



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

KLINSMANN LINDSON GONZAGA DE OLIVEIRA CAMPOS

ESTUDO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE NATIVIDADE-TO

Palmas – TO

2019

KLINSMANN LINDSON GONZAGA DE OLIVEIRA CAMPOS
ESTUDO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE NATIVIDADE-TO

Projeto apresentado como requisito final da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Palmas – TO

2019

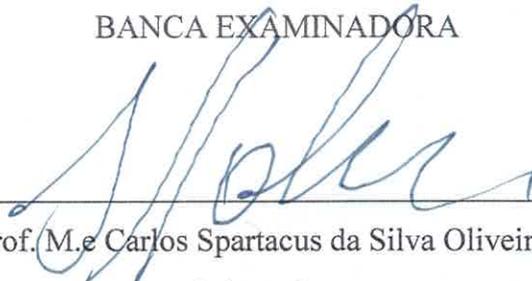
KLINSMANN LINDSON GONZAGA DE OLIVEIRA CAMPOS
ESTUDO DAS PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE NATIVIDADE-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Aprovado em: 29 / 06 / 2013

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.e Carlos Spartacus da Silva Oliveira

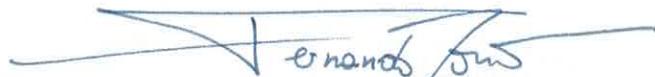
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA



Prof. D.r Jacqueline Henrique

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA



Prof. M.e Fernando Moreno Suarte Junior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Palmas – TO

2019

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por me capacitar e me renovar a cada dia para realizar tal feito, posteriormente dedico aos meus pais e avós eternos guerreiros que estiveram ao meu lado me dando apoio e dicas sempre que possível.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde, providência e presença constante. Aos meus pais e avós pelo zelo, amor e carinho sempre postos a mim. Desde o primeiro dia da pré-escola até o término do ensino superior cuidando e se interessando sobre meus estudos.

Meus agradecimentos ao Prof. Carlos Spartacus, pelo apoio e contribuição para realização deste trabalho.

Aos professores de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA por contribuírem na minha formação.

“Algumas batalhas são vencidas com espadas e lanças, outras com livros, papel e canetas.”

Twyn Lannister-Game of Thrones

RESUMO

Um dos grandes problemas no planeta é a escassez dos recursos naturais existentes para a nossa sobrevivência, e a água é um desses recursos. A água potável é um recurso finito, que é dividida desigualmente pela superfície terrestre. Com o crescimento populacional elevado, uma demanda exponencial da água para uso racional ou não, que inclui o consumo em excesso e o descarte impróprio da água tratada, diminuem a disponibilidade de água para a população. Outra forma de desperdício de água é a perda de água nos sistemas de distribuição, que dependendo da qualidade da prestação dos serviços, pode acarretar em uma perda maior que 50% da água tratada que deveria ser distribuída para a população já com suas propriedades adequadas. Sendo assim, o presente trabalho vem avaliar, em um determinado período, as perdas de água, tanto físicas (por meio de vazamentos), como não físicas (por meio de fraudes, ligações irregulares, etc.), no município de Natividade-TO. Apresentando resultados por meio de indicadores de perdas, e descrever algumas medidas necessárias para a diminuição das perdas existentes no setor. Os resultados mostraram que com um programa de controle, redução e conscientização de perdas, que podem ser feitos no município pode gerar uma diminuição no volume de água perdido, além de diminuir os números de ocorrências de fraudes, assim aumentando a receita da empresa de saneamento responsável.

Palavras-chave: Água, desperdício, volume, diminuição, perdas.

ABSTRACT

One of the major problems on the planet is the scarcity of natural resources for our survival, and water is one of those resources. Drinking water is a finite resource, which is divided unevenly by the earth's surface. With high population growth, an exponential demand for water for rational use or not, which includes excessive consumption and improper disposal of treated water, reduces the availability of water to the population. Another form of waste of water is the loss of water in distribution systems, which depending on the quality of the services rendered, can result in a loss of more than 50% of the treated water that should be distributed to the population already with its adequate properties. Thus, the present work evaluates, in a given period, the losses of water, both physical (through leaks) and non-physical (through fraud, irregular connections, etc.), in the municipality of Natividade-TO. Presenting results through loss indicators, and describing some measures necessary to reduce losses in the industry. The results showed that with a program of control, reduction and awareness of losses, that can be done in the municipality can generate a decrease in the volume of water lost, besides reducing the numbers of occurrences of fraud, thus increasing the revenue of the sanitation company responsible.

Keywords: Water, waste, volume, decrease, losses.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -Metas.....	41
Figura 2 - Benefícios da redução.....	42
Figura 3 - Sinergias entre redução das perdas de água e eficiência.....	43
Figura 4 - Ações relacionadas ao controle e a redução de perdas reais.....	44
Figura 5 - Ações para o controle e a redução de perdas aparentes.....	45
Figura 6 -Mapa geográfico de Natividade-TO.....	47
Figura 7 - Mapa de Satelite Natividade-TO.....	48
Gráfico 1: Evolução histórica.....	39
Gráfico 2: Perdas sobre faturamento.....	40
Gráfico 3: Perdas sobre o faturamento.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IWA	Associação Internacional da Água
PNCDA	Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Índices percentuais de perdas.....	31
Quadro 1: Origem e magnitude das perdas físicas.....	27
Quadro 2: Origem e magnitude das perdas não físicas.....	28
Quadro 3: Indicadores de perdas e informações chave.....	37
Quadro 4 : Volume Disponibilizado.....	50
Quadro 5: Volume Micro Medido e Faturado.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
2 REFERENCIAL	16
2.1 ÁGUA.....	16
2.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUAS E PERDA.....	16
2.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO.....	17
2.3.1 Partes constituintes.....	17
2.3.1.1 Manancial.....	18
2.3.1.2 Captação.....	18
2.3.1.3 Estação Elevatória.....	19
2.3.1.4 Adutora.....	20
2.3.1.5 Estação de Tratamento de Água.....	21
2.3.1.6 Reservatórios.....	21
2.3.1.7 Redes de Distribuição.....	22
2.3.1.8 Variações de consumo em um sistema de abastecimento de água.....	23
2.3.2 Perdas em sistemas de abastecimento de água.....	24
2.3.2.1 Conceito.....	24
2.3.2.2 Origens das causas.....	27
2.3.2.3 Avaliação das perdas.....	28
2.3.3.4 Indicadores de perdas.....	29
2.3.3.4.1 Indicadores básicos de desempenho.....	30
2.3.3.4.2 Definição de indicadores intermediários e avançados.....	32
2.3.3.4.3 Indicadores avançados.....	36
2.4 HISTÓRICO BRASILEIRO.....	39
2.4.1 Comparação entre os municípios.....	40
2.4.2 PLANSAB.....	41
2.4.3 Custos na diminuição de perdas físicas.....	41
2.4.4 Vantagens.....	42
2.5 AÇÕES PARA SOLUÇÕES.....	45

3 METODOLOGIA.....	47
4 RESULTADOS.....	50
5 CONCLUSÃO.....	54
REFERENCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso finito, imprescindível para termos um desenvolvimento baseado na sustentabilidade, para o crescimento econômico, para estabilidade política e social, saúde e erradicação da pobreza (UNIÁGUA, 2010).

Atualmente, há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos ambientais. Dentre estes, a água é um dos mais preciosos, uma vez que é imprescindível para a vida no nosso planeta. Além de ser um recurso vital insubstituível, a água é um importante fator de produção para diversas atividades, é essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico (MARINOSKI, 2007).

Devido à falta de eficiência no gerenciamento do abastecimento de água, a questão do abastecimento tem se tornado um grande problema na atualidade. Isto atrapalha o desenvolvimento econômico, prejudica o meio ambiente e afeta o bem-estar da sociedade. Pesquisas recentes indicam que devido ao crescimento da população e poluição dos mananciais entre outros motivos, a demanda de água irá exceder o abastecimento sustentável no futuro (COÊLHO, 2002).

Os sistemas existentes nas cidades brasileiras possuem perdas que começam desde a captação até as residências. Isso gera prejuízos no faturamento e torna o funcionamento dos sistemas bastante caro. As concessionárias responsáveis pelo saneamento têm realizado esforços no sentido de combater estes índices, por conta do aumento da demanda por recursos hídricos associada ao crescimento da população e escassez de água nos mananciais.

Segundo Morrison et al. (2007), o gerenciamento das perdas é de grande importância para a melhoria da eficiência das redes de água, assim podemos assegurar em longo prazo uma maior sustentabilidade ambiental e social.

Do ponto de vista de operação da empresa, nos sistemas de abastecimento público, as perdas de água são consideradas correspondentes aos volumes não contabilizados. Estes volumes são divididos em perdas reais, que representam a parcela não consumida e as perdas aparentes que correspondem à água consumida e não registrada. Dentre os vários custos associados às perdas vale destacar, o custo direto associado à produção do volume de água perdido, o custo de interrupção do abastecimento para reparos, o custo social para os consumidores devido à paralisação do sistema e o custo associado ao risco de contaminação.

Entre um dos grandes desafios relacionados aos recursos hídricos, dos países em desenvolvimento, está a criar maneiras eficazes que possam reduzir as perdas durante todas as etapas do abastecimento da população, é um dos principais. No Brasil, a situação atual está bem

distante do observado em países desenvolvidos, além de ser bem desigual quando se compara estados, municípios e operadores públicos e privados de saneamento. O cenário brasileiro se encontra bem problemático atualmente. Os índices médios de perdas no Brasil são de aproximadamente 40%, podendo chegar até aos 60%. O fato desses índices de perda se manterem altos, gera as empresas uma redução do seu faturamento, além de uma diminuição de sua capacidade de investimento e obtenção de financiamentos. Sem contar a gerar ação de danos ao meio ambiente, a partir do momento em que as empresas, afim de manterem o abastecimento da população, tendem a buscar novos mananciais (ABES,2013).

Uma das causas destes elevados índices é a falta de planejamento integrado entre as diversas áreas da prestadora de serviços de saneamento. Além disso, o problema não é somente de engenharia, mas também de recursos humanos, de comunicação, de contabilidade, de controle financeiro, de planejamento, de mobilização social e de cultura e educação, enfim de todas as áreas e todos os agentes (BE).

Sendo assim, e de grande importância que analisemos ações que tenham como objetivo principal a redução dos índices de perdas, causando melhorias que vão desde de a sociedade, empresas, governos e o mais importante que é a preservação dos nossos recursos ambientais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Alinhado ao fato dos altos índices de perdas no abastecimento registrados em todo país, o projeto tem como objetivo realizar um estudo de caso, dessas perdas, potencial de ganho com as reduções e propostas de medidas para combate, no município de Natividade-TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar os índices atuais de perdas durante o abastecimento do município de Natividade-TO;
- Calcular o valor perdido anualmente devido esses problemas na rede;
- Propor soluções que possam reduzir as perdas ocorridas no abastecimento;

1.2 JUTIFICATIVA

O projeto tem uma importância significativa para o meio ambiente, sociedade e governos, além é claro das organizações responsáveis pelo saneamento e abastecimento. Porque busca métodos que visam a preservação do bem mais preciosos que possuímos que é a água, através da redução dos atuais índices de perdas, frequentes nas etapas do abastecimento. A redução dessas perdas está diretamente relacionado com a sustentabilidade, já que em nossa região, a água é abundante em determinada estação do ano, entretanto devido os índices de perdas que serviria para abastecer a população serem de na casa de 3 litros a cada 10 litros produzidos, muitas vezes as concessionárias de abastecimento tendem a procurar novos mananciais para fins de abastecer a população, cada vez maior devido ao crescimento da mesma e aumento do consumo, ligado diretamente na quantidade cada vez maior da utilização de água.

