

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

**EFEITO DA PRESSÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
NO RAMAL PREDIAL DO INSTITUTO CENTRAL DE
CIÊNCIAS DO CAMPUS DARCY RIBEIRO SOBRE O
VOLUME DE ÁGUA MEDIDO.**

LARISSA OLIVEIRA DA SILVA

ORIENTADOR: ARTHUR TAVARES SCHLEICHER

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
AMBIENTAL II**

BRASÍLIA/DF: MAIO/2021

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**EFEITO DA PRESSÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
NO RAMAL PREDIAL DO INSTITUTO CENTRAL DE
CIÊNCIAS DO CAMPUS DARCY RIBEIRO SOBRE O
VOLUME DE ÁGUA MEDIDO.**

LARISSA OLIVEIRA DA SILVA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

APROVADA POR:

**ARTHUR TAVARES SCHLEICHER, MSc (UnB/ENC)
(ORIENTADOR)**

**CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE ALVES, PhD (UnB/ENC)
(EXAMINADORA INTERNA)**

**DANIEL RICHARD SANT'ANA, PhD (UnB/FAU)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 13 DE MAIO DE 2021.

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, LARISSA OLIVEIRA

Efeito da pressão de abastecimento de água no ramal predial do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro sobre o volume de água medido.

ix, 59 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2021)

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Consumo de água

2. VRP

3. Pressão

4. Perdas de água

I. ENC/FT/UnB

II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Silva, L.O. (2021) *Efeito da pressão de abastecimento de água no ramal predial do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro sobre o volume de água medido*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p. 59.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Larissa Oliveira da Silva

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Efeito da pressão de abastecimento de água no ramal predial do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro sobre o volume de água medido.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2021

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Larissa Oliveira da Silva
larissa.os96@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a todos que contribuíram para o meu processo de formação.

Aos meus pais, Evailton e Zuleide, por todo o apoio, amor e confiança.

A minha irmã e cunhado, Cristiane e Rafael, por todo incentivo.

Aos meus sobrinhos Lucas, Artur e Miguel, pela alegria que trazem a minha vida.

A todos os meus amigos, pelas trocas de conhecimento e pelo incentivo aos estudos. Em especial, Richelle, Erick e Jessica, por todo suporte.

Aos meus professores, sempre dedicados e disponíveis para ajudar, e em especial, meu orientador, Arthur, por toda a paciência e sensibilidade em orientar durante esse período.

A Universidade de Brasília, por proporcionar a realização de um sonho, com tantas experiências, conhecimentos e aprendizados.

RESUMO

Este trabalho apresenta as análises do controle de pressão de abastecimento de água sobre os volumes de água medidos no Instituto Central de Ciências (ICC), no Campus Darcy Ribeiro, no mês de março de 2021. O ICC é a principal edificação no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília (UnB) e apresenta o maior consumo de água dentre todas as edificações dos *campi*, e por isso foi selecionada para essa análise.

Devido às medidas de segurança tomadas durante a pandemia do COVID-19, durante o mês de março de 2021, houve uma restrição máxima de acesso ao ICC, sendo limitado às pessoas previamente autorizadas. Com o consumo reduzido de forma significativa pela baixa circulação de usuários, foi possível identificar possíveis perdas nas instalações hidráulicas da edificação e a partir dos resultados obtidos foi possível estimar as perdas financeiras ocasionadas.

A análise de pressão foi realizada a partir da observação em campo, em dois padrões distintos de amostragem, do manômetro instalado a jusante da Válvula Redutora de Pressão (VRP) instalada na entrada do ICC Sul. Paralelamente o hidrômetro ultrassônico instalado no mesmo ramal predial permitiu a obtenção dos dados de volume acumulado (m^3) e vazão instantânea (m^3/h) na entrada da edificação. A leitura foi realizada em três turnos distintos (manhã, tarde e noite), sendo os primeiros 15 dias com ajuste da Válvula Redutora de Pressão (VRP) para 30 mca a jusante e os últimos 15 dias com a pressão da rede de abastecimento (variando entre 40 e 50 mca).

Apesar da redução no fluxo de pessoas no ICC, o volume de água medido no mês de março encontrara-se elevado, sendo superior a 7 mil m^3 de água, indicando a presença de perdas de água substanciais nas instalações prediais. Além disso, as análises de pressão sem o ajuste da VRP demonstraram que frequentemente o limite de 40 mca estabelecido pela NBR 5626/2020 foi ultrapassado, prejudicando a integridade e utilização das instalações e favorecendo perdas hídricas.

O trabalho demonstra a importância do controle de pressão no volume de água perdido. Dessa forma, é necessário a busca ativa de falhas e o monitoramento nas instalações hidráulicas da edificação para garantir as devidas manutenções e controle.

Palavras-chave: Consumo de água, Pressão, Perdas de água, Válvula Redutora de Pressão (VRP), Instalações Prediais, Hidrômetro.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
4	
3.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	4
3.1.1. Rede de distribuição	5
3.2. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL.....	6
3.3. CONSUMO DE ÁGUA	9
3.4. MEDIDORES DE ÁGUA	9
3.5. PERDAS DE ÁGUA.....	14
3.5.1. Tipos de perda.....	14
3.5.2. Estimativa de perda	16
3.5.3. Controle e redução de perdas.....	19
3.6. PRESSÃO NA REDE	22
3.6.1. Válvulas Redutoras de Pressão (VRP)	23
3.7. HISTÓRICO DA UNB.....	25
4. METODOLOGIA.....	28
4.1. LOCAL DE ESTUDO.....	28
4.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS DE PRESSÃO	30
4.3. LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CONSUMO PREDIAL.....	32
4.4. ESTIMATIVA DE FATURAMENTO DE PERDA.....	34
4.5. PROCEDIMENTOS.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1. ANÁLISE DOS DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA NO ICC	37
5.2. ANÁLISE DOS DADOS DE PRESSÃO NO ICC.....	39
5.3. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE VOLUME E PRESSÃO.....	44
5.4. ANÁLISE DOS VOLUMES DE ÁGUA EM RELAÇÃO AO FATURAMENTO.....	47
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

APÊNDICES..... 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Sistema de abastecimento de água (Fonte: Heller e Pádua, 2010)	5
Figura 3.2 Ligação predial (Fonte: Tsutiya, 2006).	6
Figura 3.3 Sistema direto de distribuição (Fonte: Creder, 2006).	7
Figura 3.4 Sistema indireto de distribuição, sem bombeamento (Fonte: Creder, 2006)	7
Figura 3.5 Sistema indireto de distribuição, com bombeamento (Fonte: Creder, 2006).	8
Figura 3.6 Sistema hidropneumático (Fonte: Creder, 2006)	8
Figura 3.7 Entrada com hidrômetro (Fonte: Creder, 2006).....	10
Figura 3.8 Hidrômetro velocimétrico	11
Figura 3.9 Hidrômetro placa de orifício.....	11
Figura 3.10 Hidrometro eletrônico	12
Figura 3.11 Hidrômetro volumétrico	12
Figura 3.12 Classe metrológica (Fonte: Portaria nº 295 INMETRO)	14
Figura 3.13 Pontos Frequentes de Vazamentos em Redes de Distribuição (Fonte: DTA A2, 2003)	18
Figura 3.14 Pontos Frequentes de Vazamentos em Ramais prediais (Fonte: DTA A2, 2003)	18
Figura 3.15 Boas Práticas para o Combate às Perdas Reais (Fonte: ABES, 2015).....	20
Figura 3.16 Boas Práticas para o Combate às Perdas Aparentes (Fonte: ABES, 2015).....	21
Figura 3.17 Funcionamento de uma VRP convencional (Fonte: Ramos <i>et al.</i> , 2004)	24
Figura 4.1 Localização dos reservatórios que abastecem o Campus Darcy Ribeiro.	29
Figura 4.2 Desenho esquemático de uma VRP tipo Globo com seus componentes (passagem inclinada) (Fonte: Rabelo, 2020).....	30
Figura 4.3 VRP instalada no ICC Sul	31
Figura 4.4 Detalhes da VRP no ICC Sul.....	31
Figura 4.5 Manômetro instalado para aferir a pressão de jusante (mca)	32
Figura 4.6 Cavalete com hidrômetro ultrassônico instalado no ICC.....	33
Figura 4.7 Display do hidrômetro.....	34
Figura 4.8 Tarifa mensal (Fonte: CAESB).....	35
Figura 4.9 Etapas da leitura de pressão	36
Figura 5.1 Vazão média com ajuste da VRP do dia 01 ao dia 07 de março e do dia 15 ao dia 21 de março sem ajuste da VRP	37

Figura 5.2	Leitura de vazão média com VRP do dia 08 ao dia 14 de março e do dia 22 ao dia 29 de março sem VRP.....	38
Figura 5.3	Leitura de pressão com ajuste da VRP do dia 01 ao dia 07 de março e do dia 15 ao dia 21 de março sem ajuste da VRP.....	40
Figura 5.4	Leitura de pressão com ajuste da VRP do dia 08 ao dia 14 de março e do dia 22 ao dia 29 de março sem ajuste da VRP.....	41
Figura 5.5	Pressão na rede de abastecimento do ICC Sul.....	42
Figura 5.6	Relação de pressão (mca) nos três períodos analisados	43
Figura 5.7	Volume (m ³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos no turno da manhã	44
Figura 5.8	Volume (m ³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos no período da tarde	45
Figura 5.9	Volume (m ³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos no período da noite	46
Figura 5.10	Volume (m ³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos nos três períodos analisados	47
Figura 5.11	Faturamento da água no mês de março entre 2016 e 2021.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Características principais de perdas reais e perdas aparentes. (Fonte: ABES, 2013, modificada).....	15
Tabela 3.2 Tipos de pesquisas de vazamentos não visíveis. (Fonte: Goncalves e Alvim, 2007).	16
Tabela 3.3 Balanço Hídrico de padronização dos componentes dos usos da água (Fonte: ABES, 2015).	17
Tabela 5.1 Oscilação dos dados de pressão em relação ao valor ajustado da VRP.....	40

LISTA DE ABREVIACÕES

- ABES** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
- ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas
- CAESB** Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
- DPO** Decanato de Planejamento, Orçamento e Avaliação Institucional
- ENC** Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
- ETA** Estação de Tratamento de Água
- FEF** Faculdade de Educação Física
- FS** Faculdade de Saúde
- FT** Faculdade de Tecnologia
- ICC** Instituto Central de Ciências
- INMETRO** Instituto Nacional de Metrologia
- PRC** Prefeitura do Campus
- RA** Região Administrativa
- SAA** Sistema de Abastecimento de Água
- SG** Serviços Gerais
- UNB** Universidade de Brasília
- VRP** Válvula Redutora de Pressão

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela lei federal 9433/97, apresenta entre seus fundamentos a água como recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Dessa forma, é fundamental que haja um gerenciamento de seus usos para garantir a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, para a atual e futuras gerações.

Para realização da gestão do uso da água é necessário realizar o monitoramento. Essa ação permite obtenção de dados que proporcionam a compreensão de padrões de consumo e a partir disso é possível elaborar planejamentos e ações para reduzir o consumo e as perdas de água nos sistemas de abastecimento e nas instalações prediais.

O uso de hidrômetros é um elemento importante para a realização do monitoramento. Esses equipamentos permitem mensurar volumes consumidos em intervalos de tempo, gerando séries de volume por período de referência, normalmente utilizando-se um ciclo de faturamento nos sistemas de medição convencionais. Esses medidores podem estar ligados a sistemas de transmissão e bancos de dados, transmitindo dados em tempo real para o usuário ou prestadora de serviço de abastecimento de água e permitindo a célere tomada de decisão para detecção/controle de perdas ou correções de serviço.

A Universidade de Brasília (UnB) enfrenta problemas de perdas em suas instalações de abastecimento de água e apesar das medidas pontualmente adotadas ao longo do tempo para redução de perdas, essas ainda são elevadas e causam prejuízos financeiros à instituição, como pode ser observado nos dados de consumo e faturamento de água do Campus. Este fato se deve principalmente à falta de equipe para o monitoramento ativo de perdas e a forma de abastecimento, que na maioria das edificações é realizada diretamente da rede, estando sujeitas às oscilações de vazão e pressões da rede de abastecimento.

O ICC é uma das edificações mais antigas da UnB e conseqüentemente as suas instalações e tubulações também são e, devido à falta de projetos hidráulicos, parte dos ramais foram alterados e encontram-se fora dos padrões estabelecidos pela norma. Considerando que, segundo Matos e Lopes (2016) o ICC corresponde a 24% do consumo de água no Campus Darcy Ribeiro e que devido ao abastecimento direto da rede, as oscilações de pressões potencializam a vazão dos vazamentos, temos uma instalação representando parte substancial no faturamento total de água da instituição.

Como forma de contornar tal situação, o presente trabalho avaliou a instalação de uma válvula redutora de pressão (VRP) no ramal predial do Instituto Central de Ciências (ICC) do Campus Darcy Ribeiro, como forma de avaliar o efeito do controle da pressão de entrada na edificação sobre o consumo de água medido, incluídas nele as perdas de água na edificação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do controle da pressão de abastecimento de água no ramal predial do ICC sobre os volumes de água medidos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as vazões de entrada na edificação do Instituto Central de Ciências.
- Analisar o efeito das pressões de abastecimento de água na edificação sobre o volume medido.
- Discutir o potencial de perda volumétrica e econômica de água na edificação no contexto de restrições às atividades presenciais.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O conceito de abastecimento de água, enquanto serviço necessário à vida das pessoas e das comunidades, insere-se no conceito mais amplo de saneamento, entendido, segundo a Organização Mundial da Saúde, como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre bem-estar físico, mental ou social (Heller e Pádua, 2010).

De acordo com a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde (MS) nº 5/2017 (BRASIL, 2017), o sistema de abastecimento de água para consumo humano é uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.

As condicionantes que devem ser consideradas para a concepção de uma instalação são:

- Porte da localidade – tamanho da comunidade determina o porte e complexidade do sistema;
- Densidade demográfica – distribuição da população influencia na forma de distribuição;
- Mananciais – análise da quantidade e qualidade da água;
- Características topográficas – influencia a característica da adutora, necessidade de estações elevatórias, o consumo de energia e a geometria da rede;
- Características geológicas e geotécnicas – condições do subsolo em que a estrutura será feita e soluções para fundações;
- Instalações existentes – viabilidade de aproveitamento das unidades presente no local;
- Energia elétrica – usada nos sistemas de bombeamento e iluminação, na ausência da mesma é necessário uso de alternativas energéticas;
- Recursos humanos – qualificação profissional e quantidade de pessoas para operar o serviço;
- Condições econômico-financeiras – o custo do sistema deve ser compatível com o pagamento dos beneficiários e garantir a qualidade do serviço para todas as comunidades;

- Alcance do projeto – período que o sistema projetado conseguirá atender a demanda daquele local.

A Figura 3.1 apresenta as unidades componentes de um sistema de abastecimento de água.

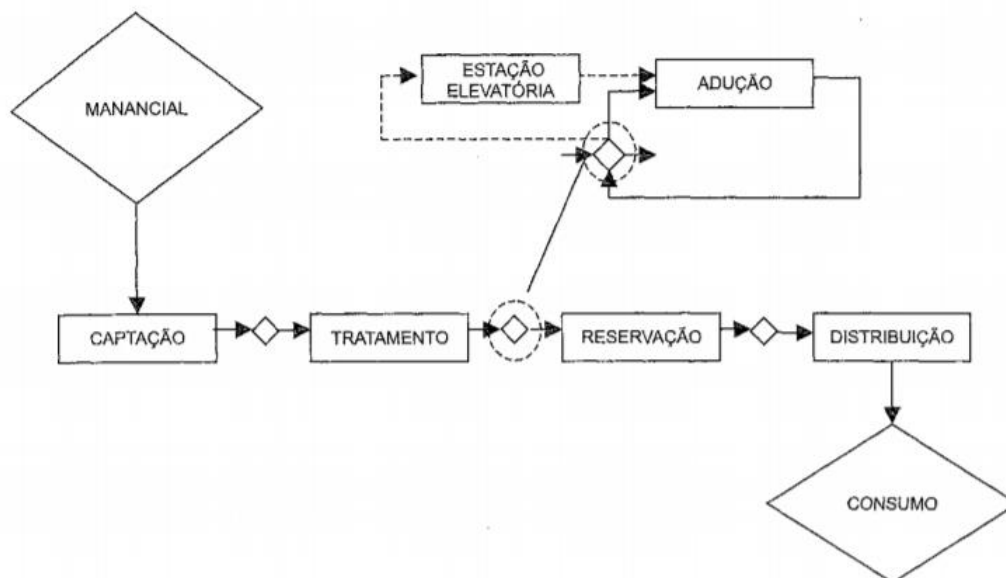


Figura 3.1 Sistema de abastecimento de água (Fonte: Heller e Pádua, 2010)

3.1.1. Rede de distribuição

É a parte do sistema de abastecimento formada de tubulações e órgãos acessórios, destinados a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade, qualidade, e pressão adequadas. Em geral, é o componente de maior custo do sistema de abastecimento de água, compreendendo, cerca de 50 a 75% do custo total de todas as obras do abastecimento (Tsutiya, 2006).

Segundo Tsutiya (2006) a rede de distribuição de água é constituída por condutos principais e secundários. Os primeiros apresentam tubulações de maior diâmetro e têm a finalidade de abastecer as canalizações secundárias, estes apresentam tubulações de menor diâmetro e têm função de abastecer os pontos de consumo de água, alimentando os ramais prediais. As redes são classificadas de acordo com a disposição das canalizações, podendo ser ramificada, malhada ou mista.

A distribuição pode ser conectada de forma direta, ou seja, quando a rede é ligada diretamente ao consumidor ou pode ser realizada através de reservatórios de distribuição, que são utilizados para regularizar a vazão, garantir o abastecimento de forma contínua, reserva de água para combate a incêndio ou regularizar a pressão.

Segundo Tsutiya (2006) os reservatórios podem ser classificados em relação à rede de distribuição da seguinte maneira:

- Reservatório a montante: fornece a água a rede de distribuição, geralmente utilizado quando o consumidor está em declividade acentuada e os reservatórios são utilizados para controlar a pressão;
- Reservatório a jusante: armazena água durante o período de menor consumo e auxilia no abastecimento na hora de maior consumo;
- Reservatório de posição intermediária: é intercalado no sistema de adução e tem a função de servir de volante de regularização das transições entre bombeamento e/ou adução por gravidade.

3.2. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL

Segundo a Norma Técnica NBR nº 5.626/2020, da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – sistema de distribuição é “o conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos, destinado a levar água aos pontos de utilização”.

De acordo com o Tsutiya (2006) para uma conexão entre a rede pública de distribuição de água potável e a instalação predial é necessário a presença de três principais componentes, sendo estes o dispositivo de tomada, ramal predial e estrutura de medição. A Figura 3.2 apresenta os elementos que constituem esses componentes.

