



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

JULIANO MESQUITA BARROS GEROTTO

LETICIA DANIELLE CAFALCANTE ARAUJO

**COMPARAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
TRATADA EM DOIS ESTADOS DA FEDERAÇÃO**

PALHOÇA

2022

**JULIANO MESQUITA BARROS GEROTTO
LETICIA DANIELLE CAFALCANTE ARAUJO**

**COMPARAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
TRATADA EM DOIS ESTADOS DA FEDERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. José Gabriel da Silva. M.Sc.

PALHOÇA

2022

JULIANO MESQUITA BARROS GEROTTO
LETICIA DANIELLE CAFALCANTE ARAUJO

**COMPARAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
TRATADA EM DOIS ESTADOS DA FEDERAÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 07 de novembro de 2022.

Professor e orientador José Gabriel da Silva, M.Sc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Ricardo Moacyr Mafra, M.Sc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Mercy Aline de Souza, Bel. Eng. Civil
Universidade do Sul de Santa Catarina

Eu Juliano Gerotto dedico este trabalho a minha família que sempre esteve ao meu lado. Dedico também a Leticia e aos meus amigos.

Eu Leticia Araujo devo inteiramente a Deus o sucesso deste trabalho. Dedico esta pesquisa a Ele que sempre me manteve firme e a meus pais. Dedico também ao Juliano.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a nossa família que sempre estiveram ao nosso lado, sempre nos apoiaram, incentivaram e aconselharam em excepcional nossos pais, Vânia e Gervásio, Doraci e Cicero. Aos nossos amigos, pelo apoio demonstrado durante nossa trajetória e a compreensão de nossas ausências em alguns momentos.

Em seguida agradecemos também a todos aqueles que contribuíram de alguma forma com a elaboração deste trabalho. Nossos colegas de turma, pela ajuda e companheirismo. Além de sermos eternamente gratos pela oportunidade de cursar Engenharia Civil nesta renomada universidade.

Aos Engenheiros que conhecemos durante nossa fase de aprendizagem dentro de ambientes de trabalhos. Eles que nos apresentaram a engenharia de forma admirável.

Por fim gostaríamos de agradecer também aos professores pelos ensinamentos que permitiram nosso desenvolvimento no processo de nossa formação, em especial nosso orientador José Gabriel da Silva por ter desempenhado tal função e dedicação para que este trabalho fosse concebido. Enfim, obrigado a todos vocês que participaram deste percurso.

“Piracicaba que eu adoro tanto,
Cheia de flores, cheia de encanto...
Ninguém compreende a grande dor que sente
O filho ausente a suspirar por ti...” (Newton de Almeida Mello, 1931).

RESUMO

A diligência afim de se alcançar a redução de perdas no sistema de abastecimento de água tratada vem se tornando cada vez mais frequente, pois a escassez de água para o consumo humano tomou grandes proporções nos últimos anos em nosso país, levando concessionárias a conscientização e aplicação de incremento de novos indicadores para a concepção de melhores resultados e eficiência na distribuição de água desde a sua captação. Este trabalho propende expor as causas do extravio das águas destinadas ao município populacional. Para o presente estudo almeja-se o cotejo entre São Paulo e Santa Catarina pertinente ao desperdício de água no decurso de seus processos. Após exploração desempenhada por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) foi plausível deduzir que os estados de São Paulo e Santa Catarina dispõem de um eficaz método de entrega de água ao consumidor, todavia São Paulo apresenta melhores resultados, ambos idealizam por intermédio de programas a redução de índices significantes de perdas.

Palavras-chave: Água; Perdas; Redução.

ABSTRACT

The concern in achieving the reduction of losses in the treated water supply system has become increasingly frequent, as the shortage of water for human consumption has taken great proportions in our country, raising awareness to water companies and implementation of new indicators for the design of distribution efficiency of water from its abstraction. This paper intends to expose the causes of water loss destined for citizens. For the present study, is aimed the comparison between São Paulo and Santa Catarina regarding the waste of water in the course of its processes. After the gathering of data carried out through the National Sanitation Information System (SNIS) it was convincing to conclude that the states of São Paulo and Santa Catarina have an effective method of delivering water to the consumer, however São Paulo presents better results, both idealize through of programs the reduction of significant indices of losses.

Keywords: Water. Loss. Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama do Abastecimento de Água.	8
Figura 2- Captação de Água Bruta.	9
Figura 3- Estação Elevatória de Água 10	10
Figura 4- Estação de Tratamento de Água.	11
Figura 5- Reservatório de Água.....	12
Figura 6- Ações para o controle de perdas aparentes.	16
Figura 7- Síntese das ações para o controle e redução de perdas aparentes.....	18
Figura 8- Medidor tipo Woltmann.....	19
Figura 9- - Esquema de funcionamento do medidor tubo.	20
Figura 10- Medidor ultrassônico.	20
Figura 11- Medidor de vazão volumétrico 21	21
Figura 12- Calha Parshall.	21
Figura 13- Válvula redutora de Pressão 22	22
Figura 14- Mapa do Estado de São Paulo.....	23
Figura 15- Mapa Estado de Santa Catarina 24	24
Figura 16 - Índice de perdas por ligação (L/dia/lig).....	27
Figura 17 - Aumento da tarifa de água nos estados de SP e SC.....	28
Figura 18 - Investimento no abastecimento de água em SP e SC.	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fluxograma do Balanço Hídrico	13
Quadro 2 - Quadro de investimentos no abastecimento de água em SP e SC.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Índice de perdas por ligação.....	26
Tabela 2- Tarifa média de água em SP e SC.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS

CASAN: Companhia Catarinense de Águas e Saneamento.

CEDAE: Companhia Estadual de Águas e Esgotos

ETA: Estação de Tratamento de Água

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IWA: *International Water Association* Associação Internacional da Água

PEAD: Polietileno de alta densidade

SABESP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SNIS: Sistema Nacional de informação sobre Saneamento

SNSA: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

VRPs: Válvulas Redutoras de Pressão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	JUSTIFICATIVA	3
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	4
1.3	OBJETIVO GERAL	4
1.3.1	Objetivos Específicos	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁTICA	5
2.1	PERDAS	5
2.1.1	Perdas de Água no Brasil	5
2.1.2	Perdas de Energia Elétrica	5
2.1.3	Causas das Perdas de Água	6
2.1.4	Perdas Reais	6
2.2	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	8
2.2.1	Partes Constituintes	8
2.2.1.1	Manancial	9
2.2.1.2	Captação	9
2.2.1.3	Estação Elevatória	9
2.2.1.4	Adutora	10
2.2.1.5	Estação de Tratamento de Água	10
2.2.1.6	Reservatórios	11
2.2.1.7	Redes de Distribuição	12
2.3	BALANÇO HIDRICO	12
2.4	AÇÕES PARA CONTROLE DE PERDAS APARENTE	15
2.4.1	Redução de Erros de Medidores	16
2.4.2	Qualificação de Mão de Obra	16
2.4.3	Redução das Fraudes	17
2.5	MACROMEDIÇÃO	18
2.5.1	Medidores Velocimétricos	19
2.5.2	Medidores Deprimogêneos	19
2.5.3	Medidores de Fluxo de Vazão	20
2.5.4	Medidores Volumétricos	20
2.5.5	Medidores em Canal Aberto	21
2.6	CONTROLE DE PRESSÃO	21

3	METODOLOGIA	23
3.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA.	24
3.2	PERDAS DE ÁGUA.	25
3.3	TIPOS DE PERDAS E IDENTIFICAÇÃO.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÃO	31
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O volume de perdas em um sistema de abastecimento de água é um fator chave na avaliação da eficiência nas atividades comerciais e de distribuição de uma empresa de saneamento. O diagnóstico da situação das perdas deve ser desenvolvido com base no comportamento dos índices de perdas.