As perdas registrados no Brasil preocupam os governos e as empresas, já que essas acabam sofrendo prejuízos e consequentemente repassando esses valores nas cobranças ao consumidor. Através da redução das perdas os lucros das empresas aumentariam, com isso, as mesmas poderiam investir valores maiores na obtenção de novas tecnologias, captação de novos profissionais, diminuição de valores das tarifas de água e esgoto, além é claro da preservação de mananciais e conscientização da população sobre a importância de um consumo sustentável visando a preservação da água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁGUA

A água representa, além do consumo básico à vida em todas as suas formas, um bem de consumo para quase todas as atividades humanas (CASTELLANO & CHAUDRY, 2000). Embora a maior parte do planeta esteja coberta por água, somente uma pequena parcela da mesma é utilizável na grande maioria das atividades humanas. Os oceanos e mares constituem 97,2% da água existente na Terra, cobrindo 71% de sua superfície. Além disso, existem as águas presentes na neve, geleiras, no vapor atmosférico, em profundidades não acessíveis, entre outras, que não são aproveitáveis (MOTA, 2003).

Segundo Messias et al. (2004), a água é um recurso finito, escasso, e, que enfrenta problemas de qualidade e quantidade, como exemplo, os autores citam que há mais de um bilhão de pessoas sem disponibilidade suficiente de água para consumo doméstico, tendendo a piorar. Isto reflete uma crise de sustentabilidade para as vidas do planeta. Um fator preocupante consiste no crescente dinâmico de consumo de água pelo mundo. Estima-se um consumo mundial entre 2.879 a 5.187 km³/ano, para o ano de 2025, o que representa um crescimento de aproximadamente, 75%, em 30 anos, do volume de água utilizado em todo o nosso planeta (MESSIAS et al., 2004).

Quanto ao consumo de recursos hídricos no Brasil, o setor agrícola também capta o maior volume, cerca de 72,5% do volume total, seguido pelo setor de abastecimento, que capta cerca de 18,0%, seguido pelo setor de indústrias que utiliza 9,5% (MESSIAS et al., 2004). Portanto, o consumo de água no planeta apresenta escalada ascendente, superior inclusive aos níveis de crescimento populacional, ou seja, no último 19 século, a população mundial cresceu a uma ordem de três vezes o seu tamanho e o consumo de água ampliaram-se em cerca de seis a sete vezes. Mas, vale lembrar, que o maior consumo de água não é para o abastecimento e, sim, para a irrigação da agricultura (MESSIAS et al., 2004).

2.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA E PERDAS

Um das principais prioridades das populações é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, pela importância para atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (TSUTIYA, 2005).

Em vista da importância de um correto sistema de abastecimento de água, grandes esforços vêm sendo feitos, particularmente nas últimas décadas do século XX, com elevados investimentos, de modo a se levar água de boa qualidade ao maior número possível de usuários, especialmente dos países em desenvolvimento, onde a situação de abastecimento de água é menos favorável (TSUTIYA, 2005).

Hoje, nos centros urbanos mais desenvolvidos, as principais deficiências observadas em sistemas de abastecimento de água se devem principalmente à deterioração dos sistemas mais antigos, especialmente na parte de distribuição de água, com tubulações antigas apresentando frequentes problemas de rompimentos e de vazamentos de água, ou mesmo a falta de abastecimento de áreas urbanas que apresentam rápido e desordenado crescimento. Assim, para esses centros urbanos, as necessidades de adequações dos serviços de abastecimento de água estão ligadas à reabilitação de redes de transporte e distribuição de água mais antigas, bem como a construção e ampliação dos sistemas para atender às novas áreas de crescimento. Estima-se que nos grandes centros urbanos os maiores investimentos necessários serão para a recuperação das partes mais antigas do sistema de transporte e distribuição de água potável. A deterioração dos sistemas de transporte e distribuição de água mais antigos, que não sofrem adequada manutenção e recuperação, resultam em elevada perda de água, com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora do serviço, devido aos vazamentos, bem como deixa o sistema de abastecimento vulnerável à contaminação da água através da perda de estanqueidade das tubulações e juntas danificadas (TSUTIYA, 2005).

2.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Define-se por sistema de abastecimento de água o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. Essa água fornecida pelo sistema deverá ser, em quantidade suficiente e da melhor qualidade, do ponto de vista físico, químico e bacteriológico (NETTO et al.,1998)

2.3.1 Partes constituintes

Segundo Netto et al. (1998), um sistema público de água compreende diversas unidades, a saber:

- Manancial;

- Captação;
- Adução (de água bruta, de água tratada);
- Estação de tratamento de água;
- Reservatórios (enterrados, semi-enterrados, apoiados, elevados);
- Estações elevatórias ou de recalque (quando necessárias);
- Rede de distribuição.

Para a implantação de um sistema de abastecimento de água, faz-se necessária a elaboração de estudos e projetos com vistas à definição das obras a serem empreendidas. Essas obras deverão ter a sua capacidade determinada não somente para as necessidades atuais, mas também para o atendimento futuro da comunidade, prevendo-se a construção por etapas. O período de atendimento das obras projetadas, também chamado de alcance do plano, varia normalmente entre 10 a 30 anos (NETTO et al., 1998).

2.3.1.1 Manancial

É o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período determinado pelo projeto, e ser considerado satisfatório sob o ponto de vista sanitário (TSUTIYA, 2001).

Segundo Netto et al. (1998), os mananciais naturais de água, passíveis de aproveitamento para fins de abastecimento público, podem ser classificados em dois grandes grupos:

- Manancial subterrâneo: entende-se por manancial subterrâneo todo aquele cuja água provenha dos interstícios do subsolo, podendo aflorar à superfície (fontes, bicas d'água, etc.) ou ser elevada artificialmente através de conjuntos motor-bomba (poços rasos e profundos, galerias de infiltração).

- Manancial superficial: é constituído pelos córregos, rios, lagos, represas, etc. que, como o próprio nome indica, tem o espelho de água na superfície terrestre.

2.3.1.2 Captação

É o conjunto de obras para retirar a água do manancial. Para os mananciais superficiais, existem vários tipos de captação cujas características são ditadas tanto pelo porte e conformação do leito desses mananciais, associadas à topografia e geologia locais, como pela velocidade,

qualidade e variação do nível de água. Na maioria dos casos, são empregados a captação direta, a barragem de nível, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre de tomada, o poço de derivação e o reservatório de regularização (DACACH, 1979).

As obras de captação devem ser projetadas e constituídas de forma que, em qualquer época do ano, sejam asseguradas condições de fácil entrada de água e, tanto quanto possível, da melhor qualidade encontrada no manancial em consideração. Também, deve-se ter sempre em vista, ao desenvolver um projeto, facilidade de operação e manutenção ao longo do tempo (TSUTIYA, 2001).

Para a captação de água subterrânea podem ser utilizados drenos, galerias filtrantes, poços escavados (rasos) e poços perfurados (profundos), sendo este último o mais utilizado para o sistema de abastecimento de água (TSUTIYA, 2001).

2.3.1.3 Estação Elevatória

É um conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar água para a unidade seguinte. Em sistemas de abastecimento de água, geralmente há várias estações elevatórias, tanto para o recalque de água bruta, como para o recalque de água tratada. Também é comum a estação elevatória tipo “booster”, que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água (TSUTIYA, 2005).

Segundo Porto (2004), um sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma certa vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório inferior, para outro reservatório superior.

De acordo com Barros et al. (1995), as instalações elevatórias típicas são formadas por:

- Casa de Bombas: edificação própria destinada a abrigar os conjuntos moto-bomba. Deve ter iluminação e ventilação adequadas e ser suficientemente espaçosa para a instalação e movimentação dos conjuntos elevatórios, incluindo espaço para a parte elétrica (quadro de comando, chaves etc);
- Bomba: equipamento encarregado de succionar a água retirando-a do reservatório de sucção e pressurizando através de seu rotor, que a impulsiona para o reservatório ou ponto de recalque. As bombas podem ser classificadas de uma maneira geral em: Turbo-bombas ou bombas hidrodinâmicas (bombas radiais ou centrífugas, as mais usadas para abastecimento público de água; bombas axiais; bombas diagonais ou de fluxo misto); e Bombas volumétricas, de uso comum na extração de água de cisterna (bombas de êmbolo ou bombas de cilindro de pistão);

- Motor de acionamento: equipamento encarregado do acionamento da bomba. O tipo de motor mais utilizado nos sistemas de abastecimento de água é o acionado eletricamente;
- Linha de sucção: conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a entrada da bomba;
- Linha de recalque: conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até o reservatório ou ponto de recalque;
- Poço de sucção: reservatório de onde a água será recalçada. Sua capacidade ou volume deve ser estabelecido de maneira a assegurar a regularidade no trabalho de bombeamento.

2.3.1.4 Adutora

Adução é a tubulação usada para a condução da água do ponto de captação até a ETA, e da ETA até os reservatórios de distribuição, sem a existência de derivações para alimentar as canalizações de ruas e ramais prediais (BARROS et al., 1995).

Segundo Netto et al. (1998), as canalizações principais destinadas a conduzir água entre as unidades de um sistema público de abastecimento que antecedem a rede de distribuição são denominadas adutoras. Elas interligam a captação e tomada de água à estação de tratamento de água, e está aos reservatórios de um mesmo sistema.

No caso de existirem derivações de uma adutora destinadas a conduzir água até outros pontos do sistema, constituindo canalizações secundárias, as mesmas receberão a denominação de subadutoras. Também são denominadas subadutoras as canalizações que conduzem água de um reservatório de distribuição para outro (NETTO et al., 1998).

Classificação das adutoras, segundo Barros et al. (1995):

a) Quanto à natureza da água transportada

- Adutora de água bruta: transporta a água da captação até a Estação de Tratamento.
- Adutora de água tratada: transporta a água da ETA aos reservatórios de distribuição.

b) Quanto à energia utilizada para a movimentação água

- Adutora por gravidade em conduto livre: A água escoar sempre em declive, mantendo uma superfície livre sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos ou fechados, não funcionando com seção plena (totalmente cheios).

- Adutora por gravidade em conduto forçado: A pressão interna permanentemente superior à pressão atmosférica permite à água mover-se, quer em sentido descendente quer em sentido ascendente, graças à existência de uma carga hidráulica.

- Adutora por recalque: quando, por exemplo, o local da captação estiver em um nível inferior, que não possibilite a adução por gravidade, é necessário o emprego de equipamento de recalque (conjunto moto-bomba e acessórios).

O sistema de adução é composto por condutos forçados. É possível também a utilização de adutoras mistas, recalque, parte por gravidade (BARROS et al., 1995).

2.3.1.5 Estação de Tratamento de Água

Um sistema público de abastecimento de água deverá fornecer à comunidade água potável, isto é, água de boa qualidade para a alimentação humana e outros usos, dos pontos de vista físico, químico, biológico e bacteriológico. Para tal e em função das características qualitativas da água fornecida pelos mananciais, procede-se ao tratamento da água em instalações denominadas estações de tratamento. A análise química e os exames físico e bacteriológico da água dos mananciais abastecedores, feitos com frequência, determinarão a necessidade ou não de submeter essa água a processos corretivos, a fim de garantir a boa qualidade e a segurança higiênica da mesma (NETTO et al., 1998).

As tecnologias de tratamento podem ser divididas entre aquelas em que é utilizada a coagulação química e as que prescindem desse processo. De outra forma, a classificação das tecnologias de tratamento poderia ser feita em função da filtração, rápida ou lenta (TSUTIYA, 2001).

