



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUSVIII – ARARUNA - PB  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLOGIA E SAÚDE  
CURSO DE ENGENHARIA**

**DIOGO DE LIMA AMORIM**

**ANÁLISE DAS PERDAS FÍSICAS DE ÁGUA EM UMSISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA:ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ARARUNA  
– PB**

**ARARUNA - PB  
2016**

**DIOGO DE LIMA AMORIM**

**ANÁLISE DAS PERDAS FÍSICAS DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ARARUNA  
– PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
coordenação do Curso de Engenharia Civil da  
UEPB – Campus VIII, como requisito parcial  
à obtenção do título de Bacharelado em  
Engenharia Civil  
Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Me. Maria José de Souza  
Cordão

**ARARUNA  
2016**

É expressamente proibida 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 da dissertação.

A523a Amorim, Diogo de Lima

Análise das perdas físicas de água em um sistema de abastecimento de água [manuscrito] : estudo de caso no município de Araruna-PB / Diogo de Lima Amorim. - 2016.

43 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2016.

"Orientação: Ma. Maria José de Sousa Cordão, Departamento de Engenharia Civil".

1. Recurso hídrico. 2. Sustentabilidade. 3. Água I. Título.

21. ed. CDD 333.91

**DIOGO DE LIMA AMORIM**

**ANÁLISE DAS PERDAS FÍSICAS DE ÁGUA EM UM SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ARARUNA  
– PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
coordenação do Curso de Engenharia Civil da  
UEPB – Campus VIII, como requisito parcial  
à obtenção do título de Bacharelado em  
Engenharia Civil  
Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Me. Maria José de Souza  
Cordão

Aprovada em: 31/05/2016.

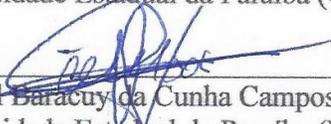
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Me. Maria José de Souza Cordão (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos (Examinador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos (Examinador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A toda minha família, em especial aos meus PAIS,  
pelo incentivo, companheirismo, amizade e gratidão.  
DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por ter me ajudado nessa caminhada me dando luz e sabedoria, pois sem ele eu não conseguiria. DEUS na sua infinita misericórdia, nos momentos mais difíceis, me proporcionou força pra continuar.

Aos meus Pais, Djalma Paulo e Carmen Lúcia, por todo o carinho e amor e por ter me incentivado sempre a nunca desistir desta longa caminhada, fazendo de tudo para que eu realizasse meu sonho, hoje concretizado. Ao meu irmão Felipe de Lima, pelo carinho, apoio e incentivo. A todos os meus familiares, por todo o apoio e incentivo, aos meus avôs e avós (*in memoriam*), embora fisicamente ausentes, sentia sua presença, me dando força.

A Professora Maria José de Sousa Cordão por ter me orientado e me ajudado na realização deste trabalho, transmitindo conhecimento. Aos professores Dr.º Laércio Leal dos Santos e Dr.º Daniel Baracuy, pela participação na banca examinadora.

Aos meus segundo irmãos e amigos de moradia Diego Rocha Barreto e Caio Ribeiro, que sempre estiveram comigo durante todo este longo percurso, compartilhando momentos bons e ruins, pois sempre que eu precisava eles estavam lá do meu lado me ajudando e apoiando. A família 2DPL nos nomes de Deividy Macêdo, Pedro Liberato e Lucas Leitão pelo companheirismo e amizade sincera, pelos momentos alegres e tristes compartilhados. As irmãs que eu não tive, mas que a graduação me deu Kassia Sinhorelli e Nathalia Oliveira. Aos meus, também, amigos de moradia Felipe Costa “Bahia” e Luan Moraes que por algum período me ajudaram e compartilharam deste sonho. LEVAREI VOCÊS PRO RESTO DA MINHA VIDA!

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando necessário.

A todos, sem exceção, que me ajudaram de forma direta ou indireta, eu deixo meu Muito Obrigado.

## RESUMO

Nos últimos anos, o crescimento populacional vem contribuindo para que a água se torne um recurso cada vez mais escasso e precário. Para que a utilização seja feita de forma sustentável, há uma necessidade de redução nas formas de desperdícios da água, perdas estas que ocorrem desde a captação até sua distribuição. Então, toda água que abastece cidades e municípios, passa por um complexo processo de tratamento, ao qual necessita de um sistema adequado que capte, purifique e distribua a água com qualidade. Visando buscar uma melhor eficiência em um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), o presente trabalho tem como objetivo levantar dados referentes ao tema abordado e analisar as perdas físicas no SAA da cidade de Araruna-PB, localizada na região do Curimataú Oriental Paraibano. A metodologia consistiu em elaborar um Balanço Hídrico, desenvolvido por especialistas da *International Water Association* (IWA), tomando com base dados referentes ao sistema para o qual foi estudado, e conseguidos através da CAGEPA, os quais se podem citar: dados referentes ao manancial, captação, estação elevatória, estação de tratamento, rede de distribuição, adução e reservação, além de consumo faturado medido, consumo não faturado medido e existência de banco de dados. Em razão da dificuldade de medições de alguns volumes, foram realizadas estimativas, cujos valores foram pesquisados através da literatura existente. Os resultados para este estudo foram satisfatórios, porém quando comparado com os revisados na literatura, as perdas físicas obtidas para o sistema estudado, atingiu aproximadamente 47%, sendo esse valor elevado e inaceitável, de acordo com o último diagnóstico do SNIS (2014), necessitando de um melhor controle quanto a agilidade e qualidade de reparos nas tubulações e ligações clandestinas existentes, e ainda quanto ao controle e detecção de vazamentos.

**Palavras-Chave:** Recurso Hídrico. Sustentabilidade. Água

## ABSTRACT

In recent years, population growth has contributed to the water becomes an increasingly scarce and precarious resource. That the use is done in a sustainable way, there is a need to reduce the forms of water waste, these losses occurring from capture to distribution. So all the water that supplies towns and cities, goes through a complex treatment process, which requires an adequate system to capture, purify and distribute water quality. Aiming to get better efficiency in a water supply system (SAA), this paper aims to raise data on the topic and analyze physical losses SAA city of Araruna-PB, located in Curimataú Oriental Paraibano region. For this, the water balance was designed, developed by International Water Association experts (IWA), being based on data for the system for which it was studied, and achieved through CAGEPA, which can include: data on the source, captation, pumping station, treatment station, distribution network, adduction and reservation, billed consumption measured consumption and Unbilled measured and existence of the database. Because of the difficulty of measurements of some volumes, estimates were made, whose values were surveyed through the existing literature. The results for this study were satisfactory, but compared with the reviewed in the literature, physical losses obtained for the studied system reached approximately 47 %, and this unacceptably high value, according to the latter diagnostic NHISs (2014), requiring better control as the speed and quality of repairs on existing pipes and illegal connections , as well as to control and leak detection.

