



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

**LETÍCIA BEZERRA MELO**

**ESTIMATIVA DA VAZÃO DE ESGOTO DESTINADA AO CANAL DO PRADO EM  
CAMPINA GRANDE-PB**

**Campina Grande - PB2018**

LETÍCIA BEZERRA MELO

**ESTIMATIVA DA VAZÃO DE ESGOTO DESTINADA AO CANAL DO PRADO EM  
CAMPINA GRANDE-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Aragão**

**Campina Grande - PB**

**2018**

**LETÍCIA BEZERRA MELO**

**ESTIMATIVA DA VAZÃO DE ESGOTO DESTINADA AO CANAL DO PRADO EM  
CAMPINA GRANDE-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
**Nota** \_\_\_\_\_

**Prof. Dr. Ricardo de Aragão – UFCG  
(Presidente – Orientador)**

\_\_\_\_\_  
**Nota** \_\_\_\_\_

**Prof. Mônica Amorim Coura  
(1º Examinador)**

\_\_\_\_\_  
**Nota** \_\_\_\_\_

**Prof. Sinara Martins Camelo  
(2º Examinador)**

Dedico esse trabalho a minha família, Helder e Paula, por tudo que fizeram por mim. Como também, ao meu hoje marido, Áquila, por todo amor e incentivo.

## AGRADECIMENTO

A Deus toda a honra e glória. Por sua misericórdia, me concedes inúmeras graças que nunca conseguiria por meus próprios esforços. Mesmo em dias de dúvidas e aflições, agradeço a Ti, Pai, por me guiar nas tuas veredas. Tu me deste muito mais que eu merecia. Sempre a Ti serei grata.

Agradeço aos meus pais, Helder e Paula, por terem sido tão incessáveis em me dar o melhor ambiente para que eu pudesse evoluir. Que um dia eu seja uma profissional competente ao um nível compatível ao amor e apoio que vocês me deram. Saibam que vocês são minhas maiores inspirações e espero honra-los sempre.

Ao meu marido, Áquila, por sempre se dedicar a nossa família com tanto afinco. Homem fiel e servo de Deus, você me orgulha todos os dias com os seus pequenos e grandes atos. Sou sempre grata por todos seus conselhos, carinho e amor.

Ao meu irmão, Heitor, a quem eu amo desde do seu nascimento. Com quem aprendi a compartilhar dificuldades e muitas felicidades durante todos esses anos. Você me faz sentir que sempre poderei contar com você.

Aos meus sogros, Ana e Félix, por todo apoio emocional nessa jornada universitária. Agradeço por todo o cuidado que tiveram comigo, por sempre estarem dispostos a me escutar e me dar palavras de incentivo.

À minha amiga, Isabela, por dividir comigo tantos momentos preciosos. Obrigada por sua amizade sempre sincera, que me acalma e me dar forças.

Às minhas amiga Lizanka e Lis, minhas irmãs em Cristo, por nossa amizade sólida construída ao longo desse anos. Vocês me ensinam sempre com sabedoria como ser uma pessoa melhor.

Aos meus colegas de graduação, Mayara, Eduardo e Tiago, por tantos momentos divertidos e por terem tornado mais leves os meus dias universitários.

Ao meu orientador, Ricardo de Aragão, uma pessoa muito generosa, agradeço seu instruído auxílio e dedicado trabalho de orientar e rever o presente trabalho, meu agradecimento especial.

“Prepara-se o cavalo para o dia da batalha,  
porém do Senhor vem a vitória”

(Provérbios 21:31)

## Estimativa da vazão de esgoto destinada ao canal do Prado em Campina Grande

Autora: Letícia Bezerra Melo

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Aragão

Examinadores:

### **RESUMO**

É uma realidade brasileira que o saneamento básico não vem acompanhando proporcionalmente o crescimento da população. O sistema de drenagem urbana, adequado apenas para águas pluviais, vem sendo utilizado para transporte de esgoto sanitário, o que chama a atenção pelo fato que esse sistema não possui características necessárias para o transporte de esgoto, não fornecendo assim, uma destinação e tratamento adequado deste tipo de fluido. O que ocorre no canal do Prado, situado em Campina Grande-PB, é um exemplo do uso inadequado desse sistema. Do exposto, o presente estudo propõe, como objetivo geral, determinar a vazão de esgoto destinada ao canal do Prado em diferentes trechos dentro do bairro do Catolé, Campina Grande-Paraíba. Através da população dos setores censitários de 2010, foi estipulado as populações que contribuem com esgoto para o canal em 2000 à 2020 na região do Prado. Isso foi possível através de métodos geométrico de estimativa de população. Para um real diagnóstico da carga poluidora que circula no Canal do Prado, se faz importante a determinação da vazão de contribuição de esgoto, para tanto, coleta-se o número de habitantes da região de contribuição para estes pontos através dos dados dos setores censitários. Com essa população obtida, foram gerados os dados de vazão de esgoto em trechos de maior relevância do canal. Os resultados mostraram que o canal do Prado está sendo utilizado para transporte de esgoto sanitário. Este esgoto possui uma vazão anual em crescimento, em torno de 18%, ao longo de 20 anos. Dessa forma, esse esgoto sanitário está degradando as condições físicas do canal e prejudicando a qualidade de vida das pessoas devido ao odor produzido pelo canal, como também, poluindo o leito do rio do prado, no qual o canal do Prado desagua.

Palavras-chave: Esgoto sanitário, drenagem urbana, Canal do Prado, Saneamento Básico

## ABSTRACT

It is a Brazilian reality that basic sanitation has not been proportionally following the population growth. The urban drainage system, suitable only for rainwater, has been used to transport sanitary sewage, which draws attention to the fact that this system does not have the necessary characteristics for the treatment of sewage, thus not providing adequate disposal and treatment of this type of fluid. What happens in the Prado channel, located in Campina Grande-PB, is an example of the inappropriate use of this system. For a real diagnosis of the pollutant load circulating in the Prado Canal, it is important to determine the flow of the sewage contribution, for which the number of inhabitants of the region of contribution to these points is collected through the data of the census tracts. From the above, the present study proposes, as a general objective, to determine the flow of sewage destined for the Prado canal in different stretches within the Catolé neighborhood, Campina Grande-Paraíba. Through the population of the census tracts of 2010, the population that contributed with sewage to the canal in 2000 and in the Catolé region was stipulated. This was made possible through geometric methods of population stipulation. With this obtained population, the data of sewage flow was generated in stretches of greater relevance of the channel. The results showed that the Prado canal is being used to transport sanitary sewage. This sewage has a growing annual flow, around 18%, over 30 years. In this way, this sanitary sewage is degrading the physical conditions of the canal and damaging the quality of life of the people due to the odor produced by the canal, as well as polluting the Prado river, in which the Prado canal empties.

Key words: Sanitary sewage, urban drainage, Prado Canal, Basic Sanitation

**LISTA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Processos que ocorrem na urbanização .....                                  | 6  |
| Figura 2: Sistema Separador .....   | 9  |
| Figura 3: Sistema Unitário .....  | 9  |
| Figura 5: Mapa de bairros de Campina Grande e sua localização no estado .....         | 17 |
| Figura 6: Localização da bacia hidrográfica do Rio Paraíba .....                      | 18 |
| Figura 7: Localização de Campina Grande na Bacia do Rio Paraíba .....                 | 19 |
| Figura 8: Bacia do Prado com o Canal do Prado construído .....                        | 21 |
| Figura 9: Bacia do Prado e os bairros contribuintes .....                             | 22 |
| Figura 10: Condições atuais do Ponto 1. ....  | 28 |
| Figura 11: Condições atuais do Ponto 2. ....  | 28 |
| Figura 12: Condições atuais do Ponto 3. ....  | 29 |
| Figura 13: Condições atuais do Ponto 4. ....  | 29 |
| Figura 14: Condições atuais do Ponto 5. ....  | 30 |
| Figura 15: Condições atuais do Ponto 6. ....  | 30 |
| Figura 16: Condições atuais do Ponto 7. ....  | 31 |
| Figura 17: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 1 .....               | 32 |
| Figura 18: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 2 .....               | 33 |
| Figura 19: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 3 .....               | 33 |
| Figura 20: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 4 .....               | 34 |
| Figura 21: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 5 .....               | 34 |
| Figura 22: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 6 .....               | 35 |
| Figura 23: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 1 .....               | 35 |
| Figura 24: Vazão em L/s de esgoto acumulado em cada ponto para o ano de 2000 .....    | 40 |
| Figura 25: Vazão em L/s de esgoto acumulado em cada ponto para o ano de 2010 .....    | 40 |
| Figura 26: Vazão em L/s de esgoto acumulada em cada ponto para o ano de 2020 .....    | 41 |
| Figura 27: Volume Total de esgoto acumulado em m <sup>3</sup> ao longo de 1 ano ..... | 42 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Quadro 1:</b> Constituinte do Esgoto Sanitário.....           | 14 |
| <b>Quadro 2 :</b> Parâmetros do esgoto sanitário.....            | 16 |
| <b>Quadro 3</b> – Localização dos pontos.....                    | 23 |
| <b>Quadro 4</b> – População de 2010 contribuinte por bairro..... | 40 |

**LISTA DE TABELAS**

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Tabela 1: Valores médios de parâmetros de qualidade da água pluvial .....        | 12                                  |
| Tabela 2: Níveis do esgoto sanitário .....                                       | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Tabela 3: População Campinense durante os anos de 1991, 2000 e 2010 .....        | 37                                  |
| Tabela 4: População Contribuinte para os pontos nos anos 2000, 2010 e 2020 ..... | 38                                  |
| Tabela 5: Tabela de esgoto para os pontos nos anos de 2000, 2010 e 2020.....     | 39                                  |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|   |    |
|---|----|
| UFMG - Universidade Federal de Campina Grande.....          | i  |
| PMCG - Prefeitura Municipal de Campina Grande.....          | 2  |
| OMS - Organização Mundial da Saúde.....                     | 7  |
| ANA - Agência Nacional de Águas.....                        | 8  |
| ETE - Estação de Tratamento de Esgoto.....                  | 9  |
| DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio.....                   | 15 |
| DQO - Demanda Química de Oxigênio.....                      | 15 |
| pH – Potencial Hidrogeniônico.....                          | 15 |
| NBR - Norma Brasileira.....                                 | 15 |
| OD - Oxigênio Dissolvido.....                               | 16 |
| NA - Nitrogênio Amoniacal.....                              | 16 |
| ST - Sólidos Totais.....                                    | 16 |
| STV – Sólidos Totais Voláteis.....                          | 16 |
| PT – Fósforo Total.....                                     | 16 |
| OG – Óleos e Graxas Residuais.....                          | 16 |
| CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba.....         | 17 |
| IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística..... | 24 |
| ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.....        | 27 |

## SUMÁRIO

|   |                              |
|---|------------------------------|
| LISTA DE FIGURAS.....   | IX                           |
| LISTA DE QUADROS.....   | X                            |
| LISTA DE TABELAS.....   | XI                           |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....   | XII                          |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>1</b>                     |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>  | <b>3</b>                     |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....  | 3                            |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 3                            |
| <b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>   | <b>4</b>                     |
| 3.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO.....  | 4                            |
| 3.2 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL.....  | 6                            |
| 3.3 DRENAGEM URBANA E O SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO.....                                    | 8                            |
| 3.3.1 <i>Macro drenagem e qualidade da água</i> .....                                       | 11                           |
| 3.3.2 <i>Contaminação sanitária em estruturas de macro drenagem</i> .....                   | 12                           |
| 3.4 SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....  | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| <b>4 METODOLOGIA .....</b>  | <b>17</b>                    |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....  | 17                           |
| 4.1.2 <i>Pontos de estudo do canal do Prado</i> .....                                       | 20                           |
| 4.1.3 <i>Visita técnica ao canal do Prado</i> .....   | 22                           |
| 4.2 ESTUDO DEMOGRÁFICO .....  | 22                           |
| 4.3 COEFICIENTE DE RETORNO (C) .....  | 24                           |
| 4.4 CONTRIBUIÇÃO “PER CAPITA” MÉDIA (C.Q) .....   | 25                           |
| 4.5 CONTRIBUIÇÃO MÉDIA DOMÉSTICA (Q <sub>DOM</sub> ) .....                                  | 26                           |
| 4.6 ÁGUAS DE INFILTRAÇÃO (Q <sub>i</sub> ) .....  | 26                           |
| 4.7 CONTRIBUIÇÕES CONCENTRADAS (Q <sub>c</sub> ).....                                       | 26                           |
| 4.8 CONTRIBUIÇÃO MEDIA (Q <sub>T</sub> ) .....  | 24                           |
| 4.9 VOLUME FINAL ACUMULADO (V <sub>F</sub> ) .....  | 27                           |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>  | <b>27</b>                    |
| 5.1 ATUAL CONSERVAÇÃO DO CANAL DO PRADO E PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO.....                | 27                           |
| 5.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM .....  | 32                           |
| 5.2.1 <i>Setores Censitários</i> .....  | 32                           |
| 5.2.2 <i>Estimativa Populacional</i> .....  | 37                           |
| 5.1 ESTIMATIA DA VAZÃO DE ESGOTO SANITÁRIO.....   | 39                           |
| 5.2 ESTIMATIA DO VOLUME MÉDIO ANUAL ACUMULADO PELAS VAZÕES MÉDIA DE 2000, 2010 E 2020 ..... | 41                           |
| 5.3 ESTIMATIA DA VAZÃO DE ESGOTO SANITÁRIO SEGUNDO INSTITUTO TRATA BRASIL .                 | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>   | <b>43</b>                    |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>44</b>                    |

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de esgotos sanitários vêm sendo utilizados desde a antiguidade pelos povos romanos, gregos e sumérios. Por muito tempo não se teve grandes preocupações com este quesito, uma vez que ainda não havia sido relacionado o aumento da disseminação de doenças com a falta de um sistema de esgotamento sanitário.