2.3.1.6 Reservatórios

São unidades destinadas a compensar as variações horárias de vazão. Reservatórios não produzem água, portanto é importante entender o momento de sua construção para não gerar falsas expectativas e desperdício de recursos na oportunidade errada (NETTO et al., 1998). Segundo Tsutiya (2001), os reservatórios de distribuição de água são dimensionados para satisfazer às seguintes condições:

- Funcionar como volantes de distribuição, atendendo à variação horária do consumo;
- Assegurar uma reserva de água para combate a incêndios;
- Manter uma reserva para atender a condições de emergência (acidentes, reparo nas instalações, interrupções da adução e outras);
- Manutenção de pressão na rede de distribuição.

Dependendo da sua configuração e sua posição com relação à rede de distribuição, podem ser classificados em (TSUTIYA, 2001):

- Enterrados, semienterrados, apoiados ou elevados;
- De montante ou de jusante.

Os reservatórios elevados, devido ao seu custo, em geral são associados a reservatórios apoiados ou enterrados que armazenam a maior parte do volume necessário (TSUTIYA, 2001).

2.3.1.7 Redes de Distribuição

A rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana, e a mais dispendiosa. É constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo (moradias, escolas, hospitais, escolas, etc.) (BARROS et al.,1995).

Segundo Porto (2004), um sistema de distribuição de água é o conjunto de tubulações, acessórios, reservatórios, bombas etc., que tem a finalidade de atender, dentro de condições sanitárias, de vazão e pressão convenientes, a cada um dos diversos pontos de consumo de uma cidade ou setor de fornecimento.

Evidentemente, em função do porte do problema, o sistema de abastecimento torna-se bastante complexo, não só quanto ao dimensionamento, mas também quanto à operação e manutenção. Trata-se, em geral, da parte mais dispendiosa do projeto global de abastecimento, exigindo considerável atenção do projetista no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente (PORTO, 2004).

A qualidade da água na rede de distribuição deve ser resguardada, e para isso são necessários alguns cuidados, de acordo com Barros et al. (1995), como:

- o sistema deve ser projetado, construído e operado de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto da rede;
- os registros e dispositivos de descarga devem ser projetados e convenientemente posicionados para permitir manutenção e descarga sem prejudicar o abastecimento;
- o sistema deve estar protegido contra poluição externa; durante a execução da rede e durante os reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos, devem ser tomados os cuidados necessários para impedir a ocorrência de contaminação;
- a desinfecção das tubulações, por ocasião do assentamento e dos reparos, deve ser feita com uma solução concentrada de cloro (50 mg de cloro por litro) durante 24 horas. Após

esse período, essa solução é descarregada, enchendo-se a canalização com água limpa. Toda a operação deve ser controlada por exames bacteriológicos; • as tubulações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para evitar contaminação;

- em alguns casos, como por exemplo arruamentos pavimentados com grande largura, pode ser mais vantajoso e econômico situar a rede de água nas calçadas;

- em geral as juntas das tubulações não resistem a pressões de fora para dentro (subpressões). Em sistemas em que o fornecimento de água não é contínuo, nas horas em que não houver abastecimento haverá pouca ou nenhuma pressão na rede, podendo até ser negativa. Nessas ocasiões, há perigo de penetração ou sucção de água contaminada para dentro da rede. Assim, as boas condições de operação do sistema, evitando interrupções, diminuem a possibilidade de contaminação da rede.

2.3.1.8 Variações de consumo em um sistema de abastecimento de água

Num sistema público de abastecimento de água, a quantidade de água consumida varia continuamente em função do tempo, das condições climáticas, hábitos da população, etc (NETTO et al., 1998).

Em países tropicais notadamente, há meses em que o consumo de água é maior, como no verão. Por outro lado, no mesmo mês ou semana, existem dias em que a demanda de água assume valores maiores sobre os demais (NETTO et al., 1998).

Durante o dia, a vazão veiculada por uma rede pública varia continuamente; a vazão supera o valor médio, atingindo valores máximos em torno do meio-dia. No período noturno, o consumo cai abaixo da média, apresentando valores mínimos nas primeiras horas da madrugada (NETTO et al., 1998).

Podem, pois, ser consideradas as seguintes variações de consumo: mensais, diárias, horárias e instantâneas (NETTO et al., 1998).

A capacidade dos reservatórios de distribuição, considerando apenas o consumo médio anual, não tem condições de contrabalançar esse excesso de consumo e, portanto, as obras de adução devem ser projetadas para atender a demanda dos dias de maior consumo (NETTO et al., 1998). As variações instantâneas, mais pronunciadas nos trechos extremos das redes (de menor vazão), decorrem do uso simultâneo de torneiras e aparelhos. Assim sendo, verifica-se a necessidade de se estabelecerem coeficientes que traduzam essas variações de consumo para

o dimensionamento das diversas unidades de um sistema público de abastecimento de água (NETTO et al., 1998).

- Coeficiente do dia de maior consumo (k_1). O coeficiente do dia de maior consumo (k_1) é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano. Os valores de k_1 recomendáveis para projeto são de 1,1 e 1,4.

- Coeficiente da hora de maior consumo (k_2). O coeficiente da hora de maior consumo é a relação entre a maior vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo.

Os valores de k_2 , são obtidos através de observações sistemáticas de medidores instalados à jusantes dos reservatórios de distribuição. Os valores de k_2 recomendáveis para projeto são de 1,5 a 2,3 (NETTO et al., 1998).

Os menores valores de k_1 são encontrados em cidades com pequenas variações climáticas. Os maiores valores de k_2 decorrem de pequeno número ou inexistência de reservatórios domiciliares. Neste caso geralmente recomenda-se o uso do coeficiente de reforço, obtido do produto de k_1 vezes o k_2 (NETTO et al., 1998).

2.3.2 Perdas em sistemas de abastecimento de água

2.3.2.1 Conceitos

A primeira noção que vem à mente é a de que perda é toda água tratada que foi produzida e se perdeu no caminho, não se chegando ao uso final pelos clientes da companhia de saneamento. Essa noção, no entanto, trata a perda como algo físico, um volume de água perdido em um vazamento, por exemplo. Efetivamente tem-se aqui um caso concreto de um produto industrializado que se perde no transporte até o consumidor (TSUTIYA, 2005).

O conceito de perdas, todavia, vai mais adiante. Sob a perspectiva empresarial, se o produto for entregue e, por alguma ineficiência, não for faturado, tem-se um volume de produto onde foram incorporados todos os custos intrínsecos de produção industrial e transporte, mas que não está sendo contabilizado como receita da companhia, ou seja, é prejuízo, é perda também, só que de conotação diferente em relação ao caso anterior, sendo mais ligada ao aspecto comercial do serviço prestado (TSUTIYA, 2005).

As perdas físicas originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água bruta, o tratamento, a reserva, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes

provocam consumos superiores ao estritamente necessário para operação (SILVA & CONEJO, 1999).

Já as perdas não-físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou fraudados e outras. São também conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado (SILVA & CONEJO, 1999).

Segundo Tsutiya (2005), em uma companhia de saneamento, podem ser identificados dois tipos de perdas:

- Perda física corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, devido à ocorrência de vazamento nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais.

De acordo com a nova nomenclatura definida pela International Water Association – IWA, esse tipo de perda denomina-se Perda Real;

- Perda não-física corresponde ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial.

Nesse caso, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada. De acordo com a IWA, esse tipo de perda denomina-se Perda Aparente (há outra denominação, freqüentemente utilizada, que é Perda Comercial).

Já Netto et al. (1998), relatou que perda corresponde à diferença entre o volume de água produzido nas estações de tratamento de água – ETA, e o total dos volumes medidos nos hidrômetros, ou seja, índice de perdas é a percentagem do volume produzido que não é faturado pelas concessionárias do serviço.

Em relação às Perdas Reais, Martins et al. (2001) cita que dois pontos de extrema importância devem ser colocados:

- Um relacionado à conservação de recursos naturais, pois quanto menos volume se perde no sistema, menor é a necessidade de explorar ou ampliar captações de água, acarretando menor impacto ambiental.

Pode-se argumentar que as perdas reais recarregam o lençol freático, o que é fato, mas isso não parece uma forma adequada de gestão de recursos hídricos, na medida em que, para atender à crescente demanda de água tratada, é requerida a execução de obras com elevado custo e com forte impacto ambiental, representadas por barragens, represas, importação de águas de outras bacias, etc;

- Outro diz respeito à saúde pública, em decorrência da existência de vazamentos na rede de distribuição de água, onde qualquer despressurização do sistema (manutenção ou intermitência no abastecimento, por exemplo) pode levar à contaminação da água pela entrada de agentes nocivos na tubulação. Este risco não é meramente potencial, há diversos casos relatados, inclusive em países do Primeiro Mundo, de morte ou doenças ocasionadas por contaminação de redes através dos pontos de vazamento após despressurização do sistema. Pode-se dizer ainda que os volumes perdidos nos vazamentos (Perdas Reais) carregam consigo os custos de produção e transporte da água tratada, tais como os custos de energia elétrica, produtos químicos, mão-de-obra, etc. Por sua vez, nas Perdas Aparentes os custos são aqueles relativos ao preço de venda da água no varejo, ou seja, correspondem ao valor pago pelo consumidor de acordo com a política tarifária de cada companhia. No entanto, para o consumidor, as perdas são um componente importante nas tarifas por ele pagas, pois as companhias geralmente incorporam essas perdas na sua composição de preços (TSUTIYA, 2005).

Todas essas ponderações serão importantes também quando for necessário contabilizar os custos das perdas para as companhias de saneamento e avaliar os benefícios das ações corretivas e preventivas dos programas de controle e redução de perdas (TSUTIYA, 2005).

As perdas ocorrem em todas as fases de um sistema de abastecimento de água, tais como na captação e adução de água bruta, no tratamento, na adução e na reserva de água tratada e na distribuição (redes e ramais). Em cada fase há condições específicas que fazem preponderar um ou outro tipo de perda, que ditarão as ações mais adequadas à prevenção e correção dos fatores que ocasionam o surgimento das perdas (TSUTIYA, 2005). Um ponto importante a ser colocado nesse momento é a diversidade de considerações sobre o que é perda e o que não é perda em sistemas de abastecimento de água. Não há convergência no assunto entre as companhias de saneamento no Brasil, e de forma mais aguda, entre as companhias de diferentes países. A tentativa de dar um equacionamento universal ao assunto, que permita a efetiva comparação de performance entre sistemas distintos e um correto acompanhamento dos

indicadores, vem sendo desenvolvida, com a participação de consultores e companhias de saneamento do mundo todo no trabalho (TSUTIYA, 2005).

2.3.2.2 Origem das perdas e suas causas

Qualquer administração é ciente que a redução de perdas físicas permite diminuir os custos da produção - mediante redução do consumo de energia, de produtos químicos e outros - e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor (TSUTIYA, 2005).

Observando diversos trabalhos e pesquisas sobre o tema, conclui-se que o combate às perdas implica a redução do volume de água não contabilizada, exigindo a adoção de medidas que permitam reduzir as perdas físicas e não físicas, e mantendo-as permanentemente em nível adequado, considerando a viabilidade técnico-econômica das ações de combate as perdas em relação ao processo operacional de todo sistema (TSUTIYA, 2005).

Segundo Tomaz (1998), o Banco Mundial e os demais bancos internacionais adotam, para países em desenvolvimento, o limite tolerável de 25% de perdas de água. As origens e magnitudes das perdas reais por subsistema podem ser representadas esquematicamente, conforme o Quadro 1.

