

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO MELQUISEDEK MAIA BARCELO**

**YAGO FERREIRA DA PAIXÃO ALVES**

**ESTUDO DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO CAPIVARI PARA A  
BACIA DO PIANCÓ**

**ANÁPOLIS / GO**

**2019**

**BRUNO MELQUISEDEK MAIA BARCELO**

**YAGO FERREIRA DA PAIXÃO ALVES**

**ESTUDO DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO CAPIVARI PARA A  
BACIA DO PIANCÓ**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO  
DA SILVA**

**ANÁPOLIS / GO**

**2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BARCELO, BRUNO MELQUISEDEK MAIA/ ALVES, YAGO FERREIRA DA PAIXÃO

Estudo da Transposição do Rio Capivari para a Bacia do Piancó

69p, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Transposição de Bacias | 2. Recursos hídricos |
| 3. Bacia hidrográfica     | 4. Captação de água  |
| I. ENC/UNI                | II. Título (Série)   |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARCELO, Bruno Melquisedek Maia; ALVES, Yago Ferreira da Paixão. Estudo da Transposição do Rio Capivari para a Bacia do Piancó. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 69p. 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Bruno Melquisedek Maia Barcelo

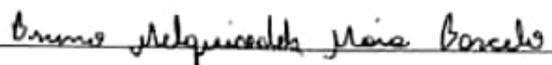
Yago Ferreira da Paixão

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da Transposição do Rio Capivari para a Bacia do Piancó

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

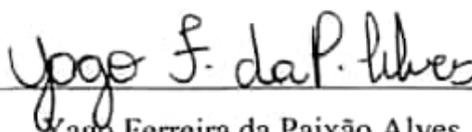
ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Bruno Melquisedek Maia Barcelo

brunomelquisedekbarcelo@hotmail.com



Yago Ferreira da Paixão Alves

yago\_paixao@hotmail.com

**BRUNO MELQUISEDEK MAIA BARCELO**  
**YAGO FERREIRA DA PAIXÃO ALVES**

**ESTUDO DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO CAPIVARI PARA A  
BACIA DO PIANCÓ**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**



\_\_\_\_\_  
**AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Mestre (UniEvangélica)**  
**(ORIENTADOR)**



\_\_\_\_\_  
**AURÉLIO CAETANO FELICIANO, Especialista (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**



\_\_\_\_\_  
**CARLOS EDUARDO FERNANDES, Mestre (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 03 de DEZEMBRO de 2019.**

## **RESUMO**

O seguinte trabalho tem como objetivo avaliar tecnicamente o sistema de Captação de água do Rio Piancó a fim de analisar a eficiência do mesmo identificando pontos negativos e propondo algumas soluções. Para fim de estudo utilizou-se estudos de projeção populacional baseados em métodos matemáticos com o intuito de estimar a população e a demanda, sendo possível dessa forma prever a expectativa de funcionamento do limite do sistema atual e o cálculo da solicitação de água da cidade para daqui 50 anos, e qual o possível impacto da transposição do Capivari no sistema de captação Piancó e sua eficiência e necessidade.

Através desse estudo, constatou-se que as decisões para implantação do sistema atual não consideraram incrementos de vazão nem tão pouco a inconstância de oferta de recursos hídricos, levando a instalação de concepções ineficientes e de alto custo de funcionamento, expondo o sistema à inúmeras variáveis que podem levar ao mal desempenho das instalações de captação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transposição de Bacias; Recursos hídricos; Bacia hidrográfica; Captação de água

## **ABSTRACT**

This monography looks forward technically evaluate the Piencó River water intake system in order to analyze its efficiency by identifying negative points and proposing some solutions. To attend the goal of the study, it was used population projection studies based on mathematical methods to estimate the population and the demand. Thus being able to predict the expected operation of the current system and the calculation of the city's water demand to 50 years from now. It will approach also the possible impact of the Capivari transposition on the Piencó catchment system and its efficiency and necessity.

Through this study was noted that the decisions to implement the current system did not consider flow increments nor the inconsistency of water resources supply, leading to the installation of inefficient and high operating cost concepts, exposing the system to countless variables that may lead to poor performance of catchment facilities.

**KEYWORDS:** Watershed Transposition; Water resources; Watershed; Water catchment

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Sistema de abastecimento de água .....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2 - Número de ligações divididas em setores em São Paulo .....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 3 - Variação do perfil de consumo em função do dia da semana para o setor Itaim Paulista, predominantemente residencial. ....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 4 - Variação do perfil de consumo em função do dia da semana para o setor Avenida com ocupação comercial significativa.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 5 - Demanda de água por região hidrográfica.....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 6 - Abastecimento das sedes urbanas por tipo de manancial e por região geográfica .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 7 - Porcentagem de água demandada dividida em setores.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 8 - Média anual do total de água consumida no Brasil.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 9 - Capacidade de armazenamento de água por habitante no mundo (m<sup>3</sup>/habitante).....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 10 - Imagem de satélite da cidade de Anápolis.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 11 - Localização da EEAB Piancó 1 exibindo Anápolis como referência .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 12 - Bombas de captação de água na EEAB Piancó 1 .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 13 - Barragem na EEAB Piancó 2 .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 14 - Ponto de chegada da água da EEAB Piancó 2 na EEAB Piancó 1 .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 15 - Ponto de encontro do Ribeirão Piancó e o Ribeirão Capivari.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 16 - Localização das elevatórias Piancó 2 e Capivari .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 17 - Local de instalação da bomba de recalque no Ribeirão Capivari.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 18 - Local onde está localizado a elevatória Capivari.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 19 - Área de alagamento Piancó IV .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 20 - Área de alagamento Capivari III .....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1 - Vazão que ocorrem durante 7 dias a cada 10 anos .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabela 2 - Dados de demanda de Anápolis nos anos de 2016, 2017 e 2018 .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 3 - Projeção populacional para os anos de 2016, 2017 e 2018.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 4 - Comparativo de demanda entre curva logística e IBGE para o ano de 2018.</b>	<b>44</b>
<b>Tabela 5 - Medições de vazão do Piancó 1 .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabela 6 - Medições de vazão do Piancó 2 .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabela 7 - Histórico de medições do Capivari .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 8 - Dados de população e demanda unitária e total.....</b>	<b>52</b>

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ANA: Agência Nacional de Águas

CERHI-GO (Conselho Estadual de Recursos Hídricos)

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAIA (Distrito Agroindustrial de Anápolis)

EEAB (estação elevatória de água bruta)

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

ETA (Estação de Tratamento de Água)

FAO: Food and Agriculture Organization, se trata da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

OMS: Organização Mundial da Saúde

ONU: Organização das Nações Unidas

PIB (Produto Interno Bruto)

PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico)

RIMA: Relatório de impacto ambiental

RMG (Região Metropolitana de Goiânia)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivo geral.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 METODOLOGIA .....	3
<b>2 Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>4</b>
2.1 Abastecimento.....	4
2.1.1 Definição .....	4
2.1.2 Elementos .....	4
2.1.2.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	5
2.1.2.2 CAPTAÇÃO .....	5
2.1.2.3 ADUÇÃO .....	6
2.1.3 Demanda.....	6
2.1.4 Dimensionamento.....	11
2.2 Bacia (Manancial).....	13
2.2.1 Definição .....	13
2.2.1.1 Bacia .....	13
2.2.1.2 Sub-bacia.....	14
2.2.2 Tipos de manancial.....	14
2.2.3 Escolha do manancial.....	16
2.2.4 Estudo de impacto .....	17
<b>2.3 Problemas de abastecimento .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Soluções para abastecimento.....</b>	<b>22</b>
2.5 Transposição de rios.....	23
<b>3 Caracterização municipal .....</b>	<b>24</b>
3.1 Município .....	24
3.2 Dados de consumo .....	25
3.3 Caracterização do projeto.....	26
3.3.1 Contextualização .....	26
3.3.2 Situação física do sistema de captação.....	26
3.4 Extensão das adutoras e Disponibilidade hídrica da região.....	33
<b>4 Dimensionamento.....</b>	<b>35</b>

4.1	Estudo demográfico .....	35
4.1.1	Método aritmético .....	35
4.1.2	Método geométrico.....	36
4.1.3	Método da curva logística .....	37
4.1.4	Cálculo da projeção populacional .....	38
4.1.5	Estimativa da demanda.....	40
4.1.5.1	Apresentação dos dados e metodologia .....	40
4.1.5.2	Cálculo da demanda.....	41
4.1.5.3	Capacidade de trabalho do sistema atual .....	45
<b>5</b>	<b>Análise de dados.....</b>	<b>52</b>
5.1	Discussão de resultados.....	52
5.2	Críticas .....	53
5.3	Soluções .....	53
<b>6</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>56</b>
	Anexo .....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade vital do homem por água sempre acompanhou a caminhada humana, desde o abandono de costumes nômades, a manipulação espacial de recursos hídricos se fez mais urgente à medida que a densidade demográfica se intensificava. De acordo com Pinto-Coelho & Havens (2015) em torno de 9000 a.C a humanidade já utilizava potes de barro não cozidos para armazenamento de água e com o passar do tempo e a evolução científica, o homem criou poços, canais, aquedutos, sendo que a primeira represa para armazenamento de água data de 2900 a.C no Egito, segundo Rosen (1994) e Resende & Heller (2002) citado por Coelho e Havens. O aumento da população e o desenvolvimento de atividades industriais/construtivas levou a um enorme aumento da demanda de recursos hídricos, e por vezes a distância de fontes de água forçou o avanço das técnicas de distribuição. Ocasionalmente quando o ponto de captação não atende a solicitação, mesmo com todas as estratégias de armazenamento utilizadas, se faz necessário recorrer a outras alternativas, entre elas a transposição física de bacias, um procedimento de transferência de recursos para avolumar a oferta de água.

A transposição de bacias, conforme Tucci (2003): “[...] o transporte da água no espaço, mitigando os efeitos da variabilidade espacial”, já foi implantado diversas vezes com sucesso, sendo alguns apontados pelo governo federal como exemplos exitosos: Projeto Colorado-Big Thompson, Estados Unidos, transpõe parte dos recursos do Rio Colorado para o Rio Big Thompson; Transposição Tejo-Segura, Espanha, abstraindo água da Bacia do Rio Tejo para abastecer a Bacia do Rio Segura; Projeto Especial Chavimochic, Peru, transporta água para rios mais elevados localizados na costa norte do país; Sistema Hidrelétrico das Montanhas Snowy, Austrália, desvia água do Rio Snowy, que fluiria do leste para o litoral, para os rios Murray e Murrumbidgee com o intuito de produção de energia elétrica.

Como observado, o propósito principal em uma obra de transposição é responder a demanda de abastecimento de água de uma determinada região, executando um desvio de um curso hídrico específico que consiga abastecer outro curso ou bacia. Apesar da polêmica da transposição do rio São Francisco (projeto aventado pela primeira vez em 1847, pelo deputado e engenheiro cearense Marcos de Macedo, cuja obra ainda continua em execução com previsão de término para 2025), a transposição é uma alternativa inteligente e pragmática, apesar de ser um processo delicado e complexo. Segundo J.I.A.O. Silva, em seu artigo Ecologização de megaprojetos hídricos: no caso do Rio São Francisco, aponta como vantagens da transposição de rios, a revitalização ecológica, que consiste no manuseio consciente dos recursos oferecidos

ao meio ambiente e a população local. Outro ponto discutido em seu artigo é que esses recursos possibilitariam uma evolução e melhoria na vida das pessoas beneficiadas por esse rio.

Já o autor Rocha, em sua obra J. M. da, 2011, Sustentabilidade em questão: economia, sociedade e meio ambiente. Jundiaí, Paco e Littera editorial, considera que os problemas do meio ambiente devem seguir uma tendência mais protecionista/conservacionista, já que estes são de caráter ecológico; entretanto, a questão ambiental não pode ser levada em conta sem consulta e estudo social. Assim, em uma obra de transposição desvantagens ambientais e sociais se fazem relevantes, já que este tipo de obra gera desmatamentos na flora e impacta também na fauna, impedindo a migração e destruindo habitats de inúmeras espécies de animais. O impacto social negativo se faz presente, muitas vezes promovendo desapropriações de habitantes da região.

Em 2018 houve um período crítico de estiagem em Anápolis; mesmo esse problema sendo previsto anteriormente, algumas regiões sofreram com a falta de água durante dias. Por conseguinte, a fim de solucionar esse problema, a gestão municipal com auxílio governamental, se propuseram a incluir mais uma bacia hídrica no fornecimento de água de Anápolis. Logo na segunda-feira (19/2) deste mesmo ano se iniciaram os processos executivos para a transposição do Córrego Capivari para o Ribeirão Piancó, em Anápolis. Este empreendimento teve um investimento de R\$ 6,3 milhões, e se baseia em, por meio de uma adutora de quatro quilômetros, transportar a água do córrego até a bacia do Piancó. Apesar dos resultados serem bastante esperançosos em relação ao fornecimento de água na cidade atualmente, este empreendimento é de caráter provisório, pois futuras obras serão feitas para aumentar ainda mais a captação, de 150 L/s de vazão atualmente para 600L/s.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo de transposição de bacia é pouco explorado no Centro-Oeste e abrange uma alta gama de setores da engenharia e do meio ambiente, sendo indispensável uma enorme cautela quanto aos impactos da obra e a execução para garantir sua eficiência.

A gestão de recursos hídricos é muitas vezes negligenciada no nosso país devido à grande oferta de água, sendo por vezes aceitas execuções de instalações que não apresentam resultados plenamente coerentes com as capacidades de aparelhos e instrumento utilizados na implantação do sistema.

Dessa forma se justifica a escolha do tema para que seja explanado e aprofundado tanto a necessidade do método quanto a sua eficácia.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa tem como objetivo geral realizar um estudo, demonstrando através de dados e cálculos os impactos e necessidades da transposição do Rio Capivari para o Ribeirão Piancó como solução para garantir o abastecimento de água constante e ininterrupto à cidade de Anápolis.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar dados fornecidos pela empresa de abastecimento da cidade;
- Realizar a projeção populacional da cidade utilizando métodos matemáticos;
- Dimensionar a vazão mínima de captação necessária para abastecer a cidade em 50 anos;
- Comparar os dados de análise obtidos com as projeções de consumo;
- Analisar os períodos de menor oferta de água devido à estiagem e os impactos na distribuição e considerar esses dados no dimensionamento de captação;
- Demonstrar a importância da transposição e seu impacto no abastecimento da cidade.

## 1.3 METODOLOGIA

Pesquisa Bibliográfica, a qual [...] implica em um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo [...] (LIMA e MIOTO, 2007) tomando como objeto os elementos da transposição, juntamente um estudo de caso, que se trata de uma estratégia de investigação onde caso é [...] algo bem definido ou concreto [...] como, decisões, programas, processos de implementação ou mudanças organizacionais (MEIRINHOS e OSÓRIO, 2010) onde será avaliada a obra de transposição de bacia das águas do rio Capivari ao rio Piancó o qual é utilizado para abastecimento da cidade de Anápolis. Para fins de dimensionamento será utilizado o método apresentado por Tsutiya (2006).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

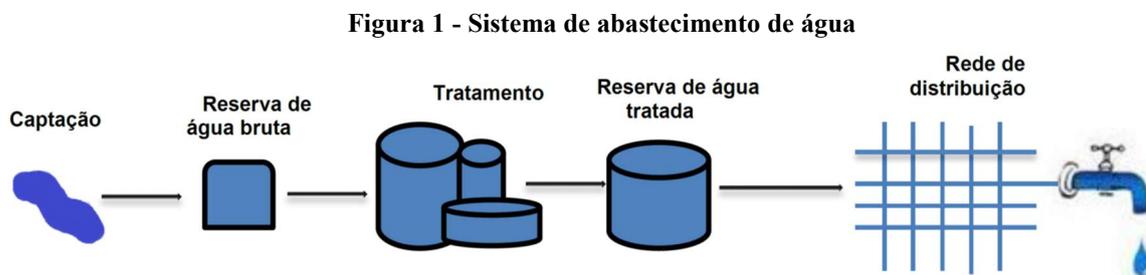
### 2.1 ABASTECIMENTO

#### 2.1.1 Definição

O conceito de abastecimento de água se insere na ideia de saneamento que segundo Heller & De Padua (2006) é definido pela OMS “como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu bem-estar físico, mental ou social.”. Também sobre o fornecimento Phillipi Jr (2005) explana que “o abastecimento de água pode ser considerado um processo que faz parte do Ciclo do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário[...]”. Logo, o termo abastecimento pode ser entendido como um conjunto de elementos com o fim de alimentar algo, de forma que, para abastecer uma estação de tratamento de água é necessário a captação de recursos hídricos e transporte até a estação. Como este trabalho envolve a gestão de recursos hídricos, captação e adução será tratado somente os elementos que tangenciam o assunto referente a captação.

