



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS VIII – ARARUNA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FRANCISCO MATEUS PINHEIRO FEITOSA**

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM TRIUNFO -  
PB**

**ARARUNA**

**2018**

**FRANCISCO MATEUS PINHEIRO FEITOSA**

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM TRIUNFO -  
PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Saneamento.

**Orientador:** Prof. Me. Igor Souza Ogata.

**ARARUNA**

**2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F311d Feitosa, Francisco Mateus Pinheiro.  
Diagnóstico do sistema de abastecimento de água em Triunfo - PB [manuscrito] / Francisco Mateus Pinheiro Feitosa. - 2018.  
52 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2018.  
"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."  
1. Gestão de água. 2. Indicadores operacionais. 3. Rede de distribuição. I. Título

21. ed. CDD 628.1

FRANCISCO MATEUS PINHEIRO FEITOSA

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM TRIUNFO -  
PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

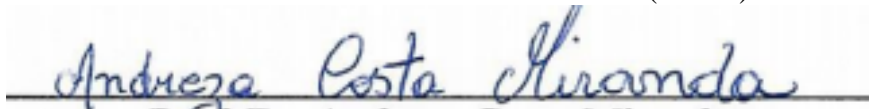
Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

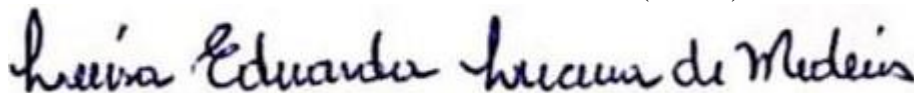


---

Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Andreza Costa Miranda  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Me. Luisa Eduarda Lucena de Medeiros  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha mãe por sempre me apoiar e lutar  
para que esse momento acontecesse, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me abençoar durante todos os anos dessa caminhada, com saúde, sabedoria e força.

A minha mãe Ana Claudia por ser meu maior exemplo, a meu pai Marcos Antônio por todos os ensinamentos, a meu irmão por ser meu companheiro.

Aos meus avós, a meus tios, primos e demais familiares, por todo o carinho, atenção e apoio.

A Eduarda, Clislane, Gabriel, Raphael, João Vitor, João Pedro e demais amigos por todo companheirismo e amizade.

Aos meus colegas de curso, Erverton, Bruno, Eliton e Hiago, por me aturar e me ajudar a vencer os obstáculos durante essa caminhada.

A minha colega de turma, Maria Josiele (Josy), por ter me salvo no fim do curso me auxiliando nas correções e entrega do meu TCC, te amo Josy.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil da UEPB, em especial, Igor Souza Ogata por ser além de tudo um amigo que me ajudou bastante para chegar a esse momento.

Aos colegas de turma pelos momentos de amizade e apoio.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar e analisar as condições do sistema de abastecimento de água da cidade de Triunfo - PB, com a perspectiva de propor mudanças para melhorar as condições do fornecimento de água. Além de visitas técnicas nas unidades operacionais do sistema, foram selecionados alguns indicadores, dentre os mais de 250 indicadores, fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para avaliação da situação operacional e financeira. Dentre os indicadores, foram avaliados os de consumo médio per capita, índice de perdas na distribuição, índice de atendimento total de água, índice de hidrometração, índice de coleta de esgoto, índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto, índice de tratamento de esgoto e índice de desempenho financeiro. Neste estudo foram analisados todos os índices obtidos entre os anos de 1998 até 2016, os quais foram comparados e suas variações analisadas para verificação de melhorias no decorrer dos anos. O sistema de abastecimento de águas apresentou uma melhora considerável nos termos de coleta e serviços de esgoto, em relação ao atendimento de água os valores tiveram pequenas variações. No entanto, em alguns anos fornecimento de água foi interrompido devido à falta da mesma no manancial, sendo um dos fatores que contribuiu para essa escassez hídrica os altos índices de perdas nos anos onde o abastecimento foi maior. A concessionária administradora do sistema de abastecimento teve um prejuízo em quase todos os anos avaliados, precisando assim de melhorias nesse quesito. Mesmo com pequenas melhorias em alguns aspectos, ainda é preciso que sejam realizadas melhorias no sistema de abastecimento de água no intuito de prevenir novos desabastecimentos na cidade de Triunfo - PB.

**Palavras-Chave:** Gestão de água. Indicadores operacionais. Rede de distribuição.

## ABSTRACT

This study aims to characterize and analyze the conditions of the water supply system of the city of Triunfo - PB, with the prospect of proposing changes to improve the water supply conditions. In addition to technical visits in the system operating units, some indicators were selected from among more than 250 indicators, provided by the National Sanitation Information System to assess the operational and financial situation. Among the indicators were evaluated as follows, average consumption per capita, rate of losses in the distribution, total attendance rate of water metering index, sewage collection rate, urban service index sewage referred to the municipalities covered with sewage, sewage treatment index and financial performance index. In this study we analyzed all the indices obtained between 1998 and 2016, which were compared and their variations analyzed to verify improvements over the years. The water supply system presented a considerable improvement in the terms of collection and sewage services, in relation to the water service the values had small variations. However, in a few years water supply was interrupted due to lack of water supply, and one of the factors contributing to this water shortage was the high loss rates in the years of supply. The concessionaire managing the supply system suffered a loss in almost every evaluated year, thus needing improvements in this area. Even with minor improvements in some aspects, it is still necessary to make improvements in the water supply system in order to prevent further shortages in the city of Triunfo - PB.

**Keywords:** Water management. Operational indicators. Distribution network.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Uso da água (retirada e consumo) por setor.....	16
Figura 2 –	Sistema de abastecimento de água.....	17
Figura 3 –	Rede ramificada e rede malhada.....	20
Figura 4 –	Balço Hídrico, modelo IWA, em apoio à definição do conceito de perdas de água.....	21
Figura 5 –	Caracterização das perdas físicas por vazamentos.....	23
Figura 6 –	Componentes para controle de perdas reais.....	26
Figura 7 –	Localização da cidade de Triunfo-PB.....	27
Figura 8 –	Volume de água.....	34
Figura 9 –	Açude de Gamelas em julho de 2009.....	35
Figura 10 –	Açude de Gamelas em julho de 2013.....	35
Figura 11 –	Açude de Gamelas em agosto de 2016.....	36
Figura 12 –	ETA.....	38
Figura 13 –	Floculador mecanizado da ETA.....	38
Figura 14 –	Decantador de alta taxa da ETA.....	39
Figura 15 –	Filtros descendentes da ETA.....	39
Figura 16 –	Reservatório inicial.....	40
Figura 17 –	Reservatório final.....	41
Figura 18 –	Varição de consumo médio per capita entre os anos de 1998 e 2016...	42
Figura 19 –	Índice de perdas.....	43
Figura 20 –	Atendimento total de água.....	44
Figura 21 –	Índice de hidrometração.....	45
Figura 22 –	Índice de coleta de esgoto.....	46
Figura 23 –	Atendimento de esgoto.....	47
Figura 24 –	Índice de desempenho financeiro.....	48

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETA	Estação de Tratamento de Água
IWA	International Water Association
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PMT	Prefeitura Municipal de Triunfo
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
3.1 USOS DA ÁGUA	15
<b>3.1.1 Irrigação</b>	<b>15</b>
<b>3.1.2 Indústria</b>	<b>16</b>
3.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	17
<b>3.2.1 Manancial</b>	<b>17</b>
<b>3.2.2 Captação</b>	<b>18</b>
<b>3.2.3 Adução</b>	<b>18</b>
<b>3.2.4 Recalque ou estação elevatória</b>	<b>19</b>
<b>3.2.5 Tratamento</b>	<b>19</b>
<b>3.2.6 Reservatório</b>	<b>20</b>
<b>3.2.7 Distribuição</b>	<b>20</b>
3.3 PERDAS DE ÁGUA	21
<b>3.3.1 Perdas reais</b>	<b>22</b>
<b>3.3.2 Perdas aparentes</b>	<b>23</b>
<b>3.3.3 Indicadores de perdas</b>	<b>23</b>
<b>3.3.4 Combate as perdas</b>	<b>24</b>
3.3.4.1 Combate as perdas reais	24
3.3.4.2 Controle de perdas aparentes	25
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>26</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	26
4.2 ANÁLISE DE INDICADORES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	27

<b>4.2.1 Consumo médio per capita de água</b> -----	<b>27</b>
<b>4.2.2 Índices de perdas na distribuição</b> -----	<b>28</b>
<b>4.2.3 Índice de atendimento total de água</b> -----	<b>29</b>
<b>4.2.4 Índice de hidrometração</b> -----	<b>29</b>
<b>4.2.5 Índice de coleta de esgoto</b> -----	<b>30</b>
<b>4.2.6 Índice de atendimento de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto</b> ---	<b>30</b>
<b>4.2.7 Índice de tratamento de esgoto</b> -----	<b>31</b>
<b>4.2.8 Índice de desempenho financeiro</b> -----	<b>31</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> -----	<b>32</b>
<b>5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA</b> -----	<b>32</b>
<b>5.1.1 Manancial</b> -----	<b>32</b>
<b>5.1.2 Captação</b> -----	<b>35</b>
<b>5.1.3 Estação Elevatória</b> -----	<b>35</b>
<b>5.1.4 Adução</b> -----	<b>36</b>
<b>5.1.5 Estação de tratamento de água</b> -----	<b>36</b>
<b>5.1.6 Reservatório</b> -----	<b>39</b>
<b>5.1.7 Distribuição</b> -----	<b>40</b>
<b>5.2 AVALIAÇÃO DE INDICADORES E ÍNDICES OPERACIONAIS E FINANCEIROS</b>	<b>40</b>
<b>5.2.1 Consumo médio per capita de água</b> -----	<b>41</b>
<b>5.2.3 Índices de perdas na distribuição</b> -----	<b>42</b>
<b>5.2.4 Índice de atendimento total de água</b> -----	<b>43</b>
<b>5.2.5 Índice de hidrometração</b> -----	<b>44</b>
<b>5.2.6 Coleta e tratamento de esgoto</b> -----	<b>44</b>
<b>5.2.7 Índice de atendimento de esgoto</b> -----	<b>45</b>
<b>5.2.8 Índice de desempenho financeiro</b> -----	<b>46</b>
<b>5.3 PROPOSTA DE MELHORIAS</b> -----	<b>47</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> -----	<b>48</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Desde a criação do Universo que a água é um elemento de vital importância para a quase totalidade dos seres vivos. Dentre esses seres vivos, o homem é sem sombra de dúvidas o que atribui mais importância à água, não só porque esta é um bem escasso no Planeta, mas também porque utiliza esse recurso para fins além de suas necessidades fisiológicas, produzindo riqueza, conforto e lazer, além de haver uma intrínseca relação entre as atividades humanas e disponibilidade de água (MARTINS, 2014).

Devido a essa necessidade extrema do ser humano em relação a água, áreas com maior disponibilidade deveriam ser propícias ao desenvolvimento social. Contudo, essa regra não é universal, como é o caso do Brasil que apesar de possuir a maior disponibilidade hídrica do mundo, ainda possui muitos problemas em seus sistemas de abastecimento de água (SOUZA e MOURA, 2015).

O setor de saneamento no Brasil ainda luta para eliminar os déficits de cobertura dos serviços de água e esgoto. Sendo assim, o retrato atual mostra vergonhosos níveis sanitários para um país que se orgulha de ser uma das grandes economias do mundo, mesmo que a infraestrutura de abastecimento público de água tenha avançado significativamente em relação à cobertura do atendimento principalmente quando comparado com a infraestrutura de coleta de efluentes, mas ainda apresenta lacunas a serem concertadas principalmente nas áreas rurais (TARDELLI FILHO, 2016).