Keywords: Hydride feature. Sustainability. Water

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Componentes de um Sistema de Abastecimento de Água.....	17
<b>Figura 2</b> – Evolução histórica do indicador de perdas de água na distribuição no Brasil.....	23
<b>Figura 3</b> – Componentes do controle de perdas reais.....	30
<b>Figura 4</b> - Área de estudo: área urbana da cidade de Araruna – PB.....	35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Índice de perdas de distribuição dos prestadores de serviços, segundo tipo de prestador de serviço, região geográfica e Brasil.....	22
<b>Tabela 2</b> - Perdas físicas nos diferentes subsistemas, quanto à origem e magnitude.....	24
<b>Tabela 3</b> – Componentes do Balanço Hídrico.....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>AESA</b>	Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba
<b>AF</b>	Água Faturada
<b>ANF</b>	Água Não-Faturada
<b>CA</b>	Consumo Autorizado
<b>CAGEPA</b>	Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto da Paraíba
<b>CFM</b>	Consumo Faturado Medido
<b>CFNM</b>	Consumo Faturado Não-Medido
<b>CNA</b>	Consumo Não-Autorizado
<b>CNFM</b>	Consumo Não-Faturado Medido
<b>CNFM</b>	Consumo Não-Faturado Não-Medido
<b>EEA</b>	Estação Elevatória de Água
<b>ETA</b>	Estação de Tratamento de Água
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IBNET</b>	International Beckmarking Network for Waterand Sanitation Utilities
<b>IWA</b>	International Water Association
<b>LNEC</b>	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
<b>PA</b>	Perdas Aparentes
<b>PR</b>	Perdas Reais
<b>SNIS</b>	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
<b>UNA</b>	Uso Não-Autorizado
<b>VES</b>	Volume de Entrada do Sistema
<b>VRP</b>	Válvula Redutora de Pressão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2 OBJETIVOS</b>	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	17
3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	17
3.2 COMPONENTES DE UM SAA	18
3.2.1 Manancial	18
3.2.2 Captação	18
3.2.3 Estação Elevatória de Água (EEA)	19
3.2.4 Estação de Tratamento de Água	19
3.2.5 Adução	20
3.2.6 Reservatório	21
3.2.7 Rede de Distribuição	21
3.3 PERDAS DE ÁGUA EM SAAS	22
3.4 MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO	25
3.5 AÇÕES DE CONTROLE DE PERDAS FÍSICAS OU REAIS	29
3.5.1 Controle de Pressão	31
3.5.2 Agilidade e qualidade dos reparos	31
3.5.3 Controle e detecção de vazamentos	31
3.5.4 Gerenciamento de infraestrutura	32
<b>4 METODOLOGIA</b>	33
4.1 AQUISIÇÃO DE DADOS	33
<b>5 ESTUDO DE CASO</b>	35
5.1 ÁREA DE ESTUDO	35

5.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE ARARUNA-PB	35
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	37
<b>7 CONCLUSÕES</b>	41
<b>8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	42
<b>REFERÊNCIAS</b>	43

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos hídricos tem sido uma questão recorrente e central na agenda internacional nas últimas décadas, sendo a água reconhecida pela sociedade como um recurso limitado, escasso e vulnerável. (BEZERRA E CHEUNG, 2013). O crescimento populacional cada vez mais acentuado, rápido e desordenado vem contribuindo para que este recurso se torne mais escasso e precário, levando a reflexões sobre a vulnerabilidade, efeitos de má distribuição e a natureza finita deste recurso natural.

Com a necessidade de reduzir as formas de desperdício da água para que a sua utilização seja feita de forma sustentável desde o início do seu processo de tratamento, as empresas de fornecimento devem considerar as perdas de água que ocorrem da captação até a sua distribuição à população, sendo essas perdas são classificadas em físicas, não físicas e desperdícios. As perdas físicas são caracterizadas por todos os vazamentos existentes na rede de distribuição, onde a água não será consumida pela população e conseqüentemente não sofrerá o faturamento pela concessionária; já as perdas não físicas são os volumes não faturados pelas empresas em decorrência de ligações clandestinas e fraudes; os desperdícios são as formas inadequadas de utilização pelas pessoas.

Toda água potável que abastece as cidades e municípios passa por um complexo tratamento físico e químico adequado para o consumo humano, sendo realizado por empresas que necessitam de um sistema completo para a captação, purificação, armazenamento e distribuição aos centros populacionais, todos esses processos compõe o Sistema de Abastecimento de Água (SAA).

Segundo o SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento), no Brasil, bem como na maioria dos países subdesenvolvidos os índices de perdas chegam a 37%, enquanto que nos países desenvolvidos têm valores médios de 10%. Com este índice, o Brasil fica na 20ª posição em ranking internacional de perda de água, ocasionada principalmente por vazamentos e ligações clandestinas.

O acesso à água, seguro e suficiente, é uma necessidade básica do ser humano e não pode ser tratado apenas sob os pontos de vista técnico e econômico. É um direito que deve ser reconhecido pela comunidade internacional, promovido e protegido por autoridades públicas e privadas. Embora no Brasil tenha ocorrido um volume elevado de investimentos do governo federal no setor de saneamento nos últimos anos, a grande maioria das ações se concentra no

aumento da oferta e não na melhoria de eficiência operacional e na diminuição das perdas de água (BEZERRA E CHEUNG, 2013).

Em um SAA as perdas podem ser calculadas pelo Balanço Hídrico, método desenvolvido pela *International Water Association* (IWA), que apresentam variáveis importantes para a composição dos fluxos e usos de água no sistema.

Diante do exposto e buscando uma melhor eficiência de um SAA, este trabalho tem como objetivo levantar dados bibliográficos sobre o tema ora apresentado, bem como, bem como analisar as perdas reais do SAA da cidade de Araruna–PB, através do método proposto pela IWA.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Buscando uma melhor eficiência de um SAA,este trabalho tem como objetivo levantar dados bibliográficas sobre o tema ora apresentado, bem como analisar as perdas reais do SAA da cidade de Araruna–PB, através do método proposto pela IWA.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar a área de atuação e seleção do setor de abastecimento referente a essa área;
- Realizar pesquisas em banco de dados e de valores estimados dos volumes de entrada para elaboração do Balanço Hídrico.
- Avaliar as incertezas ocorridas nas componentes do Balanço Hídrico

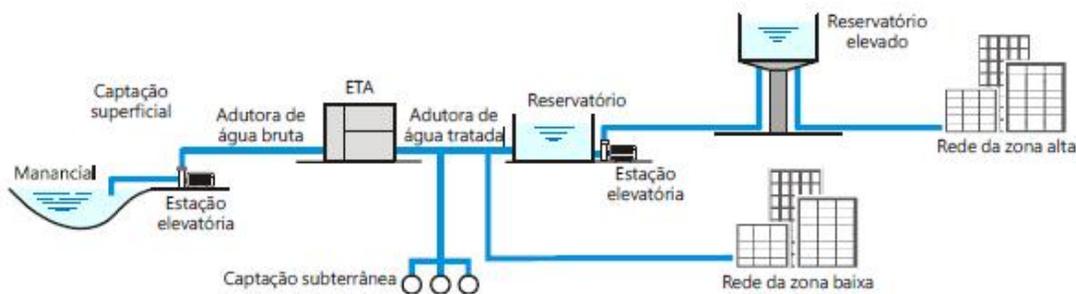
### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) são infraestruturas responsáveis pelo transporte de água aos centros populacionais urbanos com regularidade, segurança e qualidade. Em geral é composto por unidades complementares e subsequentes, as quais cumprem a finalidade de fazer com que a água em sua origem, superficial e/ou subterrânea, ainda sem potabilidade, chegue a cada ponto de consumo com condições de qualidade e pressão satisfatória (BEZERRA E CHEUNG, 2013). Ainda faz-se necessário que a concepção, implantação, as formas de operação e manutenção do sistema sejam cautelosamente projetadas para que os SAA se tornem eficientes a fim de proteger os diversos consumidores quanto aos riscos com a saúde humana.

Um sistema de abastecimento de água é composto pelas seguintes unidades: manancial, captação, estação elevatória, estação de tratamento de água, adução, reservatório e rede de distribuição conforme apresenta a Figura 1. Tais unidades são distribuídas de acordo com as características de cada projeto.

**Figura 1** – Componentes de um sistema de abastecimento de água



**Fonte: (Bezerrea e Cheung,2013)**

Para uma melhor elaboração dos estudos envolvendo a concepção desses componentes do sistema, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza diversas normas técnicas, a saber:

- NBR 12211- Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.
- NBR 12212 - Projeto de poço para captação de água subterrânea.
- NBR 12213 - Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.