#### 2.1.2 Elementos

Os elementos que compõe o sistema de abastecimento de água, são: captação, reserva de água bruta, tratamento, reserva de água tratada e rede de distribuição. A ordem de citação das partes do processo corresponde à forma de funcionamento de um sistema de abastecimento de água representado na figura 1 a seguir:



Fonte: Martins (2006)

Como citado anteriormente o abastecimento se trata de um conjunto de elementos necessários variando de acordo com o beneficiado, ou seja, o fornecimento ao consumidor final. Estes são:

- Gestão de recursos hídricos
- Captação
- Adução

#### 2.1.2.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

As primeiras manifestações em prol do desenvolvimento dos recursos hídricos foram apresentadas na Conferência das Nações Unidas sobre a Água, realizada em Mar del Plata no mês de março de 1977. Nessa conferência definiram que cada país deveria assumir políticas de gestão de recursos hídricos que deveriam conter as diretrizes e estratégias para o uso da água. (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2002)

A Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, estabeleceu premissas referente aos recursos hídricos no Brasil, sendo essas: a água é um bem público; a prioridade do consumo de águas é inerente aos humanos seguido dos animais; o uso múltiplo dos recursos hídricos deve ser respeitado pela gestão desses recursos; a gestão dos recursos deve ser dada de forma descentralizada envolvendo o governo, os usuários e a sociedade organizada; a bacia hidrográfica deve ser parte do território nacional para que essas premissas sejam aplicáveis. (PINTO-COELHO & HAVENS, 2015)

De acordo com Phillipi Jr (2005) gestão de recursos hídricos é “[...] um conjunto de ações que objetivam a adoção de medidas preventivas e corretivas relacionadas a impactos prejudiciais ao meio ambiente.”. Para Pinhatti (1998) gestão de recursos hídricos diz respeito à “descentralização e na participação da sociedade na administração dos recursos hídricos, na consideração da Bacia Hidrográfica como unidade de gestão e no reconhecimento da água como um recurso de valor econômico”. Portanto entende-se como gestão de recursos hídricos a preservação do manancial e, simultaneamente se atentando à qualidade da água captada, aliviando os impactos sobre o meio ambiente sem comprometer a saúde do homem.

#### 2.1.2.2 CAPTAÇÃO

Existem vários tipos de mananciais dos quais podem ser realizadas a captação, são eles: manancial de superfície, quando a água se encontra na superfície do terreno, pode ser subtraída através de bombas dispostas na superfície ou por energia gravitacional; manancial subterrâneo, a água está abaixo do nível do solo, podendo ser extraída através de poços,

podendo ser um poço raso (ou freático) ou um poço tubular profundo; galeria de infiltração, normalmente encontrada em fundo de vales onde é instalado um sistema de tubos perfurados; meteórica, sistema onde a água pluvial é utilizada para abastecimento. (PHILLIPI JR, 2005)

Tsutiya (2006) apresenta dois tipos de captação, em mananciais superficiais e subterrâneos; para captação de água em mananciais superficiais ele afirma que é “[...]conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial para a retirada de água[...]”.

### 2.1.2.3 ADUÇÃO

Nesse ponto a água é transportada até a estação de tratamento, esse processo é executado através de adutoras. As adutoras podem trabalhar como condutos livres ou forçados. (PHILLIPI JR, 2005)

Adução é uma palavra de origem latina, que quer dizer ação de conduzir, o termo técnico define o complexo de obras executadas com o objetivo de transportar a água da sua fonte até o consumidor final. (MARTINS, 2006)

Entende-se que no conduto livre a água percorre seu caminho utilizando a energia gravitacional, conseqüentemente a seção do escoamento não é completamente ocupada pela água e está submetida à pressão atmosférica. Apesar de submetidos à pressão atmosférica o conduto pode ser aberto em forma de canal ou fechado. (PHILLIPI JR, 2005)

Tsutiya (2006) define o conduto livre como todo transporte de água no qual há a permanência da pressão atmosférica sob a água.

No conduto forçado, diferente do conduto livre, seu transporte pode ser impulsionado ou por uma bomba de recalque, nesse caso o líquido deve seguir o sentido ascendente, ou por gravidade que segue o sentido descendente, em ambos os casos o líquido ocupa toda a seção de escoamento. (PHILLIPI JR, 2005)

Para Tsutiya (2006) conduto forçado é o trecho onde “a água está sob pressão maior que a atmosfera”.

### 2.1.3 Demanda

Demanda se trata da vazão mínima necessária para abastecer o consumidor e é mensurada através de diversas características do público atendido, essas características foram listadas por Phillipi Jr (2005) como:

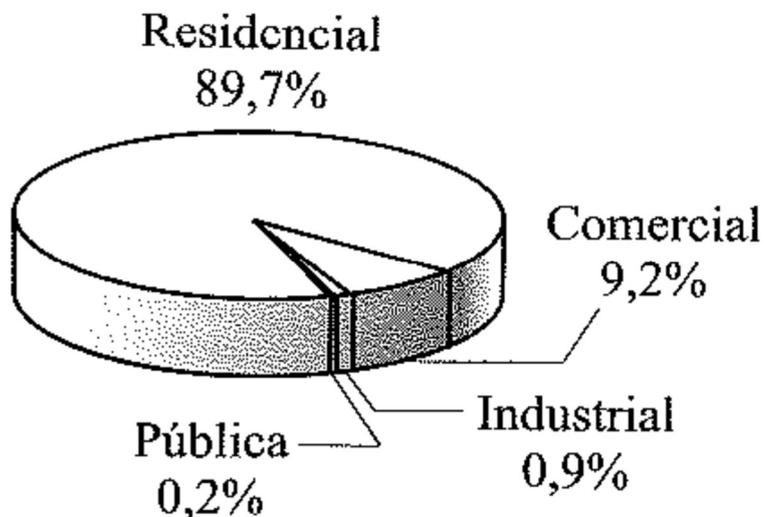
*[...] Hábitos higiênicos e culturais das Comunidades, índice de micromedição no sistema de abastecimento, instalações e equipamentos hidráulicos e sanitários dos imóveis, controle exercido sobre o consumo, valor da tarifa e subsídios sociais ou políticos abundância ou escassez de Mananciais, intermitência ou regularização do abastecimento temperatura média da região, renda familiar, disponibilidade de equipamentos domésticos que utilizam água, índice de industrialização, intensidade e tipo de atividade comercial e pressão na rede. (PHILLIPI JR, 2005, p.162)*

Furusawa (2011) define quatro principais categorias para determinação da demanda, são essas: doméstica, comercial, industrial e pública. Segundo o autor as características são:

- Doméstica: não possui muita variabilidade no consumo diário de água e mantém um padrão de consumo durante a semana;
- Comercial: engloba tanto pequenos estabelecimentos como bares, padarias, etc., como também grandes consumidores como shoppings; dessa forma existe uma grande variação no consumo ao decorrer da semana, variando em relação ao perfil de uso como também quanto à quantidade;
- Industrial: assim como a comercial, possui grande variabilidade, dependendo do porte do estabelecimento como também ao tipo de atividade exercida pelo consumidor;
- Pública: varia de acordo com as atividades exercidas pelo município podendo apresentar grande variabilidade.

Segundo a SABESP (2002) o setor que mais demanda água é o doméstico e o menor é o público. Isso é resultado de um maior número de residências em relação aos outros setores. Para verificação dessa afirmação segue a figura 2 abaixo:

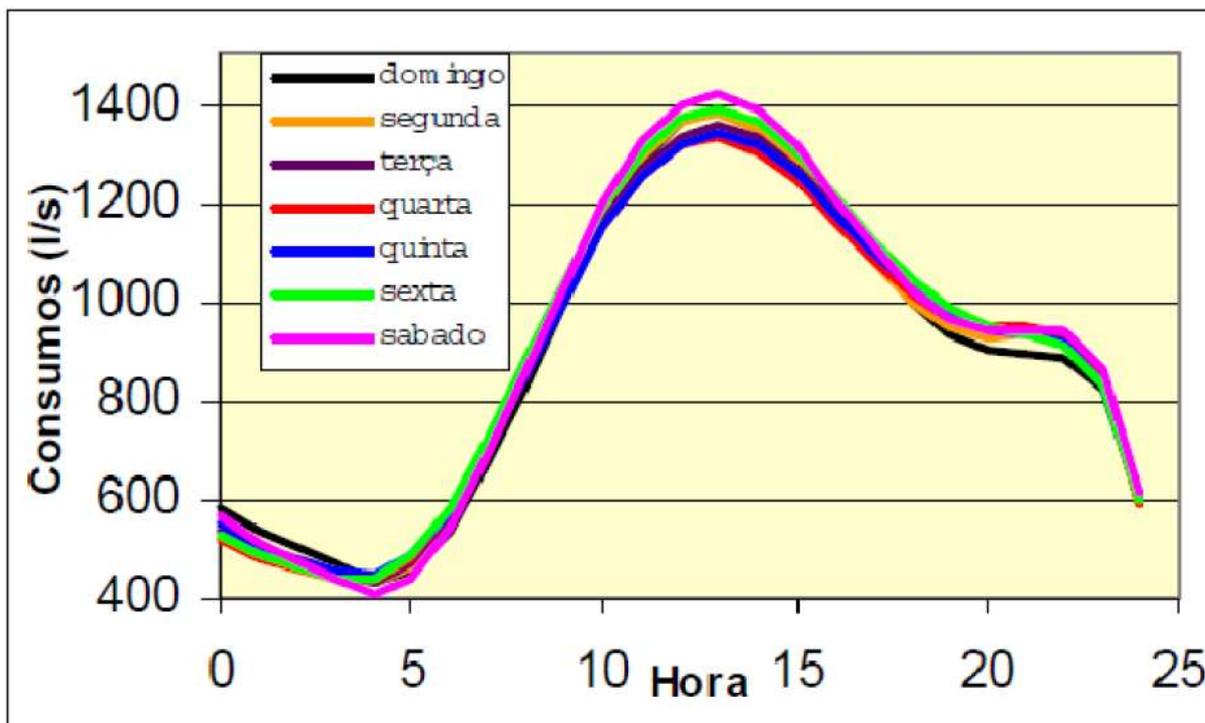
Figura 2 - Número de ligações divididas em setores em São Paulo



Fonte: SABESP (2002)

Para fins de representação de dados a figura a seguir apresenta dados capazes de comprovar a baixa variabilidade de consumo doméstico no decorrer da semana como é identificado na figura 3:

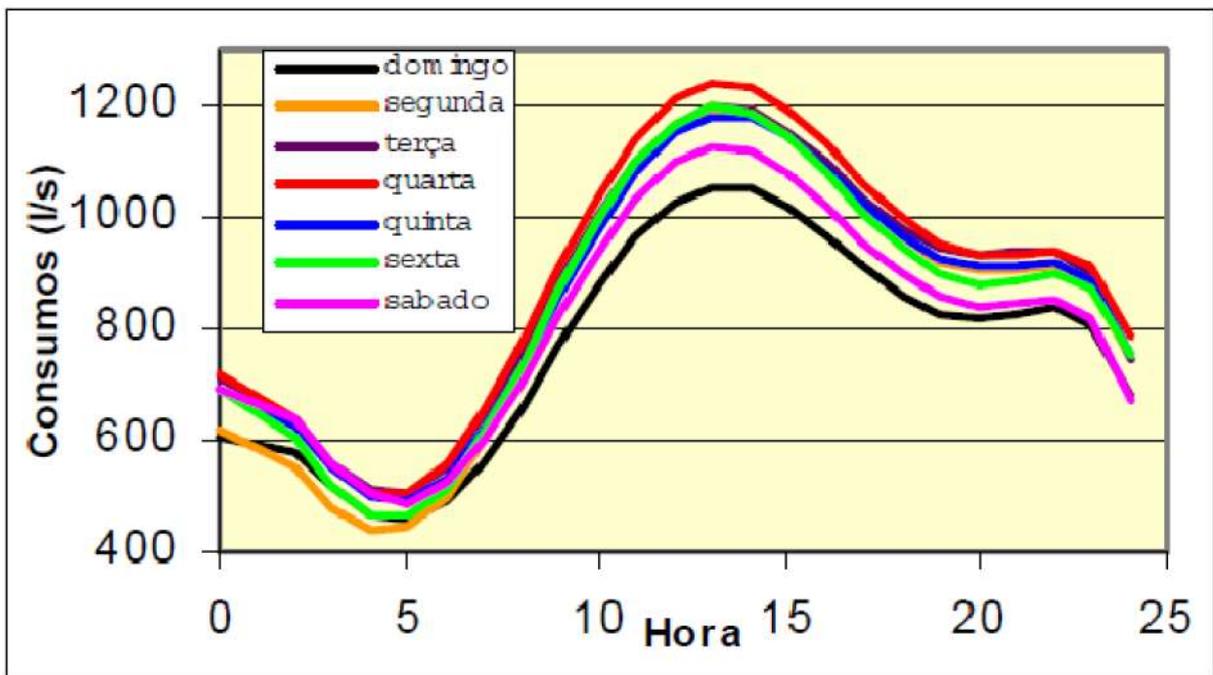
Figura 3 - Variação do perfil de consumo em função do dia da semana para o setor Itaim Paulista, predominantemente residencial.