Além da cobertura deficitária dos sistemas de abastecimento existentes nas cidades brasileiras, estes ainda possuem perdas que vão desde a captação até as ligações prediais das residências, o que provoca prejuízos no faturamento e torna a operação dos sistemas bastante onerosa. Portanto, as empresas de saneamento têm direcionado esforços no sentido de combater estas perdas, por conta da demanda crescente por recursos hídricos associados ao crescimento populacional e escassez de água nos mananciais (SANTOS, 2014).

De 2003 a 2016, as secas e estiagens levaram 2.783 municípios a decretarem Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública, sendo que 1.409 cidades do Nordeste (78,5% da região) tiveram que declarar estas condições. Destes municípios, aproximadamente metade decretou emergência ou calamidade pelo menos uma vez em sete anos diferentes. Entre 2013 e 2016, o Nordeste registrou 83% dos 5.154 eventos de secas registrados no Brasil, que prejudicam a oferta de água para abastecimento público e para setores que dependem de água para realizarem atividades econômicas, como geração hidrelétrica, irrigação, produção industrial e navegação (ANA, 2017).

Devido a essa conjunção de fatores, no país, mas especialmente na região nordeste existe uma necessidade de se ter um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, buscando evitar o desperdício da água, seja através do consumidor, seja através da distribuição da água, caracterizados pelas perdas físicas e aparentes.

Sendo assim esse trabalho objetiva caracterizar e analisar o sistema de abastecimento de água do município de Triunfo, estado da Paraíba, com o intuito de buscar maneiras para verificar as principais falhas e propor melhorias para o fornecimento de água. O sistema de abastecimento de água de Triunfo foi selecionado, pois é uma cidade localizada no semiárido nordestino e que passa por frequentes desabastecimento devido à seca e que essa caracterização pode indicar locais e operações inadequadas que causem isso e indicar possíveis soluções.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar e analisar o sistema de abastecimento de água do município de Triunfo, estado da Paraíba, com o intuito de buscar maneiras para verificar as principais falhas e propor melhorias para o fornecimento de água.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar todas as unidades do sistema de abastecimento de água de Triunfo – PB;
- Analisar os dados operacionais e financeiros, fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), para o sistema de abastecimento de água de Triunfo – PB;
- Propor melhorias estruturais e operacionais para melhorar o fornecimento de água no município de Triunfo – PB.



### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 USOS DA ÁGUA**

A utilização da água pelo homem visa atender as suas necessidades pessoais, realizar atividades econômicas (agrícolas e industriais) e promover benefícios sociais. No entanto, devido a essa diversificação no uso da água, há alterações significativas na quantidade e qualidade do recurso hídrico disponível, comprometendo seus usos para os próprios fins. Neste sentido, o aspecto de qualidade é indispensável para realizar o uso adequado dos recursos hídricos, assim como determinado pela Resolução CONAMA N° 357/2005 quando define as classes de água segundo os usos preponderantes. Dentre os usos que mais sofrem com a degradação da qualidade da água, está o uso para fins de abastecimento humano, pois devido ao seu potencial de causar agravos a saúde humana necessita que a qualidade da água seja muito boa e com as ações naturais e antrópicas o uso pode ser prejudicado (SOUZA et al., 2014).

Para melhorar a disponibilidade de água com qualidade adequada para seus fins pré-estabelecidos, a bacia hidrográfica deve ser entendida e gerida como unidade básica de gestão, proporcionando usos múltiplos dos recursos hídricos, de maneira segura, saudável e minimizando os riscos ao homem e ao meio ambiente (NASCIMENTO, 2011). Portanto, para regular essa forma de gestão dos recursos hídricos foi instituída a Lei 9.433/1997, que estabelece a Política Nacional dos Recursos Hídricos, que dentre outras coisas define o instrumento de enquadramento dos corpos de água, como sendo metas de qualidade a serem estabelecidas em corpos de água para garantir usos preponderantes adequados.

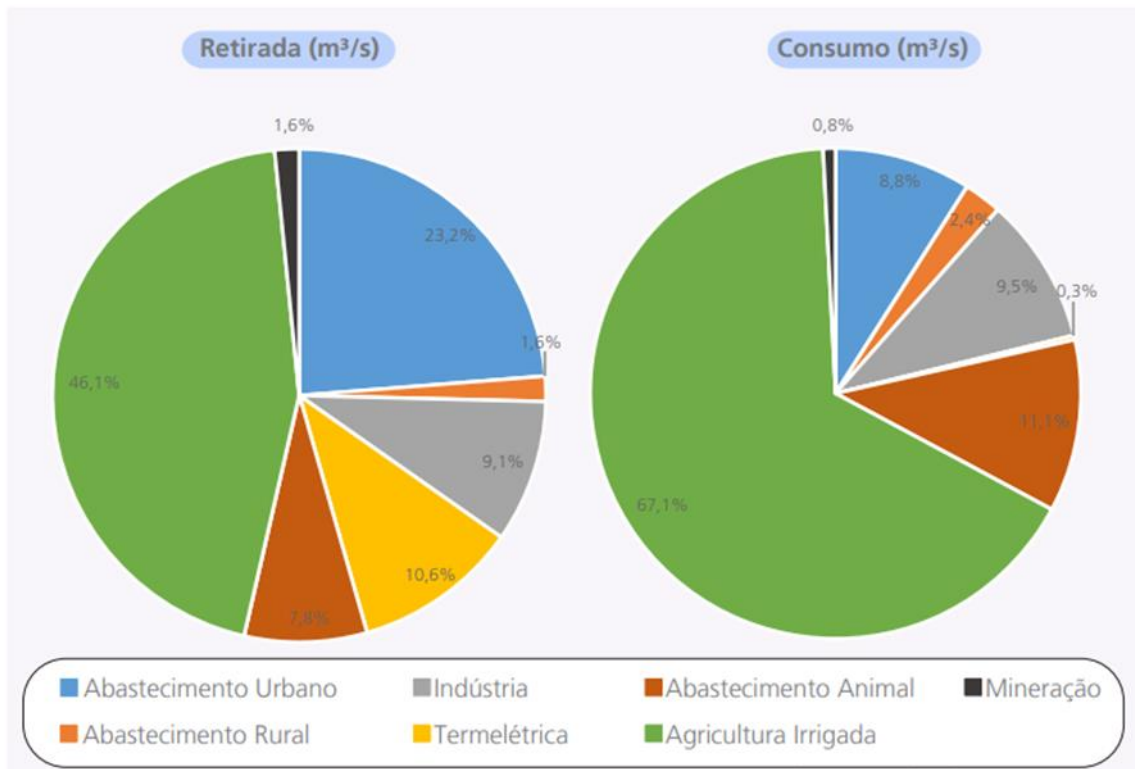
##### **3.1.1 Irrigação**

A irrigação corresponde à prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as plantas. Essa prática está no cotidiano, seja nos gramados de campos de futebol e de condomínios residenciais; ou ainda quando é consumido alimentos rotineiros como arroz, feijão, legumes, frutas e verduras – produzidos em grande escala apenas em áreas sob irrigação (ANA, 2017).

No cenário nacional, a irrigação aparece como o maior uso da água como mostra a Figura 1 e por se tratar de um uso consuntivo ela pode causar danos aos mananciais, contando que nem toda a água retirada retornara ao corpo hídrico. No Nordeste, devido a problemas

relacionados a seca, há uma enorme preocupação em relação as políticas de irrigação, nelas é importante analisar tanto as intenções nelas contidas como sua execução. Segundo Palheta et al. (2012), a análise de planos e programas de irrigação no Nordeste demonstra um enorme hiato entre o discurso e a prática.

**Figura 1** - Uso da água (retirada e consumo) por setor



Fonte: ANA (2017).

### 3.1.2 Indústria

No contexto nacional, a indústria se encontra em terceiro lugar entre os usos consuntivos de água e segundo a ANA (2017), em 2015, 87% dos municípios brasileiros apresentaram vazões de retirada para o setor industrial, sendo que 19 destes apresentaram vazões captadas superiores a 1 m³/s, correspondendo a 17% da demanda total, ainda analisando esses municípios 82 apresentaram vazões de retirada superiores a 0,5 m³/s, correspondendo a 40% da demanda hídrica, o que expressa a forte concentração da demanda industrial, notadamente nos grandes polos urbanos e agroindustriais.

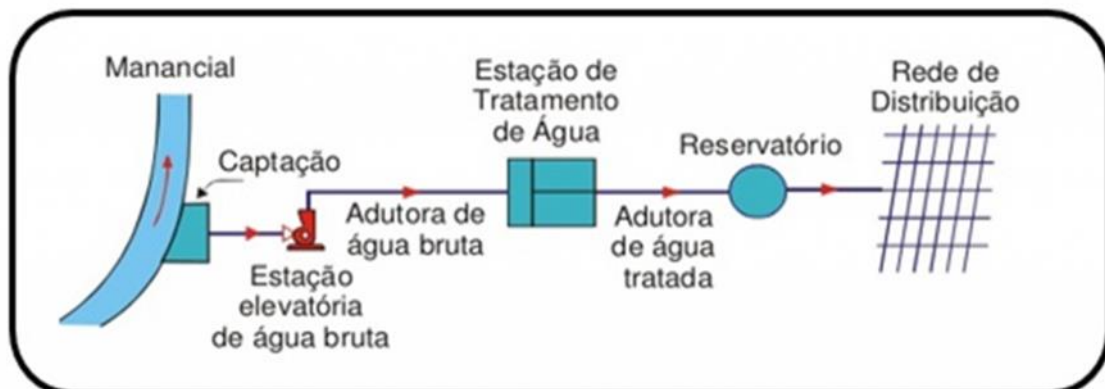
Dois municípios brasileiros se destacam no uso da água para a indústria, utilizando 5,3% de toda a água nacional do setor em 2015 (ANA, 2017), expressando uma concentração destas atividades nos grandes centros urbanos e nas regiões mais desenvolvidas. Portanto, na

região nordeste, especificamente na área de estudo deste trabalho – Triunfo – PB – esse uso é praticamente inexistente.

### 3.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água possui valor significativo para o bem-estar da população de um município, pois está diretamente atrelado a qualidade de vida do ser humano. Segundo MARTINS (2014), um sistema de abastecimento de água é constituído por um conjunto de unidades, as quais são constituídas por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controle. Em complemento, Gomes (2009) define um sistema de abastecimento de água como o conjunto de obras, serviços e equipamentos voltados para o suprimento de água a comunidades, para fins de consumo público, doméstico e industrial.

**Figura 2** – Esquema de um sistema de abastecimento de água



**Fonte:** EOS (2018).

#### 3.2.1 Manancial

O manancial de abastecimento pode ser superficial, subterrâneo (fonte não confinada ou freática, no qual a água se mantém a pressão atmosférica, ou fonte confinada, localizada entre camadas impermeáveis, onde a água se apresenta acima da pressão atmosférica) ou resultante da água de chuvas.

Tanto a quantidade como a qualidade da água disponível são fortemente influenciadas pelo uso e ocupação do solo na bacia de captação. Logo, dispensar atenção ao manancial é a primeira e fundamental garantia da quantidade e qualidade da água que será

fornecida por um SAA, assim disposto na Portaria Ministério da Saúde consolidação nº5 (MINISTERIO DA SAÚDE, 2006).

### 3.2.2 Captação

Segundo a NBR 12.213/1992, a captação é o conjunto de estruturas e dispositivos instalados junto ao manancial para que seja feita a retirada de água que irá atender o sistema de abastecimento de água. E segundo o Ministério da Saúde (2006) a captação de água pode ser tipificada em captação de águas superficiais, captação de águas subterrâneas e captação de água da chuva, dependendo do tipo de manancial empregado.