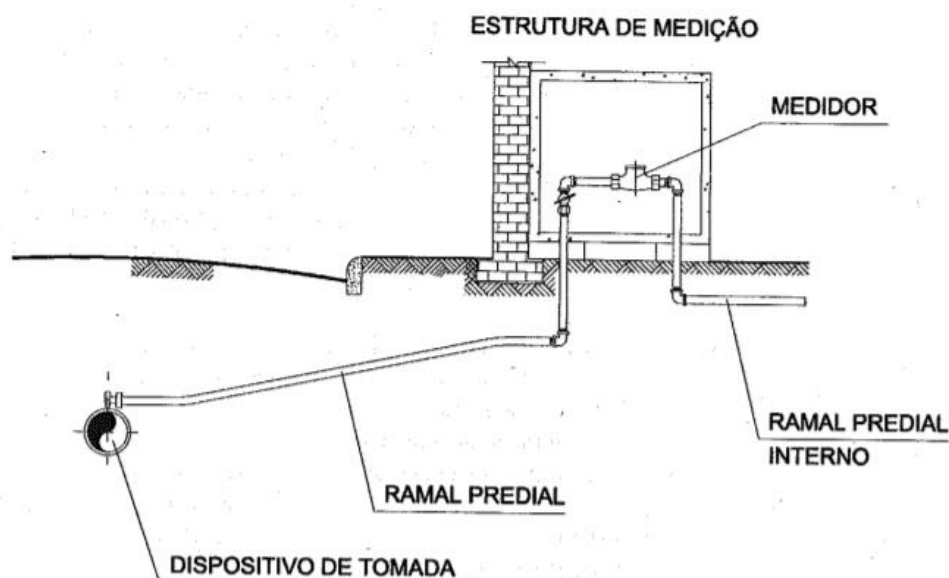


Figura 3.2 Ligação predial (Fonte: Tsutiya, 2006).

Segundo Creder (2006) existem três principais sistemas de distribuição, o direto, indireto e hidropneumático. O sistema direto de distribuição é utilizado quando a pressão da rede pública é suficiente para o abastecimento contínuo. A Figura 3.3 representa o esquema do sistema direto.

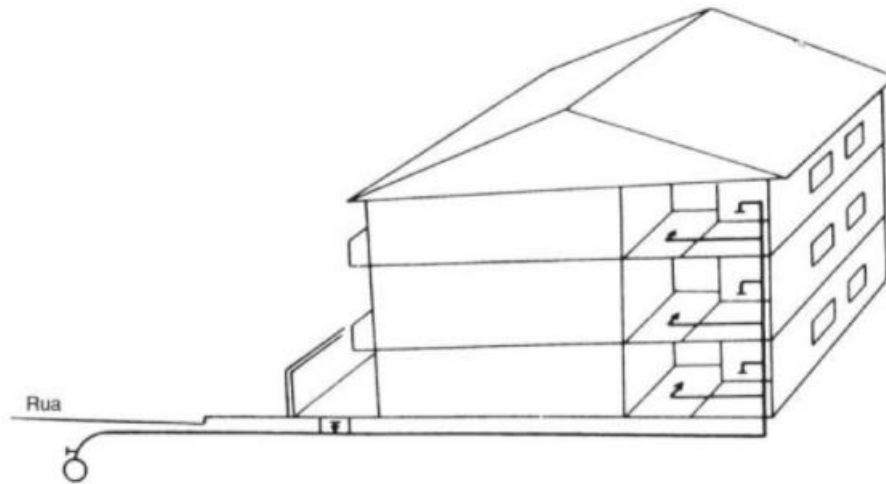


Figura 3.3 Sistema direto de distribuição (Fonte: Creder, 2006).

O sistema indireto de distribuição sem bombeamento é feito quando apesar de a rede pública apresentar pressão suficiente para o abastecimento não é possível manter uma continuidade do mesmo. Nesse caso é necessário um reservatório superior, a Figura 3.4 Figura 3.4 representa o esquema desse modelo.

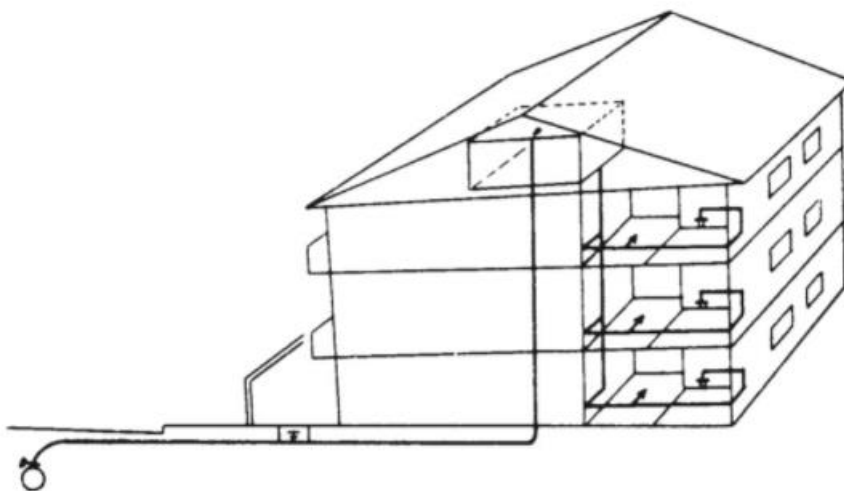


Figura 3.4 Sistema indireto de distribuição, sem bombeamento (Fonte: Creder, 2006)

O sistema indireto de distribuição com bombeamento é feito quando a rede pública não apresenta pressão suficiente para o abastecimento, nesse caso são necessários dois

reservatórios, inferior e superior, e a instalação de uma bomba. A Figura 3.5 representa o esquema desse modelo.

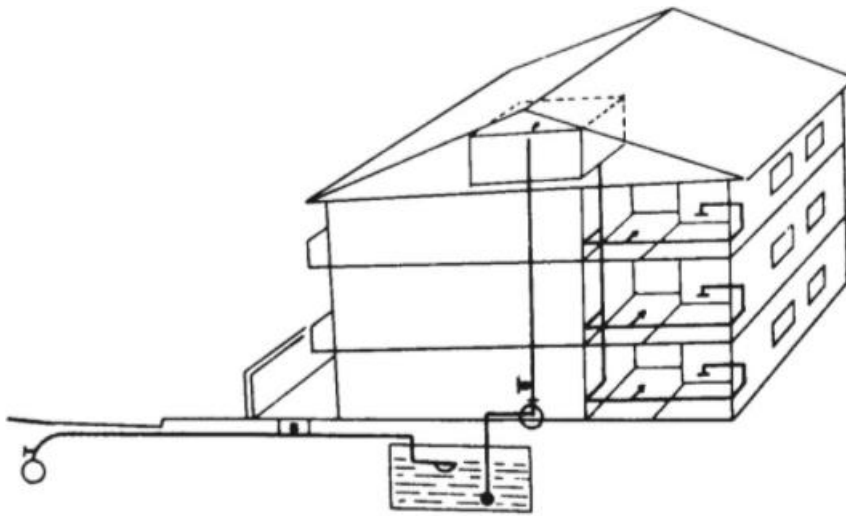


Figura 3.5 Sistema indireto de distribuição, com bombeamento (Fonte: Creder, 2006).

O sistema hidropneumático dispensa o reservatório superior, porém apresenta um custo elevado de instalação, conforme apresentado na Figura 3.6.

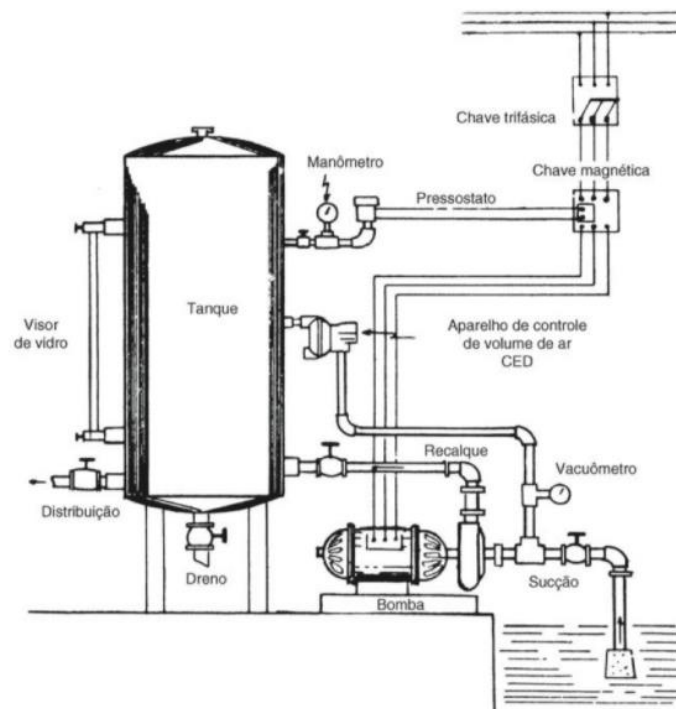


Figura 3.6 Sistema hidropneumático (Fonte: Creder, 2006)

3.3. CONSUMO DE ÁGUA

O dimensionamento das tubulações, estruturas e equipamentos são função das vazões de água, que por sua vez dependem do consumo médio por habitante (consumo *per capita*), da estimativa do número de habitantes, das variações de demanda, e de outros consumos que podem ocorrer na área em estudo (Tsutiya, 2006).

Segundo ReCESA (2008) o consumo de água pode ser classificado em quatro categorias (doméstico, comercial, industrial e público), devido à fácil identificação e como subsídio no estabelecimento de tarifas. O uso doméstico apresenta baixa variabilidade de consumo, enquanto as de uso comercial, industrial e público apresentam consumo bastante variado e é necessário observar cada situação.

De acordo com Tsutiya (2006) o consumo é afetado por fatores como as condições climáticas, hábitos e nível de renda da população, medição de água, pressão na rede, rede de esgoto e preço da água.

A compreensão da influência desses fatores no consumo de água é necessária para entender o comportamento do usuário e as medidas necessárias para reduzir o consumo. Um dos fatores mais importantes é a medição, com isso é possível identificar um padrão de consumo e possíveis perdas no sistema.

De acordo com o estudo de Santana e Kiperstok (2010) o consumo de água está mais intrinsecamente relacionado aos usos específicos (laboratórios, restaurantes, cantinas etc.), à tipologia das edificações, ao processo construtivo das suas instalações hidráulicas, à quantidade de pessoas que frequentam o edifício, patologias e condição de manutenção das mesmas, e, em menor evidência, às estações do ano.

3.4. MEDIDORES DE ÁGUA

De acordo com ReCESA (2008) o hidrômetro tornou-se uma ferramenta imprescindível para as prestadoras de serviço, pois possibilita uma cobrança mais justa do serviço prestado e serve de inibidor de consumo, estimulando a economia e fornecendo dados operacionais importantes sobre o volume fornecido ao usuário e vazamentos potenciais. Na Figura 3.7 Figura 3.7 é possível observar um modelo de entrada com hidrômetro.

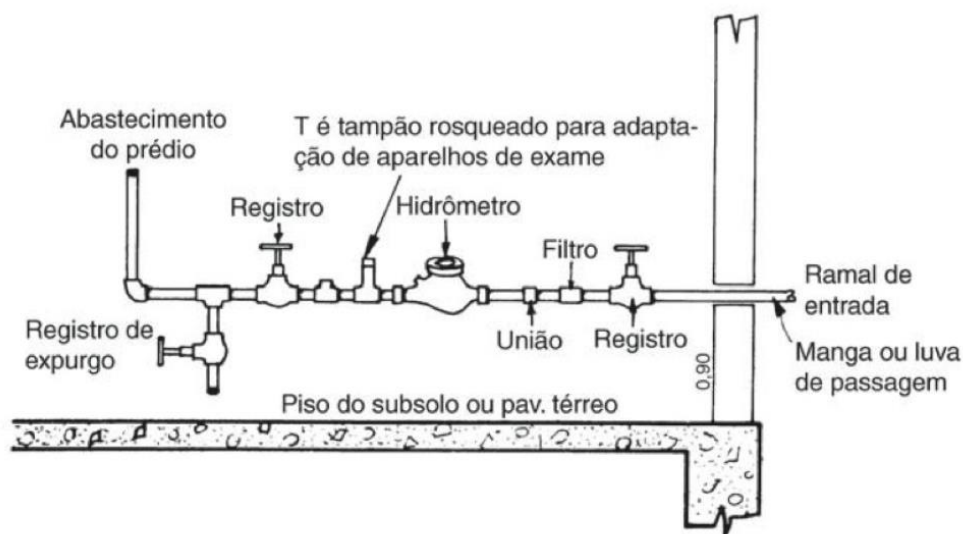


Figura 3.7 Entrada com hidrômetro (Fonte: Creder, 2006).

Segundo Frangipani (2007) uma característica básica dos medidores de vazão é possuir dois elementos distintos:

- Elemento primário: dispositivo do medidor diretamente em contato com o fluido, tendo como função transformar a vazão em outra grandeza física mensurável.
- Elemento secundário: dispositivo responsável pela transformação da grandeza física obtida do elemento primário em informação adequada para leitura, seja no próprio local ou à distância.

Frangipani (2007) utiliza essas definições para agrupar os medidores de vazão utilizados no saneamento básico nas seguintes famílias:

a) Medidores velocimétricos

Equipamentos no qual o elemento primário percebe 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. A Figura 3.8 apresenta um modelo de medidor velocimétricos.



Figura 3.8 Hidrômetro velocimétrico

b) Medidores deprimogêneos

Equipamentos no qual o elemento primário percebe a vazão em termos de diferencial de pressão. O diferencial de pressão, 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. O hidrômetro de placa de orifício é um tipo de medidor deprimogêneo e pode ser observado na Figura 3.9.



Figura 3.9 Hidrômetro placa de orifício

c) Medidores eletrônicos

Equipamentos no qual a vazão é convertida em impulsos elétricos, como pode ser observado na Figura 3.10.



Figura 3.10 Hidrometro eletronico

d) Medidores volumétricos

Equipamentos no qual a vazão é determinada pelo número de vezes em que é preenchida uma câmara de volume conhecido. Esse tipo de medidor pode ser observado na Figura 3.11.



Figura 3.11 Hidrômetro volumétrico

Para Tsutiya (2006) existem novas tecnologias de medição como, por exemplo, hidrômetros eletrônicos, hidrômetros híbridos e sistema de telemedição. Essas tecnologias possuem as seguintes características, segundo Tsutiya (2006):

- Eletrônicos: princípio de medição semelhante aos dos modelos de medição residenciais unijato e multijato, mas cujos sistemas de conversão e de totalização foram implementados eletronicamente. O fluxo de água que atravessa a câmara de medição faz com que a turbina gire, sensibilizando quatro sensores eletrônicos que são supervisionados por um microcontrolador, que detecta a quantidade e o sentido do fluxo de água, gerando informações e sinalizações, tais como volume registrado e vazão instantânea.
- Híbridos: apresentam características de um hidrômetro convencional com relojoaria mecânica e um circuito eletrônico entre a câmara de medição e a relojoaria mecânica. O circuito apresenta características do hidrômetro eletrônico.
- Telemedição: apoio ao sistema comercial da prestadora de serviço que permite verificar, através de gráficos e tabelas, o comportamento do medidor instalado, bem como o respectivo perfil de consumo apresentado pelo cliente. Também é possível supervisionar variáveis da rede de distribuição, tais como, pressão efetiva em pontos estratégicos e níveis de reservatórios, além de outros parâmetros de qualidade como o cloro residual e turbidez. A prestadora pode orientar os clientes sobre possíveis vazamentos, além de verificar periodicamente se o hidrômetro em uso continua bem dimensionado e perfeitamente adequado ao perfil de consumo. É composto por medidor, centro de medição e o sistema de controle.

Além disso, o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) em 2018, através da Portaria nº 295 o Regulamento Técnico Metrológico (RTM), estabeleceu as condições a que devem satisfazer os medidores para água de vazão nominal de 0,6 m³/h até 15 m³/h.

A Portaria nº 295 INMETRO apresenta as seguintes definições para a vazão dos hidrômetros:

“3.28. Vazão Q: quociente do volume medido V e do tempo decorrido t necessário para que este volume escoe através do medidor. A vazão é expressa em m³/h.

3.29. Vazão permanente, Q3: maior vazão em condições de uso contínuo na qual medidor deve funcionar de maneira satisfatória, dentro do erro máximo admissível.

3.30. Vazão de sobrecarga, Q4: maior vazão na qual o medidor deve funcionar durante um curto espaço de tempo dentro do seu erro máximo admissível e, ao mesmo tempo, manter seu desempenho metrológico em operações subsequentes dentro de suas condições de utilização.

3.31. Vazão de transição, Q_2 : razão situada entre a vazão permanente Q_3 e a vazão mínima Q_1 , que divide a faixa de vazão operacional em dois campos, campo superior de medição e campo inferior de medição, cada qual caracterizado pelo seu próprio erro máximo admissível.

3.32. Vazão mínima, Q_1 : menor vazão na qual o medidor deve funcionar dentro do erro máximo admissível.”

Os hidrômetros também são classificados metrologicamente de acordo com a vazão mínima e a vazão de transição. Quanto menores os valores de vazão mais sensível é o hidrômetro, e, portanto, mais eficiente, será o medidor. A Portaria nº 295 INMETRO apresenta as classes metrológicas conforme apresentadas na Figura 3.12.

CLASSES METROLÓGICAS		VAZÃO NOMINAL Q_n (m ³ /h)									
		0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	6,0	10,0	15,0
A	Q_{\min} (m ³ /h)	0,024	0,030	0,040	0,040	0,100	0,140	0,200	0,240	0,400	0,600
	Q_2 (m ³ /h)	0,060	0,075	0,100	0,150	0,250	0,350	0,500	0,600	1,000	1,500
B	Q_{\min} (m ³ /h)	0,012	0,015	0,020	0,030	0,050	0,070	0,100	0,120	0,200	0,300
	Q_2 (m ³ /h)	0,048	0,060	0,080	0,120	0,200	0,280	0,400	0,480	0,800	1,200
C	Q_{\min} (m ³ /h)	0,006	0,0075	0,010	0,015	0,025	0,035	0,050	0,060	0,100	0,150
	Q_2 (m ³ /h)	0,009	0,0110	0,015	0,0225	0,0375	0,0525	0,075	0,090	0,150	0,225

Figura 3.12 Classe metrológica (Fonte: Portaria nº 295 INMETRO)

3.5. PERDAS DE ÁGUA

As perdas de água ocorrem em todos os componentes de um sistema de abastecimento de água, desde a captação no manancial até a distribuição e entrega ao consumidor final. As perdas são características dos sistemas de abastecimento de água, entretanto a falta de manutenção das tubulações, problemas de gestão comercial das prestadoras de serviço e falhas de operação resultam em perdas elevadas, causando prejuízo às companhias de saneamento e aos consumidores.

3.5.1. Tipos de perda

Segundo Tsutiya (2006) as perdas podem ser físicas, ou seja, volume de água perdido em um vazamento ou ligada ao aspecto comercial do serviço prestado, que é caracterizado pela não contabilização da água disponibilizada ao usuário. Diante disso, foram identificados dois tipos de perda: perda real e perda aparente. A Tabela 3.1 apresenta as principais características das perdas reais e aparentes.

Tabela 3.1 Características principais de perdas reais e perdas aparentes. (Fonte: ABES, 2013, modificada).

