



ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO NO RAMAL PREDIAL DO ICC

ALEXANDRE VIEIRA RABELO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL II

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO NOS RAMAIS PREDIAIS
DO ICC**

ALEXANDRE VIEIRA RABELO

ORIENTADOR: ARTHUR TAVARES SCHLEICHER

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA

CIVIL II

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2020

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

**ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO NOS RAMAIS PREDIAIS
DO ICC**

ALEXANDRE VIEIRA RABELO

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 CIVIL.

APROVADA POR:

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

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

**FELIPE DOMINGOS VELOSO DA FONSECA, Eng. (CAESB)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 17 DE DEZEMBRO DE 2020.

FICHA CATALOGRÁFICA

RABELO, ALEXANDRE VIEIRA

ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO NO RAMAL PREDIAL DO ICC.

xii, 65 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2020)

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Consumo de água

2. Pressão

3. VRP

4. Perdas de água

I. ENC/FT/UnB

II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Alexandre Vieira Rabelo

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise de consumo e pressão no ramal predial do ICC.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2020

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.

Alexandre Vieira Rabelo

alexandrev_2612@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço aos meus pais, Celestino e Keila, por sempre acreditarem em mim e por me proporcionarem essa oportunidade de vitória na conclusão do curso superior, além de estarem sempre presentes e me apoiando em todos os momentos.

Á minha querida e maravilhosa irmã, Amanda, que sempre foi uma pessoa paciente e pronta para ajudar, não importando a situação. Sempre serei grato por sua companhia, por seu jeito meigo e sua forma única de dar a mão.

Ao meu orientador, Prof. Arthur, pela orientação na concretização e desenvolvimento desse trabalho de conclusão de curso. Agradeço por ter compartilhado seus valiosos conhecimentos e por sua paciência e tranquilidade em todos os momentos.

Um agradecimento especial a minha querida Turma 102, a melhor turma de toda civil, pela valiosa troca de conhecimentos ao longo dos incontáveis semestres juntos.

Aos meus queridos amigos, que me acompanham desde o ensino médio, os famosos e implacáveis espartanos. AUH!

E a todas as pessoas da minha família, colegas e amigos que participaram dessa minha formação, pois elas propiciaram a pessoa que eu sou hoje.

RESUMO

O trabalho apresenta os resultados de análise do consumo e da pressão nas instalações prediais do Instituto Central de Ciências, localizado na Universidade de Brasília, com o objetivo de evidenciar a grande perda de água presente na edificação, sendo os resultados apresentados em forma de tabelas e gráficos para uma melhor representação.

Das partes concretizadas no trabalho, realizou-se uma comparação dos dados de consumo em diferentes anos (2007 – 2020), com um foco no ano de 2020 com a perspectiva da pandemia do Coronavírus (COVID-19). Nesse quesito, foi observado um aumento desproporcional de consumo de água em um período na qual o ICC apresentou um fluxo mínimo de pessoas e, conseqüentemente, deveria haver uma redução. Entretanto, no ano de 2020 houve um aumento no consumo de água de 37,9% em relação a 2019, tendo picos de consumo de 9,4 mil m³ em um único mês. Essas análises e observações foram essenciais para determinar uma estimativa do índice de perda de água (IP) na instalação e das possíveis economias aos cofres públicos no decorrer de 2020.

Conjuntamente, foram realizadas diversas medições de pressão, com auxílio de manômetros, nos dois extremos da edificação e uma análise comparativa do consumo de água com as pressões observadas. Tal pesquisa possibilitou uma grande quantidade de dados ao longo do ICC, na qual 59,41% dos dados medidos estão fora da zona limite preconizada pela norma técnica NBR 5626/2020, associando-se um elevado potencial de rompimentos das tubulações. Por essas razões, a Válvula Redutora de Pressão (VRP) é uma ótima solução para o sistema, auxiliando na redução das variações bruscas de pressões que ocorrem ao longo do dia e no percentual de perda de água nas instalações. Para tal, foram realizados cálculos de relação entre a vazão e o diâmetro necessário para o ideal funcionamento da válvula no ICC.

O trabalho realizado é uma contribuição para ampliar o conhecimento sobre os problemas presentes no Instituto Central de Ciências, onde é perceptível o enorme prejuízo financeiro gerado em suas instalações. Esses valores poderiam ser aplicados em várias áreas na Universidade, para o usufruto dos alunos da instituição, melhorando a qualidade do ensino.

Palavras-chave: Água; Consumo de água; Instalações prediais; Medição; Pressão; Perdas;

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	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	4
3.2	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL.....	5
3.2.1	TUBULAÇÕES DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL.....	7
3.3	PRESSÃO.....	8
3.3.1	PRESSÃO NOS RAMAIS PREDIAIS.....	9
3.3.2	VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO HIDRÁULICA.....	11
3.4	CONSUMO DE ÁGUA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO.....	17
3.4.1	USOS FINAIS DE ÁGUA NO ICC.....	19
3.5	PERDA DE ÁGUA.....	22
3.5.1	PERDAS REAIS E APARENTES.....	22
3.5.2	ÍNDICE DE PERDAS.....	27
4	METODOLOGIA.....	32
4.1	DEFINIÇÃO DA ÁREA PESQUISADA.....	32
4.2	DADOS NECESSÁRIOS.....	34
4.2.1	OBTENÇÃO DOS DADOS DE PRESSÃO.....	34
4.2.2	OBTENÇÃO DOS DADOS DE CONSUMO PREDIAL.....	36
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
4.3.1	POWER BI.....	37
4.3.2	BOXPLOT.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
5.1	ANÁLISE DO CONSUMO PREDIAL.....	40
5.2	ANÁLISE DOS DADOS DE PRESSÃO.....	48

6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Custos relativos das etapas dos sistemas de abastecimento de água (Fonte: Tsutiya, 2006).....	4
Tabela 3.2 - Estimativa do volume perdido dos vazamentos nos pontos de consumo.....	10
Tabela 3.3 – Vazões conforme tamanho disponível (Fonte: Catálogo BERMAD, p. 5)	15
Tabela 3.4 – Previsão de consumo de água (Fonte: Tsutiya, 2006, modificada)	19
Tabela 3.5- Perdas físicas em sistemas de abastecimento de água (Silva, 2003).....	23
Tabela 3.6- Principais causas de vazamento de água. (Silva, 2003)	24
Tabela 3.7- Características principais das perdas reais e aparentes (GO Associados, 2020)...	26
Tabela 5.1 –Tabela de Consumo no ICC em m ³ de 2007 a 2020	40
Tabela 5.2 –Tabela de Consumo no ICC em m ³ de 2007 a 2020 (reformulada).....	42
Tabela 5.3 –Tabela de Consumo x Custo nos meses de 2020	45
Tabela 5.4 –Demanda corrigida (l/d) no ICC	46
Tabela 5.5 –Tabela de Demanda para 2020	46
Tabela 5.6 –Tabela de análise do Custo Real x Custo Previsto	47
Tabela 5.7 –Tabela do cálculo do IPD	48
Tabela 5.8 – Pressão Média, Máxima e Mínima registrados na Parte Norte do ICC.....	49
Tabela 5.9 - Pressão Média, Máxima e Mínima registrados na Parte Sul do ICC	49

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 3.1 – Equação da pressão absoluta	8
Equação 3.2 – Equação da pressão manométrica	8
Equação 3.3 – Equação da pressão dinâmica	8
Equação 3.4 – Equação do Indicador de consumo <i>per capita</i>	20
Equação 3.5 – Equação da demanda diária	20
Equação 3.6 – Equação do Indicador de consumo <i>per area</i>	20
Equação 3.7 – Equação da demanda diária	21
Equação 3.8 – Equação do Índice de Perdas na Distribuição (IPD).....	28
Equação 4.1 – Equação da Amplitude Interquartílica	39
Equação 4.2 – Equações do comprimento da caixa do <i>Boxplot</i>	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1- Sistema de abastecimento direto (Creder, 2006)	5
Figura 3.2- Sistemas de abastecimento indireto por bombeamento (esquerda) e por gravidade (direita).	6
Figura 3.3 - Sistema de abastecimento indireto hidropneumático. (Creder, 2006)	7
Figura 3.4 – Modo genérico de funcionamento de uma válvula redutora de pressão do tipo convencional. (RAMOS et al., 2004 - reformulada)	12
Figura 3.5 – Válvula redutora de pressão selecionada para o ICC	14
Figura 3.6 – Desenho esquemático de uma VRP tipo Globo com seus componentes (passagem inclinada)	14
Figura 3.7 – Gráfico de Velocidade de circulação (Fonte: Catálogo BERMAD, p. 6)	16
Figura 3.8 – Gráfico de Velocidade de circulação para a Vazão calculada (Fonte: Catálogo BERMAD, p. 6)	17
Figura 3.9 – Volume consumido por categoria nos anos de 2017 a 2019 (ADASA, 2020)	18
Figura 3.10 – Evolução de perdas na distribuição de água no Brasil (TrataBrasil, 2020)	22
Figura 3.11 - Principais causas de perdas aparentes (ABES, 2015)	25
Figura 3.8 – Determinação do nível de eficiente de perdas em um sistema de abastecimento (Fonte: IWA)	26
Figura 3.9 - Modelo de Balanço Hídrico proposto pela IWA (IWA, 2000)	27
Figura 3.10- Modelo de Balanço Hídrico utilizado pela CAESB (ADASA, 2018)	28
Figura 3.11- Balanço Hídrico do Brasil em 2018 (SNIS ,2020)	28
Figura 3.12- Comparação dos índices de perdas internacionais (SNIS, 2020)	29
Figura 3.13 - Volumes produzidos e utilizados no DF (CAESB, 2019)	30
Figura 3.14 - Índice de perdas do sistema de abastecimento no DF (CAESB, 2019)	30
Figura 3.15- Índices de perdas no DF por categorias. (CAESB, 2019)	31
Figura 4.1- Área de pesquisa	33
Figura 4.2 - Abastecimento direto do ICC	33
Figura 4.3- Manômetro Registrador (Fonte: ZURICH – Manual Z.10.RG.)	34
Figura 4.4 - Caixa de proteção de madeira	35
Figura 4.5 - Caixa de proteção com o manômetro	35
Figura 4.6 - Hidrômetro completo com o Sensor Ultrassônico	36
Figura 4.7- Indicadores de Consumo (Barbosa et al., 2018)	37

Figura 4.7 – Representação das informações contidas no Boxplot. (Neto et al.,2017).....	39
Figura 5.1 – Gráfico da média móvel no ano de 2007	41
Figura 5.2 – Gráfico de Consumo (m ³) por ano	43
Figura 5.3 – Gráfico de Consumo (m ³) por mês em 2018.....	44
Figura 5.4 – Gráfico de Consumo (m ³) por mês em 2020.....	45
Figura 5.5- Consumo real (m ³) x Demanda Estimada (m ³).....	47
Figura 5.6 – Gráfico da Média de Pressão pelo Horário da Zona Norte	50
Figura 5.7 – Gráfico da Média de Pressão pelo Horário da Zona Sul.....	50
Figura 5.8 – Histograma da zona Norte.....	51
Figura 5.9 – Histograma da zona Sul	51
Figura 5.10 – Boxplot da Parte Norte do ICC	52
Figura 5.11 – <i>Boxplot da Parte Sul do ICC</i>	53
Figura 5.12 – <i>Boxplot</i> por dia semana da Parte Norte do ICC	54
Figura 5.13 – <i>Boxplot por Horário do dia na Parte Norte do ICC</i>	55
Figura 5.14 – <i>Pressões no ICC Norte</i>	57
Figura 5.15 – <i>Pressões no ICC Sul</i>	58
Figura 5.16 – Localização da VRP em relação ao ICC	59
Figura 5.17 – Consumo dos meses de setembro e outubro de 2020.....	60

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIações

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
- ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
- BCE – Biblioteca Central da UnB
- CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
- COPLASA – Tecnologia em Injeção e Sopro de Termoplásticos
- DF – Distrito Federal
- DTA – Documento Técnico de Apoio
- ENC – Departamento de Engenharia Civil
- ETA – Estações de Tratamento de Água
- FE – Faculdade de Educação
- ICC – Instituto Central de Ciência
- IWA – International Water Association
- IPD – Índice de Perdas de Distribuição
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- NBR – Norma Brasileira
- PDSB – Plano Distrital de Saneamento Básico
- PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
- ProIC – Programa de Iniciação Científica
- SAA – Sistema de Abastecimento de Água
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SSAE – Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto
- UnB – Universidade de Brasília
- VRP – Válvula Redutora de Pressão

1 INTRODUÇÃO

A base de toda a vida está ligada aos recursos hídricos, que são indispensáveis para a manutenção da vida e conectada diretamente com o desenvolvimento das comunidades. Eles estão presentes desde o simples ato de nutrição do corpo humano, como em processos complexos de reciclagem, reações químicas e intensivo uso industrial. Por causa disso, durante toda a história, vêm sendo desenvolvidos métodos para obter e distribuir água potável para a comunidade, sendo necessários diversos séculos para se alcançar a forma de saneamento básico utilizada hoje, na qual ainda estão presentes diversos problemas que demandam novas melhorias e tecnologias.

Entende-se como sistema de abastecimento: “Conjunto de instalações destinadas a captar, transportar, tratar, reservar e distribuir água, compreendendo as unidades operacionais necessárias ao abastecimento” (NBR 12.218-17). Sua enorme complexidade e extensão torna difícil o seu dimensionamento, manutenção e operação, acarretando vários problemas.

Essas irregularidades nos sistemas de abastecimento advêm, principalmente, das perdas de água geradas pelo sistema e nos erros de operação e manutenção hidráulica das redes de distribuição, gerando prejuízos elevados para a sociedade como um todo. No setor de saneamento básico, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2018 o desperdício de água nas redes de distribuição chega em proporções de 38,5% da água produzida. Nesse aspecto, em relação ao DF, a Caesb possuiu um índice menor que a da faixa nacional, abrangendo 34,5%. Contudo, a estimativa do prejuízo recai em R\$ 43 milhões com ligações clandestinas em 2018 e um desvio de 8,7 milhões de m³/ano.