As estruturas de captação superficial são comumente constituídas pelos elementos caracterizados por barragens ou vertedores - para a manutenção do nível ou regularização da vazão -, órgãos de tomada de água - com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes -, dispositivos para controlar a entrada da água, canais ou tubulações de interligação, órgãos acessórios e poços de sucção e casas de bombas - para alojar os conjuntos elevatórios. Já a captação subterrânea pode ser dividida em captação do lençol confinado e captação do lençol não confinado (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### 3.2.3 Adução

A adução é realizada por meio de um conjunto de canalizações, peças especiais e órgãos acessórios, dispostos entre a captação e a estação de tratamento de água (ETA) ou entre a ETA e o sistema de distribuição (reservatórios e rede) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). As adutoras podem ser classificadas de acordo com a natureza da água transportada, energia utilizada para o escoamento da água e regime de escoamento, como explicitado a seguir.

a) De acordo com a natureza da água transportada

- adutora de água bruta: transporta água da captação até a ETA;
- adutora de água tratada: transporta água da ETA até o sistema de distribuição.

b) De acordo com a energia utilizada para o escoamento da água

- adutora por gravidade: Quando o ponto inicial (extremo de montante) possui a cota mais alta em relação a todos os outros pontos da linha. Nessas condições o escoamento ocorre exclusivamente pela ação da gravidade;

- adutora por recalque: quando se faz uso de um sistema elevatório (conjunto motobomba e acessórios);
  - mista: quando se utiliza trechos em gravidade e em recalque.
- c) De acordo com o regime de escoamento
- adutora em conduto livre: os condutos podem ser abertos (canal) ou fechados, de maneira que a água ocupa apenas parte da seção de escoamento e a superfície mantém-se sob pressão atmosférica;
  - adutora em conduto forçado: a água ocupa toda a seção do tubo, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica, sendo que o escoamento pode ocorrer a partir da energia hidráulica disponível (adutoras por gravidade) ou por energia introduzida (adutoras por recalque) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### **3.2.4 Recalque ou estação elevatória**

Estação elevatória é definida como o local físico onde estão instalados conjuntos motobombas destinados a conduzir a água, com acréscimo de vazão e pressão, de modo que esta possa ultrapassar desníveis geométricos para se garantir a continuidade do abastecimento de água (VICENTINI, 2012).

Conforme Heller e Pádua (2010), as estações elevatórias são denominadas como elevatória de água bruta, quando recalcam água não tratada. Do contrário, são chamadas de elevatória de água tratada.

### **3.2.5 Tratamento**

O conhecimento das características da água bruta permite a avaliação de sua tratabilidade, ou seja, a escolha do processo de tratamento mais adequado e viável do ponto de vista técnico-econômico, para torná-la potável. Por sua vez, o tipo de manancial, superficial ou subterrâneo, é fator determinante das características da água bruta. Segundo a NBR 12.216/1992, a ETA é o conjunto de unidades destinadas a adequar as características da água ao padrão de potabilidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

A Portaria do Ministério da Saúde consolidação n° 5 estabelece que toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de modo a garantir o atendimento ao padrão microbiológico (art. 22), e que toda água para

consumo humano, suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização, deve incluir tratamento por filtração (art. 23) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### 3.2.6 Reservatório

Entre o tratamento e o consumo, geralmente são interpostos reservatórios de distribuição, os quais cumprem os objetivos de atender às variações de consumo na rede de distribuição ao longo do dia, proporcionar a continuidade no abastecimento da população em caso de paralisação da produção de água, manter pressões adequadas na rede de distribuição e garantir uma reserva estratégica em casos de acidentes, especificamente incêndios (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

### 3.2.7 Distribuição

A rede de distribuição representa a fase final de um sistema de abastecimento de água, na qual se procede o fornecimento de água potável ao aglomerado populacional. A distribuição é efetuada por intermédio de condutos da rede pública, que devem ser dimensionados (pressão e diâmetro) de modo a permitir o fornecimento de água às instalações dos edifícios (prédios, moradias, escolas, hospitais, indústrias entre outros) em quantidade suficiente, pressão adequada e qualidade desejável. Na concepção e exploração da rede de distribuição deverão ser aplicados critérios de decisão e medidas preventivas, que preservem a qualidade da água e suas características de potabilidade conferidas durante a fase de tratamento (VILLAS-BOAS, 2008), podendo inclusive definir a tipologia, se ramificada ou malhada (Figura 3).

**Figura 3** - Rede Ramificada (a) e Rede Emalhada (b)



**Fonte:** Villas-Boas (2008).

### 3.3 PERDAS DE ÁGUA

A Paraíba é o Estado mais eficiente do Nordeste em relação a contenção de perdas de água, de acordo com o diagnóstico de 2013 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), divulgado pelo Ministério das Cidades (2013). Neste ano, a Paraíba registrou uma taxa de desperdício de 36,2%, índice abaixo da média nacional (37%), classificado em 11º no ranking do país.

Segundo a Associação Internacional da Água (IWA), perdas são definidas como “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional” (FUNASA, 2014). Neste sentido a IWA, apresenta o balanço hídrico (Figura 4) que explica as parcelas de água, concluindo que as perdas é a diferença entre o volume de entrada e o consumo autorizado.

**Figura 4** - Balanço hídrico, modelo IWA, em apoio à definição do conceito de perdas de água



**Fonte:** Funasa (2014).

Dentre as parcelas apresentadas pela IWA, existem volume de entrada no sistema, consumo autorizado, perdas de água que podem se reais ou aparentes e água não faturada,

podem ser definidas como Volume de entrada no sistema - É a entrada do volume para aquela parte do sistema de abastecimento de água ao qual os cálculos para o balanço de água estão relacionados, Consumo autorizado - É o volume de água medido e/ou não medido tomado por clientes registrados, fornecedor de água e outros implícita ou explicitamente autorizados a assim procederem, para finalidades residenciais, comerciais e industriais. Isso inclui água exportada, Perdas de água - É a diferença entre o volume de entrada no sistema e o consumo autorizado. Consiste de perdas aparentes (perdas não físicas) e perdas reais (perdas físicas), Perdas aparentes (Não Físicas) - Consiste do consumo não autorizado, caracterizados por fraudes e falhas de cadastro, e de todos os tipos de imprecisões ligadas à medição, tanto na macro como na micromedição, Perdas reais (Físicas) - São vazamentos nas adutoras de água bruta, estações de tratamento de água, nas tubulações principais, reservatórios e conexões de serviços, até o ponto de medição do cliente. O volume perdido através de todos os tipos de vazamentos e transbordamentos dependem de suas frequências individuais, coeficientes de vazão e duração, Água não faturada - É a diferença entre o volume de entrada no sistema e o consumo faturado autorizado (CARVALHO, et al, 2004).

### **3.3.1 Perdas reais**

As perdas físicas ocorrem principalmente devido a vazamentos ou problemas de operação, tendo sido dado maior ênfase para os problemas ocorridos por vazamento. Segundo Werdine (2012), as perdas por vazamentos são decorrentes de rupturas em adutoras, subadutoras, redes e ramais prediais, falhas em conexões e peças especiais, trincas nas estruturas e falhas na impermeabilização das ETA's e reservatórios.

Por sua vez, as perdas operacionais são associadas à operação do sistema e podem estar disfarçadas sob a forma de usos úteis no processo produtivo (como água de lavagem de filtros) e nos procedimentos operacionais (como descargas para melhoria da qualidade da água em redes, e água usada para limpeza de reservatórios), ou se mostrarem na forma de falhas evidentes (como extravasamento de reservatórios) (WERDINE, 2012).

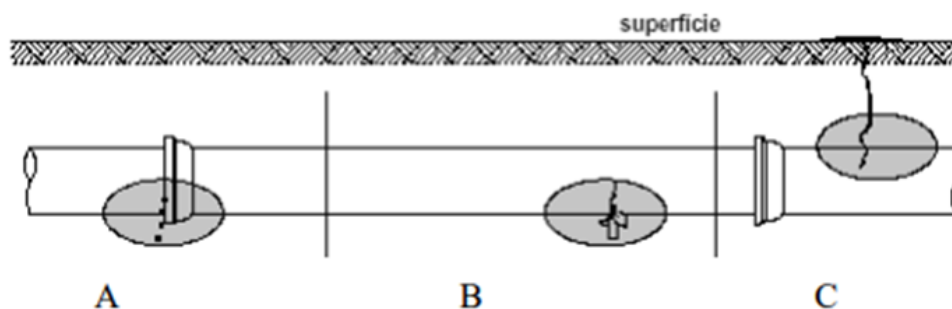
Nos episódios de crise hídrica, as perdas reais são as que mais requerem atenção nas ações de redução de perdas, embora não deva ser esquecido que o combate às perdas aparentes também pode ter reflexos diretos na produção de água, na medida em que diminui os desperdícios e o consumo fraudulento de água (TARDELLI FILHO, 2016).

Diante do supracitado, existem três causas para as perdas físicas, denominadas de Inerentes, Não Visíveis e Visíveis, apresentadas na Figura 5a, 5b e 5c, respectivamente. A



perda inerente é o vazamento não visível e não detectável por equipamentos de detecção, a perda não visível é o vazamento que não aflora para a superfície e, por isso não pode ser detectada visualmente e a perda visível é aquela onde os vazamentos chegam a superfície, sendo assim facilmente detectados.

**Figura 5** – Caracterização das perdas físicas por vazamentos



Fonte: SABESP (2001).

### 3.3.2 Perdas aparentes

As perdas aparentes, relativas a consumos não autorizados e a erros de medição, podem ser derivadas de causas variadas. As perdas aparentes relativas a consumos não autorizados contemplam o estabelecimento e uso de ligações ilícitas e a utilização fraudulenta, localizadas em locais públicos ou particulares, estes tipos de fraude ocorrem principalmente em áreas com construção clandestina e com baixo índice de segurança pública. Embora o contexto externo inevitavelmente afete os resultados, a entidade gestora pode aplicar algumas medidas para mitigar os efeitos destas situações (VIEIRA, et al, 2005). É importante salientar que nesse caso a água chega a ser consumida, mas ela não será contabilizada.

### 3.3.3 Indicadores de perdas

Para verificar o nível de perdas em um SAA são necessários utilizar indicadores. Dentre estes, o Índice de Perdas na Distribuição (IPD) é um dos mais importantes, principalmente, quando se quer determinar quantitativamente as perdas físicas, pois este indicador trata de todo o volume de água perdida no sistema de distribuição (CARVALHO, et al).

Em complemento ao IPD, Tardelli Filho (2016), apresenta outros indicadores de medição de perdas, denominados de Indicador Percentual (IP), Indicador Técnico (IT), Índice

de Vazamentos da Infraestrutura (IVI) e Índice de Perdas Aparentes (IPA), apresentados nos marcadores em seguida.

- (IP): é a relação entre os volumes de perdas totais em um período (geralmente anual) e os volumes de água produzidos ou disponibilizados à distribuição;
- (IT): é a relação entre os volumes totais perdidos em um período (geralmente anual) e o número de ligações ativas de água;
- (IVI): é a relação entre o volume de perdas reais e o volume de perdas reais inevitáveis para o sistema em questão (base anual) e traduz o quanto o sistema está distante do volume de perdas que é, tecnicamente, possível de ser atingido;
- (IPA): é o mesmo conceito do IVI, sendo a relação entre o volume de perdas aparentes e um fator equivalente a 5% do volume micro medido na cidade ou região (base anual), denominado perda aparente de referência. Essa formulação pressupõe sistemas sem caixas d'água domiciliares e quando há predomínio de caixas d'água domiciliares, é impossível atingir  $IPA = 1$ ; portanto, há que se conviver com valores maiores de IPA.