Itens	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência	Vazamento	Erro de Medição
Custos associados aos volumes de água perdidos	Custo de produção	Tarifa
Efeitos no Meio Ambiente	- Desperdício do Recurso Hídrico - Necessidades de ampliações de mananciais.	-
Efeitos na Saúde Pública	Risco de contaminação	-
Empresarial	Perda do Produto	Perda de receita
Consumidor	Imagem negativa (ineficiência e desperdício)	-
Efeitos no Consumidor	- Repasse para tarifa - Desincentivo ao uso racional	- Repasse para a tarifa - Incitamento a furto de água e fraudes

A perda real é decorrente de vazamentos nas tubulações (adutora, rede, ramal e cavalete) e nas estruturas, bem como extravasamentos nos reservatórios e aquedutos; nesse caso, a água não chega ao consumidor, perdendo-se no caminho entre a ETA e o consumidor final (ABES, 2013). Segundo ReCESA (2008) a perda real corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor.

A perda aparente é decorrente de erros de medição de volumes (submedição nos hidrômetros), fraudes, subestimações e erros no cadastro comercial da companhia de saneamento; nesse caso, a água é consumida, porém não é faturada pela companhia (ABES, 2013).

Para Gonçalves e Alvim (2007) a qualidade da avaliação das perdas em um determinado sistema varia conforme a política de macromedição e pitometria da operadora e da disponibilidade de equipamentos de medição e controle.

Em relação aos vazamentos, Tsutiya (2006) apresenta duas classificações:

- Visíveis: facilmente notados pelos técnicos das companhias de saneamento ou pela população, dessa forma a manutenção é acionada rapidamente e realiza o reparo.
- Não-visíveis: exigem gestão especial, é necessário técnicas ou equipamentos para detecção de fugas, para evitar que o vazamento aflore para realização do reparo.

Para a realização da pesquisa de vazamentos não visíveis, a depender das características e condições dos sistemas de distribuição de água, têm-se as metodologias para seleção e escolha de setores das redes de distribuição comumente adotadas no Brasil (Gonçalves e Alvim, 2007). Essas informações estão apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Tipos de pesquisas de vazamentos não visíveis. (Fonte: Goncalves e Alvim, 2007).

TIPO	APLICAÇÃO	CARACTERÍSTICA
Varredura da rede	Sistemas de cidades de pequeno porte, que não dispõem de informações mais específicas nem de sistema de medição adequado.	A pesquisa não é precedida de qualquer tipo de análise das condições da rede e simplesmente é realizada uma pesquisa acústica em todo o sistema. Não é uma metodologia eficiente, uma vez que desperdiça tempo e recursos com pesquisas em trechos de redes que estão em bom estado.
Pesquisa não baseada em medição	Operadoras que não possuem micromedidores (hidrômetros), setorização e tampouco macromedidores com a finalidade de definir áreas críticas para a pesquisa e localização das perdas por vazamentos não visíveis nas redes de distribuição.	Realização de levantamento e mapeamento dos setores da rede de distribuição, levando em conta características em quais setores da rede há grande incidência de ordens de serviços relativas a reparo de vazamentos, mapear a rede por faixas de pressões identificando onde há pressões altas, definir quais os trechos mais antigos e quais há possibilidade de serem feitos com materiais de qualidade duvidosa, definir se há partes da rede assentada sobre berços inadequados e sondar por solos de má qualidade onde possa haver recalques. Com esse mapeamento da rede, podem-se identificar locais prioritários para os trabalhos de escuta ou geofonamento que identificam vazamentos locais.
Pesquisa baseada em sistema de medição	A operadora possui setorização, macro e micromedição, podendo compatibilizar o volume de água que está entrando no setor, bem como o que está sendo consumido. A partir do conhecimento das perdas nos setores, pode-se otimizar o controle de perdas.	Possibilita a pesquisa em setores identificados com grandes perdas no sistema, visto que o tempo e recursos não são desperdiçados em pesquisas com trechos de redes em boas condições. Esta metodologia não anula as técnicas não baseadas em medição, pelo contrário, devem ser feitas em conjunto, agregando mais fatores de decisão e análise da área para os trabalhos de pesquisa de vazamentos.

3.5.2. Estimativa de perda

A *International Water Association* (IWA) procurou padronizar o entendimento dos componentes dos usos da água em um sistema de abastecimento por meio de uma matriz que representa o Balanço Hídrico, na qual 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” (*Non-Revenue Water*) (ABES, 2013). A Tabela 3.3 apresenta um Balanço Hídrico, desenvolvido pela IWA.

Tabela 3.3 Balanço Hídrico de padronização dos componentes dos usos da água (Fonte: ABES, 2015).

VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO	CONSUMOS AUTORIZADOS	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (inclui água exportada)	ÁGUAS FATURADAS	
			Consumos não medidos faturados (estimados)		
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa)		
			Consumos não medidos não faturados (combate a incêndios, suprimento de água em áreas irregulares)		
	PERDAS	Perdas Aparentes (Comerciais)		Consumos não autorizados (fraudes)	ÁGUAS NÃO FATURADAS
				Falhas do sistema comercial	
				Submedição dos hidrômetros	
		Perdas Reais (Físicas)		Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição	
				Vazamentos nos ramais prediais	
				Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos	

O cálculo do balanço hídrico requer medições ou estimativas criteriosas em cada ponto de controle definido no sistema. O período de avaliação das grandezas envolvidas no balanço hídrico geralmente é de 12 meses, o que faz com que os valores apresentados representem uma média anualizada dos componentes, absorvendo as sazonalidades (Tsutiya, 2006).

As perdas físicas que ocorrem nas redes de distribuição e nos ramais prediais, geralmente, são elevadas e dispersas, o que dificulta a sua detecção e tornam as ações corretivas mais complexas. Com isso, é necessário que as operações de controle de perdas sejam realizadas juntamente a uma análise técnica, para garantir a efetividade de ações de acordo com o orçamento disponível.

Além disso, a magnitude das perdas será mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas. Na Figura 3.13 e Figura 3.14 é possível identificar os pontos que apresentam maior frequência de vazamentos nas redes de distribuição e nos ramais prediais, respectivamente.

(percentuais ilustrativos baseados em experiência da SANASA)

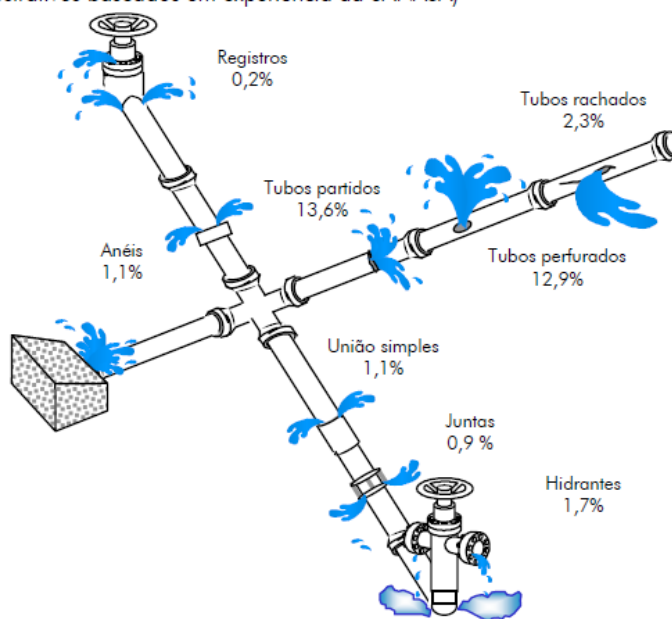


Figura 3.13 Pontos Frequentes de Vazamentos em Redes de Distribuição (Fonte: DTA A2, 2003)

(percentuais ilustrativos baseados em experiência da SANASA)

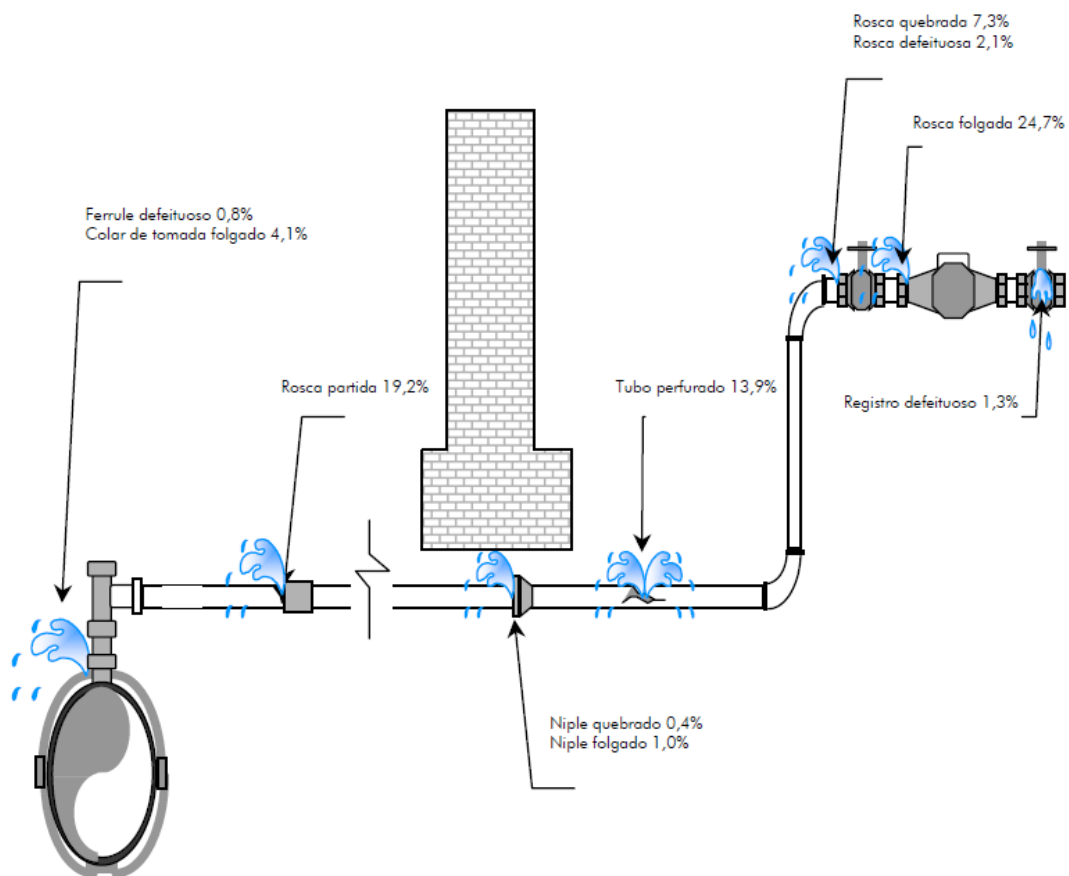


Figura 3.14 Pontos Frequentes de Vazamentos em Ramais prediais (Fonte: DTA A2, 2003)

As experiências de técnicos do ramo indicam que a maior quantidade de ocorrências de vazamentos está nos ramais prediais. Em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações da rede distribuidora. (DTA, 2003)

Para minimizar as perdas é necessário o uso de materiais adequados, associado a execução da obra com mão de obra qualificada e ferramentas compatíveis com os materiais utilizados. Para os sistemas já implantados, a redução de pressões na rede de distribuição e nos ramais prediais colaboram para que haja redução de perdas.

3.5.3. Controle e redução de perdas

A solução para o problema das elevadas perdas de água em sistemas de abastecimento deve assegurar não somente a redução das perdas, mas sobretudo o seu controle e manutenção em níveis aceitáveis, com garantias de sustentabilidade no tempo. A experiência demonstra que, mais importante que as ações de engenharia, é o modelo de gestão adotado para o gerenciamento das perdas. Assim, o primeiro passo deve ser a construção de um arranjo organizacional adequado, que envolva todas as áreas do prestador de serviços, uma vez que as perdas de água têm relação direta com as atividades desenvolvidas em praticamente todos os setores de um operador (Heller e Pádua, 2006). Também são recomendadas três fases para o gerenciamento sustentável:

- fase I: corresponde ao diagnóstico da situação atual, feito com base na análise dos dados disponíveis, fornecidos pelo próprio operador, e na investigação de campo para atestar dados e verificar in loco a situação do sistema de abastecimento de água e das instalações administrativas e de apoio técnico;
- fase II: corresponde a um conjunto de ações desenvolvidas em uma área piloto, onde são feitas pesquisas de campo para identificação e avaliação das perdas, bem como implementadas ações de combate a elas, cujos resultados servem de base para a proposição de um plano global de ação para o operador;
- fase III: corresponde à proposição de ações de curto e médio prazos, com previsão de custos, estimativa dos benefícios e avaliação econômico-financeira.

De acordo com ABES (2015) o esquema mostrado na Figura 3.15 foi proposto pela IWA e generalizou-se mundo afora, composto por quatro grandes ações, as quais, na medida e na sequência ideal para cada sistema, respondem pela obtenção dos resultados almejados.

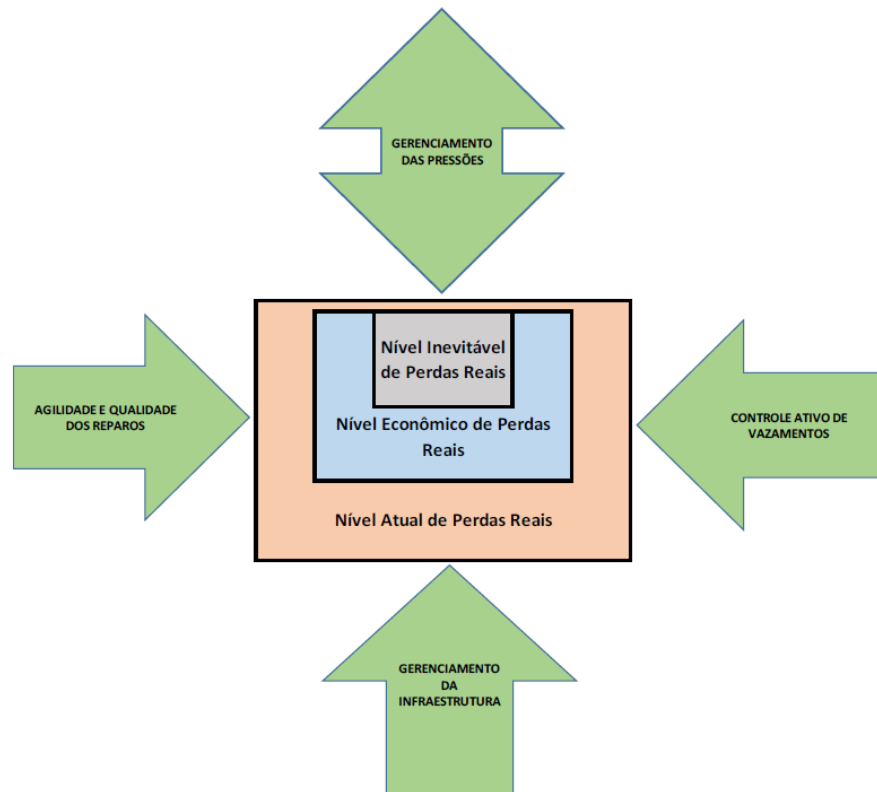


Figura 3.15 Boas Práticas para o Combate às Perdas Reais (Fonte: ABES, 2015).

Uma descrição sucinta dessas ações é feita a seguir (Thornton, 2008; Tardelli Fº, 2014 *apud* ABES, 2015):

- **Gerenciamento de Pressões**, em que através do zoneamento piezométrico e adoção de equipamentos para aumentar (apenas para atingir uma região mais alta) ou reduzir as pressões, consegue-se trabalhar com pressões adequadas às normas estabelecidas e devidamente estabilizadas;
- **Controle Ativo de Vazamentos**, em que se busca identificar e reparar aqueles vazamentos não visíveis passíveis de detecção por meio de métodos acústicos (utilização de geofones, p. ex.), ao qual se contrapõe o "controle passivo de vazamentos" (só reparar os vazamentos quando afloram à superfície); é uma atividade essencial em qualquer programa de redução de Perdas Reais, cuja eficácia depende do planejamento da atividade (frequência maior de pesquisas em áreas com maior histórico de incidência de vazamentos ou elevada vazão mínima noturna), da qualidade da mão de obra empregada e dos recursos materiais e tecnológicos colocados à disposição dos técnicos;
- **Agilidade e Qualidade no Reparo dos Vazamentos**, em que a operadora de saneamento deve montar uma logística para reparar os vazamentos visíveis e não

visíveis com maior agilidade, bem como capacitar a mão de obra empregada e utilizar materiais e métodos adequados de execução dos reparos. Fugas de água reparadas sem os devidos cuidados certamente voltarão a ocorrer no mesmo ponto (retrabalho), desperdiçando recursos financeiros e perpetuando as perdas;

- **Gerenciamento da Infraestrutura**, em que se buscam a boa execução das implantações das tubulações (qualidade dos projetos, materiais e mão de obra) e a substituição das mesmas quando o histórico de problemas assim justificar. É a atividade mais importante para o combate às Perdas Reais, com resultados definitivos e duradouros, porém com maiores custos agregados.

A Figura 3.16 apresenta quatro ações para o combate às perdas aparentes.

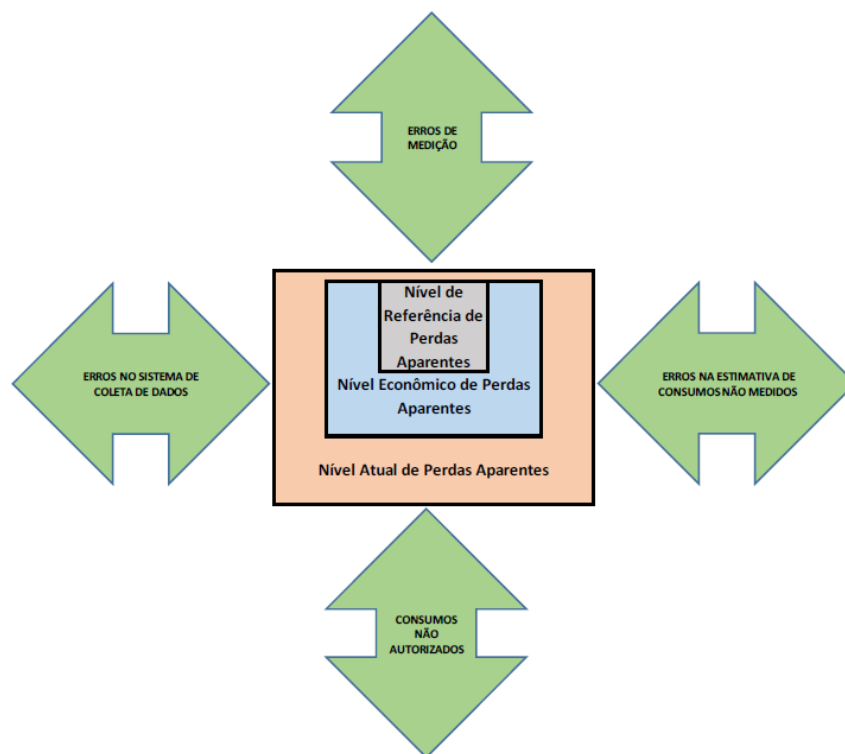


Figura 3.16 Boas Práticas para o Combate às Perdas Aparentes (Fonte: ABES, 2015).