- NBR 12214 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.
- NBR 12215 - Projeto de adutora de água para abastecimento público.
- NBR 12216 - Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.
- NBR 12217 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.
- NBR 12218 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

### 3.2 COMPONENTES DE UM SAA

#### 3.2.1 Manancial

Mananciais são todas as fontes de água, superficiais ou subterrâneas, que são usados para o abastecimento público. Em geral, os mananciais de águas superficiais possuem uma qualidade da água inferior quando comparados com as fontes subterrâneas. É uma das partes mais importantes de um SAA, pois está diretamente ligada a qualidade no fornecimento de água à população. Além disso, diversos aspectos devem ser considerados para se ter uma melhor escolha de um manancial, tais como: quantidade da água, localização, custos de instalação e operação, facilidade de adução e proteção do manancial.

#### 3.2.2 Captação

Segundo a NBR 12213/1992 da ABNT, a captação é um conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial, para a retirada de água destinada a atender um sistema de abastecimento de água. A captação pode ser feita superficialmente, sendo a mais utilizada por conta da disponibilidade, através de rios, córregos, lagos ou represas, isto sendo por gravidade ou bombeamento; ou ainda subterrânea, sendo executada através de galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços, sendo este último com implantação mais frequente para sistemas de abastecimento urbano.

### 3.2.3 Estação Elevatória de Água (EEA)

Logo após a água ser captada, ela deve ser transportada até uma estação de tratamento, aonde receberá o condicionamento adequado para obtenção de qualidade adequada ao consumo humano. Entretanto, devido a muitas vezes a topografia do terreno não ajudar, faz-se necessário usar estações que elevam a água de um ponto mais baixo a um mais alto para ser tratada e assim ser conduzida até o local onde será distribuída. Essas estações são denominadas estações elevatórias e podem ser localizadas, antes: quando conduzem água bruta, dentro: quando se localizam entre um trecho a outro da rede de distribuição, recebendo o nome de booster e depois: quando conduzem água tratada. Em geral, as estações elevatórias são compostas por bombas, normalmente centrífugas, por operar com pequena variação de vazão e pressão e na maioria das vezes possuem vários conjunto motor bomba em operação.

A escolha das bombas da estação deve ser realizada de acordo com as características hidráulicas do sistema de adução e/ou distribuição onde irá ser instalada. A melhor solução é aquela que resulta num menor custo/benefício na vida útil da bomba ao longo do projeto.

### 3.2.4 Estação de Tratamento de Água

A Estação de Tratamento de Água (ETA) é uma unidade que se destina à adequação das características da água aos padrões de potabilidade aceitáveis, ou seja, eliminar todo tipo de impureza e substâncias que tornam a água imprópria para o uso humano.

As ETAs são compostas por etapas com funções específicas, quais sejam:

- Pré-cloração: Adição de cloro na chegada da água bruta à estação;
- Pré-alcalinização: Adição de cal ou soda para ajustar o pH;
- Coagulação: Adição de sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro coagulante, seguido de uma agitação da água para provocar a aglomeração das partículas, facilitando sua agregação. Esta etapa ocorre no tanque de mistura rápida;
- Floculação: Nesta etapa, realizada no floculador, é adicionado o polímero, sendo ele catiônico, aniônico ou neutro que irá promover uma melhor agregação das partículas formadas anteriormente;
- Decantação: Através do decantador, as partículas formadas anteriormente, são retiradas da água por ação da gravidade, ou seja, separam-se da água sedimentando-se no fundo dos tanques;

- Filtração: Não ocorre a adição de nenhum produto químico. Nesta etapa, o restante dos flocos que não foram removidos na etapa anterior, é retirado através de filtros, unidades compostas por camadas de pedras, areia e carvão antracito;
- Cloração: Nesta etapa, é realizada a adição de cloro para retirada de microrganismos patogênicos não removidos nas etapas anteriores. De acordo com o artigo 39, do capítulo V que define padrões de potabilidade da portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento é de 2 mg/L.

Segundo BEZERRA & CHEUNG (2013), a elaboração do projeto de ETAs compreende as seguintes atividades:

- Definição dos processos de tratamento.
- Disposição e dimensionamento das unidades dos processos de tratamento e dos sistemas de conexões entre elas.
- Disposição e dimensionamento dos sistemas de armazenamento, preparo e dosagem de produtos químicos.
- Elaboração dos projetos de arquitetura, urbanização e paisagismo.
- Elaboração dos projetos de fundações e superestrutura.
- Elaboração dos projetos de instalações elétricas, hidráulico-sanitárias, drenagem pluvial, drenagens, esgotamento geral da ETA, com indicação da disposição final e projetos complementares.
- Elaboração das especificações dos materiais e equipamentos relacionados aos processos e às suas instalações complementares, bem como dos materiais e equipamentos de laboratório e de segurança.
- Elaboração do memorial descritivo e justificativo, orçamento e manual de operação e manutenção.

### 3.2.5 Adução

As adutoras são unidades lineares que realizam o transporte da água através de um conjunto de tubulações e conexões entre as unidades localizadas em um sistema de abastecimento, normalmente, entre a captação e o tratamento e/ou o tratamento e a distribuição. Estas podem ser classificadas de acordo a movimentação da água: gravidade, recalque ou mista, com o modo de escoamento: livre, forçada e mista ou com a natureza da água transportada: bruta ou tratada.

Os materiais empregados são os mesmos das redes de distribuição, mas fatores como custo, condição de funcionamento hidráulico, pressões internas, durabilidade do material, cargas externas influenciam na escolha do material da tubulação empregada. Além disso, dependendo da topografia do terreno a ser locada a adutora, faz-se necessário um estudo para o traçado desta. Por conta disso, a adução por gravidade muitas vezes não atendem as

condições hidráulicas preestabelecidas em projeto, utilizando assim a adução com a colocação de estações de recalques para elevar a água até ser distribuída.

### 3.2.6 Reservatório

O reservatório é uma unidade localizada que mantém a regularidade do abastecimento, equalizando as variações de vazão na distribuição e na adução. Além disso, em períodos em que ocorre a paralisação do sistema, o reservatório por armazenar água, promove as condições necessárias para o abastecimento contínuo no sistema, e ainda, regulariza as operações nas estações elevatórias e condicionam as pressões disponíveis nas redes.

### 3.2.7 Rede de Distribuição

Parte do sistema de abastecimento formada de tubulações e órgãos acessórios, destinada a alocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendadas. (NBR 12218, 1994). Ainda segundo a NBR 12218, essas unidades lineares devem contemplar setores de medição, que se torna imprescindível no que diz respeito a gestão de perdas de água no sistema de abastecimento.

Os condutos da rede de distribuição podem ser classificados em dois tipos, segundo a ABNT NBR 12218:

- Condutos principais: canalizações de maior diâmetro responsáveis pela alimentação dos condutos secundários. Devem ser localizado em vias públicas, formando, circuito fechados.
- Condutos secundários: canalizações de menor diâmetro responsáveis pelo abastecimento dos pontos de consumo. Devem formar redes malhadas, podendo ou não ser interligadas nos pontos de cruzamentos.

### 3.3 PERDAS DE ÁGUA EM SAAs

As perdas são um dos grandes problemas dos sistemas de abastecimento de água no Brasil, sendo assim um tema recorrente devido à escassez hídrica e aos altos custos de energia elétrica, além da sua relação com a saúde financeira dos prestadores de serviço (SNIS, 2014).

O Banco Mundial estima que mais de 32 bilhões de metros cúbicos de água tratada são perdidos todos os anos por causa de vazamentos nos sistemas urbanos de abastecimento de água, enquanto 16 bilhões de metros cúbicos são entregues aos clientes gratuitamente (KINGDOM et al., 2006). De acordo com a *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET) o volume de perdas em países em desenvolvimento é de cerca de 35%. No Brasil, conforme dados do último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do Brasil (SNIS, 2014), o valor médio das perdas de água na distribuição dos sistemas de abastecimento é em torno de 37%, enquanto que em países desenvolvidos como o Japão e Alemanha tem valores em média de 10%.