Como é comum em países em desenvolvimento, o sistema de esgoto brasileiro não vem acompanhando proporcionalmente o crescimento da população. O aumento populacional se intensificou nas últimas décadas (IBGE, 2011), ocupando o Brasil a quinta posição do país mais populoso do mundo, ficando atrás apenas da Indonésia, Estados Unidos, China e Índia. Apesar dessa tendência alta de crescimento populacional, o saneamento básico não conseguiu suprir essa nova necessidade, sobretudo, com aumento da rede coletoras de esgoto existente ou mesmo a implementação de outros trechos na medida necessária (FRANCISCO, 2017).

Atualmente, aproximadamente 100 milhões de brasileiros não têm acesso a rede coletora de esgoto, ou seja, apenas 51,92% da população possui esse serviço. Isso reflete a grande quantidade de rios com um alto índice de poluentes (TRATA BRASIL, 2018). De acordo com a ANA (2017), mais de 110 mil quilômetros de trechos de rios estão com a qualidade comprometida devido ao excesso de carga orgânica, sendo que em mais de 75% desses trechos não é permitido o abastecimento público devido à poluição.

É direito do cidadão, assegurado pela Lei nº 11.445/2007, o esgotamento sanitário como instrumento para a promoção de saúde de toda a população. Contudo, na ausência de rede coletora ou com a falta de prudência na destinação final do esgoto, parte da população se utiliza de ligações ilegais de esgoto e despeja seus dejetos no sistema de drenagem de águas pluviais das cidades. Este ato é considerado ilegal e realizado, muitas vezes, por parte da população por não terem conhecimento dos seus direitos.

O sistema de drenagem urbana sendo adequado apenas para águas pluviais, não possui as características físicas necessárias para a passagem do efluente de esgoto, como também não fornece o tratamento e a destinação adequada para esse tipo de fluido. Desta forma, ao misturar o esgoto com as águas pluviais em canais de drenagem urbana, graves problemas são causados ao meio ambiente, uma vez que essa mistura de efluentes segue para rios, lagos e o mar *in natura*.

Assim como vários canais existentes no Brasil, que recebem esgotos sanitários, o canal do Prado, situado na cidade Campina Grande - Paraíba, vem passando por esse problema. Este canal está localizado na bacia do riacho do Prado, compreendendo uma região cujo adensamento populacional cresceu rapidamente nos últimos 10 anos. Essa expansão, caracterizada pelo aumento dos centros comerciais e residências na bacia, se deu depois da construção do canal do Prado, o que aumentou a quantidade de ligações clandestinas de esgoto no referido canal. É de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG) a destinação adequada das águas transportadas por esse canal, como também a limpeza do mesmo.

De acordo com Henriques (2014), indicadores físico-químicos e microbiológicos em 7 pontos representativos ao longo do canal, mostram que neste existe um elevado grau de poluição. Entretanto, o autor apenas determinou a concentração de poluentes em pontos ao longo do canal, não relacionando esta concentração à vazão de esgoto que passava no canal, proveniente dos bairros contribuinte para este canal, no momento da coleta das amostras de água.

Portanto, se faz importante a estimativa da vazão total de esgoto sanitário gerada pela bacia do Prado afim de complementar o trabalho produzido por Henrique, 2014, um vez que parte dessa vazão total é destinada ao canal do Prado. Considerando, para esse fim, o número de habitantes da região de contribuição para estes pontos através dos dados do setor censitário.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Estimar a vazão de esgoto produzida pela Bacia do Prado que desagua no Canal do Prado em Campina Grande-Paraíba.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar o estado de conservação atual do Canal do Prado;
- Indicar as principais fontes de poluição;
- Investigar a vazão possível por trecho ao longo do canal do Prado;
- Investigar o volume total acumulado pela bacia em um ano.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

O crescimento populacional dentro das cidades vem deixando o mundo mais urbano, afetando os centros urbanos em diversos aspectos. Entre eles podem-se citar o aumento de residências verticais e horizontais, estabelecimentos comerciais, redes industriais, etc. Estima-se que até o ano de 2025, mais de 60% da população se encontrará dentro do perímetro urbano, cerca de 5 bilhões de pessoas (MORAIS, 2002).

O processo de êxodo rural ocorreu por diversos ciclos econômicos que o país passou. Entre esses processos podemos citar o ciclo açucareiro, o ciclo do café, o ciclo da borracha, etc. Além disso, houve o desenvolvimento industrial da cidade de São Paulo que provocou vários movimentos migratórios por todo país, em especial, no Nordeste. Em 2010, 17% das pessoas que viviam no Sudeste eram nascidas em outros estados. Por outro lado, apenas 7 % das pessoas que viviam no Nordeste eram nascidas em outro estado (IBGE, 2012).

A exemplo de cidade do interior do Nordeste e objeto de estudo do presente trabalho, o crescimento da cidade de Campina Grande, entre seus dois primeiros séculos, foi considerado lento. Segundo Câmara e Soares (1999):

A localidade não passava de um modesto aglomerado disforme de casas de taipa que acolhia os tropeiros, tangerinos de boiadas, mercador de cereais, o forasteiro pobre, traficantes e jogadores, prostitutas, vagabundos e viciados, aventureiros e mais negociantes, atraídos pelas feiras de gado e de cereais, proporcionando uma lenta mudança do povoado em vila e, só 74 anos mais tarde, viria passar a condição de cidade.

Entretanto, essa situação chegou a mudar com a chegada do Século XX, devido ao crescimento demográfico e econômico que a cidade viria experimentar. Essa transformação ganhou impulso com a explosão algodoeira e chegada do trem, em 1907. E, desde então, pode-se ter um desenvolvimento da indústria, comércio e serviço (OLIVEIRA, 2007). Segundo Melo (1958):

As amplas avenidas e praças que se atravessam têm o ar de coisas novas que apagam traços do passado, emprestando à paisagem citadina uma nota de vitalidade e rejuvenescimento. A enorme vitalidade de Campina Grande concretizada pelo seu notável crescimento, se reflete também no movimento de suas Ruas e na atividade de sua população. As ruas que vão ter à saída da cidade, as de comércio atacadista e mesmo o seu centro comercial, impressionam pelo movimento de pedestres e de veículos de carga. No grande número de bancos, depósitos, firmas atacadistas, fica substanciada, também, sua grande importância comercial.

O desacerto presente entre o crescimento populacional e o acesso aos recursos naturais e econômicos acarreta uma degradação do meio ambiente, conseqüentemente, limita a qualidade de vida das pessoas que se relacionam nesse meio. Portanto, a falta de controle e de gestão da ocupação do solo urbano e o aumento do consumo, muito além das necessidades básicas e do bem-estar, respondem em grande parte por essa degradação e deterioração de relações humanas (FORTES e RIBEIRO, 2014).

Ao passo que a globalização traz inúmeros benefícios a sociedade, como abertura ao comércio e aos fluxos de capital econômico, incorporação tecnológica, aumento dos meios de comunicação, melhoras as condições de trabalho, começa existir conseqüências sem precedentes, como desastres naturais, transformações ambientais globais e mudanças climáticas. (FORTES e RIBEIRO, 2014).

Os inúmeros benefícios da urbanização para a população que vive naquele local são indiscutíveis. Contudo, a falta de organização e projeto podem agravar o bem-estar das pessoas. Segundo Castro (2011), a urbanização modifica em inúmeras maneiras o ciclo hidrológico, devido a redução da cobertura vegetal. Uma vez que existem áreas onde não será possível ter um escoamento natural, essa água irá escoar superficialmente e pode causar transtornos indesejáveis no meio urbano.

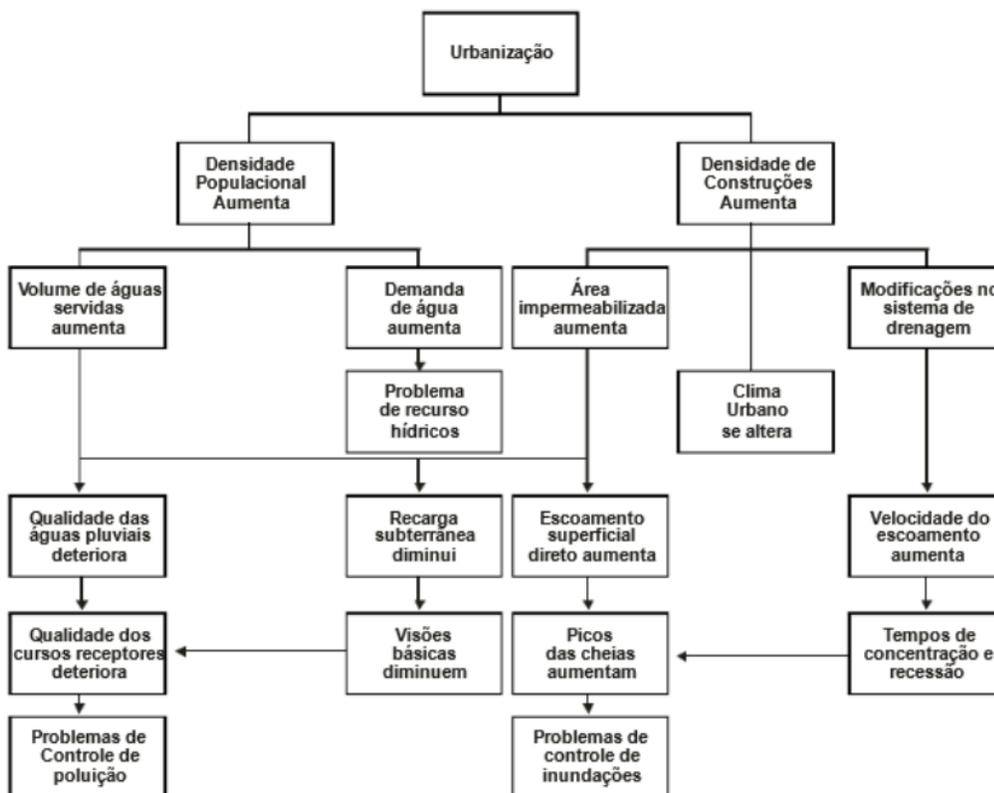
Portanto, o crescimento populacional provoca vários tipos de impactos ao meio ambiente. Uma vez que com a urbanização vários tipos de estruturas são construídas no perímetro urbano, impermeabilizando o solo e modificando o escoamento natural da chuva.

O impacto da urbanização aumenta drasticamente os coeficientes de escoamento de uma bacia hidrográfica. Segundo Tucci (2000), um habitante produz cerca de 49 m<sup>2</sup> de área impermeável numa bacia. Além disso, para cada 10% de aumento de área impermeável, ocorre cerca 100 % de aumento do coeficiente de cheia devido ao aumento do volume de escoamento superficial.

A redução da vegetação nativa irá afetar os processos de interceptação, infiltração e evapotranspiração. Com a interferência desses processos, aumenta, os volumes de águas pluviais escoando em período de chuva intensa. Isto está diretamente ligado à redução de tempo de concentração que resulta em hidrogramas de cheias com grandes picos de vazão e curto tempo de

base (CASTRO, 2011). A Figura 1 ilustra um fluxograma dos processos/impactos antrópicos que ocorrem em meios urbanos.

Figura 1: Processos que ocorrem na urbanização



Fonte: Tucci et al. (2000)

### 3.2 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Ao longo da história, o conceito de saneamento vem sendo construído conforme cresce o avanço no conhecimento sobre o assunto. O saneamento compreende uma série de medidas que são responsáveis por preservar o meio ambiente afim de prevenir doenças e promover saúde. Logo isso irá refletir na melhoria da qualidade de vida da população (TRATA BRASIL, 2017).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2011), o saneamento é classificado como o conjunto de ações que visam controlar os fatores do meio físico, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social do homem. Esse conceito tem se transformado em função da ampliação do conhecimento científico, que provoca diferentes visões

de saúde e de bem-estar do homem. Ao longo do tempo, o saneamento passou a ser também uma questão de ordem ambiental, tendo tanto um conceito de saneamento básico como de saneamento ambiental.

Percebe-se uma constante precariedade em infraestrutura nas cidades brasileiras para comportar a crescente demanda populacional. O consumo desenfreado dessa população sobrecarrega o meio ambiente em diversos aspectos, tais como, grande consumo dos recursos naturais, acúmulo de dejetos das diversas espécies, produção de resíduos sólidos (FRANCISCO, 2017).