Esses problemas relacionados as perdas por vazamentos também ocorrem no Instituto Central de Ciências, localizado na UnB, e, diante das observações já realizadas no local (Araújo e Virgolim, 2010; Matos e Lopes, 2016; Oliveira, 2018; Rabelo, 2019; Marques, 2019), nota-se que tem causado forte prejuízo para a universidade. Essas perdas estão relacionadas a diversos fatores, como por exemplo: a grande pressão recebida pela ligação direta da água com a rede da CAESB; pela grande idade das tubulações; pela ausência de reservatórios de água e/ou pelos erros de medição de hidrômetros.

Para mitigar esses fatores causadores das perdas de água nas instalações prediais do ICC é realizado uma serie eficaz de monitoramento das redes de consumo, na qual foi instalada no

final de 2018 um sistema de telemetria responsável pelo envio e atualização das informações. Esse sistema foi fundamental para a confecção dos dados de pressão e consumo predial e suas respectivas análises na perda de água.

Por conseguinte, uma análise aprofundada dos dados referidos é imprescindível para analisar os fatores de alta pressão nos ramais prediais, suas devidas vazões e volumes. Para verificar a confiabilidade será necessária uma análise adequada por meio de valores coletados em campo de pressão nos ramais prediais, vazão e um estudo de demanda detalhada. Essas garantias possibilitaram uma análise das perdas de água e seu comportamento hidráulico.

Para minimizar o fator principal da causa das perdas de água que são as altas pressões no ICC, a instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP) é uma vertente utilizada para controle e a uniformização delas, na qual é acrescida uma perda de carga localizada mediante dissipação de carga hidráulica. Por meio disso, será determinada uma possível utilização de VRP nas redes, suas características e as consequências de sua utilização.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como objetivo geral analisar o comportamento hidráulico do ramal de entrada e alguns pontos estratégicos das instalações prediais do Instituto Central de Ciências na Universidade de Brasília por meio de dados de consumo de água e pressão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Visando atender o objetivo geral, o trabalho busca analisar o comportamento hidráulico das instalações prediais do ICC. Portanto, os objetivos específicos estão baseados nos seguintes itens:

- Comparação dos dados de consumo predial em diferentes anos;
- Comparação do consumo e da pressão em relação ao momento de pandemia em 2020;
- Análise da frequência de pressões e sua ligação ao consumo predial na edificação;
- Estimativa da perda de água e dos prováveis custos de sua consequência;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Tanto para pequenas comunidades como para grandes cidades, um sistema de abastecimento de água, em linhas gerais, varia nas características hidráulicas (diâmetro, material, rugosidade e entre outros) e no porte de suas instalações. Caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades. A Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA – subdivide o sistema nas unidades apresentadas:

- I. Captação: ocorre a retirada da água bruta dos mananciais superficiais e subterrâneos;
- II. Adução: conexão e transporte da água do manancial até as Estações de Tratamento de Água - ETA;
- III. Tratamento: processos físicos e químicos de tratamento da água, sendo responsável pela descontaminação da água e sua correta adaptação para consumo;
- IV. Reservação: Bombeamento da água das ETA's para os reservatórios;
- V. Distribuição: Última etapa do processo, na qual a água é transportada para o consumo final.

Em todo esse sistema, a parte mais próxima do consumidor e a que necessita de maior controle de qualidade e de suas perdas, conforme Tsutiya (2006), é a rede de distribuição, visto que nela estão concentrados os maiores custos relativos. Na Tabela 3.1 está demonstrado as porcentagens de cada uma dessas partes do sistema de abastecimento de água considerando um sistema convencional, sendo P a população em habitantes.

Tabela 3.1- Custos relativos das etapas dos sistemas de abastecimento de água (Fonte: Tsutiya, 2006)

Partes constituintes do sistema	Custo (%)			
	P≤10.000	10.000< P ≤ 40.000	40.000 < P ≤ 100.000	P> 100.000
Captação	30	20	8	3
Adução	8	9	11	11
Bombeamento	6	5	5	1
Tratamento	12	9	9	5
Reservação	6	6	6	4
Distribuição	38	51	61	76

Conforme a tabela observada, a relevância da etapa de distribuição possui um peso grande no custo do sistema e apresenta uma sequência crescente no decorrer do aumento da quantidade de população.

3.2 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL

O abastecimento das instalações prediais de água fria pode ser proveniente da rede pública ou de fonte particulares, como os poços. Através delas, são utilizadas para diversas finalidades; como, por exemplo, consumo, combate a incêndio, lavagem de pisos, uso industrial, entre outros. Esse sistema de distribuição predial é compreendido por várias partes:

- i. Ramal predial ou ramal externo – trecho de ligação entre a rede pública e o aparelho medidor (hidrômetro);
- ii. Alimentador Predial ou ramal interno de alimentação – trecho entre o hidrômetro e a primeira derivação, ou até a válvula de flutuador na entrada do reservatório;
- iii. Distribuição – compreende os elementos destinados a levar a água aos pontos de consumo.

Para o devido consumo da água, a distribuição predial pode ser classificada em sistema direto e sistema indireto (por gravidade, por bombeamento e o hidropneumático).

No abastecimento pelo sistema direto de distribuição, presente no Instituto Central de Ciências, todos os componentes hidráulicos da residência são abastecidos pela própria rede pública, sendo necessário continuidade e pressão suficientes no abastecimento para o desempenho adequado da instalação. Tal sistema está esquematizado na Figura 3.1.

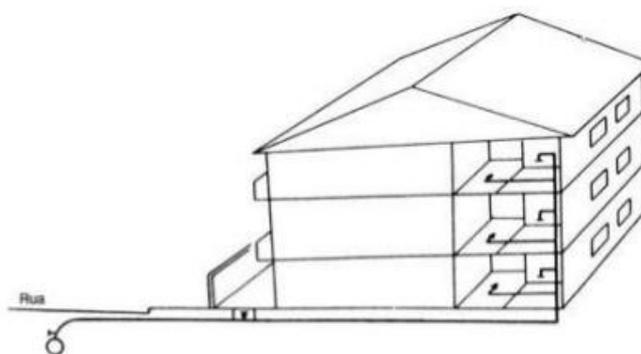


Figura 3.1- Sistema de abastecimento direto (Creder, 2006)

Nesse tipo de abastecimento direto, a água possui uma melhor qualidade devido a presença de cloro residual na rede de distribuição, maior pressão disponível e um menor custo de instalação. Contudo, as desvantagens estão ligadas a falta de água no caso de interrupção no sistema de abastecimento, grandes variações de pressão ao longo do dia relacionadas aos picos de maior ou de menor consumo na rede pública e pressões elevadas em prédios situados nos pontos baixos da cidade.

O abastecimento indireto, por sua vez, é composto por três métodos: o por gravidade, o com bombeamento e o hidropneumático. Quando a pressão é suficiente, mas sem continuidade, há necessidade de um reservatório superior, e a alimentação do prédio será descendente, caracterizando o método por gravidade. Contudo, quando a pressão é insuficiente, é necessário posicionar um reservatório inferior e outro superior. Nessa forma, a distribuição será descendente, e com necessidade de bombeamento. Esse método é muito usual em grandes prédios, que necessitam de grandes reservatórios de acumulação (cisternas), sendo imprescindível as bombas de recalque. (Creder, 2006). Os sistemas indiretos de abastecimento são apresentados na Figura 3.2.

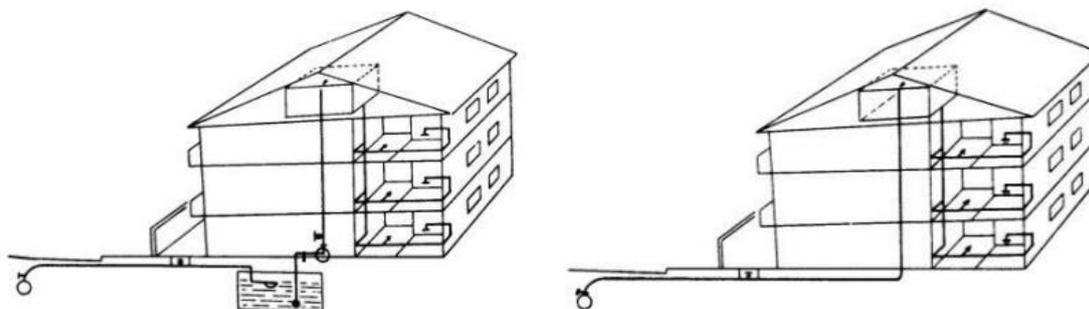


Figura 3.2- Sistemas de abastecimento indireto por bombeamento (esquerda) e por gravidade (direita). (Creder, 2006).

Além disso, o método indireto de sistema hidropneumático dispensa o reservatório superior, contudo, possui diversas complexidades e uma instalação excessivamente cara. Nesse caso, é utilizado apenas em casos especiais quando há necessidade de pressão em determinado ponto da rede que não pode ser abastecida pela forma convencional (gravidade). Esse sistema (Figura 3.3) utiliza um equipamento responsável pela pressurização da água através do reservatório inferior, que é abastecido pela rede pública.

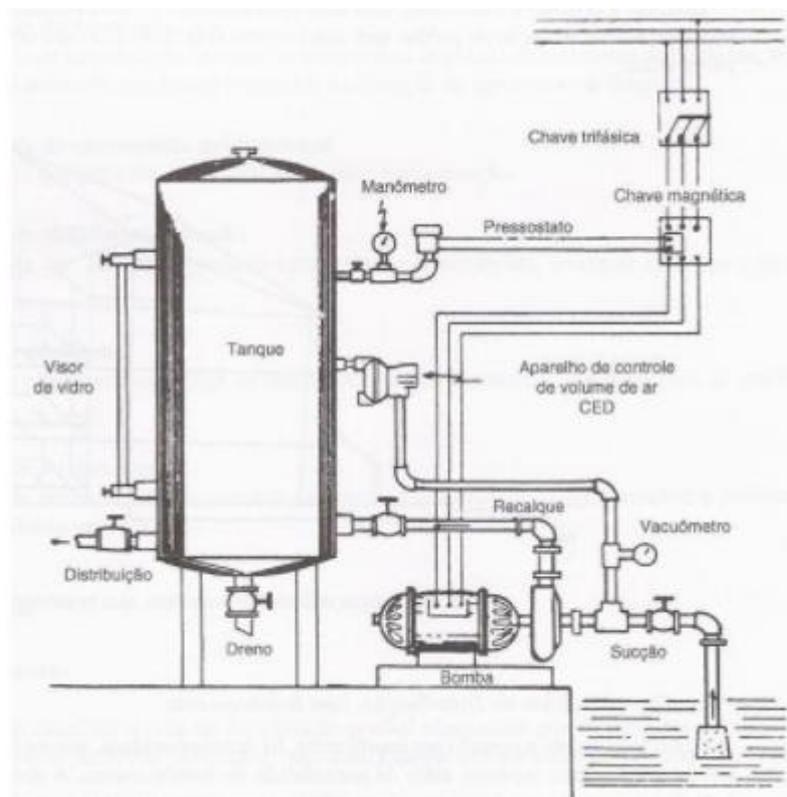


Figura 3.3 - Sistema de abastecimento indireto hidropneumático. (Creder, 2006)

Ademais, os projetos de instalação predial de água fria devem fornecer um contínuo fluxo de água aos usuários e em uma quantidade suficiente, além de limitar certos valores de pressão e velocidade e preservar a qualidade da água. Para tal, são utilizadas técnicas de distribuição e reservação coerentes e adequadas, propiciando aos usuários boas condições de higiene, saúde e conforto.

3.2.1 TUBULAÇÕES DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL

De acordo com a NBR 5626, as tubulações e suas conexões do sistema de distribuição predial podem ser compostas por diferentes tipos de materiais, como o aço galvanizado, cobre, ferro fundido, PVC rígido e outros materiais que satisfaçam a condição de pressão exigidas no sistema. Esses materiais devem ser próprios para a condução de água potável e devem ter especificações para recebimento, relativo a cada um deles, inclusive métodos de ensaio.

Os tubos e conexões mais empregados nas instalações prediais de água fria são os de aço galvanizado e os de PVC rígido, que possuem forte presença na edificação da UnB. Os tubos de aço galvanizado suportam pressões elevadas, sendo comercializados pela referência de seu

valor de diâmetro interno. Por sua vez, os tubos de PVC rígido são um tipo de plástico muito versátil, pois é bastante duro e tenaz, atendendo uma ampla gama de propriedades e funções.

3.3 PRESSÃO

Pressão ou tensão é a força por unidade de área exercida pela fluido em todas as direções de uma superfície, no caso, as paredes de um condutor com uma determinada seção. Existem diversos tipos de pressão, entre elas, a pressão absoluta e relativa.

A pressão absoluta tem como referência o espaço sem ar do universo, sendo a pressão total de um certo ponto ou lugar, ou seja, é o somatório de todas as contribuições para o aumento da mesma. Para um ponto no interior de um fluido, temos que:

$$P_{absoluta} = P_{externa} + d \cdot g \cdot \Delta h \quad (\text{Equação 3.1})$$

Onde,

d = densidade do líquido (kg/m^3);

g = aceleração da gravidade (m/s^2);

Δh = altura de líquido no ponto (m).

Caso a pressão externa for o meio ambiente, então ela é equivalente a pressão atmosférica. O planeta Terra é envolvido por uma camada gasosa que é constituída por uma mistura de gases e o peso que essa camada gasosa exerce sobre o planeta é a pressão atmosférica.