Quadro 1-Origem e magnitude das perdas físicas.

	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDAS FÍSICAS	Adução de Água Bruta	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção	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	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e das pressões

Fonte: Tsutiya (2005).

O Quadro 2 representa um esquema das perdas aparentes e suas causas.

Quadro 2- Origem e magnitude das perdas não físicas.

	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDAS APARENTES	Ligações Clandestinas/Irregulares	Podem ser significativas, dependendo de: Procedimentos cadastrais e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetros e monitoramento do sistema.
	Ligações não hidrometradas	
	Hidrômetros parados	
	Hidrômetros que submedem	
	Ligações inativas reabertas	
	Erros de leitura	
	Numero de economias errado	

Fonte: Tsutya (2005).

2.3.2.3 Avaliação das perdas

A estimativa das perdas de água, em um sistema de abastecimento, pode ser obtida através da comparação entre o volume de água transferido de um ponto do sistema, e o volume de água recebido em um ou mais pontos do sistema, situados na área de influência do ponto de transferência (SILVA & CONEJO, 1999).

A identificação e a separação das perdas físicas de água das não-físicas são tecnicamente possíveis mediante pesquisa de campo, utilizando a metodologia da análise de histograma (registros contínuos) de consumo das vazões macromedidas. Nesse caso, a oferta noturna estabilizada durante a madrugada - abatendo-se os consumos noturnos contínuos por parte de determinados tipos de usuários do serviço (fábricas, hospitais e outros) - representa, em sua quase totalidade, a perda física no período pesquisado, decorrente de vazamentos na rede ou ramais prediais (SILVA & CONEJO, 1999).

As perdas podem ser avaliadas, em geral, medindo-se a vazão (ou volume) no ponto inicial de uma fase e medindo-se novamente a vazão no ponto final dessa fase: a diferença constitui, portanto, a perda. Nos sistemas de abastecimento de água, o caso mais emblemático e mais comum é a determinação das perdas a partir das ETA, incorporando as eventuais perdas na adução, reserva e distribuição. Nesse caso, mede-se o volume que sai da ETA em um determinado período de tempo (um mês, um ano, etc) e compara-se com a soma de todos os volumes legítimos medidos (ou estimados) na rede de distribuição de água, no período considerado. Em outros termos, a diferença entre a Macro-medição (saída da ETA) e a Micro-

medição (pontos de entrega ao consumidor final, medidos ou estimados) constitui a perda total do sistema em consideração, não se distinguindo aqui as parcelas que cabem às Perdas Reais e às Perdas Aparentes (TSUTIYA, 2005).

Em sistemas de abastecimento de água em que o índice de micromedição seja próximo de 100%, as ligações clandestinas têm pouca importância, devendo existir eficaz programação permanente de adequação e manutenção preventiva de hidrômetros, combate às fraudes nos micromedidores e ramais clandestinos, com isto, as perdas mensuráveis tendem a refletir as perdas físicas de água (SILVA & CONEJO, 1999).

Em relação às perdas físicas na rede distribuidora, os ramais prediais registram maior quantidade de ocorrências (vazamentos). Isso nem sempre significa, porém, que esta seja a maior perda em termos de volume. As maiores perdas físicas na distribuição, em volume, ocorrem por extravasamento de reservatórios ou em vazamentos nas adutoras de água tratada e nas tubulações da rede de distribuição (SILVA & CONEJO, 1999).

2.3.2.4 Indicadores de perda

Os indicadores permitem retratar a situação das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e, em princípio, comparar sistemas de abastecimento de água distintos (TSUTIYA, 2005).

Na informação de um indicador de desempenho, são consideradas informações-chave aquelas que compõem diretamente o indicador, sem as quais este não pode ser definido (SILVA & CONEJO, 1999).

São informações-chave, segundo Silva & Conejo (1999), que descrevem no Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água (PNCDA):

- Volume disponibilizado (VD). Soma algébrica dos volumes produzido, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado;
- Volume produzido (VP): Volume efluente da(s) ETA ou unidade(s) de tratamento simplificado no sistema de abastecimento considerado;
- Volume importado (Vim): Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidos de outras áreas de serviço e/ou de outros agentes produtores; e
- Volume exportado (VEx): Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, transferidos para outras áreas de serviço e/ou para outros agentes distribuidores.
- Volume utilizado (VU). Soma dos volumes micromedido, estimado, recuperado, operacional e especial:

- Volume micro medido (Vm): Volumes registrados nas ligações providas de medidores;
- Volume estimado (VE): Corresponde à estimativa de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;
- Volume Recuperado (VR): Corresponde à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;
- Volume operacional (VO): Volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutora, subadutoras e distribuição); e
- Volume especial (VEs): Volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços.
- Volume faturado (VF). Todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturadas pelo sistema comercial do prestador de serviços;
- Número de ligações ativas (LA). Providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento mensal;
- Número de ligações ativas micromedidas (Lm). Ligações ativas providas de medidores;
- Extensão parcial da rede (EP). Extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição, não contabilizado os ramais prediais;
- Extensão total da rede (ET). Extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais; e
- Número de dias (ND). Quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.

2.3.2.4.1 Indicadores básicos de desempenho

Derivados das informações-chave são determinados os seguintes indicadores básicos de desempenho (SILVA & CONEJO, 1999):

- Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou água Não Contabilizada (ANC);
 - Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF);
 - Índice Linear Bruto de Perda (ILB); e
 - Índice de Perda por Ligação (IPL).
- a) Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC) relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado.

A água que é disponibilizada e não utilizada constitui uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto das perdas reais e aparentes no subsistema de distribuição. Estas últimas são em grande parte associadas aos desvios de medição (macro e micro) (SILVA & CONEJO, 1999).

$$IPD = \frac{VD - VU}{VD} \times 100 \quad \text{Equação 1.}$$

A Tabela 1, segundo Tsutiya (2005), mostra uma tentativa preliminar de classificação dos sistemas de abastecimento de água em relação às perdas, bem como busca dar uma referência da ordem de grandeza dos números percentuais geralmente encontrados.

Tabela 1 - Índices percentuais de perdas.

Índice total de perdas (%)	Classificação do sistema
Menor do que 25	Bom
Entre 25 e 40	Regular
Maior do que 40	Ruim

Fonte: Tsutiya (2005).

b) Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)

Expressa a relação entre volume disponibilizado e volume faturado. É claramente uma composição de perdas reais e aparentes que, além daquelas atribuídas a desvios de medição, incorporam volumes utilizados não cobrados, como o volume especial e o volume operacional. Por isso, este indicador sempre estará expressando uma parcela de volumes que não são fisicamente perdidos (SILVA & CONEJO, 1999).

$$IPF = \frac{VD - VF}{VD} \times 100 \quad \text{Equação 2.}$$

Silva et al. (2004) observaram que no Brasil os percentuais de água não faturada oscilam entre 25% e 65%. Neste caso cabe observar que os valores das tarifas de água variam conforme as faixas de consumo e desta maneira as perdas de faturamento não representam necessariamente as de volume.

A confiabilidade do volume faturado relaciona-se à proporção de ligações ativas micromedidas sobre o total de ligações ativas, no conceito de Índice de Hidrometração (IH) do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS (SILVA & CONEJO, 1999).

$$IH = \frac{Lm}{LA} \quad \text{Equação 3.}$$

c) Índice Linear Bruto de Perda (ILB)

O indicador relaciona o volume perdido total com o comprimento da rede de distribuição de água (também um “fator escala”) existente no sistema em 40 análise. Esse indicador distribui as perdas ao longo da extensão da rede, apresentando valores altos quando há uma ocupação urbana muito elevada (TSUTIYA, 2005).

As perdas expressas nesse indicador incorporam perdas reais e aparentes, uma vez que não se controlam os erros sistemáticos de medição (SILVA & CONEJO, 1999).

$$ILB = \frac{VD - VU}{EP \times ND} \quad \text{Equação 4.}$$

d) Índice de Perda por Ligação (IPL)

Como o anterior, é também um indicador volumétrico de desempenho, mais preciso que os percentuais. Relaciona a diferença entre o volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas (SILVA & CONEJO, 1999).

Em decorrência de esse indicador focar as perdas nos ramais, o mesmo depende muito da densidade de ramais existente, desta forma, recomenda-se o seu uso nos casos em que a densidade de ramais for superior a 20 ramais/Km (TSUTIYA, 2005).

$$IPL = \frac{VD - VU}{LA \times ND} \quad \text{Equação 5.}$$

2.3.2.4.2 Definição de indicadores intermediários e avançados

São considerados indicadores intermediários aqueles que, para sua obtenção, necessitam de informações específicas mais refinadas do que as utilizadas na construção dos indicadores

básicos. Eles dizem respeito a um isolamento das perdas físicas e refinamento de sua localização específica nos sistemas (SILVA & CONEJO, 1999).

São considerados indicadores avançados aqueles que, adicionalmente aos tributos dos indicadores básicos, envolvem um considerável esforço de monitoramento e controle operacional dos sistemas. É importante que se criem condições para sua apuração entre os serviços brasileiros, mas reconhece-se que, de imediato, não seriam praticáveis para a maior parte deles (SILVA & CONEJO, 1999).

Segundo Silva & Conejo (1999), no Programa Nacional Contra o Desperdício de Água - PNCDA destacam-se entre os principais indicadores intermediários:

- Indicadores específicos de perda real relacionados a condições operacionais
 - ✓ Índice de Perda Real/Física na Distribuição (PRD/PFD); e
 - ✓ Índice Linear de Perda Real (ILR).

- Indicadores de desempenho hídrico do sistema
 - ✓ Índice de Perda Real/Física na Produção (PRP/PFP);
 - ✓ Índice de Perda Real/Física na Adução (PRA/PFA);
 - ✓ Índice de Perda Real no Tratamento (PTR); e
 - ✓ Índice Total de Perda Real/Física (TPR/TPF).

- Indicadores específicos de perda real relacionados a condições operacionais

a) Índice de Perda Real/Física na Distribuição (PRD/PFD)

Relaciona o volume fisicamente utilizado (VFU) com o volume disponibilizado (VD), de forma análoga ao Índice de Perda na Distribuição (IPD), como se segue (SILVA & CONEJO, 1999):

$$\text{PRD(PFD)} = \frac{\text{VD} - \text{VFU}}{\text{VD}} \times 100 \quad \text{Equação 6.}$$

A informação mais estrita de volume fisicamente utilizado vai incorporar os fatores efetivamente apurados de desvios sistemáticos de micromedição (km) e macromedição (kM), inicialmente igualados a 1, assim como os fatores aplicados sobre os consumos estimados, ou seja, com 100 % de confiabilidade. Isso faz com que, aplicadas às variações cabíveis, o volume

fisicamente utilizado seja uma função do volume utilizado da forma (SILVA & CONEJO, 1999):

$$VFU = VU + \delta m + \delta M \pm \delta E \quad \text{Equação 7.}$$

Onde δm e δM são as resultantes positivas ou negativas de erros sistemáticos de micromedição e macromedição, e δE os desvios estatisticamente fixados de consumo estimado. Para o caso das flutuações de micromedição, os valores de desvios sistemáticos associados ao coeficiente k são associados à Eficiência da micromedição (E_m) na forma $\delta m = f(km, E_m)$, sendo (E_m) definida pela relação (SILVA & CONEJO, 1999):

$$E_m = \frac{NHf}{NH} \quad \text{Equação 8.}$$

Onde NHf é o Número de Hidrômetros funcionando, e NH o Número de Hidrômetros Instalados.

b) Índice Linear de Perda Real/Física (ILR/ILF)