A Tabela 1 apresenta o índice de perdas na distribuição em valores médios, segundo tipo de prestador de serviços, região geográfica e média do país para os participantes do SNIS em 2014. Com relação a 2013 o percentual caiu em 0,3,

**Tabela 1** – Índice de perdas de água na distribuição dos prestadores de serviços, segundo tipo de prestador de serviço, região geográfica e Brasil

Região	Tipo de prestador de serviços					Total
	Regional	Micror-regional	Local Direito Público	Local Direito Privado	Local Empresa privada	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Norte	52,3	-	32,5	-	49,3	47,9
Nordeste	48,4	-	38,2	8,4	-	46,9
Sudeste	31,6	32,8	35,9	29,8	30,4	32,6
Sul	33,3	25,1	31,1	49,0	53,2	33,4
Centro-Oeste	29,4	40,8	36,3	-	48,9	34,2
Brasil	36,9	32,4	35,2	32,0	42,5	36,7

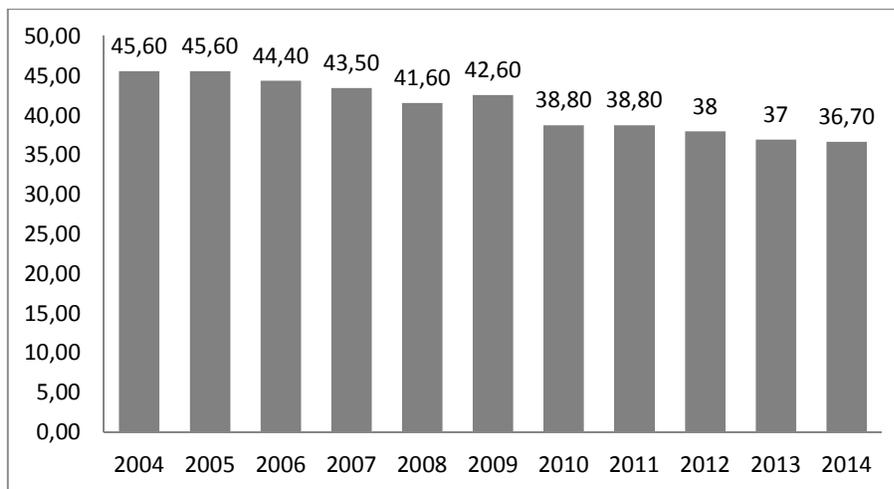
Fonte: SNIS, 2014

Pode-se observar que o índice de perdas geral no Brasil é alto, especialmente nas regiões Norte e Nordeste.

No entanto, nos últimos anos esse quadro vem se alterando, como se observa na Figura 2. Em anos anteriores como em 2004 o valor de perda era de 45,6% e ao passar do tempo foi diminuindo até que no ano de 2014, ano do último diagnóstico, o percentual de perdas foi de

36,7%, uma redução de 8,9%. Embora essa informação seja positiva, os índices ainda são incompatíveis e precisam diminuir bastante.

**Figura 2** – Evolução histórica do indicador de perdas de água na distribuição no Brasil



Fonte: SNIS, 2014

Diversos são os fatores, sendo eles infraestruturais ou operacionais, que influenciam nas perdas de água dos sistemas públicos de abastecimento de água. Infraestruturais no que diz respeito as perdas que se localizam nas unidades dos sistemas e ao longo da rede de distribuição e operacionais quando as perdas são consideradas correspondentes aos volumes não contabilizados. Um bom exemplo é o desperdício causado por diferentes maneiras sendo um tipo de perda cujo volume consumido de maneira irracional pelo usuário, se torna de difícil controle. Além disso, existem vazamentos, infiltrações, defeitos nas instalações hidráulicas, entre outros processos.

As perdas de água são divididas em perdas aparentes e perdas reais. Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do Brasil (SNIS, 2014):

[...] As perdas aparentes, também chamadas de perdas não físicas ou comerciais, estão relacionadas ao volume de água que foi efetivamente consumido pelo usuário, mas que, por algum motivo, não foi medido ou contabilizado, gerando perda de faturamento ao prestador de serviços. São falhas decorrentes de erros de medição (hidrômetros inoperantes, com submedição, erros de leitura, fraudes, equívocos na calibração dos hidrômetros), ligações clandestinas, *bypass* irregulares nos ramais das ligações (conhecidos como gatos), falhas no cadastro comercial, etc.. Nesse caso, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada. Já as perdas reais, também conhecidas como perdas físicas, referem-se a toda água disponibilizada para distribuição que não chega aos consumidores. Essas perdas acontecem por vazamentos em adutoras, redes, ramais, conexões, reservatórios e outras unidades operacionais do sistema. Elas compreendem principalmente os vazamentos em tubulações da rede de distribuição, provocados especialmente pelo excesso de

pressão, habitualmente em regiões com grande variação topográfica. Os vazamentos também estão associados à qualidade dos materiais utilizados, à idade das tubulações, à qualidade da mão-de-obra e à ausência de programas de monitoramento de perdas, dentre outros fatores. A utilização de água para procedimentos operacionais, como lavagem de filtros da ETA e descargas na rede, não deve ser considerada perda quando este consumo se refere ao estritamente necessário para operação.

As perdas nos componentes lineares como: adutoras, redes de distribuição, ramais, são tidas como mais significativas para o sistema, pois estão ligadas às atividades de manutenção, causados por rompimentos de tubulações, além de perdas em equipamentos como registros, válvulas, ventosas, etc. Com a redução destas perdas, haverá um aumento de receita, possibilitando assim, sem que haja ampliação do sistema, uma maior disponibilidade da quantidade de água.

De acordo com a Tabela 2, pode-se observar um detalhamento quanto à origem e a magnitude das perdas físicas nos subsistemas.

**Tabela 2** – Perdas físicas nos diferentes subsistemas, quanto à origem e magnitude

	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDAS FÍSICAS	ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA	VAZAMENTOS NAS TUBULAÇÕES LIMPEZA DO POÇO DE SUCCÃO*	VARIÁVEL, FUNÇÃO DO ESTADO DAS TUBULAÇÕES E DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL.
	TRATAMENTO	VAZAMENTOS ESTRUTURAIS LAVAGEM DE FILTROS* DESCARGA DE LODO*	SIGNIFICATIVA, FUNÇÃO DO ESTADO DAS INSTALAÇÕES E DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL.
	RESERVAÇÃO	VAZAMENTOS ESTRUTURAIS EXTRAVASAMENTOS LIMPEZA*	VARIÁVEL, FUNÇÃO DO ESTADO DAS INSTALAÇÕES E DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL.
	ADUÇÃO DE ÁGUA TRATADA	VAZAMENTOS NAS TUBULAÇÕES LIMPEZA NO POÇO DE SUCCÃO* DESCARGAS	VARIÁVEL, FUNÇÃO DO ESTADO DAS TUBULAÇÕES E DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL.
	DISTRIBUIÇÃO	VAZAMENTOS NA REDE VAZAMENTOS NOS RAMAIS DESCARGAS	SIGNIFICATIVA, FUNÇÃO DO ESTADO DAS TUBULAÇÕES E PRINCIPALMENTE DAS PRESSÕES.