Além disso, a diferença entre a pressão absoluta e a pressão atmosférica é conhecida como pressão manométrica (pressão relativa).

$$P_{manométrica} = P_{absoluta} - P_{atmosférica} = d \cdot g \cdot \Delta h \quad (\text{Equação 3.2})$$

Por outro lado, nas instalações prediais, devemos considerar três tipos de pressão: estática, dinâmica e a de serviço. A pressão estática refere-se a pressão quando a água está parada dentro da tubulação, sendo medida pela altura de coluna de água. Ela normalmente é a diferença entre o nível do ponto de consumo e a do reservatório superior. A pressão dinâmica, por sua vez, é verificada quando a água está em movimento, e seu valor é expresso pela pressão estática menos as perdas de carga distribuída e localizada, como demonstrado pela Equação 3.3.

$$P_{dinâmica} = P_{estática} - \text{Perda de carga} \quad (\text{Equação 3.3})$$

Além disso, a pressão de serviço é a pressão máxima que podemos aplicar a um tubo, conexão, válvula ou outro dispositivo, sendo de suma importância para evitar danos e rompimentos nas instalações.

3.3.1 PRESSÃO NOS RAMAIS PREDIAIS

Segundo a Norma Técnica NBR 5626/2020 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – em condições dinâmicas (com escoamento), a pressão da água nos pontos de utilização deve ser estabelecida de modo a garantir a vazão e o bom funcionamento da peça de utilização e do aparelho sanitário. Em qualquer caso, a pressão não deve ser inferior a 10 kPa (1 m.c.a), e em condições estáticas (sem escoamento), a pressão da água em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição não deve ser superior a 400 kPa.

$$P_{m\acute{a}x} \leq 40 \text{ m. c. a}$$

$$P_{m\acute{i}n} \geq 1 \text{ m. c. a}$$

Por meio das pesquisas realizadas por Tomaz (2000) no Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) de Guarulhos, foram determinadas que apenas 9% dos vazamentos estão presentes na rede de distribuição e 91% são nos ramais prediais. Logo, o combate aos vazamentos nas ligações deve ser uma prioridade pela sua magnitude de perda, através de reabilitação dos ramais prediais (troca sistemática de ramais prediais antigos).

Segundo os estudos de Gonçalves *et al.* (2005), que apresenta o uso de água para escolas de ensino fundamental e médio, foi determinado as perdas estimadas de água em função do aparelho utilizado, apresentada no Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Estimativa do volume perdido dos vazamentos nos pontos de consumo.

(Fonte: Gonçalves et al., 2005)

Aparelho / Equipamento Sanitário		Perda estimada
Torneiras (de lavatório de pia, de uso geral)	Gotejamento lento	6 a 10 litros/dia
	Gotejamento médio	10 a 20 litros/dia
	Gotejamento rápido	20 a 32 litros/dia
	Gotejamento muito rápido	> 32 litros/dia
	filete 2mm	> 114 litros/dia
	filete 4mm	> 333 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
Mictórios	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no flexível	0,86 litros/dia
	Vazamento no registro	0,86 litros/dia
Bacia sanitária com válvula de descarga	Filetes visíveis	144 litros/dia
	Vazamento no tubo de alimentação da louça	144 litros/dia
	Válvula disparada quando acionada	40,8 litros (supondo a válvula aberta por um período de 30 segundos, a uma vazão de 1,6 litros/segundo)
Chuveiro	Vaza no Registro	0,86 litros/dia
	Vaza no tubo de alimentação junto da parede	0,86 litros/dia

As pesquisas dos vazamentos nas redes de distribuição podem ser realizadas por meio de duas métodos: as pesquisas sem medição e as pesquisas com medição. Na pesquisa de vazamento sem medição é necessário o uso de equipamentos que detectam ruídos e tem por base o princípio de estetoscópico, auxiliado por sistemas de amplificadores mecânicos e eletrônicos. Para tal, são iniciadas em áreas com as seguintes características: maior incidência de reparos de vazamentos; pressões elevadas; redes antigas; materiais utilizados de má qualidade ou inadequadamente; solo de má qualidade e de grande intensidade de tráfego. Por sua vez, a pesquisa de vazamentos com medição requer a medição do consumo em pontos específicos, auxiliando para a detecção de possíveis vazamentos presentes na rede (Silva *et al.*, 2003).

Enfatizando na parte das idades das tubulações prediais, estudos realizados pela COPLASA mostram que a idade influencia diretamente na ocorrência de falhas. Tubulações com mais de 21 anos tendem a ter 2 vezes mais vazamentos que uma tubulação nova, isso deve ser creditado, em sua maior parte, ao vazamento nas juntas de chumbo dos tubos de ferro fundido.

Além disso, estudos mostram que pressões acima de 60 m.c.a. em tubulações prediais, acarretam índices de vazamentos 2,5 vezes maiores do que em tubulações com no máximo 30 m.c.a. (Tomaz,1998).

Ademais, o gerenciamento adequado de pressões em um sistema de distribuição de água é considerado uma das ações fundamentais para a otimização da operação e que proporciona melhores e mais rápidos retornos aos investimentos aplicados na redução de perdas reais. Segundo Thornton (2002), esse gerenciamento é considerado uma solução para as causas das perdas de água, controlando o aumento de vazamentos; redução de alguns tipos de consumo, em consumidores com abastecimento direto; a possibilidade de proporcionar um abastecimento mais constante aos consumidores; e a possibilidade de prologar a vida útil dos ativos da rede de distribuição.

3.3.2 VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO HIDRÁULICA

As válvulas redutoras de pressão são estruturas dissipadoras utilizadas nos sistemas hidráulicos como forma de uniformização e controle das pressões, nas quais são acrescentadas uma perda de carga localizada mediante dissipação de energia hidráulica.

As válvulas redutoras de pressão (VRP) têm como principal função limitar a pressão a jusante. Existem diversos tipos de válvulas redutoras de pressão, sendo as mais comuns - válvulas de mola, de pistão e de diafragma (COVAS e RAMOS, 1998).

VRP ativa

Primeiramente, o modo de funcionamento de uma VRP consiste em acionar o dispositivo de obturação sempre que a pressão a jusante for demasiadamente elevada, para ocasionar um aumento da perda de carga localizada no sistema e reduzir, conseqüentemente, o valor da pressão a jusante até ao valor pretendido (valor designado por carga de definição da válvula redutora de pressão, HVRP). De outro modo, caso a pressão a jusante estiver abaixo de um determinado valor, a válvula abre, diminui a perda de carga, aumentando a linha de energia do sistema e a pressão a jusante atinge o valor pretendido. Dessa forma, as VRP's possuem 3 modos de funcionamento para o tipo convencional, representados pela a Figura 3.4.

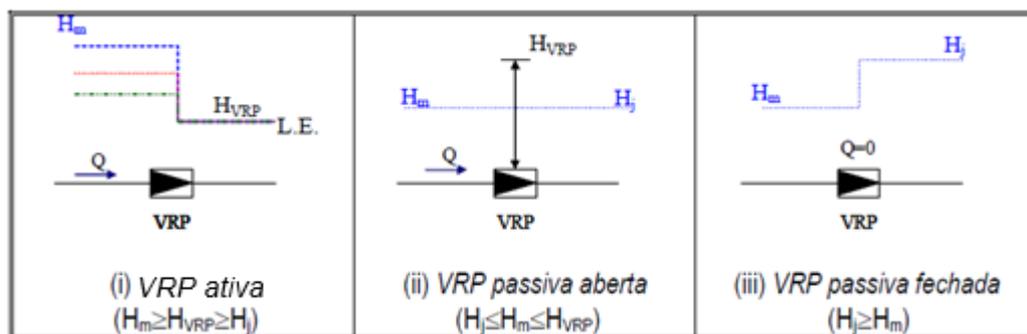


Figura 3.4 – Modo genérico de funcionamento de uma válvula redutora de pressão do tipo convencional. (RAMOS *et al.*, 2004 - reformulada)

- i. A válvula provoca uma perda de carga localizada, acarretando a redução do valor da pressão a jusante (VRP ativa);
- ii. A pressão é inferior ou insuficiente na região a montante, sendo necessário a abertura total da Válvula Redutora (VRP passiva aberta);
- iii. A pressão a jusante é superior à pressão a montante, sendo necessário o fechamento total da Válvula Redutora. (VRP passiva fechada).

As VRP podem funcionar de forma mecânica ou eletrônica, não sendo o desempenho compatível apenas para um único valor de pressão, mas para diversos patamares de pressão definidos em função da variação de consumo. Portanto, é uma gestão mais eficiente dos níveis de serviço e acarreta um melhor desempenho hidráulico do sistema. Existem, basicamente, quatro sistemas de funcionamento de válvulas redutoras de pressão:

- i. VRP com carga constante: a válvula reduz e estabiliza a pressão a jusante, mantendo a pressão constante e igual a um determinado valor;
- ii. VRP com queda constante: a válvula reduz pressão a jusante, mediante a introdução de uma perda de carga localizada constante independente da pressão a montante, mantendo constante o diferencial entre ambas;
- iii. VRP com carga constante variável no tempo: é um comportamento semelhante ao da carga constante a jusante, contudo, a pressão é mantida em um determinado intervalo de tempo. A situação mais comum é a utilização de dois patamares de pressão: um para o período diurno e outro para o noturno;
- iv. VRP com carga ajustável automaticamente em função da variação dos consumos: a válvula reduz a pressão a jusante em função da vazão debitada ou da variação de pressão em seções críticas da rede (seções com menores pressões). Caso a pressão seja regulada

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

Nestas últimas décadas, uma das principais preocupações dos gestores de sistemas de abastecimento de água tem sido a minimização de perdas de água que, na média mundial, atingem valores da ordem de 40% de toda água consumida. Esta preocupação está centrada na busca do auto sustentabilidade econômico/ambiental dos sistemas de transporte de água, que passa pelo consumo de energia nos sistemas e pelo controle da pressão.

Através de válvulas redutoras de pressão, podem-se minimizar os consumos desnecessários sem o prejuízo do desempenho hidráulico do sistema e do nível de serviço dos consumidores. Na situação em que não se utiliza qualquer dispositivo redutor de pressão, a pressão varia significativamente ao longo do dia e ao longo do perfil do conduto, exigindo-se a garantia do nível de serviço mínimo aos consumidores. A utilização de VRP's no controle de perdas reais é baseada em constatações de que o número de arrebentados e a frequência de ocorrência de vazamentos têm uma relação direta com níveis altos e surtos de pressão nas redes de distribuição.

3.3.2.1 VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO SELECIONADA PARA O ICC

Pela razão de minimizar as variações de pressões e o consumo, a VRP é uma ótima solução para a realidade das pressões geradas pelo sistema no ICC, auxiliando na redução das variações bruscas de pressões que ocorre ao longo do dia e no percentual de perda de água no consumo. A Figura 3.5 apresenta a VRP selecionada para o ICC.



Figura 3.5 – Válvula redutora de pressão selecionada para o ICC

A VRP selecionada é da marca BUGATTI Brasil com DN 50mm, 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. A Figura 3.6 apresenta um desenho da válvula com seus componentes.

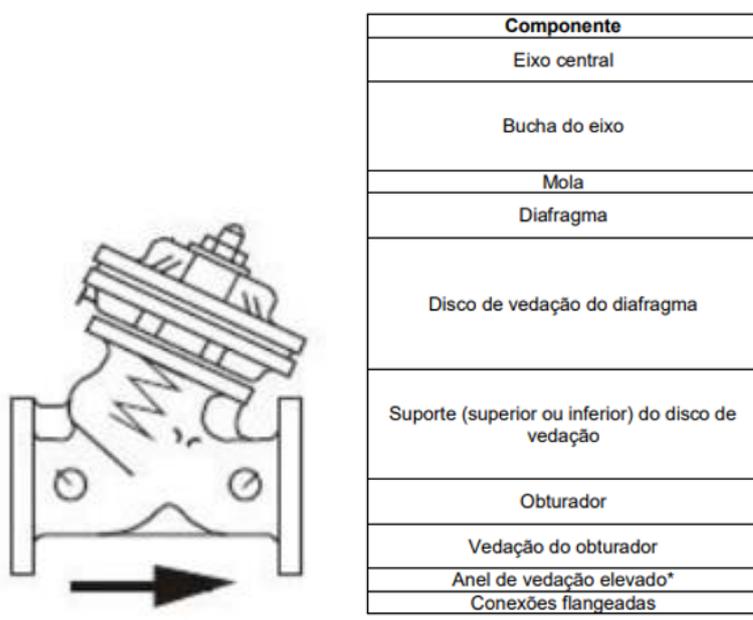


Figura 3.6 – Desenho esquemático de uma VRP tipo Globo com seus componentes (passagem inclinada)

Esses modelos são mais pertinentes em locais nos quais sejam requeridas operações frequentes de abertura, fechamento, controle de vazão e pressão, como em sistemas urbanos de abastecimento de água. (Vieira, 2019). Essas características de necessidade do controle frequentes no ICC são fundamentais pelas grandes variações ao longo do dia.

Contudo, não foi possível adquirir maiores especificações da válvula escolhida por dificuldades de acesso a suas informações, pois cada fabricante tem suas especificações e formas para se dimensionar e escolher a válvula mais adequada para o uso. Porém a metodologia e parâmetros necessários são bastante similares, considerando a vazão de projeto para a escolha da VRP. É usual utilizar a vazão máxima provável, calculada pelo método dos pesos, disponível na NBR 5626 (ABNT, 1996). Com esta informação, cada modelo de válvula tem a sua velocidade recomendável.

Para detectar a vazão máxima de projeto para a confirmação do DN ideal no ICC, foi considerado a vazão máxima ocorrida em 2020, que é a do mês de agosto com 9,4 mil m³/mês, que equivale a 13,05 m³/hora. Logo, por meio das especificações da válvula modelo LP42 da BERMAD, é possível analisar a relação entre o diâmetro e a vazão, além da faixa de velocidade de utilização recomendada, que deve estar entre 1,0 a 2,0 m/s. A Tabela 3.3 e a Figura 3.7 apresentam essas especificações.