Devido à inter-relação entre saneamento, saúde e meio ambiente, atualmente existe diversas discussões acerca dos melhores meios de harmonizar essas relações. A grande falta de planejamento quanto às infraestruturas e serviços direcionados ao setor de saneamento vem tornando a população refém dos perigos que a falta de saneamento básico pode provocar (FRANCISCO, 2017).

Cerca de 80% de todas as doenças humanas estão de alguma forma relacionada a água não tratada, saneamento precário e falta de higiene básica (AYACH et al., 2012), uma vez que água sem tratamento adequado pode ser um meio transmissor de várias doenças. Nessa ótica, o desenvolvimento urbano envolve duas atividades conflitantes: o aumento da demanda de água com qualidade e a degradação dos mananciais urbanos (TUCCI, 2002a).

A água para ser utilizada pela população para consumo humano necessita passar por diversos tratamentos para ser considerada potável. Segundo a 4ª edição do Guia da OMS sobre qualidade da água para consumo, a mortalidade devido a água imprópria chega na casa dos milhões por ano. Essas águas carregam inúmeras patologias que geralmente atingem crianças menores de cinco anos de idade. Todas essas doenças podem ser evitadas com o sistema adequado de saneamento (OMS, 2011).

A rede básica de saneamento é de fundamental importância para o desenvolvimento social e econômico de um país, uma vez que esse setor afeta diretamente a saúde da população e o meio ambiente. Portanto, o investimento nessa área pode ser considerado como estratégia para o desenvolvimento econômico e social.

Em janeiro de 2007, foi promulgada a Lei 11.445 que estabeleceu as diretrizes gerais e definiu o marco regulatório quanto aos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de:

- Abastecimento de água potável: Infraestrutura e instalação de água potável para toda a população, da captação até as ligações prediais.
- Esgotamento sanitário: Infraestrutura e serviço da instalação até a disposição final dos esgotos sanitários através dos serviços de coleta, transporte e tratamento.
- Limpeza urbana e resíduos sólidos: Gestão dos resíduos urbanos quanto a atividades operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamentos e disposição final.
- Drenagem: Atividades relacionadas ao sistema de gestão de águas pluviais quanto a transporte, detenção para a diminuição da vazão em cheias e destinação final das águas drenadas.

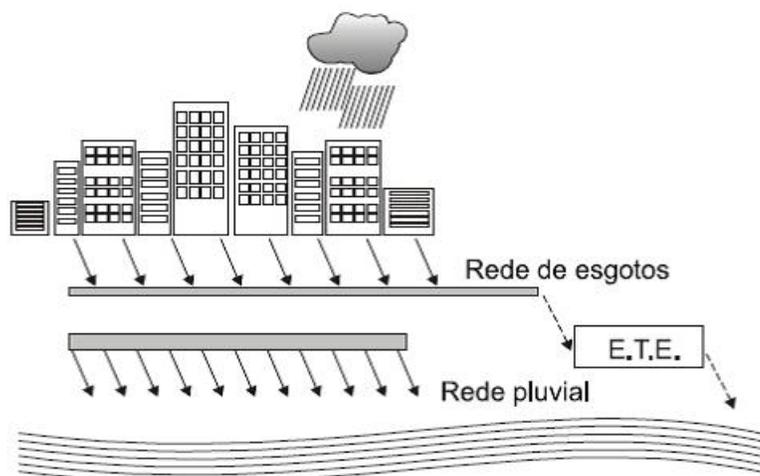
No Brasil existe um plano a longo prazo para a universalização dos serviços de saneamento. Uma das propostas da Agência Nacional de Águas (ANA) é a implementação de redes coletoras e estações de tratamento de esgoto nos municípios que têm seu efluente jogado em mananciais de captação. Ademais, os investimentos necessários a longo prazo somariam 70 bilhões de reais, sendo 47,8 bilhões para tratamento de esgoto e sistemas de coleta e para manter a qualidade dos mananciais (ANA, 2011).

### 3.3 DRENAGEM URBANA E O SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

As cidades devolvem para a natureza seus resíduos, como dejetos domésticos e industriais, poluição, seja do ar, da água ou do solo, além dos problemas causados pela constante impermeabilização do perímetro urbano, deixando vegetação, espaços verdes e áreas permeáveis como elementos secundários na paisagem urbana.

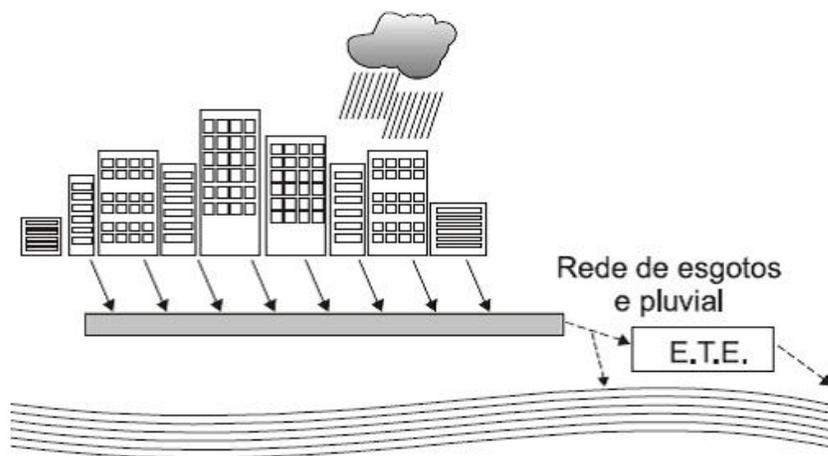
Segundo Sousa (2011), o esgoto urbano pode ser coletado através do sistema público de captação com as redes de esgoto e os devidos tratamentos, ou pode ser adequadamente acondicionado em fossas. Em alguns países é comum adotar o sistema de drenagem juntamente com o sistema de esgoto, chamado de Sistema Unitário (Figura 2). No Brasil, as linhas de esgoto são separadas do sistema de drenagem, chamado de Sistema Separador (Figura 3), que não contribui à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Figura 2: Sistema Separador



Fonte: Sousa, 2011

Figura 3: Sistema Unitário



Fonte: Sousa, 2011

Segundo Von Sperling (2005), as vantagens do sistema separador que é utilizado no Brasil são:

- Separação das águas pluviais das águas residuárias;

- O dimensionamento das canalizações é mais preciso, evitando o superdimensionamento da rede;
- Redução dos custos e prazos de construções;
- Melhoria no tratamento de esgoto sanitário;
- Não ocorrência de extravasamento de esgoto em períodos de chuva intensa;
- A possibilidade de utilização de qualquer material (tudo de PVC, concreto ou cerâmico) para tubulações de esgoto.

O que ocorre, recorrentemente, nas cidades brasileiras, é que elas começam com uma densidade populacional pequena, sendo a utilização de fossa séptica o suficiente para aquela necessidade individual. Quando não existe essa imediata remediação, é comum parte da população ligar as saídas individuais de esgoto de cada propriedade, sem qualquer tipo de tratamento, ao sistema de drenagem pluvial. A consequência principal destas ações é que essas águas são lançadas nos rios e córregos, contaminando e diminuindo a qualidade da água (BRAGA et al., 2000).

Durante a década de 80, não existia grande procura pelas praias de Santos por parte da população e estudos mostraram que isso acontecia devido aos altos índices de poluição orgânica na água do mar local. Estes estudos indicaram que a principal fonte de contaminação eram as águas provenientes dos canais de drenagem. Em 1992, foi instalado nesse local um sistema capaz de transportar águas dos canais para um sistema capaz de tratar a água poluída. A partir disso a água a ser tratada é desviada para a Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto (EPC) e depois lançada ao mar à uma distância de 4,5 km da areia. Com essa medida, foi possível melhorar a qualidade das águas das praias de Santos (BRAGA et al., 2000).

Segundo Tucci (2001), já existe um aumento no investimento de empresas de saneamento na coleta de esgoto, mas ainda é considerado insatisfatório a quantidade de redes de esgoto que são despejados nos leitos dos rios com tratamento. As implicações sobre essa são destacadas a seguir:

- As redes de drenagem são dimensionadas apenas para a água de chuva. Não sendo considerada, portanto, a vazão adicional das ligações de saída das redes prediais. Acontece que a rede de esgoto também foi projetada para aquele local conforme a densidade demográfica. Isso implica que a rede de esgoto também não está sendo utilizada na sua capacidade de projeto e nem as estações de tratamento de esgoto

estão tratando a quantidade de resíduo para qual tem capacidade. Portanto, os investimentos públicos foram mal sucedidos, não atendendo a necessidade da sociedade.

- As empresas de saneamento cobram pelo serviço de coleta e tratamento do esgoto, mesmo que esse tratamento não seja realizado, uma vez que o preço é cobrado baseado do consumo de entrada de água e não na saída de resíduo sanitário.
- Quando for implementado a taxa de poluição dos rios, quem irá pagar por isso? Seria justo a população pagar novamente?

### *3.3.1 Macrodrenagem e qualidade da água*

O sistema de macrodrenagem é responsável pelo escoamento final das águas do escoamento superficial, além da água capturada pelo sistema da microdrenagem. Para tanto, ele é composto por cursos d'águas naturais, presente nos talvegues e vales (FENDRICH et al., 1997). Portanto, o sistema de macrodrenagem é um conjunto de ações estruturais responsáveis por controlar águas pluviais para evitar inundações e suas consequências. Dessa forma o sistema diminuí o risco causado por cheias com grande período de retorno.

Segundo Justino (2004), as obras de macrodrenagem têm o objetivo de minimizar os problemas de erosão, assoreamento e inundações, através de um escoamento controlado. Os seus principais componentes são: Canais Naturais ou Artificiais; Galerias de grande porte; Estruturas artificiais; Obras de proteção contra erosão; Outros componentes (vias marginais e faixa de servidão).

Deve-se atentar quanto a qualidade das águas que passam por esse sistema de macrodrenagem. A quantidade de material suspenso que está sobre a água possui uma carga poluidora considerada elevada. Isso toma um potencial maior nos primeiros minutos do escoamento, onde está presente a maior carga de poluente (SCUELLER, 1987). Na Tabela 1, tem-se alguns valores para critério de comparação de diferentes bibliografias.

Tabela 1: Valores médios de parâmetros de qualidade da água pluvial

| <b>Parâmetro</b>       | <b>Durham (1)</b> | <b>Cincinatti (2)</b> | <b>Tulsa (3)</b> | <b>P. Alegre (4)</b> |
|------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|----------------------|
| DBO (mg/L)             |                   | 19                    | 11,8             | 31,8                 |
| Sólidos Totais (mg/L)  | 1440              |                       | 545              | 1523                 |
| PH                     |                   | 7,5                   | 7,1              | 7,2                  |
| Coliformes (NMP/100ml) | 23000             |                       | 18000            | 1,5x10 <sup>7</sup>  |
| Ferro (mg/L)           | 12                |                       |                  | 30,3                 |
| Chumbo (mg/L)          | 0,46              |                       |                  | 0,19                 |
| Amônia (mg/L)          |                   | 0,4                   |                  | 1,0                  |

1 – Colson (1974)    2 – Weibel (1964)    3 - AVCO (1970)    4 - Ide (1984)

Fonte: Tucci (2002b)

Segundo Tucci (2002b), é importante ressaltar que para critério de comparação, a Tabela 1 pode ser um guia importante, mas, como mencionado anteriormente, cada região possui suas características químicas e microbiológicas. Existem fatores que irão influenciar diretamente esses parâmetros, entre eles: a frequência da limpeza urbana do local; a Intensidade de precipitação; a distribuição espacial; o tipo do uso da área urbana; a poluição orgânica; e a quantidade de metais.

### 3.3.2 Contaminação sanitária em estruturas de macrodrenagem

Os canais são estruturas urbanas feitas com o intuito de drenar as águas pluviais. Muitas vezes, essas águas carregam consigo elementos que podem interferir na qualidade final da água que está presente neste canal. Isso muitas vezes está relacionado a interferência humana que fazem ligações ilegais de esgoto nesses canais, podendo afetar diretamente o comportamento das águas dos mananciais para onde irão ser destinadas (JOHNSON, 2007).

Os inúmeros benefícios que um manancial pode trazer a população podem ser usurpados devido a poluição das águas. A poluição nada mais é que a adição de substâncias ou formas de energia que alterem as características físicas, químicas e microbiológicas. Portanto, se faz interessante a prevenção antes que ocorra a poluição dessa água. Uma vez que, com a água contaminada, o custo para torná-la viável novamente, pode ser muito maior do que a prevenção (DIERSING, 2013)

A constituição do esgoto sanitário é bastante variável, como listados no Quadro 1. Além disso, o teor de impureza diminui ou aumenta conforme a hora do dia, ou seja, em horários mais utilizados para banho e trabalhos domésticos, o constituinte de detergente terá um teor de impureza maior que os outros. Outro ponto que se faz importante destacar, são os componentes como a matéria orgânica, especialmente fezes humanas, que confere ao esgoto sanitário suas principais características, mutáveis com o decorrer do tempo, por sofrer diversas alterações até sua completa mineralização ou estabilização (CHAGAS, 2000).