Fonte: IWA

\* Considera-se perdido apenas o volume excedente ao necessário para operação

Segundo MARCKA,(2004), os efeitos provocados pelas perdas físicas podem ser detalhados em cada um dos subsistemas componentes de um SAA. Assim, pode-se ter:

- Perdas na Captação/Adução da água bruta: Devido a ocorrência de vazamentos na adutora, em função do estado da tubulação e do material utilizado, sua idade pressão,

adequada execução da obra, elementos de proteção aos transientes, provocando grandes transtornos ao abastecimento local. Para uma melhor prevenção é necessário uma manutenção preventiva, hidráulicos e elétricos nos componentes mecânicos e eletromecânicos;

- Perdas no Tratamento: Seu impacto varia de 2% a 10% do total tratado, tendo origem através do processo ou vazamentos. O processo pode ser minimizado através de boas práticas operacionais, porém nunca eliminado. Os vazamentos estão geralmente associados a consequências advindas da fase de construção;
- Perdas na Reservação: Embora seja variável, geralmente não tem impacto em termos absolutos. Tem origem através do processo ou vazamentos. O processo pode ser minimizado através de boas práticas operacionais, e neste caso pode ser eliminado. Os vazamentos estão geralmente associados a consequências advindas da fase de construção. Neste caso, a manutenção preventiva pode ser um grande aliado;
- Perdas na Adução da água tratada: Podem ocorrer em função do estado das tubulações, (idade e tipo de material), pressões e deficiência operacional, além de problemas oriundos da inoperância ou inexistência de equipamentos de proteção contra os fenômenos transitórios. Por estas características podem ou não ser significativas, dependendo das condições operacionais das instalações físicas e das equipes responsáveis pela operação e manutenção (preventiva e corretiva);
- Perdas na Distribuição: São decorrentes de vazamentos nas redes de distribuição (primárias e secundárias) e ramais de ligação predial, decorrentes das elevadas pressões dinâmicas atuantes, estado da tubulação, idade e tipo de material, bem como, de procedimentos operacionais, tais como: descargas para fins de manutenção, corretiva e desinfecção. Sua magnitude pode variar tanto quanto comprometido for o estado físico das instalações, condições operacionais existentes.

### 3.4 MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO

Uma das principais ferramentas que auxiliam na identificação do quanto a água está sendo utilizada, faturada e perdida, diz respeito ao controle realizado pelo Balanço Hídrico,

Devido a grande diversidade de formatos e definições usadas internacionalmente para o cálculo do Balanço Hídrico houve necessidade em padronizar uma terminologia que fosse conhecida e empregada pelas companhias de saneamento do mundo. (VICENTINI, 2012)

Diante desse quadro, grupos especialistas da IWA elaboraram e propuseram uma melhor abordagem para o cálculo do Balanço Hídrico.

Internacionalmente, o Balanço Hídrico é conhecido como aplicação *Top-Down*, justamente por iniciar a avaliação das perdas por meio do cálculo do balanço hídrico de “cima para baixo”, ou seja, pelo volume de água que entra no sistema menos o volume de água efetivamente consumido. Neste método, são feitas hipóteses para determinar as perdas aparentes e, pela diferença, chega-se então às estimativas de perdas reais. (BEZERRA, 2013).

A Tabela 3 resume as componentes do referido método.

**Tabela 3** –Componentes do Balanço Hídrico(IWA)

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimados)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa etc.)	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas etc.)	
	Perda de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (micromedição)	
Perdas reais		Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição		
	Vazamentos e extravasamentos em reservatórios			
		Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)		

Fonte: IWA

As definições dos termos adotados no Balanço Hídrico da IWA são as seguintes:

- Volume de entrada no sistema (VES): este volume representa o somatório dos volumes referente às fontes (superficial e/ou subterrâneo) somada ao volume de água importada;
- Consumo autorizado (CA): este volume refere-se ao volume de água medido e/ou não medido utilizado por consumidores cadastrados na empresa (por exemplo, cliente registrado sem hidrômetro), somado com os volumes que são implicitamente ou explicitamente autorizados pela empresa. Inclui-se também

o volume de combate a incêndio, de limpeza de ruas e reservatórios, rega de espaços verdes municipais, abastecimento de caminhões pipas, alimentação de fontes públicas, chafarizes etc. Alguns desses consumos podem ser faturados ou não, dependendo da prática local;

- Consumo autorizado não faturado (CANF): Volume que não gera receita para a companhia, sendo originário do uso legal de água no sistema. Correspondem aos volumes medido e não-medidos;
- Perdas aparentes (PA): também chamadas de perdas não físicas e perdas comerciais: correspondem ao volume de água consumido, mas que não é contabilizado pela companhia de abastecimento, ou seja, é a que não foi “fisicamente perdida”, mas não gerou receita a empresa. As perdas aparentes são causadas por ligações clandestinas (chamadas popularmente de “gatos”), roubo ou uso ilegal (por exemplo, retirada de água em válvulas de descargas de adutoras), fraudes nos hidrômetros, erros de leituras dos hidrômetros e falhas no cadastro comercial (cadastro desatualizado, ligação não cadastrada por descuido, registro de inatividade em ligação ativa);
- Perdas reais (PR): representam o volume efetivamente perdido no sistema. As perdas reais são decorrentes de vazamentos que ocorrem nas tubulações das adutoras e nas redes de distribuição, nos ramais das ligações prediais, nas ETAs e nos extravasamentos de reservatórios;
- Consumo faturado medido (CFM): é o volume de água anual que gera receita para a companhia prestadora de serviços e corresponde ao somatório dos valores arrecadados nas contas de água emitidas. É composto pelo volume medido nos hidrômetros. Este volume não pode ser calculado diretamente com base no volume faturado pelo setor comercial, porque o volume faturado inclui o volume da tarifa mínima. Por exemplo, a CEDAE adota uma tarifa mínima de 500 l/dia para as categorias residencial e pública, e para o comércio e a indústria é considerada 666 l/dia, enquanto a maioria das empresas admitem 10 m<sup>3</sup> mensais por ligação residencial. É necessário verificar o volume realmente medido;
- Consumo faturado não medido (CFNM): corresponde ao estimado pelas companhias de abastecimento, relativo à economia onde não há hidrômetro, seja o consumidor de baixa renda ou não. Neste caso, em algumas

companhias, cobra-se o volume de 10 m<sup>3</sup> mensais. A receita da empresa advém da soma das cobranças relativas aos consumos faturados medidos e não medidos;

- Consumo não faturado medido (CNFM): é o consumo destinado aos clientes que a empresa dispensa o pagamento da conta de água mais o consumo interno medido da companhia (por exemplo, lavagem de filtros da ETA);
- Consumo não faturado não medido (CNFNM): é o consumo destinado aos consumidores que a empresa dispensa o pagamento da conta de água e o volume não é medido (por exemplo, água para combate a incêndio, abastecimento de caminhões pipa, irrigação de praças etc.). Para um levantamento eficiente do balanço hídrico é necessária a medição do consumo autorizado não faturado por meio da instalação de hidrômetros nos locais cujos consumos são autorizados, como, por exemplo, em praças e campos de futebol. No atendimento gratuito a comunidades de moradores de baixa renda deve-se considerar este volume fornecido como consumo autorizado não faturado;
- Uso não autorizado (UNA): é o volume que não produz receita. Neste volume, incluem-se as ligações clandestinas, as fraudes etc;
- Erros de medição: é o volume decorrente do erro de medição dos contadores, que pode ser causado por falhas de fabricação, dimensionamento inadequado, instalação incorreta etc;
- Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição: é o volume de vazamentos que ocorre ao longo das adutoras e redes de distribuição. Nesse grupo, encontram-se as ocorrências de grande intensidade;
- Vazamentos e extravasamentos em reservatórios: é o volume de vazamentos decorrentes do extravasamento de reservatórios;
- Vazamentos em ramais prediais: é o volume de vazamentos que ocorre entre o colar de tomada e o cavalete residencial. As principais causas devem-se à instalação inadequada, à qualidade de material, às pressões atuantes e/ou à movimentação do solo.