Neste sentido, níveis de perdas elevados e com padrões de crescimento gradual sinalizam a necessidade de maiores esforços para reduzir possíveis ineficiências no âmbito de planejamento, manutenção, investimentos, atividades operacionais e comerciais.

Cidades com padrão de excelência em perdas têm indicadores menores do que 15%. No Brasil, em 2013, o índice de perdas de faturamento total foi de 39,07% (6,53 bilhões de metros cúbicos ao ano) e o índice de perdas na distribuição, de 36,95% (5,95 bilhões de metros cúbicos ao ano). Parte desse volume não chegou aos consumidores e parte chegou, mas não foi faturado pelas empresas. Portanto, fica evidenciada a necessidade de acelerar o atual ritmo de redução de perdas por parte dos operadores públicos e privados.

A premência na implementação de planos e ações efetivas focadas na redução das perdas torna-se ainda maior com as atípicas variações climáticas recentes que estão gerando escassez do recurso hídrico em diferentes regiões do Brasil.

Em janeiro de 2015, cinco das dez maiores regiões metropolitanas onde reside aproximadamente 25% da população do país apresentaram problemas de abastecimento de água potável. Algumas dessas regiões já adotaram medidas de emergência como redução da pressão, racionamento ou esquemas de incentivos tarifários para a redução do consumo.

Outro fator importante para os prestadores atingirem níveis eficientes de gerenciamento do recurso hídrico é o combate às perdas de natureza social. Em particular, segundo o Censo de 2010 (IBGE), 11.425.644 pessoas (6% da população) moravam em áreas irregulares, concentradas principalmente nas regiões metropolitanas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Permitir o direcionamento de ações no combate e manejo das perdas de água, uma vez que para ter controle em uma rede de abastecimento primeiramente se faz necessário conhecer o sistema que irá trabalhar por meio diagnósticos.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

As perdas de água no sistema de abastecimento, geram a ineficiência da distribuição para o consumidor e problemas financeiros para a companhia de água da cidade, uma vez que essa água captada, tratada e distribuída não é vendida.

Os processos de captação, tratamento, armazenamento e distribuição geram gastos (energia, manutenção, funcionários e obras de implantação), gasto estes que podem ser evitados através de melhorias no sistema.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é fazer um comparativo e levantamento das perdas de água do sistema de distribuição de setores de abastecimento entre os estados de Santa Catarina e São Paulo. Dessa forma evitar prejuízos financeiros para a companhia, prestar um atendimento de qualidade aos seus clientes e garantir a satisfação do consumidor.

1.3.1 Objetivos Específicos

- a) Identificar as etapas de um sistema de abastecimento de água tratada;
- b) Demonstrar as perdas de água no sistema de abastecimento;
- c) Apresentar os tipos de perdas e identificá-las;
- d) Comparar dados coletados entre Santa Catarina e São Paulo;
- e) Discutir alguns fatores que ocasionam as perdas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PERDAS

2.1.1 Perdas de Água no Brasil

As elevadas perdas de água tornaram-se um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento de água brasileiro. Contribuem para tal situação, dentre outros motivos, a baixa capacidade institucional e de gestão dos sistemas; a pouca disponibilidade de recursos para investimentos, sobretudo em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas; a cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional; e as decisões pragmáticas de ampliação da carga hidráulica e extensão das redes até áreas mais periféricas dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores, sem os devidos estudos de engenharia (MIRANDA, 2006).

Combater e controlar a perda é uma questão fundamental, em cenários em que há, por exemplo: escassez de água e conflitos pelo seu uso; elevados volumes de água não faturadas, comprometendo a saúde financeira do operador; um ambiente de regulação, em que os indicadores que retratam as perdas de água estão entre os mais valorizados para a avaliação de desempenho. O gerenciamento das perdas exige, o seu conhecimento pleno. Identificar e quantificar as perdas constitui-se em ferramenta essencial e indispensável para a implementação de ações de combate (MIRANDA, 2006).

2.1.2 Perdas de Energia Elétrica

Mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica do Brasil, o equivalente a 8,3 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadores de serviços de saneamento em todo o país. Este consumo engloba os diversos usos nos processos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com destaque para os conjuntos moto bomba, que são normalmente responsáveis por 90% do consumo nessas instalações. As despesas totais dos prestadores de serviços de saneamento com energia elétrica chegam a R\$ 1,5 bilhão por ano, variando entre 6,5% a 23,8% das despesas totais, com média de 12,2% para os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário de companhias estaduais de saneamento (ELETROBRÁS/PROCEL, 2005).

Embora não existam dados consolidados sobre quanto da energia consumida é desperdiçada, estima-se que a despesa anual dos prestadores de serviços de saneamento, somente pela ineficiência energética é de R\$ 375 milhões.

Despesa esta que, pela ausência de marco regulatório para o setor, é frequentemente repassada para a sociedade via tarifa. A sociedade, por sua vez, está no limite de seu orçamento, o que tem contribuído para aumentar a inadimplência, que por sua vez acarreta menor faturamento, impactando negativamente os investimentos dos prestadores de serviços de saneamento. O ciclo vicioso se completa pela obsolescência dos equipamentos decorrentes da falta de investimentos (ELETROBRÁS/PROCEL, 2005).

2.1.3 Causas das Perdas de Água

As companhias de saneamento ainda não chegaram a um acordo sobre o que ser levado em consideração quando falamos em perdas em sistemas de abastecimento de água, pois podem ocorrer em diversas fases, como na captação da água bruta, no tratamento de água e na distribuição. Segundo Galvão (2007), a maior parte das perdas de água ocorre na infraestrutura de distribuição, que é composta de rede de distribuição e as ligações prediais. Por conta disso, vários estudos e pesquisas vem sendo realizadas com o intuito de viabilizar comparações de eficiência entre sistemas de abastecimento distintos e um correto acompanhamento de indicadores.

Farley e Trow (2003) afirmam que a variação do volume de água perdido no sistema de distribuição depende das características das tubulações das redes, das práticas operacionais e do nível de tecnologia e conhecimento aplicado pelas companhias de saneamento. Havendo também uma grande variação dependendo do país e região. Essas perdas podem ser divididas em dois casos distintos denominados como Perda Aparente e Real.

2.1.4 Perdas Reais

Como apresentado anteriormente as perdas reais em um sistema de abastecimento estão em toda a parte do processo e são causadas por vazamentos nas tubulações devido a rompimentos ou falhas que têm origens múltiplas, as mais diversas e dispersas possíveis. Em seguida serão descritas de acordo com a SNSA (2003) as causas nos diferentes subsistemas.

As perdas que ocorrem na captação e na adução de água bruta correspondem à água utilizada para a limpeza geral, incluindo o poço de sucção, sendo, em geral, pequena.

Já na fase de tratamento as perdas na ETA podem estar associadas ao processo ou a vazamentos mesmo que sejam percentualmente pequenas, em termos de vazão são significativas. As perdas por vazamentos podem ocorrer, entre outros motivos, por falhas na estrutura (trincas), na impermeabilização e na estanqueidade insuficiente de comportas, e as perdas de processo, correspondem às águas descartadas na lavagem e limpeza de flocladores, decantadores, filtros e nas descargas de lodo, em quantidade excedente à estritamente necessária para a correta operação da ETA. A magnitude das perdas é significativa, podendo variar entre 2% e 10%, função do estado das instalações e da eficiência operacional. Deve-se lembrar que parte das vazões retidas nas ETA são inerentes ao processo de tratamento, não sendo possível eliminá-las totalmente, mas sim reduzi-las até o ponto em que se diminuam os desperdícios.