**Quadro 1** - Constituinte do Esgoto Sanitário

| CONSTITUINTE                        | FONTE EM POTENCIAL                                       | EFEITOS NA ÁGUA  |
|-------------------------------------|--|--|
| Substâncias com demanda de oxigênio | Sobretudo materiais orgânicos em especial fezes e urina  | Consumem oxigênio dissolvido   |
| Orgânicos refretários               | Resíduos industriais, produtos de limpeza                | Tóxicos à vida aquática  |
| Vírus                               | Resíduos humanos   | Causam doenças( possivelmente câncer); principal obstáculo contra a reciclagem de esgotos para sistemas hídricos |
| Detergentes                         | Detergentes domésticos                                   | Propriedades organolépticas da água, impedem a remoção de graxas e óleos, tóxicos à vida aquática                |
| Fosfatos                            | Detergentes  | Nutrinetes de algas  |
| Graxas e óleo                       | Cozinha, processamento de alimentos, resíduos indutriais | Propriedades organolépticas da água, prejudiciais a parte de vida aquática                                       |

|                   |  |   |
|-------------------|--|---|
| Sais              | Resíduos humanos e industriais, abrandadores de água | Aumenta a salinidade da água                                      |
| Matais            | Resíduos industriais, laboratórios químicos          | Toxicidade  |
| Agentes quelantes | Alguns detergentes, resíduos industriais             | Solubilização e transporte de metais                              |
| Sólidos           | Todas as fontes                                      | Propriedades organolépticas da água, prejudiciais à vida aquática |

Fonte: Manahan (2013)

Existem duas formas diferentes pelas quais as águas contaminadas podem poluir o corpo que irá recebe-la. A primeira é chamada poluição pontual, que representa à poluição devido a ações modificadoras localizadas. Nesse tipo podemos destacar, efluentes de um tratamento de esgoto doméstico e industrial ou até saídas clandestinas de esgoto em canais de drenagem ou no próprio mar. No segundo caso tem-se as chamadas poluições difusas, que ocorrem pelas águas da chuva ao transportarem os contaminantes, em suas diferentes composições, da superfície do terreno para dentro dos canais, rios, lagoas, baías (DAHI, 1992).

Segundo a Norma Brasileira - NBR 9648/1986, esgoto doméstico é um despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Esgotos sanitários são definidos como o despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986).

A definição da palavra esgoto em geral se refere para as tubulações condutoras das águas servidas de uma população como, também, o próprio líquido que flui por essas canalizações. Portanto, utiliza-se dessa palavra para efluentes com diversos tipos de uso. Entre eles podemos destacar as de uso doméstico, comercial, hospitalar, industrial, de áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluviais e outras fontes (CHAGAS, 2000).

Dependendo da sua origem, os esgotos podem ser classificados em (ROMÉRO et al., 2004):

- Sanitário, comum ou doméstico: predominantemente oriundo de residências, comércio locais e prédios públicos. Esses locais possuem, em sua estrutura,

instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas. Os resíduos são compostos de água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida e sabão.

- Industrial: Esse tipo de resíduo necessita ser considerado separadamente, uma vez que dependendo dos processos internos existentes na indústria, ela possuirá características específicas, mesmo em processos industriais similares.
- Pluvial: proveniente da precipitação de chuva na atmosfera e da lavagem das ruas.

Algumas características físicas que pode descrever o esgoto sanitário é o odor semelhante a querosene e coloração cinza. Já o lodo de esgoto possui odor de “ovo podre”, devido a sua composição de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas, e coloração preta. Quanto ao viés químico dos esgotos, esses são caracterizados através de vários testes químicos, no entanto, os mais utilizados são Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) (DAVIS, 2010).

Segundo Manahan (2013), para uma análise completa, os parâmetros utilizados para avaliar e caracterizar o esgoto sanitário bruto e tratado são: Potencial Hidrogeniônico (pH), temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacal (NA), DBO, DQO, Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Sedimentáveis (S. Sed.), Fósforo Total (PT) e Óleos e Graxas Residuais (OG) (Quadro 2).

**Quadro 2 – Parâmetros do esgoto sanitário**

| <b>Parâmetros</b>     | <b>Furtado et al. (2009)</b> | <b>Monaco et al. (2014)</b> | <b>Alves et al. (2007)</b> | <b>Lazzarim (2009)</b> |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|
| <b>pH</b>             | 9,07-7,01                    | 7,16                        | 7,19                       | -                      |
| <b>Temperatura</b>    | 26,05-27,99                  | -                           | -                          | -                      |
| <b>OD(mg.L-1)</b>     | 2,78-0,94                    | -                           | -                          | -                      |
| <b>NA (mg.L-1)</b>    | -                            | -                           | -                          | 73,39                  |
| <b>Pt (mg.L-1)</b>    | 0,89-4,67                    | 11,81                       | 1,5->6                     | 18,06                  |
| <b>DBO (mg.L-1)</b>   | 5,0-8,6                      | 526                         | 3,93-314                   | 490,18                 |
| <b>DQO (mg.L-1)</b>   | -                            | 5445                        | 524-660                    | 782,13                 |
| <b>ST (mg.L-1)</b>    | -                            | 2377                        | 202-904                    | 732,84                 |
| <b>STF (mg.L-1)</b>   | -                            | 760                         | -                          | -                      |
| <b>STV (mg.L-1)</b>   | -                            | 1617                        | -                          | -                      |
| <b>S.Sed (mg.L-1)</b> | -                            | -                           | 0,2a<0,1                   | -                      |
| <b>OG (mg.L-1)</b>    | -                            | -                           | -                          | 46,28                  |

Fonte: Manahan(2013)

Por meio de uma caracterização precisa do esgoto, é possível ter um maior controle das doenças ocasionadas por patógenos. Além disso, é possível detectar as bactérias responsáveis pela degradação da matéria orgânica nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). As principais bactérias que podemos encontrar no esgoto e no lodo são a *Salmonella sp.*, a *Shigella sp.*, a *Yersinia sp.*, o *Vibrio cholerae*, a *Campylobacter jejuni*. Essas, geralmente, provocam doenças do trato intestinal, como febre tifoide, disenteria, diarreia e cólera. Por se tratarem de microrganismos potencialmente infecciosos, eles são responsáveis por aumento de morte de pessoas em áreas carentes (EPA, 2003; METCALF, EDDY, 2003).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situado na mesorregião do agreste paraibano, a uma altitude de 560 metros, o município de Campina Grande (Figura 5) possui uma área de 628 km<sup>2</sup>, com clima, predominantemente, semiárido. Campina Grande é a segunda cidade mais populosa da Paraíba, tendo em números, 410.332 habitantes e densidade demográfica de 653,39 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2017).

Figura 4: Mapa de bairros de Campina Grande e sua localização no estado



Fonte: Google Maps (2018)

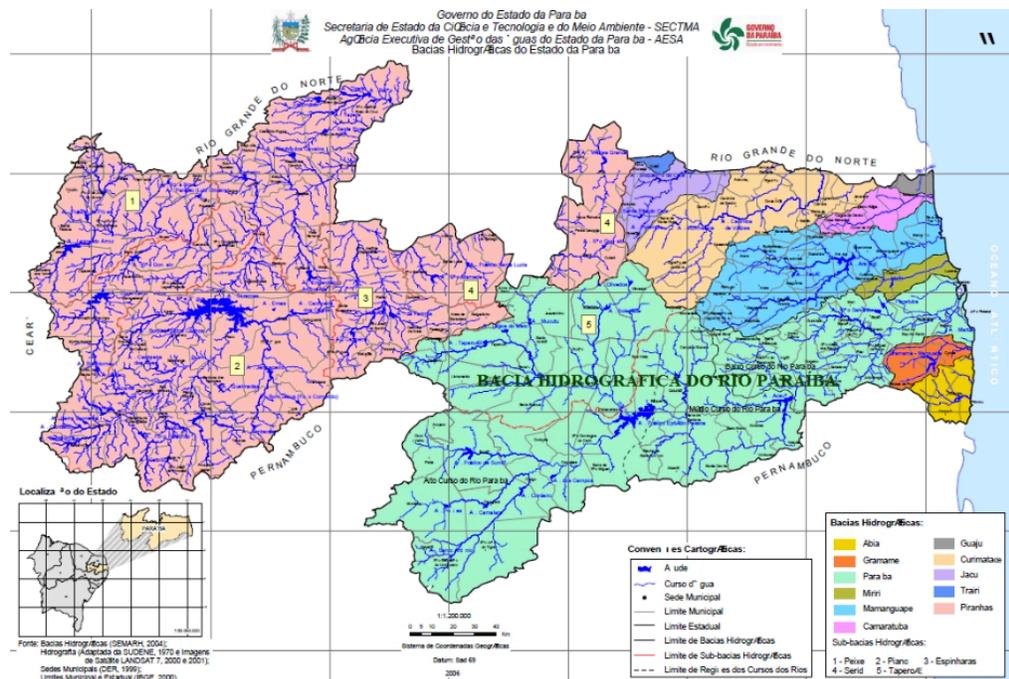
A cidade de Campina Grande é abastecida pelo Açude Epitácio Pessoa (açude de boqueirão), tendo a CAGEPA como responsável pela distribuição de água e pela coleta de esgoto.

O sistema de coleta de esgoto presente na cidade é do tipo separador absoluto, com aproximadamente 87.382 ligações domiciliares de água, e 75,77% da cidade sendo atendida pelo sistema de esgotamento sanitário (PMCG, 2014).

A referida cidade situa-se a aproximadamente 550 m acima do nível do mar e dista 120 km da capital do estado, João Pessoa. Localizada na mesorregião Agreste, apresentando precipitação anual média de 804,9 mm, o período chuvoso ocorre de março a agosto, a umidade relativa varia de 52 a 92% e a temperatura varia de 19 a 32°C (MACEDO et al., 2011).

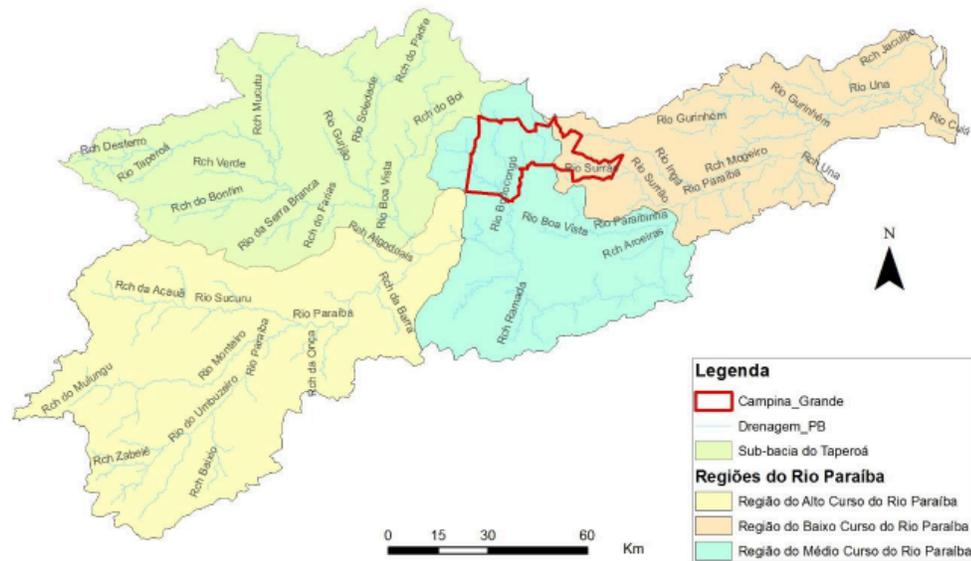
O município de Campina Grande está localizado na porção média da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Esta bacia possui uma área total de 19456,73 km<sup>2</sup> e um perímetro 1077,98 km (Figura 6). Compreendida entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15"; Oeste de Greenwich, ela possui 78 municípios, sendo o de maior território dentro da bacia de Monteiro e menor de Sobrado. O município de maior população inserido no médio curso da bacia do rio Paraíba é de Campina Grande (MARCUIZZO et al., 2014).

Figura 5: Localização da bacia hidrográfica do Rio Paraíba



Campina Grande tem toda sua extensão territorial na bacia do Rio Paraíba (Figura 7), sendo uma das mais importantes bacias do semiárido. O curso médio do rio Paraíba é composto pelas sub-bacias do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba.

Figura 6: Localização de Campina Grande na Bacia do Rio Paraíba



Fonte: Henriques (2014)

#### 4.1.1 Sistema de Drenagem Urbana de Campina Grande

A drenagem da cidade Campina Grande é composta de vários elementos, tais como canais, sarjetas, poço de visita, galerias, etc. Esses sistemas são responsáveis por drenar a água pluvial proveniente das bacias dos riachos Piabas, Bodoncongó e Prado. Apesar da cidade está coberta pelo sistema de drenagem urbana, é possível encontrar vários locais onde o projeto não funciona corretamente, provocando pontos isolados de alagamento (MACEDO et al., 2012).