Fonte: Hasegawa; Filho e Ignácio (1999)

É notável na figura 3, segundo Furusawa (2011), há uma variação no decorrer do dia natural das atividades diárias de uma residência, porém há uma pequena variação se comparada aos dias da semana, apresentando uma variação quase nula. Já o setor comercial não apresenta a mesma característica, como pode ser confirmado com a figura 4 abaixo:

**Figura 4 - Variação do perfil de consumo em função do dia da semana para o setor Avenida com ocupação comercial significativa.**

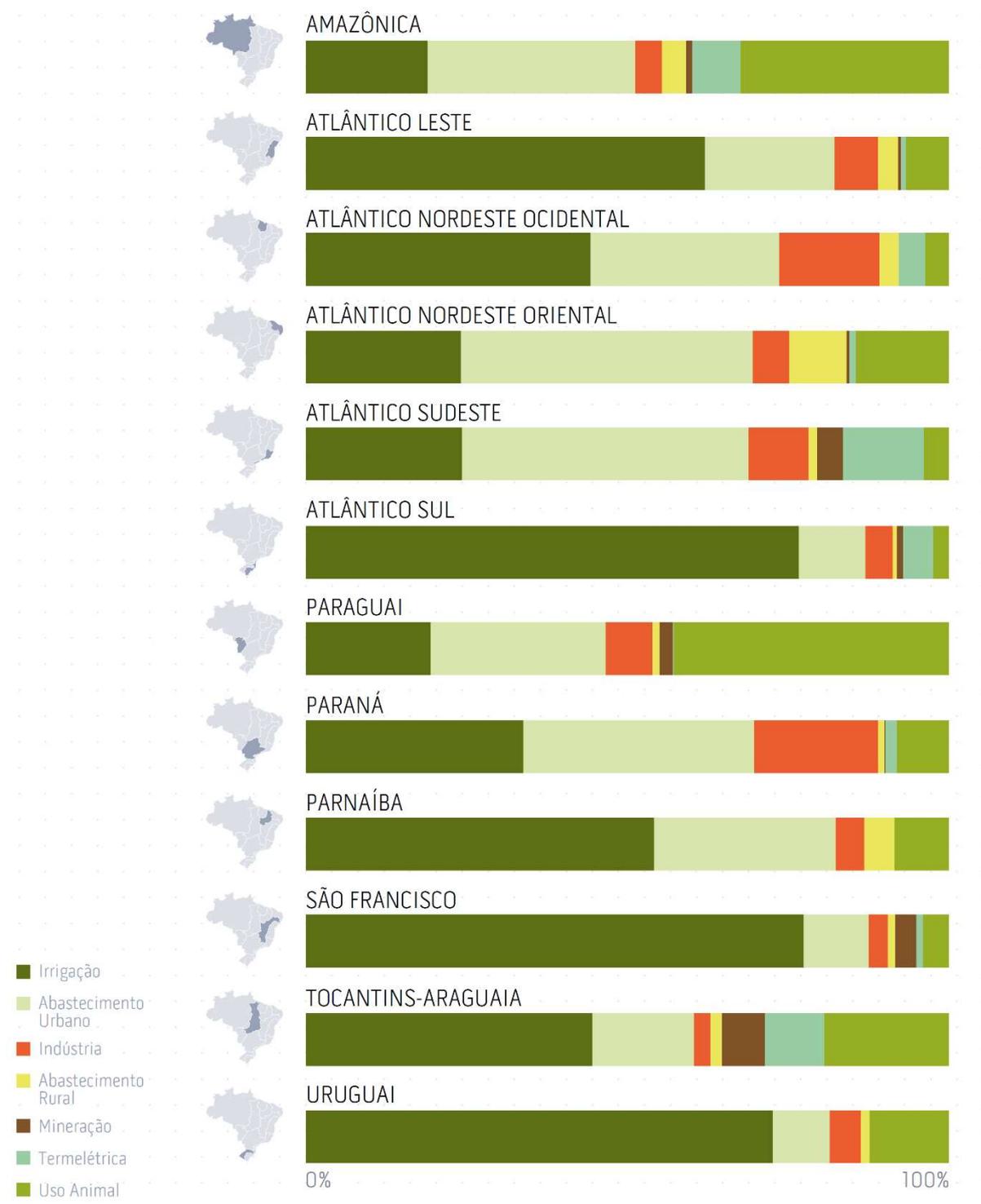


Fonte: Hasegawa; Filho e Ignácio (1999)

Quando os dados de um setor comercial é confrontado com um setor residencial é notória a variação referente aos dias da semana, enquanto a variação de acordo com os dias da semana em um setor de consumo predominantemente doméstico é quase nula em um setor com predominância comercial chega a apresentar uma variação de 15% de vazão máxima se comparado aos finais de semana. (FURUSAWA, 2011)

Além do abastecimento urbano existem outras áreas que demandam recursos hídricos. Dados da ANA (2018) apontam as demandas em diversas áreas no Brasil, onde a irrigação está sempre presente e em algumas bacias consomem mais da metade de todo consumo da região. Na figura 5 é representado os consumos divididos em setores em cada região hidrográfica:

**Figura 5 - Demanda de água por região hidrográfica**



Fonte: ANA (2018)

A irrigação está muito presente em uma grande parcela das regiões hidrográficas, apresentando por si só uma porcentagem avassaladora da demanda de água, seguido na maior parte dos casos pelo abastecimento urbano e industrial que engloba todo o conteúdo explanado anteriormente nesse tópico.

#### 2.1.4 Dimensionamento

Para o dimensionamento de um sistema de abastecimento de água deve ser considerado diversos pontos antes do início do cálculo. Segundo Tsutiya (2006) a concepção do sistema envolve “[...] conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar.”.

Antes de partir para a fase de dimensionamento algumas considerações devem ser feitas sobre a área estudada. Dentre essas Tsutiya (2006) divide como características físicas, uso e ocupação do solo, aspectos sociais e econômicos, sistemas de infraestrutura e condições sanitárias, sendo que as características físicas englobam a localização da área de estudo, vias de acesso à área, a representação topográfica e geologia do terreno, o tipo de vegetação do local e o limite da bacia na qual está situado. Para tal Tsutiya (2006) elabora várias considerações a serem feitas:

- Uso e ocupação do solo envolvem a análise do plano diretor municipal e regional para a implantação desse tipo de estrutura, identificação das áreas de preservação ambiental ou que tenham qualquer tipo de restrição de ocupação e o tipo de uso e ocupação atual da área de estudo;
- Aspecto social e econômico diz respeito as atividades econômicas, estudo do mercado de trabalho local e disponibilidade de mão de obra, distribuição de renda e indicadores socioeconômicos;
- Sistema de infraestrutura e condições sanitárias compreende a cobertura do sistema de abastecimento de água, dentro desse ponto se estuda a população atendida, os índices de abastecimento, volume de produção de água, etc; estudos semelhantes ao abastecimento de água, porém relacionados ao sistema de esgoto; resíduos sólidos urbanos; apresentação das licenças ambientais e de outorga para o funcionamento do sistema de saneamento do município; sistemas de drenagem e controle de cheias, canalizações, barragens, etc; índices de saúde, tais como mortalidade infantil, ocorrências de internamentos e mortes por veiculação hídrica; sistema viário; energia elétrica;
- No caso da existência de um sistema de abastecimento no que diz respeito a captação, segundo Tsutiya (2006), é necessário a obtenção dos elementos do

sistema atual, tais como a planta geral, tipo de manancial e os dados da captação. Após o levantamento dos dados deve ser feita uma avaliação confrontando os dados obtidos com a atual demanda da população. Portanto é necessário indicar a área atendida, a população abastecida e qual o nível de atendimento, a regularidade de abastecimento, o consumo por habitante, as perdas do sistema, etc.;

- O estudo demográfico deve ser feito se atentando a alguns aspectos, sendo esses os dados de sensoriamento, os estudos anteriores da população, pesquisa de campo, o zoneamento do município tal como a evolução do uso de solo, análises socioeconômicas, o plano diretor atual e as futuras diretrizes, projeção da população através de métodos matemáticos e análise da distribuição da população na área abastecida.

Para a determinação da demanda algumas circunstâncias devem ser avaliadas. Tsutiya (2006) aponta duas etapas, o estudo da demanda e o cálculo da demanda. Para o estudo da demanda ele indica a análise do consumo em algumas categorias, sendo elas: residencial, comercial, pública, industrial e especial. Após esse estudo determinar o consumo por habitante ou economia fundamentando essa medição nos dados obtidos na análise das categorias anteriores e o estudo do consumo comercial público, industrial e especial usando os dados da mesma análise, em caso de falta dessas informações deve-se adotar os dados de atividades similares. Para o cálculo da demanda média, máxima diária e horária, apresentando os resultados no período anual, por setor de abastecimento e sazonalidade.

No pré-dimensionamento da captação Tsutiya (2006) aponta itens que deve ser apresentado, na captação é necessário a:

- Apresentação da localização e descrição;
- Pré-dimensionamento da tomada de água e a identificação do tipo e forma;
- Identificação da rede de energia elétrica;
- Caracterização topográfica, batimétrica e geotécnica;
- Delimitação da área inundada e os impactos causados e identificação das áreas de desapropriação;
- Memoriais de cálculo e elementos gráficos.

Posteriormente Tsutiya (2006) pontua que devem ser elaboradas propostas de implantação do sistema, tais como o tipo de captação, podendo ser em curso de água, em represa ou reservatório e em manancial de serra.

## 2.2 BACIA (MANANCIAL)

### 2.2.1 Definição

#### 2.2.1.1 Bacia

Somente em 8 de janeiro de 1997, a Lei nº 9.433 foi estabelecida pela Política Nacional de Recursos Hídricos, a qual incorporou o estudo de bacias hidrográficas. Com o tempo a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e suas subdivisões ganharam evidência, sendo imprescindível seu estudo em projetos relacionados à captação e transporte de água.

Para se definir o que é bacia, inicialmente se faz necessária a verificação e análise das características do meio ambiente. De acordo com Antonelli e Thomaz (2007), as diferenciações morfológicas do ambiente são determinantes para a classificação e qualificação de áreas homogêneas por serem indicadores físicos.

No conceito geral, bacia hidrográfica é a porção do espaço onde os recursos hídricos provenientes da chuva, de nascentes, rios e águas subterrâneas escoam em um determinado curso, abastecendo-o. Segundo Lima e Zakia (2000),

*[...]estes são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, ocorrerá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico. (LIMA E ZAKIA, 2000, p.33-43.)*

Já para Barella, W el al (2007),

*[...]Esta é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano. (BARELLA; 2001, p.21)*

Inicialmente para se delimitar uma bacia, se identifica o sistema de curso de água, depois é realizada também a identificação do exutório, região de um curso, onde há escoamento

de águas superficiais. Logo após esse processo é traçada uma linha contínua no projeto, que comece e finalize no exutório, de tal forma que não ocorra o cruzamento de algum curso, levando em consideração sempre as curvas de níveis do terreno.

#### 2.2.1.2 Sub-bacia

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso de água principal, ou seja, estas derivam das bacias. De acordo com Faustino (1996) as sub-bacias são bacias com áreas maiores que 100 km<sup>2</sup> e menores que 700 km<sup>2</sup>. Para Attanasio(2004),

*[...]a microbacia é uma unidade básica de planejamento para compatibilização da preservação dos recursos naturais e da produção agropecuária. As microbacias hidrográficas possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais integradoras, o que possibilita a abordagem holística e participativa, envolvendo estudos interdisciplinares para o estabelecimento de formas de desenvolvimento sustentável inerentes ao local e região onde forem implementados.(ATTANASIO, 2004, p.02)*

Já para Santana (2004), o termo micro bacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica e para Calijuri e Bubel (2006), micro bacias são áreas formadas por canais de 1º e 2º ordem e em alguns casos, de 3º ordem, devendo ser definida como base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos.

Percebe-se que as características físicas neste processo é a mais evidente para classificação de sub-bacias e estas podem ser: geométricas, de relevo e de drenagem. Nas características geométricas é levado em consideração a área total, o perímetro total, o coeficiente de compacidade, o fator de forma, o índice de circularidade e o padrão de drenagem. Em relação ao relevo, são analisados: a orientação do terreno; as declividades mínimas; média e máxima; as altitudes mínima, média e máxima. Quanto a drenagem características como comprimento do curso de água principal, comprimento total dos cursos de água, a densidade de drenagem e a ordem dos cursos de água, são levados em consideração.

### 2.2.2 Tipos de manancial

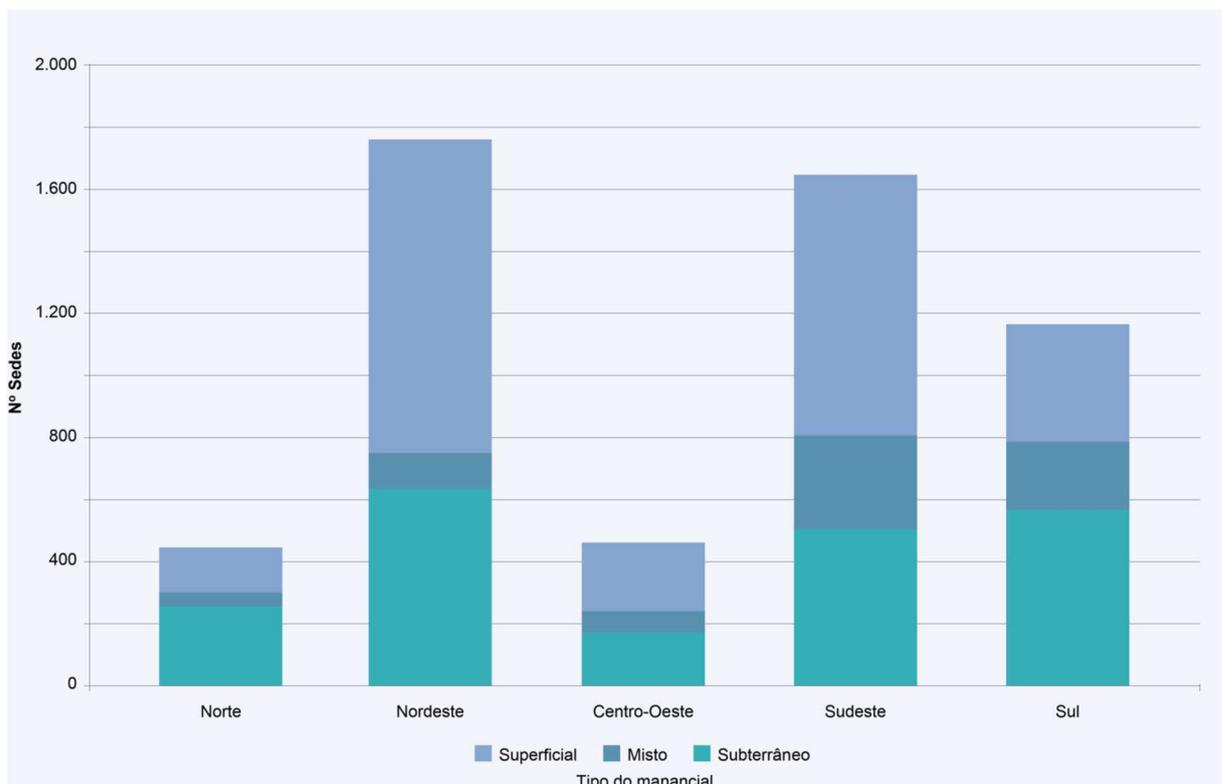
Os mananciais abrangem todo tipo de fonte de água, sejam estas superficiais ou subterrâneas, que serão utilizadas para abastecimento público. Para Tsutiya (2006): "Manancial é a fonte para o suprimento de água". Os mesmos podem ser divididos em dois tipos, com suas nomenclaturas definidas pelas características de origem da água, são eles: manancial superficial

e manancial subterrâneo.

Os mananciais superficiais como o próprio nome sugere e também segundo Tsutiya (2006), geralmente estão acima da superfície terrestre, como os rios, riachos, lagos e córregos. Já os mananciais subterrâneos, estão localizados abaixo do solo, e surgem quando a água infiltra o solo, atingindo seus poros ou vazios Inter granulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, ali se depositando formando aquíferos ou poços subterrâneos de pequeno porte.

Dados do *Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água* citado por ANA (2012), apontam que 47% das cidades brasileiras são abastecidas exclusivamente por mananciais superficiais, enquanto 39% são abastecidas somente por mananciais subterrâneos, os 14% restantes apresentam um sistema misto, tendo contribuição de mananciais superficiais e subterrâneos. Na figura 6 a seguir representa-se os tipos de mananciais utilizados em cada região:

**Figura 6 - Abastecimento das sedes urbanas por tipo de manancial e por região geográfica**



Fonte: ANA (2012)

De acordo com a ANA (2012) o uso de mananciais superficiais é mais comum nos estados de Espírito Santo, Rio de Janeiro, Pernambuco, Paraíba, Acre, Amapá, Rondônia, Alagoas, Bahia, Ceará, Sergipe, Goiás, Minas Gerais e Santa Catarina. Uma grande parte dos

mananciais no Distrito Federal também são superficiais, porém algumas regiões administrativas necessitam de uma complementação por poços.

Outros estados como Piauí, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Pará, Amazonas, Roraima e Tocantins possuem municípios com abastecimento por mananciais subterrâneos, já que contam com aquíferos com elevado potencial hídrico e simplicidade operacional de abastecimento para municípios de pequeno porte. (ANA, 2012)

### **2.2.3 Escolha do manancial**

Para se escolher o manancial adequado para captação deve se levar em consideração algumas características, e estas podem ser definidas pela geometria do terreno (relevo), pela origem da nascente e pela oferta de água oferecida pelo manancial. Em inúmeras cidades pelo mundo o fornecimento de água ocorre através de um manancial subterrâneo, Tsutiya (2006) reforça que " para abastecimento público, a água subterrânea apresenta-se como notável recurso em muitas regiões onde existem condições favoráveis para seu aproveitamento". Todavia, na maioria dos casos o abastecimento só é possível devido aos mananciais superficiais, sendo estes mais comumente utilizados em inúmeras regiões do planeta, segundo Martins (2014): "em Portugal captam-se volumes de água a partir de captações superficiais superiores aos das captações subterrâneas".