As perdas na reservação podem ter origem em procedimentos operacionais, por exemplo, na limpeza programada de reservatórios; em operações inadequadas, provocando extravasamentos; ou, ainda, em deficiências estruturais da obra, como trincas ou impermeabilização não bem executada. A magnitude das perdas em reservatórios é variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional, mas, tem pouca importância no contexto geral do sistema.

Perdas na adução de água tratada ocorrem por vazamentos e rompimentos nas tubulações das adutoras e sub adutoras, que transportam vazões elevadas para serem distribuídas pela rede de distribuição e também consideradas as perdas nas descargas, seja para esvaziar a tubulação para reparos, seja para melhorar a qualidade da água (SNSA, 2003).

Para VICENTINI (2012) os vazamentos em adutoras geralmente ocorrem devido às pressões elevadas e sua variação, que pode causar fadigas nas instalações hidráulicas e as manobras, executadas de forma rápida, pode causar fraturas nas tubulações. Outros fatores também podem causar os vazamentos nas adutoras, tais como, transientes hidráulicos, falha de operação, movimentação no solo, envelhecimento dos materiais, baixa qualidade dos materiais e mão de obra, deficiência do projeto, manutenção ineficiente e intensidade de tráfego de veículos.

A SNSA (2003) destaca a importância na seleção de materiais e equipamentos, a inspeção, os procedimentos construtivos e a fiscalização e o recebimento de obra têm um peso considerável sobre a qualidade do sistema e sua vida útil, devendo ser valorizados para que as perdas sejam desprezíveis em novos sistemas a implementar. É destacada, ainda, a importância de se exigir o teste hidrostático para recebimento de redes novas. A redução das perdas reais exige eficiência do sistema operacional que, quando acontece, permite postergar investimentos

em infraestruturas, uma vez que aumenta a oferta de água sem aumentar a capacidade física para a produção de água.

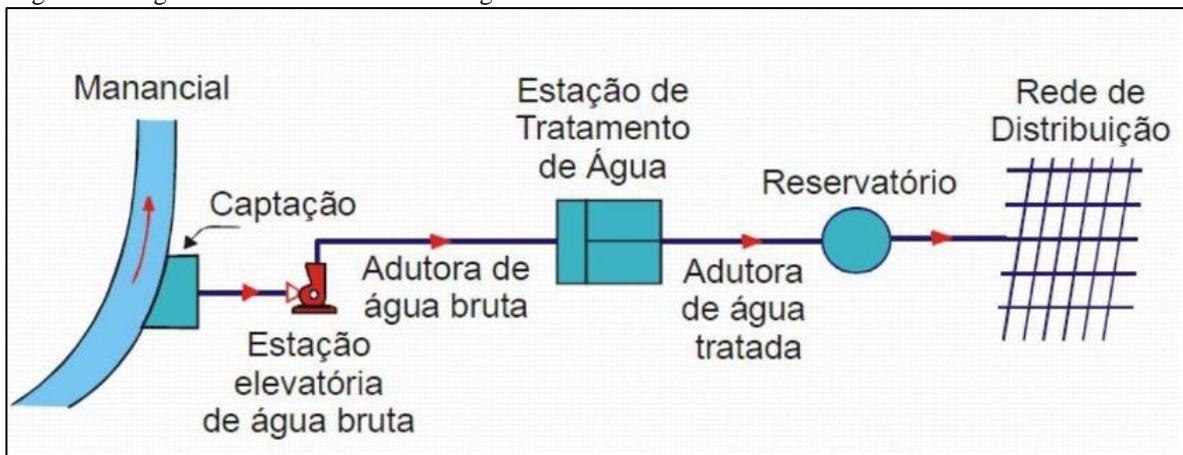
2.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo Martins (2008), 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).

2.2.1 Partes Constituintes

Segundo Netto et al. (1998) apud Martins (2008), um sistema público compreende diversas unidades, a saber de acordo com a Figura 1.

Figura 1- Diagrama do Abastecimento de Água.



Fonte: Alem Sobrinho & Contrera, (2013).

Para a implantação de um sistema de abastecimento de água, faz-se necessária a elaboração de estudos e projetos com vistas a 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).

2.2.1.1 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).

2.2.1.2 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 conforme a Figura 2, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre de tomada, o poço de derivação e o reservatório de regularização (DACACH, 1979).

Figura 2- Captação de Água Bruta.



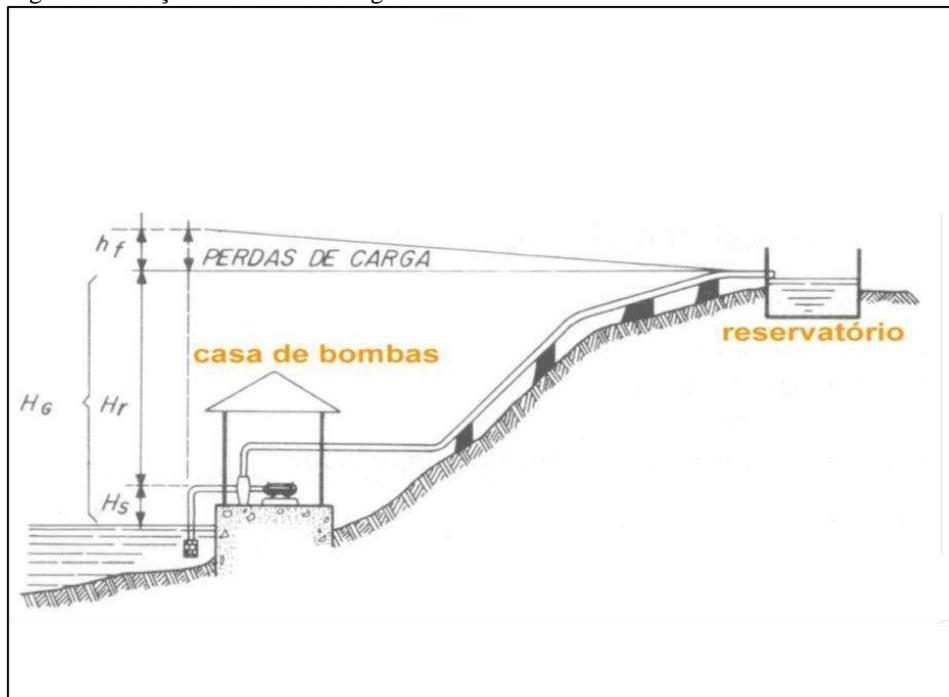
Fonte: Arquivo DAE Santa Bárbara d'Oeste, (2018).

2.2.1.3 Estação Elevatória

A estação elevatória, representada pela Figura 3, 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, 2008).

Figura 3- Estação Elevatória de Água



Fonte: Universidade Estadual da Paraíba, (2014).

2.2.1.4 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 (BARRO 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 esta aos reservatórios de um mesmo sistema.

2.2.1.5 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).

Na Figura 4 uma das Estações de Tratamento de Água que é responsável por atender a demanda de 60 bairros da cidade de Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo.

Figura 4- Estação de Tratamento de Água.



Fonte: DAE, Santa Bárbara d'Oeste, (2007).

2.2.1.6 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, conforme Figura 5 (NETTO et al.,1998).

Figura 5- Reservatório de Água.



Fonte: SABESP, (2018).

2.2.1.7 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).

2.3 BALANÇO HIDRICO

Até alguns anos atrás, a avaliação das perdas era distinta em cada país, ou mesmo em cada companhia de saneamento em um mesmo país. A Associação Internacional de Água (IWA) procurou padronizar o entendimento dos componentes dos usos da água em um sistema de abastecimento através de uma matriz que representa o Balanço Hídrico, onde se inserem os dois tipos de perdas relatados. O conjunto de perdas físicas ou reais e de perdas de faturamento ou aparentes é chamado de “Água Não Faturada” (Iwa.org 2022).