Existem relatos, desde 1985, quanto a precariedade do sistema drenagem de Campina Grande, com focos de alagamentos na cidade. Esses alagamentos são constatados, principalmente, nas periferias do município, os quais vive a população de baixo poder aquisitivo, sendo essas pessoas, portanto, as que mais sofrem com a falta de planejamento de drenagem urbana (PMCG, 2014).

A bacia do riacho do Prado possui uma área de 37,15 km<sup>2</sup> e perímetro de 43,78 km. Essa bacia é composta de forma completa ou mesmo parcialmente por 22 bairros e engloba 9 sub-bacias (Figura 5), uma região densa demograficamente (HENRIQUES, 2014).

Um dos elementos de drenagem dessa bacia é o Canal do Prado. O canal tem início no centro de Campina Grande, no extravasor do açude Velho (7° 13' 35,8" Sul e 35° 52' 47,7" Oeste),

e término no bairro Jardim Paulistano, nas coordenadas 7° 14' 47,6" Sul e 35° 53' 22,1" Oeste (HENRIQUES, 2014).

O canal do Prado possui vasto percurso dentro do bairro Catolé cuja localização próxima ao centro da cidade faz com que este bairro tenha o seu espaço valorizado. Entretanto, esse bairro possui um grande antagonismo social, uma vez que reside nessa região pessoas das mais variadas classes. Dessa forma, o crescimento populacional desse bairro se deu de forma desordenada afim de atender as necessidades individuais conforme seus interesses.

Segundo a Prefeitura Municipal de Campina Grande (2014), atualmente o Catolé possui a sua urbanização próxima a 100%, com presença de alguns vazios urbanos que são terrenos que esperam uma maior valorização do bairro para serem vendidos a grandes empreendimentos, como lojas comerciais ou prédios residências. Conforme os anos foram se passando, desde da criação do bairro, observou-se uma crescente intensificação do processo de verticalização mais intensificado no ano 2000, que fez com que a área tenha atualmente um grande reduto de condomínios verticais.

No que se diz respeito a ocupação do solo do bairro do Catolé, é composta de casas residenciais, centros comerciais, complexos de prédios residências e comerciais. De acordo com o último censo 2010, o catolé possui uma população 20.233 habitantes, sendo 100% urbano, devido tanto ao crescimento horizontal quanto vertical, como também a presença de áreas predominantemente populares (IBGE, 2010).

O bairro possui uma estrutura demográfica formada em sua maioria pelo sexo feminino, tendo desse gênero uma quantidade de 11.123 habitantes e do gênero masculino 9.110 habitantes. Além disso, esse bairro é caracterizado com uma taxa de alfabetismo em de 83,9% (IBGE, 2010).

#### *4.1.2 Pontos de estudo do canal do Prado*

Os pontos de estudos foram escolhidos conforme a sua importância quanto a contribuição ao canal do Prado, a vazão presente no local e as áreas drenadas para eles. Foi utilizado exatamente os mesmo pontos de Henrique, 2014. Essa escolha se concentrou em observar as vazões e as áreas drenadas, conforme observado pela bacia hidrográfica (Figura 8).

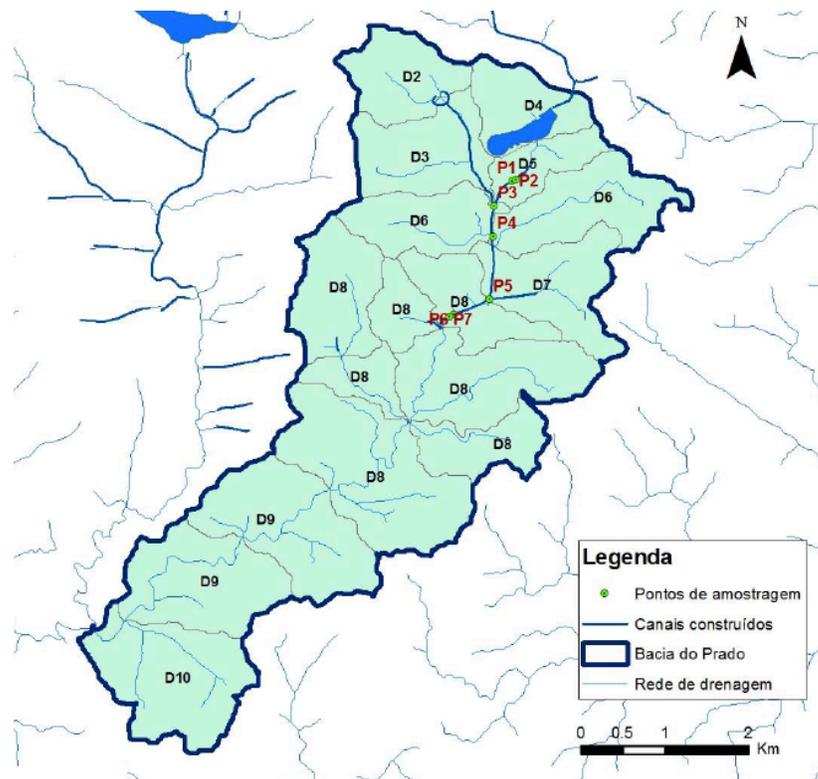
A tabela 3 a seguir, mostra com detalhes a localização dos pontos, bem como as sub-bacias dentro da bacia do Prado em que os pontos se encontram. Além disso, também mostra os bairros inseridos nos pontos.

Quadro 3 – Localização dos pontos

| PONTO | COORDENADA                             | SUB-BACIAS | LOCALIZAÇÃO                                     |
|-------|--|------------|---|
| 1     | 7° 13' 48,7" Sul e 35° 52' 51,6" Oeste | D4 e D5    | Centro e Catolé                                 |
| 2     | 7° 13' 48,5" Sul e 35° 52' 51,6" Oeste | D5         | Católé  |
| 3     | 7° 14' 0,6" Sul e 35° 53' 1,5" Oeste   | D2 e D3    | Bela Vista, Bairro da Prata, Bairro do São José |
| 4     | 7° 14' 10,2" Sul e 35° 53' 2,3" Oeste  | D6         | Católé  |
| 5     | 7° 14' 36,7" Sul e 35° 53' 3,4" Oeste  | D7         | Católé e Sandra Cavalcante                      |
| 6     | 7° 14' 41,8" Sul e 35° 53' 15,9" Oeste | D8         | Tambor e Liberdade                              |
| 7     | 7° 14' 42,3" Sul e 35° 53' 16,6" Oeste | D8         | Liberdade                                       |

Fonte: Manahan(2013)

Figura 7: Bacia do Prado com o Canal do Prado construído



Fonte: Henriques (2014)

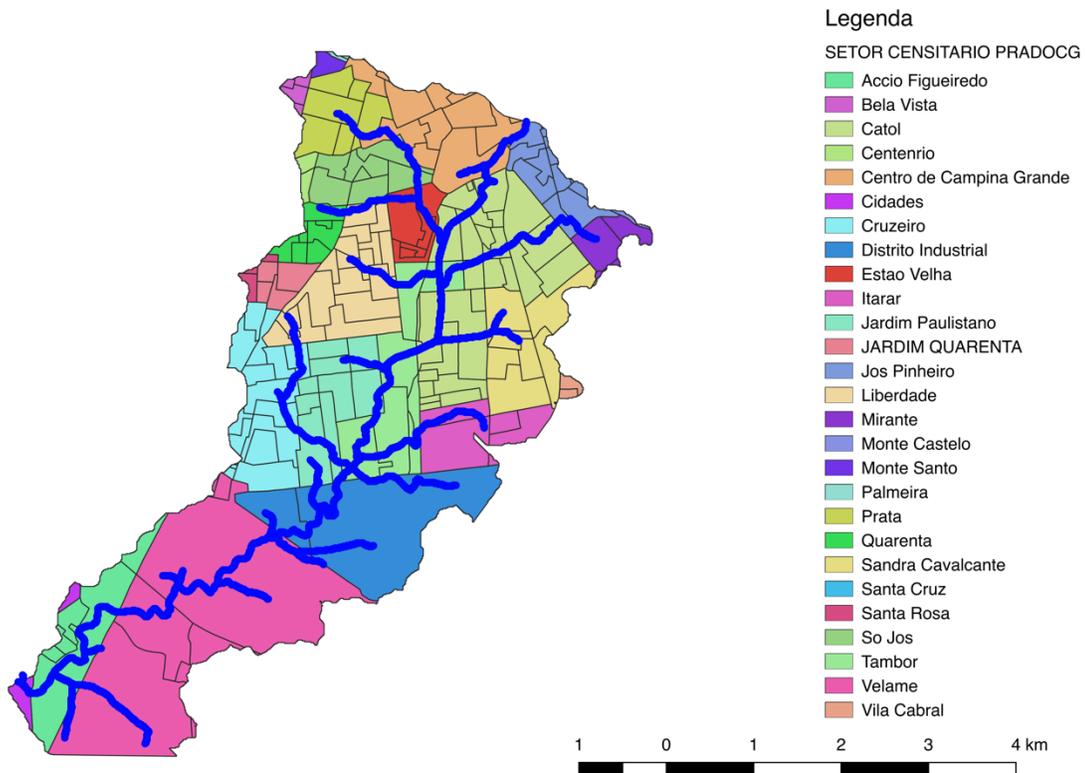
#### 4.1.3 Visita técnica ao canal do Prado

Foi efetuado o registro fotográfico sobre as condições de infraestrutura local do canal do Prado, principalmente os pontos citados no item anterior. Com o relatório visual do condicionamento foi possível inferir justificativas quanto aos resultados apresentados.

#### 4.2 ESTUDO DEMOGRÁFICO

Por meio do Censo demográfico de 2010 (Figura 9), realizou-se um estudo demográfico da população que contribui com carga de esgoto para os anos 2000 e 2020, com a intenção de analisar a vazão de esgoto produzido pela bacia ao longo de 20 anos.

Figura 8: Bacia do Prado e os bairros contribuintes



Fonte: A autora (2018)

Realizou-se o estudo através dos dados dos setores censitários elaborados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e que fornecem os dados populacionais que contribuem para cada ponto de amostra, obtendo-se com maior precisão o quantitativo populacional.

Considerou-se no presente estudo a divisão em setores censitários para o censo de 2010, uma vez que para os censos de 1990 e 2000 possui diferentes loteamentos.

Para determinar a população dos setores censitários da bacia do Prado no ano de 2000, utiliza-se o crescimento populacional da cidade de Campina Grande, entre os anos 2000 a 2010, afim de obter um valor aproximado da real situação de cada setor no ano de 2000. Essa estipulação é feita a partir do percentual do crescimento populacional da cidade do ano de 2000 para 2010. Com esse percentual, faz-se uma regressão da população presente nos setores censitários de 2010 e finalmente é obtido a população do setores censitários para o ano de 2000.

Essa regressão da população de cada setor para o ano de 2000, por meio da taxa de crescimento da cidade de Campina Grande, justifica-se por esses censos não se terem o mesmo setor censitário, em localização territorial e tamanho, para o ano de 2000 e 2010. A escolha de utilizar os setores de 2010 ocorreu devido a melhor partição do território nesse ano. Logo, se terá um estudo mais preciso quanto a contribuição da população para cada ponto de amostragem.

Para a realização desse estudo foram necessários alguns itens relacionados ao estudo demográfico:

- Levantamento dos setores censitários 2010 para cada ponto de estudo relacionado no item 4.1.2, referente a Bacia do prado. Se faz importante destacar que cada ponto está relacionado a uma parcela territorial da bacia do Prado.
- Por meio do programa QGis 2.18, será relacionado os setores censitários com cada ponto do Canal apresentado anteriormente.

Com o levantamento populacional dos setores censitários dos anos 2000 e 2010, o presente estudo obteve dados suficientes para aplicar os métodos matemáticos de estimativa populacional, ou seja, realizou-se previsões de população futura do ano de 2020, através de equações matemáticas, entre elas:

- Método aritmético que fornece um crescimento populacional por meio de uma taxa aritmética constante, ou seja, o número de habitantes de um ano para outro sofre o mesmo acréscimo.

- Método geométrico apresenta um crescimento populacional proporcional a população existente em um determinado ano. Portanto, esse método admite que o logaritmo da população cresce linearmente.
- Método mínimo quadrado, técnica de otimização matemática que ajusta os conjuntos de dados populacionais, tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados.

#### 4.3 CONTRIBUIÇÃO MEDIA ( $Q_T$ )

A contribuição total ( $Q_T$ ) é constituída pelos elementos citados anteriormente e arranjados como segue na Equação 2 a seguir:

$$Q_T = Q_D + Q_C + Q_I \quad (2)$$

onde:

$Q_T$  = vazão média total (l/s);

$Q_D$  = vazão de contribuição média doméstica (l/s);

$Q_C$  = vazão de contribuições concentradas (l/s);

$Q_I$  = vazão de águas de infiltrações (l/s);

Para o cálculo da vazão que chega nos pontos, utilizou-se a população estimada na Tabela 4, bem como o coeficiente de retorno 0,81 e contribuição per capita 100L/dia,. Além disso, considerou-se 0,57 l/s.km de taxa de contribuição da infiltração ao longo da extensão do canal. Todos esses parâmetros irão ser explanados nos tópicos a seguir

Vale salientar que conforme a Equação 2, teriam que ser considerado as vazões concentradas do bairro em que o canal está inserido. Entretanto, esse valor foi desprezado uma vez que a maioria do solo envolto do canal é ocupado por residências.