Tabela 3.3 – Vazões conforme tamanho disponível (Fonte: Catálogo BERMAD, p. 5)

Diâmetro	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Vazão(m³/h)	1,70	2,90	4,60	7,70	10,00	15,90
Vazão(l/min)	28,33	48,33	76,67	128,33	166,67	265,00

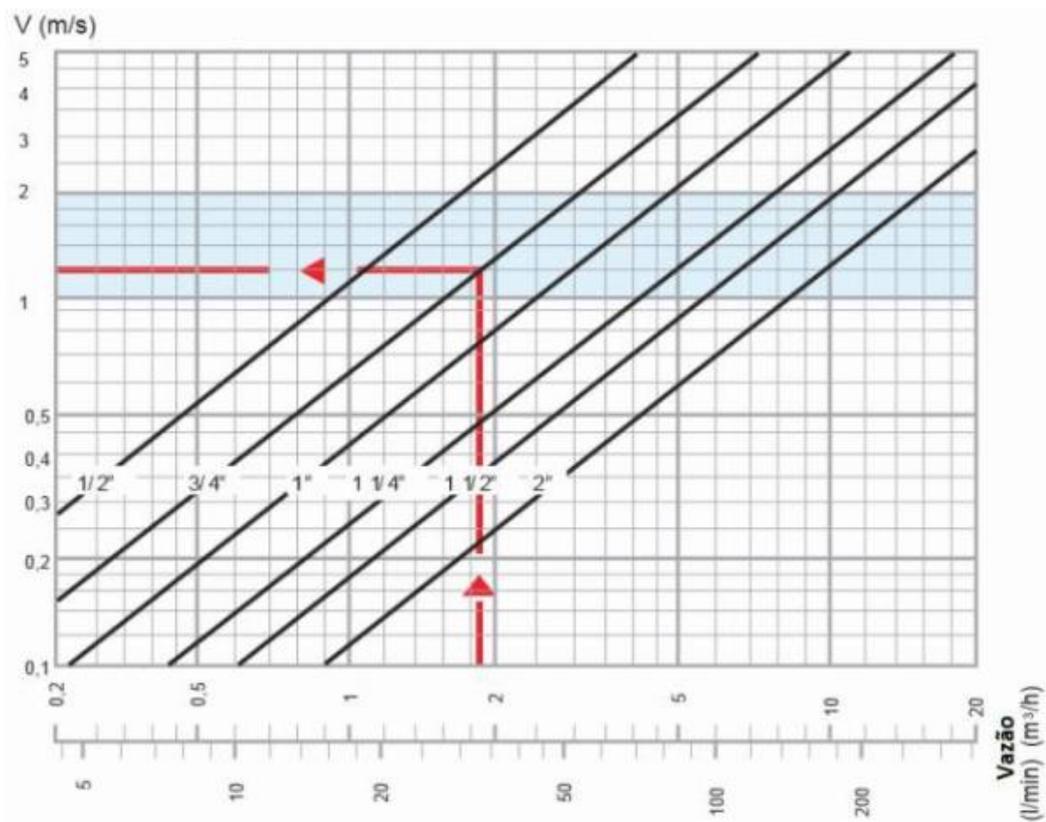


Figura 3.7 – Gráfico de Velocidade de circulação (Fonte: Catálogo BERMAD, p. 6)

Em relação a tabela, é perceptível que o diâmetro ideal para a vazão de $13,05 \text{ m}^3/\text{h}$ é o de 2", equivalente ao DN 50mm. Além disso, como a vazão de projeto é a mesma, controla-se a velocidade variando o diâmetro da válvula. Se a válvula escolhida possuir um diâmetro menor que o necessário ocorrerá uma perda de carga excessiva na válvula, diminuindo a pressão nos pontos de consumo. Contudo, se for para um diâmetro maior, a velocidade ficará baixa ocasionando ruídos dentro da válvula. Pelo gráfico de velocidade, é possível perceber que pela vazão apresentada, a velocidade fica dentro da faixa azul recomendada, como representada pela linha amarela na Figura 3.8.

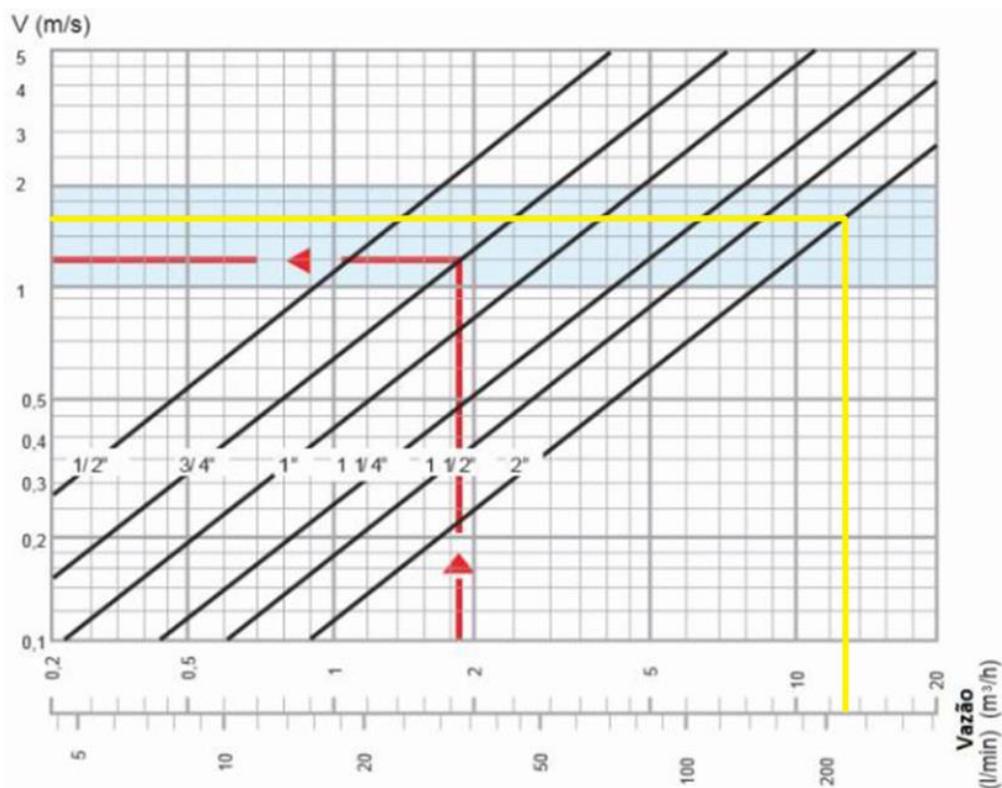


Figura 3.8 – Gráfico de Velocidade de circulação para a Vazão calculada (Fonte: Catálogo BERMAD, p. 6)

Portanto, por meio das análises de vazão e velocidade requeridas é observado que o diâmetro da VRP escolhida está de acordo com as especificações do modelo, não ocasionando diminuição da pressão nos pontos de consumo ou ruídos excessivos dentro da válvula.

3.4 CONSUMO DE ÁGUA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

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

Para tal, é fundamental classificar o tipo de consumidor com o objetivo de identificar a necessidade específica de cada estabelecimento, que, tradicionalmente, estão em quatro grandes categorias: Doméstico, comercial, Industrial e Público. A Figura 3.9 apresenta o volume consumido por cada categoria no DF.

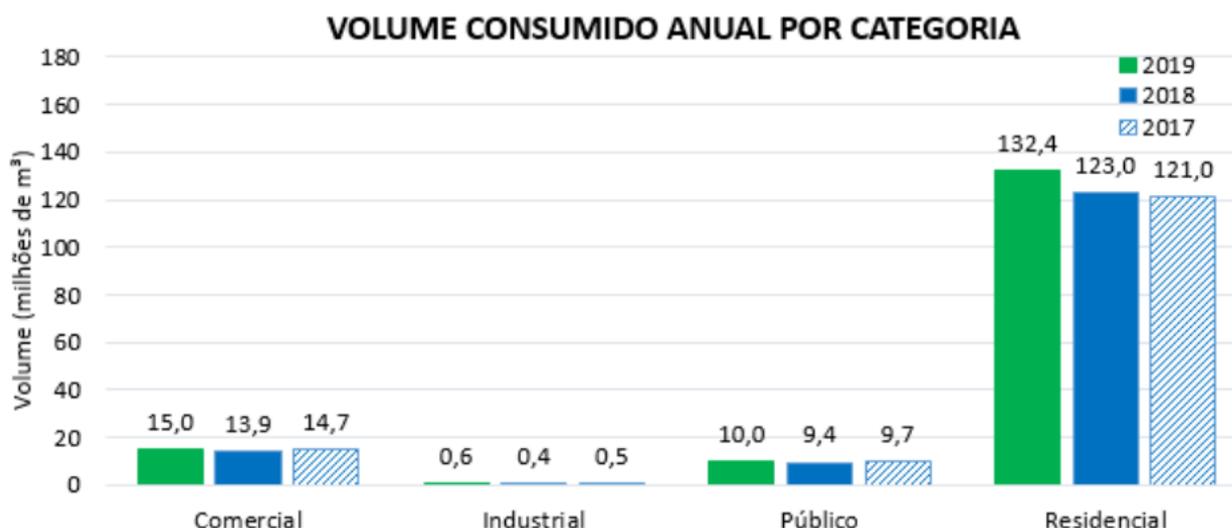


Figura 3.9 – Volume consumido por categoria nos anos de 2017 a 2019 (ADASA, 2020)

No DF é predominante o volume de consumo da categoria residencial, que equivale a aproximadamente 84% do total. Entretanto, para o teor do trabalho, a água para uso público é a que está ligada diretamente ao Instituto Central de Ciências (ICC). Nelas estão incluídas a parcela de água utilizada na irrigação de parques e jardins, lavagem de ruas e passeios, sanitários de uso público, torneiras públicas, combate a incêndio, edifícios (ICC), entre outros.

Esse consumo relacionado a edifícios públicos como o ICC, está ligado há diversos fatores; como, por exemplo, a quantidade de pessoas que frequentam o local, o uso destinado da edificação, a frequência de lavagem das instalações e sua manutenção. (Barbosa, G. G., Bezerra, S. P., & Sant’Ana, D., 2018). No planejamento e gerenciamento de um sistema de abastecimento de água, é fundamental a avaliação da quantidade de água requerida para o atendimento dos usos múltiplos de uma edificação, que é a demanda de consumo.

Em edificações públicas, como escolas e universidades, onde o usuário não é responsável diretamente pelo pagamento da conta de abastecimento de água, ocorre uma tendência a um maior desperdício de água (Ilha *et al*, 2008). Além disso, de acordo com os estudos de Gonçalves *et al*. (2005), o índice de patologias nos ramais prediais de água em setores escolares é bastante expressivo, principalmente pelo fato da ineficiência de manutenção.

Para estimar o consumo de água dos grandes consumidores foi desenvolvido pela SABESP e IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – modelos de previsão de consumo de água, de forma a reduzir os sub e superdimensionamentos de hidrômetros, conforme demonstrado na Tabela 3.4 (Tsutiya, 2006).

Tabela 3.4 – Previsão de consumo de água (Fonte: Tsutiya, 2006, modificada)

Categoria Consumidor	Consumo médio (m ³ /mês)
Escolas pré, 1º e 2º grau.	$-28,1 + 0,0191 \times (\text{área total construída}) + 2,85$ $\times (\text{n}^\circ \text{ de bacias}) + 4,37$ $\times (\text{n}^\circ \text{ de duchas}) + 0,430$ $\times (\text{volume das piscinas}) + 1,05$ $\times (\text{n}^\circ \text{ de funcionários})$
Faculdades com mais de 100 bacias	$-22,3 + 0,0247 \times (\text{área total do terreno}) + 286$ $\times (\text{torres de resfriamento (sim/não)})^{(1)}$ $+ 608$ $\times (\text{número de bacias} > 100(\text{sim/não}))^{(2)}$ $+ 6,32 \times (\text{n}^\circ \text{ de mictórios}) + 0,368$ $\times (\text{n}^\circ \text{ de funcionários})$ <p><small>⁽¹⁾ Parâmetro assume valor 1 ou 0 (há torres de resfriamento: 1, caso contrário: 0)</small></p> <p><small>⁽²⁾ Parâmetro assume valor 1 ou 0 (há mais de 100 bacias: 1, caso contrário: 0)</small></p>
Faculdades com menos de 100 bacias	$34,7 + 1,68 \times (\text{área de jardim}) + 0,724$ $\times (\text{n}^\circ \text{ de vagas de estacionamento})$ $+ 0,0246 \times (\text{n}^\circ \text{ de vagas oferecidas})$ $+ 2,06 \times (\text{n}^\circ \text{ de bacias}) + 0,368$ $\times (\text{n}^\circ \text{ de funcionários})$

3.4.1 USOS FINAIS DE ÁGUA NO ICC

Com disposição do trabalho sobre os indicadores de consumo de água realizado por Barbosa *et al.* (2018), foram levantados dados de consumo predial de água, as populações e as áreas construídas e de cobertura, para caracterizar o consumo no ICC. Essas etapas foram levantadas por meio do histórico de faturas de água para o período de 2013 a 2017, disponibilizados pela Prefeitura do Campus (PRC).

As populações dos edifícios foram obtidas consultando estatísticas de setores administrativos da Universidade. O número de servidores (técnicos administrativos e professores) foi obtido para cada faculdade através de relatório estatístico do Decanato de Gestão de Pessoas. O número de alunos matriculados em cada curso foi obtido por meio do Anuário Estatístico da UnB de 2018. A quantidade de trabalhadores terceirizados foi obtida em consulta a PRC. As populações de cada edifício foram obtidas agrupando os alunos e servidores de cada curso abrigado pela edificação, somados às equipes de terceirizados. As áreas dos edifícios foram obtidas utilizando-se plantas baixas fornecidas pelo Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (CEPLAN), órgão responsável pelo planejamento do espaço físico da Universidade. Com isso,

foi possível gerar os indicadores de consumo per capita, em litros por pessoa por dia ($l/p/d$), e *per área*, em litros por área construída por dia ($l/m^2/d$).