O Quadro 1 apresenta o Balanço Hídrico, desenvolvido pela IWA, que esquematiza os processos pelos quais a água pode passar desde o momento em que entra no sistema.

Quadro 1 - Fluxograma do Balanço Hídrico

Volume Fornecido ao Sistema (compensando para impressões conhecidas)	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Medido Faturado	Água Faturada
			Consumo Não Medido Faturado	
		Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Medido Não Faturado	Água Não Faturada (ANF)
			Consumo Não Medido Não Faturado	
	Perda de Água	Perdas Aparentes	Consumo Não Autorizado	
			Imprecisão nos Hidrômetros e Erro no Manuseio de Dados	
		Perdas Reais	Vazamentos nas Redes	
			Vazamentos e Extravasamentos em Reservatórios	
Vazamentos em Ligações até o Hidrômetro				

Fonte: Adaptado de BRASIL, (2022).

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

Volume de entrada no sistema: este volume representa o somatório dos volumes referente às fontes (superficial e/ou subterrâneo) somada ao volume de água importada (IWA, 2022).

Consumo autorizado: 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 (IWA, 2022).

Perdas aparente: 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) (IWA, 2022).

Perdas reais 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 ETA's e nos extravasamentos de reservatórios.

Consumo faturado medido: 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 são considerados 666 L/dia, enquanto a maioria das empresas admitem 10 m³ mensais por ligação residencial. É necessário verificar o volume realmente medido (IWA, 2022).

Consumo faturado não medido: 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 m³ mensais. A receita

da empresa advém da soma das cobranças relativas aos consumos faturados medidos e não medidos.

Consumo não faturado medido: 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) (IWA, 2022).

Consumo não faturado não medido: 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: é o volume que não produz receita. Neste volume, incluem-se as ligações clandestinas, as fraudes etc (IWA, 2022).

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 (IWA, 2022).

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 (IWA, 2022).

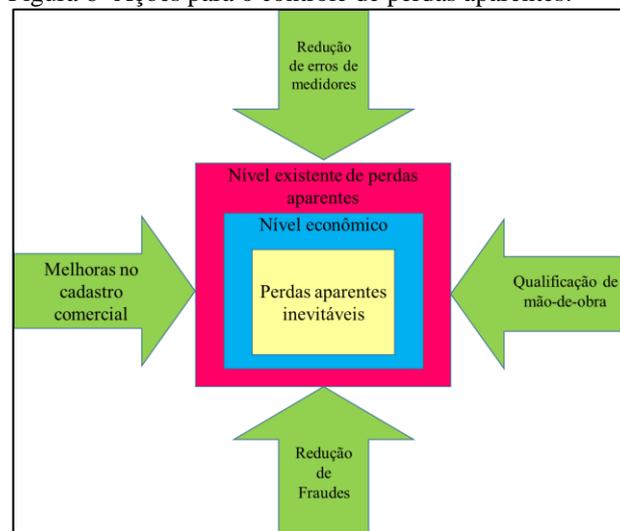
2.4 AÇÕES PARA CONTROLE DE PERDAS APARENTE

Como as tubulações são os principais componentes do sistema de abastecimento de água responsáveis pelos vazamentos, o gerenciamento de infraestrutura está diretamente relacionado ao conhecimento dessas tubulações, sendo importante identificar: idade, tipo de material, manutenção preditiva e preventiva, procedimento de trabalho, treinamento etc. (ARIKAWA, 2005)

Os programas de manutenção mais frequentes empregados para combate às perdas são o controle da corrosão e a substituição de tubulações. Assim, como qualquer outro componente que causa perda em sistema de abastecimento, as razões para a existência da corrosão são variadas e complexas, por isso devem ser estudadas individualmente. Quanto aos outros métodos utilizados para melhoria da infraestrutura do sistema, a manutenção periódica, a substituição e a reabilitação de tubulações podem efetivamente aumentar a vida útil da tubulação, em maior, ou menor grau dependendo do processo utilizado (ARIKAWA, 2005).

THORNTON (2002), apresenta resumidamente as quatro principais ações para o controle de redução de perdas aparentes conforme a Figura 6.

Figura 6- Ações para o controle de perdas aparentes.



Fonte: Adaptado de Thornton, (2002).

2.4.1 Redução de Erros de Medidores

A redução de erros de medidores tem como ações principais: a especificação e o dimensionamento corretos dos medidores instalados no sistema adutor, assim como, os medidores do sistema distribuidor e dos consumidores; a instalação adequada dos medidores; a manutenção preventiva e corretiva dos hidrômetros; a leitura correta dos hidrômetros.

2.4.2 Qualificação de Mão de Obra

A qualificação da mão-de-obra envolve a seleção e o treinamento especializado dos profissionais que fazem a leitura dos hidrômetros, a gestão comercial, e a instalação, calibração e manutenção dos medidores (TARDELLI FILHO, 2004).

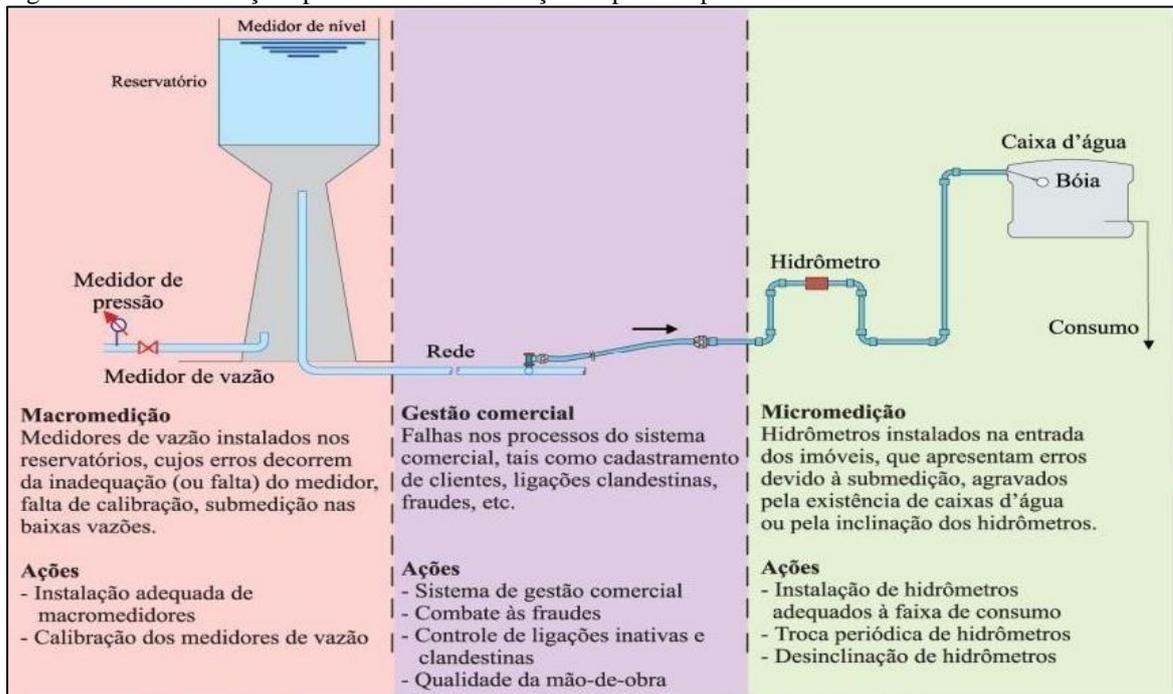
2.4.3 Redução das Fraudes

A redução de fraudes envolve as ações de inspeção de ligações suspeitas de haver interferência na contabilização do consumo de água e as medidas de coibição dessa prática (TARDELLI FILHO, 2004).