Inicialmente Anápolis possuía seu abastecimento integral ligado somente ao ribeirão Piancó. Com o aumento da demanda populacional, em períodos de secas como agosto, setembro e outubro, a vazão de água começou a diminuir significativamente, deixando algumas regiões da cidade com carência de água. Para a solução deste problema de distribuição, estudos e análises dos mananciais próximos à cidade foram executados. Logo, a empresa responsável pela gestão de água em Anápolis (SANEAGO) decidiu que o ideal para atender a demanda populacional, seria complementar a captação do ribeirão Piancó. Assim para se atingir este objetivo, se fez necessária a inclusão de mais um manancial no processo, o córrego Capivari.

Apesar da pouca oferta de água do Capivari em alguns meses do ano, a idealização desse projeto se baseou somente nos meses de escassez regional; assim para atender a demanda do Piancó, o mesmo seria aduzido somente por três meses ao ano. Tal decisão implicou tanto no custo menor da obra quanto no processo executivo construtivo, que também se tornou mais fácil e prático.

Na concepção de projeto, foi estipulado o processo de adução no Capivari para abastecimento do Piancó, através do auxílio de uma bomba de dragagem do tipo HL225M, movida à diesel.

#### **2.2.4 Estudo de impacto**

O estudo de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ambiental (RIMA) são documentos técnicos com o objetivo de avaliar os impactos significativos apontando medidas mitigadoras. Segundo o artigo 225, § 1º, IV, da Constituição Federal de 1988, a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado deve ser assegurada pelo Poder Público.

Segundo Resolução CONAMA no 001 de 1986 Artigo 6º, o estudo de impacto deve englobar no mínimo as seguintes atividades técnicas:

- Diagnóstico da área de influência do projeto com descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como o meio físico, o meio biológico e o meio socioeconômico;
- Análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas;
- Definição dos impactos negativos, mantendo o controle dos equipamentos e sistemas de tratamento de despejos, sempre avaliando a eficiência dos mesmos;

Elaborar um programa para acompanhamento e monitoramento destes mesmos impactos, positivos e negativos, apontando fatores e parâmetros a serem considerados.

Já o relatório de Impacto ambiental (RIMA), também de acordo com a resolução CONAMA no 001 de 1986, diz que o mesmo deve conter no mínimo:

- Os objetivos e justificativas do projeto;
- A descrição do projeto indicando alternativas tecnológicas e locacionais nas fases de construção e operação a área de influência, as matérias primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnica operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;
- A conclusão dos resultados adquiridos nos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência da obra;

- A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando no projeto os métodos, técnicas e critérios alternativos adotados para identificação, quantificação e interpretação do mesmo;
- O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos.

### 2.3 PROBLEMAS DE ABASTECIMENTO

A crise de água vivida atualmente é consequência segundo Rogers (2006) da deficiente forma de gerenciamento dos recursos hídricos. Rebouças (2003) realizou um estudo sobre os desperdícios no Brasil com ênfase no Nordeste, segundo o mesmo autor o Brasil recebe sobre mais de 90% do seu território algo em torno de 1000 e 3000 mm/ano, além do índice pluviométrico o autor também pontua sobre a densa rede de drenagem em 90% do território nacional confirmando um abastecimento de água. Apesar dessa abundância de recursos hídricos Rebouças (2003) reforça que mesmo contendo cerca de 80% das descargas de rios do Brasil a Região Norte passa por problemas de abastecimento de água. Todos esses dados sobre o cenário nacional reforçam fortemente o argumento de Rogers (2006) o qual afirma que o problema da escassez de água não se encontra na escassez propriamente dita, mas sim na deficiência de gerenciamento dos recursos hídricos.

Para Tundisi (2008) alguns problemas pairam sobre o abastecimento de água, sendo que os principais são:

- Processo de urbanização, devido a intensificação dos centros urbanos ocorre um aumento consequente desse crescimento na demanda de água, crescimento esse devido à necessidade de desenvolvimento econômico e social, acarretando também na contaminação desses recursos hídricos;
- Alteração do perfil hidrológico do planeta por efeito da alteração do cenário de oferta e demanda de recursos hídricos;
- Infraestrutura precária de abastecimento de água, podendo chegar a 30% de perdas nas redes de abastecimento pós tratamento;
- Momentos de estresse em razão de fenômenos hidrológicos extremos, abalando a população e consequentemente comprometendo a segurança alimentar;

- Falta de flexibilidade para resolução de problemas e ações consistentes no gerenciamento de recursos, tudo isso atrelado a negligência em relação à sustentabilidade ambiental.

Toda essa complexidade de problemas, segundo Tundisi (2008) acarreta ainda consequências como:

- Crescimento no número de fontes contaminantes;
- Alteração do cenário das fontes de recursos hídricos alterando a disponibilidade de água;
- Avanço da vulnerabilidade da saúde humana em consequência do aumento das fontes contaminantes, dificultando o acesso a água de boa qualidade.

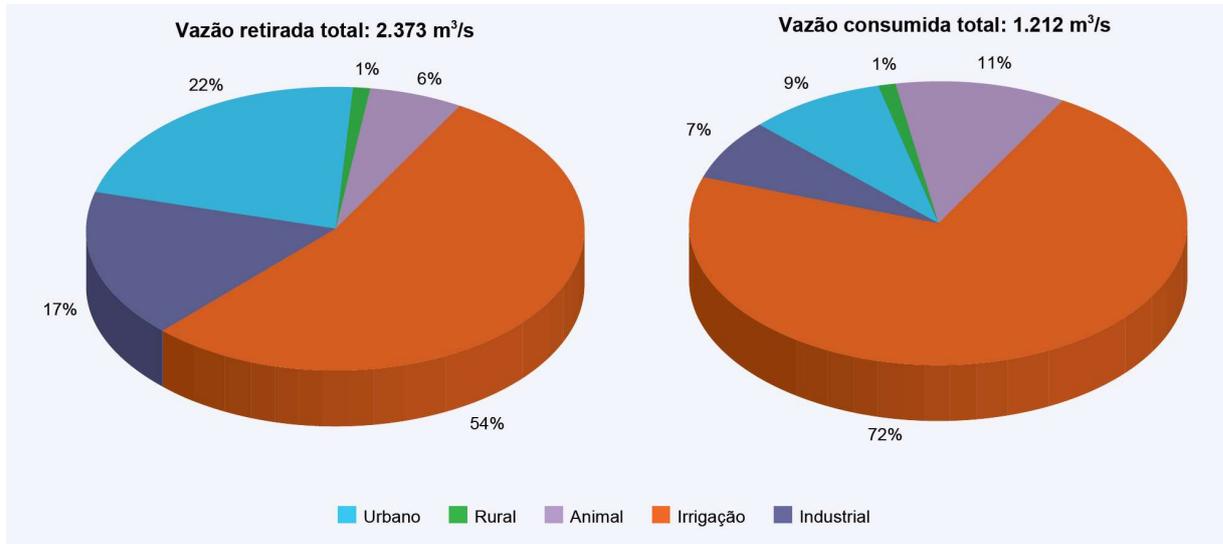
É bem sabido sobre a excessiva demanda de água na agricultura, podendo alcançar 70% da disponibilidade total de recursos. Sendo assim, esse é um dos principais problemas que exigem mudanças emergenciais. A aplicação de tecnologias para redução de desperdícios é indispensável e também a adoção de métodos como reuso e reciclagem de água. (TUNDISI, 2008)

A FAO estima que no cenário da agricultura mundial 60% de toda água utilizada para irrigação acaba se perdendo na evaporação e percolação da água. Por sua vez a ONU apresenta dados nos quais estimam que se 10% da água destinada a irrigação no planeta fosse poupada poderia ser o suficiente para abastecer o dobro da população mundial (no momento dessa afirmação a população mundial girava em torno de 6,3 bilhões de habitantes). (REBOUÇAS, 2003)

Rebouças (2003) aponta que 63% da demanda brasileira de água provém da agricultura, mas também apresenta dados alarmantes no qual 93% das áreas irrigadas no Brasil utilizam técnicas ineficientes de irrigação, sendo que 56% desse valor refere-se a técnicas desenvolvidas por egípcios, métodos que datam de 3500 a.C.

Dados mais atuais da Agência Nacional de águas (2012), mais precisamente de 2010 apontam uma demanda ainda maior da agricultura, cerca de 72% de toda água consumida no país é destinada a agricultura, o consumo urbano é o segundo maior setor demandador de água e se encontra em 7% desse total como é apresentado na figura 7:

**Figura 7 - Porcentagem de água demandada dividida em setores**



Fonte: ANA (2012)

Esses valores não são muito diferentes quando comparados aos dados ofertados pela ANA (2018), a irrigação regrediu 3,6%, havendo um acréscimo de mais um setor no cálculo e um leve aumento do consumo rural conforme a figura 8:

**Figura 8 - Média anual do total de água consumida no Brasil**



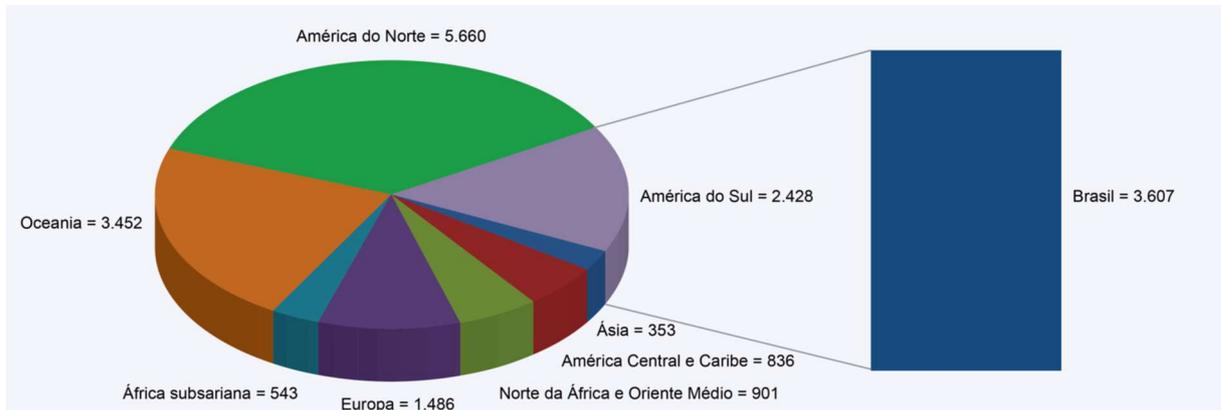
Fonte: ANA (2018)

O gerenciamento de recursos hídricos é definido por parte em função da mecânica econômica e política regional, podendo destinar os recursos não somente ao abastecimento público como também para geração de energia, irrigação e produção de alimentos. Esse é parte

do problema apontado por Rogers (2006), o gerenciamento do uso desses recursos deve ser a principal causa da crise hídrica atual. (TUNDISI, 2008)

A ANA (2012) apresentar um gráfico relacionando o volume de água armazenado com o número de habitantes:

**Figura 9 - Capacidade de armazenamento de água por habitante no mundo (m<sup>3</sup>/habitante)**



Fonte: ANA. Adaptado de: WHITE 2005 apud McCARTNEY, M.; SMAKHTIN, V.

Pela leitura da imagem apresentada pela ANA (2012) é possível verificar que o valor referente ao Brasil é superior a outros continentes, apontando uma enorme quantidade de água reservada. Esse índice deixa claro a deficiência da gestão de recursos hídricos no Brasil.

As situações climáticas são extremamente relevantes no ciclo hidrológico, de certa forma é parte fundamental para que todo o ciclo se concretize. Nenhuma região do planeta é isenta de alterações climáticas e atualmente as mudanças ocorrem com muito mais frequência em decorrência da ação humana. Essas alterações interferem, de acordo com Tundisi, na quantidade e qualidade da água, impactando diretamente na oferta de recursos hídricos e na saúde humana. (TUNDISI, 2008)

Segundo dados apresentados pela ANA (2018) o aumento da demanda hídrica no Brasil causou um aumento do estresse hídrico. Estresse esse que é agravado devido às características de cada região no país, como citado por Tundisi (2008) a situação climática é fundamental no ciclo hidrológico, portanto algumas regiões brasileiras, principalmente onde se encontra o semiárido, sofrem demasiadamente com o fator clima, já que possuem índices de precipitação inferiores a 900mm, altas taxas de evapotranspiração e elevadas temperaturas durante todo o ano.

Ainda segundo Tundisi existem três problemas fundamentais que devem ser estudados e plenamente entendidos antes de estruturar qualquer solução. O primeiro deles se trata de

extremos hidrológicos, eventos como enchentes, deslizamentos, transbordamentos nas várzeas ou secas intensas são exemplos de alterações climáticas e devem ser estudadas antes de concretizar um estudo de intervenção. O segundo problema diz respeito à contaminação; com o intenso processo de urbanização ocorre acentuados casos de contaminação, o uso descontrolado do solo acarreta em um desequilíbrio mineral interferindo nos ciclos de outros elementos, conseqüentemente o aumento da temperatura e a resistência à circulação; dessa forma espera-se uma frequência maior de cianobactérias, tornando assim as fontes de água mais tóxicas. Por fim o terceiro entrave seria a economia regional e nacional; nesse ponto parte o princípio das soluções de problemas que devem ser entendidos e reorganizados de acordo com os interesses da região e equilibrá-los da melhor forma com o ambiente para sejam assim atendidas às necessidades da população que demanda recursos hídricos simultaneamente à preservação das fontes de água. (TUNDISI, 2008)

## 2.4 SOLUÇÕES PARA ABASTECIMENTO

Para Pinto-Coelho e Havens (2015) não é o suficiente a criação de novos instrumentos legais, extinção ou fusão de ministérios ou autarquias. A busca de uma melhor articulação interinstitucional, de novos enfoques e conceitos é fundamental para a evolução da gestão dos recursos hídricos. Segundo os autores é necessário buscar um envolvimento com os setores produtivos para agregar um certo valor aos recursos hídricos, melhorando o comprometimento socioambiental, passando a investir mais em pesquisas e estimulando o desenvolvimento tecnológico ambiental.

Tundisi (2008) acrescenta que no cenário mundial o Brasil é detentor de 14% de toda a água do planeta, porém com uma enorme desigualdade na distribuição no território nacional. Se compararmos a população amazonense com a população paulista podemos chegar aos números de 700000m<sup>3</sup>/hab/ano no Amazonas enquanto em São Paulo esse número se limita a 280m<sup>3</sup>/hab/ano. Essa diferença se dá não somente pela oferta de água como também pela demanda, esses números apontam com clareza a desigualdade na distribuição de água no Brasil, apontando cada vez mais para a necessidade de desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de águas.

Apesar de nos encontrarmos em um cenário de desigualdade na distribuição de recursos hídricos é interessante nos atentarmos à revitalização das fontes de recursos (rios, lagos e represas). No Sudeste em especial, se negligencia a manutenção dessas fontes; se houvesse a

promoção desse tipo de atividade, além dos benefícios em relação a saúde pública, também seria estimulado um setor pouco presente nessa região, ofertando cada vez mais empregos e desenvolvendo a economia local. Segundo Tundisi (2008) essa estratégia deve ser aplicada a todo o país, promovendo cenários de longo prazo estimulando políticas públicas consolidadas.

Em locais nos quais a oferta de água não sacia a demanda da região deve se considerar outros métodos de obtenção de recursos. Em regiões litorâneas, por exemplo, o desenvolvimento do processo de dessalinização para tornar o custo mais acessível pode ser uma excelente solução para abastecimento da população principalmente do Nordeste. (TUNDISI, 2008)

Transposições de bacias é um método eficiente, porém envolve estudos aprofundados, com relatórios de impacto e projeto de preservação bem aplicado para garantir o equilíbrio das fontes envolvidas sem prejudicar profundamente o meio ambiente.

## 2.5 TRANSPOSIÇÃO DE RIOS

Segundo Tucci (2003) a transposição é: “[...] o transporte da água no espaço, mitigando os efeitos da variabilidade espacial”, já para Paulo Afonso (2013): “Transposição entre bacias hidrográficas é a retirada de água de uma bacia hidrográfica para ser usada em outra.” Portanto, a transposição de um rio ocorre quando há uma alteração no curso de uma determinada fonte, o qual pode ser desviado para outro manancial ou até mesmo ter o seu curso natural reconstruído de forma artificial através da ação antropomórfica.

