se, de um território em que a irregularidade anual das chuvas pode representar longos períodos de estiagem, que têm sido os maiores responsáveis pelo histórico êxodo de grande parte da sua população (ANA, 2010).

A estiagem no Semiárido brasileiro se enquadra no comportamento previsível do tipo climático, com suas chuvas irregulares, no tempo e no espaço geográfico (SCHISTEK, 2013). Percebe-se que o semiárido brasileiro a irregularidade anual das chuvas representa longos períodos de estiagem, com suas chuvas irregulares.

Desde 2012, a Agência Nacional de Águas, decidiu avaliar ações para minimizar os efeitos da seca nos municípios do semiárido brasileiro, juntamente com a contribuição de outros órgãos governamentais, utilizando-se de informações de monitoramento dos principais reservatórios e dos órgãos do setor de saneamento e de recursos hídricos, proporcionando um mapeamento da atual situação do abastecimento urbano dos municipais no semiárido brasileiro, reforçando sobre a alerta de criticidade dos mananciais (ANA, 2015).

O acompanhamento da situação dos municípios, é realizado em função da priorização da oferta de água para o abastecimento humano, de forma a subsidiar a proposta de ações estratégicas para o enfrentamento da seca, estabelecendo regras de restrições de uso em alguns rios e açudes. Essas ações variam desde “*da redução da vazão de água dos reservatórios até à fixação de dias alternados para captação de água em rios e açudes para atividades produtivas, ou mesmo à suspensão temporária dos usos*” (ANA, 2015).

Visando a aprimorar as estimativas de demanda de água, algumas políticas públicas foram adotadas no semiárido brasileiro. Dentre elas destacam-se a construção de açudes, perfuração de poços, construção de cisternas rurais, implantação de barragens subterrâneas, dessalinização e aproveitamento de água salobra, reaproveitamento de águas servidas e o transporte de água a grandes distâncias - Adutoras e Canais (MONTENEGRO A. e MONTENEGRO S., 2012).

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), se insere no contexto de transporte de água a grandes distâncias, considerada a maior obra de infraestrutura hídrica do País, dentro da Política Nacional de Recursos Hídricos, a obra possui 477 quilômetros de extensão em dois eixos (Leste e Norte). O PISF foi a alternativa mais consistente e estrutural para o fornecimento adequado de água as populações das regiões do Semiárido (MIN, 2004).

No que se refere a possibilidade de utilização das águas subterrâneas para o abastecimento do consumo humano, é algo que precisa ser revisto no Brasil, pois os poços mal construídos podem não apresentar uma boa qualidade para o consumo humano, pois a grande maioria dos poços são perfurados, operados e abandonados sem controle, seja ele federal, estadual ou municipal. Se tratam propriamente de buracos onde se extrai água, cujas vazões obtidas são prêmios de loteria, diferentemente de um poço bem construído (REBOUÇAS, 2004).

Segundo a ANA (2010), a partir de diagnósticos da qualidade da água dos mananciais superficiais, foi proposta a implantação de redes coletoras de esgotos e de estações de tratamento de esgotos para os municípios situados dentro da área de drenagem dos pontos de captação de águas, com potencial impacto em termos de poluição, que são mais evidentes nos grandes aglomerados de municípios, em função das ocupações urbanas sobre os mananciais de abastecimento público.

Outro ponto a ser discutido é a prática do reuso da água nas regiões áridas e semiáridas. No setor urbano o reuso de esgotos é amplo e diversificado, porém requer sistemas de tratamento e de controle, o que aumenta os seus custos em relação ao seu benefício. Os custos elevados de água na indústria, tem provocado as indústrias a repensarem a possibilidade de fazer o reuso de efluentes, tendo em vista o seu custo ser inferior aos da água potável oferecido dos sistemas públicos de abastecimento. Vale destacar ainda, que o reuso de efluentes na indústria são oferecidos pelas companhias de abastecimento, desta forma, os efluentes adquiridos são tratados (HESPANHOL, 2002).

O reuso de efluentes na agricultura de acordo com Duarte (2006 apud HARUVY, 1997), visa promover uma atividade sustentável, com o intuito de se preservar as fontes de água. Porém esse reuso de efluentes para fins de produção agrícola, é recomendável que o tratamento do efluente seja realizado (HESPANHOL, 2002). A decisão quanto ao reuso da água na agricultura, principalmente na irrigação de culturas, deve ser tomada com base em múltiplos aspectos, como forma de benefícios do reuso superar os custos e riscos envolvidos neste processo (DUARTE, 2006).

O efluente mais adequado para a aplicação na agricultura é oriundo de esgoto doméstico, devido à sua composição e valores nutricionais, enquanto os efluentes industriais são incompatíveis para o reuso agrícola, devido a presença de substâncias tóxicas para o homem e aos animais (OLIVEIRA e RIBEIRO, 2013).

Para que essa técnica do reuso de águas residuais seja realizado, é preciso avaliar os aspectos positivos e negativos que se esse reuso irá oferecer, principalmente pelo fato da

existência de microrganismos patogênicos presentes no efluente, que podem ocasionar problemas na saúde humana ou animal. Dentre deste aspecto surge a necessidade de normatizar estes aspectos e determinar as formas de gestão e decisões políticas e que se codifica a legislação da Lei das Águas e outros instrumentos normativos.

2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA SOBRE AS ÁGUAS

A água no passado era considerada um recurso inesgotável, e por isso a gestão não possuía uma obrigação com a preservação ambiental, apresentando rara preocupação com a otimização do seu uso. A legislação, apesar de que não reconhecia a importância da água como condição elementar para a sobrevivência do homem, ainda não refletia a ideia da futura escassez do recurso natural (CAMPOS e SÁ, 2003).

Dessa forma, então, surgiu a necessidade de uma legislação sobre a gestão das águas, dependendo dela a implementação de decisões políticas sobre os recursos hídricos para que sejam utilizados racionalmente, que atualmente é considerada como um recurso limitado, finito, já escasso, essencial para os múltiplos usos a que a se destina, e por isso considerada um bem econômico (CAMPOS e SÁ, 2003).

O Código de Águas, criado pelo decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, cuja competência era do Ministério da Agricultura para a tutela dos recursos hídricos, e regulamentava a propriedade e os múltiplos usos da água. Em seu art. 1º as águas públicas podiam ser de uso comum ou dominicais, e eram de domínio da União, dos Estados e dos Municípios conforme o seu art. 29º (BRASIL, 1934). Segundo Campos e Sá (2003), no sistema do Código de Águas, verifica-se a existência de 3 categorias, sendo elas a de: águas públicas; águas comuns; e águas particulares.

A nova Constituição Federal de 1988 dividiu o domínio das águas entre a União e os Estados, sendo as de domínio do Estado, as águas com nascente e foz no mesmo Estado, e os de domínio da União, as que ultrapassam fronteiras estaduais e/ou cruzam a fronteira brasileira. A Constituição Federal de 1988, definindo ainda, a existência de um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos (SOUZA FILHO, 2011).

De acordo com Campos e Sá (2003), na nova jurisdição, instituído com a Constituição e pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a água é um bem de domínio público, extinguindo a apropriação privada exclusiva, ficando revogadas as disposições sobre as águas particulares.

As águas como integrantes do patrimônio ambiental, *“é um bem de domínio público, repartido entre a União e Estados membros. A constituição não confere ao Município o*

domínio sobre quaisquer espécies de águas, não mais existindo, portanto, águas municipais” (CAMPOS e SÁ, 2003, p. 211).

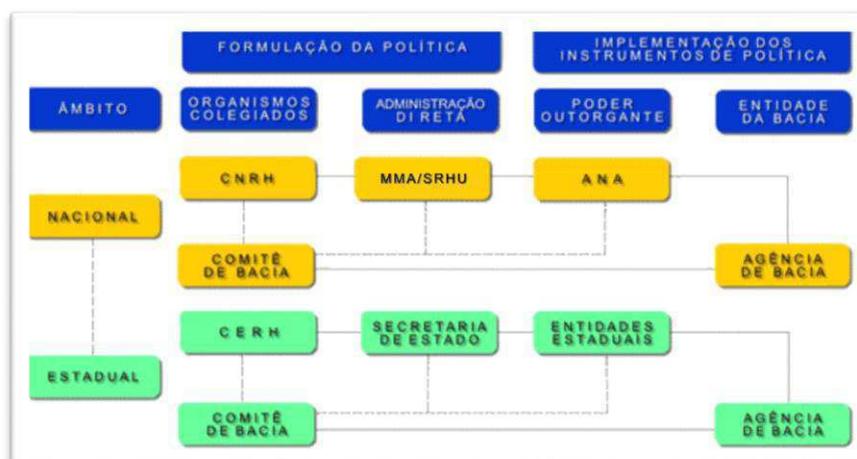
Em 8 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei nº 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), tendo como fundamentos: a compreensão de que a água é um bem público; recurso natural limitado; dotado de valor econômico; o consumo humano e de animais é prioritário em situações de escassez; sua gestão baseada em usos múltiplos, e regulamentou a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (CAMPOS e SÁ, 2003).

Ainda conforme a Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), tem como principais atribuições:

- coordenar a gestão integrada das águas;
- arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Essas atribuições, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), são distribuídas conforme a Figura 02.

Figura 02. Principais atribuições do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017).

Os Conselhos (CNRH) são responsáveis por subsidiar a formulação da Política de Recursos Hídricos e resolver conflitos. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Secretaria

de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU), formulam a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e subsidiam a formulação do Orçamento da União. A Agência Nacional das Águas (ANA), implementam o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNRH), além de outorgar e fiscalizar o uso de recursos hídricos de domínio da União. Já o Órgão Estadual, outorgam e fiscalizam o uso de recursos hídricos de domínio do Estado (MMA, 2017).

O Comitê de Bacia decide sobre o Plano de Recursos Hídricos, que compreende quando, quanto e para quem cobrar pelo uso de recursos hídricos. A Agência de Água, se trata de um escritório técnico do comitê de Bacia (MMA, 2017).

Ressalta-se ainda, que existe o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que é de domínio nacional e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), este sob domínio estadual. Assim como os Comitês de Bacias, que possuem âmbito nacional e estadual, as Agências de Águas possuem âmbito nacional e estadual.

Segundo Campos e Sá (2003), conforme os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), nos termos do art. 11, da Lei nº 9.433/97, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, objetiva assegurar o controle quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. A cobrança pelo uso de recursos hídricos, conforme a regra do art. 19, objetiva:

“Reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água; obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos Planos de Recursos Hídricos” (CAMPOS e SÁ, 2003, p. 213).

Desta forma, serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga pelo Poder Público, e os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos Planos de Recursos Hídricos.

A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, trata-se de um instrumento destinado a permitir o controle sobre a captação e o lançamento de efluentes nos corpos de água (CAMPOS e SÁ, 2003).

No que tange o domínio das águas, Machado (2002), afirma que *"a dominialidade pública da água, afirmada na Lei n.9.433/97, não transforma o Poder Público federal e estadual em proprietário da água, mas torna-o gestor desse bem, no interesse de todos"*.

Desta forma, o domínio dos recursos hídricos pelo Poder Público proporciona a gestão sobre os usos múltiplos das águas, tendo em situações de escassez, o uso prioritário da água

para o consumo humano e dessedentação de animais, representando assim, uma garantia do direito humano à água.

Em relação as competências federativas na gestão de recursos hídricos no Brasil, “*os municípios promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos*”, dessa forma, como os municípios não dispõem de águas em seu domínio, cabe apenas cuidar da drenagem urbana (BRASIL, 1997).

Visando uma melhor gerenciamento das águas no Brasil, tendo em vista a divisão federativa de competências estabelecida pela Constituição, foi criada no âmbito da União, a Agência Nacional de Águas (ANA), instituída pela Lei nº 9.984/2000, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 2000).

A ANA, conforme os fundamentos legais da Lei nº 9.984/2000, desempenha ações de regulação, apoio à gestão dos recursos hídricos, monitoramento de rios e reservatórios, planejamento dos recursos hídricos, além de desenvolver programas e projetos, com o objetivo de estimular a adequada gestão e o uso racional e sustentável dos recursos hídricos. Dentre as suas atribuições descritas em seu art. 4º, da Lei nº 9.984/2000, fica sob responsabilidade da ANA fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União e o controle da poluição hídrica, garantindo desta forma o seu uso sustentável (BRASIL, 2000).

A Agência Nacional de Águas (ANA), de acordo com Souza Filho (2011), é um importante agente de gestão de recursos hídricos do semiárido nordestino, com a utilização de incentivos econômicos/financeiros para os Estados se equiparem juridicamente e administrativamente.

Após o Código de Águas, outras normas surgiram, como foram citadas, visando à proteção dos recursos hídricos, porém não é a falta de normas a causa do estado lamentável dos corpos d’água no Brasil, mas um maior eficiência na fiscalização e punições mais efetivas aos infratores, que provocam danos aos corpos d’água (GRANZIERA, 1993).

O sistema de outorga carece ser aprimorado urgentemente, visto que o direito de uso da água é garantido através da fiscalização, e sem a devida fiscalização, podem ocorrer ilegalidades que comprometem os direitos de uso outorgado, fatores estes, decisivos da qualidade em qualquer sistema de gerenciamento de recursos hídricos, que promovem o uso econômico das águas, não produzindo perdas sociais significativas em conjunto de décadas mais secas (SOUZA FILHO, 2011).

A cobrança pelo o uso dos recursos hídricos, estão são sujeitos à outorga pelo Poder Público, que decidem sobre a cobrança pelo seu uso, e se baseiam nos princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador, com o objetivo de arrecadar recursos financeiros para os investimentos na recuperação e preservação dos recursos hídricos.

2.2.1 A cobrança de água no abastecimento das cidades

O conceito “a água é grátis” está enraizado na cultura de alguns países, não costumando a imaginar os custos agregados em seu armazenamento, captação, tratamento e distribuição da água, quase se utiliza a torneira de casa e dela flui a água (GRANZIERA, 1993).

O que é gratuito, isto é, que não precisa ser pago para a sua obtenção, é a água da chuva. Porém é necessário entender esse conceito, para incluir-se aí a cobrança passível pelo tratamento da água, a sua distribuição, e a manutenção desses respectivos serviços, o que acaba provocando um incentivo ao consumo excessivo de água, e o desprezo à sua conservação e a proteção dos recursos hídricos, o que gera uma carga financeira e insustentável nas companhias de distribuição e tratamento de água. A cobrança pelo uso da água deve ser criteriosamente planejada e efetiva, para não haver abusos quaisquer que sejam, os quais devem ser coibidos, tendo essa condição para qualquer planejamento de utilização de recursos hídricos (GRANZIERA, 1993).

O desenvolvimento e o crescimento das cidades e populações, fizeram com o que os métodos primitivos de abastecimento de água fosse se tornando insuficiente para o atendimento das demandas, e novas soluções tornaram-se necessárias para os problemas gerados pela demanda do abastecimento (CAMPOS e STUDART, 2003).

Com a Revolução Industrial o desenvolvimento e o crescimento das cidades e populações acelerou-se, e as ofertas de água passaram a ser insuficientes para o atendimento das demandas em períodos de estiagem, e a técnica secular de transportar água foi intensificada, das épocas de cheias para as épocas de estiagem com a construção de grandes reservatórios, o que envolveu consideráveis custos econômicos, dessa forma a água bruta passou a ter um custo econômico. Os corpos d'água passaram a receber maiores cargas poluidoras superiores às suas capacidades de depuração, tornando as águas poluídas. O aspecto de poluição das águas, fez a sociedade buscar um novo paradigma para a administração dos recursos hídricos e meio ambiente (CAMPOS e STUDART, 2003). Os autores afirmam ainda que:

“Se, ao longo de todos os tempos, há provas da cultura e do direito de livre acesso a água, há também provas de civilizações onde a organização da distribuição de águas

em sistemas mais complexos se dava sob a administração do estado e com a cobrança de alguma taxa (CAMPOS e STUDART, 2001, p. 116)”.

Percebe-se dessa forma, que mesmo que a água fosse distribuída para o uso público, a população era sujeita ao pagamento de uma taxa de água para o estado, que geria a organização e a distribuição da água em sistemas mais complexos.

As últimas décadas foram marcadas por um crescimento acelerado pela demanda de água, e vários países encararam o problema da degradação da qualidade das águas, aonde se é praticado hoje taxas nunca vistas na História, e que os consumidores poluidores devem ser os pagadores. A cobrança de água já se encontra inserida na legislação brasileira desde os anos 70. A Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, estabelece a cobrança e as situações onde as retiradas de águas estão passíveis à outorga (CAMPOS e STUDART, 2003).

A cobrança é baseada nos princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador, sendo que a quantia a ser paga irá variar de acordo com as peculiaridades socioeconômicas e geográficas de cada bacia, e que, a depender da bacia, paga-se valores diferentes pela utilização da mesma quantidade de água. Nesse sentido, o poluidor arca com os custos da manutenção, reparação dos danos causados pela poluição e pela preservação dos bens ambientais utilizados, em síntese, o consumidor deve arcar com o ônus de sua prevenção (FACHIN e SILVA, 2014).

A fixação das tarifas cobradas são realizadas pelas companhias estaduais e empresas municipais de saneamento, seguindo a orientação dos governos estaduais. Desta forma a cobrança pelos serviços de água e esgoto são realizadas mensalmente, por meio de emissão de uma fatura, sendo que o pagamento da fatura após a data de vencimento pelo consumidor está sujeito a cobrança de uma multa e se eventualmente esse atraso seja superior a um mês, corre o risco da suspensão do fornecimento do serviço de abastecimento de água, por parte da empresa (TUCCI, 2001).

O pagamento realizado pelo consumidor final em sua fatura de água, se refere a prestação de serviços públicos de saneamento que envolve desde a sua captação, tratamento e distribuição da água (FACHIN e SILVA, 2014).