A gestão comercial de uma prestadora de serviços de saneamento compreende todo o aparato de processos, sistemas informatizados e recursos humanos que permite a contabilização dos consumos de água tratada e seu faturamento.

Tardelli Filho (2004), representa na Figura 7 as melhores ações para controle de perdas aparentes.

Figura 7- Síntese das ações para o controle e redução de perdas aparentes.



Fonte: Tardelli Filho, (2004).

2.5 MACROMEDIÇÃO

Segundo Helou e Helou (2006), os macromedidores são normalmente medidores de vazão de maior porte instalados em adutoras e são utilizados para medição de água bruta, medições na entrada de setores de distribuição, ou ainda medição de água tratada entregue por atacado a outros sistemas públicos. As vazões obtidas dos medidores de vazão se fazem através das relações existentes entre velocidade do fluido e área da seção transversal da tubulação (velocidade x área) ou entre volume e tempo (volume/tempo) (BRASIL, 2007). Desta forma, a precisão do macromedidor relaciona-se diretamente com a precisão com a qual se determina a velocidade e área da tubulação no primeiro caso e volume e tempo no segundo caso.

Uma característica básica dos medidores de vazão é a de possuir dois elementos distintos.

Elemento primário: é o dispositivo do medidor que se encontra diretamente em contato com o fluido, tendo como função transformar a vazão em outra grandeza física mensurável.

Elemento secundário: é o dispositivo responsável pela transformação da grandeza física obtida do elemento primário em informação adequada para leitura, seja no próprio local ou à distância.

Com estas definições, os medidores de vazão utilizados no saneamento básico podem ser agrupados nos seguintes grupos: medidores velocimétricos, medidores deprimogêneos, medidores secundários, medidores volumétricos, medidores de canal aberto.

2.5.1 Medidores Velocimétricos

Equipamentos no qual o elemento primário relaciona a vazão em termos de velocidade. O elemento secundário destes medidores é um conjunto de engrenagens no qual a velocidade é contabilizada de forma a ser expressa em volume

O medidor velocimétrico pode possuir um elemento secundário que converte a velocidade em pulsos, os quais devidamente contados podem ser convertidos em volume ou vazão quando considerado o tempo. Pertencem a esta família os medidores do tipo: Woltmann, turbina ou turboélice e microturbinas, Figura 8.

Figura 8- Medidor tipo Woltmann

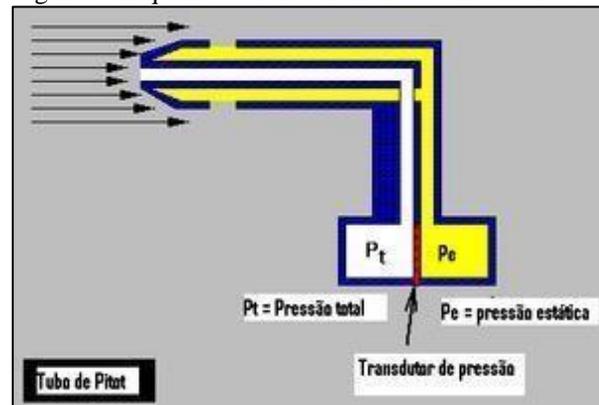


Fonte: Hidrotec Bauru, (2022).

2.5.2 Medidores Deprimogêneos

Equipamentos no qual o elemento primário relaciona a vazão em termos de diferencial de pressão, que por sua vez é associado com a velocidade do fluido, segundo a equação de Bernoulli. O elemento secundário destes equipamentos deve converter diferencial de pressão em valores de leitura convenientes. Pertencem a este grupo os medidores do tipo: tubo Pitot ilustrado na Figura 9, tubo Venturi e placas de orifício. (SANESOLUT, 2022).

Figura 9- Esquema de funcionamento do medidor tubo.



Fonte: Sanesolut, (2022).

2.5.3 Medidores de Fluxo de Vazão

Equipamentos no qual a vazão é convertida em impulsos elétricos. Pertencem a esta família, dentre outros, os seguintes tipos de medidores: magnéticos, ultrassônicos conforme a Figura 10 e vórtice.

Figura 10- Medidor ultrassônico.



Fonte: Sanesolut, (2022).

2.5.4 Medidores Volumétricos

Equipamentos no qual a vazão é determinada pelo número de vezes em que é preenchida uma câmara de volume conhecido. De um modo geral, são sensíveis as baixas vazões e apresentam erros menores, mesmo com escoamento reduzido. Por isso são recomendados quando se pretende efetuar rigoroso combate à fuga e desperdício em instalações domiciliares. A Figura 11 ilustra o medidor de vazão volumétrico.

Figura 11- Medidor de vazão volumétrico

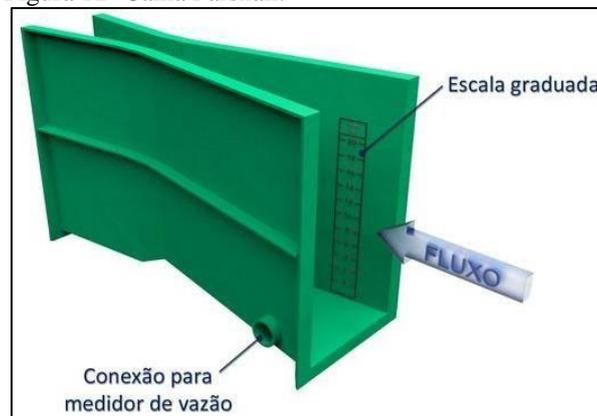


Fonte: Sanesolut, (2022).

2.5.5 Medidores em Canal Aberto

Equipamentos nos quais a vazão é relacionada à perda de energia (ressalto hidráulico), expressa em altura de coluna de água. Pertencem a esta família, entre outros, os seguintes medidores: calha Parshall apresentado na Figura 12 e vertedores.

Figura 12- Calha Parshall.



Fonte: Alfamec, (2022).

2.6 CONTROLE DE PRESSÃO

Segundo Bueno Galvão o uso de válvulas redutoras de pressão (VRPs), como instrumento para redução e controle de perdas de água, em redes de distribuição, tem se intensificado, por parte das companhias que operam esse tipo de sistema. Os principais objetivos, que justificam a instalação desse equipamento, são o de se reduzirem altas pressões, na rede de distribuição, e, principalmente, para se reduzir o volume de perdas de água, através de vazamentos.

As VRP de acordo com a Figura 13, são utilizadas para o controle e bloqueio de vazão dos fluídos de diversas viscosidades e permitem controlar precisamente o fluxo. No setor de saneamento, por exemplo, são utilizadas para regulação de pressão na rede de abastecimento em horários de pico (TARDELLI FILHO, 2004).

Figura 13- Válvula redutora de Pressão



Fonte: Soluções Industriais, (2022).

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada de forma exploratória com coleta de dados disponíveis no portal do Sistema Nacional de informação sobre Saneamento (SNIS) referente aos anos de (2016, 2017, 2018, 2019 e 2020).

Os dados apresentados no SNIS possibilitam que sejam realizadas análises completas desde as micro e macrorregiões de todo o território nacional.