Para os usos finais de água das descargas sanitárias, lavatórios e bebedouros foi aplicado questionários aplicados a alunos, professores e funcionários da UnB, sobre quantas vezes por dia utilizam esses equipamentos hidrossanitários. O cálculo dos indicadores de consumo e da demanda de água por uso, foram feitos de acordo com as Equações 3.4 e 3.5, respectivamente.

$$I' = F \times t \times q \quad (\text{Equação 3.4})$$

Onde:

I' = Indicador de consumo *per capita* (L/p/d);

F = Frequência média de uso (vezes ao dia);

t = Tempo (s);

q = Vazão do equipamento (L/s).

$$D' = I' \times P_{tot} \quad (\text{Equação 3.5})$$

Onde:

D' = Demanda diária (l/d);

P_{tot} = População total do edifício.

Por sua vez, para os usos finais de lavagem e irrigação de jardins do ICC foram realizadas entrevistas direcionadas com os profissionais destas áreas, responsáveis pela zeladoria de cada edificação. Perguntou-se aos entrevistados como era realizada a limpeza dos diversos ambientes, e como era feita a irrigação dos jardins (quando era o caso), buscando-se entender a quantidade de água utilizada em cada atividade. As informações foram transferidas para planilhas que calcularam os indicadores de consumo para limpeza e irrigação, dados em litros por metro quadrado por dia de uso. O cálculo dos indicadores e da demanda de água por uso, foram feitos de acordo com as equações 3.6 e 3.7, respectivamente.

$$I'' = F \times \frac{V}{A} \quad (\text{Equação 3.6})$$

Onde:

I'' = Indicador de consumo *per area* (L/m²/d);

F = Frequência média de lavagem (vezes ao dia do uso);

V = Volume de água utilizado para limpar ou irrigar determinada área (l/d);

A = Área limpa ou irrigada (m^2).

$$D'' = I'' \times A_{tot} \quad (\text{Equação 3.7})$$

Onde:

D'' = Demanda diária (l/d);

A_{tot} = Área total de limpeza ou irrigação.

Para estimar as vazões dos diversos aparelhos sanitários e as perdas diárias de água dos edifícios foram realizadas vistorias nos locais. Utilizando-se recipientes graduados ou com volumes previamente determinados e cronômetros, a vazão foi calculada pelo tempo que os aparelhos enchiam o recipiente, em litros por segundo (l/s). Este método foi utilizado para torneiras de lavatórios, de copas, e de jardins, e bebedouros. O volume de descarga em bacias sanitárias foi identificado de acordo com o modelo do vaso, de 6 ou 9 litros por fluxo de descarga (lpf), e para mictórios considerou-se 3 litros por fluxo de descarga.

A perda de água foi estimada por meio de leituras dos hidrômetros dos edifícios realizadas nos dias 12/10/2018 a 15/10/2018. Para os dias 12, 13 e 14, a leitura foi realizada por volta de meio dia, e no dia 15 por volta das sete da manhã. Por ser um final de semana com feriado, o movimento da Universidade diminui sensivelmente, assim, entende-se que o consumo registrado é majoritariamente composto por perdas de água. O valor horário de perdas foi calculado dividindo-se a diferença dos volumes registrados pelo tempo transcorrido entre uma leitura e outra. A perda diária foi estimada multiplicando-se a perda de água horária por 24 horas. Por fim, foi realizada a média das perdas diárias registradas.

Em posse dos indicadores de consumo, das áreas e da população das edificações, o consumo de água para cada atividade pode ser calculado, multiplicando-se os indicadores $l/m^2/d$ pela frequência mensal de limpeza e de irrigação, e dos indicadores $l/p/d$ pela frequência mensal de alunos, professores e demais funcionários. Após a obtenção dos dados de consumo, foi necessário realizar uma análise de sensibilidade. Este processo consistiu em gerar um fator de correção através da divisão do volume de água faturado do edifício pelo consumo de água estimado pelos questionários, e planilhas. Em seguida, multiplicou-se este fator de correção pelo consumo estimado em cada aparelho ou para cada atividade. Quanto mais próximo de 1,00 for o valor do fator de correção calculado, mais próximas da realidade estão às estimativas do consumo de água. A discrepância é a diferença entre o consumo estimado e o faturado, e indica o erro contido nestas estimativas. Tais erros provêm de vários fatores, tais como: valores

equivocados da população do edifício, respostas incoerentes aos questionários, erros na medição da vazão dos aparelhos sanitários, insuficiência de dados históricos de consumo de água do prédio, entre outros.

3.5 PERDA DE ÁGUA

3.5.1 PERDAS REAIS E APARENTES

O objetivo primordial de uma rede de abastecimento é a prestação de um serviço público fundamental para a o bem-estar físico da comunidade. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil entre julho de 2018 e julho de 2019 teve um crescimento populacional de 0,79%, sendo que nos últimos 50 anos teve um aumento de aproximadamente 130 milhões de pessoas. Esse constante aumento populacional e a acumulação de pessoas em centros urbanos causa uma expansão urbana para os arredores de uma cidade, e indubitavelmente, está ligado ao desenvolvimento conjunto das redes de distribuição de água, esgoto, luz e outros fatores para boa vivência no local.

Em um sistema tão vasto e complexo, as perdas de águas são algo difícil de controlar. Estimativas conservadoras apontam que o mundo perde, atualmente, em seus sistemas, 1/3 de toda a água tratada (Pinto, 2012). No ano de 2018, o índice nacional de perdas de água foi de 38,45%, ou seja, pouco mais de um terço da água tratada foi desperdiçada. Em todo esse sistema de redes, o local com maior número de vazamentos são os ramais prediais, na qual, estima-se que ocorre cerca de 70% a 90% dos casos. Na figura 3.10 apresenta a evolução de perdas na distribuição de águas no Brasil.



Figura 3.10 – Evolução de perdas na distribuição de água no Brasil (TrataBrasil, 2020)

Essas perdas de água geram um grande impacto monetário para o país, apresentando patamares na faixa de 10,560 bilhões em 2016. Esse valor corresponde cerca de 92% de todo valor investido pelo setor de saneamento básico no mesmo ano, sendo de R\$ 11,5 bilhões (TrataBrasil, 2018).

Conforme afirma Oliveira (2002), o desperdício de água ocorre quando, disponível em um sistema hidráulico, ela se perde antes de realizar sua atividade final, ou quando é de fato utilizada para tal atividade, no entanto em quantidades excessivas. Essas perdas podem ser divididas em perdas reais ou aparentes.

Perda real é todo o volume de água disponibilizado no sistema de distribuição pelas operadoras que não é utilizado pelos clientes, sendo desperdiçado antes de chegar às unidades de consumo final (ABES, 2013). Esses tipos de perda, também chamadas de perdas físicas, são as decorrentes do rompimento em adutoras, subadutoras, redes, ramais e conexões e às trincas estruturais e fissuras nas impermeabilizações de reservatórios. (Gonçalves e Alvim, 2007). A Tabela 3.5 exemplifica alguns tipos de perdas físicas em sistemas de abastecimento de água.

Tabela 3.5- Perdas físicas em sistemas de abastecimento de água (Silva, 2003)

Parte do sistema	Origem	Magnitude
Captação	Limpeza da caixa de areia	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Limpeza do poço de sucção	
Adução de água bruta	Adução de água bruta	Variável, função do estado das tubulações
Tratamento	Vazamentos na estrutura	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Lavagem de filtros	
	Descarga de filtros	
Reservação	Vazamentos na estrutura	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Extravasamentos	
	Limpeza	
Adução de água tratada	Vazamentos nas tubulações	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Limpeza de poço de sucção	
	Descargas	
Distribuição	Vazamentos na rede	Significativa, função do estado das instalações e principalmente das pressões
	Vazamentos em ramais	
	Descargas	

De acordo com Tsutiya (2006) as etapas do sistema de abastecimento de água da captação até a reservação recebem, normalmente, mais atenção das equipes de operação, por estarem espacialmente mais concentradas, e são mais visíveis e visitadas. Já as redes de distribuição de

água e os ramais prediais estão enterrados e dispersos pela cidade e às vezes de difícil acesso (em grande parte privados e de responsabilidade de seus proprietários), por isso geralmente não recebem a devida atenção. No entanto, estas últimas partes, por se encontram mais próximo do consumidor, deveriam merecer especial atenção, em particular no que se refere à qualidade da água e perdas por vazamentos.

Desse modo, os principais fatores que interferem nas perdas físicas nos sistemas de abastecimento de água são, por exemplo, variações de pressões; condicionamento físico das tubulações (material e idade); condições de tráfego e tipo de pavimento sobre a rede; recalques do subsolo e qualidade dos serviços prestados. No quesito de vazamento, as principais causas são determinadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6- Principais causas de vazamento de água. (Silva, 2003)

Causas Internas
<i>Estrutura e Qualidade dos Tubos, Juntas e Outros Elementos</i>
- Qualidade e estruturas inadequadas dos tubos, juntas e outros materiais - Diminuição da resistência devido à corrosão - Degeneração do material por envelhecimento
<i>Projeto e Tecnologia de Montagem</i>
- Projeto inadequado - Encaixe inadequado das juntas e outros tubos - Reaterro mal executado - Contato com outras estruturas (proteção inadequada) - Métodos anti-corrosão inadequados - Corrosão por diferentes tipos de metais
<i>Fatores Internos nos Tubos</i>
- Pressão e qualidade da água (corrosão interna) - Golpe de Ariete - Mudanças de temperatura
Causas Externas
<i>Ambiente onde os Tubos estão Instalados</i>
- Aumento de carga de tráfego - Depressão ao redor dos tubos que ocultam os vazamentos de água - Movimentos do solo - Rompimento dos encanamentos - Diferenças das condições entre o projeto e a realidade - Excesso de tensões externas - Poluição do solo por vazamento de esgotos de fábricas e de outras fontes - Corrosão potencial devido à agressividade do solo
<i>Movimentos de Terra e Desastres Naturais</i>
- Danos decorrentes de movimentos de terra de obras realizadas por outras empresas - Alterações nas condições de assentamento das tubulações devido a movimentação de terra de obras realizadas por outras empresas - Movimento do solo e ruas devido a desastres naturais

Por sua vez, as perdas aparentes, também chamadas de perdas não físicas, referem-se a toda água que não é medida ou que não tenha o seu uso definido. Estão relacionadas às ligações clandestinas e/ou irregulares, fraudes nos hidrômetros, erros de micromedição e macromedição, política tarifária, erro cadastral (desatualização do cadastro, inatividade em ligação ativa, ligação não cadastrada por descuido), erro de leitura etc. (Gonçalves e Alvim, 2007). As perdas aparentes estão associadas ao consumo não autorizado (furto de água e ligações clandestinas),

assim como às imprecisões dos sistemas de medição (macromedição e micromedição). Destaca-se que estas perdas não representam desperdício do recurso hídrico, uma vez que este foi efetivamente consumido pelos usuários, porém não contabilizado pela concessionária. (ADASA, 2018). A Figura 3.11 sintetiza as principais fontes de perdas aparentes.

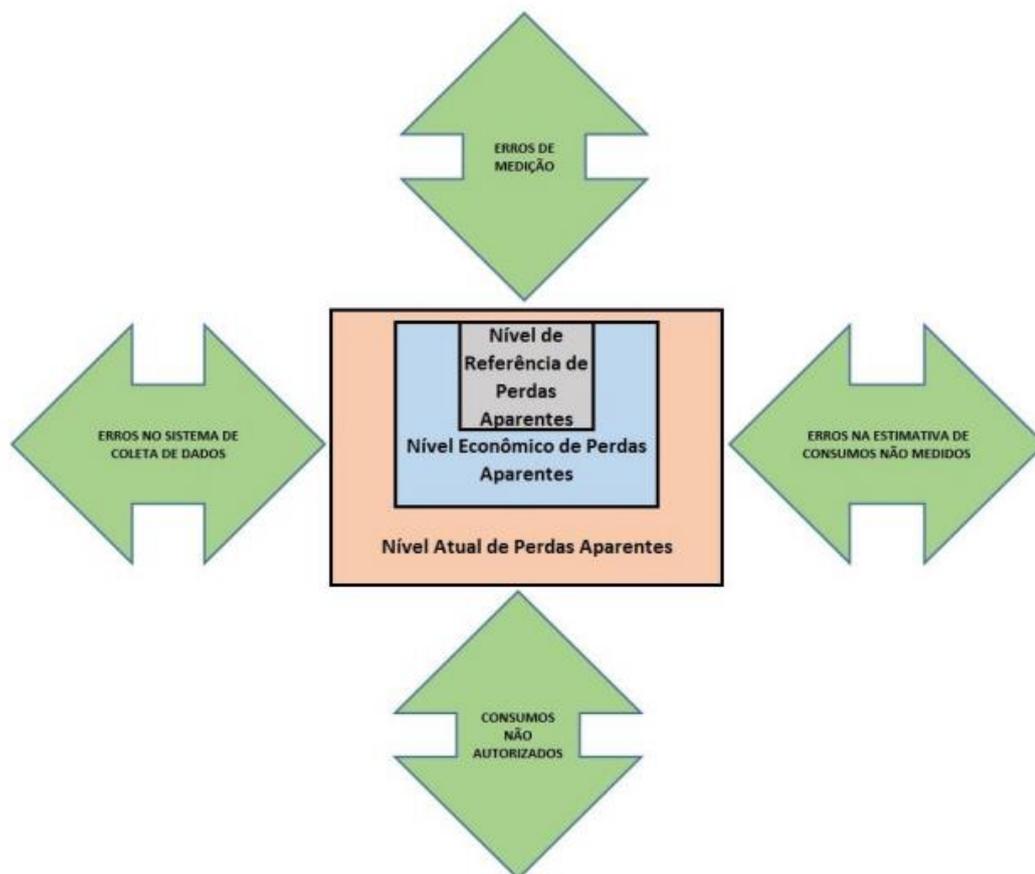


Figura 3.11 - Principais causas de perdas aparentes (ABES, 2015)

Ademais, a abordagem econômica para cada tipo de perda é diferente. Sobre as “perdas reais” recaem os custos de produção e distribuição da água, e sobre as “perdas aparentes”, os custos de venda da água no varejo, acrescidos dos eventuais custos da coleta de esgotos. (ABES, 2013). A Tabela 3.7 representará essa comparação.