Compreende-se desta forma, que a cobrança do uso dos recursos hídricos tem como objetivo estimular a população para o uso racional da água e gerando recursos financeiros para os investimentos na recuperação e preservação dos recursos hídricos.

2.3 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define o saneamento básico como o gerenciamento de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social (OLIVEIRA, 2003).

A Lei Ordinária N.º 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes básicas nacionais para o saneamento básico, define o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas e o controle social (BRASIL, 2007).

Pode-se dizer que o saneamento caracteriza-se pelo conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo realizar de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente, o abastecimento de água de qualidade, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos.

No Brasil, o saneamento apresenta um imenso déficit, principalmente em relação à coleta e ao tratamento do esgoto sanitário. Apesar que o abastecimento de água está presente em cerca de 99% dos municípios brasileiros, os baixos índices caracterizam a coleta de esgoto sanitário (cerca de 55% dos municípios), e o tratamento de esgoto sanitário (cerca de 28% dos municípios), de acordo com os dados do IBGE referentes a 2008 (IBGE, 2010).

Esses números indicam que muitas obras de coleta e transporte de esgotos deverão ser construídas no país, para a melhoria da qualidade de vida da população, tendo em vista que houve uma melhoria significativa do saneamento no Brasil, mas ainda é necessário um forte empenho e grande investimento para a universalização do saneamento no Brasil (IBGE, 2010).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2008, 5.531 municípios brasileiros (99,4%) dos 5.564 municípios brasileiros realizavam abastecimento de água por rede geral de distribuição em pelo menos um distrito ou parte dele (IBGE, 2010). O Quadro 02 apresentam-se os dados referentes aos municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, segundo as Grandes Regiões.

Quadro 02. Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição, segundo as Grandes Regiões – 2008.

Grandes Regiões	Municípios com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição	
	2008	
	Quantidade	Percentual (%)
Brasil	5.531	99,4
Norte	442	98,4
Nordeste	1.772	98,8
Sudeste	1.668	100,0
Sul	1.185	99,7
Centro-Oeste	464	99,6

Fonte: Adaptado do IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 (2010)¹.

Segundo a pesquisa, 33 municípios brasileiros não dispunham de rede geral de distribuição de água em nenhum de seus distritos. Na Região Nordeste localizavam-se 21 municípios (63,3%), com destaque para os Estados da Paraíba (11 municípios) e Piauí (5), e sete (21,2%) na Região Norte. A Região Sudeste foi a única que apresentou a totalidade dos municípios que a integram abastecidos por rede geral de distribuição de água, em pelo menos um distrito ou parte dele, ressalta-se ainda que dos 33 municípios que não dispunham de rede geral de distribuição de água, o abastecimento desses municípios podem ocorrer a distribuição de água por outras formas, seja por poços particulares, carros-pipas ou cisternas (IBGE, 2010).

A Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

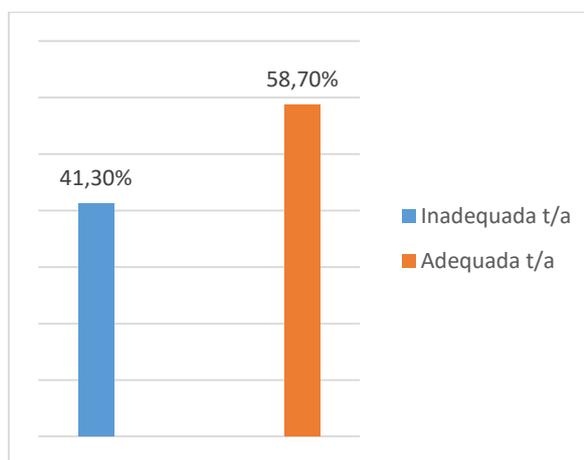
Os dados fornecidos pelo Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil, realizados pela ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, mostra que a geração de resíduos sólidos urbanos apresentou um total anual de 79,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no país, resultando em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, o que leva a cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos sem coleta no país com destino impróprio. Cerca de 42,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos,

¹ Notas: 1. Considera-se o município em que pelo menos um distrito (mesmo que apenas parte dele) é abastecido por rede geral de distribuição de água. 2. O total de municípios era de 5 564, em 2008.

seguiram para aterros sanitários. Porém, registrou-se o aumento do volume de resíduos sólidos enviados para destinação inadequada, cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos dispostas em lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2015).

No Brasil existem 3.326 municípios que ainda fazem a disposição final inadequada de resíduos sólidos urbanos, ocorrendo em todas as regiões e estados brasileiros. A região Nordeste 834 possui lixões do total existente no Brasil de 1.552, que armazenam os resíduos sólidos a céu aberto (ABRELPE, 2015). Esses deveriam ser erradicados até 2014, conforme a PNRS (2010), porém os 3.326 municípios não se adequaram à lei, alegando a falta de recursos financeiros para a adequação. O Figura 03 mostra a disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2015.

Figura 03. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil (t/ano) em 2015.



Fonte: adaptado da ABRELPE, (2015).

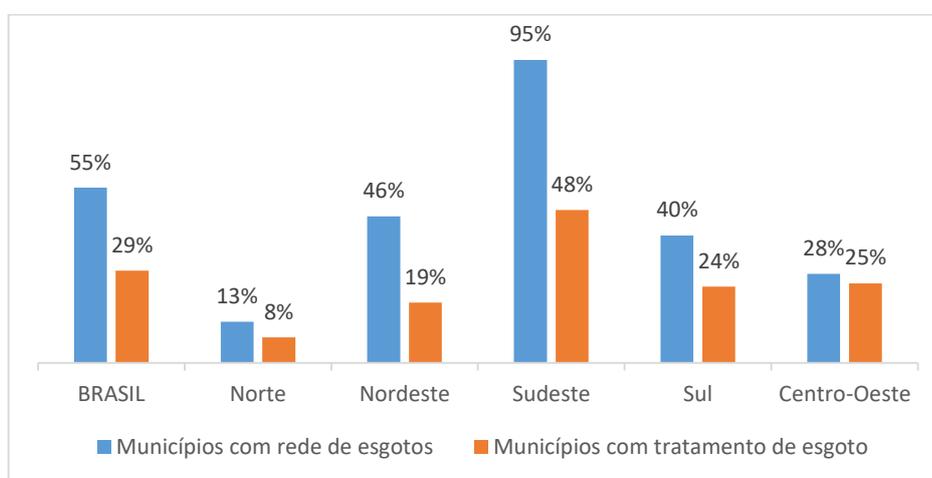
Conforme os dados, os 41,3% de disposição final de forma inadequada a disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil, representam 29.973.482 t/ano e os 58,7% de disposição final adequada representam 42.570.268 t/ano (ABRELPE, 2015).

A situação atual dos resíduos sólidos no Brasil, previsto na Lei 12.305/10 para acabar com os lixões e substituí-los por aterro sanitário, está sendo revista, pois a maioria dos municípios brasileiros ainda não conseguiram se adequar.

Já o esgotamento sanitário, segundo a Lei Ordinária N.º 11.445 de 05 de janeiro de 2007, é constituído pelas atividades de infraestruturas, instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente, ainda é um serviço pouco disseminado na maior parte do território brasileiro (BRASIL, 2007).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostra que a coleta do esgoto ainda é um serviço ainda pouco disseminado na maior parte do território brasileiro, provocando graves consequências ao meio ambiente e à saúde pública, dos 5.564 municípios, em 2008, apenas 3.069 possuíam rede coletora de esgoto, enquanto o tratamento dos esgotos eram realizados em apenas 1.587 municípios (IBGE, 2010). O Figura 04 retrata o percentual das desigualdades regionais na oferta da coleta de esgotos e o seu tratamento à população.

Figura 04. Percentual de municípios que coletam e tratam esgoto, por Grandes Regiões – 2008.



Fonte: Adaptado do IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 (2010).

Dessa forma, percebe-se que a coleta do esgoto é um serviço ainda pouco disseminado nas regiões brasileiras, e o tratamento é ainda mais incomum, provocando serias consequências ao meio ambiente e à saúde pública. Na Região Norte, por exemplo, apenas 8% dos municípios recebem o tratamento de esgotamento sanitário, enquanto na Região Sudeste a rede de esgotos encontra-se presente em 95% dos municípios, porém o tratamento do esgoto é realizado em apenas 48% dos municípios coletores.

O manejo de águas pluviais, refere-se ao sistema de drenagem e tem importância fundamental no planejamento das cidades, sendo esses sistemas de drenagem os responsáveis pelo controle do escoamento das águas de chuva, para evitar os efeitos adversos que podem representar sérios prejuízos à saúde, à segurança e ao bem-estar da sociedade. Esse sistema de drenagem contempla pavimentação de ruas, implantação de redes superficial e subterrânea de coleta de águas pluviais e a destinação final de efluentes (IBGE, 2010).

No Brasil, dos 5.256 municípios que declararam possuir manejo de águas pluviais, 12,7% possuíam dispositivos coletivos de retenção e amortecimento de vazão das águas

pluviais urbanas, sendo que desses 5.256 municípios, 74,4% informaram utilizar cursos d'água (rios) permanentes como corpos receptores; 16,9%, cursos d'água intermitentes; 2,9%, mar; 10,0%, lagoas; 20,7%; e 5,3%, outros corpos receptores (IBGE, 2010).

A eficiência dos sistemas de drenagem de águas pluviais está diretamente relacionada com a existência dos dispositivos de controle de vazão, permitindo a atenuação da energia das águas e o carregamento de sedimentos e outros detritos para os corpos receptores, hídricos ou não, onde há a disposição final dos efluentes da drenagem pluvial (IBGE, 2010).

Portanto, dentre os serviços públicos considerados essenciais por se constituírem em um serviço que assegura melhoria e bem-estar da população, o saneamento básico, conforme o levantamento dos dados, apresenta-se ainda, um serviço ainda pouco disseminado nas regiões brasileiras, com destaque a região Norte e Nordeste, principalmente no que se refere à coleta e ao tratamento do esgoto sanitário, provocando serias consequências ao meio ambiente e à saúde pública.

Essas consequências são ocasionadas pelo lançamento direto de esgotos sem o devido tratamento e, pelo consumo de águas contaminadas e/ou poluídas devido à falta de serviços de saneamento básico. Desta forma, a qualidade da água destinada ao consumo humano é um fator prioritário, pois são as características da água que as irão tornar adequada ou não ao abastecimento para o consumo humano.

2.4 A QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Apenas um pequeno percentual do volume total de água existente na natureza, apresenta qualidade, quantidade e acessibilidade para ser utilizada no abastecimento, e ela necessita ser tratada antes de sua distribuição para à população. O conceito “qualidade da água” não pode se tomar como absoluto, devido à multiplicidade de aplicações da água nas diversas atividades humanas, e devido a função do uso a que se destina (FERREIRA e PÁDUA, 2011).

De acordo com Ferreira e Pádua (2011), no ponto de vista sanitário, a poluição é definida pela alteração de suas propriedades físicas, químicas, radiológicas e biológicas naturais do meio ambiente, provocadas por qualquer forma de energia ou substância sólida, líquida ou gasosa, ou combinação de elementos, direta ou indiretamente, capazes de:

- Ser prejudicial à saúde, à segurança e ao bem-estar da população;
- Criar condições inadequadas para fins domésticos, agropecuários, industriais, e outros, prejudicando as atividades sociais e econômicas;

- Ocasionar danos relevantes à fauna, à flora e a outros recursos naturais.

Dessa forma, a poluição pode ser entendida como a ação ou efeito de degradar a qualidade ambiental, de forma direta ou indireta, alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, e que prejudique a saúde, a segurança, o bem-estar da população, que cause danos à fauna e à flora, e prejudiquem as atividades sociais e econômicas.

No que se refere a contaminação, recebe um conceito mais restrito ao uso da água como alimento. O lançamento de elementos que sejam diretamente prejudicial à saúde do homem, de animais e vegetais que consomem a água, independentemente do fato destes viverem ou não no ambiente aquático (FERREIRA e PÁDUA, 2011).

Através de diversos parâmetros a qualidade da água pode ser representada, traduzindo as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Sendo que todos esses parâmetros são de determinação rotineira em laboratórios de análise de água. Esses parâmetros podem ser utilizados de forma geral, tanto para caracterizar as águas de abastecimento, as águas residuárias, os mananciais e os corpos receptores (VON SPERLING, 1996).

A Portaria nº 2.914, de dezembro de 2011, que revogou a Portaria nº 518/2004, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e a norma vigente de potabilidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011a).

Nos casos de corpos d'água com usos múltiplos, a qualidade da água deve atender aos requisitos dos diversos usos previstos, atendendo os requisitos de qualidade em função de seus usos previstos. (VON SPERLING, 1996). O Quadro 03 mostra a associação entre os principais requisitos de qualidade e os correspondentes usos da água.

Quadro 03. Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento de água doméstico		<ul style="list-style-type: none"> - Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde -Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Adequada para serviços domésticos -Baixa agressividade e dureza - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de macrorganismos)
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios)	<ul style="list-style-type: none"> - Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde -Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor)
	Água entra em contato com o produto	- Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (ex; refrigeração, caldeiras)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa dureza - Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	<ul style="list-style-type: none"> - Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde -Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Salinidade não excessiva
	Demais plantações	<ul style="list-style-type: none"> - Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações - Salinidade não excessiva
Dessedentação de animais		<ul style="list-style-type: none"> - Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais -Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação)	<ul style="list-style-type: none"> - Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex; navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	- Aparência agradável

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (1996).

Como pode ser observado no Quadro 03, os requisitos de qualidade de água são em função de seus usos previstos. Percebe-se que nos corpos d'água de uso múltiplo, a qualidade da água deve atender aos requisitos dos diversos usos previstos, como as águas de

abastecimento de uso doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação animal e de recreação e lazer, sendo que estas águas devem ser Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde e, isenta de organismos prejudiciais à saúde.

Conforme os artigos 3º e 4º da Portaria nº 2.914/ 2011, define que toda água destinada ao consumo humano, proveniente e distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita e deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água (BRASIL, 2011a).

O controle da qualidade da água são normatizados por parâmetros de qualidade, que são essenciais para a garantia da proteção ao meio ambiente e à saúde dos seus consumidores. Esses parâmetros são constituídos de características físicas, químicas e biológicas da água e, estão vinculados as águas para o abastecimento, as águas residuárias e a qualidade ambiental de corpos d'água receptores.

2.4.1 Parâmetros de qualidade da água

Segundo Von Sperling (1996), deve-se selecionar os parâmetros de investigação para uma realização de uma análise de água. Dentre as principais utilizações são:

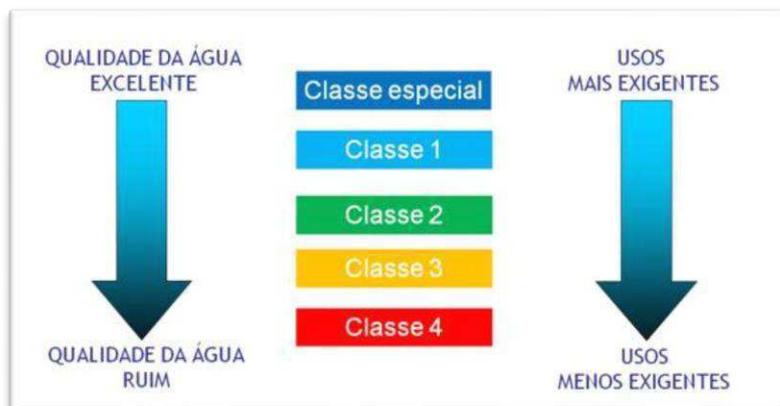
- Caracterização de águas para abastecimento;
- águas superficiais (brutas e tratadas) • águas subterrâneas (brutas e tratadas)
- Caracterização de águas residuárias (brutas e tratadas)
- Caracterização ambiental de corpos d'água receptores (rios e lagos).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005), em sua Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, define a classificação dos corpos de água em as águas doces, águas salobras e águas salinas, e as suas condições e padrões de qualidade. O enfoque deste texto, será nas classes de enquadramento das águas-doces em seus usos respectivos, e as suas condições e padrões de qualidade

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA, 2005), no que se refere as classes de qualidade para as águas doces, salobras e salinas. As águas de classe especial devem ter sua condição natural, não sendo aceito o lançamento de efluentes, mesmo quando tratados. Para as demais classes, são permitidos níveis crescentes de poluição, sendo a classe 1 com os menores níveis e as classes 4 (águas-doces) e 3 (águas salobras e salinas) as com maiores níveis de

poluição. A Figura 05 mostra as classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.

Figura 05. Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.



Fonte: ANA, Portal da qualidade das águas, (2005).

O enquadramento da qualidade da água e os seus respectivos, se trata de instrumento de planejamento que estabelece os níveis de qualidade a ser alcançado em um corpo d'água, e devem ser mantidos para atender às necessidades da sociedade. Esse enquadramento busca garantir às águas uma qualidade harmonizável com os seus usos a que forem destinadas e, diminuir os custos de combate à poluição e contaminação das águas.

A Figura 06 apresenta a relação entre as classes de enquadramento e os seus uso respectivos a que se destinam as águas-doces.

Figura 06. Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cereíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Fonte: ANA, Portal da qualidade das águas, (2005).

As águas doces de Classe especial, são águas destinadas: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral (BRASIL, 2005).

As águas doces de Classe 1, são águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado (clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário); à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas (BRASIL, 2005).

As águas doces de Classe 2, são águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional (clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH); à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

As águas doces de Classe 3, são águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado (técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica); à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais. As águas doces de Classe 4, são águas que podem ser destinadas: à navegação; e à harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

Porém, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, esse enquadramento da qualidade da água, estabelece metas e objetivos de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo (BRASIL, 2005).