Além disso, para se ter uma real vazão de esgoto sanitário, seria necessário saber toda a vazão do esgoto sanitário coletado pela rede de esgoto presente na região para diminuir dessa vazão estimada nesse presente trabalho. Entretanto, não foi possível obter esse dado por órgãos responsáveis. Logo, o resultado aqui obtido é apenas uma estimativa.

##### 4.3.1 COEFICIENTE DE RETORNO (C)

O Coeficiente de retorno  $C$  é dado pela relação entre o volume de esgoto coletado e o volume de água consumido num sistema de abastecimento de água seguido de um sistema de esgotamento sanitário.

De fato, nem toda água fornecida pela rede de abastecimento de uma cidade retorna inteiramente em vazão de esgoto. Por exemplo, águas reutilizadas em jardins, lavagens de áreas externas, lavagens de automóveis, etc. Torna-se importante considerar que muitos locais possuem sistemas de reuso de água de chuva, o que faz aumentar a vazão final de esgoto.

Portanto, apesar da lógica imediata do consumo de água fornecida pela rede de abastecimento ser igual a vazão de água de esgoto, esses fatores podem causar desequilíbrio na conformidade. Logo, essa razão de recolhimento de esgoto e consumo de água geralmente varia entre 0,60 a 1,30. No Brasil é usual a adoção de valores na faixa de 0,75 a 0,85, caso não haja informações claras que indiquem um outro valor para “ $C$ ” (MEDEIROS FILHO, 2000).

Segundo Almeida (2017), o coeficiente de retorno médio encontrado na região de Campina Grande é em torno de 0,81, valor na faixa de coeficiente de retorno adotado nos projetos no Brasil.

#### 4.3.2 CONTRIBUIÇÃO “*PER CAPITA*” MÉDIA ( $C.Q$ )

A contribuição “per capita” é relativa à vazão média individual e específica que cada habitante produz e lança na rede de esgoto da cidade. Esse valor de vazão possui uma variação relativamente alta devido a alguns fatores, como a mudança de hábito de uma população, a natureza da ocupação da área e as mudanças econômicas na cidade, ou seja, a contribuição pode mudar na mesma cidade ao longo do tempo, conforme for modificando o poder aquisitivo da população, implantação de indústrias, comércios, mudanças de hábitos, etc.

No Brasil, usualmente, adotam-se per capita médios diários de consumo de água da ordem de 150 a 200 l/hab.dia para cidades de até 10000 hab e per capita maiores para cidades com populações superiores. As normas brasileiras permitem o dimensionamento com um mínimo de 100 l/hab.dia, devidamente justificado, e o mesmo valor para indicar o consumo médio para populações flutuantes.

Em áreas onde a população tem renda média muito pequena e os recursos hídricos são limitados, como por exemplo em pequenas localidades do interior nordestino, este per capita pode atingir valores inferiores a 100 l/hab.dia. Em situações contrárias e onde o sistema de abastecimento

de água garante quantidade e qualidade de água potável continuamente, este coeficiente pode ultrapassar os 500 l/hab.dia (MEDEIROS FILHO, 2000).

#### 4.3.3 CONTRIBUIÇÃO MÉDIA DOMÉSTICA ( $Q_{DOM}$ )

Por meio da Equação 1, definiu-se a contribuição média doméstica via produto da população ( $P$ ) de contribuição e o *per capita* diário de contribuição.

$$Q_{dom} = c * q * P \quad (1)$$

$Q_{dom}$  = vazão de contribuição média diária doméstica (l/s);

$c$  = coeficiente de retorno

$q$  = consumo de água por habitante (l/hab.dia);

$P$  = número da população contribuinte;

#### 4.3.4 ÁGUAS DE INFILTRAÇÃO ( $Q_I$ )

Uma parcela das águas que escoam pelos condutos, inevitavelmente, sofre infiltração. Isso se dá devido a alguns vícios de construção como juntas mal executadas, fissuraras ou rupturas das tubulações, nas paredes das edificações, etc. A maior incidência de infiltração se observa em residência, onde não depende dos órgãos públicos para a instalação da rede de esgoto doméstica (MEDEIROS FILHO, 2000).

Ainda segundo Medeiros Filho (2000), na determinação da infiltração deve-se considerar também a confiabilidade das canalizações de água próximas às de esgotos, pois a frequência de vazamentos naquelas implica na possibilidade de saturação no subsolo em volta podendo, deste modo, contribuir para o aumento da infiltração. Na impossibilidade de dados ou argumentos mais precisos pode-se trabalhar com a sugestão da NBR 9649/86 – Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1986) que recomenda a adoção de uma taxa de contribuição de infiltração - TI, de 0,5 a 1,0 l/s.km.

#### 4.3.5 CONTRIBUIÇÕES CONCENTRADAS ( $Q_C$ )

Essa contribuição compreende todas aquelas que não podem ser consideradas como ligações normais ao longo da rede, devido a sua alta vazão que pode alterar sensivelmente as

condições de escoamento para jusante. Entre os tipos de contribuição concentrada cabe destacar as que podem ter origem em estações rodoviárias, grandes edificações residenciais e/ou comerciais, lavanderias públicas, centros comerciais, grandes hospitais, clubes com piscinas, entre outros e, principalmente, de estabelecimentos industriais que usam água no processo de produção como, por exemplo, uma indústria de bebidas.

#### 4.4 VOLUME FINAL ACUMULADO ( $V_F$ )

Por fim, para o  $V_f$  considerou-se a Equação 3 a seguir.

$$V_f = Q_t * T \quad (3)$$

onde:

$V_f$  = Volume final acumulado de um ano( $m^3$ );

$Q_t$  = vazão média total diária( $m^3/s$ );

$T$  = Tempo relativo a um ano(s);

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ATUAL CONSERVAÇÃO DO CANAL DO PRADO E PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

Ao longo da extensão do Canal do Prado é possível encontrar trechos em bom estado de conservação, entretanto, em outros locais, é possível observar pontos de depreciação da estrutura, acúmulo de entulho e ligações clandestinas de esgotos. Esses pontos são importantes destacar afim de justificar os resultados dos estudos da qualidade da água que passa por esse canal.

A seguir são apresentadas imagens reais da atual situação do Canal do Prado, por meio das Figuras 10 a 16, referentes a cada ponto de estudo especificado na metodologia. Essas fotos foram realizadas na data de 20 de agosto de 2018.

- Ponto P1 (7° 13' 48,7" Sul e 35° 52' 51,6" Oeste)

Figura 10 a seguir, se localiza próximo ao Parque da Criança, antes da rotatória de entrada ao bairro do Catolé.

Figura 9: Condições atuais do Ponto 1.



Fonte: A autora (2018)

- Ponto P2 (7° 13' 48,5" Sul e 35° 52' 51,6" Oeste) (Figura 11).

Figura 11 a seguir, se localiza logo após da rotatória de entrada ao bairro do Catolé.

Figura 10: Condições atuais do Ponto 2.



Fonte: A autora (2018)

- Ponto P3 ( $7^{\circ} 14' 0,6''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 1,5''$  Oeste) (Figura 12).  
Figura 12 a seguir, se localiza próximo a Igreja Ação Evangélica

Figura 11: Condições atuais do Ponto 3.



Fonte: A autora (2018)

- Ponto P4 ( $7^{\circ} 14' 10,2''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 2,3''$  Oeste) (Figura 13).  
Figura 13 a seguir, se localiza próximo ao Instituto dos Cegos e ao prédio do Sebrae Paraíba

Figura 12: Condições atuais do Ponto 4.



Fonte: A autora (2018)

- Ponto P5 ( $7^{\circ} 14' 36,7''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 3,4''$  Oeste) (Figura 14).  
Figura 14 a seguir, se localiza próximo a Madeireira Marabá

Figura 13: Condições atuais do Ponto 5.



Fonte: A autora (2018)

- Ponto P6 ( $7^{\circ} 14' 41,8''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 15,9''$  Oeste) (Figura 15).  
Figura 15 a seguir, se localiza próximo a CGB Brasil Gás

Figura 14: Condições atuais do Ponto 6.



Fonte: A autora (2018)

- Ponto P7 (7° 14' 42,3" Sul e 35° 53' 16,6" Oeste) (Figura 16).

Figura 16 a seguir, se localiza próximo a Valdir Variedades

Figura 15: Condições atuais do Ponto 7.



Fonte: A autora (2018)

Conforme sequência das figuras anteriores, todos os pontos possuem padrões que se repetem ao longo do trecho. Primeiramente, é possível observar que o canal possui algumas deteriorações nas paredes verticais. Alguns pontos específicos, apresentam fissuras, como mostrado na Figura 11, o que pode aumentar a infiltração local. Essa infiltração é danosa ao solo, uma vez que irá contaminá-lo com toda carga de esgoto que possui no efluente do canal. Além disso, outros locais possuem uma abrasão no concreto, na qual futuramente pode fazer com que o efluente entre em contato com as armaduras das estruturas.

Um outro padrão encontrado são as inúmeras ligações ilegais de esgoto ao longo do Canal do Prado, como mostrado na Figura 15. A ligação por meio de cano foi fato constatado na maioria das imagens registradas. Desses canos saem resíduo com fluxos intermitente de coloração amarronzada e odor característico de esgoto sanitário. Vale salientar que, anteriormente a data de registro desse relatório de imagens, não se teve registro de precipitação pluviométrica, o que comprova que esse efluente não se trata de água proveniente de chuva.

Ademais, como ilustrado nas Figuras 10 e Figura 15, o canal possui vários pontos em que resíduos sólidos ficam acumulados na parte interna de sua estrutura. Esses resíduos são

provenientes das casas que ficam em torno do canal, uma vez que a população local faz uso do canal como depósito de lixo.

Por último, se constata na Figura 10, a presença de areia e restos de folhas e galhos de árvore. Isso se dá em períodos de chuva intensa, onde a água arrasta todo esse material para dentro do canal de drenagem. Apesar dessa rotina ser esperada por quem dimensionou o canal, observa-se que a manutenção para retirada do material deve ser contínua.

## 5.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

### 5.2.1 Setores Censitários

Para a obtenção da vazão dos pontos de amostragem é necessário, primeiramente, um estudo populacional que contribua para cada ponto individualmente. Por isso foi analisado a geografia da Bacia do Prado afim de ter, o mais aproximado possível, as contribuições contidas nos setores censitários para os pontos de amostragem, explanado no ponto 4.1.2 (Henriques, 2014), como mostrado nas Figuras 17 a 23.

- **Ponto 1**

Figura 16: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 1



Fonte: A autora (2018)

- **Ponto 2**

Figura 17: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 2



Fonte: A autora (2018)

- **Ponto 3**

Figura 18: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 3



Fonte: A autora (2018)

- **Ponto 4**

Figura 19: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 4



Fonte: A autora (2018)

- **Ponto 5**

Figura 20: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 5



Fonte: A autora (2018)

- **Ponto 6**

Figura 21: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 6



Fonte: A autora (2018)

- **Ponto 7**

Figura 22: Áreas dos setores censitários contribuintes do Ponto 1



Fonte: A autora (2018)

As divisões apresentadas nos mapas, anteriormente, mostram os trechos do canal ou riacho do Prado que contribuem para uma dada área territorial. Além disso, a divisão obedece às condições geográficas da bacia do riacho do prado, compreendendo todo o território da bacia. Diferente do que aconteceu no resultado do censo de 2000, onde um único setor censitário já compreende toda a bacia do Prado.

Portanto, com essas imagens apresentadas foi possível inferir que os Pontos 3 e 5 recebem uma contribuição de uma maior extensão territorial que, por sua vez, irá contribuir para a vazão de esgoto sanitário. Entretanto, isso não significa que terão as maiores vazões, pois isso depende da quantidade de pessoas que moram nessas áreas. Na Quadro 3 a seguir, mostra a contribuição populacional de cada bairro no ano de 2010.

**Quadro 3** – População de 2010 contribuinte por bairro

| <b>BAIRRO</b>            | <b>POPULAÇÃO_2010</b> |
|--------------------------|-----------------------|
| Centro de Campina Grande | 6016                  |
| José Pinheiro            | 10936                 |
| Catolé                   | 12683                 |
| São José                 | 3950                  |
| Prata                    | 3573                  |
| Palmeira                 | 939                   |
| Estação Velha            | 4145                  |
| Liberdade                | 11821                 |
| Quarenta                 | 4259                  |
| Centenário               | 1895                  |
| Bela Vista               | 3630                  |
| Monte Santo              | 880                   |
| Tambor                   | 3879                  |
| Monte Castelo            | 485                   |
| Sandra Cavalcante        | 5157                  |
| Mirante                  | 885                   |
| Vila Cabral              | 1254                  |
| Itararé                  | 1708                  |
| Distrito Industrial      | 500                   |
| Presidente Médici        | 1315                  |
| Santa Cruz               | 2948                  |
| Pedregal                 | 1255                  |
| Jardim Tavares           | 993                   |
| Jardim Paulistano        | 1090                  |

Fonte: A autora (2018)

### 5.2.2 Estimativa Populacional

A Tabela 3 a seguir, mostra o crescimento populacional do ano de 2000 para 2010 e com base nestes dados foi possível inferir que houve um aumento de 0,81% no crescimento populacional na área em estudo, diferente do crescimento da população urbana de Campina Grande, que foi em torno de 0,88%.