Reflete a diferença entre volume disponibilizado e volume fisicamente utilizado, distribuída pela extensão total da rede. Trata-se de um indicador mais específico que o Índice Linear Bruto de Perda (ILB) relacionado entre os indicadores básicos. Sua expressão é (SILVA & CONEJO, 1999):

$$ILR = \frac{VD - VFU}{ET \times ND} \quad \text{Equação 9.}$$

• Indicadores de desempenho hídrico do sistema

Os indicadores de desempenho hídrico do sistema são aqueles que dizem respeito ao aproveitamento de água bruta e à eficiência das estações de tratamento. Sua consolidação com indicadores de desempenho na distribuição pode dar uma idéia do conjunto das perdas reais de todo o sistema, em uma aproximação de seu desempenho hídrico geral. Estes indicadores são considerados intermediários não tanto pela complexidade de cada um, mas pela necessidade de que sejam associados a indicadores de perdas estritamente físicas (SILVA & CONEJO, 1999).

a) Índice de Perda Real/Física na Produção (PRP/PFP)

Leva em conta, conjuntamente, as perdas reais na adução de água bruta e no tratamento. Este indicador é construído a partir de dados observados de (SILVA & CONEJO, 1999):

- Volume captado (VC): volume efluente da captação; e
- Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PRP = \frac{VC - VP}{VC} \times 100 \quad \text{Equação 10.}$$

b) Índice de Perda Real/Física na Adução (PRA/PFA)

É um subconjunto do índice de Perda Real na Produção e a este não pode ser somado. Resulta da relação entre o volume captado (VC) e o volume aduzido (VA) afluyente da ETA ou unidade de tratamento simplificado (SILVA & CONEJO, 1999).

$$PRA = \frac{VC - VA}{VC} \times 100 \quad \text{Equação 11.}$$

c) Índice de Perda Real no Tratamento (PTR)

A exemplo do anterior, é também um subconjunto do Índice de Perda Real na Produção e por isso não pode ser somado àquele. Resulta de uma relação entre os dados observados de (SILVA & CONEJO, 1999):

- Volume aduzido (VA): volume afluyente da ETA ou unidade de tratamento simplificado; e
- Volume produzido (VP): volume efluente da ETA ou unidade de tratamento simplificado.

$$PTR = \frac{VA - VP}{VA} \times 100 \quad \text{Equação 12.}$$

d) Índice Total de Perda Real/Física (TPR/TPF) Será indiretamente composto pelas perdas reais parcialmente apuradas nos subsistemas de produção e distribuição. Será uma função do volume captado (VC), mais o volume importado (Vim), menos o volume exportado (VEx), em relação ao volume fisicamente utilizado (VFU) no sistema (www2.cidades.gov.br/pncda).

$$PTR = \frac{(VC + VIm - VEx) - VFU}{VC + VIm - VEx} \times 100 \quad \text{Equação 13.}$$

2.3.2.4.3 Indicadores avançados

O estabelecimento de Indicadores Avançados de perdas tem como objetivo fundamental permitir a comparação da eficiência operacional de distintos sistemas e de distintos operadores através da eliminação ou da minimização de fatores peculiares de cada sistema, como, por exemplo, a pressão e o material constituinte da tubulação (SILVA & CONEJO, 1999).

a) Índice de Vazamentos da Infra-estrutura (IVI) Para a comparação de sistemas quanto ao aspecto das perdas físicas, a IWA – International Water Association - recomenda a adoção de um indicador (ILI – Infrastructure Leakage Index) cuja importância assume o nível máximo de detalhamento, o qual relaciona Perdas Reais Correntes Anuais (PRAC) e Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) (SILVA & CONEJO, 1999):

$$IVI = \frac{PRAC}{PRAI} \quad \text{Equação 14.}$$

Onde: PRAC = Perdas totais.

$$PRAC = \text{Perdas totais} \cdot 1000 / (\text{número de ramais} \times 365 \times T/100). \quad \text{Equação 15.}$$

Sendo T a porcentagem do tempo que o sistema está sob pressão. A equação para o cálculo do PRAI proposta pela IWA é a seguinte:

$$PRAI = (18 \times ET/LA + 0,7 + 0,025 (ET - EP)/LA) \times P \quad \text{Equação 16.}$$

Onde: ET = extensão total da rede (Km);

LA = número de ligações ativas;

EP = extensão parcial da rede (Km);

P = pressão média da rede (mca).

Nesta expressão, PRAI está em litros/ramal/dia, bem como PRAC na expressão acima, significando que o indicador IVI é adimensional. O valor ideal de IVI é a unidade, ou seja,

quanto mais próximo de 1,0 o IVI de determinado sistema, melhor é a sua eficiência operacional no que diz respeito às perdas (SILVA & CONEJO, 1999).

Valores de IVI calculados para 27 situações reais em 20 países, que foram usados para validar a metodologia da IWA variaram de próximo de 1,0 até pouco acima de 10,0. Sistemas

bem administrados em ótimas condições devem ter IVI próximos de 1,0 com valores mais elevados para sistemas antigos com deficiência na infra-estrutura (COPASA, 2003).

O Quadro 3 mostra um resumo dos indicadores, com os básicos, os intermediários e os avançados e suas informações-chave:

Quadro 3 – Indicadores de perdas e informações chave

INDICADORES BÁSICOS				
INFORMAÇÕES-CHAVE				
N.	Sigla	Nome	Fórmula	Unidade
1	VD	Volume disponibilizado	$VD = VP + V_{im} - V_{Ex}$	m ³
2	VP	Volume produzido	-	m ³
3	VPM	Volume produzido macromedido	-	m ³
4	V _{im}	Volume importado	-	m ³
5	V _{imM}	Volume importado macromedido	-	m ³
6	V _{Ex}	Volume exportado	-	m ³
7	V _{ExM}	Volume exportado macromedido	-	m ³
8	VU	Volume utilizado	$VU = V_m + V_E + V_R + V_O + V_{Es}$	m ³
9	V _m	Volume micromedido	-	m ³
10	V _E	Volume estimado	-	m ³
11	V _R	Volume recuperado	-	m ³
12	V _{Rm}	Volume recuperado micromedido	-	m ³
13	V _{Re}	Volume recuperado estimado	-	m ³
14	V _O	Volume operacional	-	m ³
15	V _{Es}	Volume especial	-	m ³
16	V _{EsM}	Volume especial macromedido	-	m ³
17	VF	Volume faturado	-	m ³
18	LA	Número de ligações ativas	-	Lig
19	L _m	Número ligações ativas micromedidas	-	Lig
20	EP	Extensão parcial da rede	-	Km
21	ND	Número de dias	-	dia
INDICADORES BÁSICOS				
-	IPD ou ANC	Índice de Perda na Distribuição ou Água Não Contabilizada	$IPD = [(VD - VU) / VD] \cdot 100$	%
-	IPF ou ANC	Índice de Perda de Faturamento ou Água Não Faturada	$IPF = [(VD - VF) / VD] \cdot 100$	%
-	ILB	Índice Linear Bruto de Perda	$ILB = (VD - VU) / (EP \cdot ND)$	m ³ /km.dia
-	IPL	Índice de Perda por Ligação	$IPL = (VD - VU) / (LA \cdot ND)$	L/lig.dia

(continuação)

INDICADORES INTERMEDIÁRIOS E AVANÇADOS				
INFORMAÇÕES-CHAVE				
22	VFU	Volume fisicamente utilizado	$VFU = VU + \delta m + \delta M \pm \delta E$	m ³
23	δm	Resultante dos erros sistemáticos de micromedição	$dm = f(km, Em)$	m ³
24	δM	Resultante dos erros sistemáticos de macromedição	$dm = f(kM)$	m ³
25	δE	Desvios estatisticamente fixados dos consumos estimados	-	m ³
26	Em	Eficiência da micromedição	$Em = NHf/NH$	-
27	NHf	Número de hidrômetros funcionando	-	un
28	NH	Número de hidrômetros instalados	-	un
29	ET	Extensão total da rede	-	km
30	VC	Volume captado	-	m ³
31	VA	Volume aduzido	-	m ³
32	PRAC	Perdas Reais Correntes Anuais	$PRAC = \text{perdas reais} \cdot 1000 / (NR \times 365 \times T / 100)$	L/ramal.dia
33	PRAI	Perdas Reais Anuais Inevitáveis	$PRAI = (18 \times ET / LA + 0,7 + 0,025(ET - EP) / LA) \times P$	L/ramal.dia
INDICADORES INTERMEDIÁRIOS				
-	PFD	Índice de Perda Real/Física na Distribuição	$PRD = [(VD - VFU) / VD] \cdot 100$	%
-	ILF	Índice Linear de Perda Real/Física	$ILF = (VD - VFU) / (ET \cdot ND)$	m ³ /km.dia
INDICADORES INTERMEDIÁRIOS				
-	PRP	Índice de Perda Real/Física na Produção	$PFP = [(VC - VP) / VC] \cdot 100$	%
-	PRA	Índice de Perda Real/Física na Adução	$PRA = [(VC - VA) / VC] \cdot 100$	%
-	PTR	Índice de Perda Real/Física no Tratamento	$PTR = [(VA - VP) / VA] \cdot 100$	%
-	TPF	Índice Total de Perda Real/Física	$TPR = [(VC + VIm - VEx) - VFU] / (VC + VIm - VEx) \cdot 100$	%
INDICADORES AVANÇADOS				
-	IVI	Índice de Vazamentos de Infraestrutura	$IVI = PRAC / PRAI$	-

Fonte: SILVA & CONEJO (1999)

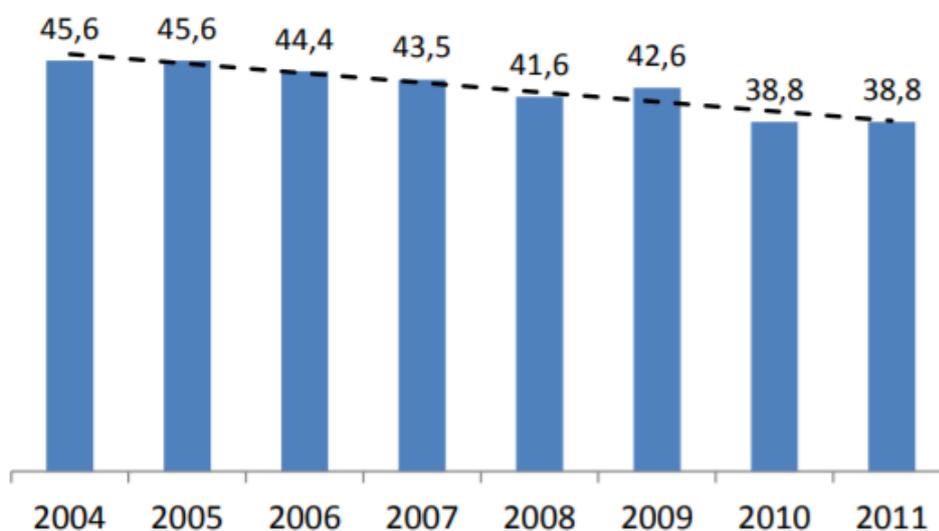
2.5 HISTÓRICO BRASILEIRO

Se pode notar a situação no Brasil está distante do padrão visto em países mais desenvolvidos e essas perdas se encontram bastante desiguais quando se comparam estados, e empresas. Os índices de perda das empresas de saneamento no país mostram que ainda há grande ineficácia na produção da água. Logo abaixo, são verificados indicadores de perda de água, referentes a dados do Governo Federal (SNIS, 2011).

Essas perdas possuem índices em torno de 40%, ainda que se tenha notado uma inclinação a queda desses valores nos recentes anos.