Tabela 3.7- Características principais das perdas reais e aparentes (GO Associados, 2020)

Itens	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de medição
Custos associados ao volume de água perdido	Custo de produção	Tarifa
		Receita Operacional
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	Repasse para tarifa
	Desincentivo ao uso racional	Incentivo a roubos e fraudes

É importante mencionar a inviabilidade de eliminar completamente as perdas de água de um sistema de abastecimento. Nesse sentido, a *International Water Association* (IWA) propôs o estabelecimento de limites para a redução das perdas, focando no limite econômico (volume a partir do qual os custos para reduzir as perdas são maiores do que o valor intrínseco dos volumes recuperados) e no limite técnico (volume mínimo definido pelo alcance das tecnologias atuais dos materiais, das ferramentas e da logística). Na Figura 3.8 apresenta o nível econômico ótimo de vazamentos.

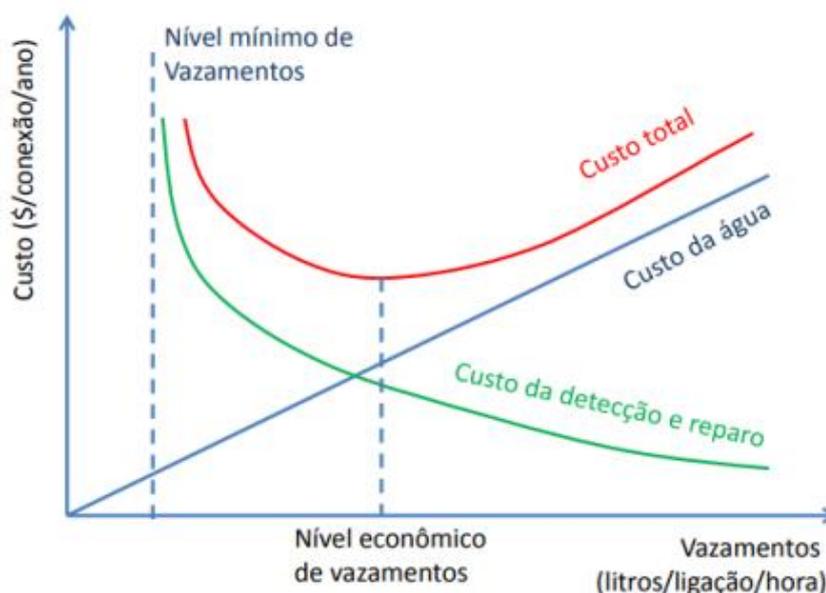


Figura 3.12 – Determinação do nível de eficiente de perdas em um sistema de abastecimento (Fonte: IWA)

3.5.2 ÍNDICE DE PERDAS

A importância de um balanço hídrico em um sistema de abastecimento público é fundamental, pois consiste em um meio de diagnóstico e avaliação, sendo uma forte ferramenta para a gestão da concessionária do serviço de abastecimento de água. Como existem diferenças significativas nas definições usadas, foi definido pela IWA um padrão composto pela análise de diferentes países. Contudo, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) realizou por meio de estudos o balanço hídrico aplicado para realidade do DF. As Figuras 3.9 e 3.10 apresentam o balanço proposto pela IWA e pela CAESB, respectivamente.

A. Volume de Entrada no Sistema	B. Consumo Autorizado	D. Consumo Autorizado Faturado	D.1 Consumo Medido Faturado (incluindo água exportada)	H. Água Faturada
			D.2 Consumo Estimado Faturado	
		E. Consumo Autorizado não Faturado	E.1 Consumo Medido não Faturado	I. Água não Convertida em Receita (ANCR ou NRW)**
			E.2 Consumo não medido não Faturado	
	C. Perdas de Água	F. Perdas Aparentes	F.1 Consumo não Autorizado	
			F.2 Imprecisão de Medição	
		G. Perdas Reais (Físicas)	G.1 Vazamentos e Extravasamentos em Reservatórios	
			G.2 Vazamentos em Adutoras e Redes	
			G.3 Vazamentos em Ramais até o ponto de Medição do Cliente	

Figura 3.13 - Modelo de Balanço Hídrico proposto pela IWA (IWA, 2000)

Volume Fornecido ao Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Volume faturado medido	Volume Faturado	
		Consumo Autorizado Não Faturado	Volume faturado não medido		Volume de Água Não Faturada
			Descargas para desinfecção na rede		
			Descargas para reparos na rede		
			Abastecimento de carros pipa e hidrojetos		
	Limpeza de reservatórios				
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Consumo próprio	Volume de Água Não Faturada	
			Consumo descontado do cliente		
		Perdas Reais	Corpo de bombeiros		Volume de Água Não Faturada
			Fraudes		
Ligações clandestinas					
	Submedição de hidrômetros	Volume de Água Não Faturada			
	Vazamentos e extravasamentos em reservatórios				
	Vazamentos na rede de distribuição				
	Vazamentos nos ramais de ligação predial				

Figura 3.14- Modelo de Balanço Hídrico utilizado pela CAESB (ADASA,2018)

Por meio dos modelos de representação do balanço hídrico, percebemos uma forte predominância das águas não faturadas no sistema de abastecimento. Na Figura 3.11 é apresentada o balanço hídrico no Brasil.

Água que entra no sistema (16.705.849)	Consumo autorizado faturado (10.186.684)	Consumo faturado medido (8.052.076)	Água faturada (10.186.684)
		Consumo faturado não medido (2.134.608)	
	Volume de serviços (521.984)		Água não faturada (6.519.165)
	Perdas comerciais (2.398.872)		
Perdas físicas (3.598.309)			

Figura 3.15- Balanço Hídrico do Brasil em 2018 (SNIS ,2020)

Para apurar e dimensionar o problema, de acordo com Gonçalves e Alvim (2007), o primeiro passo para ter conhecimento sobre o nível de perdas no sistema de abastecimento é saber o volume disponibilizado e o volume utilizado. Essas definições e classificações de volumes são encontradas no DTA A2 (Documento Técnico de Apoio, editado pelo PNCDA). A relação entre os volumes resultada no Índice de Perdas na Distribuição (IPD). Normalmente esse índice é representado conforme a Equação 3.2:

$$IPD = \frac{\text{Volume disponibilizado} - \text{Volume utilizado}}{\text{Volume disponibilizado}} \quad (\text{Equação 3.8})$$

Por causa de sua facilidade de cálculo, o índice é bastante utilizado no Brasil, contudo, não deve ser utilizado isoladamente para medir desempenho. Entretanto, a título de análise superficial, pode se considerar que:

- $IPD > 40\%$ ----- Sistema com mau gerenciamento
- $40\% > IPD < 25\%$ ----- Sistema com gerenciamento de nível intermediário
- $IPD < 25\%$ ----- Sistema com bom gerenciamento

Na falta de outros indicadores de perdas, os valores de IPD apresentados acima servem como uma primeira avaliação. Deve-se lembrar que o IPD leva em consideração todas as perdas de água no sistema, não expressando se há predominância de perdas reais ou aparentes, o que impede o indicativo das condições da infraestrutura do sistema.

Em uma comparação internacional, é possível constatar que o Brasil se encontra muito distante dos países mais desenvolvidos, que são os que apresentam níveis de perdas inferiores a 20%. Nesse sentido, a Figura 3.12 representa esse desnível.

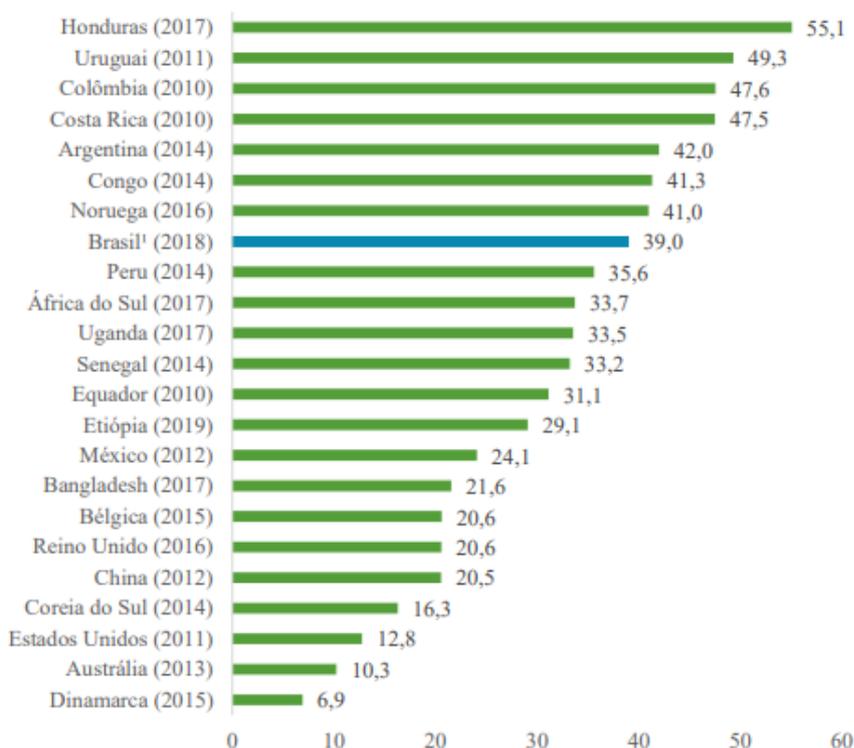


Figura 3.16- Comparação dos índices de perdas internacionais (SNIS, 2020)

Não obstante, o Plano Distrital de Saneamento Básico (PDSB) de 2017 informa na seção intitulada “Diagnósticos Situacionais” que o índice de perdas no Distrito Federal vem aumentando ao longo dos anos, com as perdas em ramais prediais representando mais de 50%

do total de perdas. Nesse trabalho, CAESB contabilizou o volume anual de produção e o volume anual utilizados no período de 2008 a 2018, com os resultados apresentados na Figura 3.13.

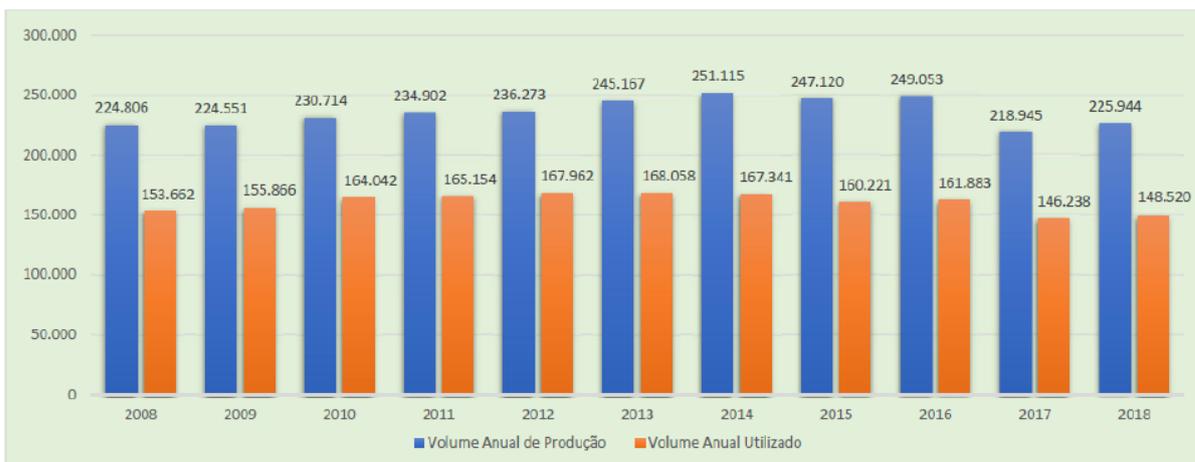


Figura 3.17 - Volumes produzidos e utilizados no DF (CAESB, 2019)

Por meio desses volumes produzidos e utilizados, foram realizados o cálculo dos índices de perdas nos anos analisados. A Figura 3.14 apresenta os índices de perda do sistema no DF, enquanto a Figura 3.15 apresenta os índices de perdas separados por categorias.