Tabela 2: População Campinense durante os anos de 1991, 2000 e 2010

| Ano         | População Total (hab) | Taxa de Cresc. da Pop. Total (% a.a) | População Urbana (hab) | População Urbana (%) | Taxa de Cresc. da Pop. Urbana (% a.a) |
|-------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| <b>1991</b> | 326.307               | NÃO CONSTA                           | 307.468                | 94.23%               | NÃO CONSTA                            |
| <b>2000</b> | 355.331               | 0.95%                                | 336.530                | 94.71%               | 1.01%                                 |
| <b>2010</b> | 385.213               | 0.81%                                | 367.209                | 95.33%               | 0.88%                                 |

Fonte: A autora (2018)

Como apresentado na tabela 3, a população situada no municípios de Campina Grande, dos anos de 1991 à 2010, a cidade teve um grande aumento na quantidade de habitantes. Esse crescimento se dá pelo desenvolvimento econômico e social que a cidade adquiriu ao longo desses anos. Entretanto, é possível observar que a taxa de crescimento populacional diminuiu em 0,13% do ano de 2000 para 2010. Essa característica pode ser devido a diminuição de natalidade ou até a migração da população para a capital do estado e para outros estados a procura de emprego.

A Tabela 4, a seguir, apresenta os dados populacionais dos anos de 2000, 2010 e 2020 para cada ponto, conforme os setores censitários divididos nas Figuras 17 à 22 anteriormente expostas.

Tabela 3: População Contribuinte para os pontos nos anos 2000, 2010 e 2020

| PONTO | POP. 2000 | POP. 2010 | POP.2020 |
|-------|-----------|-----------|----------|
| 1     | 12062     | 13226     | 14502    |
| 2     | 743       | 815       | 894      |
| 3     | 23328     | 25579     | 28047    |
| 4     | 11427     | 12530     | 13739    |
| 5     | 23719     | 26008     | 28518    |
| 6     | 2515      | 2758      | 3024     |
| 7     | 4057      | 4448      | 4877     |

Fonte: A autora (2018)

Quanto ao método utilizado para estimar a população de 2020, analisou-se os valores obtidos pelos métodos geométrico, extrapolação gráfica e o método dos quadrados mínimos. Observado como estava se dando o desenvolvimento da cidade por um todo, não só populacional, mas, também, político e econômico da cidade e das regiões circunvizinhas. Foi possível inferir que a região encontra-se avançando economicamente e está tendo um aumento de construções residenciais.

Eliminou-se o resultado pelo método aritmético já que o período de tempo é ao longo de 20 anos, o que não é recomendado para esse cálculo, pois acarreta num erro elevado. Já o método geométrico considera um crescimento constante com a mesma taxa percentual, o que vem ocorrendo na população de Campina Grande ao longo dos anos.

O método dos mínimos quadrados (linear, exponencial, potencial e logaritmo), mostra alguns resultados que não se enquadram ao crescimento populacional da cidade, pois para o longo período de tempo escolhido (20 anos), ele apresenta valores muito além de um censo lógico esperado.

O método escolhido foi o geométrico, que permitiu o cálculo das vazões para os anos de 2000, 2010 e 2020. Esse método mostra valores lógicos dentro do esperado para o crescimento populacional da cidade de Campina Grande. Portanto, dos três métodos, o que mais se encaixou com a realidade.

### 5.2.3 Estimativa da Vazão

As vazões de esgoto sanitário apresentadas (Tabela 5) são relativas ao que entra em cada ponto do canal. Ou seja, a vazão imediata antes de entrar no canal, proveniente de galerias com despejo ilegal. Com esses dados é possível determinar a estimativa da vazão de entrada em cada ponto do canal.

Tabela 4: Tabela de esgoto para os pontos nos anos de 2000, 2010 e 2020

| PONTO | QT ( L/s) (2000) | QT ( L/s) (2010) | QT ( L/s) (2020) |
|-------|------------------|------------------|------------------|
| 1     | 10.29            | 11.38            | 12.58            |
| 2     | 0.62             | 0.69             | 0.77             |
| 3     | 19.56            | 21.68            | 24.00            |
| 4     | 9,57             | 10.60            | 11.74            |
| 5     | 19.98            | 22.13            | 24.49            |
| 6     | 2.00             | 2.23             | 2.48             |
| 7     | 3.74             | 4.10             | 4.51             |

Fonte: A autora (2018)

Pode-se inferir que os Pontos 3 e 5 possuem as maiores vazões. Isso é devido o Ponto 3 compreender os bairros Bairro da Bela Vista, Bairro da Prata, Bairro do São José e o Ponto 5 os bairros Catolé e Sandra Cavalcante. Além desses bairros possuir grande extensão territorial, ele são caracterizados por serem bairros domiciliares com grande densidade demográfica.

Tomando a estimativa para o ano de 2020, como exemplo, a vazão do Ponto 5 é de 24,49 l/s e do Ponto 3 é de 24 l/s. Esses dois pontos são, disparadamente, maiores valores que os outros Pontos. Portanto, esses dois pontos críticos poderiam receber prévio tratamento químico antes de seguir o percurso do riacho ou canal. Essa medida diminuiria bastante a carga poluidora total que passa pelo canal, sem ter um gasto exacerbado, como teria se tivesse que fazer com a vazão total média.

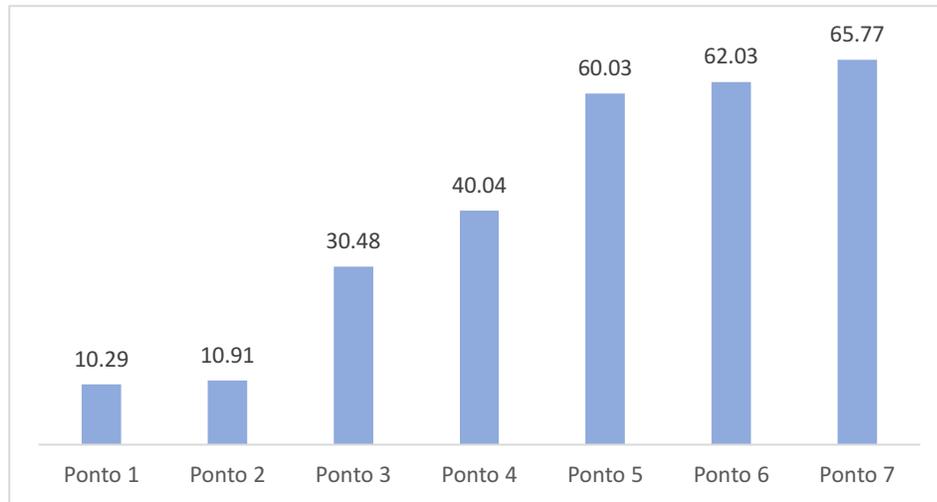
### 5.1 ESTIMATIA DA VAZÃO DE ESGOTO SANITÁRIO GERADO

Nas Figuras 24 e 26, apresentadas as vazões acumuladas para os anos de 2000, 2010 e 2020, respectivamente. Esse gráficos mostram o valor acumulativo das vazões de esgoto ao longo do canal. Ou seja, o valor de vazão de entrada naquele ponto adicionado as vazões dos pontos anteriores.

Como é possível observar, a vazão total de esgoto que passa pelos pontos, indicada na Figura 24, possui os valores relatados em 2000. O último ponto coletado, ponto 7, com um total de 65,77

l/s acumulados. Pelo ano de 2000 possuir o menor contingente populacional, essas são as menores vazões ao longo de 20 anos.

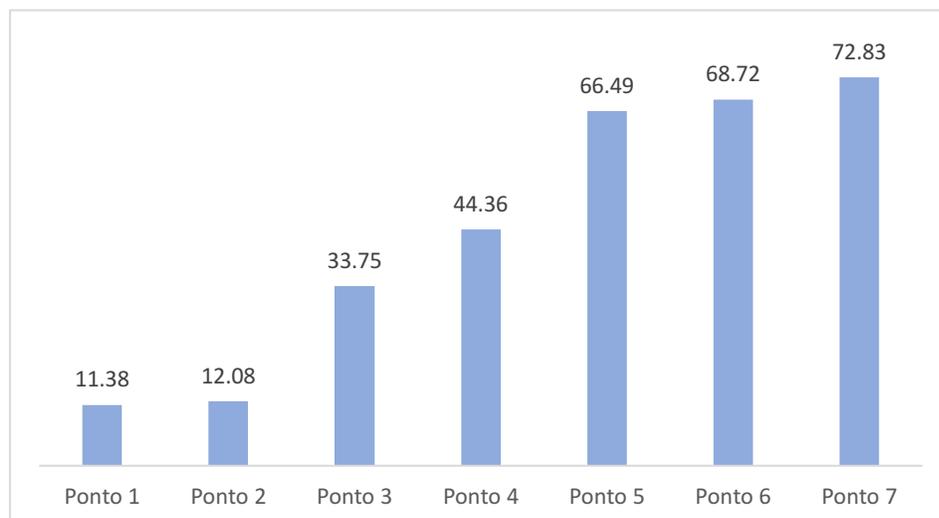
Figura 23: Vazão em L/s de esgoto acumulado em cada ponto para o ano de 2000



Fonte: A autora (2018)

Na Figura 25, a vazão total de esgoto que passa pelos pontos possui os valores relatados para 2010. Com um total de 72,83 l/s acumulados no último ponto coletado do canal do Prado (Ponto 7). Se comparado a vazão média no último (Ponto 7), de 2000 à 2010, houve um aumento de 9,7%. Portanto, com o aumento da população, ao longo de 10 anos, houve um aumento de 7,06 l/s.

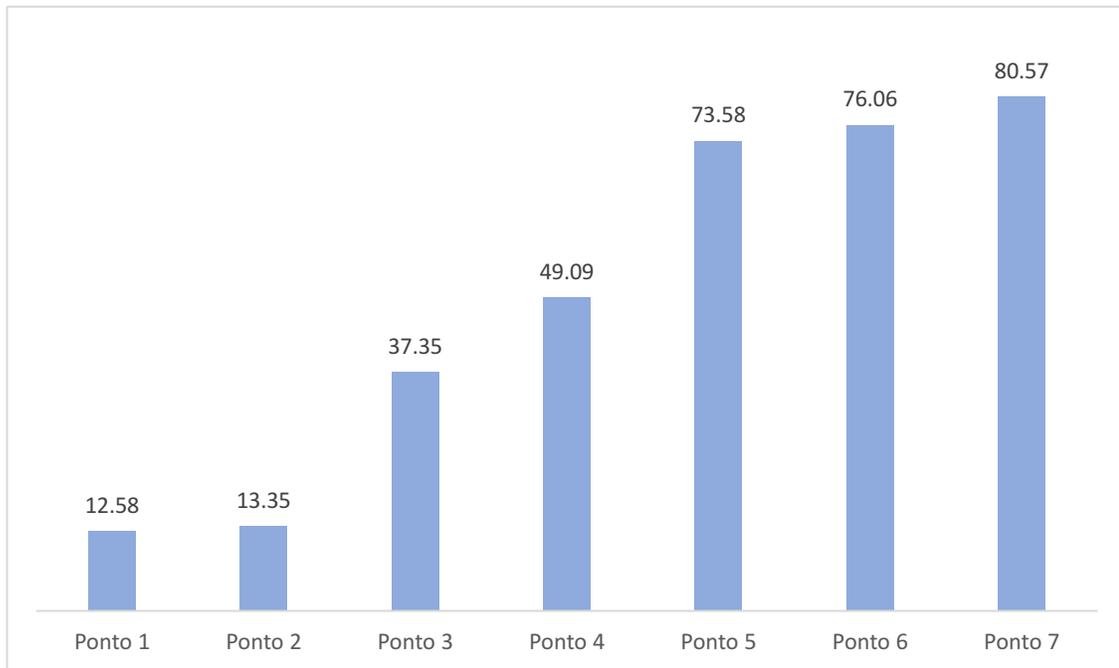
Figura 24: Vazão em L/s de esgoto acumulado em cada ponto para o ano de 2010



Fonte: A autora (2018)

Na Figura 26 é possível observar a vazão total de esgoto que passará pelos pontos em 2020. Com um total de 80,57 L/s acumulado no último ponto coletado do canal do Prado (Ponto 7). Se comparado esse último ponto coletado do canal, entre os anos de 2010 e 2020, houve um aumento de 9,6 % ao longo de 10 anos. Portanto, ao longo de 20 anos, houve uma taxa de crescimento de 18%.