O gráfico 1 mostra a tendência das a partir do período de 7 anos. Os níveis de perdas tenderam a diminuir de 45,6% em 2004 para 38,8% em 2011, uma baixa próxima de 6,8 pontos percentuais. A dificuldade é que a maioria das concessionárias não mede de maneira correta as perdas registradas (SNIS, 2011).

Gráfico 1: Evolução histórica (%)



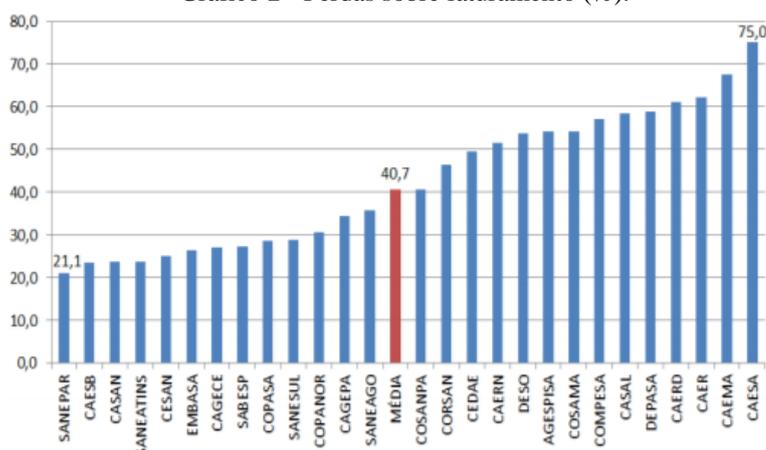
Fonte: SNIS, (alguns anos).

Ao se comparar o Brasil com outros países, é visível o quanto ainda existem mudanças a serem feitas. Regiões da Alemanha e do Japão possuem perdas em torno de 11%. Assim, espera-se que o Brasil possa diminuir seus níveis atuais em, no mínimo, 10%, antes que possamos atingir níveis de perdas próximos aos de países desenvolvidos (SNIS, 2011).

2.5.1 Comparação entre municípios e estados

O gráfico 2 e 3 mostram a conjuntura atual de várias empresas no Brasil. Os gráficos mostram os índices de acordo com o faturamento, das empresas brasileiras de acordo com a população acolhida, segundo dados do SNIS 2011.

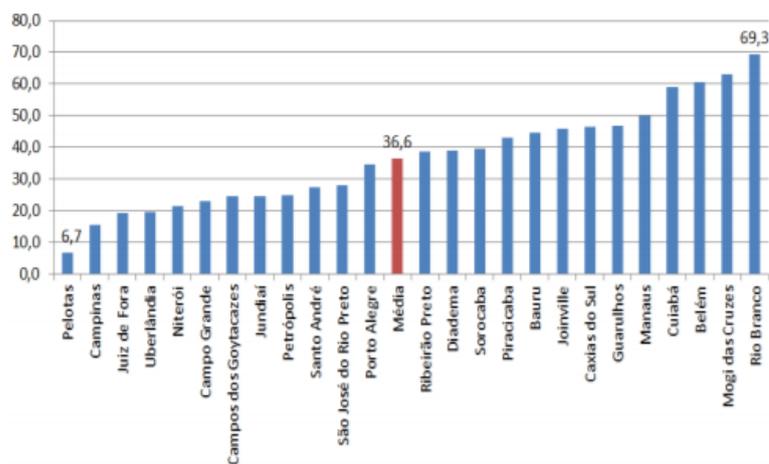
Gráfico 2 - Perdas sobre faturamento (%).



Fonte: SNIS (2011).

Como se pode notar as empresas, CAESA (Amapá) e SANEPAR (Paraná) são, na devida ordem, as menos e mais eficazes em relação a perdas de água, com 75,0% e 21,1%, quando se leva em conta a relação com o faturamento. A média dessas empresas é de 40,7%.

Gráfico 3- Perdas sobre o faturamento (%).



Fonte:SNIS (2011)

Já as empresas, temo a SAERB (Rio Branco) e a SANEP (Pelotas) que são, na devida ordem, a menos e mais eficazes, quando se visa o faturamento, contendo índices próximos a 69,3% e 6,7%. A média para essas empresas é de 36,6%.

2.5.2 PLANSAB

O quadro 3 representa as metas a serem desenvolvidas de acordo com o Plano Nacional de Saneamento para o indicador definidas em junho de 2013. Percebemos com isso que temos o longo caminho a seguir para diminuirmos as perdas existentes hoje no Brasil (SNIS, 2012).

Figura 1-Metas

INDICADOR	ANO	BRASIL	N	NE	SE	S	CO
A6. % do índice de perdas na distribuição de água	2010	39	51	51	51	35	34
	2018	36	45	44	44	33	32
	2023	34	41	41	41	32	31
	2033	31	33	33	33	29	29

Fonte: (Ministério das Cidades)

2.5.3 Custos na diminuição de perdas físicas

Os custos tendem a ser separados em dois tipos, os custos fixos, que são aqueles que ocorrem no decorrer da implantação do projeto, e custos variáveis, que decorrem durante o projeto. Já os custos dos projetos e serviços relacionados a diminuição de perdas são listados logo abaixo (BERENHAUSER, 2012):

- Equipamentos e instalações: por exemplo, tubulações, válvulas, bombas, motores, entre outro;
- Obras civis: como por exemplo, zoneamento piezométrico, reservatórios, troca de ramais e redes;
- Ações operacionais: por exemplo, reparo de vazamentos, combate a fraudes e roubos;
- Ações tecnológicas: por exemplo, desenvolvimento de novos materiais e equipamentos;
- Mão de obra: encarregados pela gestão, execução, tanto os terceirizados como os próprios.
- Qualificação profissional: que inclui, treinamento de mão de obra específica para a área, como também certificação do profissional;

2.5.4 Vantagens geradas com as reduções de perdas

Existem diversos benefícios ao se produzirem projetos com reduções de perdas físicas. Com essas reduções, a empresa pode fornecer uma quantidade menor de água, para garantir a população. Ao se produzir uma quantidade menor de água, a empresa ou organização responsável pelo saneamento reduz os custos de diversos itens, tais como (ABES, 2013):

- Produtos químicos;
- Energia elétrica;
- Compra de água bruta (quando há cobrança);
- Mão de obra

Com a redução das perdas aparentes, provenientes de fraudes, consumo não faturado, ausência de hidrômetros, problemas de medição, entre outros motivos, tem como principal consequência um ganho no volume faturado e da receita. Entre os diversos ganhos com diminuição das perdas temos como principais, os impactos nas receitas, custos e investimentos (ABES, 2013).

Figura 2 - Benefícios da redução

Perdas	Perdas aparentes	Perdas reais	
Ganhos	Aumento da receita	Redução de custos	Postergação de investimentos
Tipos de benefícios	Aumento do consumo medido e faturado	Menores custos com produtos químicos, energia e outros insumos. Diminuição da produção de água com o atendimento do mesmo número de pessoas. Atendimento de maior número de pessoas com a mesma quantidade produzida.	
Ações envolvidas	Troca de hidrômetros e medidores; Corte nas ligações fraudulentas; Medição efetiva de todas as economias (domiciliares, comercial e públicas); Melhora no cadastro	Melhora do controle da pressão na rede; Melhora no controle e detecção de vazamentos; Melhoria e troca de tubulações, ligações, válvulas. Qualificação da mão de obra e melhoria dos materiais	

Fonte: ABES (2013).

Fora os ganhos já indicados, existe o benefício de grande importância associado ao ganho de imagem da empresa, disposta em trabalhar no ganho de eficiência e preservação dos recursos naturais.

Ao reduzir os índices de perdas, temos como consequência direta a diminuição da necessidade de produção de água, conseqüentemente, a energia consumida na produção de água

caia, gerando assim uma redução nos custos de energia, como destacado na figura 6 (GOMES, 2009).

Figura 3 - Sinergias entre redução das perdas de água e eficiência energética



Fonte: Elaboração GO Associados

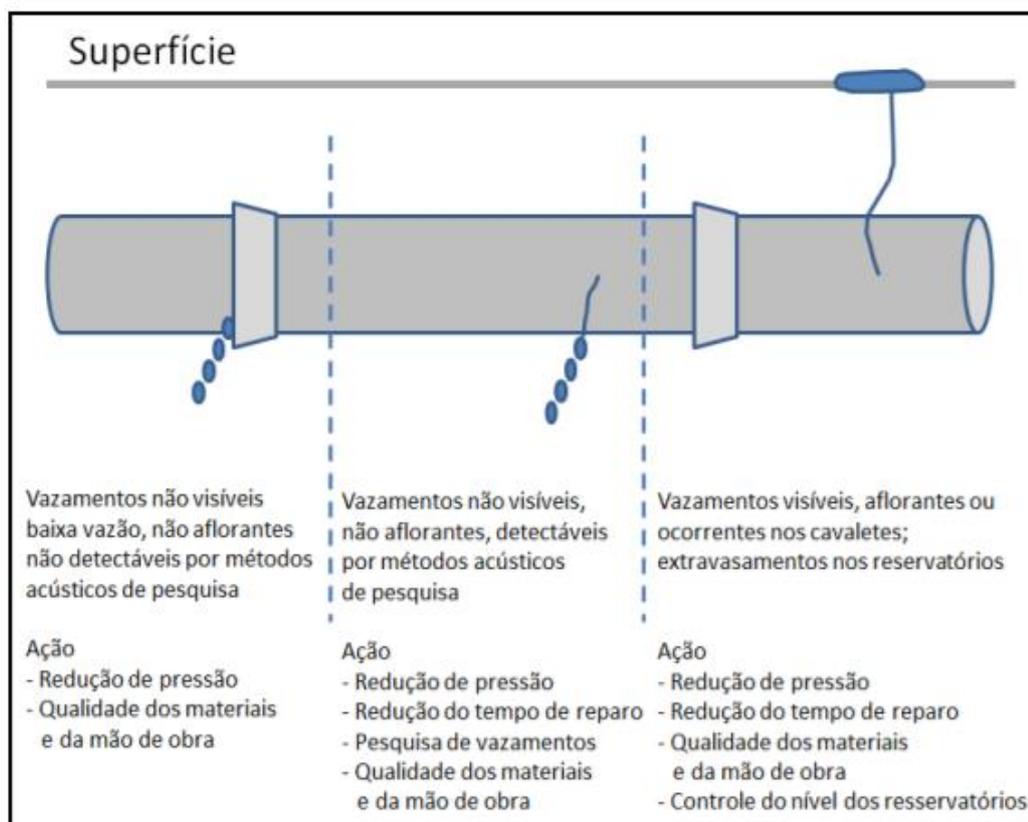
Como podemos notar existem diversos benefícios diretos ligados a medidas que visam uma maior eficácia energética, elas estão ligadas diretamente com a diminuição dos gastos. Além de ser possível notar benefícios indiretos. Tendo como exemplo, os gastos que eram aplicados em conservação, diminuindo a necessidade de aumento da geração de energia (GOMES, 2009).

Segundo a ABES (2005), a cada R\$ 1 gasto afim de se conservar energia, evita que outros R\$ 8 sejam gastos em investimento na geração. Além disso, o aumento da eficiência energética, dão maior capacidade de investimento as empresas, aumentando o investimento na expansão dos sistemas de água e esgoto.