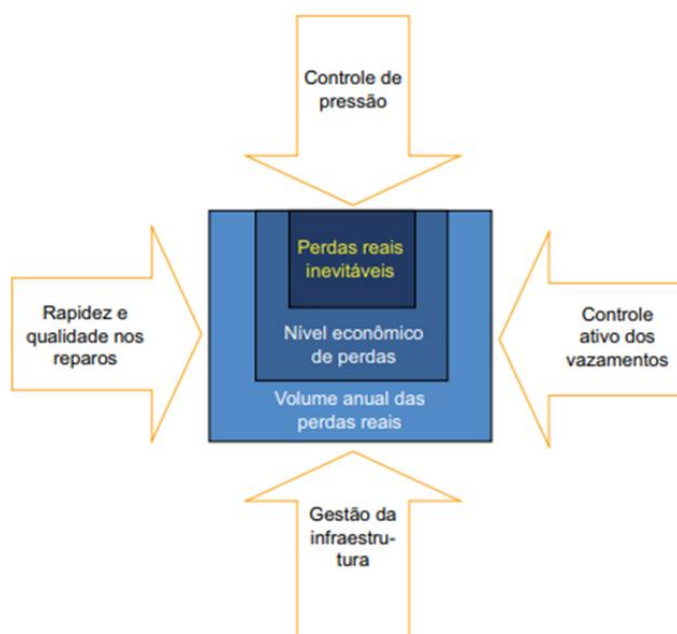
### **3.3.4 Combate as perdas**

Tendo em vista as consequências econômicas, sociais e ambientais do excesso de perdas de água é necessário que sejam tomadas medidas visando a diminuição destas. Segundo TARDELLI FILHO (2016), a causa principal das perdas reais é, indubitavelmente, a qualidade da infraestrutura. Contudo, outros fatores podem aumentar esses vazamentos, entre os quais, a pressão de serviço é o mais significativo, seguido da qualidade da manutenção, das condições de assentamento das tubulações, do tráfego entre outros. No caso das perdas aparentes, as limitações técnico-operacionais dos medidores são preponderantes, realçadas pela idade de instalação na rede e pelas variações do fluxo d'água neles (especialmente nas vazões muito reduzidas).

#### **3.3.4.1 Combate as perdas reais**

Segundo SANTOS (2014), as ações de controle das perdas reais devem ser baseadas de acordo com os quatro componentes, denominadas de controle ativo de vazamentos, rapidez e qualidade nos reparos, controle de pressão e gestão da infraestrutura, assim como apresentado na Figura 6.

**Figuras 6-** Componentes para controle de perdas reais



**Fonte:** Lambert e Hirner (2000).

Entre os principais componentes citados para controle de perdas reais estão o controle ativo de vazamentos que corresponde a realização de varreduras periódicas mediante o uso de equipamentos de detecção acústica, para buscar vazamentos não visíveis ou ocultos. É o oposto do controle passivo, onde a companhia de abastecimento aguarda a notificação dos clientes da existência de um vazamento aparente, a rapidez e qualidade nos reparos onde é importante que o tempo entre o conhecimento do vazamento e a execução do reparo seja mínimo, o controle das pressões que de acordo com Tardelli Filho (2016) representa a adequação das pressões da rede em valores compatíveis com a boa operação do sistema de distribuição, sem potencializar a ocorrência e as vazões dos vazamentos e a gestão da infraestrutura que é feita através da substituição das tubulações onde ocorrem os maiores índices de vazamento.

#### 3.3.4.2 Controle de perdas aparentes

Para as perdas aparentes, as principais ações são as substituições periódicas dos hidrômetros (preventiva) e imediata dos hidrômetros quebrados (corretiva); combate às fraudes - a partir de denúncias, análises de variações atípicas de consumo ou quaisquer outros

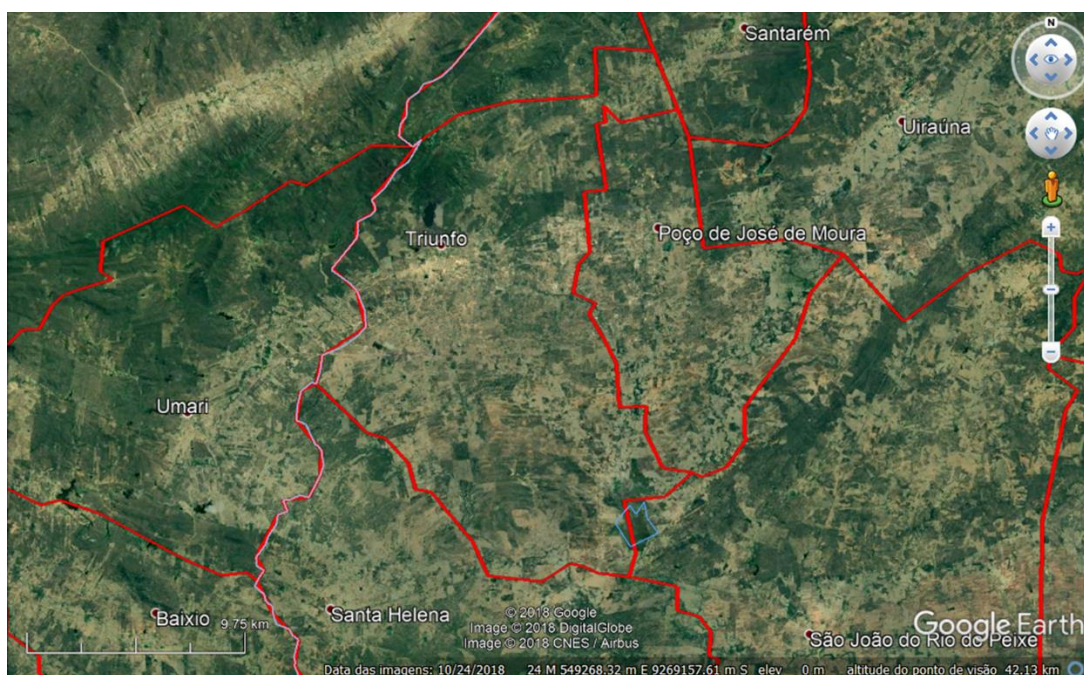
indícios ou evidências - e aprimoramento da gestão comercial das companhias (cadastros e sistemas comerciais) (TARDELLI FILHO, 2016).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desse trabalho é o SAA de Triunfo, município paraibano, compreendido entre as latitudes  $6^{\circ} 34' 54''$  S e longitudes  $38^{\circ} 35' 36''$  O (Figura 7), localizado na mesorregião do sertão paraibano e microrregião de cajazeiras, com uma população de 9.220 habitantes, o município possui área total de  $219,866 \text{ km}^2$  e altitude de 312 m acima do nível do mar (IBGE, 2010).

**Figura 7** – Localização do município de Triunfo-PB



**Fonte:** Google Earth (2018).

Nesta área, as condições climáticas são de temperatura elevada durante o dia e mais amenas durante a noite, variando entre  $23^{\circ}$  e  $30^{\circ}$  durante todo o ano. O regime pluviométrico, além de baixo é irregular com médias anuais de  $776,9 \text{ mm/ano}$  e mínimas e máximas de  $394,1$  e  $1643,5 \text{ mm/ano}$  respectivamente (CPRM, 2005).

Para caracterizar o SAA em estudo foi realizado um compêndio de informações oficiais da concessionária responsável pelo abastecimento, de sites oficiais do governo

municipal, estadual e federal e sites de notícia local, a fim de obter o maior número de informações confiáveis para construir um diagnóstico completo do sistema.

## 4.2 ANÁLISE DE INDICADORES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Com a finalidade de entender melhor a prestação de serviço realizada pela concessionária, foram selecionados indicadores operacionais e econômico-financeiro e administrativos que expressem essa condição. Os indicadores utilizados para obter esses resultados foram extraídos através do SNIS, utilizando como critério a relevância, tempestividade, confiabilidade e acessibilidade sendo assim, foram selecionados os indicadores de consumo médio per capita, índices de perdas na distribuição, índice de atendimento total de água, índice de hidrometração e em complemento dessas informações foram selecionados alguns itens do sistema de esgotamento sanitário para um melhor entendimento da destinação final da água após seu uso, entretanto é importante ressaltar que esse não é o intuito inicial desse trabalho, entre os índices estão, índice de coleta de esgoto, índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto, Índice de tratamento de esgoto e índice de desempenho financeiro. O significado e a forma de cálculo desses indicadores são apresentados nas subseções em sequência.

### 4.2.1 Consumo médio per capita de água

O consumo médio de água por pessoa por dia ou consumo médio per capita, corresponde a média dos volumes diários, consumidos no período mínimo de um ano e é expresso geralmente em litros por habitante dia (L/hab.dia). Segundo a ONU (2013) os limites ideais de consumo estão entre de 200 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e 50 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, pois abaixo de 50 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, o fornecimento de água não é suficiente para manter as necessidades humanas mais básicas como a dessedentação, nutrição e higiene pessoal, enquanto que acima de 200 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, o excesso de água configura desperdício de água e uso não racional.

Em sistemas de abastecimento de água, o consumo per capita, além de considerar os consumos domésticos, comerciais, públicos e industriais, deve prever as perdas do sistema. Os valores das demandas de água devem ser baseados em condições locais, considerando o consumo das ligações medidas e não medidas e o volume de perdas do sistema (FUNASA, 2015).

Segundo o SNIS o consumo médio per capita de água é calculado através da Equação 1.

$$CPC = \frac{VAC - VAE}{PTA} \times \frac{1000000}{365} \quad (1)$$

Onde:

VAC = Volume de água consumido (L);

VAE = Volume de água exportado (L);

PTA = População total atendida (Hab).

#### 4.2.2 Índices de perdas na distribuição

O volume de perdas de um sistema de abastecimento de água é um fator chave na avaliação da eficiência das atividades comerciais e de distribuição de um operador de saneamento. O diagnóstico da situação das perdas deve ser desenvolvido com base no comportamento dos índices de perdas; neste sentido, níveis de perdas elevados e com padrões de crescimento gradual sinalizam a necessidade de maiores esforços para reduzir possíveis ineficiências no âmbito do planejamento, manutenção, direcionamento dos investimentos e atividades operacionais e comerciais (Trata Brasil, 2018). Os índices de perdas de distribuição (IPD) são calculados através da Equação 2.

$$IPD = \frac{VAP + VATI - VAC - VS}{VAP + VATI - VS} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

IPD = Índice de perdas na distribuição (%);

VAP = Volume de água produzido (L);

VATI = Volume de água tratada importada (L);

VAC = Volume de água consumida (L);

VS = Volume de serviço (L).

### 4.2.3 Índice de atendimento total de água

O índice de atendimento total de água é de grande importância, sendo um dos principais índices que medem a qualidade de um SAA, determinando o percentual de pessoas que são atendidas pelo mesmo em relação a população total do município, baixos valores desse índice indicam uma necessidade de melhorias no sistema para que uma maior parcela da população seja beneficiada, esse percentual pode ser obtido através da Equação 3.

$$IAT = \frac{PTA}{PTM} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

IAT = Índice de atendimento total de água (%);

PTA = População total atendida (Hab);

PTM = População total do município (Hab).

### 4.2.4 Índice de hidrometração

A hidrometração está relacionada as perdas aparentes devido as perdas de faturamento por não medir corretamente a quantidade de água consumida, seja pela falta de hidrômetros ou pela má condição deles, fraudes em ligações ativas, ligações clandestinas ou mecanismos de cobrança ineficientes (EOS).