Geralmente este processo só se faz presente quando há necessidade de abastecimento de uma região, ao mesmo tempo que outra vizinha possui abundância do mesmo recurso. Assim, esse método viabiliza uma administração melhor do recurso água, atendendo a demanda de regiões carentes; contudo os riscos são consideravelmente altos neste tipo de empreendimento, podendo comprometer o abastecimento de água e provocar também impactos na fauna e flora da região.

### 3 CARACTERIZAÇÃO MUNICIPAL

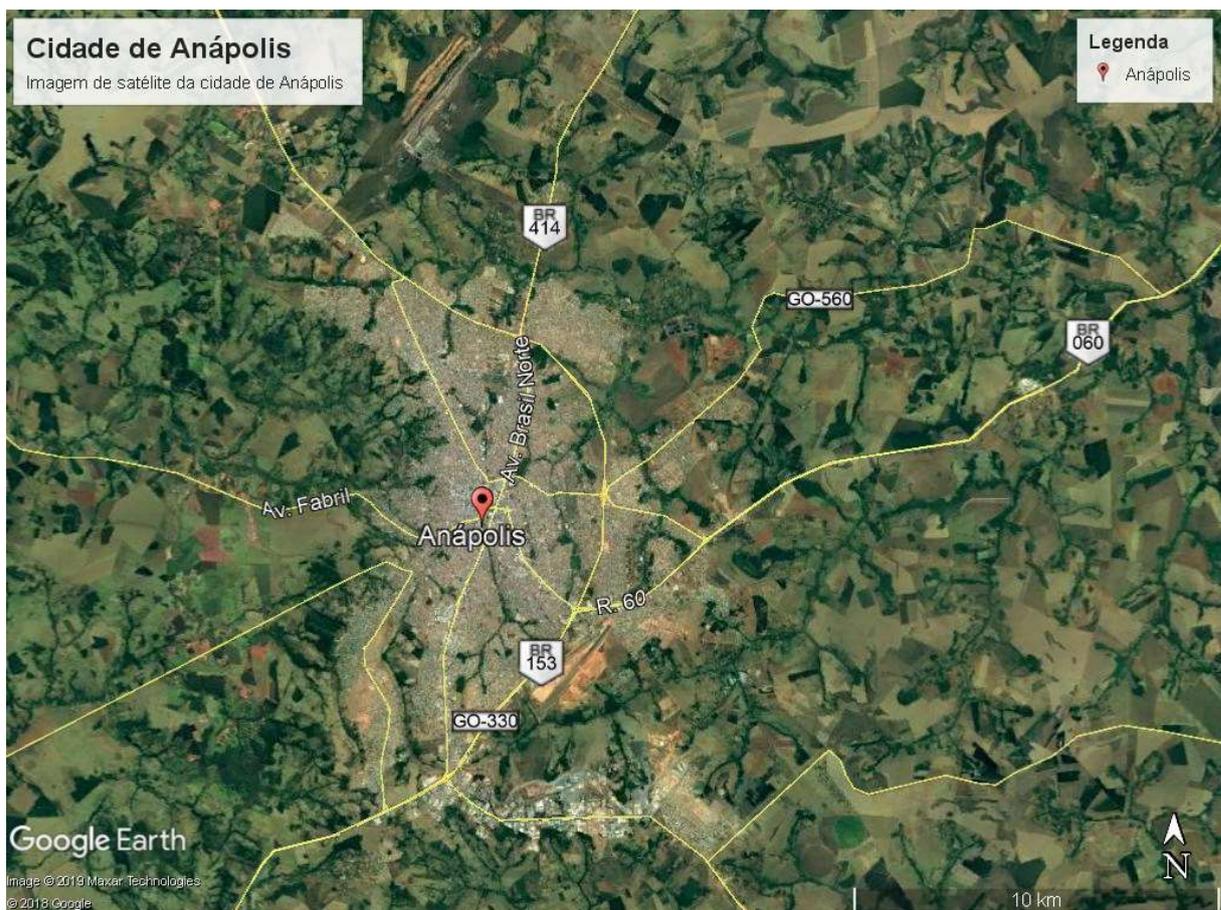
#### 3.1 MUNICÍPIO

O município de Anápolis se encontra no interior de Goiás na região Centro-Oeste do Brasil. A cidade está localizada no Planalto Central brasileiro, abrangendo a mesorregião centro goiano e a microrregião de Anápolis. Sua localização também é de grande importância para sua reputação econômica, contando com um forte polo industrial, o DAIA.

Seu clima é tropical e de estação seca e sua altitude é de 1.017 metros.

Além disso, o município está aproximadamente a 50 km da capital goiana e a 140 km do Distrito Federal do país. Uma característica notável é que o clima da cidade é mais ameno e fresco que a capital do estado, Goiânia. Abaixo tem-se uma imagem de satélite da cidade de Anápolis:

**Figura 10 - Imagem de satélite da cidade de Anápolis**



Fonte: Google Earth (2019)

Segundo o IBGE, no último censo em 2010 a cidade contava com 335.032 habitantes. Já o censo divulgado no ano de 2018, apresentou uma projeção de 381.970 habitantes. Atualmente, de acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a população estimada é de 386.923 habitantes.

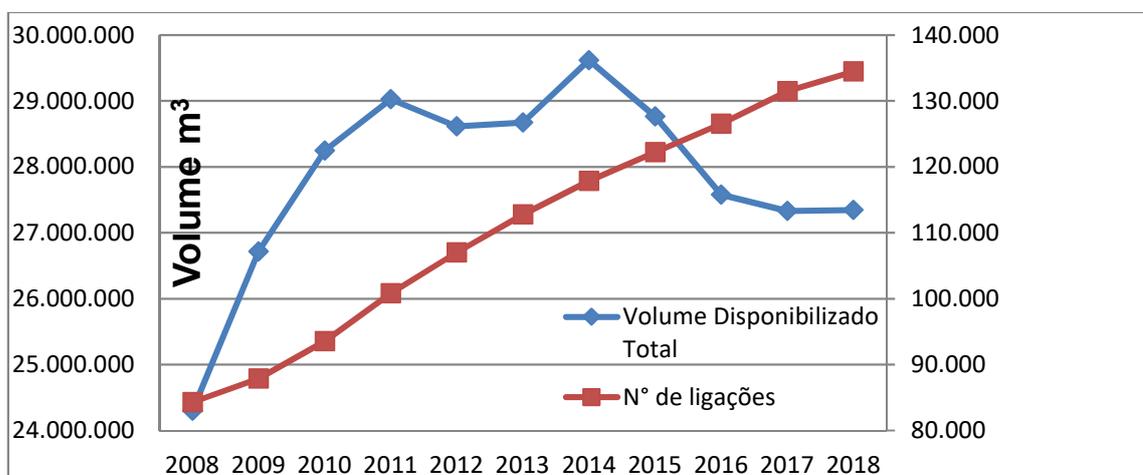
Os últimos dados divulgados em 2015, estimaram o PIB da cidade em R\$ 13.301.496.

A cidade está situada entre duas bacias importantes: a Bacia Meia Ponte e a Bacia Corumbá. A bacia Meia Ponte atinge parte da região de Goiânia, e tem seu abastecimento contribuído pelo Ribeirão João Leite. Vale ressaltar que este ribeirão tem sua nascente localizada em Anápolis. Quanto a Bacia Corumbá, esta abrange grande parte da região de Anápolis, a mesma é um grande contribuinte para o Rio Paranaíba. A localização das cidades e a representação das bacias localizadas em seu entorno estão no Anexo 3.

### 3.2 DADOS DE CONSUMO

De acordo com dados fornecidos pela empresa de saneamento de Anápolis no ano de 2008 o volume de água captada do sistema Piancó somado com o sistema DAIA foi por volta de 24.299.567m<sup>3</sup>. Nesse mesmo ano a SANEAGO era capaz de atender cerca de 84.286 contas de água, em 2014 o volume captado alcançou o maior ponto até então, cerca de 29.618.643m<sup>3</sup> abastecendo cerca de 117.848 contas. Porém devido a redução do consumo per capita aliado as melhorias do sistema para redução de perdas o volume de água captada tem reduzido desde então mesmo com o aumento de contas abastecidas. Dito isso chega-se aos valores apresentados nos 3 anos. Sendo em 2016, um volume captado somente do EIA Piancó I de 24.495.113m<sup>3</sup>; em 2017 de 24.118.181m<sup>3</sup>; e em 2018 de 23.936.152m<sup>3</sup>. Na tabela a seguir pode-se perceber o andamento da produção de água do sistema Piancó somado com o sistema DAIA, que representa a demanda de todo município:

**Figura 11 - Relação de produção de água com N° de ligações de água**



Fonte: SANEAGO (2019)

O mês que apresenta o maior volume de água captada é o mês de agosto, considerando como referência o ano de 2018. Esse período apresentou uma diferença de 67.793m<sup>3</sup> em relação à média de volume captado anualmente. Esse valor representa 3,56%, um valor bem expressivo pois se trata de valores exorbitantes. Apesar de apresentar o maior valor, verifica-se os valores médio de captação por dia dentro de cada mês, em discussão, agosto apresenta 66.592m<sup>3</sup>/dia contra 68.031m<sup>3</sup>/dia em setembro, sendo assim setembro apresenta a maior demanda de água, a diferença das vazões total se dá pela diferença de dias de cada mês.

Em setembro a estiagem alcança seu pior momento e o ápice da captação de água. Essa é uma das justificativas da intervenção no Capivari, a transposição seria um grande alívio no sistema nesse período.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

#### 3.3.1 Contextualização

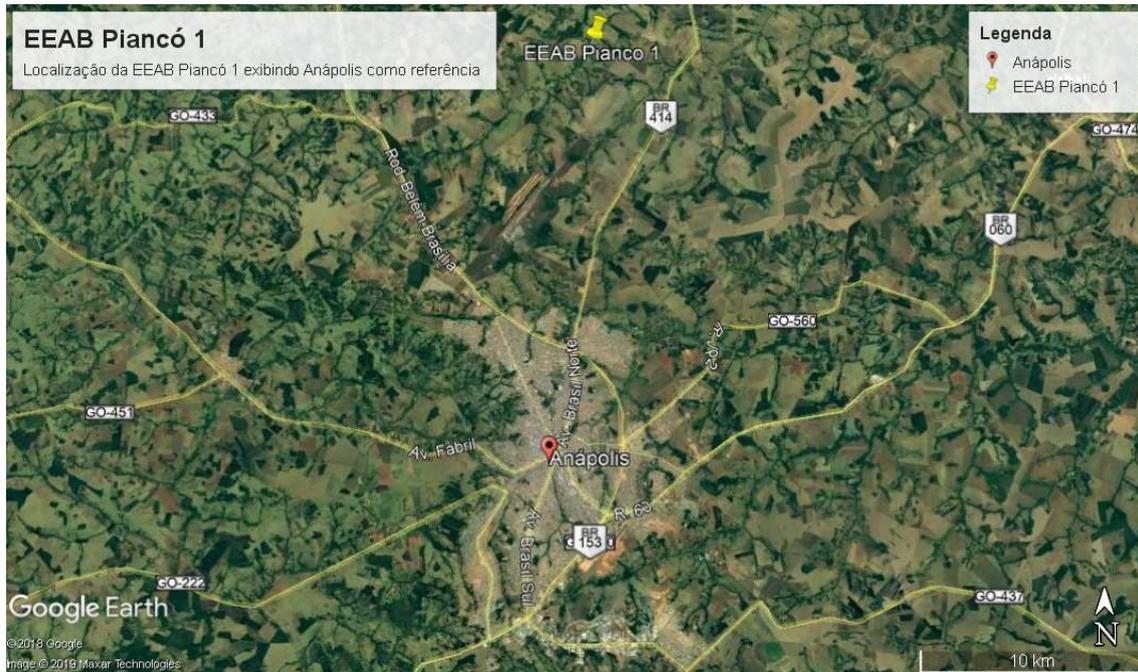
Em 1999 foi definido no município, um plano diretor de Água e Esgoto de Anápolis e em 2010 um plano municipal de saneamento foi concebido para avaliar e fornecer subsídios à investimentos para aprimoramentos e ampliações do sistema de abastecimento de água. O plano citado, ajudou a pragmatizar o processo de saneamento na região e este deve manter as avaliações até o ano de 2042, segundo a projeção.

Diante das inúmeras crises hídricas nos últimos anos em Anápolis e devido ao aumento da demanda de recursos hídricos na região, surgiu-se a necessidade de uma intervenção por parte da principal empresa de saneamento do nosso estado, SANEAGO, a qual apresenta 226 concessões municipais em todo o estado. Foi constatada a necessidade de ampliação do sistema de captação a fim de atender a demanda hídrica na cidade e região, cujo sistema deveria ser suficiente não somente em períodos de escassez, mas visando o abastecimento a longo prazo. Para tal situação, uma empresa terceirizada foi contratada para realizar os estudos de caracterização da região de Anápolis, contemplando também alguns outros municípios da Região Metropolitana de Goiânia (RMG).

#### 3.3.2 Situação física do sistema de captação

O sistema de Captação de Anápolis conta com alguns pontos de retirada de água. O primeiro ponto a jusante da ETA de Anápolis é o EEAB (estação elevatória de água bruta) Piancó 1, localizada na coordenada 16° 9'26.61"S 48°56'7.49"O conforme a figura a seguir:

**Figura 12 - Localização da EEAB Piancó 1 exibindo Anápolis como referência**



Fonte: Google Earth (2019)

O Piancó 1 é equipado com 3+1 bombas com 900 HP cada uma e com as 3 bombas ligadas juntas possuem capacidade de trabalhar com 182 *mca* contribuindo com 700 *l/s*. Devido a ampliação das adutoras em 2018, as 4 bombas juntas têm potencial de trabalhar até 1000 *l/s*. A imagem a seguir mostra as 4 bombas localizadas no Piancó 1:

**Figura 13 - Bombas de captação de água na EEAB Piancó 1**



Fonte: Autoral (2019)

Apesar de uma boa capacidade de adução de água em períodos de estiagem a vazão do ribeirão Piancó na EEAB Piancó 1 não é o suficiente por si só para atender a demanda de Anápolis, sendo assim foi instalado um segundo ponto de Captação no encontro do Piancó com o Anicuns, chamado de Piancó 2. Neste ponto existe uma pequena barragem onde se faz a captação da água conforme a imagem a seguir:

**Figura 14 - Barragem na EEAB Piancó 2**



Fonte: Autoral (2019)

Esse encontro e o local de captação fica as margens da BR 414 nas coordenadas - 16° 7'50.10"S 48°53'45.08"O. Nesse ponto existem três bombas responsáveis por enviar a água captada para o Piancó 1. A seguir segue uma imagem que representa a chegada de água no EEAB Piancó 1:

**Figura 15 - Ponto de chegada da água da EEAB Piancó 2 na EEAB Piancó 1**



Fonte: Autoral (2019)

A captação de água na estação chamada Piancó 2 está localizado o encontro do Ribeirão Piancó e o Ribeirão Anicuns, porém não há registros do nome que permanece após o encontro dos dois cursos hídricos, dessa forma será utilizado o nome Piancó para se referir a esse trecho que compreende o encontro do Anicuns com o Piancó até o encontro desse trecho com o Capivari.