Para a elaboração do Balanço Hídrico, os passos para o cálculo da água não faturada e as perdas de água são os descritos a seguir, de acordo com a Tabela 3:

- Passo 1: Determinar o volume de água fornecido ao sistema (1ª coluna).
- Passo 2: Determinar o consumo faturado medido e o consumo faturado não medido na 4ª Coluna.
- Passo 3: Introduzir o total destes como consumo autorizado faturado (3ª coluna) e volume de água faturada (5ª coluna).
- Passo 4: Calcular o volume de água não faturada (5ª coluna) subtraindo do volume de entrada(1ª coluna) a água faturada (5ª coluna).
- Passo 5: Definir o consumo não faturado medido e o consumo não faturado não medido na 4ª coluna. Registrar o consumo autorizado não faturado na 3ª coluna.
- Passo 6: Introduzir o resultado da soma dos volumes correspondentes ao consumo autorizado faturado e ao consumo autorizado não faturado como consumo autorizado (2ª coluna).
- Passo 7: Calcular as perdas de água (2ª coluna) como a diferença entre a água entrada no sistema (1ª coluna) e o consumo autorizado (2ª coluna).
- Passo 8: Estimar, as parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição (4ª coluna), somá-las e registrar o resultado em perdas aparentes (3ª coluna).
- Passo 9: Calcular as perdas reais (3ª coluna) subtraindo das perdas de água (3ª coluna) as perdas aparentes (3ª coluna).
- Passo 10: Estimar as parcelas das perdas reais (4ª coluna) usando metodologias disponíveis (por exemplo, análise de vazões mínimas noturnas e modelagem), somá-las e comparar como resultado das perdas reais (3ª coluna).

### 3.5 AÇÕES DE CONTROLE DE PERDAS FÍSICAS OU REAIS

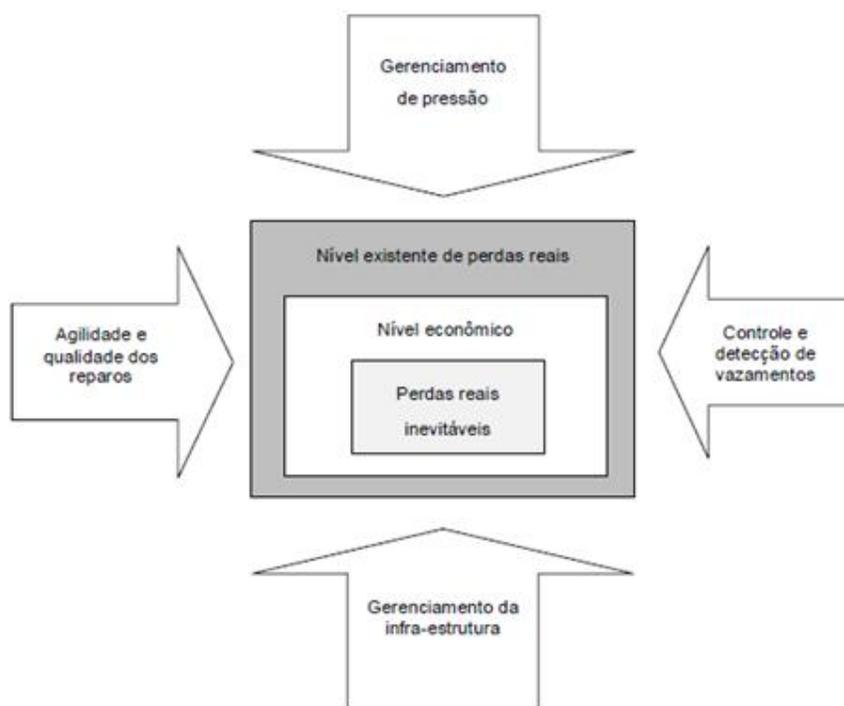
É importante observar que não existem redes totalmente estanques, ou seja, em maiores ou menores proporções, todas possuem perdas. Entretanto, índices de perdas reais da ordem de 40% do total disponibilizado para o abastecimento, com certeza, são inaceitáveis. (BEZERRA E CHEUNG, 2013).

As principais ações para o controle de perdas reais, diz respeito ao controle de vazamentos. Quando estes são inerentes, ou seja, não visíveis e não detectáveis por equipamentos de detecção acústica, é recomendável uma redução da pressão e no número de juntas na tubulação, além de uma melhor execução de obra com uma qualidade de material

adequada; quando são não visíveis, ou seja, não aflorantes à superfície do terreno, mas detectáveis por métodos de detecção acústica, recomenda-se uma redução na pressão interna das tubulações, uma pesquisa relacionada aos vazamentos não visíveis existente, além de uma melhor execução de obra com uma qualidade de material adequada; e quando são visíveis, ou seja, aflorantes à superfície e comunicados pela população, no qual é recomendável, além de uma melhor execução de obra com uma qualidade de material adequada e uma redução da pressão interna, uma rapidez quanto ao tempo de reparo no vazamento existente.

Atualmente, a metodologia mais aceita quando se trata das intervenções realizadas para reduzir, controlar e gerenciar as perdas reais, sobre a natureza e o impacto dos vazamentos, diz respeito à proposta feita pelo Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água da IWA, que relaciona um conjunto de métodos, representado pelas setas (Figura 3), como a seguir:

**Figura 3** – Componentes do controle de perdas reais



Fonte: (IWA)

### 3.5.1 Controle de Pressão

Considerando a redução do volume de água perdido em vazamentos nos sistemas de abastecimento de água, o controle de pressão se torna uma das alternativas mais eficientes quando se trata da gestão de perdas.

O gerenciamento de pressões se faz através do zoneamento piezométrico, que corresponde a divisão de um setor de abastecimento em zonas com comportamento homogêneo dos planos de pressão. Esses planos piezométricos podem ser definidos pela cota do nível d'água de um reservatório enterrado, apoiado ou elevado, pela cota piezométrica de uma elevatória ou *booster* ou pela cota piezométrica de uma válvula redutora de pressão (VRP) (VICENTINI, 2012).

### 3.5.2 Agilidade e qualidade dos reparos

A velocidade do reparo de vazamentos contribui diretamente para o volume total de perdas físicas, sendo esta velocidade de reparo dividida em três etapas: conhecimento, localização e reparo. O volume perdido é obtido somando-se os tempos decorrentes dessas três etapas e multiplicando-se pela vazão estimada. É necessária uma avaliação cuidadosa e rápida do vazamento a ser investigado, para que após a pressurização não ocorra reincidência do vazamento. Quanto mais rápido for realizado o reparo, menor será a perda física e, conseqüentemente, a perda total.

### 3.5.3 Controle e detecção de vazamentos

Uma das mais importantes ações diz respeito ao controle e detecção ativa de vazamentos inerentes, ou seja, não visíveis. Os vazamentos, gerados por meio de som ou vibração dentro da tubulação, são localizados através de métodos acústicos de detecção. Diferentemente do que ocorre quando são feito os reparos, o controle ativo de vazamentos permite a detecção e a reparação de vazamentos não comunicados pela população, como uma estratégia de controlar e reduzir as perdas que se situam na rede.

Muitos são os equipamentos para a detecção desses ruídos, tais como:

- Haste de escuta
- Geofones mecânicos e eletrônicos.

- Locadores de massa metálica.
- Locadores de tubulações metálicas e não metálicas.
- Correlacionadores de ruídos.
- Dataloggers de ruído

#### 3.5.4 Gerenciamento de infraestrutura

O gerenciamento de infraestrutura está diretamente ligado às condições dos sistemas de rede de distribuição, quanto ao envelhecimento da rede, materiais, manutenções da rede, instalação e manutenção de equipamentos de controle, entre outros, sendo uma das mais importantes ações quanto ao controle das perdas físicas existentes nos sistemas de abastecimento público.

Os sistemas de abastecimento de água apresentam uma vida útil, em geral de 50 anos para tubulações primárias e secundárias, mas para que tenham um bom funcionamento e possam chegar a vida útil desejada, melhorando seu desempenho hidráulico, estrutural e de qualidade da água, é necessário um emprego adequado do material, das condições físico-químicas do solo, da execução dos serviços, com relação a mão-de-obra empregada, e no caso das tubulações metálicas, das proteções quanto ao processo de corrosão.