Conforme os fundamentos legais da Portaria nº 2.914/ 2011 do Ministério da Saúde, a água fica submetida a processos físicos, químicos ou a combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade, e a análises microbiológicas, de modo a apoiar com a investigação epidemiológica e a identificação, sempre que possível, do gênero ou espécie de microrganismos (BRASIL, 2011a).

Dessa forma, a definição dos parâmetros a serem monitorados, depende da finalidade do trabalho e de seus objetivos a serem realizados, selecionando assim, os tipos de exames a ser realizados, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, e os seus respectivos parâmetros adequado para caracterizar a água. Cabe destacar que outros parâmetros podem ser incluídos, destinando assegurar a qualidade da água distribuída à população (FERREIRA e PÁDUA, 2011).

Neste sentido os parâmetros físico-químicos abordados neste item são de utilização geral, tanto para caracterizar as águas residuária, mananciais e corpos receptores, e são feitas referências aos seguintes padrões de qualidade da água (VON SPERLING, 2017)

- Padrão de potabilidade: Portaria nº 2914/ 2011, do Ministério da Saúde
- Padrão de corpo d'água: Resolução CONAMA nº 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente
- Padrão de lançamento: Resoluções CONAMA nº 430/ 2011, do Ministério do Meio Ambiente

➤ Cor

A cor é responsável pela coloração na água, a sua origem natural se dá através da decomposição de matéria orgânica (vegetais, ácidos húmicos e fúlvicos) e de ferro e manganês.

A sua origem antropogênica provém de resíduos industriais e esgotos domésticos. A origem natural não representa risco direto a saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade. Além disso, a cloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (thihalometanos – ex: clorofórmio). Porém a sua origem industrial pode ou não apresentar toxicidade (VON SPERLING, 2017).

A utilização mais frequente do parâmetro é destinado para a caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, e são representadas pelas unidades uC (unidades de cor) ou uH (unidades Hazen). Na caracterização de águas para abastecimento, deve-se se distinguir entre cor aparente e cor verdadeira. No valor da cor aparente pode estar incluída uma parcela devida à turbidez da água. Quando esta é removida por centrifugação, obtém-se a cor verdadeira (VON SPERLING, 2017).

De acordo com Von Sperling (2017), em termos de tratamento e abastecimento público da água, as águas com cor acima de 15 uC podem ser detectadas em um corpo d'água pela maioria dos consumidores. O padrão de potabilidade é de 15 uH, sendo esse o valor máximo permitido².

Em termos de corpos d'água, o nível de cor natural do corpo de água é representando por mg Pt/L (Escala platina-cobalto) para águas doces de Classe I, e cor verdadeira de até 75 mg Pt/L para águas doces de Classe II e III³.

➤ Turbidez

A turbidez é definida pelo grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A sua origem natural se dá através de partículas de rochas, argila e silte e, algas e outros microrganismos. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água, pode ter a sua origem antropogênica, que provém de despejos domésticos, despejos industriais, microrganismos e pela erosão (VON SPERLING, 2017).

A sua origem natural não traz inconvenientes sanitários diretos. Porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos. Além disso, a sua origem antropogênica pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em corpos d'água, a turbidez pode reduzir a penetração da luz, o que prejudica a fotossíntese (VON SPERLING, 2017).

² Fonte: Portaria nº 2914/ 2011, do Ministério da Saúde.

³ Fonte: Resolução CONAMA nº 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

A utilização mais frequente do parâmetro está direcionado na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e no controle da operação das estações de tratamento de água e, são representadas pela unidade uT (unidade de turbidez) (VON SPERLING, 2017).

Em termos de tratamento e abastecimento público de água, uma água com turbidez igual a 10 uT, uma ligeira nebulosidade pode ser notada, e uma água com turbidez igual a 500 uT, a água é praticamente opaca. Os valores de turbidez da água bruta inferiores a cerca de 20 uT podem ser dirigidas diretamente a filtração lenta, e valores superiores a 50 uT requerem uma etapa antes da filtração, que pode ser a coagulação química ou pré-filtro grosseiro (VON SPERLING, 2017). O padrão de potabilidade é de 5,0 uT, sendo esse o valor máximo permitido⁴. Em termos de corpo d'água, o padrão de turbidez com até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT) são para águas doces de Classe 1, e até 100 UNT são para águas doces de Classe 2 e 3⁵.

➤ Sabor e odor

A definição de sabor envolve uma interação entre o gosto (salgado, doce, azedo e amargo) e o odor (sensação olfativa). A sua origem natural está associada a presença de matéria orgânica em decomposição e microrganismos (ex: algas) e gases dissolvidos (ex: gás sulfídrico). A sua origem antropogênica provém de despejos domésticos, despejos industriais e gases dissolvidos (ex: gás sulfídrico) (VON SPERLING, 2017).

Apesar de não representar risco à saúde, os consumidores podem questionar a sua confiabilidade, porém valores especialmente elevados podem indicar a presença de substâncias potencialmente perigosas. Além disso o sabor e odor representa a maior causa das reclamações dos consumidores (VON SPERLING, 2017).

A utilização mais frequente do parâmetro está associado na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, sendo que a sua concentração deve ter um limite mínimo detectável (VON SPERLING, 2017).

De acordo com Von Sperling (2017), na interpretação dos resultados faz-se importante, a identificação e a vinculação com a origem do sabor e odor, e no que tange o tratamento e abastecimento público de água, a água deve ser completamente inodora e sua intensidade deve ser 6 como valor máximo permitido⁶.

⁴ Fonte: Portaria nº 2914/ 2011, do Ministério da Saúde.

⁵ Fonte: Resolução CONAMA nº 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

⁶ Fonte: Portaria nº 2914/ 2011, do Ministério da Saúde.

➤ Temperatura

A temperatura é conceituada pela medição da intensidade de calor, e a sua alteração pode ser causada por fontes naturais, como a transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) ou de origem antropogênica (águas de torres de resfriamento e despejos industriais). Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e aumentam a taxa de transferência de gases, o que pode provocar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2017).

A utilização mais frequente deste parâmetro é destinada para a na caracterização de corpos d'água e de águas residuárias brutas, e sua unidade representativa é °C (graus Celsius) (VON SPERLING, 2017). Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, geralmente, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C (FUNASA, 2014).

De acordo com Von Sperling (2017), em termos de corpos d'água, a temperatura deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, tais como oxigênio dissolvido, e em termos de tratamento de águas residuárias, a temperatura deve proporcionar condições para as reações bioquímicas de remoção de poluentes, e o padrão de lançamentos de efluentes deve ser inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura⁷.

➤ Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água indica a capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas. Estas substâncias dissolvidas se dissociam em ânions e cátions, que quanto maior a sua concentração iônica na solução, maior será a capacidade em conduzir corrente elétrica. Dessa forma, a condutividade elétrica da água é expressa na unidade de resistência S (Siemens) por unidade de comprimento (geralmente cm ou m). As águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS/cm, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 µS/cm (FUNASA, 2014).

A condutividade elétrica da água permite estimar a quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes na água. Dessa forma, a quantidade de sais dissolvidos é aproximadamente proporcional à sua quantidade (FERREIRA e PÁDUA, 2006).

⁷ Fonte: Resolução CONAMA nº 430/ 2011, do Ministério do Meio Ambiente

O padrão de potabilidade dos sólidos totais dissolvidos é de 1000 mg/L, sendo esse valor, o máximo permitido⁸. Em termos dos corpos d'água, o padrão dos sólidos totais dissolvidos para as águas doces de Classe 1, 2 e 3 é de 500 mg/L⁹.

➤ pH

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons de hidrogênio H⁺, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, abrangendo a faixa de 0 a 14 (pH < 7 indica uma condição ácida, pH = 7 indica uma condição de neutralidade e pH > 7 indica uma condição básica). As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese) e origem antropogênica (despejos domésticos e despejos industriais) (VON SPERLING, 2017).

O pH baixo pode apresentar uma potencial corrosividade e agressividade nas tubulações e peças de água de abastecimento. Já o pH elevado possibilita incrustações nas tubulações e peças das águas de abastecimento. Os valores de pH afastados da neutralidade pode afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (VON SPERLING, 2017).

A utilização mais frequente do parâmetro está associada na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, caracterização de águas residuárias brutas, controle da operação de estações de tratamento de esgotos e a caracterização de corpos d'água (VON SPERLING, 2017).

Em termos de tratamento e abastecimento público de água, o pH deve estar entre 6,5 e 9,5 (FUNASA, 2014, p.21). Em termos de tratamento de águas residuária, no lançamento de efluentes, o padrão do pH deve estar entre 5 a 9¹⁰. Em termos de corpos d'água, valores elevados ou baixos podem ser indicativos da presença de efluentes industriais (VON SPERLING, 2017). O padrão de pH para as águas doces de Classe 1, 2, 3 e 4 devem estar entre 6,0 a 9,0¹¹.

➤ Alcalinidade

⁸ Fonte: Portaria nº 2914/ 2011, do Ministério da Saúde.

⁹ Fonte: Resolução CONAMA nº 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

¹⁰ Fonte: Resolução CONAMA nº 430/ 2011, do Ministério do Meio Ambiente.

¹¹ Fonte: Resolução CONAMA nº 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente

A alcalinidade indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons de hidrogênio. Trata-se, dessa forma, de uma medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, isto é, de uma medição da capacidade da água de resistir às mudanças do pH. A utilização mais frequente do termo, está empregado para a caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e na caracterização de águas residuárias brutas (VON SPERLING, 2017).

De acordo com Von Sperling (2017), a distribuição entre as três formas de alcalinidade na água (bicarbonatos HCO_3^- , carbonatos CO_3^{2-} e os hidróxidos OH^-) são função do pH (pH > 9,4: hidróxidos e carbonatos; pH entre 8,3 e 9,4: carbonatos e bicarbonatos; pH entre 4,4 e 8,3: apenas bicarbonato).

Na maior parte dos ambientes aquáticos, a alcalinidade deve-se exclusivamente à presença de bicarbonatos, e apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 (FUNASA, 2014).

➤ Acidez

A acidez mede a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases, devido principalmente à presença de gás carbônico livre na água (pH entre 4,5 e 8,2). A origem da acidez pode ser natural (CO_2 absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica e gás sulfídrico) como antropogênica (despejos industriais). Apesar de ter pouco significado sanitário, as águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo estas recusadas para abastecimento doméstico (VON SPERLING, 2017).

Segundo Von Sperling (2017), a utilização mais frequente do parâmetro é destinado para a caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, e em termos de tratamento e abastecimento público de água, o teor de CO_2 livre está diretamente associado à acidez, sendo:

- pH > 8,2: ausência de CO_2 livre
- pH entre 4,5 e 8,2: acidez carbônica
- pH < 4,5: acidez por ácidos minerais fortes (usualmente resultantes de despejos industriais)

➤ Oxigênio dissolvido

Trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático, pois o oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os

organismos aeróbios. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias, o que provoca a geração de maus odores (VON SPERLING, 2017).

Nos corpos d'água a solubilidade do OD varia com a altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20°C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg/l. Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas (fotossíntese) e valores de OD bem inferiores a saturação são indicativos da presença de matéria orgânica, provavelmente esgotos (VON SPERLING, 2017).

Os corpos d'água obedecem os seguintes padrões:

- padrão de corpos d'água doces de Classe 1: OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂¹².
- padrão de corpos d'água doces de Classe 2: OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂¹³.
- padrão de corpos d'água doces de Classe 3: OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂¹⁴.
- padrão de corpos d'água doces de Classe 4: OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra¹⁵.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, os principais indicadores de contaminação fecal geralmente utilizados são (VON SPERLING, 2017):

- *coliformes totais*;
- *coliformes fecais*, que podem ser denominados de coliformes termotolerantes;
- *Escherichia coli*.

O grupo de coliformes totais são constituídos de um grande grupo de bactérias quem tem sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como as fezes de seres humanos e animais (VON SPERLING, 2017). Porém, as bactérias do grupo dos coliformes inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal, podendo ocorrer naturalmente

¹² Fonte: Resolução CONAMA n° 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

¹³ Fonte: Resolução CONAMA n° 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

¹⁴ Fonte: Resolução CONAMA n° 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

¹⁵ Fonte: Resolução CONAMA n° 357/ 2005, do Ministério do Meio Ambiente.

no solo, na água e em plantas (FUNASA, 2014). Por essa razão, a avaliação dos coliformes totais não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas superficiais.

No entanto, em sua avaliação de água potável direcionado ao abastecimento, a água não deve conter a presença de coliformes totais, o que pode indicar falhas em seu tratamento, e uma possível contaminação após o seu tratamento, ou ainda a presença de nutrientes em excesso (VON SPERLING, 2017).

O grupo de coliformes fecais, ou coliformes termotolerantes, são indicadores de organismos originários de forma predominante, do trato intestinal humano e animais. Compreende o gênero *Escherichia* e, em menor extensão, espécies de *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*. Recentemente se prefere denominar os coliformes fecais em coliformes termotolerantes, por serem bactérias que resistem à elevada temperatura nos testes, porém não são necessariamente fecais (VON SPERLING, 2017). Portanto, a utilização de Coliformes termotolerantes na avaliação da qualidade das águas, tem sido a tendência atual a se referir ao grupo de coliformes fecais (FUNASA, 2014 apud. DHSS, 1982; OMS, 1995).

A *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes, e são abundantes nas fezes humanas e de animais. São encontradas em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas a contaminação por seres humanos, atividades agropecuárias e animais. A *Escherichia coli* é a única nas análises que dá garantia de contaminação fecal, por este fato, se tem a tendência de se utilizar predominantemente a *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal (VON SPERLING, 2017).

Segundo a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a), que dispõe dos padrões de potabilidade, estabelece que seja verificada a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* (Figura 07) e a determinação de contagem de bactérias heterotróficas, para garantir a potabilidade do consumo humano.

Figura 07. Padrão microbiológico da água para consumo humano.

Tipo de água		Parâmetro		VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano		Escherichia coli ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
Na saída do tratamento		Coliformes totais ⁽³⁾		Ausência em 100 mL
Água tratada	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais ⁽⁴⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes		Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.	

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Indicador de contaminação fecal.

(3) Indicador de eficiência de tratamento.

(4) Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Fonte: Ministério da Saúde, (2011).

A Resolução Conama nº 357/ 2005 (BRASIL, 2005), define os padrões de coliformes termotolerantes na qualidade das águas doces, que obedecem as seguintes classes:

- Classe 1 - Os coliformes termotolerantes não deverá exceder um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral (BRASIL, 2005).
- Classe 2 - Os coliformes termotolerantes não deverá exceder um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral (BRASIL, 2005).
- Classe 3 - Os coliformes termotolerantes para o uso de recreação de contato secundário não deverá exceder um limite de 2.500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá exceder o limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá exceder um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral (BRASIL, 2005).

Porém, a *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro dos coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente em todas as classes (BRASIL, 2005).

2.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS ESGOTOS

A NBR 7229 define água residuária como “líquido que contém resíduos da atividade humana”, seja ela doméstica ou industrial, e os efluentes são a parcela líquida que sai de qualquer unidade de tratamento de esgoto. A água residuária e as águas de infiltração que constituem o esgoto de uma cidade, devem ser submetidos a um sistema de tratamento adequado antes de seu lançamento em um corpo receptor (SANTOS, 2007).

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, sendo a fração restante compostas por sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como

microrganismos. Devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos, pela ocorrência dos problemas de poluição das águas (VON SPERLING, 1996). Já os esgotos industriais tem a sua composição extremamente variável ao longo do ano, meses, dias e horas, dependendo do tipo de produto a ser fabricado e o processo industrial aplicado (SANTOS, 2007).

As características dos esgotos gerados “*é função dos usos à qual a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população*”. Desta forma, entende-se que a qualidade dos esgotos gerados são provenientes das impurezas incorporadas à água em decorrência do uso à qual a água foi submetida, variando com o clima, a situação socioeconômica e hábitos da população (VON SPERLING, 1996).

De acordo com Von Sperling (1996), os esgotos oriundos de uma cidade são basicamente originados em três fontes distintas:

- Esgotos domésticos
- Águas de infiltração
- Despejos industriais

Os esgotos domésticos são constituídos de efluentes incluindo residências, instituições e comércio, cujas características físico-químicas sejam aquelas peculiares ao esgoto residencial. As águas por infiltração se constitui da parcela devida às águas do subsolo que penetram nas tubulações, através das juntas e órgãos acessórios (VON SPERLING, 1996). Os despejos industriais se constitui de despejo líquido resultante de atividades produtivas ou de processo de indústria, com características físico-químicas distintas do esgoto doméstico (COPASA, 201?).

Os projetos de uma estação de tratamento, normalmente não há interesse em se determinar os diversos compostos dos quais a água residuária são constituída, sendo preferível a utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caráter ou o potencial poluidor do despejo em questão, aonde esses parâmetros definem a qualidade do esgoto (VON SPERLING, 1996).

As Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) tratam os esgotos sanitários ou industriais, e geralmente são mantidas pelo governo, ou por empresas privadas através de concessões. O tratamento do esgoto pode incluir várias técnicas e modos a serem realizado, de maneira a garantir um tratamento compatível com as condições desejadas pelo corpo receptor, atendendo a legislação ambiental (LINS, 2010).

O nível de tratamento e a eficiência do tratamento, tem por objetivo a remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma utilidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente, de acordo com a legislação que prevê os padrões de qualidade para o efluente e para o corpo receptor (VON SPERLING, 1996).

No que se refere ao sistema de tratamento de esgoto sanitário em todo Brasil, o mais utilizado é o de lagoa de estabilização, que transforma o material orgânico em produtos mineralizados na água residuária a ser tratada. Esse sistema de esgoto é muito utilizado na região Nordeste, devido a mão de obra qualificada para operar as estações de tratamento de esgoto não serem abundantes e a minimização dos custos com a operação e manutenção (SANTOS, 2007).