O índice de hidrometração medido é através da Equação 4 através da razão entre a quantidade de ligações de águas medidas e o total de ligações de água do sistema. Isso resulta em um percentual de medição do consumo de água para as companhias tomarem decisões.

$$IH = \frac{QLA}{QLAM} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

IH = Índice de hidrometração (%);

QLA = Quantidade de ligações ativas de água (Unidades);

QLAM = Quantidade de ligações ativas de água (Unidades).

#### 4.2.5 Índice de coleta de esgoto

No Brasil, conforme dados do SNIS, a coleta atende cerca de 50,3% da população brasileira. Atualmente, mais de 100 milhões de brasileiros não têm acesso a este serviço básico. E mais de 3,5 milhões de pessoas despejam esgoto irregularmente mesmo tendo redes coletoras disponíveis. Esse índice é dado pela Equação 5, onde é possível medir o percentual de esgoto coletado em relação à quantidade de água consumida e de água tratada exportada.

$$ICE = \frac{VEC}{VAC - VATE} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

ICE = Índice de coleta de esgoto (%);

VATE = Volume de água tratada exportada (L);

VAC = Volume de água consumida (L);

VEC = Volume de esgoto coletado (L).

#### 4.2.6 Índice de atendimento de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto

É dado através da Equação 6, e tem como objetivo medir o percentual de habitantes com acesso à rede de atendimento de esgoto. Esse valor tem grande importância para que se tenha uma noção do cenário do esgotamento sanitário da cidade e se tenha uma base para melhorias.

$$IAU = \frac{PAE}{PTM} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

IAU = Índice de atendimento urbano de esgoto (%);

PAE = População atendida com esgotamento sanitário (Hab);

PTM = População total do município (Hab).



#### 4.2.7 Índice de tratamento de esgoto

O tratamento de esgoto é uma medida de saneamento básico tendo como objetivo acelerar o processo de purificação da água antes de ser devolvida ao meio ambiente ou reutilizada. A origem dessa água poluída se dá através da rede de esgoto proveniente de residências, comércios e indústrias. É dado pela Equação 7 e nele podemos obter a porcentagem de esgoto coletado que é encaminhado para tratamento.

$$ITE = \frac{VET+VEIT+VEBT}{VEC+VEBI} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

ITE = Índice de tratamento de esgoto (%);

VET = Volume de esgoto tratado (L);

VEIT = Volume de esgoto importado tratado nas instalações do importador (L);

VEBT = Volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador (L);

VEC = Volume de esgoto coletado (L);

VEBI = Volume de esgoto bruto importado (L).

#### 4.2.8 Índice de desempenho financeiro

O índice de desempenho financeiro é usado para demonstra se a concessionaria que administra o SAA possui um desempenho favorável em relação a suas finanças, nesse caso foram analisados dados de despesas e receitas fornecidas pela empresa que administra o mesmo, seguindo o indicador de desempenho financeiro fornecido pelo SNIS, onde é utilizada a Equação 8 para determinar o percentual de desempenho.

$$IDF = \frac{R}{D} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

IDF = Indicador de desempenho financeiro (%);

R = Receitas totais (Reais);

D = Despesas totais (Reais).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

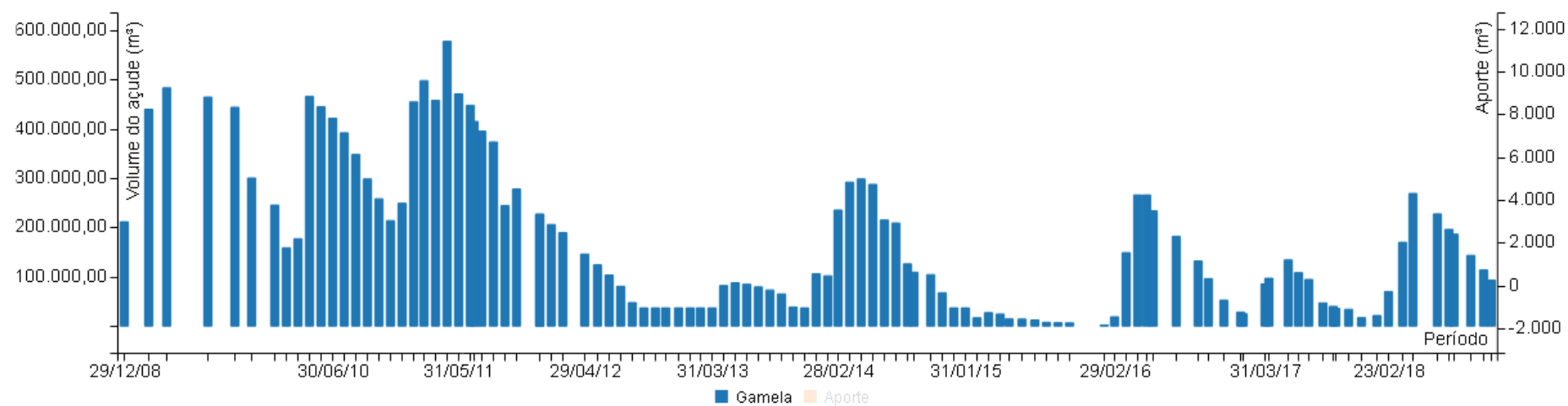
#### 5.1.1 Manancial

O manancial que fornece água para o SAA de Triunfo – PB é o Açude de Gamela, que é um reservatório de água superficial com uma capacidade de 472.926 m<sup>3</sup> e está situado no sítio Gamelas a cerca de 4 km da zona urbana do município e com uma altitude de 322 m. O manancial vem passando por grandes problemas causados pelas secas que castigam a região, como nos anos de 2013 e 2015 onde ocorreu uma paralisação no abastecimento da cidade devido à falta de água no manancial (AESAs, 2018).

No ano de 2015 o açude de gamela que abastece a cidade de Triunfo-PB passou por um cenário de tristeza e desolação, o mesmo atingiu níveis abaixo dos necessários para manter o abastecimento da cidade, com isso a única maneira pelo qual era feito o abastecimento era a partir de carros-pipas, que captam água diretamente de poços abertos pelo governo e distribuem para população sem nenhum controle de qualidade nem tratamento necessário (UIRAUNA.NET, 2015). Atualmente o sistema de abastecimento funciona parcialmente, atendendo apenas 1200 das 1800 residências cadastradas, as demais continuam sendo abastecidas através de poços artesianos que estão distribuídos pelos locais com problemas de abastecimento

Durante os últimos 10 anos ocorreu uma grande oscilação em relação ao volume de água no manancial, como podemos observar na Figura 8 fornecida pela AESA (2018), as figuras 9,10 e 11 fornecidas pelo Google Earth (2018) confirmam essa variação mostrada pela Figura 8. Essas variações causam grandes problemas para o SAA, tanto quantitativamente, causando o problema de desabastecimento do manancial, quanto qualitativamente, aumentando problemas em relação a qualidade da água fornecida. O manancial sofre com a constante falta de água, os motivos para que isso ocorra estão além das grandes secas que atingem a região, problemas causados pelas grandes perdas de água e pela falta de melhorias na infraestrutura do açude para obtenção de uma maior capacidade estão diretamente ligados a escassez hídrica que atinge a cidade de Triunfo - PB.

**Figura 8 – Volume de água**



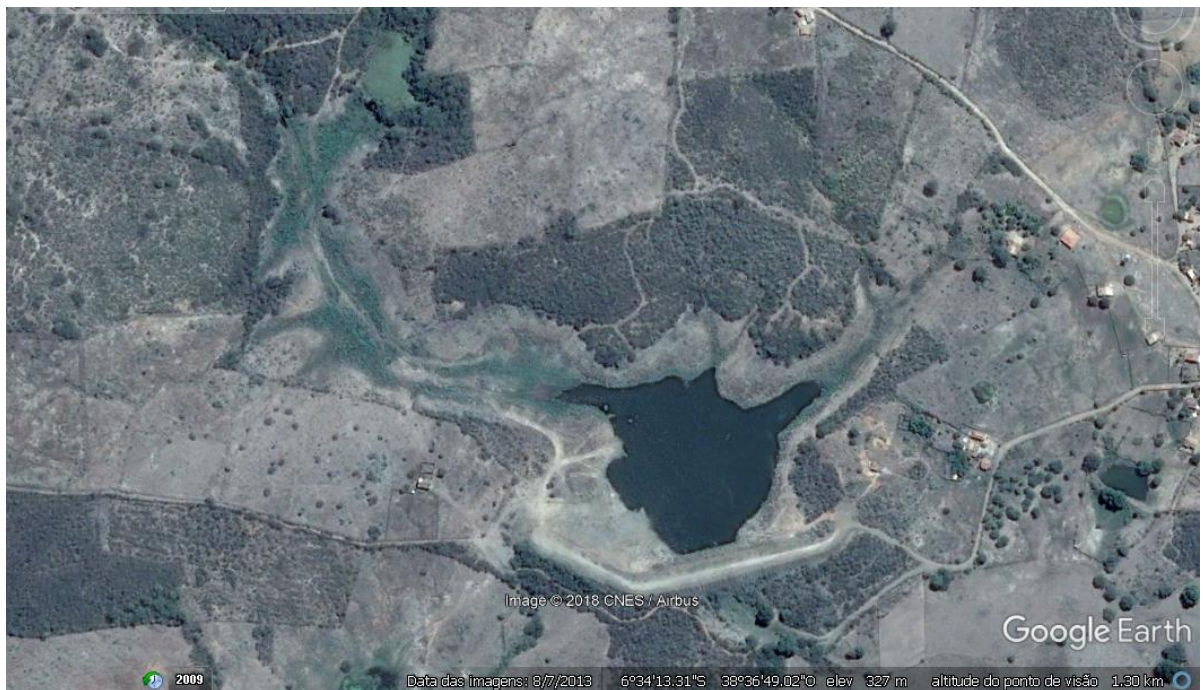
**Fonte:** AESA (2018).

**Figura 9 – Açude de Gamelas em julho de 2009**



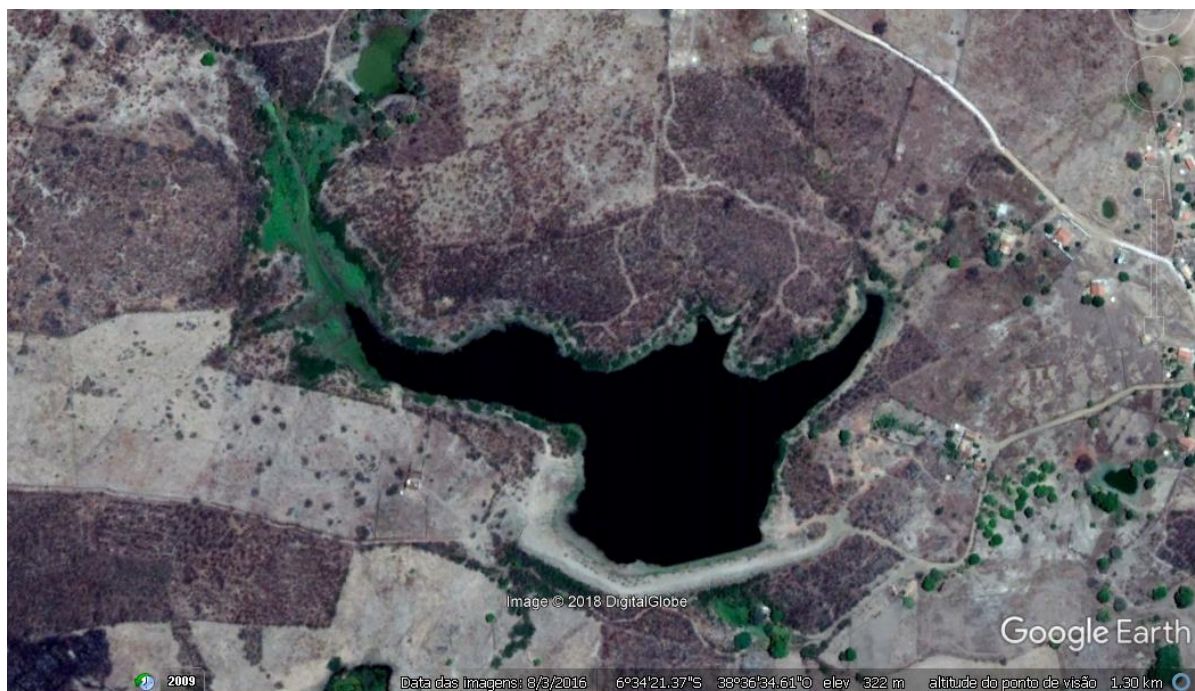
**Fonte:** Google Earth (2018).