A seguir é feita uma breve descrição desses componentes (SABESP, 2014 *apud* ABES, 2015):

- **Erros de Medição:** os volumes apurados pelos hidrômetros sistematicamente são menores do que os efetivos, por conta de valores de alguns fluxos que passam se situarem nas faixas de baixa precisão dos hidrômetros; esta submedição é potencializada pela existência de caixas d'água com boia, pelo tempo de instalação do hidrômetro ou pela instalação inclinada do mesmo. Ensaios realizados com

hidrômetros residenciais Classe B, com tempos de instalação entre seis e oito anos, mostraram os seguintes percentuais de submedição (Arregui, 2007):

- Sem caixas d'água domiciliares: -7%
- Com caixas d'água domiciliares: - 17%
- Consumos Não Autorizados: representados pelas fraudes e ligações clandestinas realizadas nos hidrômetros ou cavaletes, bem como pelo roubo de água nos hidrantes públicos; são considerados como "crime" e é uma parcela difícil de ser avaliada, por razões óbvias, lançando-se mão de estimativas;
- Erros no Sistema de Coleta de Dados: representados pelos problemas encontrados no sistema de macromedição e nos sistemas de apuração de consumos (leitura e processamento), falhas no Cadastro Comercial e outras anomalias nos processamentos dos sistemas comerciais da companhia de saneamento;
- Erros na Estimativa de Consumos Não Medidos: representados pelas estimativas requeridas para valorar os consumos dos imóveis conectados desprovidos de hidrômetros.

3.6. PRESSÃO NA REDE

Um dos métodos para minimizar as perdas no sistema de abastecimento de água é atuar nos processos de gerenciamento de pressão, controle ativo de vazamentos, periodicidade e qualidade dos reparos e gerenciamento da infraestrutura (COPASA, 2003 *apud* Gonçalves E Lima, 2007).

Segundo Gonçalves e Lima (2007) o monitoramento das pressões na rede permite a visualização das pressões em um determinado ponto ao longo das horas do dia, possibilitando o conhecimento das pressões médias, mínimas e máximas. Dessa forma, pode-se comparar os valores de pressão na rede com os valores permitidos em norma e definir as estratégias de adequação de rede, por exemplo a redução de pressões ou substituição de trechos de rede com incrustação.

Segundo a Norma Técnica NBR nº 12.218/2017 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 400 kPa (40 mca), podendo chegar a 500 kPa (50 mca) em regiões com topografia acidentada, e a pressão dinâmica mínima de 100 kPa (10 mca).

Um sistema de água com alta pressão apresenta mais frequência uma quantidade maior de vazamentos. A fim de minimizar esse processo pode ser realizado o controle de pressão por meio de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP), que são consideradas como uma das ferramentas mais importantes no controle e redução de perdas, sendo recomendado o seu

uso nos sistemas de abastecimento de água, na medida do necessário. Este controle deve assegurar as pressões mínimas e máximas permitidas para os consumidores finais, isto é, as pressões estática e dinâmica que obedecem a limites prefixados (Gonçalves e Alvim, 2007). O controle de pressão possibilita: redução do volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados; redução da frequência de rompimentos de tubulações e consequentes danos que têm reparos onerosos, minimizando também as interrupções de fornecimento e os perigos causados aos usuários de ruas e estradas; prover um serviço com pressões mais estabilizadas ao consumidor, diminuindo a ocorrência de danos às instalações internas dos usuários até a caixa d'água; redução dos consumos relacionados com a pressão da rede (Gonçalves e Lima, 2007).

3.6.1. Válvulas Redutoras de Pressão (VRP)

As válvulas redutoras de pressão (VRP), como estruturas dissipadoras, são utilizadas nos sistemas hidráulicos (p.ex., abastecimento e rega) como forma de uniformização e controle das pressões, dando origem a uma perda de carga localizada, mediante a dissipação de energia hidráulica, através do abaixamento dos valores de pressão a jusante. (Ramos *et al.*, 2004).

As VRP's são utilizadas no sistema de distribuição para uniformizar e controlar a pressão através da divisão da rede em zonas de acordo com a topografia do local. Ao controlar a pressão também será controlada a magnitude das perdas ativas, visto que as perdas estão diretamente relacionadas à pressão da rede.

De uma forma geral, o funcionamento da VRP consiste no acionamento de dispositivo de obturação quando a pressão a jusante for elevada, de forma que a perda de carga localizada no sistema é elevada e a pressão de jusante é reduzida até o valor pré-estabelecido. Caso ocorra a situação contrária, ou seja, a pressão a jusante estiver abaixo de um determinado valor, a válvula abre, dessa forma ocorre a redução de perda de carga e aumenta a linha de energia e pressão a jusante até atingir o valor planejado.

Para Ramos *et al.*, (2004) as VRP's distinguem-se fundamentalmente em três tipos de funcionamento:

- VRP ativa: onde a válvula provoca uma perda de carga localizada no sistema reduzindo o valor da pressão a jusante e que se designa por estado ativo da válvula.
- VRP passiva aberta: quando a pressão a montante for insuficiente e inferior à carga de definição da VRP, a válvula abre totalmente, mantendo a montante e a jusante a mesma pressão.

- VRP passiva fechada: sempre que a pressão a jusante for superior à pressão a montante a válvula fecha totalmente, funcionando como uma válvula de retenção que impede a inversão do escoamento.

Na Figura 3.17 é possível visualizar o modo genérico de funcionamento de uma VRP.

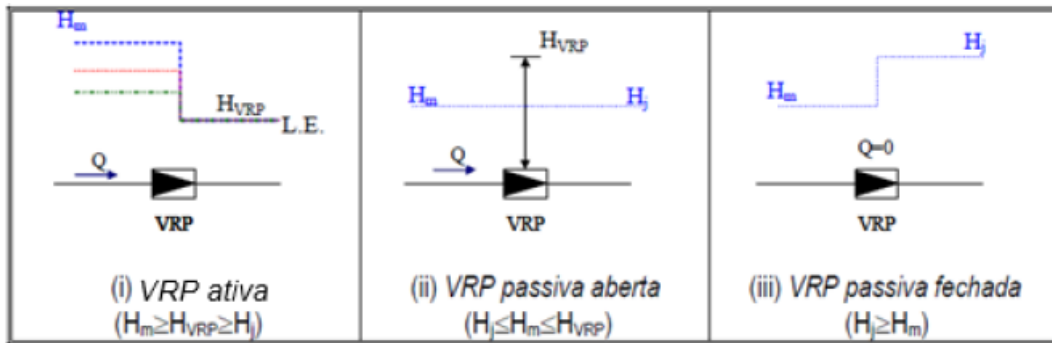


Figura 3.17 Funcionamento de uma VRP convencional (Fonte: Ramos *et al.*, 2004)

As VRP podem ser controladas mecânica ou eletronicamente, de modo a funcionarem, não apenas para um único valor de pressão, mas para diversos patamares de pressão definidos em função da variação de consumo, permitindo, assim, uma gestão mais eficiente dos níveis de serviço e um melhor desempenho hidráulico do sistema. Existem, basicamente, quatro sistemas de funcionamento de válvulas redutoras de pressão: (Ramos *et al.*, 2004).

- VRP com carga constante: a válvula reduz e estabiliza a pressão a jusante da mesma, mantendo a pressão constante e igual a um determinado valor, pré-estabelecido (H_{VRP}), qualquer que seja a pressão a montante e o débito de caudal no sistema;
- VRP com queda constante: a válvula reduz pressão a jusante da mesma, mediante a introdução de uma perda de carga localizada constante independente da pressão a montante, pelo que a pressão a jusante da válvula varia com a pressão a montante, mantendo constante o diferencial entre ambas;
- VRP com carga constante variável no tempo: o comportamento deste sistema é análogo ao da VRP com carga constante a jusante, no entanto, a pressão é mantida constante em intervalos no tempo, pré-definidos, variando de intervalo para intervalo. A situação mais comum é a utilização de dois patamares de pressão: um para o período diurno e outro para o noturno;
- VRP com carga ajustável automaticamente em função da variação dos consumos: a válvula reduz a pressão a jusante em função do caudal debitado ou da variação de pressão em seções críticas da rede (seções com menores pressões). Caso a pressão

seja regulada pelo caudal, é necessário equipar a válvula com um sistema de medição de caudal, para que qualquer variação do caudal, seja acompanhada pela respectiva variação de pressão a jusante (desde que a pressão a jusante se mantenha inferior à de montante).

3.7. HISTÓRICO DA UNB

De acordo com Araújo e Virgolim (2010) até o início da década de 90 não existiam trabalhos consistentes sobre os índices de consumo de água no Campus. Em 1999, uma lei distrital isentou a UnB de pagar água e energia, o que fez com que a preocupação com o consumo de água no Campus reduzisse nesse período, entretanto, em 2005, a lei foi revogada devido a seu caráter inconstitucional. Nesse mesmo ano foi criada uma comissão para a análise do consumo de água, envolvendo o ENC e o Departamento de Antropologia, que foi responsável por avaliar a percepção e uso das instalações hidráulicas do Campus pelos estudantes. Desde então, tem-se como desafio um estudo mais aprofundado com objetivos de redução de perdas de água em seus sistemas de distribuição, não somente por questões ambientais, mas também como uma forma de reduzir gastos da universidade.

Como resultado desse estudo, em 2005 foram feitas novas medidas para a redução das perdas na rede de distribuição, sendo as principais a instalação pela CAESB de hidrômetros individuais em cada prédio do Campus Darcy Ribeiro, a instalação de válvula redutora de pressão, de modo a reduzir na entrada do Castelo d'água as pressões na rede, assim como a determinação de novas estratégias para a redução do uso voltadas para os usuários, o que levou a uma significativa redução no consumo (Araújo e Virgolim, 2010).

A análise realizada por Araújo e Virgolim (2010) constatou que as pressões oscilam muito no ICC ao longo do dia. A oscilação de pressões seria consequência do abastecimento direto do prédio pela CAESB, a ocorrência de incrustações nas tubulações de ferro fundido exige pressões elevadas para o atendimento da demanda, conseqüentemente aumenta a vazão dos vazamentos. Logo, a falta de manutenção e a má conservação das tubulações seriam os principais motivos associados à ocorrência de perdas de água.

A análise das séries históricas de consumo de água no Campus, no período entre 2014 e 2016, realizada por Matos e Lopes (2016) constataram consumos mensais acima da faixa de consumo médio no ICC, na Faculdade de Tecnologia (FT), na Faculdade de Ciências da Saúde, na Faculdade de Direito, na Faculdade de Educação Física, nos Pavilhões Anísio Teixeira e João Calmon, no SG-4, no SG-10, no SG-11, no SG-12, no Centro Comunitário, na Reitoria, entre outros prédios, o que pode caracterizar a ocorrência de vazamentos. Esses

índices de vazamento nos prédios do Campus Darcy Ribeiro vêm gerando há anos elevadas despesas à União.

Segundo a análise da série histórica de consumo de água no Campus realizada por Oliveira (2018), entre 2010 e 2017, o ICC, a FT, o SG-4 e o SG-10 foram identificados como prédios com maior variabilidade de excesso de consumo, apresentando muitos dados *outliers*. Através de simulações hidráulicas no EPANET, Oliveira (2018) concluiu que o reservatório Castelo D'Água possui carga hidráulica suficiente para o abastecimento do ICC por gravidade, dessa forma seria possível obter um abastecimento contínuo e a estabilização das pressões.

Martins (2021) realizou o levantamento de dados de pressão e vazão nas instalações do ICC de modo a apontar padrões de comportamento e possíveis problemas. As pressões nas instalações prediais de água fria do ICC foram obtidas a partir da instalação de manômetros com *data logger*, também realizando a análise utilizando modelagem computacional (EPANET) para simulações hidráulicas de possíveis novos cenários de funcionamento. O estudo realizado identificou que o limite superior de pressão estática é frequentemente ultrapassado, o que prejudica a integridade das instalações prediais de água do ICC e também potencializa as perdas de água.

Os dados obtidos por Martins (2021) foram obtidos a partir da coleta de dados de abril a julho de 2019, sendo dividido entre período letivo e período de férias. Os resultados encontrados demonstram que no ICC Norte durante o período de aula apresenta 57% dos dados com pressão dentro da faixa recomendada de operação, enquanto no ICC Sul o limite foi constantemente ultrapassado. Já no período sem aula 83,5% dos banheiros do ICC Sul e 75,9% dos banheiros do ICC Norte apresentam pressão superior a 40 mca. Como forma de mitigar essa pressão elevada foi sugerida a instalação de uma VRP.

Em relação aos dados de volume medido, Martins (2021) obteve os dados diretamente da Prefeitura do Campus (PRC), no período de junho a agosto de 2019, durante esse período a vazão se manteve predominantemente entre 0,6 l/s e 1,1 l/s, além dados de sistema de telemetria instalado no local. Também foi observado que no período de férias as vazões oscilam menos ao longo do dia, entretanto após as 20 horas foram registradas vazões elevadas durante os dias da semana, inclusive valores superiores aos registrados dentro do período de aula. No período da noite também foram registradas maiores pressões, o que pode indicar a presença de vazamentos.

Rabelo (2020) analisou os dados de consumo do ICC no período de 2007 a 2020, foi identificado uma redução gradual nos anos de 2018 e 2019, devido à crise hídrica e

investimento em infraestrutura, entretanto essa diminuição não aconteceu no período da pandemia, em 2020, e ocorreu pico em época de isolamento e fluxo mínimo de pessoas no ICC. Além disso, o estudo encontrou uma estimativa de perda no período de abril a dezembro de 2020 igual a 57,1% de toda a água disponibilizada pela CAESB para o abastecimento do ICC, resultando em uma perda financeira de aproximadamente 1 milhão de reais.

Ao analisar os níveis de pressão no ICC, Rabelo (2020) identificou uma tendência às perdas e falhas devido às altas pressões e suas grandes variações. Também foram identificados picos de pressão superiores ao preconizados pela NBR5626/2020, com isso as instalações prediais ficariam mais suscetíveis a ter a sua integridade prejudicada e potencializar as perdas já existentes. Como forma de controlar essas pressões elevadas foi sugerida a instalação de VRP na entrada do ICC Sul.

4. METODOLOGIA

A metodologia foi baseada no levantamento de dados de vazão e pressão na ligação predial do ICC Sul, localizado no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Os procedimentos e critérios utilizados para a análise serão detalhados a seguir.

4.1. LOCAL DE ESTUDO

A área de estudo foi o Campus Darcy Ribeiro, localizado na Asa Norte. O local compreende uma área de 3.950.579,07 m², sendo 552.171,40 m² de área construída (DPO, 2019). No período de atividades presenciais circulavam diariamente pelo Campus cerca de 60 mil pessoas, entre estudantes, docentes, técnico-administrativos e visitantes.

O Instituto Central de Ciências (ICC) é a maior e mais antiga edificação, sendo o principal prédio do Campus da Universidade de Brasília, que possui uma extensão de 720m. O ICC é composto por dois blocos de três pavimentos cada (subsolo, térreo com pé-direito duplo e mezanino), onde abriga diversos institutos, faculdades, salas de aula, auditórios e atividades de apoio acadêmico. Por isso, o prédio apresenta o maior consumo de água do Campus (Matos e Lopes, 2016). Além do grande fluxo de circulação diária, a idade da edificação, falta de vistorias e projetos hidráulicos, resultam em ramais prediais bastante alterados no decorrer dos anos, apresentando tubulações fora dos padrões estabelecidos pela norma e consequentemente aumento das perdas que resultam em faturamento mais elevado.

As instalações prediais de água do ICC são ligadas à rede de distribuição de água do Campus por quatro diferentes entradas: duas na saída sul, uma no ICC Norte e outra na saída norte. Entretanto, apenas a alimentação na saída sul pelo Bloco B se encontra em funcionamento. (Martins, 2019).

Devido ao cenário atual (Covid-19), o Campus Darcy Ribeiro teve suas atividades presenciais suspensas desde o início de março de 2020. Dessa forma a circulação de pessoas teve uma redução elevada, ficando restrita apenas aos seguranças, técnicos de manutenção/conservação e poucos professores/pesquisadores.

O abastecimento do Campus é realizado simultaneamente pelo reservatório apoiado na ETA Brasília, e pelo reservatório apoiado do Lago Norte, conforme apresentado na Figura 4.1.

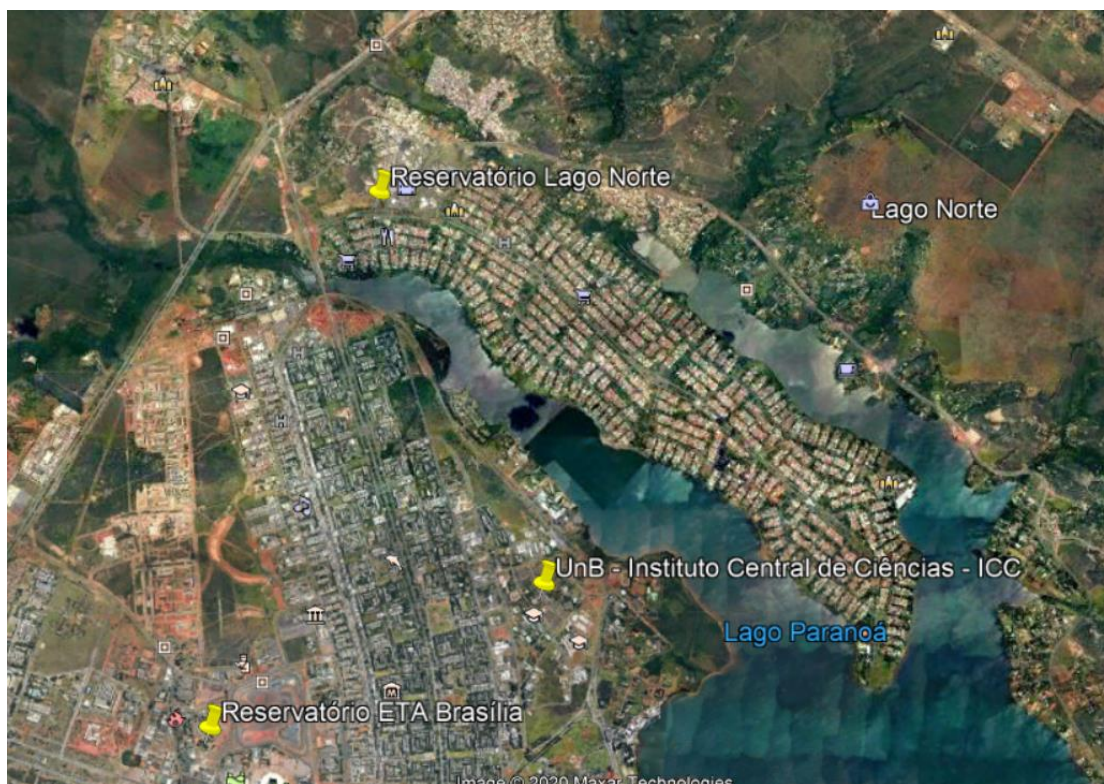


Figura 4.1 Localização dos reservatórios que abastecem o Campus Darcy Ribeiro.

Estudos realizados anteriormente (Araújo e Virgolim, 2010; Matos e Lopes, 2016; Oliveira, 2018; Martins, 2019; Rabelo, 2020), recomendaram o monitoramento da pressão e da vazão, considerando as vantagens do ponto de vista do acompanhamento do consumo de água e avaliação das perdas de água, que podem resultar em reduções significativas dos gastos da universidade com as contas de água.

A partir dos trabalhos apresentados e pelo histórico de faturamento de água disponibilizado pela PRC (Prefeitura do Campus) é possível identificar o elevado consumo de algumas unidades e a falta de regularidade no consumo, o que pode estar associado a perdas. Devido à ausência de atividades presenciais as perdas nas instalações do Campus ficam evidentes, pois apesar da redução do número de pessoas que circulam pelas unidades algumas apresentaram aumento do consumo.