Dessa forma o tratamento dos esgotos tem como principais objetivos a remoção do material sólido, a exterminação de microrganismos patogênicos e a redução de substâncias químicas indesejáveis.

É preferível a utilização de parâmetros indiretos que reproduzam o potencial poluidor do despejo em questão. Esses parâmetros definem a qualidade do esgoto, e são divididos em três categorias: físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 2017).

Neste sentido as principais características dos parâmetros físico-químicos e microbiológico dos esgotos domésticos são (VON SPERLING, 2017):

➤ Temperatura:

- Ligeiramente superior à da água de abastecimento.
- Variação conforme as estações do ano.
- Influência na atividade microbiana.
- Influência na solubilidade dos gases.
- Influência na velocidade de reações químicas.
- Influência na viscosidade do líquido.

➤ Cor:

- Esgoto fresco: ligeiramente cinza.
- Esgoto putrefativo: cinza escuro ou preto.

➤ Odor:

- Esgoto fresco: odor oleoso desagradável.
- Esgoto putrefativo: odor desagradável, devido ao gás sulfídrico e outros produtos em decomposição.
- Despejos industriais.

➤ Turbidez:

- Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão.
- Esgotos frescos ou mais concentrados possui maior turbidez.

➤ Sólidos totais

Todos os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos, exceto os gases dissolvidos. Esses sólidos podem ser classificados de acordo com o seu tamanho e estado, e as suas características químicas e a sua sedimentabilidade (VON SPERLING, 2017).

➤ pH

Indicador das propriedades ácidas ou básicas do esgoto, sendo neutro em pH 7 (VON SPERLING, 2017).

➤ Alcalinidade

Indicador da capacidade de resistência às variações do pH (VON SPERLING, 2017).

➤ Organismos patogênicos e indicadores de contaminação fecal

A qualidade biológica dos esgotos desempenham um papel fundamental para o controle do tratamento biológico dos esgotos, pois são os microrganismos responsáveis pelas reações de conversão da matéria orgânica e inorgânica. Outra fator de grande importância, está relacionado à possibilidade de transmissão de doenças por organismos patogênicos presentes nos esgotos. A determinação da capacidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada através dos organismos indicadores de contaminação fecal, principalmente os do grupo de coliformes (VON SPERLING, 2017).

Em esgotos, a *Escherichia coli* é o principal organismo presente do grupo dos coliformes termotolerantes. A presença deste organismo é de fundamental importância, pois são indicadores da eficiência de remoção dos patógenos no processo de tratamento de esgotos (VON SPERLING, 2017). Esse organismo, é considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos, e têm sido largamente utilizados como indicador de contaminação tanto em águas naturais quanto tratadas (FUNASA, 2013).

2.6 POLUIÇÃO DE UM CURSO DE ÁGUA E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo a resolução Conama nº 001 de janeiro de 1986, define que o impacto ambiental é qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, prejudiquem: 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 (BRASIL, 1986).

De acordo com Sánchez (2008), se o impacto ambiental é uma alteração do meio ambiente provocada por ações antrópicas, fica claro que tal alteração pode ser benéfica ou adversa, e isso deve ser considerado quando se prepara um estudo de impacto ambiental.

Percebe-se desta forma, que o impacto ambiental é resultante de qualquer atividade exercida pela relação da sociedade com o meio ambiente, modificando as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, afetando a saúde, a segurança, o bem-estar da população, as atividades socioeconômicas, fauna, flora, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Portanto, o termo a ser utilizado neste trabalho será de impacto socioambiental, pois esse termo destaca o aspecto das relações humanas e sociais com o meio ambiente e os impactos ambientais que esse processo possa causar.

Von Sperling (2017), destaca que a poluição das águas se dar pela adição de substâncias ou de formas de energia que altere de forma indireta ou direta, a natureza do corpo d'água, prejudicando os legítimos usos que dela são feitos.

A fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água através de duas formas (VON SPERLING, 2017):

- Poluição pontual
- Poluição difusa

A poluição pontual ocorre quando os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. A poluição pontual tem como principal exemplo a descarga em um rio de um emissário transportando os esgotos de uma comunidade. Já a poluição difusa e decorrente quando os poluentes entram no corpo d'água distribuídos ao longo de parte da sua extensão. O exemplo disso se dá através da poluição veiculada pela drenagem pluvial natural, em que os poluentes são descarregados no corpo d'água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto, como ocorre na poluição pontual (VON SPERLING, 2017).

Entende-se desta forma, que as cargas pontuais ocorrem quando os poluentes são lançados de forma individualizada. Já as cargas difusas, ocorrem por não terem um ponto de lançamento específico, tornando mais difícil o seu controle e identificação.

As fontes de poluição difusa são resultado das atividades antrópicas, que se dá pelo desenvolvimento desordenado das cidades, aliado à ocupação de áreas de mananciais e ao crescimento populacional, provocando impactos socioambientais na qualidade da água no meio urbano, e os seguintes impactos socioambientais podem ser citados (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009):

- Mortalidade da vida aquática;
- Problemas relacionados com a proliferação de doenças de veiculação hídrica;
- Degradação da qualidade da água, tornando-a imprópria para o consumo;
- Degradação do ecossistema e do habitat;
- Custos financeiros relacionados com ações de limpeza e remoção de poluentes;
- Prejuízos sociais relacionados com a inadequação de áreas de lazer.

De modo geral, os poluentes são frequentemente originários das seguintes fontes principais (VON SPERLING, 2017):

- Esgotos domésticos
- Despejos industriais
- Escoamento superficial

O lançamento de esgotos de origem doméstica, através de fontes de conexão clandestinas na rede de drenagem, é um dos principais fatores de degradação da qualidade da

água nos corpos d'água urbanos. Esse lançamento na rede de drenagem pode produzir substâncias tóxicas e patogênicas. Ainda pode-se citar o lançamento de resíduos sólidos sobre os sistemas de drenagem, que obstrui as suas estruturas, e ao aumento da frequência de alagamentos e inundações e à degradação ambiental dos sistemas hídricos por resíduos que apresentam alto tempo de vida no ambiente (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

Dentre os principais resíduos sólidos na rede de drenagem urbana, pode-se citar o plástico e o papel. Porém, essa caracterização depende essencialmente da eficiência dos sistemas de coleta e de limpeza, do tipo de ocupação da bacia (residencial, comercial e industrial) e das características socioculturais da população (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009).

Os esgotos quando lançados no corpos d'águas sem o seu devido tratamento acarreta vários danos, tanto para o meio ambiente, como riscos à saúde humana. O descarte dos resíduos não tratados no meio pode alterar as características do solo e da água, causando o desequilíbrio dos ecossistemas envolvidos por meio de processos de poluição e contaminação (TERA, 2014).

O ecossistema de um corpo d'água antes do lançamento de despejos encontra-se em um estado de equilíbrio, que após a entrada da fonte de poluição, o equilíbrio desse ecossistema é afetado, o que resulta em uma desorganização inicial, que posteriormente é reorganizada (VON SPERLING, 2017).

Dessa forma, o fenômeno de autodepuração está associado a reorganização do equilíbrio no meio aquático, após as alterações provocadas pelo lançamento de efluentes. Dentro de um ponto de vista prático, uma água pode ser considerada depurada quando as suas características não sejam conflitantes com a sua utilização em cada trecho do seu curso d'água (VON SPERLING, 2017).

Sánchez (2008), aborda que se o lançamento de esgotos domésticos forem lançados em grande quantidade *in natura* em um corpo d'água, certamente a qualidade das águas ficarão sensivelmente degradada, o que acarretara em um impacto cumulativo ou acumulativo no tempo ou no espaço, pois resultam em uma combinação de efeitos decorrentes de uma ou diversas ações.

Devido a autodepuração ser um processo que se desenvolve ao longo do tempo, levando em consideração a dimensão do curso d'água, a jusante do lançamento de efluentes tem as seguintes características: zona de degradação; zona de decomposição ativa; e zona de recuperação (VON SPERLING, 2017).

A zona de degradação tem início logo após o lançamento das águas residuárias no curso d'água, apresentando águas turvas devido aos sólidos presentes nos esgotos, o que provoca a

formação de lodos devido a sua sedimentação. A zona de decomposição ativa tem como característica principal, após a fase de perturbação do ecossistema (zona de degradação), o desempenho ativo de microrganismos que desempenham ativamente a decomposição da matéria orgânica, e como consequência a qualidade da água apresenta-se em seu estado mais deteriorado, com acentuada coloração na água e depósitos de lodos escuro no fundo. A zona de recuperação, após a zona de decomposição ativa, é caracterizada pela etapa de recuperação, onde a água encontrasse com aparência melhorada e sua cor mais clara, e os depósitos de lodo sedimentados no fundo apresentam textura mais granulada, não ocorrendo mais o mau cheiro (VON SPERLING, 2017).

A montante do lançamento dos despejos, encontra-se a zona de águas limpas, que é caracterizada pelo o equilíbrio ecológico e pela elevada qualidade da água, encontrando-se novamente limpas, voltando as condições normais anteriores à poluição, no que diz respeito ao oxigênio dissolvido, à matéria orgânica e aos teores de bactérias, que consequentemente reduzem os organismos patogênicos (VON SPERLING, 2017).

Cabe ressaltar, que o lançamento de efluentes propicia a proliferação de inúmeras doenças, o que se reflete no aumento da demanda pela busca de serviços de saúde (TERA, 2017). Em 2009, 462 mil pacientes foram internados por infecções gastrointestinais, com o custo médio de R\$350 em uma internação no Sistema Único de Saúde (FUNASA, 2010). Segundo a Fundação Nacional de Saúde, a cada R\$1,00 (um real) investido em saneamento básico, a uma economia de R\$ 4,00(quatro reais) em medicina curativa (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2011).

Von Sperling (2017), destaca que os microrganismos presentes nos esgotos desempenham diversas funções, principalmente com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos, e que os organismos patogênicos presentes nos esgotos, podem ser: saprófitas, comensais e parasitos, sendo esta uma categoria patogênica, isto é, capaz de causar doenças nos seres humanos e animais. Os principais grupos de organismos de interesse de saúde pública, com associação com a água ou com as fezes são:

- bactérias
- vírus
- protozoários
- helmintos

A origem desses agentes patogênicos nos esgotos é predominantemente humano, e refletem diretamente o nível de saúde da população e as condições de saneamento básico de cada região. Porém a ocorrência de doença no ser humano por ingestão de água contaminada depende de diversos fatores, que são: volume de água ingerido; concentração do organismo patogênico na água; dose infectiva relativa do organismo patogênico; e resistência do indivíduo (crianças, idosos, apresentam menor resistência) (VON SPERLING, 2017). As doenças relacionadas à ausência de tratamento de esgoto pode afetar pessoas de todas as idades, porém as crianças são as mais prejudicadas com o problema.

Se torna evidente que a implantação do sistema de tratamento de efluentes, possibilita uma recuperação bastante expressiva da qualidade ambiental dos corpos receptores, como beneficia diretamente o bem-estar e a saúde da população.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho monográfico foi realizado durante o período de maio de 2017 à agosto de 2017, utilizando-se materiais, métodos e técnicas que possibilitaram a execução das atividades propostas, como o embasamento da pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, observação *in loco*, registro fotográfico, coleta de amostras de esgotos doméstico, coleta de amostras da água do trecho do canal fluvial do rio Piancó utilizada para o abastecimento urbano no município de Pombal-PB, análises laboratoriais das amostras coletadas, levantamento de bases cartográficas em arquivos *.shp shapefiles* e o uso do software de geoprocessamento Qgis 2.8.3 para o processamento das bases cartográficas para as elaborações dos mapas do referido município.

A partir do uso do software Qgis, foi possível definir a área de estudo e o seu georrefereciamento digital, levando em consideração a drenagem utilizada para o abastecimento do município de Pombal e o trecho de despejo final das águas residuárias.

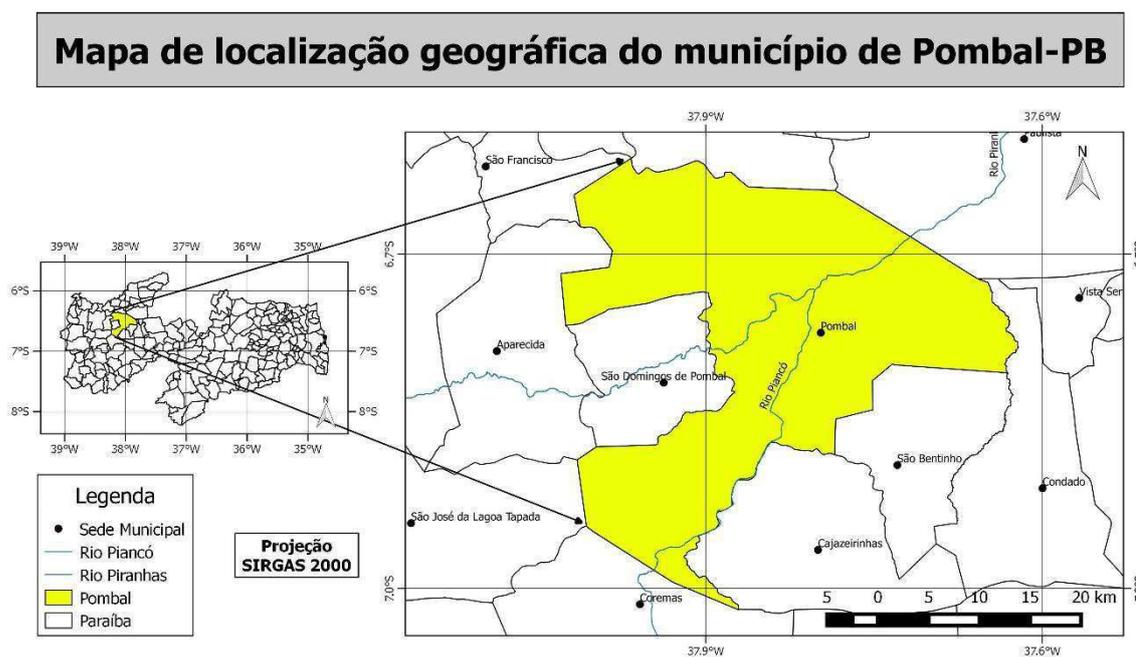
De acordo com Lakatos (2003), “*nem sempre há necessidade de delimitação, pois o próprio assunto e seus objetivos podem estabelecer limites*”, que no campo de investigação abrangem o limite no tempo e no espaço geográfico que se localiza o assunto.

No que se refere aos procedimentos para a realização da coleta de dados, as técnicas de pesquisa empregadas foram a coleta documental, registro fotográfico, o uso do software de geoprocessamento Qgis 2.8.3 para o processamento das bases cartográficas e observação *in loco*. Desta forma, a análise e interpretação dos dados coletados, tratam-se de uma forma de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e as respostas às investigações (LAKATOS, 2003).

3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

O município de Pombal está localizado na porção Oeste do Estado da Paraíba (Mapa 04), Região Geográfica Intermediária de Patos e Região Geográfica Imediata de Pombal (IBGE, 2017, p. 24), com coordenadas geográficas de 06° 46' S de latitude e 37° 47' W de longitude, e uma altitude de 160 metros. De acordo com IBGE (2016), a área territorial do município é de 889,491 km², e a população de 32.110 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 36,13 hab/km². O Mapa 02 localiza o município de Pombal-PB com suas respectivas drenagens principais.

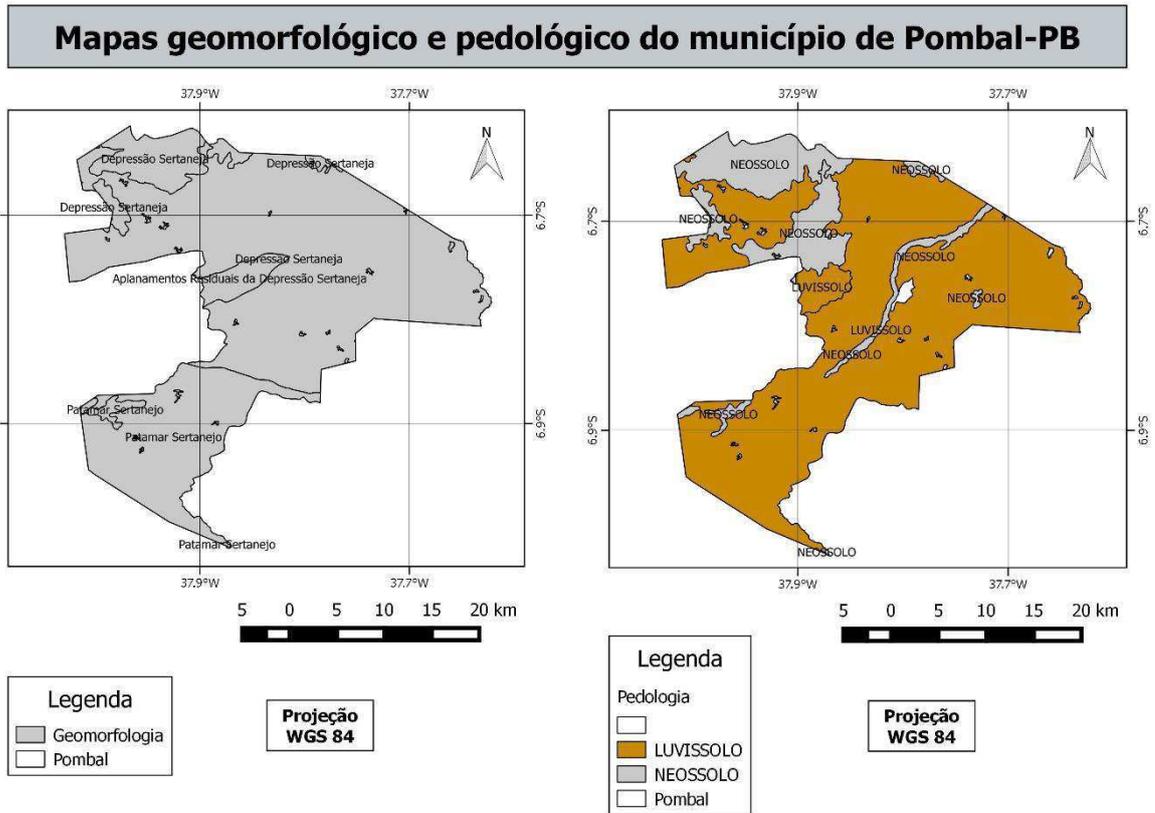
Mapa 02. Mapa de localização geográfica do município de Pombal-PB.