**Figura 10 – Açude de Gamelas em julho de 2013**



**Fonte:** Google Earth (2018).

**Figura 11** – Açude de Gamelas em agosto de 2016



**Fonte:** Google Earth (2018).

### 5.1.2 Captação

A captação da água para fins de abastecimento é realizada no açude de Gamela, no município de Triunfo - PB a mesma é composta por tomada de fundo contendo tubos que são enterrados, sendo assim de difícil acesso e caracterização, o sistema não utiliza de barramento ou desarenador, pode ser considerada adequada para esse tipo de sistema pois se trata de um açude. A água é transportada até as bombas de estação elevatória que realizam o recalque de água bruta até a ETA.

### 5.1.3 Estação Elevatória

O SAA da cidade de Triunfo – PB é constituído de 2 estações elevatórias, a primeira é uma estação de água bruta, a mesma está localizada entre a captação e a ETA e é constituída por duas bombas, já a segunda estação é de água tratada e está localizada entre os reservatórios inicial e reservatório final que está localizado acima do nível do inicial, sendo composto também por duas bombas que funcionam quando o reservatório final não está com a capacidade adequada para o abastecimento.

#### **5.1.4 Adução**

A adução no sistema de abastecimento de água de Triunfo - PB ocorre através de tubos feitos de PVC com diâmetros de 200 mm. Estes tubos estão dispostos em três partes, a primeira que ocorre entre a captação e a ETA e a segunda entre a ETA e o reservatório inicial e do reservatório inicial até o reservatório final, na primeira parte é transportada a água bruta por recalque e com regime de escoamento em conduto fechado, enquanto na segunda parte ocorre o transporte da água tratada por gravidade em conduto fechado e na terceira parte também é transportada água tratada, porém é feita por recalque em conduto fechado.

#### **5.1.5 Estação de tratamento de água**

A ETA do município de Triunfo - PB é compacta, de fibra de vidro e possui as operações unitárias de floculação, decantação e filtração (Figura 12)., a primeira etapa é feita por 21 floculadores mecanizados (Figura 13), onde as partículas se agrupam umas às outras através da turbulência gerada e da adição de sulfato de alumínio, formando partículas maiores e mais densas, logo após ocorre a decantação, através de um decantador de alta taxa (Figura 14) que consiste em eliminar os flocos formados e que sedimentaram no decantador, e por último toda a água é levada para os 5 filtros descendentes (Figura 15) que estão dispostos de forma paralela, nele são eliminadas as partículas que ficaram suspensas na água e portanto não foram eliminadas no processo de decantação.

Como se trata de uma cidade com necessidade de abastecimento baixo, esse tipo de ETA é adequado ao sistema, possuindo uma quantidade de operações unitárias bastante elevada em relação ao que realmente necessita, aumentando assim a dificuldade de operação da ETA. O sistema de mistura rápida é inadequado, pois só ocorre mistura rápida em calha parshall, vertedouro ou turbina mecanizada.

**Figura 12 – ETA**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 13 – Floculador mecanizado da ETA**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 14** – Decantador de alta taxa da ETA



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 15** – Filtros descendentes da ETA



Fonte: Elaborado pelo autor.



### 5.1.6 Reservatório

O sistema de abastecimento de água de Triunfo - PB possui dois reservatórios, o primeiro chamado de reservatório inicial é utilizado para armazenar a água tratada pela ETA, já o segundo chamado de reservatório final é utilizado para armazenar a água para que seja feita a distribuição com pressão adequada, esses dois reservatórios estão interligados por uma adutora de água tratada com energia por recalque e conduto forçado. O reservatório inicial (Figura 16) possui uma capacidade de 400.000 litros, o mesmo é feito de concreto e está localizado enterrado ao lado da ETA, o segundo reservatório (Figura 17) possui uma capacidade de 200.000 litros é feito de concreto armado e está suspenso, ambos estão em bom estado de conservação.

**Figura 16** – Reservatório inicial



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 17** – Reservatório final



Fonte: Elaborado pelo autor.

### **5.1.7 Distribuição**

A distribuição é realizada por tubos de PVC com diâmetros de 200 mm, 150 mm, 75 mm, 60 mm, 32 mm e 20 mm, sendo organizada através de malhas, segundo a disposição dos logradouros da zona urbana de Triunfo, que é totalmente abastecida pelo SAA. Contudo, devido a atual baixa vazão do manancial, o sistema de abastecimento só vem possuindo capacidade para abastecer a zona urbana da cidade, ficando a zona rural sem abastecimento.

A rede possui uma boa adequabilidade pois abrange toda a cidade, mas infelizmente devido a problemas de vazão só está funcionando em parte das ligações, os tubos possuem diâmetros bastante pequenos, por norma o mínimo adequado é de 50 mm e a CAGEPA indica que o mínimo seria de 60 mm. Para melhor caracterização do fornecimento de água nas seções em seguida serão apresentadas indicadores e índices do SAA de Triunfo - PB.

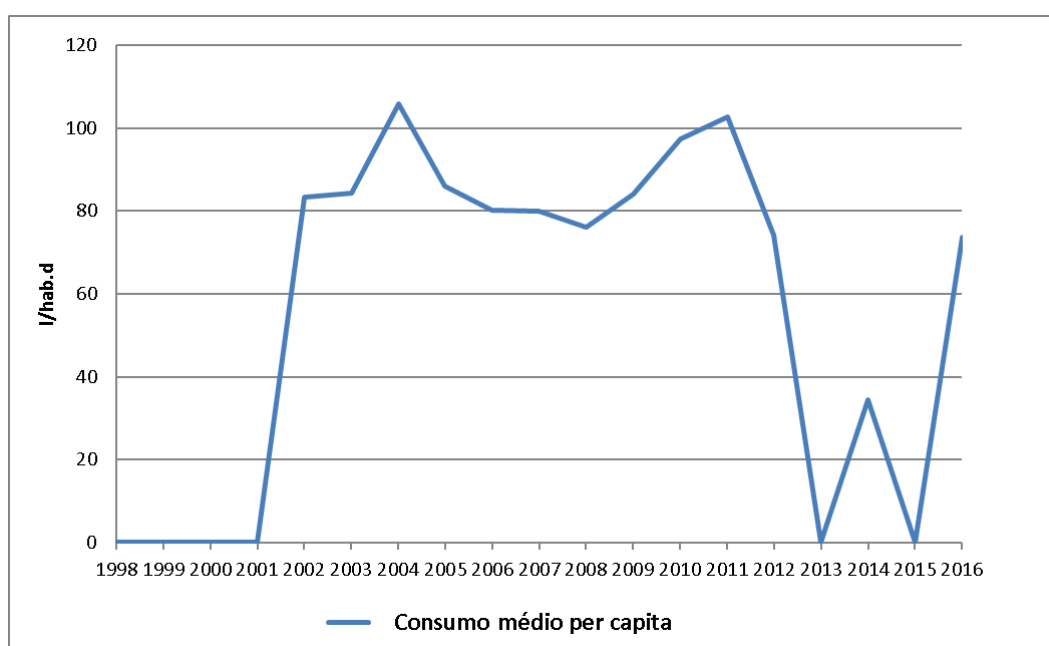
## **5.2 AVALIAÇÃO DE INDICADORES E ÍNDICES OPERACIONAIS E FINANCEIROS**

A seguir nos tópicos do 5.2.1 ao 5.2.8 serão apresentados os resultados de todos os índices que foram propostos na metodologia desse trabalho.

### 5.2.1 Consume médio per capita de água

O consumo médio per capita anual entre os anos de 1998 a 2016, como é possível observar na Figura 18, mostrou uma grande variação entre os anos, com o ano de 2004 sendo o ano com maior consumo, com  $106 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , e com anos como de 1998 a 2001, 2013 e 2015 com consumo nulo, pois não houve abastecimento de água, devido à falta de água suficiente no manancial.

**Figura 18** – Variação de consumo médio per capita entre os anos de 1998 e 2016



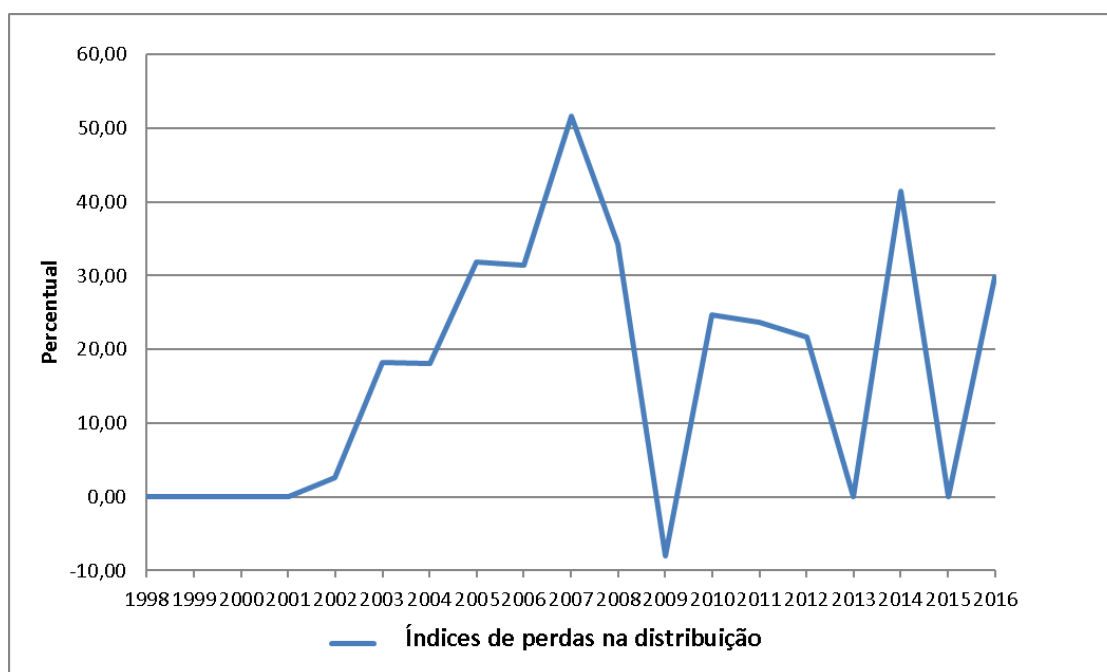
Fonte: Elaborado pelo autor.

A ONU indica que o consumo médio per capita ideal esteja entre  $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  e  $200 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , assim podemos observar que apenas nos anos onde não houve abastecimento e no ano de 2014, com  $34 \text{ L.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , essa meta não foi atingida, causando assim problemas para a população da cidade, principalmente em relação a higiene pessoal. A cidade sofre com esse problema devido a falta de água suficiente no manancial durante todo o ano, para melhorar essa situação seria de suma importância um melhor gerenciamento da distribuição da mesma.