2.5.5 Ações de controle de perdas

A figura 4 apresenta um resumo das ações a serem feitas afim de se ter o controle e a redução de perdas. Nele podemos notar que constam três tipos de vazamentos, em cada tipo de vazamento, algumas ações possíveis com intuito de gerar o controle e diminuição de perdas (TARDELLI, 2006):

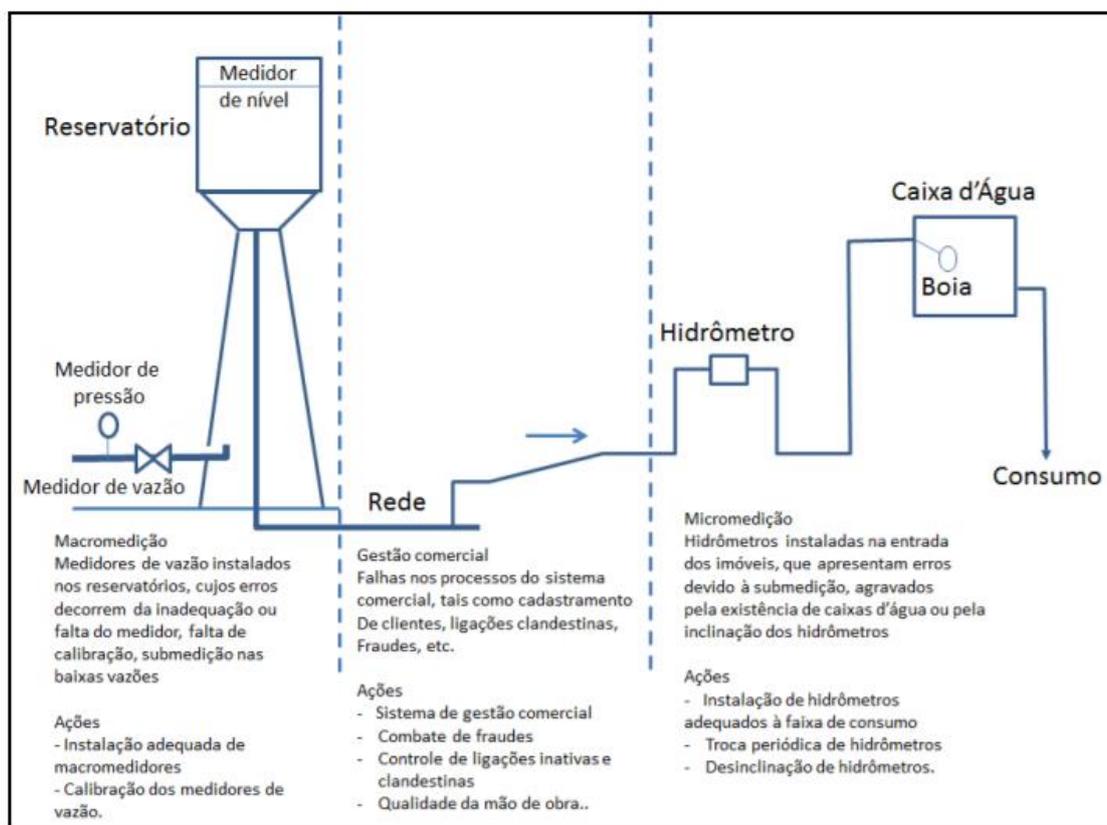
Figura 4 - Ações relacionadas ao controle e a redução de perdas reais



Fonte: TARDELLI FILHO (2006)

Já a figura 4 apresenta um resumo das principais ações a serem realizadas afim se ter o controle e a redução das perdas aparentes. No que diz respeito a macromedição, as ações adequadas a serem realizadas são a instalação adequada de macro medidores e a calibração dos medidores de vazão. No quesito da gestão comercial, as ações abrangem o controle de ligações inativas e clandestinas. No que diz respeito à micromedição, as ações englobam a instalação adequada e troca regular dos hidrômetros (TARDELLI, 2006).

Figura 5 - Ações para o controle e a redução de perdas aparentes



Fonte: TARDELLI (2006)

2.6 AÇÕES PARA SOLUÇÕES DAS PERDAS

Mesmo com todos os avanços no Brasil nem relação a redução das perdas, ainda sim, são necessárias muitas metas a serem atingidas até termos os níveis eficientes. Para se conseguir o objetivo descrito, as estratégias de diminuição de perdas devem relacionar ações que gerem melhorias na gestão e técnicas (ampliação da infraestrutura), que possam mudar padrões em relação às dificuldades comuns apontadas pelas empresas. Assim como principais medidas sugeridas neste quesito, referentes para a definição de um programa de redução para o setor, podemos constar as seguintes (ABES, 2013):

- Gerar contratos que tenha incentivos e foco na diminuição de perdas. Estes contratos podem ser variados como sendo: contratos de performance, parcerias publica-privadas; público-público, entre outros.
- Orientar um maior financiamento para ações. Necessários para aumentar o financiamento de programas relacionados com a redução de perdas na esfera federal.

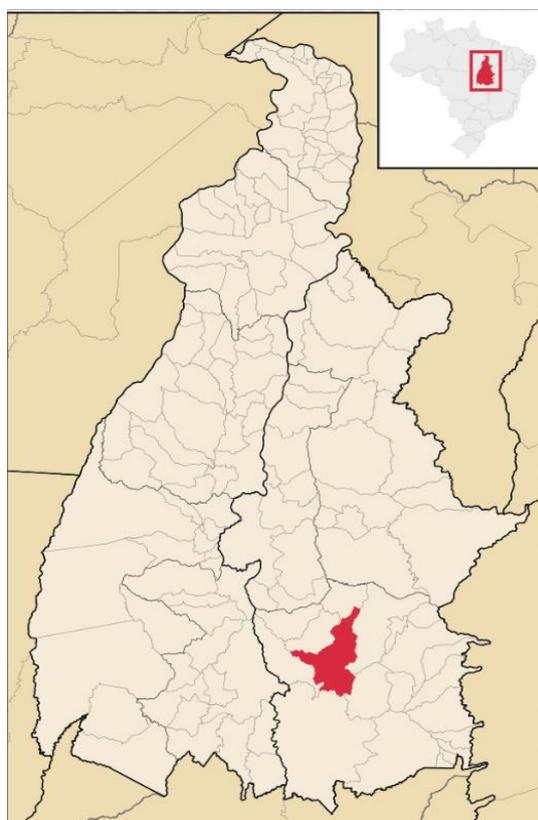
- Gerenciar o controle de perdas: implantação de planos de gestão de perdas fundados no conhecimento do sistema, ou nos indicadores de desempenho e metas, já estabelecidos;
- Entender as dificuldades que ocorrem com a setorização dos sistemas de abastecimento, acompanhado de um plano de médio e longo prazo com soluções para o controle das perdas na distribuição.
- Aumentar o índice hidrométrico dos vários sistemas e utilizar hidrômetros que tenham uma maior precisão.
- Criação e monitoramento de programas de redução de perdas com a participação dos setores envolvidos.
- Replicar experiências que obtiveram êxito, de operadoras públicas e operadores privados nas regiões com maiores índices percentuais, principalmente as Regiões Norte e Nordeste, onde se encontram os maiores desafios.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no município de Natividade-TO que se localiza na região sudeste do estado do Tocantins. Com população estimada de 11.325 habitantes, de acordo com dados do censo IBGE/2014.

O trabalho teve como objetivo avaliar os índices de perdas durante as etapas do abastecimento encontrados no município durante o ano de 2018.

Figura 6 -Localização geográfica do município de Natividade-TO



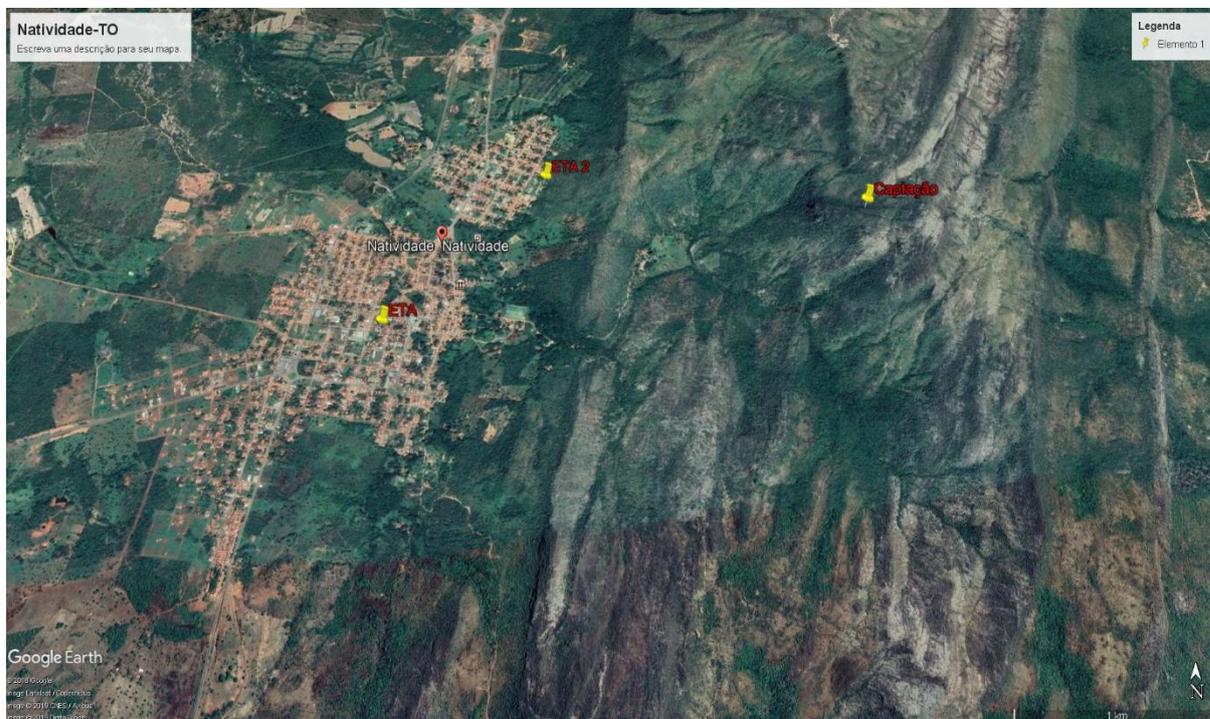
Fonte: WIKIPEDIDIA

Em Natividade as águas são captadas pelo córrego Praia e nos períodos de estiagem a complementação é feita pelos poços 003 e 011 e passam pelas seguintes fases: captação, adução, coagulação, floculação, filtração, desinfecção, fluoretação, reservação e distribuição.

Sendo que as água dos poços passam por um processo de alcalinização e pré-oxidação. A pré-oxidação é aplicada para proporcionar a remoção de Ferro e Manganês. As estações de tratamento estão localizadas na Rua Deputado Adail Viana Santana s/n, Qd.10, Lts.03 e 04, antiga Rua “A” e na Rua Joaquim Lino Suarte s/n, Qd. 73, Lt. Único, Setor Serrano.

A principal unidade realiza captação no córrego Praia e a complementação é feita nos poços 003 e 011 no período da estiagem.

Figura 7 - Imagem de satélite do município



Fonte: GOOGLE EARTH

Foi uma pesquisa aplicada visando encontrar os atuais índices de perdas de água registrados no município e soluções para reduções.

Para as variáveis relacionadas aos “volumes de água” que podem ser produzidos, de serviço, importado, entre outros, e valor tarifário será utilizado dados da concessionária responsável atualmente pelo abastecimento do município, BRK(BROOKFIELD) Ambiental Participações S.A, e o SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) referentes ao ano de 2018.

Para a obtenção dos indicadores referentes as perdas, serão utilizadas as seguintes equações, descritas logo abaixo, afim de se encontrar os valores dos indicadores de perdas.

- Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC)

Relaciona o volume disponibilizado ao volume utilizado, e será elaborada de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 1).