Parte das edificações presentes no Campus são antigas e a manutenção das instalações hidráulicas se dá de forma corretiva, não havendo programa de busca ativa por falhas. Como resultado é possível identificar elevada variação de volumes faturados. Além disso, existe a falta de cadastros confiáveis e pouca compreensão do funcionamento da rede consumidora.

4.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS DE PRESSÃO

A VRP selecionada é da marca BUGATTI Brasil com DN 50 mm, sendo uma válvula redutora de pressão tipo globo que possui formato cilíndrico, em globo, metálica. Elas controlam o fluxo por meio de um obturador (tipo disco móvel) onde o controle de abertura ou fechamento da válvula se dá pela restrição da passagem do fluido entre o obturador e um assento estacionário dentro de um corpo esférico (Rabelo, 2020).

O ICC apresenta grandes variações de pressão ao longo do dia, portanto esse modelo de válvula é o mais indicado, visto que apresenta uma maior facilidade de operação. O ajuste da VRP foi realizado pelos técnicos de pitometria da CAESB, sendo o ajuste realizado in loco.

Na Figura 4.2 é possível observar o desenho esquemático da VRP.

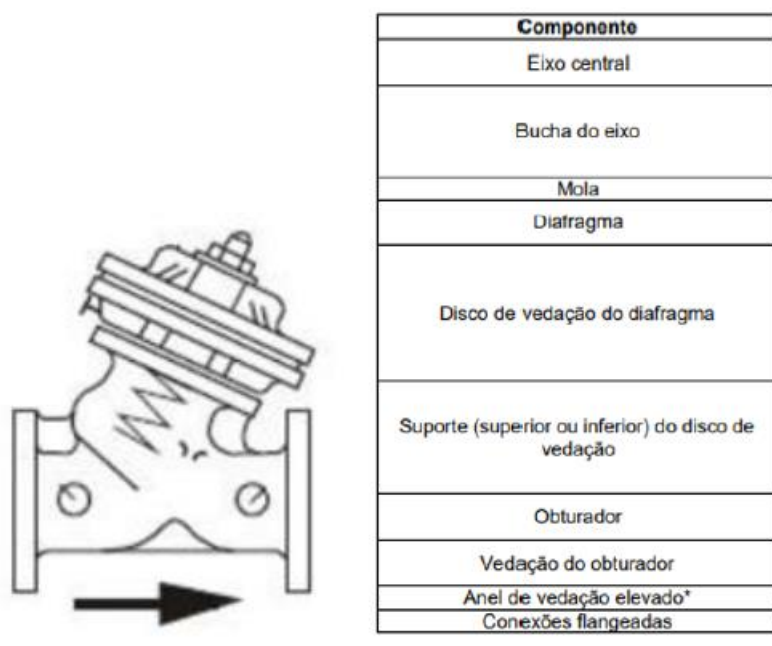


Figura 4.2 Desenho esquemático de uma VRP tipo Globo com seus componentes (passagem inclinada) (Fonte: Rabelo, 2020)

Não foi possível adquirir informações específicas da válvula utilizada, pois cada fabricante apresenta suas especificações e houve uma mudança no nome da marca para BGT Controls, com isso o acesso as informações da VRP foram prejudicadas.

Observa-se na Figura 4.3 e Figura 4.4 a VRP utilizada no ICC.



Figura 4.3 VRP instalada no ICC Sul



Figura 4.4 Detalhes da VRP no ICC Sul

Para aferir a pressão de jusante da VRP, ou seja, a pressão que entrou na edificação, foi utilizado o manômetro da marca MECALTEC, 0 a 100 mca de pressão e divisão de 1 mca, Classe B.

O manômetro pode ser visualizado na Figura 4.5.



Figura 4.5 Manômetro instalado para aferir a pressão de jusante (mca)

4.3. LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CONSUMO PREDIAL

Para obtenção dos dados de consumo predial foi utilizado o hidrômetro ultrassônico da marca ARADGROUP – Intergrated Metering Technologies, modelo Octave Ultrasonic Water Meter, com diâmetro nominal de 50 mm e limite mínimo de medição uma vazão de 60 l/h, instalado no ICC sul. O princípio de medição é baseado em um sensor ultrassônico, de tempo de trânsito e de feixe duplo que determina o intervalo de tempo que uma onda sonora leva para percorrer a distância entre dois sensores do medidor. Além disso, esse modelo apresenta alta precisão e foi projetado para um fluxo bidirecional de medição de água.

Na Figura 4.6 pode ser visto o cavalete que apresenta uma válvula de retenção e o hidrômetro ultrassônico.



Figura 4.6 Cavalete com hidrômetro ultrassônico instalado no ICC

Os dados obtidos pela leitura do hidrômetro apresentam os dados de volume acumulado (m^3) e vazão instantânea (m^3/h), como pode ser visualizado na Figura 4.7, que representa o consumo direto do ICC, e a partir das diferenças entre volumes acumulados divididos pelo intervalo de tempo considerado foi encontrada a vazão média (m^3/h).

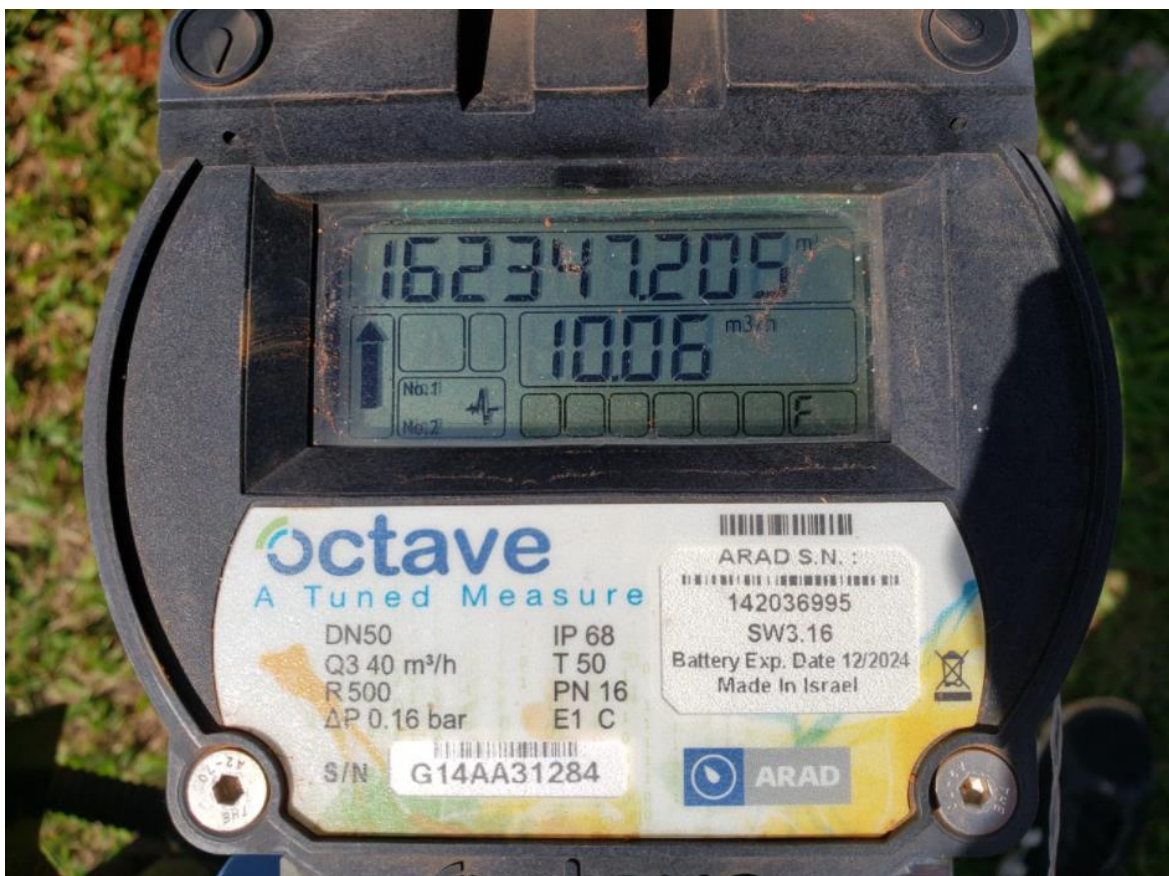


Figura 4.7 Display do hidrômetro

Para este estudo foram levantados dados de consumo predial de água do ICC por meio da leitura diária de volume (m^3) e vazão instantânea (m^3/h) durante todo o mês de março de 2021.

4.4. ESTIMATIVA DE FATURAMENTO DE PERDA

Para estimar a perda econômica devido às perdas de água no mês de março de 2021 foram utilizados os dados da CAESB, relativos à Tabela de Tarifa Mensal para o Período de 01 de junho de 2020 a 31 de maio de 2021 e a Resolução ADASA nº 12/2019 que apresenta as diretrizes dos cálculos para obter o valor do serviço prestado.

Os dados de tarifa mensal em que se enquadra o ICC está apresentado na Figura 4.8.

COMERCIAL, INDUSTRIAL E PÚBLICA				R\$ 21,00
	Faixa m³	Vol. Faixa	Alíquota Preço p/ m³	Da Faixa (R\$)
1	0 a 4	4	6,14	24,56
2	5 a 7	3	7,68	23,04
3	8 a 10	3	9,98	29,94
4	11 a 40	30	12,48	374,40
5	Acima de 40		14,97	

Figura 4.8 Tarifa mensal (Fonte: CAESB)

A Resolução ADASA nº 12/2019 dispõe em seu Art. 103 e 104 as seguintes diretrizes para obtenção do valor do serviço:

“Art. 103. O cálculo do faturamento dos serviços de esgotamento sanitário com base em abastecimento de água pelo sistema público obedecerá aos seguintes critérios:

I - Sistema convencional de esgotamento sanitário:

- a) imóveis em construção: 50% (cinquenta por cento) da cobrança de água, desde que não existam outras atividades no local;
- b) demais atividades: 100% (cem por cento) da cobrança de água.

Art. 106. O faturamento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário será calculado observando o seguinte procedimento:

I - em unidades usuárias com apenas uma unidade de consumo:

- a) distribuir nas faixas de consumo da tabela de tarifas definidas em resolução da ADASA, o resultado do consumo faturado.
- b) multiplicar o resultado da distribuição dos consumos obtido no inciso anterior pelo valor da tarifa correspondente da faixa, observando a classificação da unidade usuária; e
- c) somar os resultados obtidos no cálculo anterior, obtendo o valor do serviço de abastecimento de água;
- d) quando houver serviço de esgotamento sanitário, calcular o valor do mesmo com base nos arts. 103 e 104, conforme o caso;
- e) obter o valor do faturamento pela soma dos valores dos serviços prestados.”

4.5. PROCEDIMENTOS

Os Decretos nº 41.841 e nº 41.913 aumentaram as restrições estabelecidas devido a Covid-19 durante todo o mês de março, portanto, durante esse período a entrada do ICC ficou restrita exclusivamente a algumas pessoas autorizadas e o segurança era responsável por

garantir que ninguém entrasse na edificação. Além disso, durante esse período praticamente não foram realizadas atividades de lavagem e manutenção da edificação.

Dessa forma, o presente trabalho apresenta os dados de consumos durante esse período, associado às suas respectivas pressões, e com isso foi possível estimar a magnitude de perdas presentes nas instalações prediais, visto que se esperava que frente a esse cenário o consumo nesse período tivesse um baixo valor.

Para obter os dados foi realizada a leitura in loco de pressão e volume em três períodos do dia (manhã, tarde e noite). As leituras de pressão foram realizadas em quatro etapas, como apresentado na Figura 4.9.

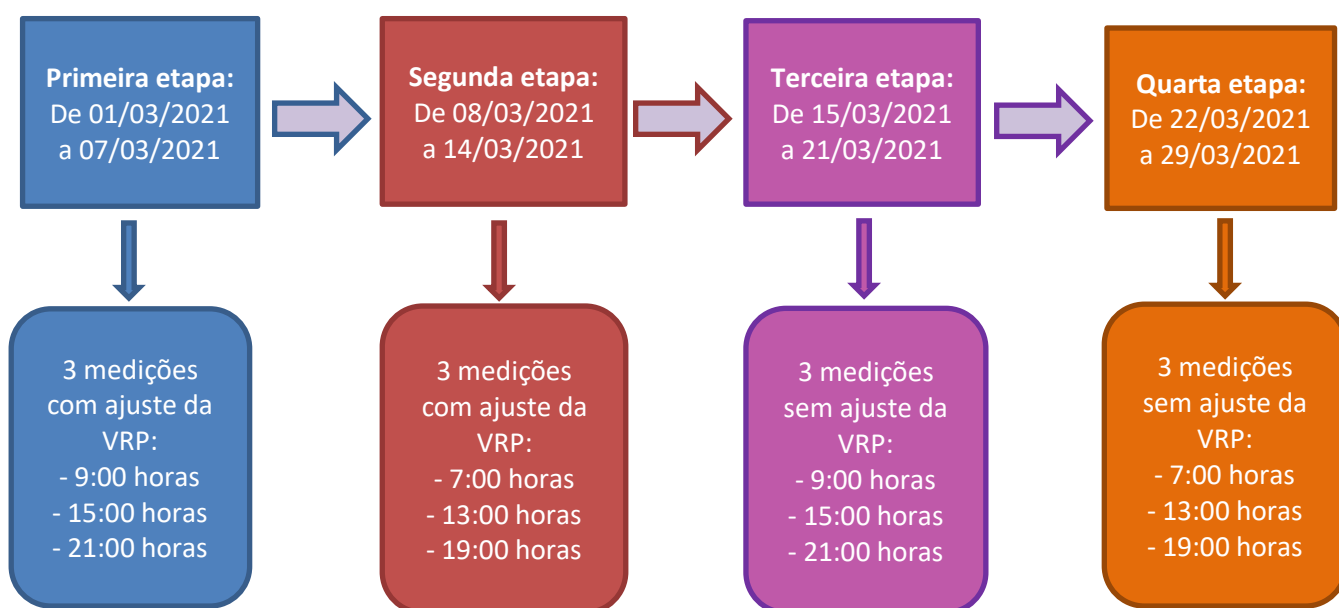


Figura 4.9 Etapas da leitura de pressão

Para os dados de volume, foram analisados os valores informados no hidrômetro durante o dia 01 a 29 de março de 2021, seguindo o mesmo horário das leituras de pressão.

O presente trabalho comparou os valores de volume relacionados com as pressões da rede com e sem o controle da VRP, dessa forma foram realizadas as estimativas de perdas no ICC confrontando tais valores com o histórico de consumo. Foram utilizados no histórico os meses de março entre 2016 e 2021 e o impacto financeiro ocasionados pelas perdas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISE DOS DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA NO ICC

Para as análises foram utilizados os dados de vazão média (m^3/h), uma vez que as vazões instantâneas apresentaram oscilações mesmo com a utilização da VRP para o controle de pressão na rede, sendo que os dados de vazão instantânea coletados pela manhã foram superiores aos da noite.

Foi realizada a coleta de dados de consumo diariamente durante todo o mês de março, sendo realizado em três períodos distintos (manhã, tarde e noite). A Figura 5.1 apresenta os dados de coleta realizada às 9:00, 15:00 e 21:00 horas durante uma semana com o ajuste da VRP (30 mca) e durante uma semana sem o ajuste (40 a 50 mca).

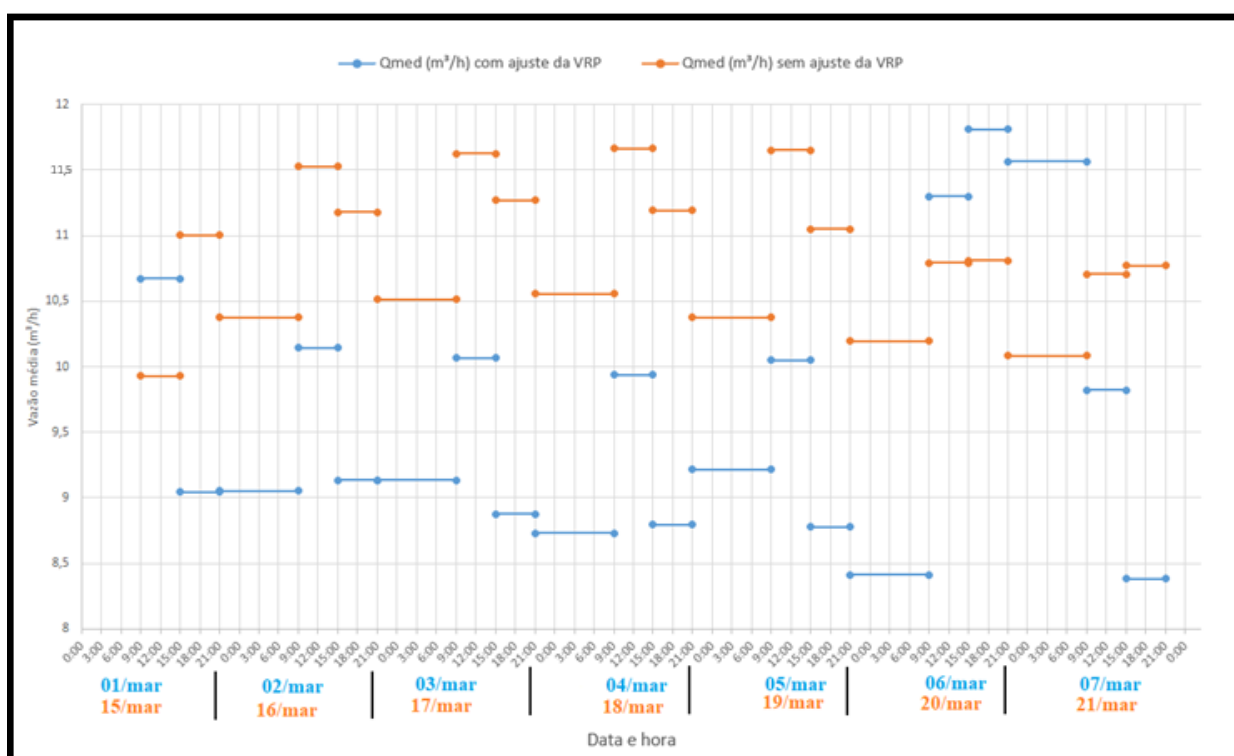


Figura 5.1 Vazão média com ajuste da VRP do dia 01 ao dia 07 de março e do dia 15 ao dia 21 de março sem ajuste da VRP

A interferência do controle de pressão ao longo do dia fica evidenciado, pois apesar dos padrões de consumo, os valores de vazão estão superiores quando não houve ajuste da VRP. A partir da Figura 5.1 pode-se inferir que as maiores vazões médias ocorrem no período entre a manhã e tarde, representando o período com uma maior circulação de pessoa dentro do ICC no período de análise. Entretanto, considerando que a quantidade de pessoas na edificação é mínima, a variação de vazão e consumo não está acontecendo de forma proporcional.

Além disso, no sábado (dia 06) é possível observar um pico de vazão, mesmo com o ajuste da VRP, como não tinha circulação de pessoas dentro do ICC só reforça a presença de vazamento.

A Figura 5.2 apresenta os dados de coleta realizados às 7:00, 13:00 e 19:00 horas durante uma semana com o ajuste da VRP e durante uma semana sem o ajuste.