A jusante da captação do Piancó 2 o Ribeirão Piancó deságua no Ribeirão Capivari, logo a frente desse encontro está o objeto de estudo desse trabalho. O ponto de captação de água no Ribeirão Capivari. Esse ponto se encontra às margens da BR 414 nas coordenadas de  $16^{\circ} 6'32.74''S$   $48^{\circ}52'37.83''O$ , a imagem a seguir retrata o encontro do Piancó com o Capivari:

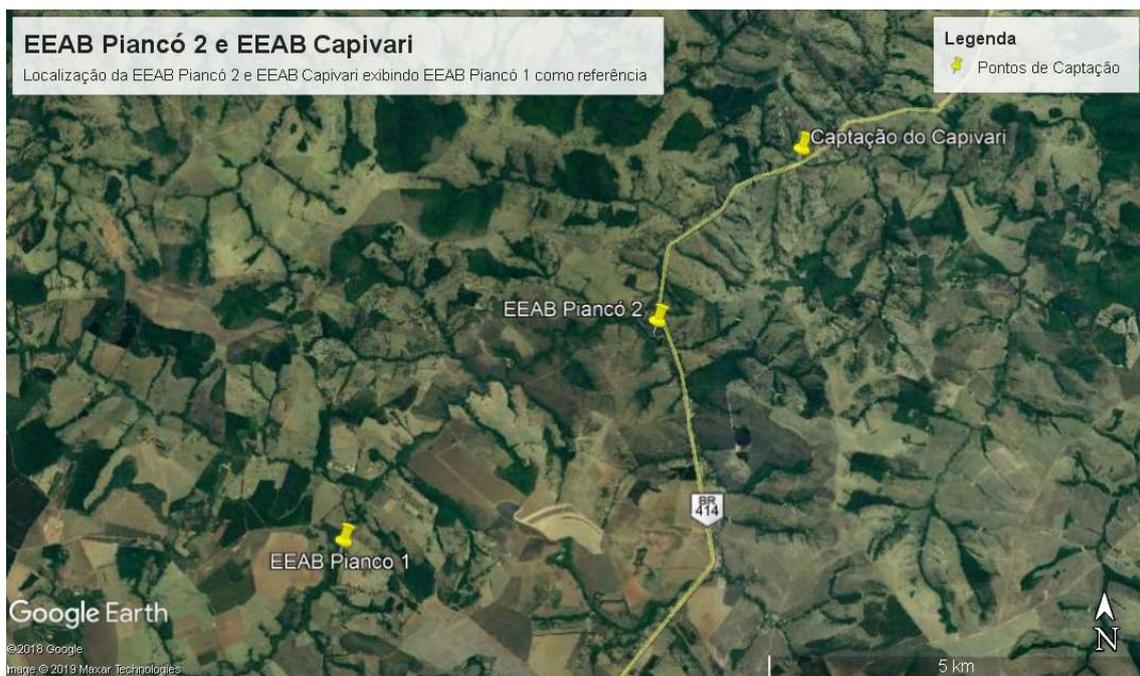
**Figura 16 - Ponto de encontro do Ribeirão Piancó e o Ribeirão Capivari**



Fonte: Autoral (2019)

Para fins de noção de posicionamento a imagem abaixo exhibe os pontos de captação comentados anteriormente em relação ao traçado da BR-414:

**Figura 17 - Localização das elevatórias Piancó 2 e Capivari**



Fonte: Autoral (2019)

Nesse ponto existe uma estrutura de Captação já instalada, porém tanto a bomba quanto o gerador estão armazenados e somente será acoplada ao sistema em casos de déficits dos outros 2 pontos a montante. As imagens a seguir são da estrutura para receber a bomba do Capivari e do ponto de captação no Ribeirão respectivamente:

**Figura 18 - Local de instalação da bomba de recalque no Ribeirão Capivari**



Fonte: Autoral (2019)

Um pouco abaixo do local de instalação da bomba no sentido da tubulação de cor mais escura está localizado o ponto de retirada de água. O local desse ponto está representado na figura a seguir:

**Figura 19 – Localização da elevatória Capivari**



Fonte: Autoral (2019)

### 3.4 EXTENSÃO DAS ADUTORAS E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA REGIÃO

De acordo com o relatório fornecido pela Magna Engenharia baseado em dados da própria Saneago, em 2010 a produção de água utilizando o sistema Piancó chegava a 800 l/s, o sistema DAIA alcançava 130 l/s além dos poços profundos que giravam em torno de 25 l/s e 30 l/s. O processo de adução da água conta com 50,7 km de tubulações com diâmetro entre 150 e 600 mm. Naquele ano Anápolis contava com 37.607 m<sup>3</sup> para armazenamento de água tratada e fazia a distribuição de água através de 1.168 km de rede.

O plano diretor de Água e Esgotos Sanitários da Cidade de Anápolis de 2000 estabelece que se deve avaliar a disponibilidade hídrica do município para dessa forma elaborar alternativas para melhorias do sistema de abastecimento bem como avaliar economicamente o sistema e realizar estudos tarifários.

Como parte desses estudos cinco alternativas foram apresentadas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB): Alternativa 1, estabelece o represamento da água a montante da captação atual através de uma barragem; Alternativa 2, realizar a captação no Rio Capivari, o qual apresenta vazão de 739 l/s no período estudado e manter a captação do Piancó, elevando a vazão captada para 1008 l/s; Alternativa 3, captar água no Ribeirão Padre Souza, no Piancó atual e a jusante totalizando 981,5 l/s; Alternativa 4, barragem no desboque do Anicuns,

bombeando da mesma forma que já é feito no Piancó 2, aduzindo a água para a captação atual do Piancó 1. A seguir segue um quadro com as vazões de cada item citado nas alternativas:

**Tabela 1 - Vazão que ocorrem durante 7 dias a cada 10 anos**

<b>Curso d'água</b>	<b>Local / Seção</b>	<b>Q<sub>7,10</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>
Ribeirão Piancó	Captação existente	0,456
Ribeirão Piancó	Jusante da confluência do córrego Anicuns	0,912
Rio Capivari	Jusante da confluência do córrego dos Cardoso	1,387
Rio Piracanjuba	Jusante da confluência do córrego Mutirão	0,713
Rib. Padre de Souza	Jusante da confluência do córrego Stº Antônio	0,811
Rib. Padre de Souza	Montante da ponte na BR-153	0,480

Fonte: Adaptado de Magna Engenharia (2019)

## 4 DIMENSIONAMENTO

Atendendo ao objetivo do trabalho será apresentado neste capítulo os métodos estudados e cálculos utilizados no dimensionamento.

### 4.1 ESTUDO DEMOGRÁFICO

Para a determinação da população da cidade se utiliza métodos matemáticos, conforme definido na metodologia usa-se os métodos explanados por Tsutiya. O autor cita 3 métodos matemáticos bem distintos, são eles:

- Método aritmético
- Método geométrico
- Método da curva logística

#### 4.1.1 Método aritmético

Consiste na ideia de que o crescimento populacional é linear, sendo assim verifica-se a relação da variação da população pela variação de tempo no mesmo período estudado da variação populacional conforme a equação:

$$\frac{dP}{dt} = k_a \quad (1)$$

Onde:

$dP$  – Variação de população (*hab*)

$dt$  – Variação de tempo (*anos*)

$k_a$  – Coeficiente de crescimento aritmético

Dessa forma encontra-se um coeficiente  $k_a$  que se compreende na geometria como coeficiente angular que determina a inclinação de uma reta no plano cartesiano. A equação de uma reta na geometria é a seguinte:

$$f(x) = ma + b \quad (2)$$

Onde:

$f(x)$  – Valor em função de  $x$

$m$  – Coeficiente angular

$x$  – Incógnita referente ao valor correspondente no eixo  $x$

$a$  – Valor referente ao ponto que a função toca o eixo  $y$

Chega-se na mesma fórmula ao integrar a equação do coeficiente utilizando como limites para  $k_a$  utilizando como limites da integral do componente  $P$  os valores de  $P_1$ , referente à população inicial e  $P_2$  para a projeção populacional no ano desejado, tal como para os limites

da integral do componente  $t$  usa-se como limite  $t_1$  referente ao ano de início do estudo e  $t_2$  referente ao ano no qual deseja-se obter a projeção populacional. A seguir pode-se acompanhar o cálculo que precede a equação de projeção populacional pelo método aritmético:

$$\int_{P_1}^{P_2} dP = k_a \int_{t_1}^{t_2} dt \quad (3)$$

$$P_2 - P_1 = k_a(t_2 - t_1) \quad (4)$$

$$P_2 = k_a(t_2 - t_1) + P_1 \quad (5)$$

Como é possível perceber a equação final após o cálculo se assemelha à equação de reta, propondo dessa forma que a população cresce de forma retilínea. Porém é uma inverdade, já que o crescimento populacional varia de acordo com diversos fatores sendo improvável uma proporção retilínea desse crescimento.

#### 4.1.2 Método geométrico

Esse método representa a ideia de que em períodos iguais de tempo o crescimento populacional apresenta a mesma porcentagem de aumento. Isso pode ser escrito matematicamente como:

$$\frac{dP}{dt} = k_g P \quad (6)$$

Onde:

$dP$  – Variação de população (*hab*)

$dt$  – Variação de tempo (*anos*)

$k_g$  – Coeficiente de crescimento geométrico

$P$  – Valor da população do ano estudado

Ao seguir com a integração da fórmula apresentada são chegadas às seguintes resoluções:

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} = \int_{t_1}^{t_2} k_g dt \quad (7)$$

$$\log P_2 - \log P_1 = k_g (t_2 - t_1) \quad (8)$$

$$k_g = \frac{\log P_2 - \log P_1}{t_2 - t_1} \quad (9)$$

$$\log P_2 = \log P_1 + k_g(t_2 - t_1) \quad (10)$$

$$P_2 = P_1 e^{k_g(t_2 - t_1)} \quad (11)$$

Apesar de apresentar uma solução mais plausível que o método aritmético ainda existe uma consideração não contemplada, já que o método geométrico aponta um crescimento exponencial e infinito, diferente do que realmente acontece com o crescimento populacional.

#### 4.1.3 Método da curva logística

Esse método afirma que o crescimento populacional acompanha uma relação matemática do tipo curva logística, no qual a curva evolui assintoticamente em função do tempo para um valor limite chamado de população de saturação representada pela incógnita  $K$ .

Essa curva apresenta três trechos bem distintos: o primeiro é um crescimento acelerado no qual a curva sai de um ponto próximo de 0; o segundo é uma desaceleração do crescimento com características próximas da linearidade; o terceiro é uma estabilização próxima da população de saturação voltando para uma característica semelhante a inicial. Os trechos citados como primeiro e terceiro apresentam um ponto de inflexão, ou seja, uma mudança no sentido da curva).

A equação logística segue a seguinte estrutura:

$$P = \frac{k}{1 + e^{a-bT}} \quad (12)$$

Onde:

$P$  – Valor da projeção do ano desejado

$k$  – Coeficiente da curva logística

$e$  – Número de Euler

$a$  – Parâmetro de cálculo da equação

$b$  – Parâmetro de cálculo da equação

$T$  – Diferença do ano desejado para o primeiro ano usado para obter-se a equação

Para a obtenção da equação que representa a curva de crescimento da população estudada é necessário o cálculo das incógnitas apresentadas na equação. Estas devem respeitar algumas condições, sendo eles: o valor de  $a$  deve ser tal que para o ponto onde  $T=a/b$  exista

uma mudança do sentido da curva (inflexão); o valor de  $b$  é a razão de crescimento da população e  $T$  que representa o intervalo de tempo entre o ano da projeção e  $t_0$ ; para tais parâmetros são determinados a partir de 3 pontos conhecidos da curva definidos por  $P_0(t_0)$ ,  $P_1(t_1)$  e  $P_2(t_2)$ , onde  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$  são igualmente espaçados no tempo, ou seja,  $t_1 - t_0 = t_2 - t_1$ , e os valores de  $P_0 < P_1 < P_2$  e  $P_0 P_2 < P_1^2$ .

Os parâmetros da equação da curva logística são calculados pelas seguintes equações:

$$K = \frac{2P_0P_1P_2 - (P_1)^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - (P_1)^2} \quad (13)$$

$$b = -\frac{1}{0,4343d} \log \frac{P_0(K - P_1)}{P_1(K - P_0)} \quad (14)$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{K - P_0}{P_0} \quad (15)$$

Onde:

$K$  – Coeficiente da curva logística

$P_0$  – Número de habitantes no primeiro ano

$P_1$  – Número de habitantes no primeiro ano

$P_2$  – Número de habitantes no primeiro ano

$d$  - Intervalo de tempo entre  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ , que são os anos referentes as populações  $P_0$ ,  $P_1$  e  $P_2$

Considerando os dados fornecidos pela curva logística esse é o método matemático que mais se assemelha ao comportamento real do crescimento populacional, sendo assim será o método utilizado para a o cálculo da projeção populacional desse trabalho.

#### 4.1.4 Cálculo da projeção populacional

Para prosseguir com os cálculos alguns dados de censos demográficos anteriores foram necessários, esses dados foram obtidos através da plataforma online do IBGE.

O método matemático a ser utilizado (curva logística) exige 3 pontos conhecidos para formulação de uma equação que dará a estimativa da população, portanto usa-se dados dos censos de 1991, 2000 e 2010. A população em habitantes nos anos de 1991, 2000 e 2010 eram respectivamente 239.378, 288.085 e 334.613. Porém existe uma condição do sistema matemático citada anteriormente a qual determina que os intervalos de anos devem ser iguais respeitando a seguinte equação  $t_1 - t_0 = t_2 - t_1$ , sendo assim:

$$2000 - 1991 = 2010 - 2000 \quad (16)$$

Essa afirmação não é verdadeira, entretanto a literatura usada para esse dimensionamento determina que em casos como esse é recomendado o uso do método geométrico para estimar a população para um determinado período com o fim de corrigir essa condição.

Para a correção foi utilizado os dados de 1991 e 2000 para a estimativa do ano de 1990, fixando o intervalo  $d$  para 10 anos. O cálculo utilizando o método geométrico foi o seguinte:

$$k_g = \frac{\ln 288085 - \ln 239378}{2000 - 1991} \quad (17)$$

$$k_g = 0,020579 \quad (18)$$

$$P(1990) = 288085 * e^{0,020579*(1990-2000)} \quad (19)$$

$$P(1990) = 234502 \quad (20)$$

Como resultado encontra-se que em 1990, especificamente um ano antes do censo demográfico pelo IBGE. A população prevista através do método geométrico para a cidade de Anápolis era de 234.502 habitantes.

Portanto os cálculos dos parâmetros para a cidade de Anápolis seguem da seguinte forma:

$$K = \frac{2 * 234502 * 288085 * 334613 - (288085)^2(234502 + 334613)}{234502 * 334613 - (288085)^2} \quad (21)$$

$$K = 446790.0465 \quad (22)$$

$$b = -\frac{1}{0,4343 * 10} \log \frac{234502(446790.0465 - 288085)}{288085(446790.0465 - 234502)} \quad (23)$$

$$b = 0.049668178 \quad (24)$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{446790.0465 - 234502}{234502} \quad (25)$$

$$a = -0.09952 \quad (26)$$

A equação final que representa a curva logística para a cidade estudada é a seguinte:

$$P = \frac{446790.0465}{1 + e^{-0,09952 - 0.049668178 * T}} \quad (27)$$

Onde:

$P$  – Número de habitantes para o ano estudado

$e$  – Constante de Euler

$T$  – É a diferença do ano estudado para o primeiro ano usado para a elaboração da curva logística, no caso do presente trabalho, 1990

Feito isso analisa-se a demanda atual no ano de 2019 utilizando a previsão fornecida pelo método da curva logística e confrontar com os dados de captação de anápolis. A medida que a população cresce também se aumenta a demanda e será analisado até que momento o sistema atual será suficiente para garantir o abastecimento da cidade, dando ênfase na recente transposição do Capivari e analisando sua contribuição.

#### 4.1.5 Estimativa da demanda

##### 4.1.5.1 Apresentação dos dados e metodologia

A estimativa da demanda foi feita analisando os dados fornecidos pela concessionária e complementando com a estimativa de população utilizando o método explicado no item 4.1.3 para garantir a congruência do trabalho, porém devido a divergência de dados com as estimativas do IBGE será considerado também os dados fornecidos pelo Instituto para fins de comparação.

Para isso foi coletado dados da concessionária de consumo dos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019 com detalhes de captação do Piancó 1, volume importado do sistema DAIA e volume utilizado para serviços de manutenção (referido como água utilizada) de rede e da estação de abastecimento.