Além disso, é importante um remanejamento anual da rede, realizando uma substituição dos ramais e derivações existentes na rede. Porém, a substituição de alguns materiais ocasiona mais despesas, já que em muitas localidades há a necessidade de métodos que não se destruam com facilidade. Um dos métodos mais utilizados quando se trata de substituição da rede, considerando métodos não destrutivos, é o método de inserção em que o tubo velho é limpo e outro, de menor diâmetro, é puxado, ou empurrado para dentro.

## 4 METODOLOGIA

Nesta etapa são apresentadas as metodologias necessárias para se alcançar o objetivo da pesquisa. Tendo em vista a confiabilidade do Balanço Hídrico, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- Caracterização da área de atuação e seleção do setor de abastecimento referente a essa área;
- Realização de pesquisas em banco de dados e de valores estimados dos volumes de entrada e elaboração do Balanço Hídrico.
- Avaliação das incertezas ocorridas nas componentes do Balanço Hídrico

A matriz do Balanço Hídrico, proposta pela IWA, apresenta variáveis importantes para composição dos fluxos e usos de água no sistema. Cada componente possui incertezas nas medições e erros quanto à aquisição dos dados. Os volumes atribuídos no Balanço Hídrico resultam de medições ou de estimativas.

### 4.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

Para a Aquisição dos Dados foi realizado uma solicitação junto a Diretoria de Operação e Manutenção da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) aonde foram obtidos dados referentes ao SAA da área de estudo. No que diz respeito à Estação Elevatória de Água, Captação, Adução, Reservatório e Rede de Distribuição, além de dados relacionados ao estudo do Balanço Hídrico, quanto ao Consumo faturado medido, consumo não faturado medido, existência de banco de dados e o tempo médio de abastecimento de água. Ainda, dados referentes ao manancial foram obtidos através da página eletrônica da AESA. De acordo com a CAGEPA o valor referente ao consumo faturado medido para o sistema de abastecimento no município de Araruna varia de 40% a 50% do volume de entrada no sistema.

Com relação aos demais dados para o cálculo do Balanço Hídrico, alguns foram medidos e outros estimados. Tendo em vista a dificuldade de se obter dados de consumo não faturado medido e do consumo não faturado não medido, faz-se uma estimativa utilizando o valor padrão utilizado no Reino Unido, este sendo de 1,25% do volume de entrada no sistema, para o consumo autorizado não faturado (CANF). Ainda, as avaliações do uso não autorizado e das incertezas de medição para o cálculo das perdas aparentes são de difícil acesso quanto à medição. Portanto, com relação ao uso não autorizado, faz-se uma estimativa considerando o valor padrão adotado no Reino Unido de 0,50% do volume de entrada no sistema, e com

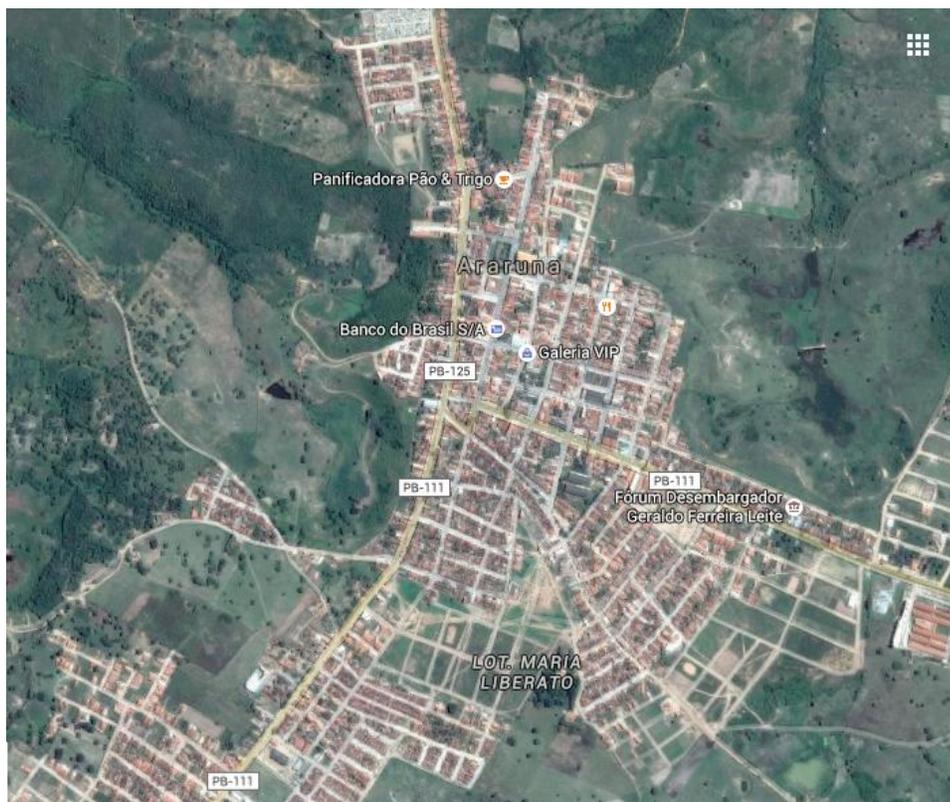
relações incertezas de medição são calculados submedições dos hidrômetros de pequena e grande capacidade. Em geral, medidores bem aferidos e adequadamente dimensionados tem uma faixa de variação de precisão entre 0,5% a 2%. (VICENTINI, 2012).

## 5 ESTUDO DE CASO

### 5.1 ÁREA DE ESTUDO

Para este trabalho utilizou-se o sistema de abastecimento de água da cidade de Araruna – PB, localizada na microrregião do Curimataú Oriental Paraibano a 165 km da capital João Pessoa. Com uma população estimada em 20.051 habitantes, de acordo com o site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse município possui aproximadamente uma área territorial de 241,3 km<sup>2</sup>. A Figura 4 retirada identifica a área urbana da cidade.

**Figura 4** – Área de estudo: área urbana da cidade de Araruna - PB



Fonte: Google Earth

### 5.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE ARARUNA-PB

A água que abastece o município de Araruna-PB é proveniente da barragem Canafstula II, localizada no município de Borborema-PB, cuja capacidade máxima chega a

4.102.626 m<sup>3</sup>. Além de atender a cidade de Araruna-PB, o manancial atende mais sete municípios da região do Brejo Paraibano, sendo estes, Solânea, Bananeiras, Cacimba de Dentro, Tacima, Riachão e Dona Inês. De acordo com o último estudo realizado pela Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESPA), atualmente o volume armazenado em milhões de metros cúbicos é de 0,419, ou seja, 10,21% da capacidade total. Do manancial partem dois sistemas com uma estação elevatória cada. Destes, o que recalca água bruta até o município de Araruna-PB, parte uma adutora de DN 400 mm executadas em ferro fundido até a estação de tratamento de água (ETA). Após o tratamento a água é recalçada para o município, através de uma tubulação de ferro de 250 mm até o reservatório, de onde sai à tubulação de distribuição para toda a cidade, sendo estas nos diâmetros de 200 mm, 100 mm, 75 mm e 60 mm. O reservatório possui um volume equivalente a 500.000 litros, no entanto opera com uma redução de 14% (430.000 L). É demandada para a cidade 60 m<sup>3</sup>/dia, distribuídos por todos os bairros da cidade de acordo com o traçado da rede. As tubulações da rede são operadas com um fluxo não contínuo, sendo necessário uma carga de 3m.c.a. no reservatório de distribuição. Atualmente, a CAGEPA atende cerca de 4.727 ligações residenciais, dentre as quais, aproximadamente, 3.000 estão em funcionamento.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para um planejamento satisfatório de um sistema de abastecimento de água ou uma otimização quanto a sua expansão, faz-se necessário uma modelagem adequada de sua rede de distribuição e, além disso, um estudo amplo quanto às perdas existentes em toda sua extensão.