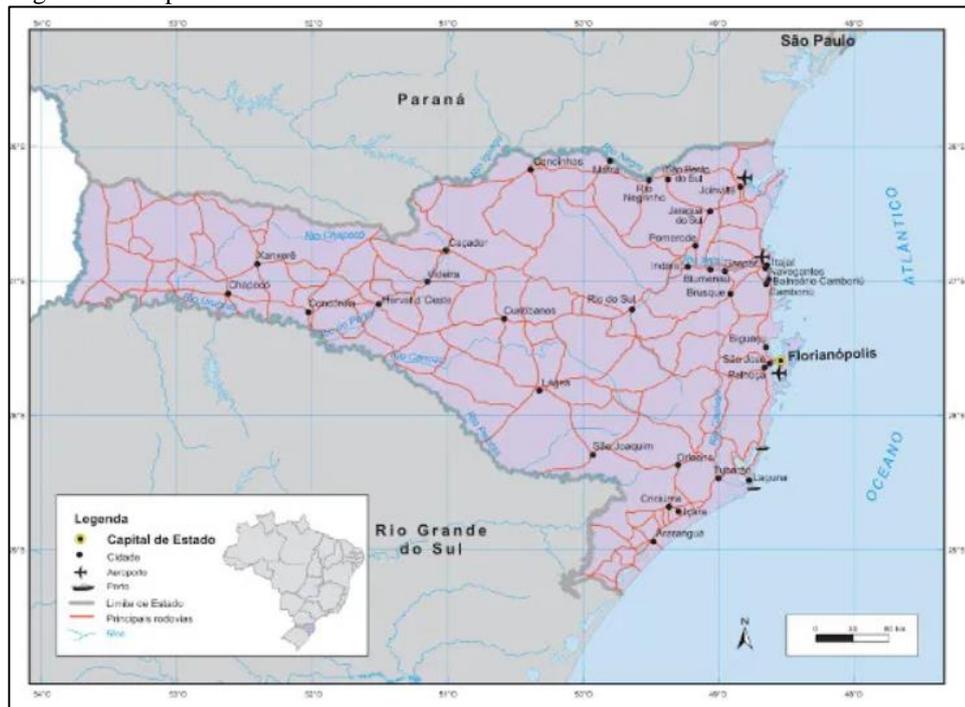
Tal consulta foi efetuada nos estados de São Paulo e Santa Catarina, representados respectivamente nas Figura 14 e Figura 15.

Figura 14- Mapa do Estado de São Paulo



Fonte: Autor, (2022).

Figura 15- Mapa Estado de Santa Catarina



Fonte: Autor, (2022).

3.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA

Os dados foram coletados através do SNIS, que é o maior e mais importante banco de dados de saneamento do Brasil, é um sistema que engloba informações e indicadores referente a Água, Esgoto, manejo de Resíduos Sólidos e Águas Pluviais provindo dos prestadores de serviços que operam no país.

A SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) conta com informações que devem ser fornecidas anualmente por prestadores de serviços, tais como: A Captação, Tratamento, Reservação e a Distribuição do sistema de Água. Atualmente mais de 102 empresas prestam serviços para a SABESP. Ela é responsável por operar 373 cidades do estado de São Paulo, levando água tratada em uma extensão de mais de 150 mil quilômetros abastecendo a casa de mais de 44 milhões de habitantes do estado.

A CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento) opera em 194 cidades no Estado de Santa Catarina e em 1 cidade paranaense (Barracão-PR). Ela conta com 54 empresas prestadoras de serviços que abastecem a residência de 6 milhões de pessoas utilizando uma rede com mais de 37 mil quilômetros de extensão.

3.2 PERDAS DE ÁGUA.

Atualmente o tema perdas de água tratada está se tornando cada vez mais significativo tanto pela questão ambiental como também a financeira, as cidades estão se expandindo cada vez mais, e é necessária uma boa infraestrutura para suportar tal crescimento. Uma vez que tendo um sistema eficiente utilizando métodos corretos para erradicar as perdas de água, a concessionária e os consumidores terão diversos benefícios.

A SABESP vem buscando a redução do percentual de perdas através de um Programa Corporativo de Redução de Perdas desde 2009, tendo como meta atingir níveis comparáveis a de países desenvolvidos.

A CASAN possui programas de redução de perdas similares ao da SABESP, sempre investindo em ações com objetivo de regularizar o sistema de abastecimento. Ambas possuem percentuais aceitáveis diante do panorama atual do saneamento básico nacional.

3.3 TIPOS DE PERDAS E IDENTIFICAÇÃO

Com o intuito de comparar a eficiência do saneamento entre os estados de São Paulo e Santa Catarina, foram coletados dados do SNIS, entre estados com concessionárias públicas. Os dados adquiridos são auto declaratórios referentes ao ano de 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020.

Os dados escolhidos para a comparação na eficiência de combate e controle de perdas de água foram:

- a) Tarifa média de água.
- b) População total abastecida.
- c) Consumo médio de água por economia.
- d) Índice de perdas de faturamento, distribuição, lineares e por ligação.
- e) Quantidade de ligações ativas.
- f) Volume de água produzido, macro medido, tratado, consumido e faturado.
- g) Extensão da rede.

O dado de maior relevância é a tarifa média de água pois é o resultado de todo o esforço das concessionárias para entregar uma água de qualidade, colocando em prática os métodos com maior eficiência, ou seja, com redução de perdas e melhor manuseio da água, por uma tarifa justa, que será direcionada para melhorias e ampliações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados colhidos no Sistema de Informação de Saneamento, referente aos últimos cinco anos disponíveis, (2016, 2017, 2018, 2019 e 2020) foram selecionados alguns indicadores para a discussão, onde é possível observar o histórico entre o índice de perdas por ligação, o valor médio das tarifas e o total de investimentos direcionados ao abastecimento de água entre os estados de São Paulo e Santa Catarina.

Na tabela 1, apresenta-se os dados retirados de seus respectivos anos, onde é possível notar valores perdidos em ligações em litros por dia, para a população do estado de São Paulo e Santa Catarina.

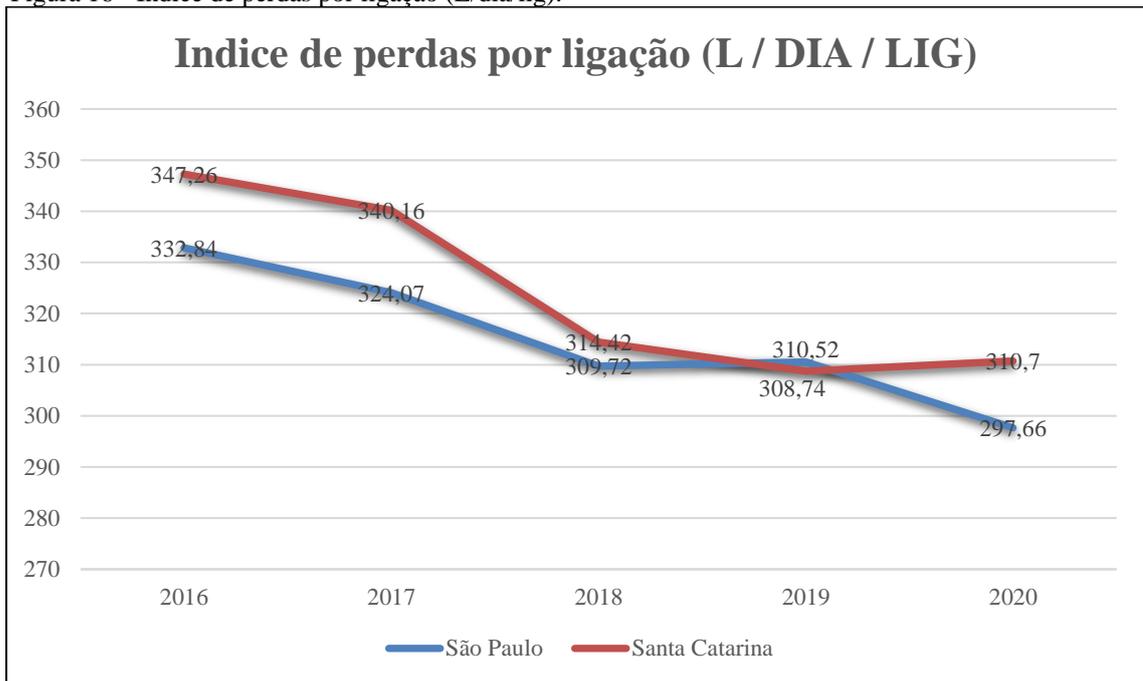
Tabela 1- Índice de perdas por ligação.