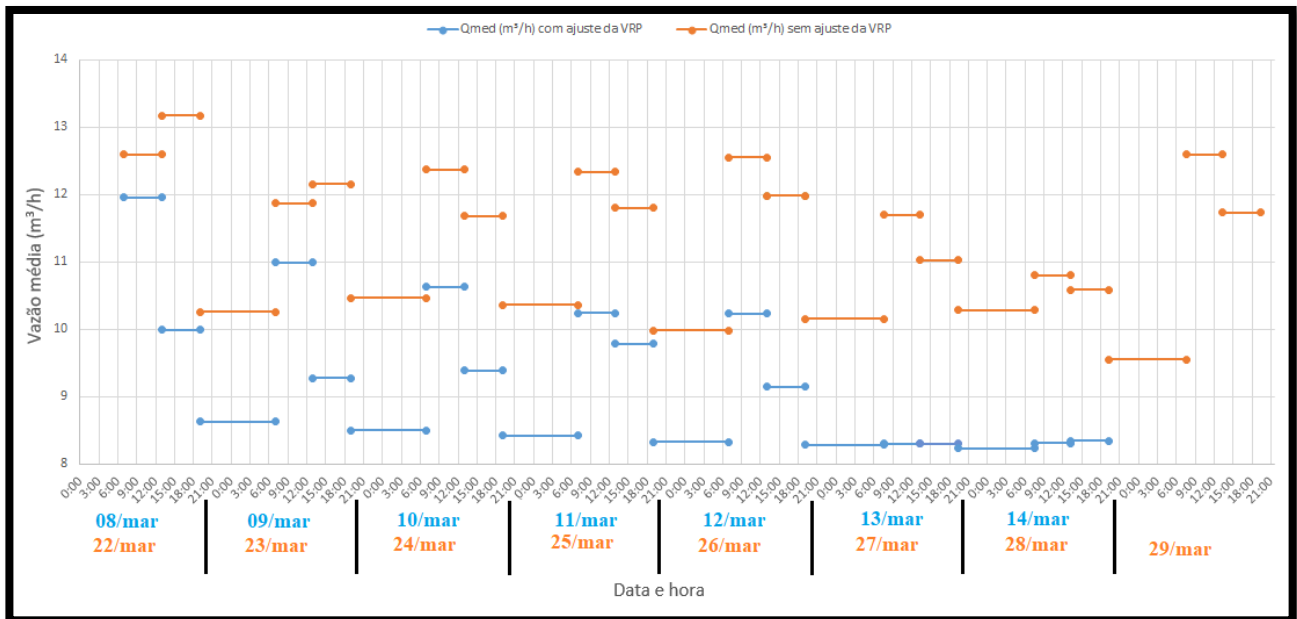


Figura 5.2 Leitura de vazão média com VRP do dia 08 ao dia 14 de março e do dia 22 ao dia 29 de março sem VRP

Essa mudança de horário apresenta uma maior oscilação de variação ao longo do dia, principalmente porque a primeira leitura apresenta uma interferência maior da vazão da noite devido à alteração na pressão. O pico de consumo agora encontra-se às 13:00 horas, também devido ao horário de circulação de pessoas no campus.

No final de semana do dia 13 e 14 de março houve uma constância na vazão, também devido ao ajuste da VRP, o que seria esperado visto que não há circulação de pessoas. Entretanto, foi observada elevada vazão de água em uma edificação em que se presumiu não haver consumo significativo devido às restrições de acesso, apontando para presença considerável de vazamentos.

Sem o ajuste da VRP ocorre um padrão de vazão, com o pico também às 13 horas, entretanto o consumo é bem superior, inclusive no final de semana do dia 27 e 28, que apesar de apresentar uma queda na vazão em relação aos dias da semana apresenta um valor elevado. Devido à limitação do fluxo de pessoas e os horários em que foram realizadas as leituras, era esperado que o período diurno apresentasse maior consumo, uma vez que praticamente todas

as atividades que foram parcialmente mantidas ocorreram no período de 7:00 às 17:00 horas, como a manutenção/conservação do prédio e o funcionamento da agência bancária. Logo, o período de análise que melhor representa esses horários é o das 7:00 às 13:00 horas e 9:00 às 15:00 horas.

Entretanto, observa-se que, de uma forma geral, o consumo no período da noite é superior ao da manhã e em alguns momentos ultrapassa as vazões do período da tarde. O consumo noturno permanece no mesmo patamar do diurno, sendo que o ICC não apresenta circulação de pessoas nesse período, isso reforça a presença de perda nos ramais.

Martin (2021) identificou que no período de junho a agosto de 2019 as maiores vazões ocorreram no período da tarde e que as vazões em dias de semana foram maiores que nos finais de semana. Também foram identificadas vazões elevadas após as 20:00 horas nos dias de semana durante as férias, inclusive superiores às do período de aula.

Já Rabelo (2020) identificou que em 2019 houve uma queda superior a 10,5% nos dados de consumo em relação a 2018, entretanto no período de 2019 e 2020 ocorreu um aumento de 37,9% no consumo, mesmo após a redução do fluxo de pessoas devido à pandemia do coronavírus, identificando picos de consumo na faixa de 8,6 mil m³ nos meses de julho a dezembro de 2020.

Essas informações são reforçadas com os dados obtidos, visto que o consumo noturno continua elevado, mesmo com o ajuste da VRP e a máxima restrição de fluxo de pessoas no ICC. No período com ajuste da VRP, a vazão média do período da noite e da manhã estão bem próximas quando a amostra foi realizada as 9:00 horas, ao analisar a amostra das 7:00 horas que o período da manhã apresenta uma vazão inferior à da noite, isso ocorre devido ao ajuste da VRP a montante ramal predial (instalada na rede de abastecimento) que é feito próximo ao horário analisado, com aumento da pressão na rede por volta das 6:30 diariamente.

5.2. ANÁLISE DOS DADOS DE PRESSÃO NO ICC

Para a análise de pressão foram feitas leituras no manômetro instalado a jusante da VRP localizada na entrada do ICC Sul. Nos primeiros 15 dias a válvula foi ajustada para 30 mca de pressão de saída, entretanto a válvula apresentou uma oscilação superior a natural de funcionamento, ou seja, de até 10% do valor ajustado. Entretanto, apenas uma vez foi ultrapassado o limite superior e inferior de oscilação, sendo 20% e 17% respectivamente. Dessa forma, a maior parte dos dados apresentaram uma oscilação entre 7% e 10%, inferior ao valor ajustado. Esses dados podem ser visualizados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Oscilação dos dados de pressão em relação ao valor ajustado da VRP

Pressão (mca)	Oscilação (%)
25	17%
27	10%
28	7%
31	4%
36	20%

Nos últimos 15 dias do mês, a análise foi realizada com a pressão da rede, sem ajuste da VRP, dessa forma houve interferência direta do consumo da edificação e outros ramais da rede de abastecimento e durante a noite do ajuste de redução de pressão da VRP instalada a montante do ramal que abastece o ICC.

A Figura 5.3 apresenta os dados de coleta realizados às 9:00, 15:00 e 21:00 horas durante uma semana com o ajuste da VRP (30 mca) e durante uma semana sem o ajuste (40 a 50 mca).

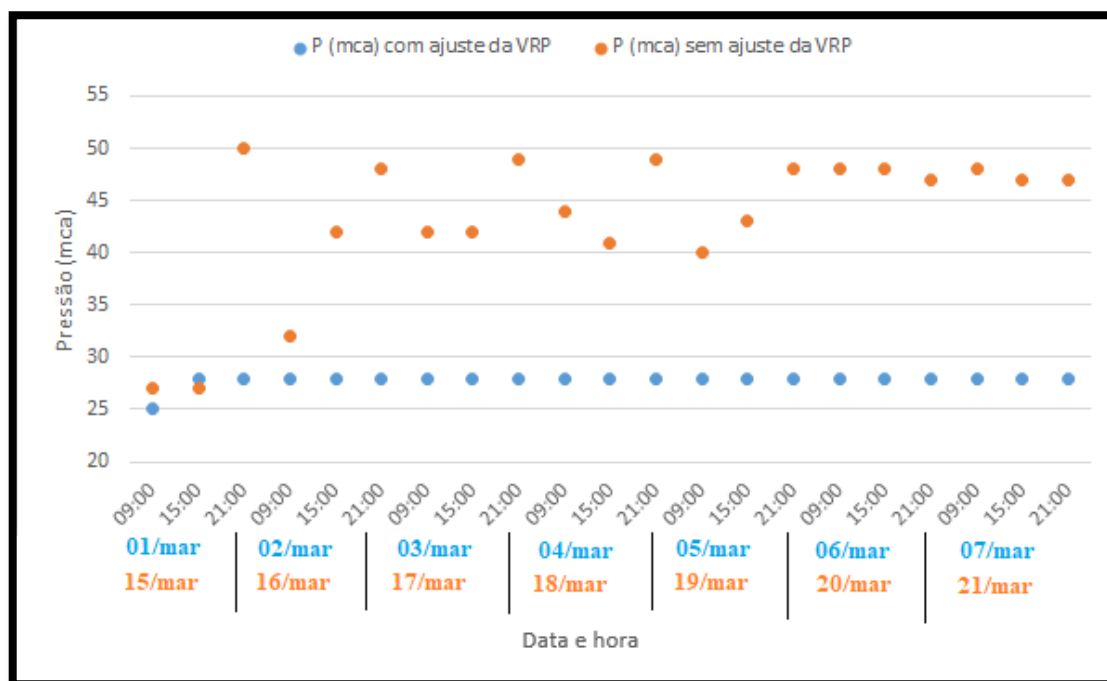


Figura 5.3 Leitura de pressão com ajuste da VRP do dia 01 ao dia 07 de março e do dia 15 ao dia 21 de março sem ajuste da VRP

Para as leituras realizadas, a VRP apresentou um excelente ajuste, visto que, manteve a pressão praticamente constante de 28 mca durante toda a semana.

As leituras realizadas no período da manhã e da tarde do dia 15 estavam com a VRP ajustada, por isso esses valores inferiores. Apenas na leitura das 21:00 horas foi medida a pressão da

rede sem o ajuste. A partir dessa leitura é possível observar a grande variação ao longo dos dias, apresentando grande oscilação durante a semana e um pico de pressão durante e no final de semana uma vazão mais constante

A Figura 5.4 apresenta os dados de coleta realizado as 7:00, 13:00 e 19:00 horas durante uma semana com o ajuste da VRP e durante uma semana sem o ajuste.

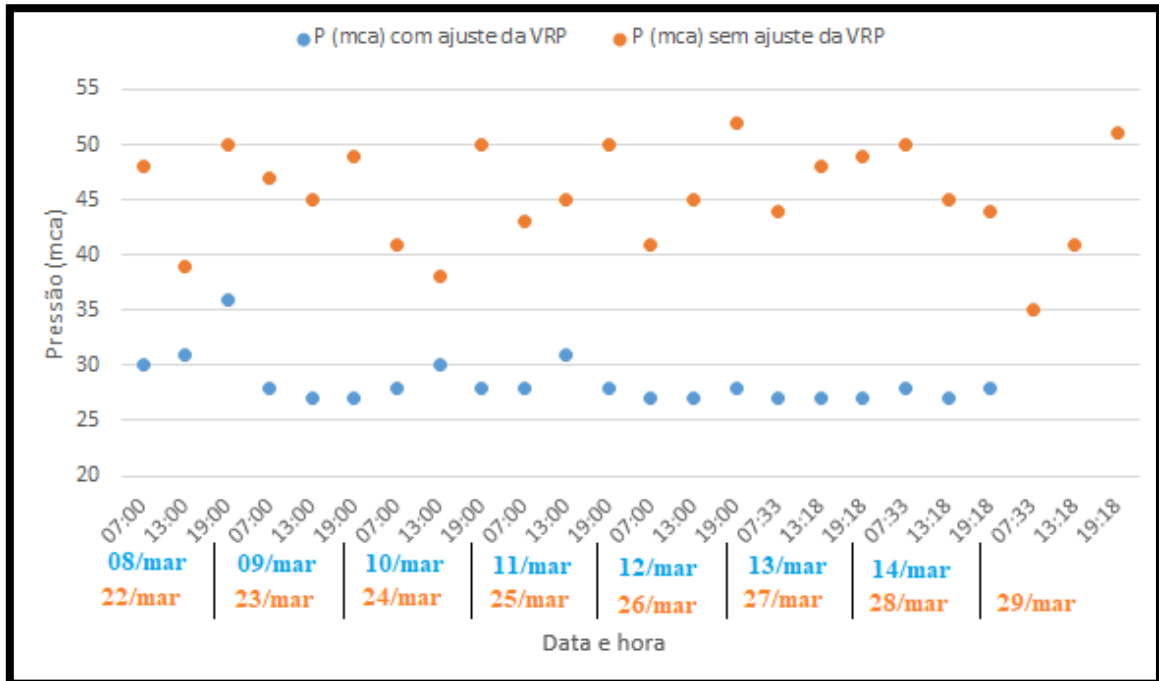


Figura 5.4 Leitura de pressão com ajuste da VRP do dia 08 ao dia 14 de março e do dia 22 ao dia 29 de março sem ajuste da VRP

O dia 08, mesmo com o ajuste da VRP, apresentou uma oscilação de pressão, tendo um pico no período da noite com 36 mca, provavelmente ocasionado por alguma obstrução de sujeira na válvula que naturalmente foi arrastada e no dia 09 já volta ao padrão de pressão.

Sem o ajuste da válvula a variação de pressão é muito superior, sendo, de uma forma geral, superior no período da noite. O que era esperado, uma vez que durante o dia existe o consumo de água e conseqüentemente ocorre uma redução da pressão, como a noite não tem consumo a pressão aumenta. Além disso, este fato também ocorre devido ao consumo nas outras edificações do mesmo ramal, visto que a noite o consumo é reduzido e conseqüentemente a pressão aumenta. Ressalta-se que o ajuste de redução de pressão da rede é realizado após as 23:30 horas, ou seja, posterior aos horários nos quais foram realizadas as observações.

Além disso, os valores de pressão da rede foram ajustados durante a pandemia, uma vez que era esperado consumo muito inferior àquele observado durante períodos presenciais e com esse ajuste seria possível atender a demanda do ICC. Na Figura 5.5 pode ser visualizado os

dados de pressão na entrada do cavalete do ICC (a montante do hidrômetro), disponibilizados pela CAESB.

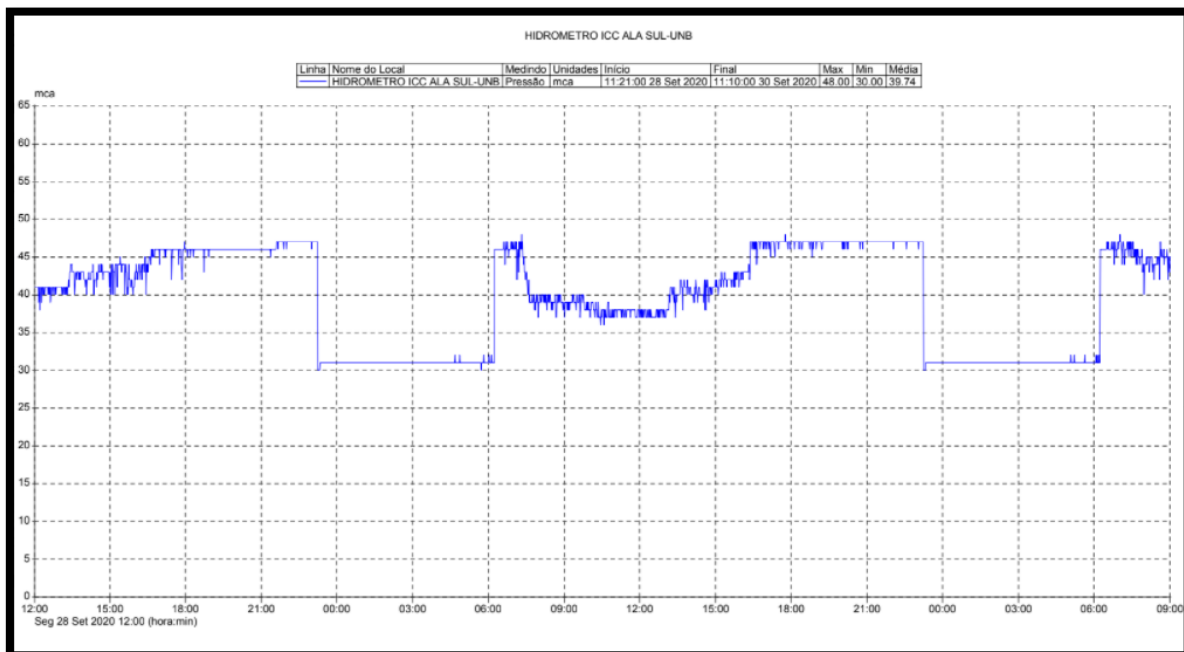


Figura 5.5 Pressão na rede de abastecimento do ICC Sul

Estes dados são de setembro de 2020, mas o padrão foi mantido devido às condições de ocupação do Campus. Pode ser visualizado que por volta das 23:30 horas a pressão é ajustada, sendo reduzida e se mantém praticamente constante um pouco acima de 30 mca até as 6:00 horas, após esse horário ocorre um novo ajuste e a pressão aumenta, ficando um pouco superior a 45 mca. Ao longo do dia, entre às 8:00 e 15:00 horas, a pressão fica entre 35 mca e 40 mca, e entre 15:00 e 18:00 horas a pressão aumenta até se manter superior a 45 mca, até o horário que ocorre o ajuste noturno da VRP.

Observa-se que o aumento da pressão no final da tarde ocorre devido à redução do consumo nesse período, visto que praticamente todas as atividades mantidas durante o período de restrição se encerraram às 17:00 horas.

Além disso, as leituras realizadas às 7:00, 13:00 e 19:00 horas apresentam uma maior oscilação de pressão, mesmo com o ajuste da VRP, isso ocorre devido à proximidade no horário de ajuste de pressão da rede no período da manhã.

Com as leituras realizadas no mês de março, durante o período sem ajuste da VRP, 88% dos dados coletados encontram-se superiores ao determinado pela NBR nº 12.218/2017, ou seja, superior a 40 mca. Entretanto, devido à localização topográfica do ICC, a norma permite a pressão de 50 mca e esse limite foi ultrapassado em duas leituras, ambas realizadas no período da noite.

Os dados encontrados em banheiro no mezanino do ICC Sul por Rabelo (2020) apontaram que 70,82% dos dados de pressão no banheiro do ICC Sul apresentaram pressão superiores a 40 mca. Já Martins (2021) encontrou que mais de 83,5% dos dados estavam superiores a 40 mca no banheiro do ICC Sul nos três turnos analisados (matutino, vespertino e noturno) durante o período de abril a julho de 2019. Além disso foi identificado que ocorria um aumento de pressão a partir das 17:00 horas.

Observa-se que os valores acima de 40 mca no período sem ajuste da VRP foram maiores, o que era esperado, visto que ocorre uma perda de carga distribuída nos condutos, mesmo estando próximo da entrada de abastecimento do ICC Sul. Entretanto o valor encontrado está muito próximo aos dados de Martins (2021). O padrão de aumento de pressão após as 17:00 horas também é mantido, uma vez que quase todas as atividades foram encerradas nesse horário e consequentemente ocorre a redução de consumo.