**Tabela 2 - Dados de demanda de Anápolis nos anos de 2016, 2017 e 2018**

Dados de consumo da cidade de Anápolis no ano de 2016	
Volume de água bruta (m <sup>3</sup> /ano)	24.495.113
Volume de água utilizada (m <sup>3</sup> /ano)	1.125.123

Volume de água importada (m <sup>3</sup> /ano)	4.208.090
Volume total de água consumida (m <sup>3</sup> /ano)	29.828.326
Dados de consumo da cidade de Anápolis no ano de 2017	
Volume de água bruta (m <sup>3</sup> /ano)	24.118.181
Volume de água utilizada (m <sup>3</sup> /ano)	1.169.366
Volume de água importada (m <sup>3</sup> /ano)	4.438.363
Volume total de água consumida (m <sup>3</sup> /ano)	29.725.910
Dados de consumo da cidade de Anápolis no ano de 2018	
Volume de água bruta (m <sup>3</sup> /ano)	23.936.152
Volume de água utilizada (m <sup>3</sup> /ano)	1.102.181
Volume de água importada (m <sup>3</sup> /ano)	4.513.929
Volume total de água consumida (m <sup>3</sup> /ano)	29.552.262

Fonte: Autorial (2019)

Com fim de estimativa de demanda o valor considerado para o cálculo será o volume de água bruta somado ao volume de água importada, considerando que em um futuro o sistema Piancó não dependa mais do sistema DAIA. Um ponto importante a ser ressaltado é a inclusão do volume de água utilizada na estimativa. Apesar de não se tratar da demanda populacional propriamente dita, é um volume necessário para a manutenção de todo o sistema em todos seus trechos. Portanto esse valor será incorporado ao cálculo, isso se justifica observando que se houver um aumento do volume captado, entende-se que o valor necessário para realizar a manutenção do sistema também aumente com a mesma proporção.

#### 4.1.5.2 Cálculo da demanda

A demanda é o volume de água que cada habitante recebe de um sistema, para compatibilização com a unidade convencional utiliza-se todos esses dados em litros/segundo\*habitante.

Logo abaixo está representado os cálculos das projeções dos anos de 2016, 2017 e 2018 consecutivamente:

2016:

$$P = \frac{446790.0465}{1 + e^{-0,09952 - 0.049668178*(2016-1990)}} \quad (28)$$

$$P = 357760 \text{ hab} \quad (29)$$

2017:

$$P = \frac{446790.0465}{1 + e^{-0,09952 - 0.049668178 * (2017 - 1990)}} \quad (30)$$

$$P = 361248 \text{ hab} \quad (31)$$

2018:

$$P = \frac{446790.0465}{1 + e^{-0,09952 - 0.049668178 * (2018 - 1990)}} \quad (32)$$

$$P = 364630 \text{ hab} \quad (33)$$

Condensando esses dados obtemos a seguinte tabela:

**Tabela 3 - Projeção populacional para os anos de 2016, 2017 e 2018**

Projeção populacional	
Ano 2016	357760 habitantes
Ano 2017	361248 habitantes
Ano 2018	364630 habitantes

Fonte: Autoral (2019)

Conhecendo esses dados pode-se estabelecer a demanda da cidade em litros por dia para cada habitante, para isso utiliza-se a seguinte equação:

$$D = \frac{C_t}{P * T} * 1000 \quad (34)$$

Onde:

D – Demanda de água (*l/dia\*hab*)

C<sub>t</sub> – Consumo total de água de uma determinada população (*m<sup>3</sup>*)

P – Número de habitantes da população estudada (*hab*)

T – Número de dias do período estudado (*dia*)

1000 – Valor de conversão de *m<sup>3</sup>* para *l*

Para o ano de 2016, o qual apresentava uma população de 357760 habitantes o consumo total foi de 24.495.113m<sup>3</sup>. Esse ano em específico foi bissexto, portanto o valor de  $T$  será 366 dias, aplicando a fórmula tem-se que:

$$D = \frac{29828326}{357760 * 366} * 1000 \quad (35)$$

$$D = 227,80 \text{ l/dia} * \text{hab} \quad (36)$$

Portanto em 2016 a demanda por habitante utilizando a curva logística como base de cálculo da projeção populacional o consumo de cada habitante em um dia representado em litros era de 227,80 litros. Esse valor se aproxima bastante do valor utilizado para cálculo de instalações hidráulicas prediais, sendo um bom apontador de coerência do método matemático utilizado para a projeção populacional.

No ano de 2017 houve um ligeiro decréscimo de consumo de água, sendo consumido 29.725.910m<sup>3</sup> no período de 1 ano, a população também cresceu, cerca de 0,97% em relação ao ano anterior. Esse ano não foi um ano bissexto, portanto o valor de  $T$  será 365 dias. O cálculo segue da seguinte forma:

$$D = \frac{29725910}{361248 * 365} * 1000 \quad (37)$$

$$D = 225,44 \text{ l/dia} * \text{hab} \quad (38)$$

É possível notar uma pequena queda no consumo diário por habitante em 2017, ainda permanece bem próximo do valor utilizado em dimensionamento de instalações prediais, ao fim do ano de 2017 cada pessoa economizou em média 1.089,20 litros.

Para o ano que precedeu o ano de confecção deste trabalho a população fornecida pela curva logística era de 364630 habitantes, crescendo menos ainda do que de 2016 para 2017, cerca de 0,94%, o consumo também sofreu uma suave queda. O ano de 2018 não foi bissexto, dessa forma o valor adotado para  $T$  foi de 365 dias. Segue o cálculo da demanda do ano de 2018:

$$D = \frac{29552262}{364630 * 365} * 1000 \quad (39)$$

$$D = 222,05 \text{ l/dia} * \text{hab} \quad (40)$$

Pelo 3º ano consecutivo a demanda sofreu leves decréscimos, apontando que com o passar do tempo a população tende a reduzir o consumo de água; por se tratar de um trabalho que visa o estudo do impacto da transposição do Capivari para o Piancó, utiliza-se a demanda de 2018 que trata do último ano completo do qual obteve-se os dados integrais e não se aplica nenhum tipo de redução da demanda, considerando assim o caso mais desfavorável para o dimensionamento da vazão de captação.

Como citado anteriormente devido a discrepância de dados populacionais apontados pelo método matemática da curva logística e a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, os dados da demanda do ano de 2018 estão sintetizados na seguinte tabela:

**Tabela 4 - Comparativo de demanda entre curva logística e IBGE para o ano de 2018**

Comparativo de demanda para o ano de 2018		
	Curva Logística	IBGE
População estimada (habitantes)	364.630	381.970
Volume total de água consumido(m³/ano)	29.552.262	
Demanda(l/s*hab)	222,05	211,97

Fonte: Autoral (2019)

Devido a diferença de estimativas populacionais a variação da demanda é mais expressiva que as diferenças entre as demandas do ano de 2016, 2017 e 2018 calculados pelo método da curva logística.

Para parâmetro de referência utiliza-se dados de projeção populacional para daqui 50 anos a partir da elaboração desse trabalho, com isso podere-se estimar a demanda e elaborar uma solução para a mesma, sendo assim o cálculo da projeção para o ano de 2069 segue abaixo:

$$P = \frac{446790.0465}{1 + e^{-0,09952 - 0.049668178*(2069-1990)}} \quad (41)$$

$$P = 438.935 \text{ hab} \quad (42)$$

Portanto a demanda em 2069 supondo que não haja nenhum tipo de redução de consumo diário per capita desde 2018 é o resultado da seguinte equação:

$$Q = \frac{P * Q_{hab}}{8,65 * 10^7} \quad (43)$$

Onde:

$Q$  – Vazão demandada de água ( $m^3/s$ )

$P$  – População estimada ( $hab$ )

$Q_{hab}$  – Consumo diário per capita ( $l/dia * hab$ )

$8,65 * 10^7$  – Fator de conversão de  $l/dia$  para  $m^3/s$

A vazão de água demandada em 2069 segundo os consumos baseados no consumo diário per capita de acordo com os dados do IBGE e com os dados da curva logística serão respectivamente:

IBGE

$$Q = \frac{438.935 * 211,97}{8,65 * 10^7} \quad (44)$$

$$Q = 1,076864027m^3/s \quad (45)$$

Curva Logística

$$Q = \frac{438.935 * 222,05}{8,65 * 10^7} \quad (46)$$

$$Q = 1,12676898m^3/s \quad (47)$$

Portanto no ano de 2069 a cidade de Anápolis, de acordo com os dados do IBGE, demandará cerca de 1076,86l/s em média, enquanto a curva logística já aponta um valor bem mais elevado apresentando um total de 1126,77l/s médio no ano para assegurar o abastecimento de água à população de Anápolis. Devido a essa diferença será utilizado o valor de 1126,77l/s por se tratar do caso mais desfavorável em cálculo.

#### 4.1.5.3 Capacidade de trabalho do sistema atual

O sistema Piancó atualmente conta com a vazão de 3 trechos de cursos hídricos, conforme citado anteriormente. O primeiro deles é na EEAB Piancó 1 o qual capta água do ribeirão Piancó e apresenta uma  $Q_{7,10}$  de 0,456m<sup>3</sup>/s; o segundo trecho é na EEAP 2, local de encontro do Ribeirão Piancó com o Córrego Anicuns, esse ponto apresenta uma  $Q_{7,10}$  de 0,912m<sup>3</sup>/s; e o terceiro trecho, que é o objeto de estudo desse trabalho, se trata de um ponto às margens da BR-414 que tem  $Q_{7,10}=1,387m^3/s$ .

Esses valores apesar de serem suficientes para suprir a cidade de Anápolis esbarram em várias questões ambientais. O CERHI-GO (Conselho Estadual de Recursos Hídricos) publicou em 20 de março de 2007 a resolução nº 11 determinando um limite de captação de água, definindo que a soma das vazões outorgadas na bacia não pode exceder 50% da vazão de referência.

Mesmo apresentando essa determinação, a soma das vazões ainda seria o suficiente para o abastecimento da cidade de Anápolis, porém o sistema de captação não suporta toda essa vazão. O ponto de captação de água no Capivari conta com uma bomba com capacidade máxima de bombeamento de 170l/s, muito aquém dos 1.387l/s ofertados, sendo que este ponto é o ponto com maior oferta de água. O Piancó 2 dispõe de 3 bombas, sendo 2 usadas usualmente e a 3ª para momentos de necessidade. Essas 2 bombas são capazes de transportar água a 300l/s, novamente esse valor está aquém do limite estabelecido pelo CERHI-GO de captação de água. O Piancó 1 conta com 4 bombas, sendo 3 utilizadas mais usualmente, podendo recalcar 850l/s para Anápolis e com a ativação da 4ª bomba seria capaz de fazer o lançamento de 1000l/s.

A EEAB Piancó 1 é o último ponto de captação antes de cidade de Anápolis, esta elevatória recebe a contribuição do Piancó 2 que por sua vez recebe a contribuição do Capivari, assim sendo, a vazão de trabalho do Piancó 1 deve ser tal que atenda a demanda citada anteriormente de 1126l/s, já que todas as contribuições são absorvidas por essa elevatória antes do bombeamento para Anápolis.

Considerando portanto que a capacidade de bombeamento total é de 1000l/s essa oferta não é o suficiente para abastecer a cidade até o ano de 2069 de acordo com a projeção da curva logística, mas utiliza-se o mesmo método e através da equação da vazão e substituindo a população pela equação da curva logística é possível encontrar até qual ano o sistema atual é capaz de atender a cidade levando em consideração os dois casos de demanda (curva logística e IBGE) além de considerar que o sistema Piancó abastecerá a cidade toda sem qualquer contribuição do DAIA. Segue abaixo o cálculo:

$$Q = \frac{P * Q_{hab}}{8,64 * 10^4} \quad (48)$$

$$P = \frac{446790.0465}{1 + e^{-0,09952 - 0.049668178 * T}} \quad (49)$$

É importante ressaltar a mudança do valor de conversão, isso porque o valor do  $Q_{hab}$  já é dado em  $l/dia * hab$ , dessa forma a conversão é somente de dia para segundos. Substituindo o P pela equação da projeção tem-se:

$$Q = \frac{\left(\frac{446790.0465}{1+e^{-0,09952-0,049668178*T}}\right) * Q_{hab}}{8,64 * 10^4} \quad (50)$$

Considerando a parcela do expoente da constante de Euler como x e isolando x:

$$Q = \frac{\left(\frac{446790.0465}{1+e^x}\right) * Q_{hab}}{8,64 * 10^4} \quad (51)$$

$$x = \ln\left(446790.0465 - \frac{8,64 * 10^4 * Q}{Q_{hab}}\right) - \ln\frac{8,64 * 10^4 * Q}{Q_{hab}} \quad (52)$$

$$x = \ln\left(\frac{446790.0465 - \frac{8,64*10^4*Q}{Q_{hab}}}{\frac{8,64*10^4*Q}{Q_{hab}}}\right) \quad (53)$$

Substituindo o conteúdo de x ao valor original e isolando T:

$$-0,09952 - 0,049668178 * T = \ln\left(\frac{446790.0465 - \frac{8,64*10^4*Q}{Q_{hab}}}{\frac{8,64*10^4*Q}{Q_{hab}}}\right) \quad (54)$$

$$T = \frac{\ln\left(\frac{446790.0465 - \frac{8,65*10^4*Q}{Q_{hab}}}{\frac{8,65*10^4*Q}{Q_{hab}}}\right) + 0,09952}{-0,049668178} \quad (55)$$

Como foi citado anteriormente o valor de T é o primeiro ano usado no cálculo da curva logística subtraído do ano de estudo, portanto considerando T como ano de estudo a equação em seu formato final é:

$$T - 1990 = \frac{\ln\left(\frac{446790.0465 - \frac{8,65*10^4*Q}{Q_{hab}}}{\frac{8,65*10^4*Q}{Q_{hab}}}\right) + 0,09952}{-0,049668178} \quad (56)$$

$$T = \frac{\ln\left(\frac{446790.0465 - \frac{8,65 \cdot 10^4 \cdot Q}{Q_{hab}}}{\frac{8,65 \cdot 10^4 \cdot Q}{Q_{hab}}}\right) + 0,09952}{-0.049668178} + 1990 \quad (57)$$

Para encontrar o ano limite do sistema atual consideraremos as 2 situações já utilizadas anteriormente que são a demanda encontrada pela curva logística e pelo IBGE, utilizando a equação trabalhada acima, chega-se aos valores:

Curva logística:

$$T = \frac{\ln\left(\frac{446790.0465 - \frac{8,65 \cdot 10^4 \cdot 1000}{222,05}}{\frac{8,65 \cdot 10^4 \cdot 1000}{222,05}}\right) + 0,09952}{-0.049668178} + 1990 \quad (58)$$

$$T = 2026,43 \quad (59)$$

IBGE

$$T = \frac{\ln\left(\frac{446790.0465 - \frac{8,65 \cdot 10^4 \cdot 1000}{211,97}}{\frac{8,65 \cdot 10^4 \cdot 1000}{211,97}}\right) + 0,09952}{-0.049668178} + 1990 \quad (60)$$

$$T = 2035,15 \quad (61)$$

Portanto com a demanda obtida pela curva logística o sistema atual é o suficiente para atender a cidade até o ano de 2026, reiterando que o valor da demanda é um valor médio durante o ano, podendo existir períodos de maior demanda o qual ultrapassará os 1000//s tal como também haverá períodos de menor demanda, com valores inferiores a 1000//s.

O ano estimado para validade do sistema atual utilizando a demanda obtida com os dados do IBGE aponta que o sistema pode ser útil da forma que se apresenta atualmente até o ano de 2035. A diferença entre os dois sistemas é causada pela diferença apontada na estimativa populacional, sendo que o caso apontado pela curva logística aponta um quadro muito mais urgente que o cenário indicado pelos dados do IBGE, novamente será dado ênfase para o caso mais preocupante.

Apesar da capacidade de bombeamento de 1000l/s não é possível utilizar de toda essa capacidade atualmente. Segundo os dados apresentados pela Magna Engenharia, o Ribeirão Piancó na EEAB Piancó 1 tem oferta de 0,456l/s e a capacidade de bombeamento do Piancó 2 é de 300l/s, desta forma mesmo se toda a vazão do Piancó fosse captada para não seria possível explorar a capacidade máxima da elevatória, já que a soma das vazões seria de no máximo de 0,758l/s.