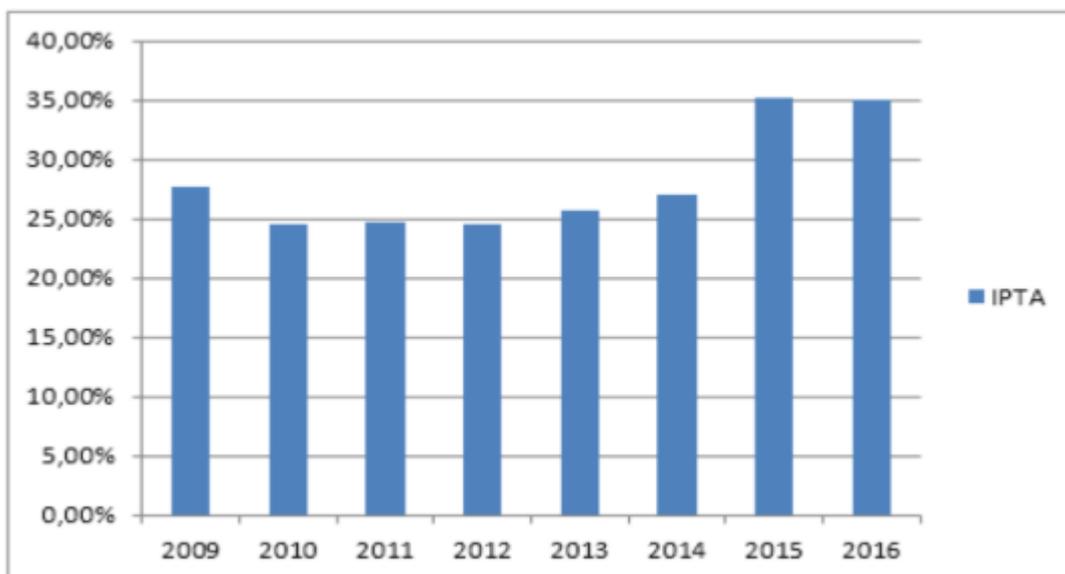


Figura 3.18 - Índice de perdas do sistema de abastecimento no DF (CAESB, 2019)

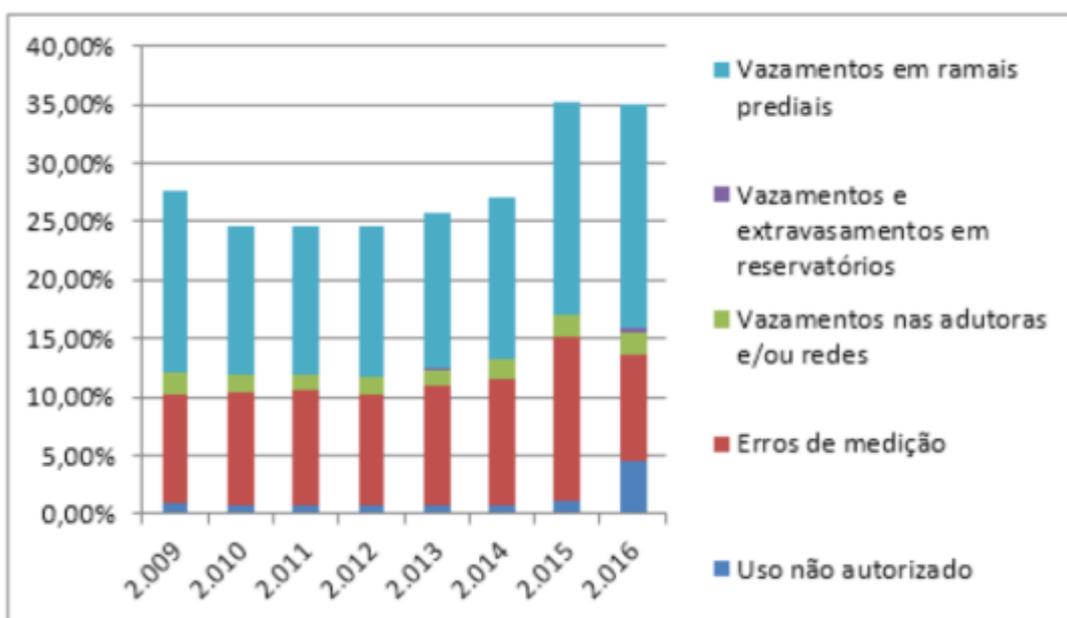


Figura 3.19- Índices de perdas no DF por categorias. (CAESB, 2019)

4 METODOLOGIA

Nesta seção serão discutidos os procedimentos e critérios adotados para definição da área pesquisada e o estudo do sistema de abastecimento da região, além das etapas de obtenção de dados e dos programas necessários para sua análise e comparação, seguindo os seguintes passos:

- i. Seleção das áreas de medição e análise;
- ii. Levantamento dos dados de pressão e consumos médios;
- iii. Análise comparativa das médias de consumo x pressão.

4.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA PESQUISADA

O Campus Universitário Darcy Ribeiro, na Asa Norte, é o maior e mais tradicional da Universidade de Brasília. Com cerca de 400 hectares e mais de 500 mil m² de área construída, abriga edifícios símbolos do ensino superior brasileiro, como o Instituto Central de Ciências (ICC), a Biblioteca Central (BCE) e a Faculdade de Educação (FE), que ocupa os primeiros prédios da Universidade e o histórico Auditório Dois Candangos.

O Instituto Central de Ciências é a maior e mais antiga edificação do Campus da Universidade de Brasília, que possui uma extensão de 720m. Em virtude da sua grande importância para a faculdade, o ICC é palco dos maiores consumos e dispõe das tubulações mais antigas e precárias do campus. Devido à grande idade da edificação e a consequente falta de vistorias e projetos hidráulicos, os ramais prediais foram bastante alterados no decorrer dos anos, apresentando tubulações fora dos padrões estabelecidos pela norma.

Além disso, o abastecimento é realizado de forma direta iniciando no extremo do ICC Sul, na qual percorre pela única tubulação principal até o extremo da área Norte. Dessa mesma rede, saem as várias redes secundárias que alimentam o prédio ao longo da sua grande extensão de 720m. A Figura 4.1 e 4.2 apresentam respectivamente a área de pesquisa destacada em laranja e a forma de abastecimento direta da rede.



Figura 4.1- Área de pesquisa



Legenda	
	Rede Ativa
	Rede desativada

Figura4.2 - Abastecimento direto do ICC

4.2 DADOS NECESSÁRIOS

Essa etapa foi baseada na aquisição de dados em campo, com a finalidade da utilização deles para uma comparação e análise aprofundada, sendo definidos os materiais necessários e os processos para sua execução.

- i. Obtenção de dados de pressão e sua comparação com os anos de 2019 x 2020; além da determinação e influência da pandemia nas medições.
- ii. Avaliação dos dados de Consumo Predial dos anos de 2007 até 2020, sendo avaliada a mudança do hidrômetro nas medições e a influência da pandemia no consumo predial do ICC.

4.2.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE PRESSÃO

Para realizar as devidas medições de pressão no ICC foram utilizados medidores digitais de pressão (manômetros) da ZÜRICK Indústria e Comércio Ltda, que fornecem indicações de pressões manométricas negativa ou positiva, em formato digital. Os instrumentos utilizados contam com a função *datalogger*, permitindo aquisição de valores de pressão de forma automática em intervalos de tempo programáveis entre 1 segundo a 99 horas, sendo que no trabalho foi projetado em intervalos de 5 em 5 minutos. A Figura 4.3 apresenta o manômetro que foi utilizado em campo.



Figura 4.3- Manômetro Registrador (Fonte: ZURICH – Manual Z.10.RG.)

Como o ICC é um prédio com muita movimentação de alunos, professores e funcionários, não foi cabível realizar medições a longo prazo sem uma proteção adequada aos equipamentos. Diante desse fato, foram utilizadas caixas de madeira confeccionadas para impedir o contato e possíveis acidentes com pessoas externas ao projeto, conforme pode-se observar nas Figuras 4

e 5. Adicionalmente, as caixas foram fixadas aos sifões dos lavatórios dos banheiros e outros locais necessários para a obtenção dos dados.



Figura 4.4 - Caixa de proteção de madeira



Figura 4.5 - Caixa de proteção com o manômetro

A medição de pressão foi realizada com o objetivo de obter a variação da pressão ao longo de um período de 24h no decorrer de todos os dias da semana, obtendo valores máximos e mínimos ao longo dos dias. Portanto, os manômetros foram instalados, simultaneamente, em dois banheiros masculinos localizados no 1º pavimento, buscando-se avaliar as maiores variações de pressão dentro da própria edificação. Os aparelhos estiveram em funcionamento por um período de 86 dias, interrompidos apenas para as retiradas de dados ou trocas de pilhas. Essas medições foram realizadas ao longo de todos os dias da semana, no período de 18 a 22 de abril de 2019, 25 de abril a 23 de maio, do dia 06 de junho até 13 de julho e do dia 18 de julho até 31 de julho de 2019.

Por meio desses dados, foi avaliada uma comparação com alguns dados realizados pela Caesb em setembro e outubro de 2020, além de serem constatados a influência da pandemia nos coeficientes de perda de água e sua ligação aos valores de pressão obtidos.

4.2.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DE CONSUMO PREDIAL

Para este estudo foram levantados dados de consumo predial de água do ICC por meio do histórico das faturas de água do período de 2007 a 2020, na qual foram disponibilizados pela própria CAESB. As tarifas são cobradas mensalmente, e a medição é realizada em metros cúbicos (m^3).

Na segunda quinzena de dezembro de 2018 foi realizada a troca do hidrômetro que registra as medições de consumo de água no ICC. O novo hidrômetro é da marca *ARADGROUP – Intergrated Metering Technologies* sendo da *Octave Ultrasonic Bulk Water Meter*. O método de medição é baseado em um sensor ultrassônico, de tempo de trânsito e de feixe duplo que determina o intervalo de tempo que leva a uma onda de som ultrassônico para percorrer a distância entre os dois sensores localizados no corpo do medidor. O medidor de vazão ultrassônico é um medidor de vazão de precisão elevada projetada para um fluxo bidirecional de medição de água. O equipamento ultrassônico é exibido na Figura 4.6.



Figura 4.6 - Hidrômetro completo com o Sensor Ultrassônico

Esse sistema está acoplado a um equipamento de coleta automática de consumo, a telemetria. Este processo de automatização possibilita o monitoramento da vazão de água por meio do envio das informações por rádio frequência para um computador. Dessa forma, foram conferidos, pelo sistema de telemetria, os dados na entrada da rede de distribuição do ICC, e sua comparação com os antigos dados que não eram utilizados os dados de telemetria.

4.2.2.1 ESTIMATIVA DO CONSUMO PREDIAL NOS MESES DE PANDEMIA EM 2020

Por meio dos resultados dos usos finais de água para diferentes aparelhos apresentados pelo trabalho do Barbosa *et al.* (2018), será realizado uma estimativa do consumo predial nos meses da pandemia do coronavírus (COVID-19) em 2020 que está ligada aos meses de abril até dezembro. A Figura 4.7 apresenta os indicadores de consumo.

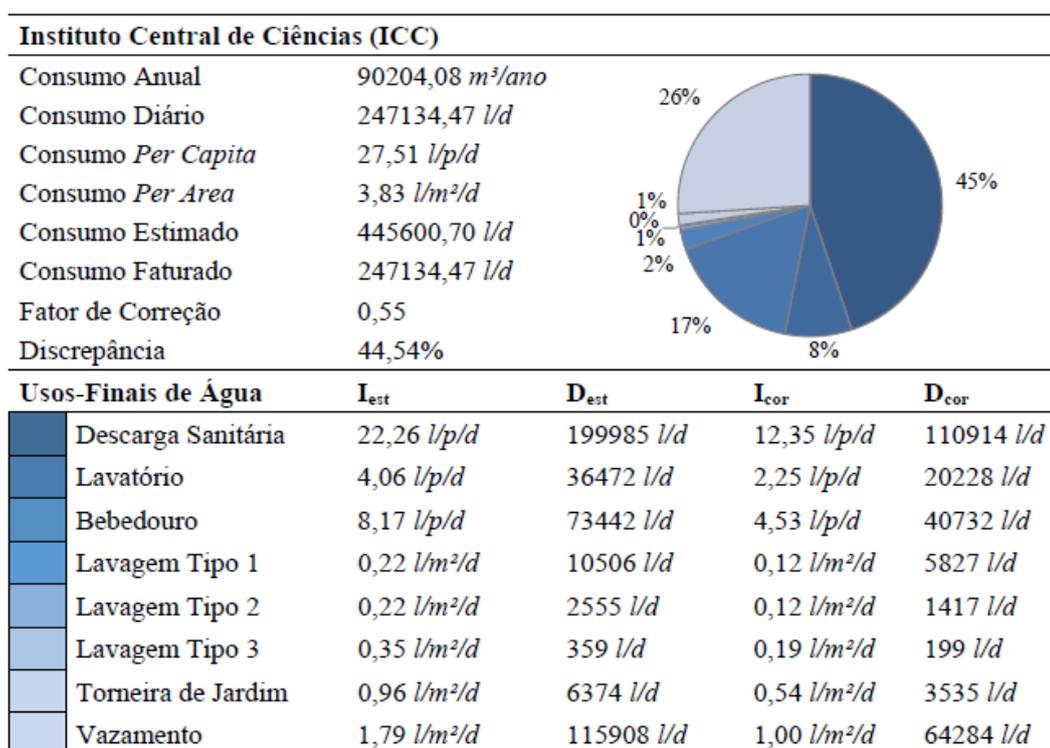


Figura 4.7- Indicadores de Consumo (Barbosa *et al.*,2018)

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Essa etapa foi baseada na aquisição de dados em campo, com a finalidade da utilização desses para uma comparação e análise aprofundada, sendo definidos os materiais necessários e os processos para sua execução.

4.3.1 POWER BI

Inicialmente, é importante definir o termo *Business Intelligence* que surgiu na década de 80, na busca de melhorar a organização das informações nas empresas. Esse processo, que ficou conhecido por BI, tem por objetivo coletar, tratar e organizar todos os dados da empresa para

que, dessa forma, os resultados e as informações sejam entregues da maneira desejada. Tudo isso é realizado em um único *software*.

O grande objetivo do *Business intelligence* é ter uma fácil interpretação de grandes volumes de dados. Através desse processo é possível entregar a informação certa, para a pessoa certa, no momento certo, garantindo, assim, melhores resultados.

O Microsoft Power BI é a ferramenta de *Business Intelligence* da Microsoft. Com ela é possível consolidar, tornar coerentes e visuais as informações que se encontram em diversas fontes, desde uma simples pasta de trabalho do Microsoft Excel, a arquivos localizados na nuvem. Essa ferramenta é uma coleção de serviços de *software*, aplicativos e conectores que trabalham juntos para transformar suas fontes de dados não relacionadas em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas.

4.3.2 BOXPLOT

O *boxplot* será o recurso gráfico usado regularmente nessa pesquisa científica para sumarizar e analisar dados quantitativos, aplicando posteriormente os critérios de análise dos dados, ou seja, a forma de organizá-los de maneira que possibilite extrair o máximo de informações acerca do objeto de estudo.