A Figura 5.6 apresenta os dados de pressão no período da manhã, tarde e noite. Dessa forma, fica ainda mais evidente as variações de pressão na rede e nos ramais prediais (decorrente do abastecimento direto) quando não é realizado o controle utilizando a VRP. Essa oscilação de pressão na rede é prejudicial à tubulação e favorece a presença de vazamentos e perdas com maiores volumes de água.

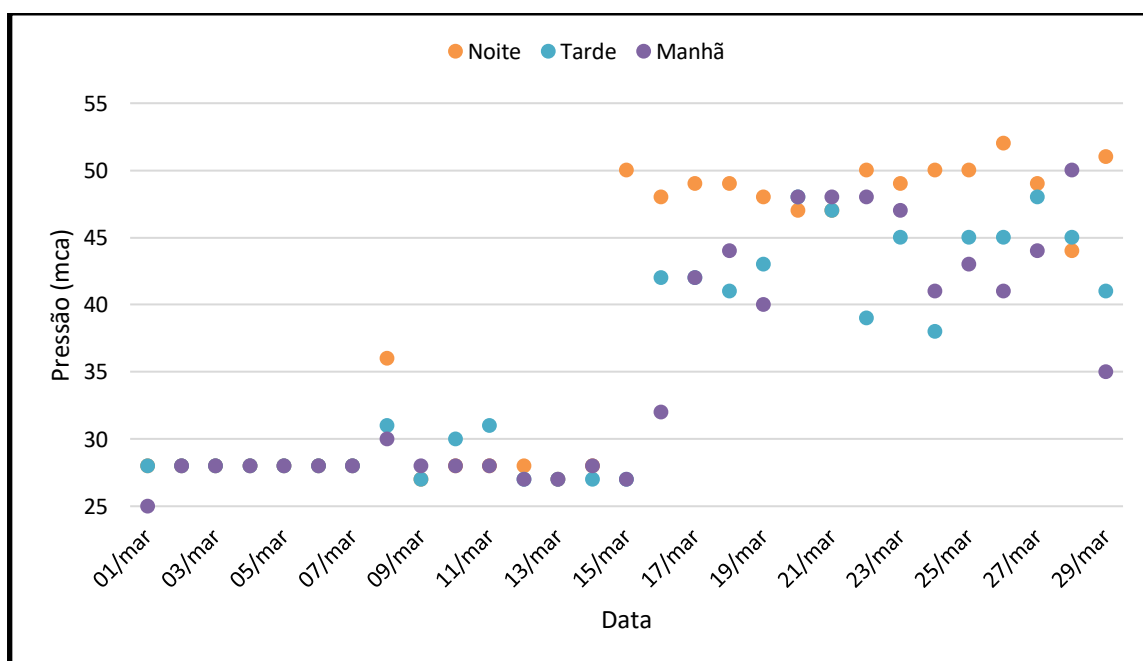


Figura 5.6 Relação de pressão (mca) nos três períodos analisados

5.3. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE VOLUME E PRESSÃO

A Figura 5.7 apresenta os dados de volume e pressão durante o mês de março no período da manhã.

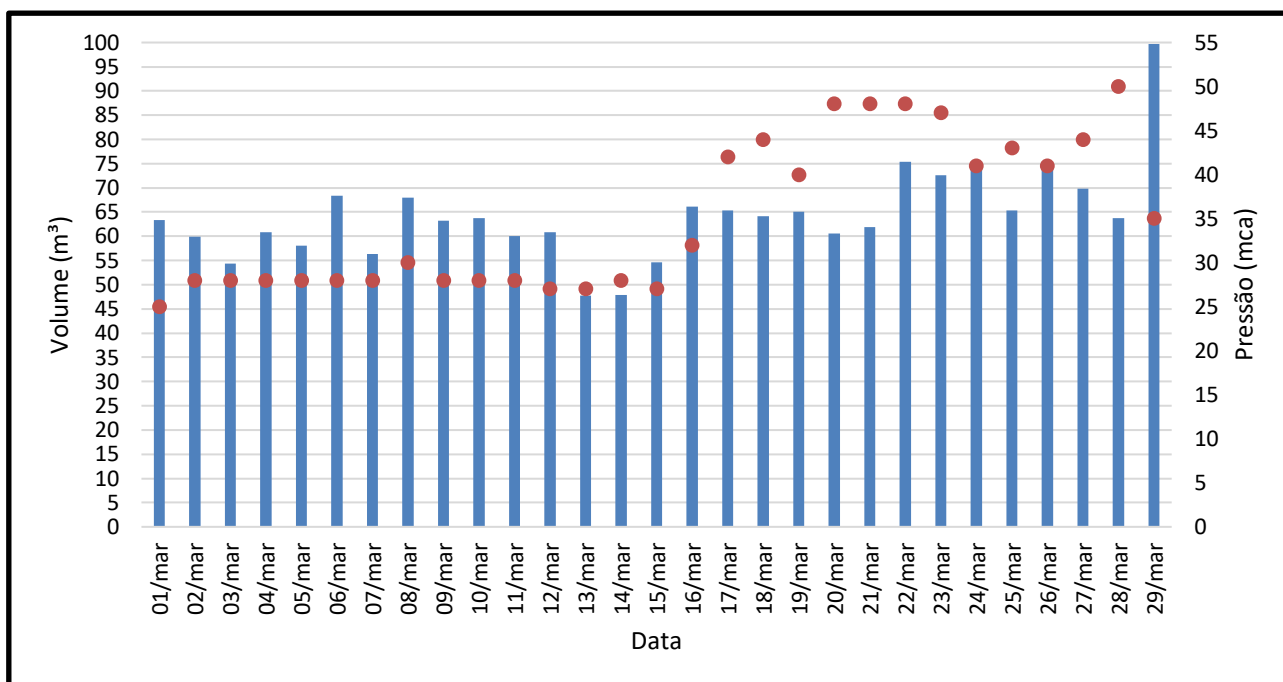


Figura 5.7 Volume (m³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos no turno da manhã

Durante o período de controle de pressão o consumo foi inferior, considerando que praticamente todo o volume de água foi perda e que uma pressão menor significa menos volume de água perdido nos vazamentos. Sem o ajuste da VRP, as oscilações de pressão foram muito maiores e com isso um maior volume de perda.

A Figura 5.8 apresenta os dados de volume e pressão durante o mês de março no período da tarde.

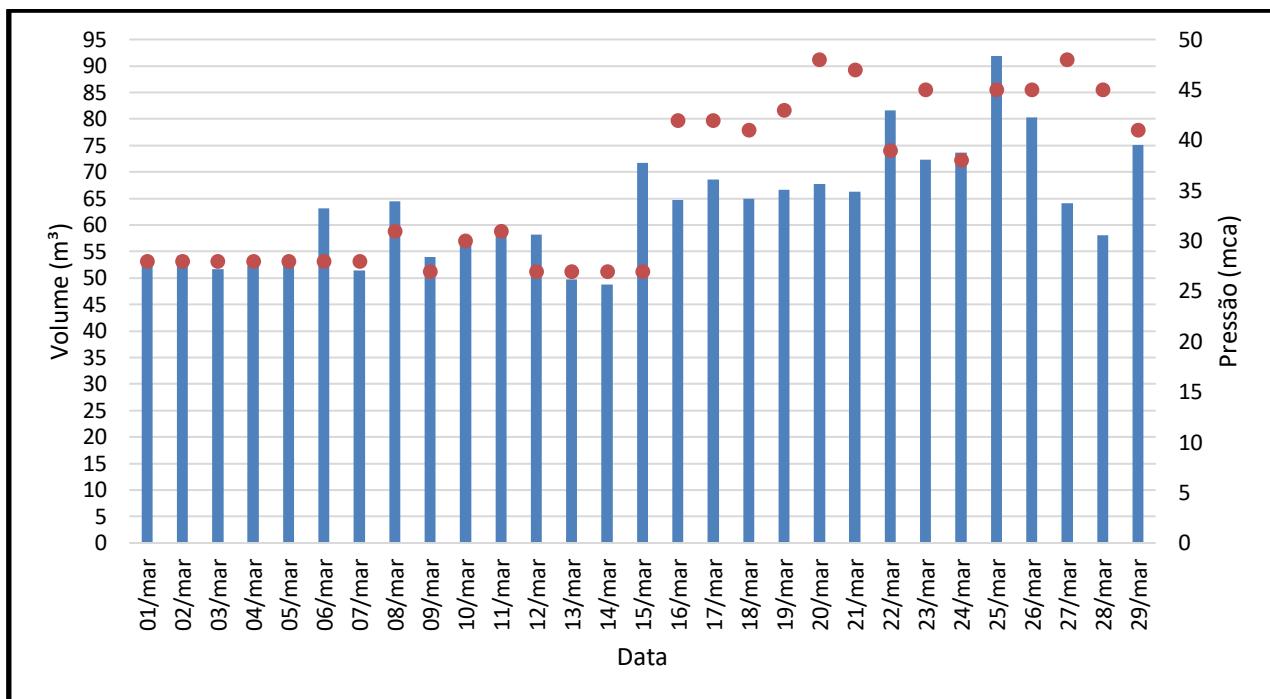


Figura 5.8 Volume (m³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos no período da tarde

Durante o ajuste da VRP, o aumento de volume consumido por dia é inferior, porém a partir do dia 08 começam a ocorrer variações de pressão. Essas variações devem ter ocorrido devido ao aumento de fluxo de pessoas, mesmo que de forma reduzida.

Nos períodos sem o ajuste da VRP é possível identificar que nos finais de semana (dias 20, 21, 27 e 28) ocorre um aumento de pressão, isso ocorre devido à redução de consumo na edificação, visto que não havia fluxo de pessoas nesse período.

A Figura 5.9 apresenta os dados de volume e pressão durante o mês de março no período da noite.

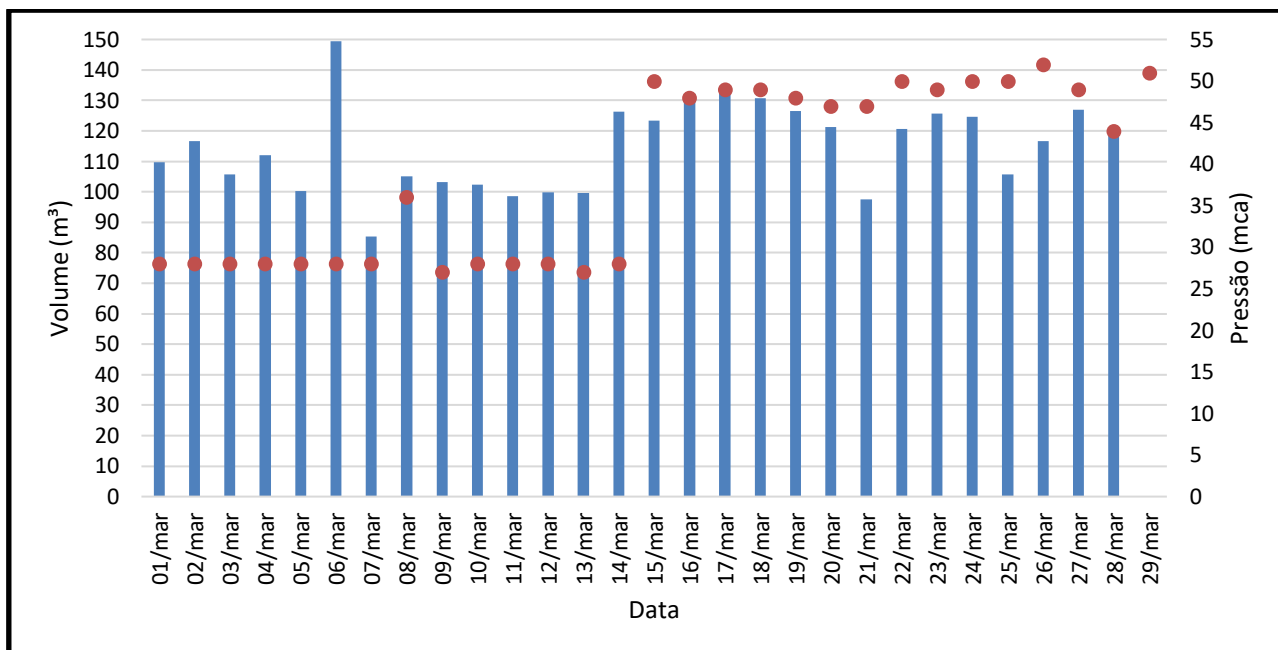


Figura 5.9 Volume (m³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos no período da noite

A partir da leitura da noite do dia 15, a VRP apresenta os dados de pressão da rede, sem ajuste. O período da noite apresenta maiores valores de pressão, quando comparado aos dados da manhã e da tarde. Porém, era esperado que os valores de consumo fossem menores, uma vez que nesse horário não teria mais o fluxo de pessoas. O aumento do volume nesse horário indica a presença de vazamentos nos ramais. Ressalta-se que o controle da VRP de montante reduz os volumes de perda de água durante esse período, uma vez que controla as pressões entre 23:00 e 6:00 para valores próximos a 30 mca. Esse fato é mais relevante para os períodos avaliados sem o ajuste da VRP, pois as pressões atingiram valores da ordem de 50 mca, enquanto que para as situações com ajuste da VRP a atuação continuaria reduzindo a pressão no ramal para aproximadamente 28 mca.

Na Figura 5.10 é possível observar a relação entre volume (m³) e pressão (mca) nos três períodos analisados, ou seja, manhã, tarde e noite.

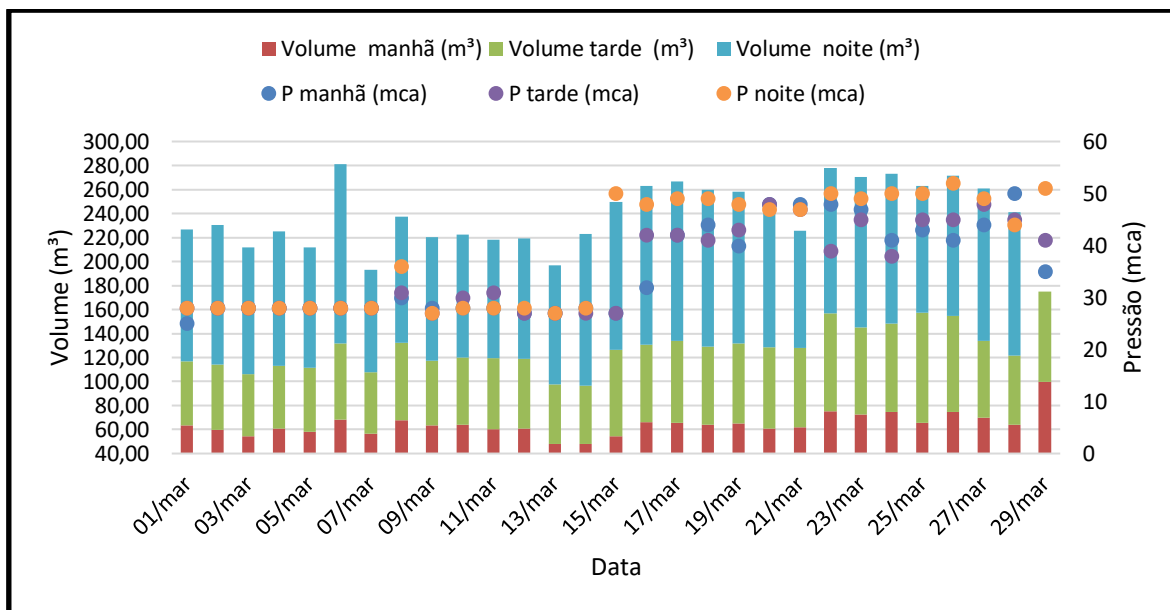


Figura 5.10 Volume (m³) nas colunas e pressão (mca) nos pontos nos três períodos analisados

5.4. ANÁLISE DOS VOLUMES DE ÁGUA EM RELAÇÃO AO FATURAMENTO

Devido a investimentos em infraestrutura devido à crise hídrica no DF, como a troca do hidrômetro em 2018, houve uma redução significativa no volume de água consumida no Campus Darcy Ribeiro. Entretanto, no início de 2020 devido à situação de saúde com o Covid 19 houve medidas de restrição e a UnB acabou suspendendo suas atividades presenciais, ficando somente os serviços essenciais para manutenção e conservação predial. Apesar das medidas de restrição o consumo em 2020 apresentou 1 m³ a mais de volume medido em relação ao ano anterior para o mês de março, o que evidenciou as suposições dos trabalhos de Martins (2019) e Rabelo (2020) sobre as perdas presentes nos ramais dos edifícios.

O ICC sempre apresentou consumos elevados devido à grande circulação de pessoas, extensão e problemas em suas instalações hidráulicas. Diversos estudos apresentaram estimativas de perda, porém com o consumo no sistema de atividades presenciais no edifício se tornava inviável estimar de forma precisa o que seria perda e o que seria consumo de fato. Em 2021 houve uma medida de restrição mais intensa entre o dia 1º de março a 03 de maio, durante esse período ficou limitada a entrada de pessoas no ICC somente às pessoas previamente autorizadas. Com isso, o fluxo de pessoas dentro do ICC deveria ser reduzido de forma significativa durante o mês de março, que foi analisado, visto que o consumo nesse período foi extremamente reduzido.

Apesar da situação vivenciada, o consumo no mês de março foi superior a quase todos os dados analisados dos últimos 5 anos, exceto em 2017, de acordo com os dados fornecidos

pela CAESB, o que evidencia as perdas no sistema hidráulico predial, como é apresentado na Figura 5.11.

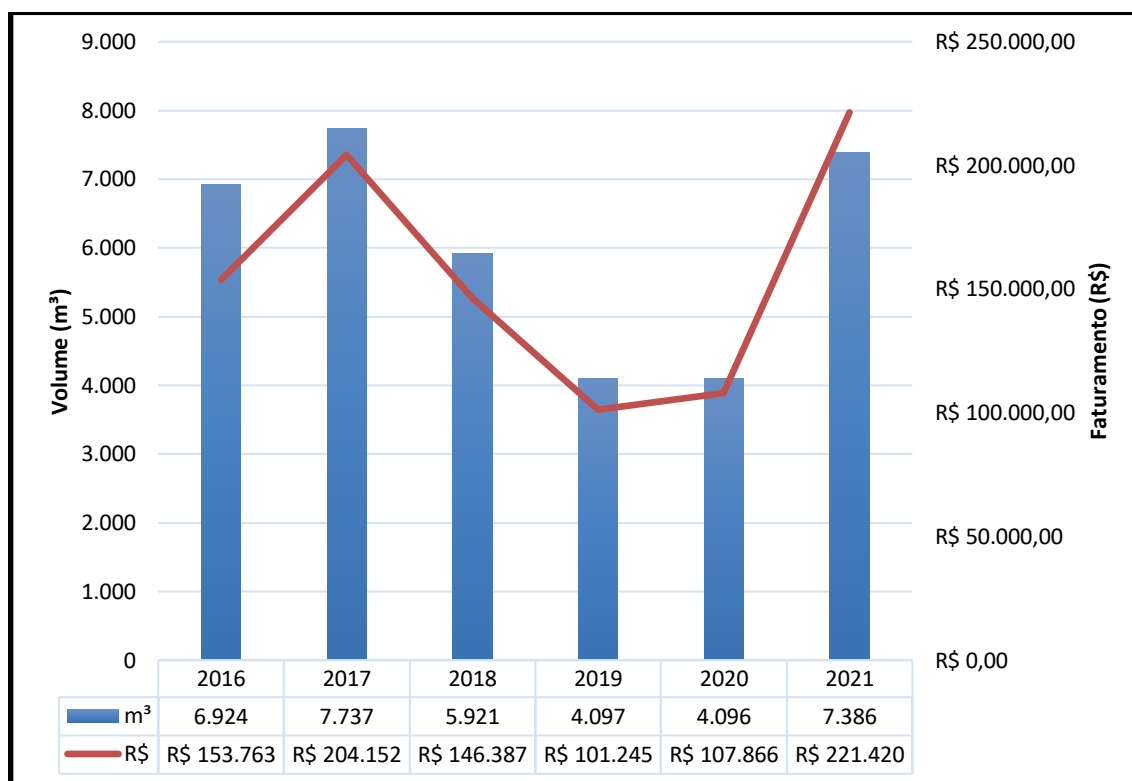


Figura 5.11 Faturamento da água no mês de março entre 2016 e 2021

Para ter o volume de consumo durante todo o mês de março foi realizada uma leitura no período da noite do dia 30 e outro no dia 31, dessa forma foi possível obter o volume medido entre o dia 1 e 31 de março, resultando em um volume de 7.491,365 m³ de água no mês. O valor encontrado está superior ao apresentado pela CAESB, isso se deve ao fato da companhia não realizar a leitura no mesmo intervalo de tempo em que foi feito este estudo, considerando sempre para o ciclo de faturamento o dia 3 de cada mês.