Alguns dados de medição fornecidos pela SANEAGO, porém apontam valores de vazão do Piancó na EEAB Piancó 1 maiores durante outros períodos do ano, algumas medições apontam essa diferença, segue abaixo a lista de medições:

**Tabela 5 - Medições de vazão do Piancó 1**

Data da medição	Vazão medida (l/s)	Vazão bombeada (l/s)	Vazão total (l/s)
26/12/16	405,00	840,00	1245,00
31/07/17	31,00	664,00	695,00
16/01/18	1083,00	0	1083,00
16/01/18	390,50	640	1030,50
30/01/18	536,00	640	1166,00
30/01/18	792,00	341	1133,00
30/01/18	1037,50	0	1037,50
30/01/18	312,50	829	1141,50
27/02/18	1359,50	938	2197,00
27/02/18	1788,00	339	2127,00
27/02/18	2094,00	0	2094,00

Fonte: Autorial (2019)

Algunas medições no EEAB Piancó 2 também apontam vazões superiores em períodos de não estiagem e uma medição em período de seca, a tabela abaixo representam essas vazões:

**Tabela 6 - Medições de vazão do Piancó 2**

Data da medição	Vazão medida (l/s)	Vazão bombeada (l/s)	Vazão total (l/s)
26/12/16	1929,00	0,00	1929,00

31/07/17	381,00	350,00	731,00
30/01/18	2283,00	0	2283,00

Autorial (2019)

Medições em 2 pontos do Capivari demonstram a capacidade do curso hídrico para futuras ampliações, porém a montante dos pontos estudados existe uma alta demanda agrícola, sendo um curso hídrico cercado de conflitos. É possível notar uma bruta queda durante o período de estiagem que pode ser associada a um aumento da demanda agrícola nesse período. Se encontra abaixo os resultados das medições do Capivari em dois pontos estudados para captação:

**Tabela 7 - Histórico de medições do Capivari**

	Ponto	Vazão	Data
Capivari	1	1100	01/08/17
		1737	12/07/18
		1514	09/08/18
		836	10/10/18
		703	29/08/19
		192	23/09/19
		469	27/09/19
	2	1314	01/08/17
		1935	12/07/18
		1227	10/10/18
		985	29/08/19
		421	23/09/19

Fonte: Autorial (2019)

Segundo o relatório da Magna Engenharia a  $Q_{95}$  do Capivari é da ordem de  $1500\text{l/s}$ , dos quais a SANEAGO tem outorga de  $1,2\text{m}^3/\text{s}$  e os produtores da região reivindicaram  $1,0\text{m}^3/\text{s}$ , fato esse que reforça os conflitos pelos recursos do curso hídrico.

Tendo em vista todos esses dados e levando em consideração o limite de retirada de 50% da vazão do curso hídrico é possível dizer, com base nos dados de demanda calculado no item anterior, os cursos hídricos são o suficiente para abastecer a cidade de Anápolis na grande parte do ano. Porém considerando piores casos de vazões fornecidos pelas medições da SANEAGO, o sistema de captação atual não seria capaz de abastecer a cidade de Anápolis se todos esses casos de baixa vazão ocorressem simultaneamente.

## 5 ANÁLISE DE DADOS

### 5.1 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

De acordo com itens anteriores os resultados de projeção populacional e demanda foram condensados na seguinte tabela:

**Tabela 8 - Dados de população e demanda unitária e total**

Projeção populacional			Demanda unitária (l/s)	Demanda total (l/s)
Curva logística	2018	364.630 hab	222,05	937,10
	2059	438.935 hab	222,05	1126,77
IBGE	2018	381.970 hab	211,97	937,10
	2069	438.935 hab	211,97	1076,86

Fonte: Autoral (2019)

Levando em consideração a capacidade do sistema é possível determinar a validade do resultado para o ano de 2026, levando em consideração que a vazão seria constante durante este ano. Em contrapartida os dados de oferta hídrica nos levam a outro entendimento, no qual é impossível o uso por completo da capacidade do sistema por não existir oferta o suficiente nos pontos de estudo associado a capacidade de bombeamento. Por exemplo, em um período de escassez extrema onde a vazão do Piancó 1 é de 469l/s só deve ser captado 234,50l/s de acordo com a resolução nº 11 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. A vazão do Piancó 2 é 731l/s sendo permitido o bombeamento do 365,50l/s, e contendo também o Capivari o qual possui menor dado de oferta de 192l/s, porém nessa data já estava havendo captação de água no Capivari e a medição foi feita a jusante da captação, portanto o volume captado era de 170l/s, esse é a capacidade máxima da bomba instalada no ponto de transposição, sendo assim se o Piancó possui três bombas com capacidade unitária de 150l/s, segundo o relatório da Magna Engenharia, a capacidade máxima da elevatória é de 450l/s, portanto a transposição do Capivari não foi completamente utilizada já que a diferença da capacidade máxima da elevatória e a metade da vazão do Piancó 2 é de 84,5l/s, não sendo esse valor o suficiente para completo aproveitamento dos 170l/s fornecidos pela transposição do Capivari.

Para um melhor aproveitamento da transposição do Capivari é necessária uma ampliação da capacidade de bombeamento do Piancó 2, para que essa elevatória tenha potencial de usufruir completamente da vazão proveniente do Capivari.

## 5.2 CRÍTICAS

O sistema Piancó, apesar de ter capacidade de abastecer Anápolis na maior parte do ano, não possui reservatório de água bruta, portanto a pequena área represada apresentada na EEAB Piancó 1 não tem caráter de reserva, dado seu tamanho e capacidade de volume muito inferior ao demandado pela cidade de Anápolis, sendo o sistema extremamente vulnerável a períodos de estiagem, tendo em vista exposição a volatilidade do volume do ribeirão Piancó. Esse fato é notável ao analisa-se os conflitos recentes com produtores localizados às margens do Piancó que sofreram com a falta de água em algumas regiões da cidade de Anápolis em anos anteriores.

A falta do represamento também submete a captação à capacidade de tratamento da ETA de Anápolis, sendo necessário o controle do bombeamento para que não sobrecarregue o sistema de tratamento; esse ponto é extremamente negativo por causar um desgaste maior do sistema, pois a constante mudança de carga no mesmo leva à fadiga dos materiais empregados, além é claro de não utilizar o potencial dos pontos de captação, sendo esse um custo elevado de manutenção das captações e com resultados pouco eficientes.

Apesar da contribuição da transposição do Capivari ser real, não é de muita valia, já que necessita da elevatória do Piancó 2 para ser transportada até a EEAB Piancó 1 antes de chegar à cidade, porém a elevatória do Piancó 2 não aproveita totalmente a contribuição da transposição por não possuir capacidade de bombeamento o suficiente, sendo que a transposição demandaria de muita energia e não sendo plenamente aproveitada.

## 5.3 SOLUÇÕES

É de extrema importância e levaria a um grande aumento de eficiência, a elaboração de um represamento de água para fim de reserva, dessa forma o sistema de captação não seria tão suscetível às variações de volume de água do ribeirão, além de possuir uma certa autonomia nos períodos de seca. Outro ponto interessante de se ressaltar é que com o represamento todos os outros pontos de captação seriam melhor utilizados, já que não haveria um controle tão rigoroso como é atualmente sobre o de bombeamento de acordo com a capacidade da ETA, a água excedente seria simplesmente reservada e usada posteriormente.

A proposta de represamento foi apresentada pela SANEAGO a Câmara dos vereadores em Anápolis e envolve duas áreas de represamento, são elas: a montante da EEAB Piancó 1 chamada de Piancó IV, o volume na ordem de  $13\text{hm}^3$  e a barragem teria uma altura de 11m; a segunda seria a jusante da atual captação de transposição do Capivari, seria o Capivari III, com um volume de  $14\text{hm}^3$  e altura de barragem de 10m. Apesar da área do Capivari apresentar a maior área de represamento, o transporte de água demandaria mais energia por se tratar de uma captação mais distante que a atual, além de ser necessária várias modificações em todo o sistema de captação atual para atender a vazão demandada pela cidade. Sendo assim a barragem Piancó IV é mais vantajosa por demandar poucas modificações no sistema atual, além de estar mais próxima da cidade sendo o gasto de energia inferior para transporte do que seria no Capivari III. Logo abaixo pode-se visualizar a área de alagamento do Piancó IV:

**Figura 20 - Área de alagamento Piancó IV**



Fonte: SANEAGO (2019)

A área representa todo terreno que será alagado para realização do represamento da água. Na próxima figura está a área alagada do Capivari III:

**Figura 21 - Área de alagamento Capivari III**



Fonte: SANEAGO (2019)

Como citado, mesmo sendo uma área de represamento maior, demanda muita energia para o transporte da água, sendo menos viável que o represamento a jusante da EEAB Piancó 1.

Finalmente para a plena utilização da captação do Capivari, tal como das águas provenientes do encontro do Piancó e Anicuns, é necessária a ampliação da capacidade do Piancó 2, já que este ponto não possui potencial o suficiente para bombear toda a água fornecida pelo Piancó, Anicuns e Capivari. Segundo os estudos da Magna Engenharia a vazão  $Q_{7,10}$  do Piancó 2 é de 912l/s, sendo assim para a completa utilização da oferta de água seria necessário a ampliação do potencial de bombeamento de 450l/s para pelo menos 650l/s, esse valor é composto por 50% de 921l/s somado à vazão da transposição do Capivari da ordem de 170l/s.

## 6 CONCLUSÃO

O sistema de Captação de Anápolis no geral possui uma eficiência abaixo da capacidade isolada dos módulos que compõem o sistema de captação. A falta de reservatório de água bruta levou a evolução do sistema para alternativas que pouco exploram os recursos hídricos disponíveis, além de sofrer limitações de produção devido a capacidade do sistema de tratamento, apresentando, por vezes, resultados insatisfatórios.

É importante ressaltar que problemas de abastecimento, principalmente ligados ao sistema Piancó, ocorrem em períodos de estiagem nos quais o sistema de captação devido a sua vulnerabilidade, causado pela ausência de reservatório de água bruta, a variação de volume disponibilizado pelo curso hídrico.

No que diz respeito à transposição do Capivari fica claro que a contribuição é concreta e possui um valor suficiente para aliviar a demanda da cidade, porém essa vazão depende da elevatória Piancó 2, sendo que a mesma não possui, atualmente, potencial para transportar a água represada na própria elevatória somado à água da transposição. Assim a ideia da transposição se torna algo ineficaz, não apresentando resultados razoáveis considerando o desempenho real do ponto de captação em relação à capacidade de bombeamento da elevatória.

Conforme esclarecido pela concessionária responsável pelo abastecimento da cidade de Anápolis, existem planos de ampliação da EEAP Piancó 2 para que esta tenha sua capacidade de bombeamento aumentado, sendo após a ampliação capaz de não somente atender a atual solicitação de 170l/s da transposição, mas também de ser capaz de transportar toda a água proveniente do futuro represamento do Rio Capivari, o anteriormente citado como Capivari 3.

Conclui-se, portanto, que a transposição teria, atualmente, a eficiência esperada se a elevatória do Piancó 2 tivesse competência de bombear todo volume disponibilizado pela transposição e, também, existisse um reservatório de água bruta, para que a capacidade do sistema de tratamento de água e a variação de volume dos cursos hídricos não fossem tão determinante no bombeamento de água bruta. Entende-se dessa forma que optar pela transposição do Capivari não tenha sido a melhor alternativa para resolução dos problemas de fornecimento de água.

**Anexo**

ANEXO 1 - Planta geral – Adutora de água bruta Capivari x Piancó

ANEXO 2 - Locação da captação – Captação de Capivari

ANEXO 3 - Localização das cidades e a representação das bacias

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Ed.). **A EVOLUÇÃO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2002.

Disponível em:

<<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2002/AEvolucaoDaGestaoDosRecursosHidricosnoBrasil.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília: Ana, 2018.

ANTONELI, Valdemir; THOMAZ, Edivaldo Lopes. **CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA DO ARROIO BOA VISTA - GUAMIRANGA-PR**. Guarapuava-pr: Caminhos de Geografia, 2007. 58 p.

ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 2004. 193p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Transposições Pelo Mundo**. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/transposicoes-pelo-mundo#wrapper>> Acesso em: 28 de fevereiro de 2019

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. **Conceituação de Microbacias**. In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: Ed. RIMA, 2006. 226p

CÉSAR NUNES DE CASTRO. **Transposição do rio São Francisco: análise de oportunidade de projeto**. Disponível em:<[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD\\_1577.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD_1577.pdf)>

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FURUSAWA, Rubens Tadashi. **Contribuição ao dimensionamento de rede de distribuição de água por critério de custo global**. 2011. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

HASSEGAWA, C. M.; FILHO, K. Z.; IGNÁCIO, R. V. V. **Caracterização dos Perfis de Consumo da Região Metropolitana de São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de

Engenharia Sanitária e Ambiental, 20., p. 1899-1098, mai. 1999, Rio de Janeiro. **Resumo do trabalho.** Rio de Janeiro: ABES 1999. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org>>. Acesso em 22 maio. 2019

HELLER, LÉO; LÚVIO, VALTER. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados demográficos.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/anapolis.html>> Acesso em 28 de setembro de 2019.

JR, ARLINDO PHILIPPI. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2005.

LIMA, T. C. S. DE; MIOTO, R. C. T. **Methodological procedures in the construction of scientific knowledge: bibliographic research.** *Revista Katalysis*, v. 10, n. spe, p. 37–45, 2007.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. **Hidrologia de matas ciliares.** In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação.* 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

MACHADO, P. A. M. **Transposições entre bacias no Brasil** (<https://www.ecodebate.com.br/2013/08/08/transposicoes-entre-bacias-no-brasil-artigo-de-paulo-afonso-mata-machado/>)

MAGNA ENGENHARIA. **PESQUISA DE MANANCIAS E ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS, VISANDO A UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO DE GOIÂNIA (E ÁREAS CONURBADAS) E ANÁPOLIS RT 01 - Relatório Técnico - Caracterização Geral da Área de Estudo.** Porto Alegre: Magna Engenharia, 2019.

MARTINS, Tiago José Carrilho. **Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada.** 2014. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2014.

MEIRINHOS, M.; OSÓRIO, A. **The case study as research strategy in education.** *EDUSER: revista de educação*, v. 2, n. 2, p. 49–65, 2010.

PINHATTI, Antonio Luiz. **Aspectos Conceituais da Gestão de Recursos Hídricos e sua aplicação no caso das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, S.P.** 1998. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Área de Administração e Política de Recursos Minerais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998. Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/286770/1/Pinhatti\\_AntonioLuiz\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/286770/1/Pinhatti_AntonioLuiz_M.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2019.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta; HAVENS, Karl. **Crise nas Águas.** Belo Horizonte: Recóleo, 2015.

REBOUÇAS, A. C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador, v. 13, n. ESPECIAL. p. 341–345, 2003

**RESOLUÇÃO CONAMA N° 001**, de 17 de fevereiro de 1986.

ROCHA, Jefferson Marçal da. **Sustentabilidade em questão: economia, sociedade e meio ambiente**. Jundiaí: Littera Editorial, 2011.

ROGERS, PETER P. **Water Crisis: Myth or Reality?**. London, UK: Taylor & Francis plc. 2006.

SABESP. **Fornecimento do novo CCO para o sistema de controle operacional do abastecimento (SCOA) para a região Metropolitana de São Paulo**. Termo de Referência. Tekhnites. São Paulo, 2002.

SANEAGO. **Diversos arquivos sobre dados de vazão dos sistemas de captação e cursos hídricos**. Anápolis, 2019.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SILVA, José Irivaldo Alves de Oliveira. **Ecologização de megaprojetos hídricos: o caso da transposição do Rio São Francisco**. Jaén: Universidad de Jaén, 2014.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TUCCI, CARLOS E. M. **Clima E Recursos Hídricos No Brasil**. Porto Alegre: ABRH 2003.

TUNDISI, JOSÉ GALIZIA. **Problemas e Soluções**. Estudos Avançados v. 22, n. 63, USP, 2008.