Índice de perdas por ligação (L/DIA/LIG)	2016	2017	2018	2019	2020
São Paulo (SP)	332,84	324,07	309,72	310,52	297,66
Santa Catarina (SC)	347,26	340,16	314,42	308,74	310,7

Fonte: Autor, (2022).

A redução de Perdas no Sistema de Abastecimento de Água, é resultado de melhorias, acompanhamento e dedicação das concessionárias e do Governo. Transformando os valores da Tabela 1 em gráfico, conforme Figura 16, é possível averiguar a redução de perdas ao longo dos anos em ambos os estados citados.

Figura 16 - Índice de perdas por ligação (L/dia/lig).



Fonte: Autor, (2022).

Além disto é possível verificar que o estado de São Paulo obteve melhores resultados, quando comparado ao estado de Santa Catarina onde obteve um valor de 332,84 litros por ligação por dia de perdas no ano de 2016 que no ano de 2020 reduz para 297,66 l/dia/lig, ou seja, é a quantidade em litros total perdida dividido pelo número de ligações ativas, apresentando uma diminuição de 11,8%, já Santa Catarina em 2016 possuía uma perda de 347,26 l/dia/lig e atualmente encontra-se com 310,7 l/dia/lig com um percentual de 11,7 %, sendo que possui uma rede de aproximadamente quatro vezes menor que a extensão da rede de São Paulo.

A Tabela 2 abaixo demonstra que o índice de perdas também reflete no valor médio da tarifa de água além de outros fatores que não serão abordados. Onde os dados são de reais por metro cúbico de água entre 2016 a 2020.

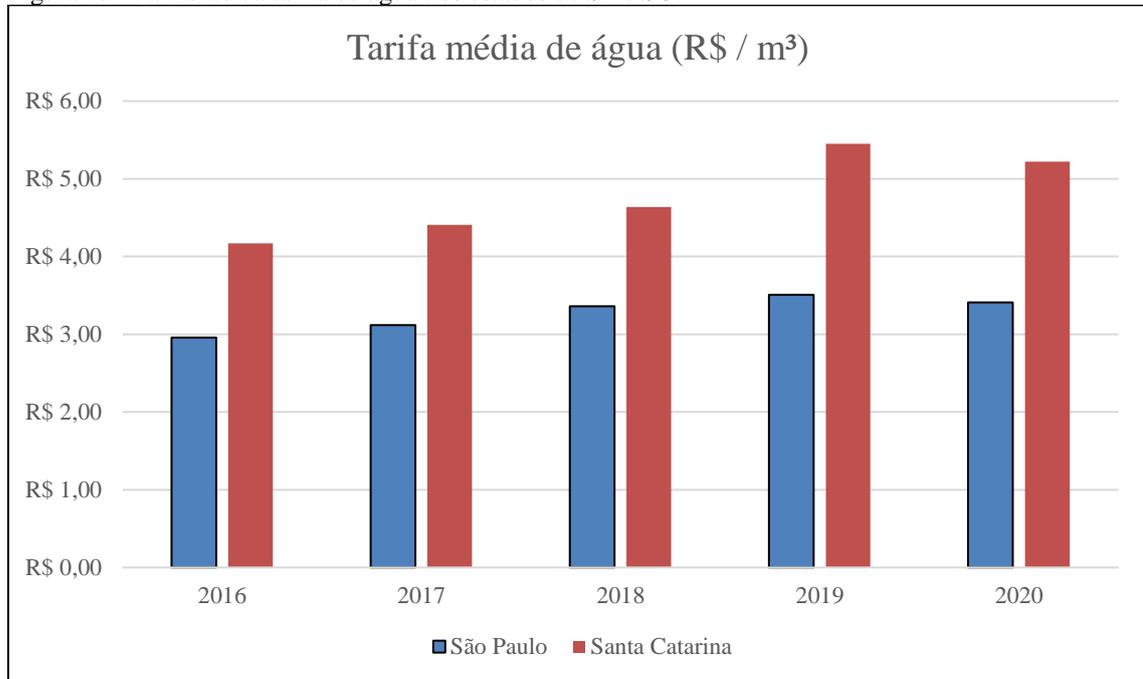
Tabela 2- Tarifa média de água em SP e SC.

Tarifa média de água (R\$/m ³)	2016	2017	2018	2019	2020
São Paulo (SP)	2,96	3,12	3,36	3,51	3,41
Santa Catarina (SC)	4,17	4,41	4,64	5,45	5,22

Fonte: Autor, (2022).

No gráfico, representado pela Figura 17 podemos constatar que ao longo dos anos Santa Catarina manteve uma média de R\$1,50 por metro cúbico de água a mais em relação a tarifa de São Paulo.

Figura 17 - Aumento da tarifa de água nos estados de SP e SC.



Fonte: Autor, (2022).

Todos estes indicadores e outros giram em torno dos investimentos, ou seja, o quanto será destinado para tais melhorias, para isso a concessionária conta com três diferentes formas de investimentos principais, que é o próprio capital gerado com o lucro recebido dos consumidores; através da prefeitura municipal ou pelo governo do estado.

No Quadro 2 estão representados os investimentos totais de cada estado que foram direcionados ao abastecimento de água nos anos estudados

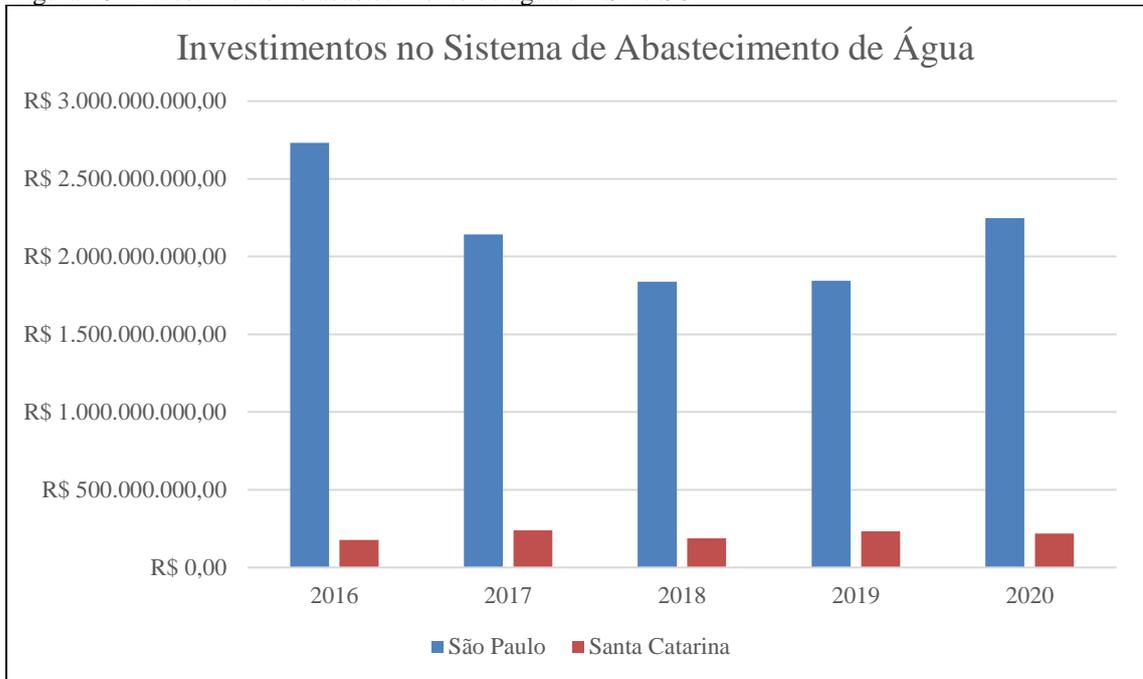
Quadro 2 - Quadro de investimentos no abastecimento de água em SP e SC.