Fonte: elaborado pelo autor.

Situado na Depressão Sertaneja, o município de Pombal é caracterizado por uma superfície de pediplanação com relevo predominantemente suave-ondulado, cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas. A vegetação é basicamente composta pela Caatinga Hiperxerófila. O clima é do tipo Tropical Semi-Árido, com chuvas de verão, com períodos chuvosos que se iniciam em novembro e com término em abril. Apresenta uma precipitação média anual de 431,8mm (CPRM, 2005). Com respeito aos solos, ocorrem os solos Neossolos e Luvisolos, como mostra o Mapa 03.

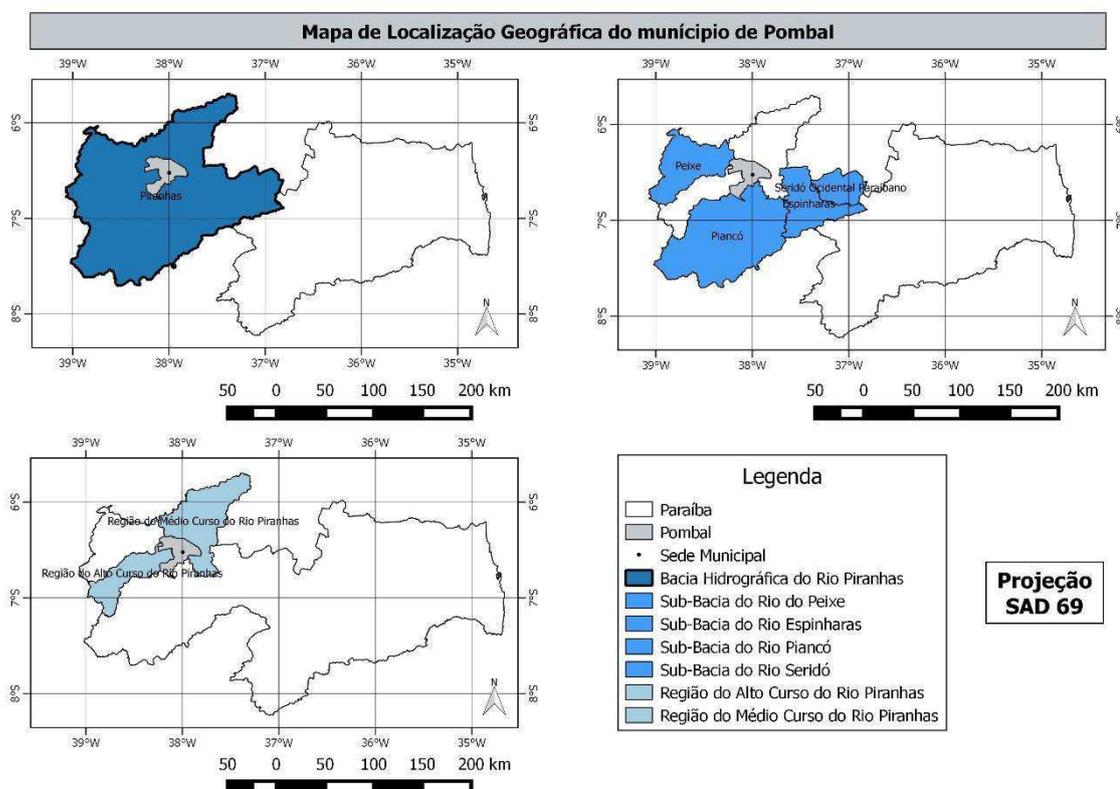
Mapa 03. Mapas pedológico e geomorfológico do município de Pombal-PB.



Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme o Mapa 04, o município de Pombal encontra-se inserido na bacia hidrográfica do Rio Piranhas, entre a sub-bacia do Rio Piancó e sub-bacia do Rio do Peixe, e entre a região do Alto Curso do Rio Piranhas e Região do Médio Curso do Rio Piranhas.

Mapa 04. Mapa de localização da bacia hidrográfica, sub-bacias e regiões dos rios do município de Pombal-PB.



Fonte: elaborado pelo autor.

A bacia Hidrográfica do Rio Piranhas possui uma área de 26.047,49 km², e é dividida em quatro sub-bacias (Rio do Peixe, Rio Piancó, Rio Espinharas e Rio Seridó) e duas regiões hidrográficas (Alto Piranhas e Médio Piranhas) (AESAs, 2016).

O sistema de reservatórios de Coremas/Mãe D'Água (Açude Estevam Marinho) com a capacidade de armazenamento de 1,350 bilhões de m³, pereniza o rio Piancó e o trecho do rio Piranhas, o que garante o abastecimento urbano e rural (AESAs, 2017a). O rio Piancó possui uma área de 9.242,75 km² (AESAs, 2016).

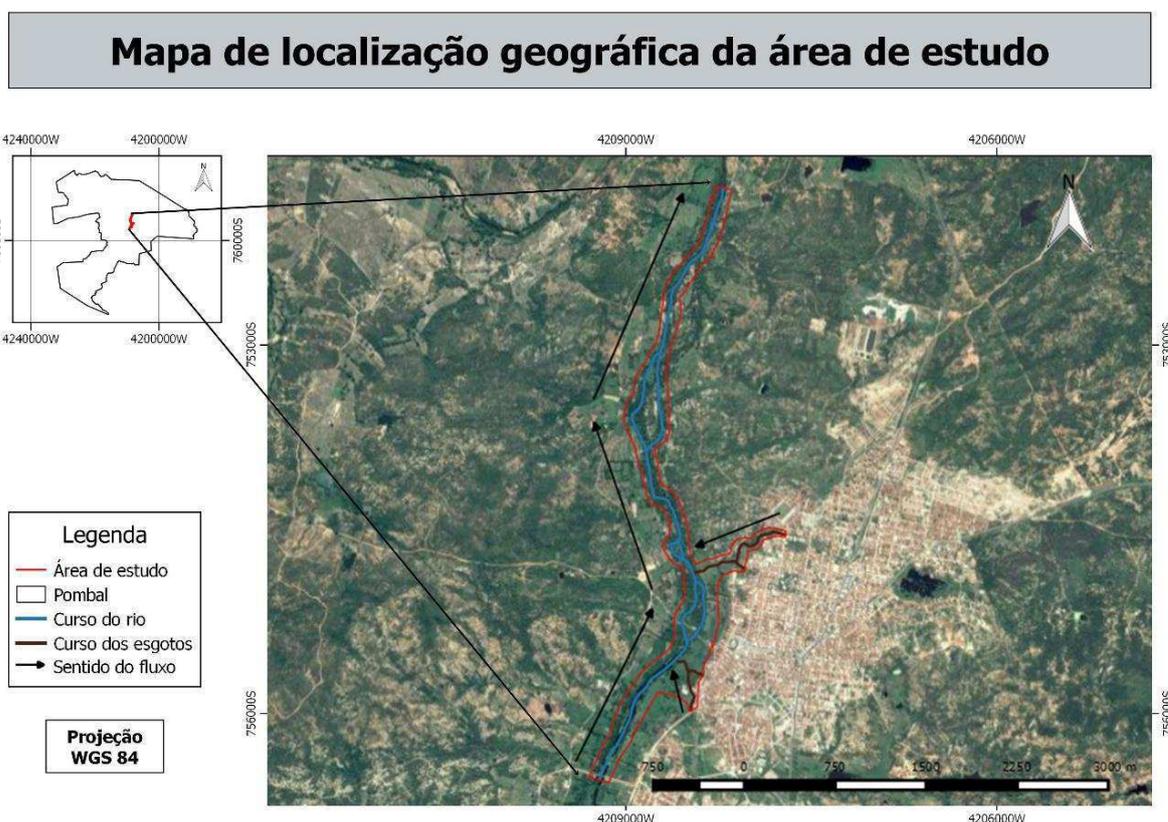
O referido sistema de reservatório, é de fundamental importância para o município de Pombal, pois o rio Piancó e rio Piranhas que cortam o território do município de Pombal, são perenizados pelo Açude Estevam Marinho, o que garante o abastecimento urbano e rural para a cidade e o município de Pombal.

A gestão dos recursos hídricos no Estado da Paraíba está prevista na Lei N° 6.308/1996, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, sendo o órgão gestor dos recursos hídricos paraibanos, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), criada pela Lei n° 7.779/2005 (AESAs, 2005).

O município de Pombal possui 9.288 domicílios particulares permanentes, e 60.8% desses domicílios possuem esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010). Dos 9.288 domicílios apenas 7.630 domicílios possui abastecimento de água. O volume total de água com tratamento convencional tem a distribuição diária de 7.191 metros cúbicos, e o volume de água sem tratamento é distribuído diariamente em 60 metros cúbicos (IBGE, 2008).

A área de estudo para a realização deste trabalho monográfico está representada e delimitada no Mapa 05, e foi levado em consideração a drenagem utilizada para o abastecimento do município de Pombal-PB, como também a área de despejo final das águas residuárias.

Mapa 05. Mapa de localização geográfica da área de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor.

A área de estudo compreende o trecho do canal fluvial do rio Piancó e, que é utilizada pra diversas finalidades, como o abastecimento urbano e rural do município. Esse trecho também compreende a área de despejo final das águas residuárias através do lançamento a céu aberto ou interligadas diretamente às galerias de drenagem pluvial, o que provoca sérios impactos socioambientais no corpo hídrico receptor.

3.2 PONTOS DE COLETA

A escolha dos locais de amostragem levou em consideração o ponto da amostragem que tivesse uma boa turbulência, de modo a se obter uma boa mistura, evitando as margens do rio. Dessa forma, as amostras coletadas foram no centro do canal fluvial, onde a velocidade da vazão era mais alta e a sedimentação de sólidos era mínima, tendo em vista o local ser de fácil acesso. O modo de coleta das amostras seguiu a orientação do guia nacional de coletas e preservação das amostras da CETEBS (2011) e o Manual Prático de Análise de Água da Funasa (2013).

As amostras coletadas na zona de mistura do rio e da descarga dos efluentes, foram realizadas em locais aonde pudessem haver a completa mistura, pois a qualidade próximas às margens do rio e no ponto de lançamento do despejos de esgoto, não representa todo o corpo hídrico em estudo.

Desse modo, obteve-se uma amostra de água que representasse os pontos do rio onde os locais fossem situados após a mistura completa do referido lançamento de esgoto no ponto de amostragem, que segundo a CETEBS (2011) representa a zona de mistura.

Os pontos de coletas para as amostras físico-químico e microbiológicas estão descritas na Tabela 01, e foram coletadas em 17/08/2017.

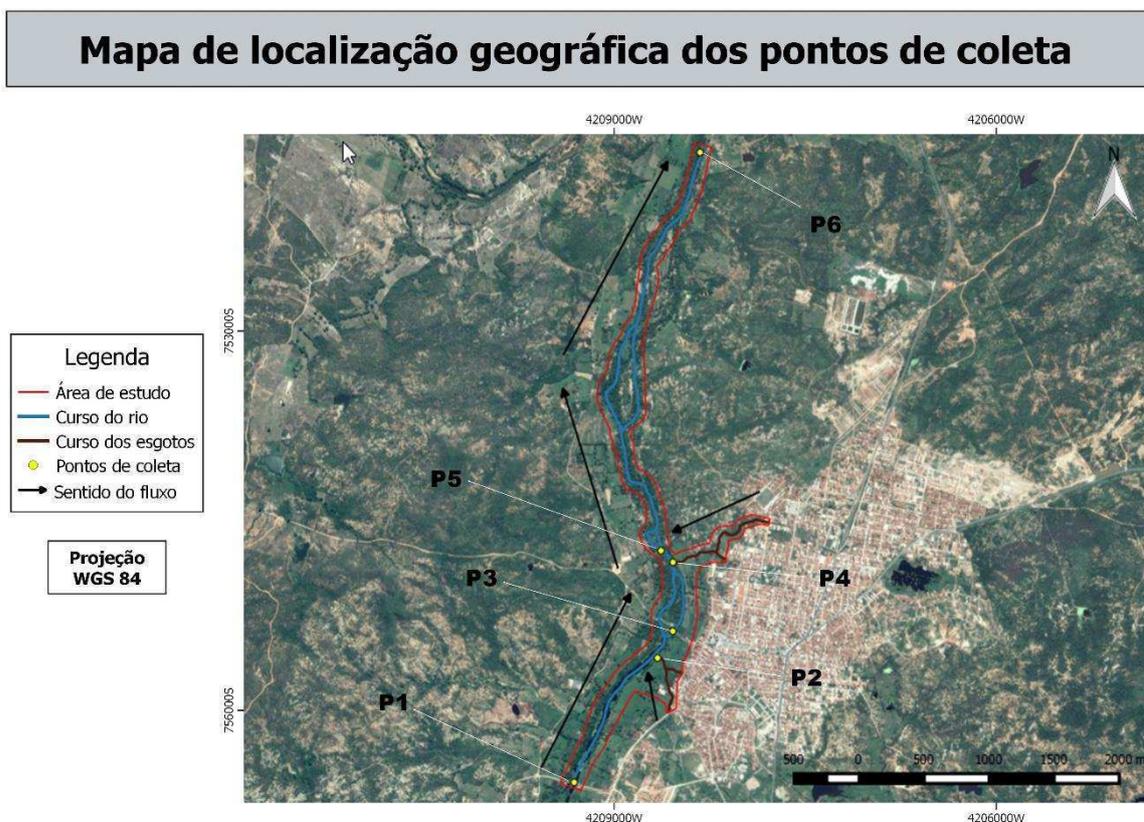
Tabela 01. Pontos de coleta das amostras físico-química e microbiológica.

Pontos de coleta	Latitude	Longitude	Hora da coleta
Ponto 1 - Rio montante	6° 46' 47,238 S	37° 48' 44,888" W	08:50
Ponto 2 - Esgoto 1	6° 46' 17,90" S	37° 48' 24,35" W	09:05
Ponto 3 - Rio jusante	6° 46' 11,25" S	37° 48' 20,233" W	09:20
Ponto 4 - Esgoto 2	6° 45' 54,934" S	37° 48' 20,203 W	09:50
Ponto 5 - Rio jusante	6° 45' 51,978" S	37° 48' 23,525" W	10:10
Ponto 6 - Rio jusante	6° 44' 17,234" S	37° 48' 13,75" W	11:00

Fonte: elaborado pelo autor.

O Mapa 06 representa os pontos escolhidos para as coletas:

Mapa 06. Mapa de localização geográfica dos pontos de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a determinação da qualidade da água do canal fluvial do rio Piancó, foram realizadas comparações dos resultados obtidos após as análises laboratoriais das coletas obtidas em campo, com a legislação pertinente.

3.2.1 Amostras para análises físico-química e microbiológica

A seleção dos parâmetros analisados levou em consideração a presença de esgotos industrial misturados ao esgoto doméstico, o que normalmente resulta em despejos com características diferentes daquelas onde a somente existência o esgoto doméstico, sendo considerado dessa forma, esgotos sanitários. As amostras coletadas para análise físico-químicas e microbiológicas foram de águas brutas e de águas residuárias, descritas anteriormente.

Todas as amostras foram identificadas pela data e hora da coleta, com a descrição do ponto de coleta realizada por uma numeração no próprio corpo do frasco de coleta, que são referentes aos pontos de coleta.

Foram realizados testes rápidos *in loco*, como a temperatura, afim de uma investigação preliminar para conhecer e avaliar o grau de heterogeneidade do corpo hídrico.

A coleta adotada para as mostras foram de águas superficiais brutas do rio Piancó e águas residuárias, sendo coletadas entre 0 e 30 centímetros da lâmina d'água. Os tipos de recipientes utilizados para a coleta e preservação das amostras foram de plástico (frasco âmbar) autoclavável (polietileno, polipropileno) e de vidros escuros (frasco âmbar) com tampa rosqueada e com boca larga para facilitar a coletas das amostras e a limpeza antes da coleta.

Os recipientes de cor escura foram utilizados com o propósito de reduzir a penetração de luz, evitando-se desta forma, o metabolismo fotossintético, sendo que os primeiros frascos coletados com as amostras nos locais foram direcionados para as análises microbiológicas.

As amostras foram acondicionados em caixa de isopor com gelo, de forma que garantisse adequadamente a sua proteção durante todo percurso de transporte, com o objetivo de preservação das amostras coletadas, mantendo uma refrigeração entre 4° C e 15° C até o momento de ensaio.

Para as análises físico-químicas e microbiológicas descritas ao longo deste trabalho monográfico, foram utilizadas como referência as Resoluções CONAMA n° 357/2005, Resoluções CONAMA n° 430/ 2011, Portaria n° 2914/ 2011 do Ministério da Saúde, o Manual Prático de Análise de Água da Funasa (2013), o livro de Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos de Von Sperling (1996; 2017) e o livro de Abastecimento de água, sociedade e ambiente de Heller e Pádua (2006).