Diante do que foi exposto e com a estrutura estabelecida para o desenvolvimento do trabalho, após a aquisição dos dados, utilizou-se o Balanço Hídrico como ferramenta para determinar as perdas reais existentes no sistema de abastecimento de água de Araruna-PB. O Balanço Hídrico é uma ferramenta importante, quando se trata da avaliação de fluxos, usos e perdas de águas no sistema. Todas as informações de volumes foram referidas para um período de 12 meses, para dispersar o efeito de sazonalidade e possíveis diferenças na apuração dos volumes macro e micromedidos.

Para os cálculos citados anteriormente, utilizou-se a planilha do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), desenvolvida como parte integrante do manual da ESRAR “Controle de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição”.

Através dos dados obtidos, com relação à população abastecida e número de ligações reais de água calcula-se o Volume de Entrada do Sistema (VES), aonde se obtêm um volume de 1.080.000 m<sup>3</sup>/ano. Assim sendo:

$$\text{População abastecida} = 20.051 \text{ hab} \quad (01)$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de ligações} = 3000 \text{ ligações} \quad (02)$$

O Volume de Entrada no Sistema é dado por:

$$VES = 30 \times 12 \times 3000 \quad (03)$$

$$VES = 1.080.000 \frac{m^3}{ano} \quad (04)$$

Com relação ao Consumo faturado medido e o Consumo não faturado medido, temos que:

$$CFM = \text{valor micromedido} = 0,5 \times 1.080.000 = 540.000 \frac{m^3}{ano} \quad (05)$$

$$CNFM = \text{valor micromedido} \quad (06)$$

O Consumo faturado não medido deve ser um valor estimado. Como visto na bibliografia, esse volume é adotado em torno de  $10m^3$  mensais. Assim, tendo com base o ano de 2015, temos que:

$$CFNM = \text{valor estimado} = 10 \times 12 = \frac{120m^3}{\text{ano}} \quad (07)$$

Assim, podemos calcular o Consumo autorizado faturado (CAF), sendo este igual ao volume de água faturada no sistema (AF), somando-se as variáveis CFM e CFNM, obtidos anteriormente. Logo:

$$CAF = AF = CFM + CFNM \quad (08)$$

$$CAF = AF = 540.000 + 120 \quad (09)$$

$$CAF = AF = 540.120 \frac{m^3}{\text{ano}} \quad (10)$$

A seguir obtemos o volume de água não faturada (ANF), subtraindo o volume de água que entra no sistema do volume de água faturada. Logo, temos:

$$ANF = VES - AF \quad (11)$$

$$ANF = 1.080.000 - 540.120 \quad (12)$$

$$ANF = 539.880 \frac{m^3}{\text{ano}} \quad (13)$$

O consumo autorizado não faturado (CANF) é obtido por:

$$CANF = 1,25\% \times VES \quad (14)$$

$$CANF = 1,25\% \times 1.080.000 \quad (15)$$

$$CANF = 13500 \frac{m^3}{\text{ano}} \quad (16)$$

Logo, somando os volumes correspondentes ao CAF e o CANF, obtemos o valor do volume do Consumo Autorizado (CA), através da seguinte equação:

$$CA = CAF + CANF \quad (17)$$

$$CA = 540.120 + 13500 \quad (18)$$

$$CA = 553.620 \frac{m^3}{ano} \quad (19)$$

Para o cálculo das perdas de água (PA), subtraímos o volume de entrada no sistema do consumo autorizado. Logo:

$$PA = VES - CA \quad (20)$$

$$PA = 1.080.000 - 553.620 \quad (21)$$

$$PA = 526.380 \frac{m^3}{ano} \quad (22)$$

As perdas aparentes de água (PAA) são calculadas somando-se as parcela do uso não autorizado (Pap1) e das incertezas de medição (Pap2). Assim, temos:

$$Pap1 = 0,5\% \times VES \quad (23)$$

$$Pap1 = 0,5\% \times 1.080.000 \quad (24)$$

$$Pap1 = 5400 \frac{m^3}{ano} \quad (25)$$

De acordo com exposto anteriormente, as incertezas de medição variam de 0,5% a 2%, então podemos calcular para um valor mediano, para melhor aferição do valor. Assim, sendo, temos;

$$Pap2 = 1,25\% \times VES \quad (26)$$

$$Pap2 = 1,25\% \times 1.080.000 \quad (27)$$

$$Pap2 = 13500 \frac{m^3}{ano} \quad (28)$$

Logo as perdas aparentes de água são dadas como:

$$PAA = Pap1 + Pap2 \quad (29)$$

$$PAA = 5400 + 13500 \quad (30)$$

$$PAA = \frac{18900m^3}{ano} \quad (31)$$

$$PAA(\%) = 1,75\% \quad (32)$$

Por fim, podemos calcular as perdas reais (PR) existentes no sistema, subtraindo as perdas de água das perdas aparentes.

$$PR = PA - PAA \quad (33)$$

$$PR = 526.380 - 18.900 \quad (34)$$

$$PR = 507.480 \frac{m^3}{ano} \quad (35)$$

$$PR(\%) = 46,98\% \quad (36)$$

## 7 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos com a elaboração do Balanço Hídrico para o referente sistema de abastecimento, pode-se observar que as perdas físicas ou reais foram elevadas, de aproximadamente 47% do volume de entrada do sistema, necessitando pois, de um melhor controle quanto à agilidade e qualidade de reparos nas tubulações e ligações clandestinas existentes, e ainda quanto ao controle e detecção de vazamentos. Em virtude da dificuldade de obtenção dos dados, muitos valores foram estimados incorrendo em margens de incertezas. Para se contornar a inexistência de alguns dados de consumo, relacionados a fraudes e falhas, valeram-se de estimativas utilizando padrões internacionais, como visto na literatura. Não foi possível encontrar esses valores de referência no Brasil.

Além disso, tomando como base o valor das perdas físicas elevadas, pode-se notar que o sistema não está totalmente fechado, ou seja, a água destinada ao sistema não atende aos consumidores com frequência adequada. Isso pode ser ocasionado por vazamentos não visíveis no sistema ou medidores de vazão com certo grau de imprecisão.

O cálculo do Balanço Hídrico é de extrema importância para o programa de redução de perdas, pois traz melhorias quanto a qualidade operacional dos sistemas de abastecimento e consequentes benefícios aos serviços prestados. Porém, as incertezas de suas variáveis geram dúvidas quanto ao grau de confiabilidade.

## **8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Em decorrência disso, é recomendado para pesquisas futuras que se utilizem análises estatísticas mais profundas, como em estudos estatísticos de fração de água.

## REFERÊNCIAS

ABNT (1992). Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12213** - Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, RJ: ABNT.

ABNT (1994). Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12218** - Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, RJ: ABNT.

BEZERRA, S. T. M., CHEUNG, P. B. (2013). **Perdas de água**: tecnologias de controle. João Pessoa: Editora da UFPB,220p.

KINGDOM, B.; LIEMBERGER, R.; MARIN, P. (2006). **The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries - How the Private Sector Can Help**: A Look at Performance-Based Service Contracting. Washington, DC: Banco Mundial.

MARCKA E. (2004). Documento técnico de Apoio nº A2. **Definições de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento**. MPO/SEPURB/DS (Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretária Nacional de Política Urbana, Diretoria de Saneamento). Brasília.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 12 de abril de 2016

SNIS (2014). **Sistema Nacional de Informação Em Saneamento**. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília:Ministério das Cidades, Governo Federal.

VICENTINI, L. P. (2012). **Componentes do Balanço Hídrico para Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. 196p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Ambiental) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo,2012