### 5.2.3 Índices de perdas na distribuição

As porcentagens de perdas anuais estão representadas na Figura 19, onde foi verificado que no período entre 1998 e 2016 o maior índice de perdas ocorreu no ano de 2007, com 51,65%. É importante observar que os maiores índices de perdas ocorreram quando houve uma maior quantidade de água tratada produzida, indicando que quanto maior for a pressão de serviço produzida, mais relevante serão as perdas, mostrando que é necessário um maior controle da concessionária afim de evitar perdas tão expressivas. No ano de 2009 obteve-se uma porcentagem de perdas negativa, fato ocorrido devido a provável erro de preenchimento da concessionária no SNIS, outros fatos como esse foram detectados durante o trabalho, tanto por erros de preenchimento, como por não acrescentar essas informações.

**Figura 19 – Índice de perdas**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

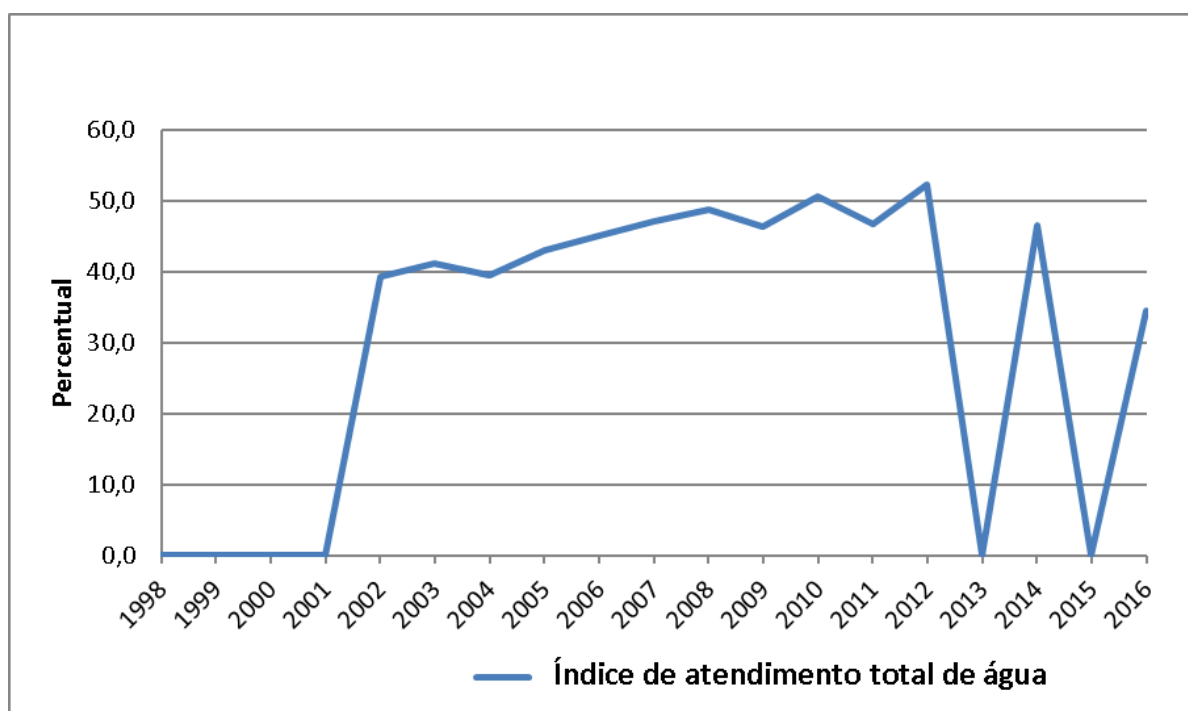
É de grande importância que ocorra uma diminuição dessas perdas no sistema, pois os custos com a produção dessa água são bastante relevantes, tendo em vista que ela passa por todo um tratamento dispendioso. Além disso, a diminuição das perdas pode diminuir a necessidade de retirada da água do manancial que já sofre com a falta d'água causada pelas secas, podendo evitar o desabastecimento geral assim como ocorrido nos anos de 1998 a 2001, 2013 e 2015.

Devido a esse problema de falta de água, são necessárias medidas para o combate das perdas, pois as excessivas falhas na rede fazem com que as perdas aumentem quando sobe a pressão, necessitando assim de um maior monitoramento da rede de distribuição para encontrar as falhas e assim realizar os reparos com prontidão. E apesar da micromedição não ser 100%, as perdas por ela não são altas (Figura 21), portanto o principal problema são as perdas físicas.

#### 5.2.4 Índice de atendimento total de água

A Figura 19 mostra a evolução nos índices de atendimento total de água, que significa a porcentagem da população total do município que teve acesso ao sistema de abastecimento de água. É importante observar que houve um aumento na quantidade de pessoas beneficiadas entre os anos de 2002 a 2012, onde atingiu o maior índice, com 52,3%, tendo posteriormente um declínio devido ao desabastecimento ocorrido nos anos seguintes.

**Figura 20** – Atendimento total de água



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível explicar esses baixos níveis de atendimento ao fato de uma grande parte da população residir na zona rural, onde o abastecimento não ocorre como na zona urbana, caso fossem levados em consideração outros tipos de abastecimento como formas alternativas

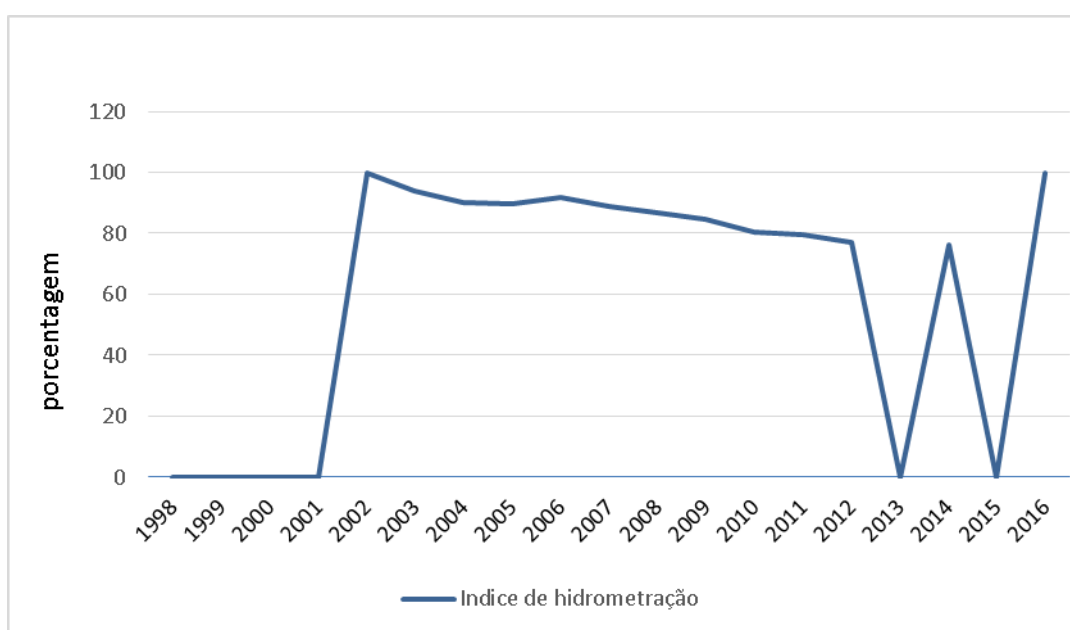
esses valores teriam um aumento bastante significativo, porém são levados em consideração apenas o abastecimento por rede de distribuição.

Após o ano de 2012 mesmo havendo abastecimento o índice sofreu uma queda devido ao fato de não haver água no manancial, no ano de 2014 o abastecimento ocorreu apenas durante alguns meses do ano, e em baixa intensidade como podemos ver na Figura 18.

### 5.2.5 Índice de hidrometração

O índice de hidrometração mostrado na Figura 21, ajuda no controle e combate as perdas o que diminui a quantidade de água necessária no sistema, além de servir para a realização de uma cobrança justa da água. No ano de 2002, a micromedição foi de 100%, porém pode ser observado um declínio ao longo dos anos, causado provavelmente por criação de novas ligações prediais que não foram micromedidas, chegando a atingir 75,99% no ano de 2014.

**Figura 21** – Índice de hidrometração



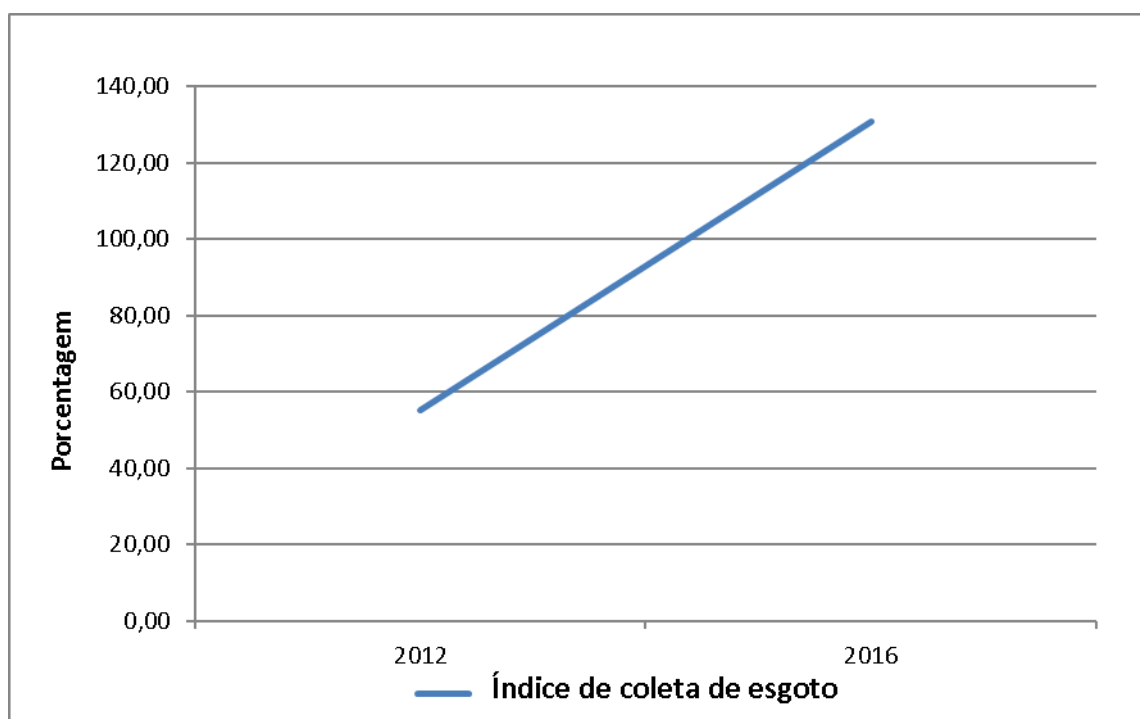
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 5.2.6 Coleta e tratamento de esgoto

Os dados relacionados a esgotamento sanitário são de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Triunfo, onde a mesma forneceu os dados ao SNIS apenas nos anos de 2012 e

2016, dificultando assim uma melhor avaliação do quadro em que se encontra a coleta de esgoto do Município. De acordo com a Figura 22, podemos concluir que no ano de 2016 houve uma coleta de esgoto maior que a quantidade de água produzida, atingindo assim 130,76 % enquanto no ano de 2012 tivemos uma coleta de 55,08 %. Segundo as informações concebidas pela PMT, não há tratamento de esgoto no município de Triunfo-PB, sendo assim todo o esgoto coletado no município é juntado e despejado ao ar livre, causando assim problemas de mau cheiro e podendo ocasionar problemas de saúde para a população que reside nos arredores dos locais de despejo.