As coletas de amostras para as análises físico-químicas foram realizadas em agosto de 2017, seguindo as recomendações e utilizando-se de materiais e métodos que asseguraram a qualidade da coleta, evitando-se incluir partículas ou materiais estranhos no momento da coleta. As amostras foram coletadas em frascos de plástico, com tampa bem ajustada, com capacidade de 120 ml, que foram previamente esterilizados em autoclave. Após as coletas, as amostras foram transportadas ao Laboratório de Química do Centro de Formação de Professores, Campus de Cajazeiras, para o processamento das amostras.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, condutividade elétrica e temperatura.

A temperatura das amostras foram realizadas no momento da coleta, utilizando-se um termômetro digital com sensor externo, com faixa de medição entre -50°C a +110°C e precisão de medição de $\pm 1^\circ\text{C}$.

Para a medição do pH utilizou-se cerca de 40mL de cada amostra coletada, e sua determinação foi realizada pela leitura de um pHmetro digital da marca MS Tecnoyon mPA210

(Foto 01), equipado com eletrodo duplo previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0, em uma temperatura média de 25°C. Cada amostra de água foi colocada em um béquer de 50mL, onde foi introduzido os elétrodos para obtenção do valor do pH da amostra.

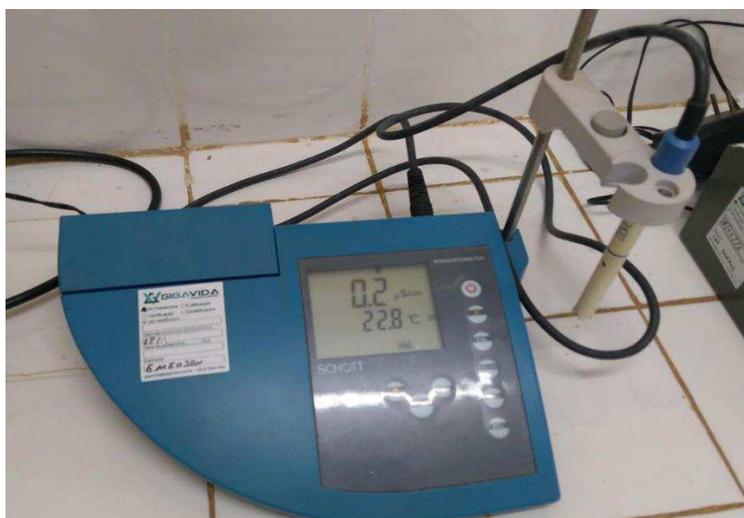
Foto 01. pHmetro digital da marca MS Tecnopon mPA210.



Fonte: Do autor, 2017.

A medição da condutividade elétrica foi determinada pela leitura de um condutivímetro digital da marca Schott (Foto 02), equipado com um eletrodo previamente calibrado. Utilizou-se cerca de 20mL de cada amostra coletada, em uma temperatura média de 25°C. Cada amostra de coletada foi colocada em um tubo de ensaio, onde foi introduzido o elétrodo para obtenção do valor da condutividade elétrica da amostra.

Foto 02. Condutivímetro digital da marca Schott.



Fonte: Do autor, 2017.

Os dados coletados em campo e os resultados obtidos pelos ensaios laboratoriais, foram analisados e interpretados através de métodos estatísticos, através da análise estatística descritiva clássica, com o subsídio do aplicativo Calculadora Estatística, que visou caracterizar a dispersão estatística dos dados.

As coletas de amostras para as análises microbiológicas foram realizadas com precauções, para evitar-se todas as fontes de possível contaminação. As amostras foram coletadas em frascos de vidro âmbar, com tampa bem ajustada, com capacidade de 1l, que foram previamente esterilizados em autoclave, sendo estas as primeiras amostras coletadas, evitando-se possíveis alterações na qualidade da água coletada. Após as coletas, as amostras foram transportadas ao Laboratório de Microbiologia do Centro de Formação de Professores, Campus de Cajazeiras, para o processamento das amostras.

Os parâmetros microbiológicos analisados foram: coliformes totais e coliformes termotolerantes, sendo este representando pela *Escherichia coli*.

Na determinação microbiológica, adotou-se a metodologia para avaliar apenas a presença/ausência de coliformes, utilizando-se o teste de reação do substrato cromogênico à base do reagente Colilert da IDEXX Laboratories, que detecta simultaneamente, e sob a mesma temperatura, os coliformes totais e *Escherichia coli* (especificamente), o que elimina resultados falso-positivos por *Klebsiella pneumoniae*.

O teste da presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizado adicionando-se o reagente cromogênico Colilert, em uma proporção de 0,2673g (equivalente a 10% do peso original do conteúdo da cápsula 2,673g) do reagente para 10ml de cada amostra coletada, que foram submetidas à leve agitação sob Vórtex (Foto 03), visando uma melhor diluição e homogeneização, e posteriormente incubadas em uma incubadora da marca Solab (Foto 04) por um período de 48 horas, a uma temperatura de 37°C.

Foto 03. Vórtex digital.

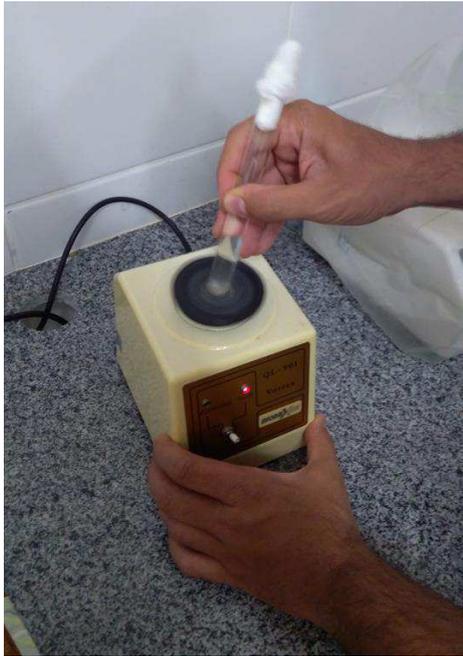


Foto 04. Incubadora da marca Solab.



Fonte: Do autor, 2017.

As amostras foram distribuídas em tubos de ensaios e em estantes adequadas (Foto 05), seguindo o modelo de ensaio 1x3 que está representado no Quadro 04.

Quadro 04. Modelo adotado na distribuição dos tubos de ensaio contendo as amostras.

A1		A2		A3			C A1
A1		A2		A3			C A2
A1		A2		A3			C A3

Fonte: Elaborado pelo autor¹⁶.

¹⁶ Notas. 1. A (Amostras). 2. C A – (Controle amostra).

Foto 05. Amostras distribuídas em tubos de ensaios na estante.



Fonte: Do autor, 2017.

Após o período de incubação, os ensaios foram retirados do interior da incubadora e imediatamente realizada a interpretação das amostras, que baseou-se na observação de cada amostra sob a luz natural e sob a luz ultravioleta-365 nm, aferindo-se a ausência ou presença de coliformes expressadas na seguinte forma: Incolor (ausência de coliformes); Amarelo (presença de coliformes totais); Amarelo/fluorescente (presença de *Escherichia coli*).

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELO LANÇAMENTO DE ESGOTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PIANCÓ NA CIDADE DE POMBAL-PB

O crescimento populacional e o processo de urbanização intenso e desordenado, próximo as margens de rios, têm ocasionado diversos impactos socioambientais adversos, como a degradação ambiental dos corpos hídricos devido ao lançamento de esgotos sanitários sem o seu devido tratamento, acarretando a origem de agentes patogênicos que refletem diretamente na saúde da população.

No município de Pombal, o abastecimento de água para consumo humano, depende exclusivamente do rio Piancó, que é perenizado pelo açude Estevam Marinho. Porém, o curso do canal fluvial do rio Piancó, apresenta sinais de poluição devido ao lançamento de esgotos sanitários em seu curso, o que ocasiona diversos impactos socioambientais.

Os estudos realizados nesse trabalho, permitiram a obtenção de informações necessárias à identificação dos impactos socioambientais, que são retratadas pela atividade antrópica como uma potencial atividade poluidora, levando em consideração os aspectos socioeconômicos e o meio físico no qual estão inseridos a área pesquisada.

A identificação dos impactos socioambientais na qualidade da água, foram realizados a partir da descrição dos itens observados na área de estudo, que são observados nos resultados do Quadro 05.

Quadro 05. Impactos socioambientais observados.

Item	Impactos socioambientais observados
Resíduos sólidos	Presença de resíduos sólidos nas imediações do rio, nos cursos dos esgotos, e no sistema de drenagem pluvial.
Tratamento dos esgotos	Ausência do funcionamento da Estação de Tratamento de Efluentes.
Esgotos	Presença de esgoto ligeiramente cinza; cinza escuro, lançados diretamente no rio Piancó e no sistema de drenagem pluvial. Odor desagradável (putrefativo).
Canal fluvial do Rio Piancó	Presença de vegetação aquática cobrindo grande extensão no trecho do rio (macrófitas aquáticas e flutuantes); Odor desagradável próximo ao lançamento dos esgotos no corpo hídrico; Presença de resíduos sólidos nas imediações do rio; Lançamento de esgotos domésticos e industrial (poluição difusa); Odor desagradável próximo a vegetação aquática.
Reutilização das águas residuárias	Presença da reutilização das águas residuárias para irrigação sem tratamento prévio.
Área residencial	Presença do curso de esgotos a céu aberto no entorno de residências. Ausência de esgotamento sanitário em algumas residências.
Uso antrópico	Uso de águas residuárias na irrigação; coleta de água através de carro pipa para abastecimento humano diretamente no rio Piancó sem tratamento prévio.
Uso Animal	Presença de animais fazendo dessedentação nos cursos dos esgotos. Captação de água próximo a zona de mistura, utilizada para a dessedentação animal.
Área industrial	Lançamento de esgotos de origem industrial, através de córregos, que tem o rio Piancó como destino final.
Sistema de drenagem pluvial	Presença de esgotos domésticos no sistema de drenagem pluvial, através de ligações clandestinas; Presença de resíduos sólidos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode-se verificar no Quadro 05, o levantamento de dados permitiram a identificação de diversos impactos socioambientais adversos, que foram diagnosticados nas imediações do curso fluvial do rio Piancó, nos cursos dos esgotos a céu aberto, nos canais de drenagem pluvial, entre outros, que são provenientes das atividades antrópicas.

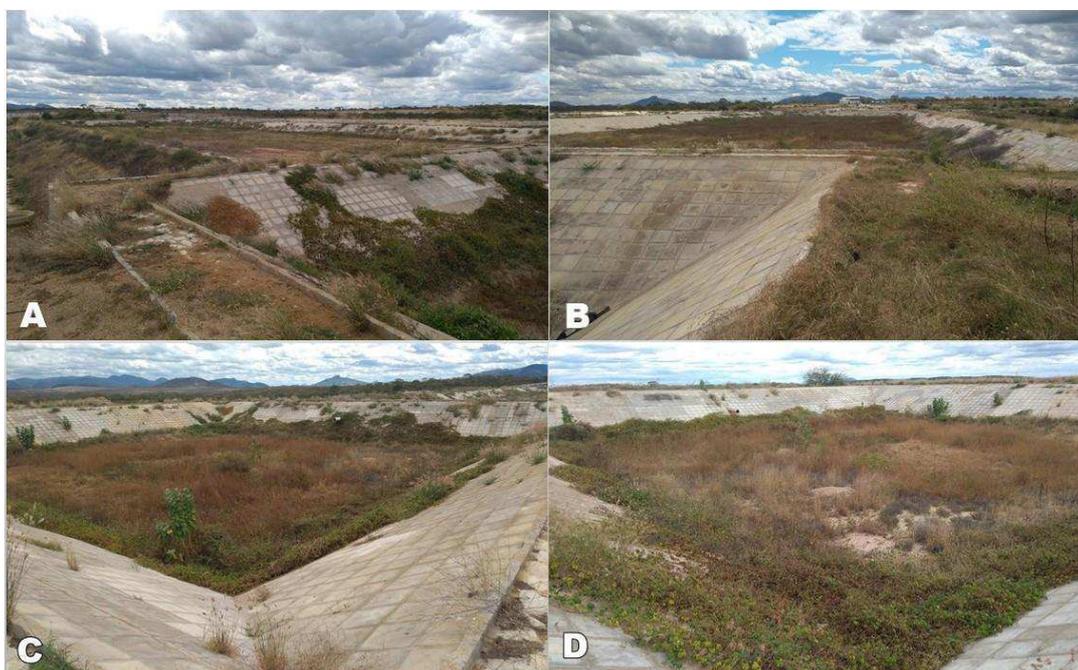
De acordo com o Quadro 05, os resultados provenientes pela observação *in loco* possibilitou a verificação da ausência do funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos na cidade de Pombal-PB, o que acaba propiciando diversos impactos socioambientais na qualidade da água do rio Piancó.

De acordo Controladoria Regional da União do Estado da Paraíba (CGU, 2017), esse fato deu-se pela constatação de um série de irregularidades graves na execução das obras do

esgotamento sanitário em Pombal, que constatou a alteração do projeto sem o conhecimento e autorização prévia da Funasa, o que acabou comprometendo o funcionamento do sistema de esgotamento sanitário da cidade e, conseqüentemente, causando prejuízo ao erário público.

No que tange a ausência do funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos, este fato é devido as lagoas facultativas e as lagoas anaeróbias encontrarem-se inacabadas, pela ausência dos serviços de impermeabilização no fundo das lagoas, como pode ser observado na Foto 06 (ABCD) (CGU, 2017).

Foto 06. Ausência dos serviços de impermeabilização no fundo da lagoas anaeróbica-facultativa.



Fonte: Do autor, 2017.¹⁷

Essas irregularidades atestam os percentuais de execução física das obras que não condizem com a realidade, visto que o sistema implantado não está funcionando, o que torna as irregularidades, quanto aos serviços não executados, de natureza grave, causando prejuízos ao erário público, pois o município deverá apresentar à Funasa um novo plano de trabalho condizente com a legislação vigente, para que a implantação do sistema de esgotamento sanitário funcione de forma correta e atenda a população local (CGU, 2017).

De acordo com Tucci (2005), quando os projetos são elaborados de forma inadequada, ou quando não são executados de forma correta, fica evidente que os investimentos públicos destinados aos sistemas de tratamento de esgotos, atende apenas às empresas que executaram

¹⁷ Notas: Foto A e B - Lagoas facultativas. Foto C e D – Lagoas anaeróbicas.

as obras e, não à sociedade. Dessa forma, os esgotos continuam escoando pelo sistema de drenagem pluvial para o sistema de drenagem fluvial, e os impactos socioambientais acabam agravando-se.

De acordo com o Quadro 05 a disposição de resíduos sólidos nas imediações do rio Piancó, no sistema de drenagem pluvial e nos cursos dos esgotos dispostos na Foto 07, encontrados na área de estudo, torna-se um dos fatores de degradação na qualidade das águas do rio Piancó, pois o escoamento das águas superficiais no sistema de drenagem pluvial e nos cursos dos esgotos, faz com que todo o lixo acabe sendo transportado e depositado no curso d'água do rio Piancó.

Foto 07. Disposição de resíduos sólidos nas imediações do Rio Piancó, no sistema de drenagem pluvial e nos cursos dos esgotos.



Fonte: Do autor, 2017.¹⁸

Percebe-se, de acordo com a Foto 07 (ABCD), que o volume de resíduos sólidos que chegam aos sistemas de drenagem pluvial e fluvial, depende exclusivamente, da eficiência dos serviços urbanos, desde a cobertura da coleta de lixo até a frequência da limpeza das ruas, e da forma de disposição do lixo pela população, que acaba dispondo o lixo em locais impróprios.

Nas últimas décadas, houve um crescimento visível de lixo urbano resultante de embalagens plásticas, e os rios e todo o sistema de drenagem acabam ficando cheios de garrafas

¹⁸ Notas: Foto A e B - Presença de resíduos sólidos nos cursos dos efluentes. Foto C - Presença de resíduos sólidos no sistema de drenagem pluvial. Foto D - Presença de resíduos sólidos nas imediações do Rio Piancó.

do tipo pet, além dos diversos tipos de embalagens de plástico, o que provoca uma obstrução dos cursos de drenagem, devido a redução da capacidade de escoamento durante as enchentes (TUCCI, 2005).

A obstrução dos sistemas de drenagem de o lançamento de resíduos sólidos, aumentando a frequência de alagamentos e inundações e à degradação ambiental dos sistemas hídricos por resíduos que apresentam alto tempo de vida no ambiente (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009, p. 36).

De acordo com Righetto, Moreira e Sales (2009), essas fontes de poluição difusa são resultantes das atividades antrópicas, que se dá pelo desenvolvimento desordenado das cidades, aliado à ocupação de áreas de mananciais e ao crescimento populacional, provocando impactos socioambientais na qualidade da água no meio urbano, desde a degradação da qualidade da água, tornando-a imprópria para o consumo à degradação do ecossistema e do habitat, o que acarreta custos financeiros relacionados com ações de limpeza e remoção de poluentes e, prejuízos sociais relacionados com a inadequação de áreas de lazer.

No que refere-se a presença de esgotos domésticos no sistema de drenagem pluvial, informados no Quadro 05 e dispostos na Foto 08, a legislação estabelece um sistema separador, mas na prática isso acaba não ocorrendo, devido as ligações clandestinas realizadas pela população e pela falta dos serviços de saneamento básico, como a rede de coleta de esgotos sanitários.

Foto 08. Ligações clandestinas de esgotos domésticos no sistema de drenagem pluvial.



Fonte: Do autor, 2017.

O despejo dos esgotos no sistema de drenagem pluvial, como mostrado na Foto 08, acaba transportando uma grande quantidade de poluentes, tais como os sedimentos, nutrientes, substâncias que consomem oxigênio, metais pesados, bactérias e vírus patogênicos, que acabam tendo como destino final o rio Piancó, sendo esta uma fonte de poluição difusa.

Dessa forma, os esgotos lançados nos corpos d'águas do rio Piancó sem o seu devido tratamento, acabam alterando a qualidade da água, o que pode provocar o desequilíbrio dos ecossistemas envolvidos por meio de processos de poluição e contaminação.