- Índice de Perda de Faturamento (IPF) ou Água Não Faturada (ANF)

Expressa a relação entre volume disponibilizado e volume faturado, e será elaborada de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 2).

- Índice Linear Bruto de Perda (IPD)

Esse indicador distribui as perdas ao longo da extensão da rede, e será elaborado de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 4).

- Índice de Perda por Ligação (IPL)

Relaciona a diferença entre o volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas, e será elaborado de acordo com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água - PNCDA (Equação 5).

- Índice de vazamentos de infraestrutura (IVI)

É o indicador que representa um índice de perdas físicas possíveis de serem recuperadas até o limite das perdas inerentes onde os limites recomendados dependem das condições específicas e da viabilidade econômica de cada sistema, e é determinado com o Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água – PNCDA (Equações 14, 15 e 16).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 -VOLUME DISPONIBILIZADO

É o volume de entrada no sistema, que deve ser macro medido. No município de Natividade, corresponde ao volume produzido no ano de 2018, conforme o quadro 4:

Quadro 4 – Volume Disponibilizado

Ano	Volume de água produzido (m³/ano)
2018	563.000

Fonte: SNIS(2019)

4.2- VOLUME MICROMEDIDO E FATURADO

Corresponde ao volume consumido, medido nas ligações através dos hidrômetros. Conforme o quadro 5:

Quadro 5 – Volume Micro medido e faturado

Ano	Volume de água micro medido (m³/ano)	Volume de água fraturado (m³/ano)
2018	330.160	412.350

Fonte: SNIS (2019)

De acordo com os dados do sistema o índice de hidrometração do município é de aproximadamente 80%. O que quer dizer, que cerca de 80% das residências, comércios do município possuem hidrômetros que contabilizam a água distribuída.

4.3 – DETERMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS INDICADORES DE PERDAS

A estimativa das perdas no município de Natividade se balizou nos indicadores de perdas básicos que são o alicerce dos indicadores definidos pela IWA(Associação Internacional de Águas). Para a determinação desses parâmetros, serão usados os seguintes dados referentes ao ano de 2018.

- Volume Perdido no ano: 232.840 m³
- Volume Faturado (VF): 412.350 m³
- Volume Micro Medido (VM): 330.160 m³
- Número de dias:365 dias
- Número de Ligações Ativas (NLA): 2698
- Extensão da Rede:40,25 km

O volume perdido é resultado do volume disponibilizado, menos o volume micro medido, referente ao ano do estudo.

4.3.1- Índice de perdas por distribuição (IPD)

O valor em percentual é obtido através da seguinte equação:

$$IPD = \frac{\text{Volume de água(produzido+tratado importado -de serviço)} - \text{Volume de água consumido}}{\text{Volume de água(produzido+tratado importado -de serviço)}}$$

$$IPD = \frac{(563.000 - 330.160)}{563.000} * 100 = 41.4 \%$$

A avaliação do IPD permite dizer que aproximadamente 41,4 % de toda a água produzida no sistema avaliado é perdida. O índice engloba tanto as perdas reais quanto as perdas aparentes, de forma que o percentual obtido diz respeito tanto aos vazamentos e extravasamentos do sistema quanto aos erros de medição dos hidrômetros e macromedidores, ligações clandestinas e fraudes.

4.3.2 Índices de perdas por ramal (IPR)

O valor é obtido através da seguinte equação:

$$IPR = \frac{\text{Volume de água(produzido+tratado importado-de serviço)} - \text{Volume de água consumido}}{\text{Quantidade de ligações ativas de rede}}$$

$$IPR = \frac{(563.000 - 330.160)}{(2698 * 365)} = 0,236 \text{ L / ramal * dia}$$

O IPR indica o volume perdido em litros todos os dias para cada ligação ativa do sistema, no caso de Natividade é possível concluir que a cada dia são perdidos 0,236 litros de água para cada ligação ativa. Segundo Marcka (2002), embora não seja o indicador perfeito, relativiza a perda em função das ligações ativas do sistema, o que o torna um índice mais robusto em relação ao IPD e ao IPER.

4.3.3 Índice de perdas por extensão de rede (IPER)

O valor pode ser obtido através da seguinte equação:

$$\text{IPER} = \frac{\text{Volume de água (produzido + tratado importado - de serviço)} - \text{Volume de água consumido}}{\text{Extensão da rede} * \text{Quantidade de dias}}$$

$$\text{IPER} = \frac{(563.000 - 330.160)}{(0,4025 * 365)} = 1.585 \text{ m}^3 / \text{km de rede} * \text{dia}$$

É possível observar, através da análise do Índice Linear Bruto de Perdas -ILB, que são perdidos 1,585 m³ de água por dia para cada quilômetro de rede do sistema de abastecimento de água da cidade de Natividade.

O IPER relativiza a perda em função da dimensão do sistema, uma vez que leva em consideração a extensão das redes (MARCKA, 2004).

4.3.4 Indicador de perda por faturamento ou água não-faturada

O valor em percentual pode ser obtido através da seguinte equação:

$$\text{IPF} = \frac{\text{Volume de água (produzido + tratado importado - de serviço)} - \text{Volume de água faturado}}{\text{Volume de água (produzido + tratado importado - de serviço)}}$$

$$\text{IPF} = \frac{(563000 - 412.350)}{563} * 100 = 26,76 \%$$

Podemos dizer que 26.76 % de toda água produzida no sistema é perdida e acaba não sendo faturada pelo sistema.

4.3.5 INDICADOR DE PERDAS POR INFRA-ESTRUTURA

O índice de perdas por infra-estrutura é obtido através da divisão do volume total perdido, pelas perdas reais inevitáveis.

Considerando:

- Extensão da rede: 40,25 km
- Número de ligações ativas: 2698
- Pressão média: 24,45 m.c.a

$$PRAI = \left(18 * \frac{40,25}{2698} + 0,7 + 0,025 * \frac{40,25}{2698} \right) * 24.45 = \mathbf{23,70} \frac{L}{\text{ligação}} \cdot \mathbf{dia}$$

Não foi possível fazer o rateamento entre as perdas reais e aparentes, usou -se como sendo 50% afim de se obter o valor do PRAC, no qual é necessário a utilização das perdas reais.

Sendo assim, considerando:

- Volume Perdido Total = 232.840 m³
- Perdas Reais = 116.420 m³
- Número de dias = 365
- Tempo do dia que o sistema fica sob pressão (T) = 100%

Temos:

$$PRAC = \text{Perdas reais} \cdot 1000 / (\text{número de ramais} \times 365 \times T/100)$$

$$PRAC = 116.420 * \frac{1000}{2698 * 365 * 1} = \mathbf{118,220} \frac{L}{\text{lig}} \cdot \mathbf{dia}$$

Sendo assim:

$$IVI = \frac{PRAC}{PRAI} = \mathbf{4,99}$$

Segundo o Programa Nacional Contra o Desperdício de Água - PNCDA, o valor ideal de IVI é a unidade, ou seja, quanto mais próximo de 1,0 o IVI de determinado sistema, melhor é a sua eficiência operacional no que diz respeito às perdas físicas. Podemos assim dizer que com o atual valor próximo a 5, o município de Natividade está longe de atingir as condições ideais para uma boa eficiência no serviço de distribuição de água.

4.4 PERDAS FINANCEIRAS

Diante das perdas apresentadas, pode-se analisar quanto, monetariamente falando a empresa responsável pelo serviço de abastecimento perdeu no ano de 2018.

Temos:

- Valor da Tarifa (R\$/m³): 4,51
- Volume de Água não tarifada(m³/ano): 150.650

$$\text{Valor total perdido (R\$)} = \mathbf{679.431,5 \text{ reais}}$$

5 CONCLUSÃO

O percentual de perdas atuais, considerando o ano de 2018, corresponde a 41,4%. Para determinação desse valor, levou-se em consideração o volume disponibilizado e micro medido. Este é um valor considerado alto pela literatura especializada. Considerado um pouco acima da média do Brasil, que apresenta um índice médio de 37 % de perdas de água em seu sistema de abastecimento.

E se tratando da diferenciação percentual das perdas físicas e não físicas, não há dados conclusivos para a determinação desses valores, porém, para determinação do índice de perdas inevitáveis, foi adotado valores recomendados pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.

Os índices de perdas estão diretamente ligados a qualidade da infraestrutura e da gestão dos sistemas. Para explicar a existência de perdas de água acima do aceitável pode se considerar as seguintes hipóteses, tais como sendo: falhas na detecção de vazamentos; redes de distribuição funcionando com pressões muito altas; problemas na qualidade da operação dos sistemas; dificuldades no controle das ligações clandestinas e na aferição/calibração dos hidrômetros; ausência de programa de monitoramento de perdas; dentre outras hipóteses.

Uma recomendação útil seria um trabalho de conscientização com a população a respeito das fraudes e ligações clandestinas, alertando para os riscos causados caso essas fraudes sejam detectadas pela empresa, e também do prejuízo causado por esses infratores para os clientes da companhia, que sofrem com o aumento da tarifa devido ao grande índice de perdas existentes. Portanto, com um investimento na área de combate as perdas de água no sistema de abastecimento, as vantagens obtidas serão no ponto de vista empresarial, que terá lucros financeiros com essas medidas, no ponto de vista do consumidor, que poderá ter suas tarifas reduzidas e terá uma melhor eficiência nos problemas de falta de água, e no ponto de vista ambiental, pois evitando o desperdício, a água estará disponível para a população por um tempo maior.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J.M.; CABRERA JR., E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIMER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. (2006) **Performance indicators for water supply services**. 2. ed. Londres: IWA. (IWA Manual of Best Practice Series.)

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (Brasil). **PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: DIAGNÓSTICO, POTENCIAL DE GANHOS COM SUA REDUÇÃO E PROPOSTAS DE MEDIDAS PARA O EFETIVO COMBATE**. 2013. Disponível em: <brasil>. Acesso em: 15 set. 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. (2011) **Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento**. Guia do profissional em treinamento: nível 2. Salvador: ReCESA. 139 p

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. – Brasília: Funasa, 2014. 172 p. 1. Abastecimento de água. 2. Controle de perda de água. 3. Água. I. Título. II. Série.

BERENHAUSER, C. **Viabilidade de contratos de risco: apresentação In: Grupo de Economia do Saneamento, Energia & Soluções Ambientais**, 2012, São Paulo.

COELHO, S.T., Loureiro, D., Alegre, H., Duarte, P. (2002). **Modelação matemática do sistema multimunicipal de abastecimento de água do Sotavento Algarvio** - Manual do modelo de simulação, Relatório 348/02 – NES (Circulação restrita).

GONÇALVES, E. & ALVIM, P. R. A. **Guia prático para pesquisa e combate a vazamentos não visíveis. Documentos Técnicos de Apoio G3** - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 19 de abril de 2008.

GOMES, H. P. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento: Análise econômica de projetos**. 2ª edição. 145 pp. Editora Universitária: João Pessoa, 2009.

IWA (2000). **Blue pages on losses from water supply systems**. Ed. A. Lambert e W. Hirner, International Water Association (edição electrónica)

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC**. 2007. 117p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, SC.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 20/05/2012.

Morrison, J. (2004). **Managing Leakage by District Metered Areas**, Water 21, International Water Association, February 2004.

SOUZA, R. T. **Modelagem para contratos de performance: apresentação**. In: **Grupo de Economia do Saneamento**, Energia & Soluções Ambientais, 2012, São Paulo.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e Redução de Perdas**. In TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3ª edição. Depto de engenharia hidráulica e sanitária da Escola Politécnica da USP. 2006.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo da energia elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água**. 1ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta**. Disponível em: Acessado em agosto de 2013.