**Figura 22** – Índice de coleta de esgoto



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

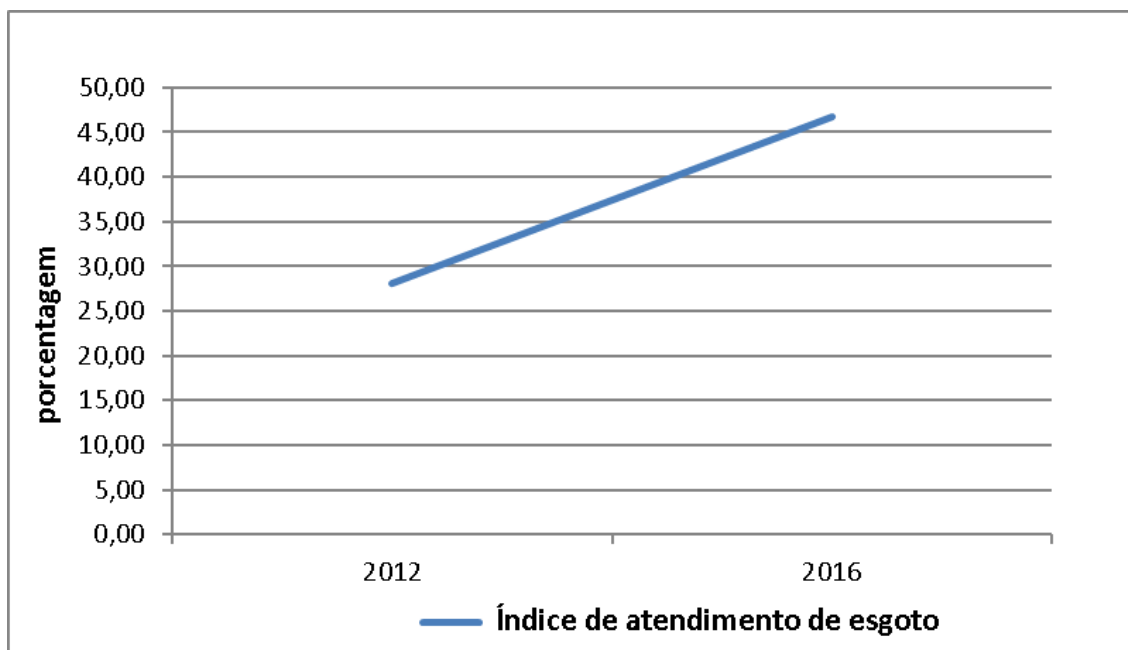
Fontes alternativas de abastecimento foram utilizadas em 2016 e devido a isso a quantidade de água utilizada foi maior que a quantidade de água distribuída pela rede, portanto a geração de esgoto foi maior que a quantidade de água distribuída por rede.

### **5.2.7 Índice de atendimento de esgoto**

Os dados relacionados a esgotamento sanitário são de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Triunfo, onde a mesma forneceu os dados ao SNIS apenas nos anos de 2012 e 2016, dificultando assim uma melhor avaliação do quadro em que se encontra o atendimento

de esgoto do Município. O índice de atendimento de esgoto mostrado na Figura 23, retrata a quantidade de pessoas beneficiadas com esgotamento sanitário em relação a população total do município, nele é possível observar um grande avanço nesse quesito, onde no ano de 2012 apenas 28,04% da população era atendida e no ano de 2016 esse valor subiu para 46,76%.

**Figura 23** – Atendimento de esgoto



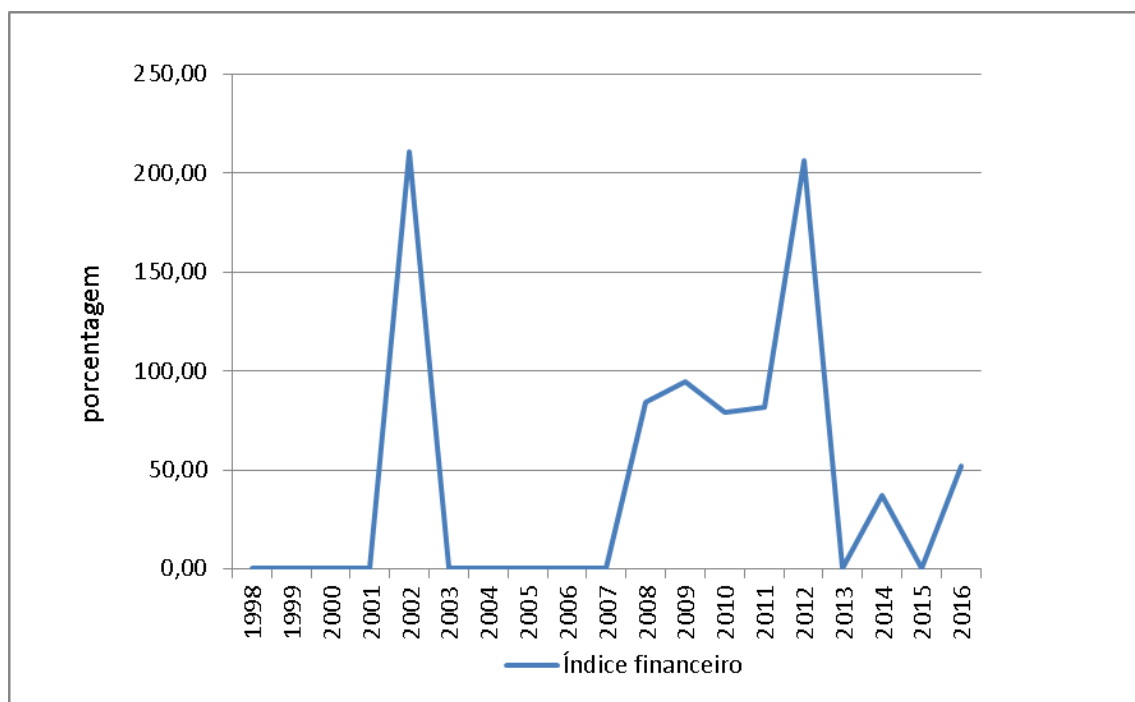
Fonte: Elaborado pelo autor.

Um dos fatores que estão diretamente ligados com o baixo índice de pessoas atendidas é a quantidade de população na zona rural, onde é mais difícil ocorrer uma boa gestão de esgotamento e por não ter rede de distribuição não existe rede de coleta.

### 5.2.8 Índice de desempenho financeiro

A concessionária que administra o SAA do município de Triunfo-PB teve um grande déficit econômico durante a maioria dos anos, somente nos anos de 2002 e 2012 houve um saldo positivo em questão percentual, uma possível solução para esse problema seria um melhor controle das perdas e uma melhor fiscalização para evitar ligações clandestinas ou até fazer um reajuste nas tarifas cobradas.



**Figura 24** – Índice de desempenho financeiro

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 5.3 PROPOSTA DE MELHORIAS

Após a observação das condições locais é possível definir melhorias alternativas para adequar o sistema de abastecimento da cidade de Triunfo – PB, as boas práticas de operação. Em relação a falta de água constante no manancial, seria uma boa alternativa buscar outras fontes de abastecimento, como a realização da adutora vinda do açude Capivara que já se encontra em andamento. Em relação ao restante do SAA algumas melhorias seriam essenciais, entre elas, a simplificação da ETA e a substituição dos tubos com diâmetro abaixo dos 60 mm, que facilitaria a operação e diminuiria problemas com falta de pressão no sistema. No que diz respeito ao controle de perdas reais, alternativas como o controle de vazamentos feito através da utilização de mecanismos para localização e maior velocidade na realização dos reparos, além de substituição dos trechos da rede que apresentam grande quantidade de reparos. No que se trata do controle de perdas aparentes, algumas melhorias como aumentar o índice de hidrometração, diminuir os erros nos medidores, redução de fraudes e melhorias no sistema comercial, mantendo o cadastro das unidades consumidoras sempre em dia.

## 6 CONCLUSÃO

Diante do exposto nesse trabalho conclui-se que o sistema de abastecimento de água na cidade de Triunfo-PB passa por problemas devido ao desabastecimento ocorrido pela falta de água suficiente no manancial que é acentuado pelas épocas de baixa quantidade de chuvas, além dos grandes índices de perdas na distribuição.

Devido as condições de infraestrutura do SAA de Triunfo - PB, a prestação de serviço é feita de maneira ineficiente, sendo verificado que os índices de perdas se mantiveram bastante elevados nos anos onde houve uma maior quantidade de água tratado disponibilizada, como no ano de 2007 com 51,65%. O índice de consumo médio per capita se mostrou dentro dos limites adequados, menos nos anos que houve uma pausa no sistema de abastecimento de água. O percentual da população atendida teve um aumento pequeno entre os anos de 2002 a 2012, mas ainda muito longe da situação ideal de 100%, já em relação ao atendimento de esgoto houve uma melhoria significativa entre os anos de 2012 e 2016.

Por fim algumas propostas foram apresentadas para melhorias no sistema, visando melhora-lo e fazer com que seja disponibilizada água tratada suficiente para satisfazer a população. Entre essas propostas estão as melhorias no manancial, na ETA, no sistema de distribuição de água e por fim o controle de perdas.

## REFERÊNCIAS

AESA. **Agência Executiva de Gestão da Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em <http://www.aesa.pb.gov.br>, acessado em 28/nov/2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017 relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2. ed. – Brasília : Funasa, 2014. 172 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 84p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, Brasília, DF, nº 053, p. 58-63, março de 2005.

BRASIL. Trata Brasil saneamento é saúde. **Perdas de água 2018 (SNIS 2016): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico**. São Paulo: GO associados, maio de 2018.

CARVALHO, F. S.; PEPLAU, G. R.; CARVALHO, G. S.; PEDROSA, V.A. **Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió**. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Triunfo, estado da Paraíba/** Organizado por João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 10 p. + anexos.

EOS. **O que é e como funciona um sistema de abastecimento de água**. Disponível em <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-distribuicao-de-agua/>

GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias**. 3ª Edição. 3 p. Editora Universitária/UFPB, 2009.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Minas Gerais: UFMG, 2010.

LAMBERT, A.; HIRNER, W. Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA - International Water Association. p. 4-7, U.K. (2000).

MARTINS, T. J. C. **Sistemas de abastecimento de água para consumo humano – desenvolvimento e aplicação de ferramenta informática para a sua gestão integrada**. Bragança: IPB, 2014.

NASCIMENTO, F. R. do. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, número especial, p. 81-97, out. 2011.

SANTOS, D. D. Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE. **Artigo Técnico**, São Paulo, n. 1571, p. 56-70, 2014.

SOUZA, J.R.; DE MORAES, M. E. B.; SONODA, S.L.; SANTOS, C. R. G. **Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, abr. 2014. Disponível em: <[www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217/51](http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217/51)>. Acesso em 25 jun. 2018.

SOUZA, M. D. P.; MOURA, N. T. **A omissão do Estado na crise hídrica**. Revista de Estudos Jurídicos UNESP, Franca, ano 19, n. 30, p. 1-30, ago-dez. Disponível em: <<https://ojs.franca.unesp.br/index.php/estudosjuridicosunesp/index>>

TARDELLI FILHO, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Ponto de vista**, São Paulo, n. 1622, p. 6-20, 2016.

VICENTINI, L. P. **Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água**. São Paulo: USP, 2012.

VILAS-BOAS, P. R. **Modelação de uma rede de distribuição de água**. Porto: FEUP, 2008.