No que refere-se a presença de vegetação aquática, representadas por macrófitas aquáticas e flutuantes, cobrindo grande extensão no trecho do canal fluvial do rio Piancó, de acordo com a Foto 09 e o Quadro 05, estas vegetações podem afetar a velocidade da vazão da água, sendo este caracterizado por um impacto adverso, porém a sua presença é de fundamental importância, devido ao seu potencial de absorver o excesso de nutrientes e poluentes presentes na água, sendo este considerado um impacto benéfico.

Foto 09. Macrófitas aquáticas e flutuantes cobrindo grande extensão no rio Piancó.



Fonte: Do autor, 2017.

Vale destacar que, a presença da vegetação aquática reduz a concentração de oxigênio por impedir a troca de gases da atmosfera com a água, como poder ser visto na Foto 09, o que pode promover uma decomposição anaeróbia, provocando alterações no ecossistema aquático, por promoverem um consumo excessivo do oxigênio dissolvido na água, além de interferir no ecossistema aquático, podendo produzir odor desagradáveis, fato este, visto no trecho do canal fluvial do rio Piancó.

A cobertura da vegetação aquática por macrófitas aquáticas e flutuantes, já causou problemas à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba na cidade de Pombal-PB, pois essa vegetação impedia que o sistema de captação de água funcionasse, o que resultou na suspensão do abastecimento de água a população por alguns dias.

No que se refere a área industrial, de acordo com o Quadro 05, verificou-se a presença de uma fábrica próximo ao trecho do canal fluvial do rio Piancó, ressalta-se que a fábrica produz sacolas plásticas recicláveis, que durante o seu processo de produção, utiliza-se água para a lavagem de matérias primas contendo resinas derivada do petróleo (polietileno e polipropileno), água para a lavagem de equipamentos e lavagem dos pisos, sendo os esgotos oriundos desse processo produtivo, diretamente lançados *in natura* em córregos, tendo como destino final as águas do canal fluvial do rio Piancó.

Em relação a presença do curso de esgotos a céu aberto no entorno de residências, conforme o Quadro 05, e como pode ser observados na Foto 10, estas são devido à falta da rede de coleta de esgoto sanitário adequado, e os moradores dessas áreas residenciais acabam sofrendo com maus odores desagradáveis e fétidos.

Foto 10. Esgotos a céu aberto no entorno de residências.



Fonte: Do autor, 2017.

Os esgotos frescos observados na Foto 10, são caracterizados por possuírem um odor desagradável e fétido, sendo esses odores provenientes a existência de gás sulfídrico e outros produtos em decomposição presentes nos esgotos, o que os torna com o odor desagradável e fétido.

De acordo com o Quadro 05, constatou-se a reutilização das águas residuárias para fins agrícolas, estas foram verificadas próximas aos pontos de coleta das amostras, nos Pontos 2 e 4 conforme o Mapa 08, e o fato é verificado na Foto 11, sendo que estas não passam por tratamento algum, e no que diz respeito a legislação pertinente, estas não podem apresentar riscos ou causar danos ambientais e a saúde pública. Apesar que o reúso das águas residuárias constitui-se em uma prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, porém as características físicas, químicas e biológicas, das águas residuárias utilizadas pela irrigação na área de estudo, deveriam seguir os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

Foto 11. Reutilização de águas residuárias para fins agrícolas.



Fonte: Do autor, 2017.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor, desde que obedçam as condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução (BRASIL, 2011b).

Já a Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005), define que as águas que podem ser destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, são as de padrões de qualidade de águas de classe 3, e as águas que podem ser destinadas à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas devem atender as padrões de qualidade de águas de classe 2, já as águas destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas, e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo devem atentar aos padrões de qualidade de águas de classe 1.

Desta forma, as águas utilizadas na irrigação vistas na Foto 10, devem ser isentas de substâncias químicas e organismos que sejam prejudiciais à saúde e ao solo utilizado na plantação. Portanto, a reutilização das águas residuárias para fins agrícolas na área estudada, não atendem as Resolução Conama nº 357/2005 e a Resolução Conama nº 430/2011, pois estas são oriundas de esgotos que não passam por tratamento algum, tratando-se desta forma, de esgotos brutos.

Apesar da existência de literaturas que abordam que o efluente mais adequado para a aplicação na agricultura são de esgoto doméstico, cabe ressaltar que os esgotos na área de estudo recebem os esgotos industriais, sendo estes incompatíveis para o reuso agrícola, devido a presença de substâncias que são nocivas à saúde humana e animal.

Conforme o Quadro 05 e a Foto 12, a constatação da animais fazendo dessedentação no próprio curso do efluente, e a captação de água para a dessedentação animal próximo a zona de mistura, essas águas são impróprias para a dessedentação animal, pois a existência de substâncias químicas e organismos presentes nos esgotos, são prejudiciais à saúde animal.

Foto 12. Gado bovino fazendo dessedentação no próprio curso do efluente.



Fonte: Do autor, 2017.

A Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005), estabelece que as águas destinadas à dessedentação de animais, devem atender aos padrões de qualidade de águas de classe 3. Portanto, as águas de esgotos são impróprias para a dessedentação animal, pois oferecem riscos nefastos à saúde animal.

No que se refere-se a coleta de água realizada através de carro pipa para a distribuição de abastecimento humano sem tratamento prévio vistas no trecho do canal fluvial do rio Piancó

que são informadas no Quadro 05, e como pode-se observar na Foto 13, estas águas recebem os despejos de esgotos domésticos de bairros próximos ao rio, dessa forma esse tipo de coleta realizada pelos carros pipas fere a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a), que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, podendo resultar em doenças de veiculação hídrica devido à falta de tratamento.

Foto 13. Coleta de água realizada através de carro pipa no rio Piancó.



Fonte: Do autor, 2017.

De acordo com a Foto 13, as águas provenientes de manancial superficial destinadas para o consumo humano na área estudada, devem ser submetidas a processo de filtração e, compete ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano por meio de veículo transportador, manter o registro atualizado das análises de controle da qualidade da água previstos na Portaria nº 2914/2011 (BRASIL, 2011a).

Vale ressaltar que, a presença de materiais flutuantes e resíduos sólidos próximos a área de coleta pelos carros pipas, devem ser virtualmente ausentes nas águas destinadas para o abastecimento de consumo humano de classe 1, 2 e 3, conforme a Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005), pois a presença de materiais flutuantes e resíduos sólidos acabam prejudicando a qualidade da água.

Portanto, toda água destinada para o consumo humano devem passar por processo de desinfecção ou cloração, visando verificar se a água fornecida à população é potável, através de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, atendendo os padrões de potabilidade estabelecido na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a).

4.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS NA QUALIDADE DA ÁGUA

Os valores avaliados das amostras para o parâmetro pH, obtidos nas coletas de águas superficiais brutas do rio Piancó nos pontos 1, 3, 5 e 6 conforme o Mapa 06, estão descritas na Tabela 02.

Tabela 02. Valores obtidos para pH.

pH				
Amostras	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média
Ponto 1	7,34	7,25	0,04	7,29
Ponto 3	7,28	7,22	0,03	7,24
Ponto 5	7,32	7,21	0,05	7,25
Ponto 6	7,52	7,38	0,06	7,47

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor do pH das águas superficiais do rio Piancó referente a todos os pontos de coletas apresentaram uma média correspondente a 7,31, com o valor mínimo de 7,24, e valor máximo de 7,47, com desvio padrão de 0,11, sendo o ponto 3 o que apresentou o menor valor de pH 7,24, e o ponto 6 apresentou o maior valor de pH 7,47. É possível notar que o ponto 6 apresentou um aumento do pH em relação ao pH dos demais Pontos.

De modo geral, os valores obtidos para o parâmetro pH estão condizentes com os padrões de qualidade de águas de classe 1, 2, 3 e 4, conforme a Resolução Conama nº 357/2005, tendo em vista que os valores do pH estão mantidos na faixa 6 e 9, e condizentes com a Portaria nº 2914/2011, pois os valores de pH estão mantidos na faixa de 6,0 a 9,5.

Os valores avaliados das amostras para o parâmetro pH, obtidos nas coletas de águas residuárias dos pontos de coleta 2 e 4 conforme o Mapa 06, estão descritas na Tabela 03.

Tabela 03. Valores obtidos para pH.

pH				
Amostras	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média
Ponto 2	7,40	7,38	0,01	7,39
Ponto 4	7,45	7,41	0,02	7,43

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor do pH das águas residuárias referente a todos os pontos apresentou uma média correspondente a 7,41, com o valor mínimo de 7,39, e valor máximo de 7,43, com desvio padrão de 0,03, sendo o Ponto 2 o que apresentou o menor valor de pH 7,39, e o Ponto 4 apresentou o maior valor de pH 7,43.

Desta forma, os valores obtidos para o parâmetro pH estão condizentes com os padrões de lançamento de esgotos da Resolução Conama nº 430/2011, tendo em vista que os valores do pH estão mantidos na faixa de 5 a 9. De acordo com Von Sperling (2017), os valores de pH afastados da neutralidade, valores elevados ou baixos, tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos.

Em relação ao parâmetro temperatura, os valores aferidos durante as coletas de águas superficiais brutas do rio Piencó referentes aos pontos 1, 3, 5 e 6 conforme o Mapa 06, estão descritas na Tabela 04.

Tabela 04. Valores obtidos para temperatura.

Temperatura em °C	
Amostras	Valor em °C
Ponto 1	28,6
Ponto 3	28,6
Ponto 5	29
Ponto 6	29

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor do parâmetro temperatura das águas superficiais do Rio Piencó referente a todos os pontos apresentou uma média correspondente a 28,8 °C, com desvio padrão de 0,23, sendo o Ponto 1 e 3 os que apresentaram o menor valor de temperatura, e os Pontos 5 e 6 apresentaram o maior valor de temperatura.

Os valores do parâmetro temperatura aferidos durante as coletas de águas residuárias dos pontos 2 e 4 conforme o Mapa 06, estão descritas na Tabela 05.

Tabela 05. Valores obtidos para temperatura.

Temperatura em °C	
Amostras	Valor em °C
Ponto 2	29,0
Ponto 4	29,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor do parâmetro temperatura das águas residuárias referente a todos os pontos apresentou uma média correspondente a 29,2, com desvio padrão de 0,35, sendo o ponto 2 que apresentou o menor valor de temperatura, e os ponto 4 apresentou o maior valor de temperatura.

De modo geral, os valores obtidos para o parâmetro temperatura estão condizentes com os padrões de lançamento de esgotos, conforme a Resolução Conama nº 430/2011, tendo em vista que os valores estão mantidos a temperatura inferior a 40°C.

De acordo com Von Sperlin (2017), a temperatura das águas residuárias são ligeiramente superior à da água de abastecimento, por isso nota-se um ligeiro aumento da temperatura das amostras das águas residuárias quando comparadas as demais amostras.

Quanto à condutividade elétrica, os valores avaliados das amostras obtidos nas coletas de águas superficiais brutas do rio Piencó nos pontos 1, 3, 5 e 6 conforme o Mapa 06, estão descritas na Tabela 06.

Tabela 06. Valores obtidos para a condutividade elétrica.

Condutividade elétrica em $\mu\text{S}/\text{cm}$				
Amostra	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média
Ponto 1	242	240	0,96	240,75
Ponto 3	236	231	2,06	233,75
Ponto 5	238	232	2,58	235
Ponto 6	276	274	0,96	275,25

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor da condutividade elétrica das águas superficiais do rio Piencó referente a todos os pontos apresentou uma média correspondente a 246,19 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo o ponto 3 o que apresentou o menor valor de condutividade elétrica, e o ponto 6 apresentou o maior valor de condutividade elétrica.

De acordo com Funasa (2014, p. 20), as águas naturais devem apresentar teores de condutividade elétrica na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, desta forma os valores obtidos revelam que há uma grande quantidade de sólidos dissolvidos na água, sejam eles de origem orgânica ou inorgânica, que podem ser provocados pelo despejo dos esgotos, como pelo baixo nível de água que se encontra o rio Piencó.

É possível notar que o ponto 6 apresentou um aumento da condutividade elétrica se comparado aos demais pontos, fato este, que pode ser explicado devido o ponto 6 receber as cargas de esgotos do ponto 2 e 4.

Os valores avaliados das amostras para o parâmetro da condutividade elétrica, obtidos nas coletas de águas residuárias dos pontos 2 e 4 conforme o Mapa 06, estão descritas na Tabela 07.

Tabela 07. Valores obtidos para a condutividade elétrica.

Condutividade elétrica em $\mu\text{S}/\text{cm}$				
Amostra	Valor máximo	Valor mínimo	Desvio padrão	Média
Ponto 2	905	901	1,83	903
Ponto 4	896	891	2,16	893

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor da condutividade elétrica das águas residuárias referente a todos os pontos apresentou uma média correspondente a $898 \mu\text{S}/\text{cm}$, sendo o ponto 4 o que apresentou o menor valor de condutividade elétrica, e o ponto 2 apresentou o maior valor de condutividade elétrica.

Segundo a Funasa (2014, p. 20), em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais esses valores podem chegar a $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Portanto os valores de condutividade elétrica são condizentes com a literatura da Funasa.

Desta forma, percebe-se que a maioria dos valores encontrados para os parâmetros físico-químicos, para todos os pontos amostrados das águas superficiais do rio Piancó, estão são condizentes com a Resolução Conama nº 357/2005 e Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, exceto os valores do parâmetro físico da condutividade elétrica que apresentaram alterações, o que demonstra que há uma grande quantidade de sólidos dissolvidos na água do rio Piancó, sejam eles de origem orgânica ou inorgânica, que podem ser provocados pelo despejo dos esgotos no corpo hídrico do rio Piancó, principalmente no ponto 6.

O teste da presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizado após o período de incubação, sendo o tempo médio para a confirmação dos resultados nas amostras de 48 horas.

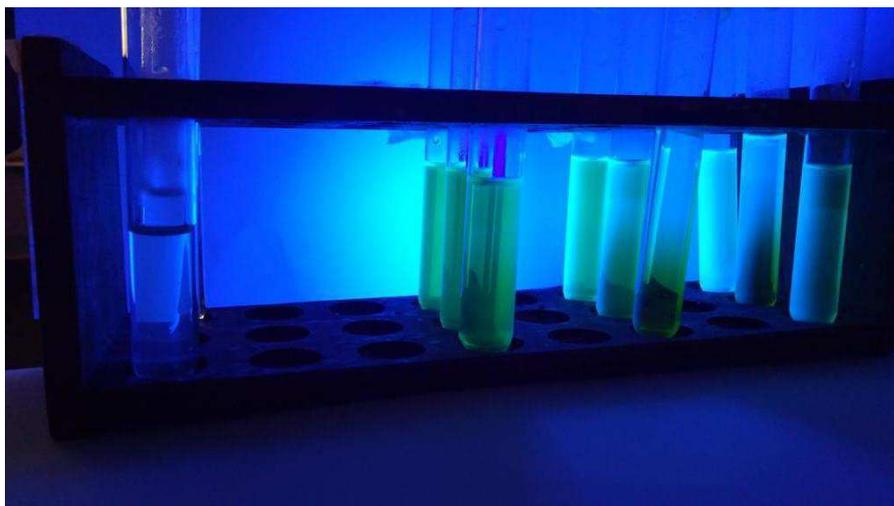
Após o período de incubação de 48 horas, retirou-se os ensaios do interior da incubadora e imediatamente realizou-se a interpretação das amostras. Sob observação de cada amostra a luz natural e sob a luz ultravioleta-365 nm, aferiu-se a presença de coliformes expressadas na seguinte forma: Amarelo: indicador da presença de coliformes totais, sob observação à luz natural dispostos na Foto 14; e Amarelo/fluorescente: indicador da presença de *Escherichia coli*, quando as amostras foram exposta à luz ultravioleta, como observa-se na Foto 15.

Foto 14. Amostras das águas superficiais do rio Piencó indicando a presença de coliformes totais.



Fonte: Do autor, 2017.¹⁹

Foto 15. Amostras das águas superficiais do rio Piencó indicando a presença de *Escherichia coli*.



Fonte: Do autor, 2017.²⁰

As análises microbiológicas qualitativas da água forneceram subsídios a respeito da sua potabilidade, e o número de amostras positivas quanto à presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, foram detectadas em 100% das amostras avaliadas nos pontos 1, 3, 5 e 6 do rio Piencó conforme o Mapa 06, sendo estas águas consideradas impróprias para o consumo

¹⁹ As amostras incolores são referentes as amostras de controle que não receberam o reagente cromogênico Colilert.

²⁰ As amostras incolores são referentes as amostras de controle que não receberam o reagente cromogênico Colilert.

humano, fato este comprovado devido a presença de microrganismos patogênicos que podem causar efeitos nefastos à saúde de quem a consumir.

Em relação as análises microbiológicas das águas residuárias dos pontos 2 e 4 conforme o Mapa 06, obteve-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100% das amostras avaliadas. Ressalta-se que após o período de incubação evidenciou-se a formação de colônias, o que evidencia-se a presença ainda maior de microrganismos presentes nos esgotos das amostras analisadas. Dessa forma, fica comprovado a presença de microrganismos patogênicos presentes nos esgotos das amostras analisadas referentes ao ponto 2 e 4.

A presença da *Escherichia coli* é de fundamental importância, pois estes são os indicadores da eficiência de remoção dos patógenos no processo de tratamento de esgotos (VON SPERLING, 2017).

No que refere-se a existência de coliformes totais nas águas superficiais do rio Piancó, estes podem ser entendidos como coliformes ambientais, e devido a esta razão, não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas superficiais dos corpos hídricos, porém nas águas destinadas ao abastecimento de água potável, não devem conter coliformes totais, pois sugere contaminação na água, ou ineficiência no processo de tratamento.