Figura 25: Vazão em L/s de esgoto acumulada em cada ponto para o ano de 2020



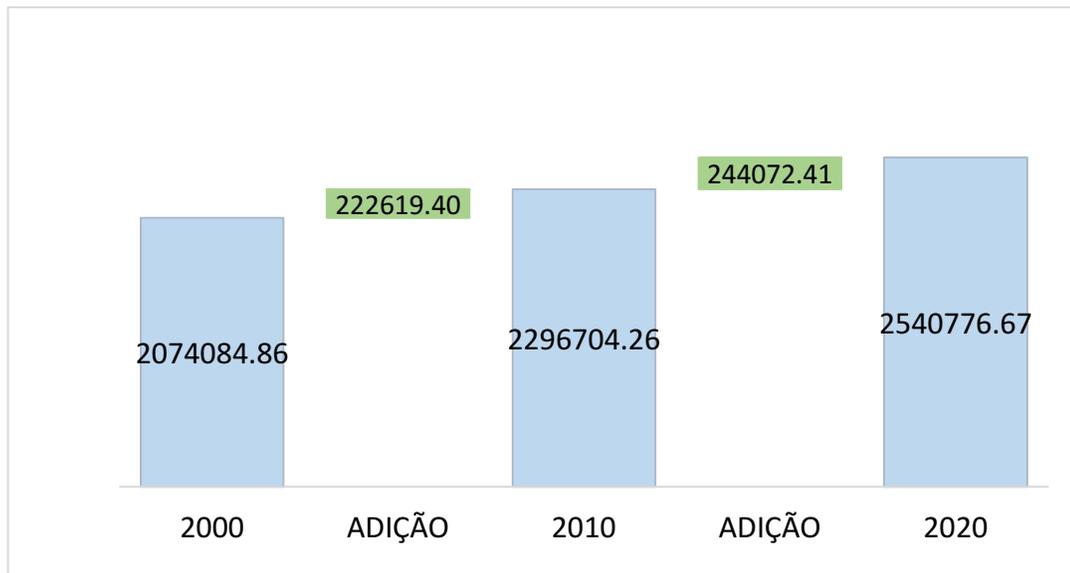
Fonte: A autora (2018)

Vale salientar que está sendo considerado que o esgoto de toda a região da bacia do Prado está sendo despejado no canal do Prado. Entretanto, não temos a real porcentagem de quanto esgoto é coletado pelo sistema de esgoto sanitário nessa região. Uma vez que esse canal teve sua construção executada nos anos 90, existe um consenso que as conexões ilegais de esgoto foram executadas mais facilmente. Isso se dava devido a falta de preocupação com a destinação de esgoto sanitário na época.

## 5.2 ESTIMATIVA DO VOLUME MÉDIO ANUAL ACUMULADO PELAS VAZÕES MÉDIA DE 2000, 2010 E 2020

Após a vazão em cada ponto, realizou-se um estudo referente ao volume final que passa pelo canal durante o período de um ano (Figura 27).

Figura 26: Volume Total de esgoto acumulado em m<sup>3</sup> ao longo de 1 ano



Fonte: A autora (2018)

O gráfico da Figura 27, o volume acumulado de esgoto para a vazão obtida em cada ano. Como é possível observar, no ano de 2000, obteve-se um acúmulo de 2.074.084,86 m<sup>3</sup>. Com o aumento populacional do ano 2000 para 2010, é observado uma adição de 222.619,40 m<sup>3</sup>. Dessa forma, finalizando o volume total de 2010 com o acúmulo de 2.296.704,26 m<sup>3</sup>. Além disso, com o aumento populacional previsto de 2010 para 2020, é possível que possua uma adição de 244072,41 m<sup>3</sup>. Portanto, o acúmulo final previsto para 2020 é de 2.540776,67 m<sup>3</sup>, com um aumento de 18% ao longo de 20 anos.

Tal situação é preocupante pois esse resíduo continua o percurso natural do riacho do Prado quando termina o canal, contaminando todo o solo daquela região, além de poluir os possíveis lençóis freáticos que contêm no subsolo. Após seguir o percurso dos rios, esse efluente irá em direção a cidade de Riachão de Bacamarte. Este local é usado muitas vezes pela população local para irrigação, logo, um local de muito contato com a saúde humana.

Para tal problemática, exige-se imediata necessidade de prevenção e remediação. Isso pode vir através de uma simples ação, como a sensibilização local ao longo de toda a Bacia do Prado, mostrando os benefícios que a população vai receber ao regularizar o seu sistema de esgoto. Como também, ações diretas dos órgãos públicos quanto a fiscalização de irregularidades e aplicação das multas óbices, para isso será necessário abrir um cargo de agente fiscalizador do município.

## 6 CONCLUSÃO

Foi possível detectar que o canal está sendo utilizado para transporte de esgoto sanitário, prejudicando as condições físicas do canal, como também, a qualidade de vida das pessoas que moram a sua volta e comprometendo as condições ambientais locais.

A estimativa de vazão para o ano de 2020 no canal do Prado de toda a população é 80,57 l/s, mas segundo o trata Brasil é de 4,83 l/s. Pode-se inferir, portanto, que de alguma forma, os 94% de indicador de atendimento total de esgoto, referido pelo órgão, não estão em concordância total com a realidade proferida.

Além disso, relata-se que houve um aumento de 18% na vazão média anual de esgoto sanitário jogado no canal do Prado ao longo de 20 anos. Esse percentual é expressivo se levar em conta o prejuízo causado ao ecossistema que será inserido ao chegar no leito natural do riacho do Prado..

Por fim, uma solução pertinente para esse caso seria a impermeabilização do percurso natural do riacho de Prado e instalação de uma estação de tratamento de esgoto no manancial. Esse tipo de investimento já é previsto, como mostrado em ANA (2011), ficando por conta das autoridades um estudo do projeto de implementação.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Brasil precisa investir R\$ 22 bilhões para garantir abastecimento de água.** Disponível em: [http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=9209](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=9209). Acessado em: 3 set. 2018.

ALMEIDA, Simão Araújo Barbosa de. **Contribuição à aplicação de coeficientes de consumo em projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário em comunidades urbanas de baixa renda do nordeste brasileiro** - Estudo de caso. 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro, 1986.

ANA. **ATLAS ESGOTO. Despoluição de Bacias Hidrográficas.** Disponível em: < <http://atlasesgotos.ana.gov.br>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

AYACH, Lucy Ribeiro; GUIMARÃES, Solange Therezinha de Lima. Saúde saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos. **Caderno de Geografia**, v.22, n.37, p. 47-64, 2012.

BRAGA, Elisabete de Santis Braga; BONETTI, Carla Van Der Haagen; BURONE, Letícia; BONETTI-FILHO, Jarbas. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System – Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 2, p. 165-173, 2000.

CAMARA, Epaminondas; SOARES, Antônio. Prefeitura Municipal/Secretaria de Educação/Núcleo Cultural Português. **Os alicerces de Campina Grande**: Esboço Histórico-Social do Povoado e da Vila (1697 a 1864). Campina Grande: Caravela, 1999. p. 124.

CASTRO, Andréa Souza. **Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano.** 2011. 161 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CHAGAS, Welington Ferreira. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da Ilha do Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro.** 2000. 102 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2000.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA. **Relatório do sistema de esgotamento de Campina Grande.** João Pessoa-PB, 2014.

DAHI, Eli. **Water Supply in Developing Countries: Problems and Solutions.** Lyngby: Eds. Technical, University of Denmark, 1992.

DIERSING, Nancy. **Water Quality: Frequently Asked Questions**. Florida Brooks National Marine Sanctuary. 2013. isponível em: <<http://floridakeys.noaa.gov/scisummaries/wqfaq.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

EPA. **Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge**. ENVIRONMENTAL REGULATIONS AND TECHNOLOGY, 2003. Disponível em <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/epa-625-r-92-013.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

FENDRICH, Roberto. Erosão Urbana. In: **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Champagnot, 1997.

FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários**. João Pessoa: Ed. Univ./UFPB, 1997.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira. **Crescimento da população brasileira**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/o-crescimento-da-populacao-brasileira.htm>>. Acesso em 28 nov. 2017.

FORTES, P. A. C.; RIBEIRO, H. Saúde Global em Tempos de Globalização. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 366-375, 2014.

HENRIQUES, Juscelino Alves. **Distribuição da Contaminação Fecal em águas de Drenagem Afluentes do Canal do Prado**. 2014. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010: Nupcialidade, Fecundidade e Migração**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

\_\_\_\_\_. **Perfil dos municípios brasileiros 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/496bb4fbf305cca806aaa167aa4f6dc8.pdf](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/496bb4fbf305cca806aaa167aa4f6dc8.pdf)>. Acesso em: 7 set. 2018.

\_\_\_\_\_. **Atlas de saneamento 2012**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm)>. Acesso em: 28 nov. 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento 2010**. 2012 Disponível em: <<http://tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/pdfs/relatorio-ranking.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

\_\_\_\_\_. **Ranking do saneamento 2018**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2018/realatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 03 out. de 2018.

\_\_\_\_\_. **Ranking do saneamento com avaliação dos serviços nas 81 maiores cidades do País.** 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/ranking-do-saneamento>>. Acesso em: 14 de fev. 2018.

JOHNSON, Davisha. **Meanings of Environmental Terms.** Environmental Issues, v. 26, 2007.

JUSTINO, Eliane Aparecida. **Estudo do controle do escoamento superficial com o uso de reservatório de retenção na bacia do Córrego Lagoinha, município de Uberlândia-MG.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

MACEDO, Maria José Herculano; GUEDES, Roni Valter de Souza; SOUSA, Francisco de Assis Salviano. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, p. 105-117, 2012.

\_\_\_\_\_. Lei 11.445 de 5 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 12 nov 2018.

DAVIS, Mackenzie. **Water and wastewater engineering: Design principles and practice.** New York: Ed. McGraw-Hill Companies, 2010.

MACEDO, Herculano.; GUEDES, Valter; SOUSA, Francisco. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol 8, p 105-117, 2011.

MANAHAN, Stanley. **Química Ambiental.** Porto Alegre: Ed. Bookman, 9. ed., 2013.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha.; OLIVEIRA, Nayhara de Lima; CARDOSO, Murilo Raphael Dias; TSCHIEDEL Arthur da Fontoura. **Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Paraíba.** XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa-PB, 2012.

MELO, Mário Lacerda. **Paisagens do Nordeste em Pernambuco e Paraíba.** XVIII Congresso Internacional de Geografia. Rio de Janeiro: Ed. Conselho Nacional de Geografia, 1958, p. 325.

METCALF, Laurie.; EDDY, Hamel. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.** New York: Ed. McGraw-Hill, 4. ed., 2003.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev Saúde Pública**, v. 36, n 3, p.370–374, 2002.

NORMAS TÉCNICAS SABESP - NTS181. **Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro** - Primeira Ligação. 2012. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/Josepedroecunha/nts181-dimensionamento-de-ramal-predial-de-gua>> Acessado em: 25 out. 2018.

OLIVEIRA, Aline da Silva. **Tratamento de esgoto pelo Sistema de lodo ativado no município de Ribeirão Preto, SP**. 2006. 162 p. Dissertação (Mestrado Enfermagem em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

OLIVEIRA, Júlio César Melo de. **Campina Grande: a cidade se consolida no século XX**. Monografia (Graduação em Geografia). 2007. 41 p. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Departamento de Geociências. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Diminuindo diferenças: a prática das políticas sobre determinantes sociais da saúde: documento de discussão**. Rio de Janeiro: OMS, 2011. Disponível em:< [http://www.who.int/sdhconference/discussion\\_paper/Discussion\\_Paper\\_PT.pdf](http://www.who.int/sdhconference/discussion_paper/Discussion_Paper_PT.pdf)> Acesso em: 19 mar. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE-PMCG. Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Campina Grande-PB**. Campina Grande-PB, 2014.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; PHILIPPI JR. Arlindo; BRUNA, Gilda Collet. **Panorama ambiental da metrópole de São Paulo**. São Paulo: Signus, 2004. p. 77-87.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO-CETESB. Ciência e Tecnologia à Serviço do Meio Ambiente. **Tecnologias para tratamento de esgotos sanitários**. 1988. Disponível em: <<http://www.flipper.ind.br/32%20%20TECNOLOGIAS%20%20PARA%20%20TRATAMETNO%20DE%20ESGOTO.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2017.

SCHUELER, Thomas. **Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMP**. Washington: Metropolitan Washington Council of Governments, 1987.

SOUSA, Márcio. **Sistema de drenagem. Portal Aquafluxus**. 2011. Disponível em: <<http://aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2012/02/sistema-unitario.jpg>> Acesso em: 22 jan. 2018.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.1, p. 61-68, 2000.

VON SPERLING. **Lodo de esgotos: características e produção**. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2005.

\_\_\_\_\_. Água no mundo urbano. In: REBOUÇA, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (org.) **Águas doces no Brasil**. Capital ecológico, uso e conservação. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editora. 2002a.

\_\_\_\_\_. Gerenciamento da drenagem urbana. Instituto de pesquisas hidráulicas. **Revista Brasileira de recursos hídricos**, v.7, n.1, p.5-27, 2002b.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MARQUES, David da Mota (Org). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/URFGS, 2001.