Segundo o Boletim de consumo mensal de água no DF, de janeiro a fevereiro de 2021, a região administrativa (RA) do plano piloto apresentou um consumo *per capita* de 217 L/hab.dia, ou seja, 0,217 m³/hab.dia. Essa RA abrange o Noroeste, Setor Militar Urbano, Asa Norte, Asa Sul, Vila Planalto, Setor de Clubes e Vila Telebrásília.

A partir dos dados de volume medido no mês de março, foi possível estimar o volume consumido por dia no ICC igual a 241,66 m³/dia. Ao relacionar esse volume por dia com o consumo per capita do plano piloto, foi encontrado que seriam necessárias 1.114 pessoas por dia dentro do ICC para atingir o consumo medido. Reforça-se que tais valores são apenas comparativos, uma vez que o ICC possui consumo em categoria de edificação pública de educação, enquanto o valor de 217 L/hab.dia se refere à RA como todo. Já adotando valores

similares aos encontrados por Yagoub *et al.* (2019) em edificações universitárias nos Emirados Árabes Unidos (de aproximadamente 40 LPD), seria necessário um contingente diário de 6.042 pessoas circulando diariamente pelas instalações do ICC.

Dessa forma, utilizando o volume encontrado na leitura dos 31 dias de mês de março, e considerando que 95% do volume encontrado foi perda, seria obtida uma perda de 7.116,8 m³ de água. Considerando o preço da água nesse mês, seria gerado um custo financeiro superior a 213 mil reais, ao longo de um ano (doze meses) isso gera um custo de 2.557.426,74 reais apenas de perdas de água nos ramais prediais do ICC.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Devido às medidas de restrição para combate ao Covid-19 estabelecidas pelo governo do Distrito Federal durante o mês de março de 2021, a circulação de pessoas dentro do ICC foi extremamente restrita. Estudos anteriormente realizados apontaram a possível presença de perda e realizaram estimativas, entretanto essas informações não poderiam ser confirmadas pois dentro dos ramais prediais é difícil identificar de forma real o que é perda e o que foi efetivamente consumido. No cenário de restrições à circulação no qual o trabalho foi realizado, foi possível identificar de forma mais objetiva o potencial de perdas em relação ao consumo de água no mês de março, para isso foram utilizados os dados de leitura de vazão (m^3/h) e pressão (mca) na entrada do ICC.

Em relação aos dados de vazão, foi realizada a análise em dois períodos distintos, sendo os horários de maior consumo encontrados na leitura das 13:00 e 15:00 horas, o que era esperado uma vez que representa parte do horário com maior fluxo de pessoas dentro do intervalo das leituras. As leituras realizadas na manhã apresentaram uma vazão inferior à da noite, indicando a presença de perdas nos ramais prediais do ICC. A partir de dados de faturamento de água foi evidenciado que, apesar da redução do fluxo de pessoas, o consumo foi superior aos dados do mês de março dos últimos 5 anos. Dessa forma, há fortes indícios de perdas de grande magnitude no ICC.

Para a análise de pressão foi utilizado a VRP na entrada do abastecimento de água do ICC Sul, durante 15 dias a válvula foi ajustada para 30 mca e os últimos 15 dias foi analisado o ajuste com a pressão da própria rede. Durante o período de ajuste a pressão se manteve, de forma geral, constante em 28 mca, entretanto a pressão está sujeita as variações de montante e por isso teve algumas variações. Ao analisar as pressões da rede, houve uma variação de 32 a 51 mca, sendo que 88% dos dados desse período ficaram superiores aos 40 mca recomendado pela norma NBR 5626/2020. Os maiores valores de pressão foram encontrados no período da noite, sem o ajuste da VRP, isso ocorre devido à superposição do efeito de oscilação de pressão na rede e do funcionamento natural da válvula. Essa variação elevada prejudica as instalações hidráulicas da edificação e favorece as perdas de água.

Ao verificar o efeito do ajuste de pressão no volume de água medido do ICC foi identificado que no período de análise sem o ajuste da VRP houve maiores oscilações de pressão, o que intensifica o volume de perdas nos vazamentos. Durante o período da noite, que não apresentaria fluxo de pessoas os consumos continuaram elevados, mesmo quando havia controle de VRP, representando a presença das perdas nos ramais da edificação.

Comparando o volume acumulado do período com ajuste da VRP (1 a 14 de março de 2021) em relação ao período sem ajuste (16 a 31 de março de 2021), sendo o dia 15 desconsiderado pois mediu a pressão da rede somente na leitura da noite, foi possível estimar que no primeiro período houve uma redução de 1.000 m³ de volume de água medido.

Além disso, considerando que o consumo na edificação foi mínimo e, portanto, 95% do volume de água foi perda, houve um desperdício de 7 mil m³ de água durante o mês de março, resultando em um custo financeiro superior a 213 mil reais. Ao considerar esse valor projetado para um ano, a UnB teria um gasto de perda de água, apenas no ICC, superior a 2 milhões de reais. Esse valor poderia ser investido em melhorias das instalações de infraestrutura do Campus e em longo prazo economia nas finanças da universidade.

Dessa forma, a execução de um projeto hidráulico e atualizações na atual instalação predial é a melhor solução para minimizar as perdas no edifício de forma eficiente, visto que as instalações hidráulicas são muito antigas e o acesso para eventuais manutenções é muito difícil. Apesar do elevado custo para elaboração e execução, a economia financeira ocasionada pelo projeto teria um impacto positivo nas finanças da universidade além de efeitos ambientais relativos à racionalização do uso da água.

Enquanto não houver a possibilidade de execução do projeto, é importante continuar o controle e monitoramento das pressões, visto que foi uma alternativa para colaborar na redução das perdas e nos gastos da UnB. O monitoramento dos dados de consumo também é de extrema relevância para identificação de perdas.

Para isso, sugere-se para trabalhos futuros:

- utilizar a telemetria para obter dados mais aprofundados de consumo;
- análise do impacto de diferentes ajustes da VRP sobre o consumo do ICC;
- análise da pressão dentro da edificação e as mudanças ocasionadas pelo ajuste da VRP na entrada do ICC.

Além disso, durante o período de ensino remoto é possível realizar estudos mais aprofundados para identificação de perdas, utilizando um período maior de análise, uma vez que este trabalho utilizou apenas dados de um mês devido ao caráter emergencial do semestre de 2/2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água. Brasília, 2015.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - procedimento. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.
- ADASA - Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Resolução ADASA nº 12 de 29 de novembro de 2019. Altera as Resoluções nº 14, de 27 de outubro de 2011, nº 15, de 10 de novembro de 2011 e nº 6, de 26 de abril de 2019 e revoga a Resolução nº 10, de 19 de maio de 2017.
- ADASA - Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Boletim de Consumo de Água no DF. Dados de janeiro a fevereiro de 2021. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/Boletim_resumo/Painel_BOLETIM_RESUMO_Fevereiro_2021.pdf. Acessado em: 07 de maio de 2021.
- Araújo, G.A.; Virgolim, V.R. (2010). Análise de consumo de água e perdas no Campus da UnB. Monografia de Projeto Final 2, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- BRASIL. Decreto nº 41.841, de 26 de fevereiro de 2021. Dispõe sobre o teletrabalho, em caráter excepcional e provisório, para os órgãos da administração pública direta, indireta, autárquica e fundacional do Distrito Federal, como medida necessária à continuidade do funcionamento da administração pública distrital, em virtude da pandemia da COVID-19 e dá outras providências. Ano L edição extra nº 15-A, Brasília – DF, 2021.
- BRASIL. Decreto nº 41.913, de 19 de março de 2021. Dispõe sobre as medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente da COVID-19 (Sars-Cov-2), e dá outras providências. Ano L edição extra nº 22-A, Brasília – DF, 2021.
- CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Tarifas e Preços. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/tarifas-e-precos.html>. Acesso em: 07 de maio de 2021.
- DPO – Decanato de Planejamento, Orçamento e Avaliação Institucional. (2019). *Anuário Estatístico da UnB*. Brasília.

- DTA A2. Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Ministério do Planejamento e Orçamento – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2003.
- Frangipani, M., Macromedição. Em: A. S. GOMES, Guias Práticos: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água (vol. 1). Brasília: Ministério das Cidades SNSA, 2007.
- Gonçalves, e., Alvim, P. R. A., Pesquisa e combate a vazamentos não visíveis. Em: A. S. GOMES, Guias Práticos: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água (vol. 3). Brasília: Ministério das Cidades SNSA, 2007.
- Gonçalves, e., Lima, C. V., Controle de pressões e operação de válvulas reguladoras de pressão. Em: A. S. GOMES, Guias Práticos: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água (vol. 4). Brasília: Ministério das Cidades SNSA, 2007.
- Heller, L.; Pádua, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Editora UFMG, Belo Horizonte – MG, 2010.
- INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia. Portaria nº 295 de 29 de junho de 2018. Aprova o Regulamento Técnico Metrológico, que estabelece requisitos técnicos e metrológicos para os medidores utilizados para medir o volume de água potável fria e água quente que escoam através de um conduto fechado em carga, que devem incorporar dispositivos que indiquem o volume totalizado.
- Lloyd Owen, David A. 2018. Smart Water Technologies and Techniques: Data Capture and Analysis for Sustainable Water Management. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Martins, M.M. (2019). Análise dos padrões de pressão e vazão nas instalações prediais de água do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro. Monografia de Projeto Final 2, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Martins, M.M.; Schleicher, A.T. (2021). Capítulo 2: Padrões operacionais das instalações prediais de água fria do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília. Água e o ambiente construído / Organizador Daniel Sant’Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.
- Matos, C.R.; Lopes, T.P.R.M. (2016). Consumo de água no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília: estudo de medidas para redução de perdas. Monografia de Projeto Final 2, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

- Ministério da Saúde Portaria de Consolidação n.º 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.
- Ministério da Saúde Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
- Oliveira, R.S. (2018). Estudo de reservatórios e redução de perdas de água na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro. Monografia de Projeto Final 2, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Perdas em sistemas de abastecimento de água: Diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Brasília, 2013.
- Rabelo, A.V.R. (2020). *ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO NO RAMAL PREDIAL DO ICC*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, NÚMERO DE PÁGINAS p. 65
- Ramos, H., Covas, D., Araújo, L. (2004). *Válvulas redutoras de pressão e produção de energia*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APAH) – 7º Congresso da Água. Disponível em: <https://www.aprh.pt/congressoagua2004/PDF/114.PDF>. Acessado em: abril de 2021.
- ReCESA. 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. Salvador, 2008.
- Santana, L. M. C.; Kiperstock, R. Caracterização preliminar de consumo de água em prédios públicos administrativos. Bahia, 2010.
- Tsutiya, M. T. Abastecimento de água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP, 2004.
- Vermesan, O., & Friess, P. (Eds.). (2015). Building the hyperconnected society: Internet of things research and innovation value chains, ecosystems and markets. Newark: River Publishers.
- Yagoub, M.M., Alsumaiti, T. S., Ebrahim, L., Ahmed, Y., Abdulla, R. (2019) “Pattern of water use at the United Arab Emirates University”. *Water*, **11**, 2652.

APÊNDICES

Apêndice 1 Dados de volume e pressão coletados no mês de março de 2021.

Apêndice 2 Volume e faturamento de água no mês de março entre 2016 e 2021.

Apêndice 3 Estimativa financeira da perda de água nos ramais do ICC.

Data	Horário	Volume (m³)	P (mca)	Qinst (m³/h)	Qmed (m³/h)	Qmed (L/s)
01/mar	09:10	161835,707	25	13,77	-	-
	15:06	161899,026	28	9,469	10,672	3,0
	21:00	161952,381	28	8,538	9,043	2,5
02/mar	09:08	162062,196	28	10,94	9,051	2,5
	15:02	162122,047	28	11,18	10,144	2,8
	20:58	162176,245	28	8,731	9,135	2,5
03/mar	09:44	162292,835	28	8,611	9,133	2,5
	15:08	162347,205	28	10,06	10,069	2,8
	20:57	162398,849	28	8,514	8,878	2,5
04/mar	09:04	162504,643	28	9,233	8,731	2,4
	15:11	162565,428	28	8,939	9,937	2,8
	21:08	162617,756	28	8,264	8,795	2,4
05/mar	09:18	162729,852	28	14,37	9,214	2,6
	15:05	162787,967	28	9,068	10,049	2,8
	21:08	162841,073	28	8,427	8,778	2,4
06/mar	09:04	162941,431	28	8,247	8,410	2,3
	15:07	163009,804	28	11,84	11,301	3,1
	20:28	163073,002	28	11,7	11,813	3,3
07/mar	09:23	163222,408	28	11,67	11,567	3,2
	15:07	163278,705	28	8,343	9,820	2,7
	21:15	163330,103	28	8,285	8,381	2,3
08/mar	07:08	163415,386	30	16,56	8,629	2,4
	12:49	163483,347	31	9,639	11,959	3,3
	19:16	163547,781	36	14,34	9,990	2,8
09/mar	07:27	163652,856	28	12,07	8,625	2,4
	13:12	163716,066	27	9,343	10,993	3,1
	19:01	163770,015	27	8,56	9,274	2,6
10/mar	07:09	163873,129	28	7,78	8,499	2,4
	13:09	163936,878	30	8,573	10,625	3,0
	19:12	163993,234	28	8,279	9,385	2,6
11/mar	07:22	164095,658	28	13,28	8,418	2,3
	13:14	164155,75	31	9,648	10,242	2,8
	19:19	164215,237	28	8,303	9,779	2,7
12/mar	07:10	164313,866	27	10,14	8,323	2,3
	13:07	164374,743	27	10,34	10,231	2,8
	19:29	164432,939	28	8,38	9,140	2,5
13/mar	07:33	164532,846	27	8,226	8,279	2,3
	13:18	164580,583	27	8,396	8,302	2,3
	19:18	164630,372	27	8,285	8,298	2,3
14/mar	07:24	164729,899	28	8,222	8,225	2,3
	13:10	164777,789	27	8,109	8,304	2,3
	19:01	164826,571	28	8,101	8,339	2,3
15/mar	09:24	164952,923	27	9,745	8,785	2,4
	14:54	165007,534	27	9,857	9,929	2,8
	21:25	165079,255	50	10,92	11,005	3,1
16/mar	09:18	165202,546	32	14,86	10,375	2,9

Data	Horário	Volume (m ³)	P (mca)	Qinst (m ³ /h)	Qmed (m ³ /h)	Qmed (L/s)
	15:02	165268,624	42	12,04	11,526	3,2
	20:49	165333,283	48	10,85	11,181	3,1
17/mar	09:24	165465,57	42	11,78	10,513	2,9
	15:01	165530,886	42	11,89	11,628	3,2
	21:06	165599,432	49	10,8	11,268	3,1
18/mar	09:41	165732,267	44	10,97	10,557	2,9
	15:11	165796,429	41	12,61	11,666	3,2
	20:59	165861,354	49	10,91	11,194	3,1
19/mar	09:35	165992,069	40	12,49	10,374	2,9
	15:10	166057,115	43	10,46	11,651	3,2
	21:12	166123,782	48	11,02	11,050	3,1
20/mar	09:36	166250,224	48	10,71	10,197	2,8
	15:13	166310,848	48	10,67	10,793	3,0
	21:29	166378,584	47	11,03	10,808	3,0
21/mar	09:30	166499,763	48	10,72	10,084	2,8
	15:17	166561,672	47	10,67	10,705	3,0
	21:26	166627,926	47	10,78	10,773	3,0
22/mar	07:13	166725,48	48	11,16	9,972	2,8
	13:12	166800,835	39	12,05	12,595	3,5
	19:24	166882,503	50	10,94	13,172	3,7
23/mar	07:10	167003,244	47	11,01	10,261	2,9
	13:17	167075,841	45	11,02	11,868	3,3
	19:14	167148,188	49	11,21	12,159	3,4
24/mar	07:14	167273,773	41	13,91	10,465	2,9
	13:17	167348,596	38	12,68	12,367	3,4
	19:35	167422,202	50	11,02	11,683	3,2
25/mar	07:37	167546,916	43	13,23	10,364	2,9
	12:55	167612,295	45	11,12	12,336	3,4
	20:42	167704,133	50	10,85	11,800	3,3
26/mar	07:07	167809,775	41	12,82	9,982	2,8
	13:03	167884,27	45	10,68	12,556	3,5
	19:45	167964,576	52	11,43	11,986	3,3
27/mar	07:15	168081,301	44	12,1	10,150	2,8
	13:13	168151,104	48	10,76	11,698	3,2
	19:02	168215,258	49	10,96	11,029	3,1
28/mar	07:23	168342,209	50	11	10,279	2,9
	13:17	168405,931	45	10,6	10,800	3,0
	18:46	168463,948	44	10,52	10,581	2,9
29/mar	07:17	168583,505	35	10,14	9,552	2,7
	15:12	168683,201	41	13,06	12,593	3,5
	21:36	168758,291	51	11,28	11,733	3,3
30/mar	21:35	169036,903	51	11,21	11,617	3,2
31/mar	21:10	169327,072	51	11,33	12,304	3,4

Apêndice 1 Dados de volume e pressão coletados no mês de março de 2021.

Ano	m ³	R\$
2016	6.924	153.763,48
2017	7.737	204.152,52
2018	5.921	146.387,74
2019	4.097	101.245,66
2020	4.096	107.866,36
2021	7.386	221.420,33

Apêndice 2 Volume e faturamento de água no mês de março entre 2016 e 2021.

Volume do mês (m³)	7.491,36
Porcentagem de perda	0,95
Volume de perda (m³)	7.116,80
Custo da água (R\$)	14,97
Valor fixo da água (R\$)	21,00
Valor tratamento de esgoto	100% do valor do tratamento da água
Custo da perda no mês de março de 2021 (R\$)	213.118,89
Custo da perda em um ano (R\$)	2.557.426,74

Apêndice 3 Estimativa financeira da perda de água nos ramais do ICC.