Os coliformes fecais não dão garantia de que uma contaminação seja realmente fecal, porém a *Escherichia coli* é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal. Por este motivo utiliza-se, de forma predominante, a *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal (VON SPERLING, 2017).

Dessa forma, a presença de *Escherichia coli* nas amostras avaliadas nos pontos 1,3,5 e 6, valida a existência de organismos indicadores de contaminação fecal recente nas águas, pois a *Escherichia coli* é um indicador da contaminação exclusiva de origem fecal.

A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011a) determina, conforme os padrões microbiológicos, que as águas destinadas para consumo humano, em toda e qualquer situação, devem estar ausente a presença de *Escherichia coli*, coliformes fecais e coliformes totais.

Portanto, foi possível diagnosticar nas amostras superficiais do rio Piancó, que as suas águas não apresentam condições para o consumo humano sem passar por um tratamento adequado, pois estas águas não condizem com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, devido a presença de *Escherichia coli*, coliformes fecais e coliformes totais, o que oferece riscos à saúde humana.

5 CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados nesta pesquisa, verificou-se que os impactos socioambientais no trecho do canal fluvial do rio Piancó, são retratadas pela atividade antrópica como uma potencial atividade poluidora, devido a falta do funcionamento do sistema de esgotamento sanitário por uma série de irregularidades graves na execução das obras do esgotamento sanitário na cidade de Pombal-PB.

Nesse ponto de vista, ao analisar a problemática socioambiental relacionada com a qualidade da água, observou-se que o crescimento populacional, juntamente com o processo de urbanização intenso e desordenado, próximo às margens do rio Piancó, provocou diversos impactos socioambientais adversos, como a degradação ambiental do corpos hídrico, ocasionado pelo lançamento de esgotos brutos, através de fontes de conexões clandestinas na rede de drenagem pluvial, e pela disposição de resíduos sólidos nas imediações do rio e no sistema de drenagem pluvial.

Ainda pode-se citar, que o lançamento de esgotos no rio Piancó, acaba transportando uma grande quantidade de microrganismos patogênicos, como a *Escherichia coli*, sendo estas comprometedoras a saúde pública, tendo em vista que no próprio curso do rio, tanto na montante como na jusante, utiliza-se a captação das águas para o consumo humano.

A presença de macrófitas aquáticas e flutuantes visto no trecho do canal fluvial do rio Piancó, promovem alterações no ecossistema aquático, pois elas acabam influenciando uma maior demanda no consumo do oxigênio dissolvido na água, o que resulta em odores desagradáveis, como foram diagnosticados nas observações *in loco*.

Em relação a dessedentação animal, contatou-se a utilização de águas residuárias, ou águas próximas a zona de mistura, para a dessedentação animal, sendo estas consideradas impróprias para a dessedentação animal, pois oferecem riscos à saúde animal, e estão em desacordo com a Resolução Conama nº 357/2005.

No que diz respeito a reutilização das águas residuárias na irrigação para fins agrícolas, as águas utilizadas na irrigação não atendem as Resolução Conama nº 357/2005 e a Resolução Conama nº 430/2011, pois estas são oriundas de esgotos domésticos e industriais, o que torna a sua utilização incompatível para o reuso agrícola.

Em relação aos parâmetros analisados, pode-se concluir que águas do rio Piancó na área estudada, são impróprias para o consumo humano, pois estas águas não condizem com os padrões estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, devido a presença

de *Escherichia coli*, coliformes fecais e coliformes totais, o que provoca efeitos nefastos à saúde humana pela ingestão de água contaminada.

Tendo em vista este cenário, faz recomendações de medidas mitigadoras e compensatórias, quanto à alternativa mais favorável para a redução dos impactos socioambientais na qualidade das águas do rio Piencó, tais como:

- Implantação do sistema do esgotamento sanitário e o funcionamento da estação de tratamento de esgotos, pois estes possibilitam uma recuperação bastante expressiva na qualidade ambiental do rio Piencó, como beneficia diretamente o bem-estar e a saúde da população do município de Pombal.
- Recomenda-se a aplicação de Educação Ambiental a população, por meio de mídia impressa, no intuito de elucidar a importância da preservação do sistema de drenagem pluvial, o que permite durante a ocorrência de precipitações intensas, que as condições de escoamento sejam controladas.
- Recomenda-se que a captação de água, através de carros pipas, sejam realizadas na companhia de abastecimento de água, sendo estas submetidas a tratamento adequado, e posteriormente distribuídas a população.
- Recomenda-se captar a água destinada para a dessedentação animal em zonas de águas limpas que não ofereça riscos à saúde animal.
- Recomenda-se a destinação adequada dos resíduos sólidos, viabilizando uma menor degradação do meio ambiente.
- Recomenda-se o processo de dragagem no trecho do canal fluvial do rio Piencó próximo ao sistema de captação de água da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, visando a remoção de macrófitas, o que propicia uma melhor vazão de água nesse trecho, e permite que a captação de água pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba não seja comprometida.
- Recomenda-se revitalização das áreas degradadas pelos cursos dos esgotos após a implantação do sistema de esgotamento sanitário.
- Recomenda-se a interrupção do uso de águas residuárias para fins agrícolas, pois estas oferecem riscos à saúde humana e ao solo utilizado na plantação.
- Sugere-se uma análise mais aprofundada sobre a qualidade da água do rio Piencó, a fim de verificar os níveis de poluição e contaminação presentes nas águas desse rio.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2015. 92 p. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>. Acesso em: 05/06/2017.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Gestão das águas. 2005. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/gestao-das-aguas/>. Acesso em: 20/07/2017.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Caracterização das bacias hidrográficas. 2016. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_02.pdf. Acesso em: 20/07/2017.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Últimas informações recebidas sobre os volumes dos 126 reservatórios d'água da Paraíba monitorados pela AESA. 2017b. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaUltimosVolumesPorMunicipio>. Acesso em: 20/07/2017.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Piranhas-Açu: Apresentação. 2017a. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/piranhas-acu/>. Acesso em: 20/07/2017.

ANA - Agência Nacional das Águas. Portal da qualidade das águas: Enquadramento bases conceituais. 2005. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>. Acesso em: 19/06/2017.

ANA - Agência Nacional das Águas. Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. 201?. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/AtlanticoNordesteOriental.aspx>. Acesso em: 21/06/2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>. Acesso em: 23/06/2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: Informe 2014 - Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 07/06/2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos**: Informe 2016 / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2016. 96p. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 07/06/2017.

BRASIL. Código de Águas. Decreto N° 24.643, de 10 de julho de 1934. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 10/06/2017.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 001 de 23 janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o avaliação de Impacto

Ambiental. Publicado no D.O.U. de 17/02/1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>. Acesso em: 30/06/2017.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 18/06/2017.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº 357/2005. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. 2011b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 04/07/2017.

BRASIL. Decreto - lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 10/06/2017.

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 11/06/2017.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm. Acesso em: 11/06/2017.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 12/06/2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011a. Disponível em: <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/maio/25/Portaria-MS-no-2.914-12-12-2011.pdf>. Acesso em: 18/06/2017.

BRITO, L. T. de L.; GALVINCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de; SÁ, I. I. S.; SOUZA, L. S. B. de; SILVA, T. G. F. da. **Clima e água de chuva no Semiárido**. In: Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro/Editores Técnicos, Luiza Teixeira de Lima Brito, Magna Soelma Beserra de Moura, Gislene Feitosa Brito Gama. – Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007. 181 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/>

[/publicacao/157643/potencialidades-da-agua-de-chuva-no-semi-arido-brasileiro](#). Acesso em: 13/06/2017.

CAMPOS, Luciana Ribeiro; SÁ, Adonis Callou de Araújo. **O Direito e a Gestão de Águas**. In: *Gestão de Águas: princípios e práticas*. 2. ed./ Editado por Nilson Campos e Ticiania Studart. – Porto Alegre: ABRH, 2003. 242p.

CAMPOS, Nilson; STUDART, Ticiania M. Carvalho. **A Cobrança pelo Uso da Água**. In: **Gestão de Águas: princípios e práticas**. 2. ed./ Editado por Nilson Campos e Ticiania Studart. – Porto Alegre: ABRH, 2003. 242p.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão [et al.]. - São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CGU - Controladoria Regional da União no Estado da Paraíba. Secretaria Federal de Controle Interno. Relatório de auditoria nº 201411735. João Pessoa: Funasa, 2017. Disponível em: <https://auditoria.cgu.gov.br/download/9726.pdf>. Acesso em: 28/07/2017.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais. O Sistema de Esgotos. 201?. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/esgotamento-sanitario/o-sistema-de-esgoto>. Acesso em: 19/06/2017.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Pombal, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas; Breno Augusto Beltrão; Luiz Carlos de Souza Junior; Franklin de Moraes; Vanildo Almeida Mendes; Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16266/REL_Pombal.pdf?sequence=1. Acesso em: 20/07/2017.

CUNHA, Ananda Helena Nunes. **Reuso de água na agricultura**. Anápolis – GO. 2010. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/ea000918.pdf>. Acesso em: 22/06/2017.

DUARTE, Anamaria de Sousa. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão** (*Capsicum annun L.*) / Anamaria de Sousa Duarte. -Piracicaba, 2006. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjG74HYwNLUAhXDkZAKHQIHCs4QFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F11%2F11143%2Fde-01102007-115214%2Fpublico%2FAnamariaDuarte.pdf&usg=AFQjCNFamZmuatZ3zvZzSm22OSD0cQgvtg>. Acesso em: 22/06/2017.

FACHIN, Zulmar Antoni; SILVA, Deise Marcelino da. **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos: instrumento de gestão face à vulnerabilidade da água potável**. Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas (UNIFAFIBE). V O L. 2, N°. 2, 2 0 1 4. Disponível em: <http://www.unifafibe.com.br/revista/index.php/direitos-sociais-politicas-pub/article/view/40>>. Acesso em: 14/06/2017.

FERREIRA, Andrea Cristina da Silva; PÁDUA, Valter Lúcio. Qualidade da água para consumo humano. In: **Abastecimento de água para consumo humano**. Léo Heller, Valter Lúcio de Pádua (organizadores). – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859p.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

GONÇALVES, Ricardo Franci. **Uso racional de água no meio urbano: Aspectos tecnológicos, legais e econômicos**. *In:* Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas / editores, Salomão de Sousa Medeiros, Hans Raj Gheyi, Carlos de Oliveira Galvão, Vital Pedro da Silva Paz - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Recursos%20H%C3%ADricos%20em%20Regi%C3%B5es%20Semi%C3%A1ridas%20estudos%20e%20aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 22/06/2017.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito das águas e meio ambiente**. São Paulo: Ícone, 1993.

HELLER, Léo. **Abastecimento de água, sociedade e ambiente**. *In:* Abastecimento de água para consumo humano. Léo Heller, Valter Lúcio de Pádua (organizadores). – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859p.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso de água no Brasil**: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Revista brasileira de recursos hídricos. Vol. 7, nº 4. 2002. p. 75-95. Disponível em: http://biton.uspnet.usp.br/cirra/wpcontent/uploads/2013/09/Potencial.Reuso_.ABRH_.pdf. Acesso em: 22/06/2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Paraíba: Pombal. IBGE, 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251210&search=Iinfogr%EFicos:-informa%E7%F5es-completas>. Acesso em: 20/07/2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017 / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/. Acesso em: 20/07/2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2016. Setembro de 2016a. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2016/estimativa_dou_2016_2016_0913.pdf. Acesso em: 25/06/2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas: **Mapa do Semiárido Brasileiro**. 2005. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_regionais/sociedade_e_economia/semi_ari_do/semiariado_brasileiro.pdf. Acesso em: 25/06/2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 (PNSB). Rio de Janeiro, 2010. 219 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em: 24/06/2017.

IFC - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – Câmpus Camboriú. Reúso de água com enfoque na produção da agricultura familiar / Coordenador Rony da Silva; Vice-coordenador Afrânio Austregésilo Thiel – Camboriú: Instituto Federal Catarinense, 2012.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Esgoto Tratado é Saúde - Tratamento de Água. 2011. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/esgoto-tratado-e-saude-tratamento-de-agua-online-home>. Acesso em: 03/07/2017.

LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica / Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LINS, Gustavo Aveiro. **Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETEs)**. Dissertação de Mestrado profissional apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental. Rio De Janeiro, 2010. Disponível em: <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli491.pdf>. Acesso em: 19/06/2017.

MACHADO, P. A L. **Recursos hídricos Direito Brasileiro e Internacional**. São Paulo: Malheiros, 2002.

MIN - Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semi-árido. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915. Acesso em: 20/06/2017.

MIN - Ministério da Integração Nacional. Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF): Entenda os detalhes. 2004. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/entenda-os-detalhes>. Acesso em: 20/06/2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 32, de 15 de outubro de 2003. Publicado no DOU em 17/12/2003. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=74 Acesso em: 21/06/2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Consumo Sustentável: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>. Acesso em: 22/06/2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Principais atribuições. 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/sistema-nacional-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 21/06/2017.

MONTENEGRO, Abelardo A. A.; MONTENEGRO, Suzana M. G. L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. In: Recursos hídricos em regiões semiáridas / editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Recursos%20H%C3%ADricos%20em%20Regi%C3%B5es%20Semi%20Áridas%20estudos%20e%20aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 23/06/2017.

NAGHETTINI, Mauro. **Mananciais superficiais: aspectos quantitativos**. In: Abastecimento de água para consumo humano. Léo Heller, Valter Lúcio de Pádua (organizadores). – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859p.

OLIVEIRA, Eduardo Luiz de; RIBEIRO, Jaqueline Cardoso. Reuso de efluentes na agricultura. UNESP. 2013. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiU_vLazNvUAhWBh5AKHRsKA3wQFggxMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.dge.apta.sp.gov.br%2Fpublicacoes%2FT%26IA%2FT%26IAv1n1%2FRevista_Apta_Artigo_118.pdf&usg=AFQjCNEZpMWL7w5sMNTUT0ywYSDWwiqFvA. Acesso em: 26/06/2017.

OLIVEIRA, Kênia Márcia de. **Educação sanitária e ambiental na escola pública: uma visão complexa**. 185 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estud. av. vol.11 no.29 - São Paulo Jan./Abr, 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340141997000100007&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 27/06/2017.

REBOUÇAS, Aldo. **Uso inteligente da água/** Aldo Rebouças. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

RIGHETTO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. **Manejo de Águas pluviais Urbanas**. In: Manejo de Águas Pluviais Urbanas/ Antônio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009.

SÁNCHEZ, Luis Henrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos/** Luis Henrique Sánchez. – São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SANTOS, André Bezerra dos. **Avaliação técnica de sistemas de tratamento de esgotos/** André Bezerra dos Santos – Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 206p.

SCHISTEK, Haroldo. **O SEMIÁRIDO BRASILEIRO: UMA REGIÃO MAL COMPREENSIDA**. In: Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social / Irio Luiz Conti e Edni Oscar Schroeder (organizadores). Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FAURGS/ REDEgenteSAN / Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade – IABS / Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento – AECID / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - MDS / Editora IABS, Brasília-DF, Brasil - 2013. 232p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/redesan/publicacoes-pela-convivencia-com-o-semiarido>. Acesso em: 12/06/2017.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH); Superintendência dos Recursos Hídricos (SRH). Termos empregados em gestão de recursos hídricos. 201?. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br/srh/modules/tiny0/index.php?id=8>. Acesso em: 22/06/2017.

SOUZA FILHO, Francisco de A. de. **A política nacional de recursos hídricos: Desafios para sua implantação no semiárido brasileiro**. In: Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas / editores, Salomão de Sousa Medeiros, Hans Raj Gheyi, Carlos de Oliveira Galvão, Vital Pedro da Silva Paz - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. 440 p.

TERA - Tratamento de Efluentes e Reciclagem Agrícola. **Guia do tratamento de efluentes.** Junho de 2014. Disponível em: <http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/guia-gratuito-para-a-destinacao-e-tratamento-de-efluentes>. Acesso em: 03/07/2017.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M.Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos/** Marcos von Sperling. - 2. ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos/** Marcos von Sperling. - 4. ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2014. 472 p. 2017, 1ª. reimpr.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Valores dos parâmetros de pH e condutividade elétrica utilizados nas análises estatísticas das amostras coletadas.

Ponto 1				
Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
pH	7,25	7,27	7,31	7,34
Condutividade elétrica	240 $\mu\text{S/cm}$	240 $\mu\text{S/cm}$	241 $\mu\text{S/cm}$	242 $\mu\text{S/cm}$

Ponto 2				
Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
pH	7,40	7,38	7,39	7,39
Condutividade elétrica	905 $\mu\text{S/cm}$	901 $\mu\text{S/cm}$	904 $\mu\text{S/cm}$	902 $\mu\text{S/cm}$

Ponto 3				
Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
pH	7,28	7,22	7,23	7,22
Condutividade elétrica	231 $\mu\text{S/cm}$	234 $\mu\text{S/cm}$	236 $\mu\text{S/cm}$	234 $\mu\text{S/cm}$

Ponto 4				
Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
pH	7,42	7,45	7,41	7,42
Condutividade elétrica	896 $\mu\text{S/cm}$	892 $\mu\text{S/cm}$	893 $\mu\text{S/cm}$	891 $\mu\text{S/cm}$

Ponto 5				
Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
pH	7,32	7,24	7,23	7,21
Condutividade elétrica	232 $\mu\text{S/cm}$	236 $\mu\text{S/cm}$	234 $\mu\text{S/cm}$	238 $\mu\text{S/cm}$

Ponto 6				
Parâmetro	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
pH	7,38	7,48	7,49	7,52
Condutividade elétrica	276 $\mu\text{S/cm}$	275 $\mu\text{S/cm}$	276 $\mu\text{S/cm}$	274 $\mu\text{S/cm}$