Investimentos contratados direcionados ao abastecimento de água (R\$ / Ano)				
Ano	Estado	Concessionárias	Prefeituras	Governo do estado
2016	São Paulo	R\$ 2.702.367.839,33	R\$ 16.962.504,46	R\$ 13.162.030,33
	Total	R\$ 2.732.492.374,12		
	Santa Catarina	R\$ 169.731.985,20	R\$ 7.425.147,14	R\$ 130.000,00
	Total	R\$ 177.287.132,34		
2017	São Paulo	R\$ 2.118.621.220,49	R\$ 17.701.835,17	R\$ 6.839.191,69
	Total	R\$ 2.143.162.247,35		
	Santa Catarina	R\$ 229.454.660,27	R\$ 8.741.390,94	R\$ 146.000,00
	Total	R\$ 238.342.051,21		
2018	São Paulo	R\$ 1.807.748.345,67	R\$ 25.300.299,01	R\$ 5.744.598,25
	Total	R\$ 1.838.793.242,93		
	Santa Catarina	R\$ 180.083.044,04	R\$ 7.693.934,03	R\$ 0,00
	Total	R\$ 187.776.978,07		
2019	São Paulo	R\$ 1.803.031.990,77	R\$ 35.415.699,55	R\$ 6.440.032,44
	Total	R\$ 1.844.887.722,76		
	Santa Catarina	R\$ 223.172.593,56	R\$ 9.977.111,23	R\$ 150.000,00
	Total	R\$ 233.299.704,79		
2020	São Paulo	R\$ 2.203.813.673,03	R\$ 29.065.509,76	R\$ 14.328.824,17
	Total	R\$ 2.247.208.006,96		
	Santa Catarina	R\$ 206.252.704,64	R\$ 11.377.015,21	R\$ 150.000,00
	Total	R\$ 217.779.719,85		

Fonte: Autor, (2022).

É possível através da Figura 18 notar uma diferença discrepante de investimentos confrontando os dois estados em questão. Onde Santa Catarina investiu em média 1,9bi por ano a menos que São Paulo.

Figura 18 - Investimento no abastecimento de água em SP e SC.



Fonte: Autor, (2022).

5 CONCLUSÃO

As ações para a redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água resultam no incremento da performance econômica das companhias de saneamento, levando a tarifas mais baixas à população. Além disso a redução das perdas leva ao adiamento de novos investimentos na ampliação do sistema como um todo (produção, adução e reservação).

Do ponto de vista ambiental, o controle das perdas reais em rede é fundamental para a preservação de mananciais, já que a água (adequada ao uso humano) é um bem escasso nas regiões de maior consumo.

Este estudo permitiu apresentar através de dados coletados a discrepância de perdas de água no sistema de abastecimento entre os estados de São Paulo e Santa Catarina, onde foi possível apontar que ambos os estados possuem níveis de perdas dentro de padrões aceitáveis, porém o estado de Santa Catarina se mostrou menos eficiente quando comparado ao estado de São Paulo. Uma das circunstâncias que podem implicar a favor deste cenário é o fato do baixo investimento direcionado ao setor de saneamento.

Conclui-se que para a diminuição das perdas (reais e aparentes) é necessário engajamento das concessionárias para detecção de pontos críticos e investimentos em melhorias como a aquisição de equipamentos, fiscalização e acompanhamento dos indicadores.

As concessionarias trabalham como qualquer outra empresa onde tem que ser levado em consideração a qualidade de seu produto, a eficiência da produção e seu valor de mercado perante seus consumidores.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Afim de obtenção de melhores resultados e conclusões recomenda-se que futuros trabalhos abordem e se aprofundem nos dados para diferentes tipos de materiais disponíveis no mercado, como PEAD, ferro fundido, entre outros. Pois acredita-se que perdas físicas dependem muito deste fator.

Outro aspecto importante a ser apresentado é a questão financeira, ela precisa ser exposta de modo a comparar valores gastos consequentes de perdas e valores gastos para resolver o problema com manutenções e controles mais eficientes. De modo geral mostrar o que é mais viável.

E para que esta pesquisa seja ainda mais completa, aconselha-se que sejam citadas ferramentas e métodos inovadores que facilitem a detecção de perdas físicas e aparentes do sistema de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

“Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento”. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

“Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento”: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 139p.

MANZI, D. (2004). Determinação de parâmetros do modelo de pressão- vazamento para setor de distribuição de água da cidade de Piracicaba, SP. São Carlos, 2004, 92p. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Vicentini, Liliana Pedroso. Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água/ L.P. Vicentini. – Ed. Ver. São Paulo, 2012. 196p.

Paulo, Rogério Paulo. Avaliação da eficácia de modelos de simulação hidráulica na obtenção de informações para diagnóstico de perdas de água /P. R. Palo, Ed. Ver. São Paulo, 2010. 169p.

RETRAO, B. V. Avaliação do Programa de Modernização do Parque de Hidrômetros de Itapira/SP. 2014. Monografia (especialização) – Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba – FUMEP.

ARIKAWA, Kelly Cristina de Oliveira. **Perdas reais em sistemas de distribuição de água - proposta de metodologia para avaliação de perdas reais e definição das ações de controle.** 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Acesso em: 10 out. 2022

BRASIL, Ministério de Desenvolvimento Regional, **Balanço Hídrico**, Seguindo o caminho da água para descobrir as perdas, Brasília, 2022.

HELOU, L.C.; HELOU, G.C.N. **Equipamentos de medição.** In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. cap. 6. p. 209- 216.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>
Acesso em

IWA. Principios da IWA cidades conscientes na gestão de água. Disponível em: https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2018/03/IWA_Brochure_Water_Wise_Communities_PT_SCREEN.pdf.
Acesso em: 10 out. 2022.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água – indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade.** 2002. 193f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e 75 Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Superintendência de Planejamento Integrado. Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento – PNQS – Nível II. São Paulo. 2010, 93p.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO - 2021. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Ministério das Cidades, 2021.

SOBRINHO, R. A. **Gestão das Perdas de água e Energia em Sistemas de Abastecimento de Água da EMBASA: Um Estudo dos fatores Intervenientes na RMS.** Dissertação de Mestrado. Salvador 2012.

TARDELLI FILHO, J. **Controle e Redução de Perdas. Abastecimento de Água.** Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

TERRA, J.B.M. Martins, T.G.B. Avaliação de perdas no sistema de abastecimento de água – Bairro Buriti, Campo Grande/MS. 2008. Monografia – Universidade Católica Dom Bosco (UCDB).

THORNTON, J. **Water loss control manual.** 1 st ed. New York: McGraw-Hill, 2002

Vicentini, Liliana Pedroso. **Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2012. 196 p.

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica.** 8ª Edição (1998).

BARROS. **Otimização de Sistemas de Adução de Água: o Modelo SISAGUA.** In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, (2005).