Basicamente, a técnica consiste em um diagrama de caixa, que permite visualizar se em um conjunto de dados existe ou não equivalência, localizar e analisar as mudanças de uma variável dentre diferentes grupos de dados e calcular a mediana e os quartis. De maneira geral, a técnica do *BoxPlot* permite a exploração e análise dos dados de pressão, fornecendo as informações sobre a sua distribuição, dispersão e identificação de valores inconsistente com o restante da série. A Figura 4.7 apresenta a estrutura padrão do diagrama.

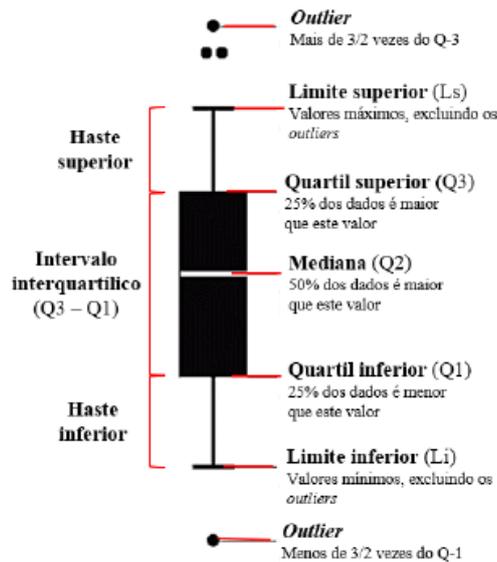


Figura 4.8 – Representação das informações contidas no Boxplot. (Neto *et al.*,2017)

A existência de *outliers*, valores extremamente altos ou extremamente baixos, pode indicar tanto dados incorretos como dados válidos que carecem de uma atenção especial. Há diferentes opções para se estabelecerem os limites que separam os valores atípicos. Mas estabelecida uma regra, os valores que se encontram entre esses limites são chamados *valores adjacentes* e aqueles fora dos limites são chamados *valores extremos ou atípicos*.

A regra que adotamos para identificação dos valores atípicos se baseia na *amplitude interquartil* AIQ, definida na Equação 4.1 como a distância entre o primeiro e o terceiro quartis:

$$AIQ = Q3 - Q1 \quad (\text{Equação 4.1})$$

Note que AIQ é o comprimento da caixa. Quaisquer valores abaixo de Q1 ou acima de Q3 por mais de $1,5 \times AIQ$ serão considerados valores atípicos e terão tratamento especial no *boxplot*. Assim, serão valores atípicos os valores x tais como representado na Equação 4.2.

$$\begin{aligned}
 x &< Q1 - 1,5 \times AIQ \\
 &\text{ou} \\
 x &> Q3 + 1,5 \times AIQ
 \end{aligned}
 \quad (\text{Equação 4.2})$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a consecução dos objetivos do trabalho, foi organizada e desenvolvida uma metodologia baseada na filtragem de dados de consumo e pressão e em suas respectivas análises estatísticas.

5.1 ANÁLISE DO CONSUMO PREDIAL

Por meio das planilhas fornecidas pela CAESB foi possível condensar os dados em uma tabela exclusiva de consumo em m³ do ICC, apresentada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 –Tabela de Consumo no ICC em m³ de 2007 a 2020

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Janeiro	4.841	3.243	2.771	6.105	5.030	4.894	8.146
Fevereiro	4.836	3.485	5.487	6.105	5.553	5.068	8.383
Março	4.354	4.087	3.158	5.618	5.650	5.203	7.682
Abril	6.588	5.985	3.828	6.841	8.459	4.930	7.899
Maió	7.211	5.535	4.808	6.006	7.809	4.809	9.157
Junho	7.357	7.357	5.427	5.966	7.436	5.197	10.861
Julho	7.480	6.863	x	7.475	7.652	5.639	8.964
Agosto	6.898	5.989	x	6.633	7.695	6.135	10.193
Setembro	x	6.696	x	7.038	7.695	6.395	10.193
Outubro	8.093	x	x	5.265	6.629	8.587	11.455
Novembro	7.653	6.565	x	6.643	5.758	6.606	x
Dezembro	7.654	5.060	x	x	7.307	5.180	x
Total	72.965	60.865	25.479	69.695	82.673	68.643	92.933

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	9.242	9.242	5.389	6.421	4.857	5.586	8.269
Fevereiro	9.634	9.634	4.915	6.728	6.043	2.528	6.321
Março	8.661	8.661	5.672	6.307	6.488	2.595	4.208
Abril	10.182	10.182	6.924	7.737	5.921	4.097	4.096
Maió	9.645	9.645	7.902	7.157	5.235	4.691	3.485
Junho	11.632	11.632	8.362	8.383	5.803	5.139	4.486
Julho	8.408	8.408	8.392	8.467	5.664	3.936	8.903
Agosto	10.210	10.210	7.847	7.071	4.532	4.175	9.395
Setembro	6.879	6.879	7.739	7.469	5.068	4.569	8.321
Outubro	7.593	7.593	8.337	7.333	5.224	7.488	8.583
Novembro	7.508	7.508	6.629	5.647	5.675	8.916	8.498
Dezembro	5.709	5.709	5.864	5.322	6.786	6.526	x
Total	105.303	105.303	83.972	84.042	67.296	60.246	74.565

Devido ao fato dos dados de 2009 estarem muito incompletos, esse ano foi desconsiderado para as análises de consumo. Contudo, os demais anos com dados omissos, foi realizada uma média móvel para verificar um possível dado de sua sequência para o mês faltante.

A média móvel é uma importante ferramenta estatística e de análise que utiliza dados para formar um indicador de tendência sequencial, na qual se calcula a média de um determinado número em um período específico. Portanto, será aplicado essa técnica para preencher os dados faltantes nos anos de 2007, 2008, 2010, 2013 e 2020. Na Figura 5.1 é apresentado um exemplo da média móvel aplicada no ano de 2007.

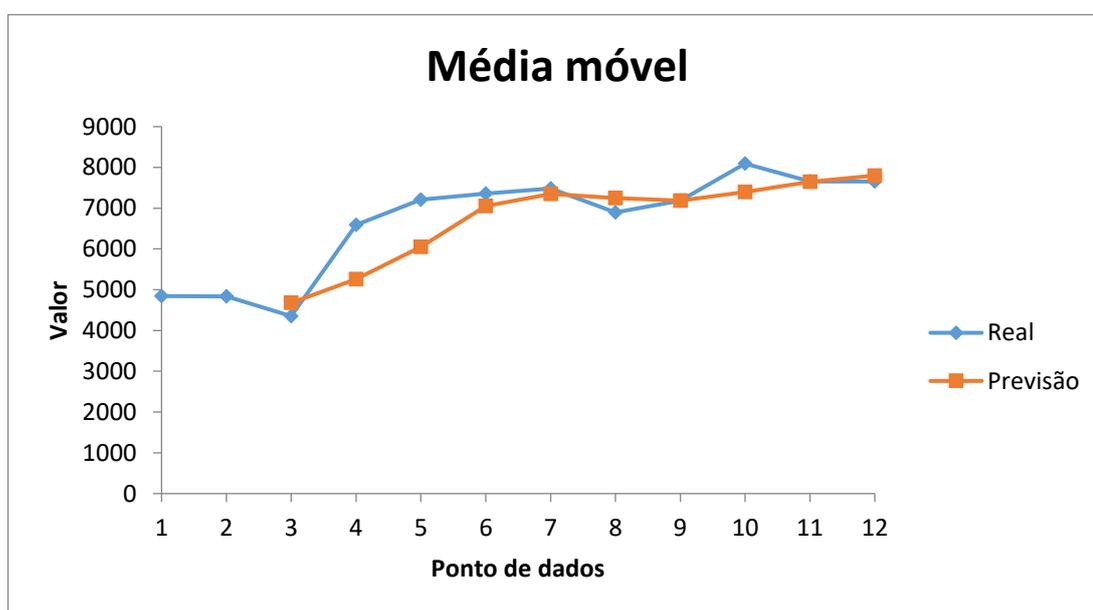


Figura 5.1 – Gráfico da média móvel no ano de 2007

No gráfico, a linha real em azul aborda os valores medidos do hidrômetro no ICC e a linha de previsão em laranja determina os valores obtidos pela média móvel, sendo que no mês de 2007 foi utilizado apenas o dado faltante, que é o do mês de setembro (9).

O mesmo processo foi realizado para os demais anos que possuem valores de consumo omissos, compondo a tabela de dados da Tabela 5.2, representando em cores diferentes os números obtidos pela média móvel.

Tabela 5.2 –Tabela de Consumo no ICC em m³ de 2007 a 2020 (reformulada)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Janeiro	4.841	3.243	x	6.105	5.030	4.894	8.146
Fevereiro	4.836	3.485	x	6.105	5.553	5.068	8.383
Março	4.354	4.087	x	5.618	5.650	5.203	7.682
Abril	6.588	5.985	x	6.841	8.459	4.930	7.899
Mai	7.211	5.535	x	6.006	7.809	4.809	9.157
Junho	7.357	7.357	x	5.966	7.436	5.197	10.861
Julho	7.480	6.863	x	7.475	7.652	5.639	8.964
Agosto	6.898	5.989	x	6.633	7.695	6.135	10.193
Setembro	7.189	6.696	x	7.038	7.695	6.395	10.193
Outubro	8.093	6.343	x	5.265	6.629	8.587	11.455
Novembro	7.653	6.565	x	6.643	5.758	6.606	10.824
Dezembro	7.654	5.060	x	5.954	7.307	5.180	11.455
Total	80.154	67.208	x	69.695	82.673	68.643	115.212

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Janeiro	9.242	9.242	5.389	6.421	4.857	5.586	8.269
Fevereiro	9.634	9.634	4.915	6.728	6.043	2.528	6.321
Março	8.661	8.661	5.672	6.307	6.488	2.595	4.208
Abril	10.182	10.182	6.924	7.737	5.921	4.097	4.096
Mai	9.645	9.645	7.902	7.157	5.235	4.691	3.485
Junho	11.632	11.632	8.362	8.383	5.803	5.139	4.486
Julho	8.408	8.408	8.392	8.467	5.664	3.936	8.903
Agosto	10.210	10.210	7.847	7.071	4.532	4.175	9.395
Setembro	6.879	6.879	7.739	7.469	5.068	4.569	8.321
Outubro	7.593	7.593	8.337	7.333	5.224	7.488	8.583
Novembro	7.508	7.508	6.629	5.647	5.675	8.916	8.498
Dezembro	5.709	5.709	5.864	5.322	6.786	6.526	8.541
Total	105.303	105.303	83.972	84.042	67.296	60.246	83.106

Com os dados completos, foi possível realizar um gráfico de colunas empilhadas para melhor descrever os seus resultados por ano, representada pela Figura 5.2.

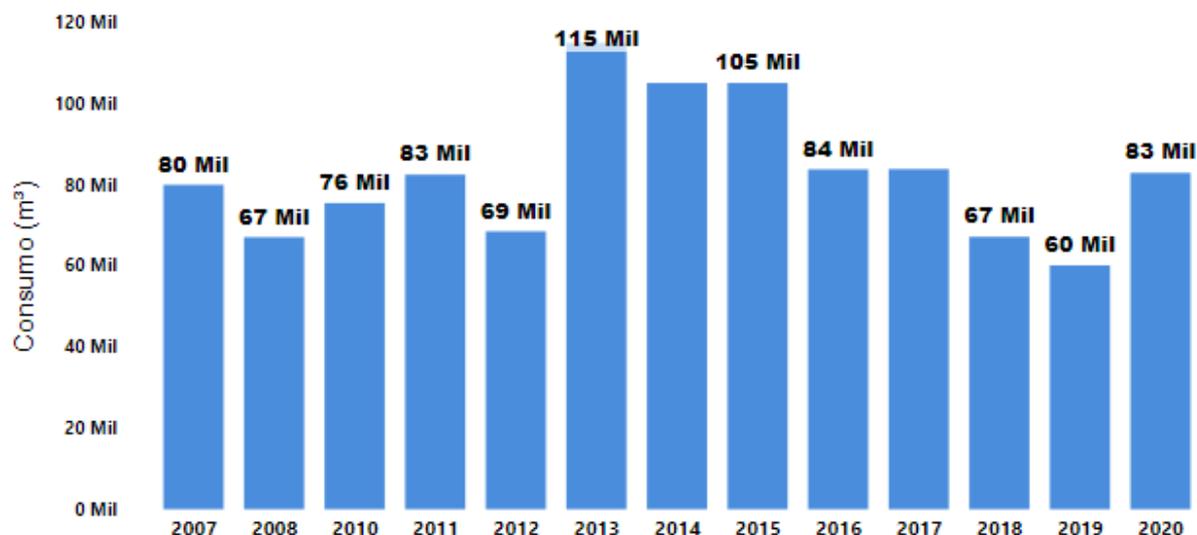


Figura 5.2 – Gráfico de Consumo (m³) por ano

Nesse gráfico é mostrado o total consumido em m³ em cada ano analisado, na qual é perceptível um aumento brusco do consumo a partir do ano de 2013, na qual houve um aumento de 67,8% em comparação ao ano de 2012. Entretanto, não é possível afirmar que as perdas de água por vazamento ou os demais motivos estão ligados diretamente ao pico máximo nesse ano.

Além disso, é nítido no gráfico uma diminuição acentuada do ano de 2017 para 2018, com uma queda de 19,9%. Essa queda foi originada por causa do racionamento de água vivido nos habitantes de todo o Distrito Federal, entre 16 de janeiro de 2017 a 15 de junho de 2018, ocasionada pela queda do nível de água do reservatório da barragem do Rio Descoberto. Esse acontecimento histórico acarretou um período de 73 semanas de restrição que os brasilienses ficaram pelo menos 24 horas sem água a cada 6 dias e uma consequente diminuição na pressão de abastecimento. Por causa disso, em 2018 houve uma queda no consumo de todo DF e foi bastante expressivo nos ramais prediais da UnB. Na figura 5.3 apresenta um maior detalhamento desse consumo.

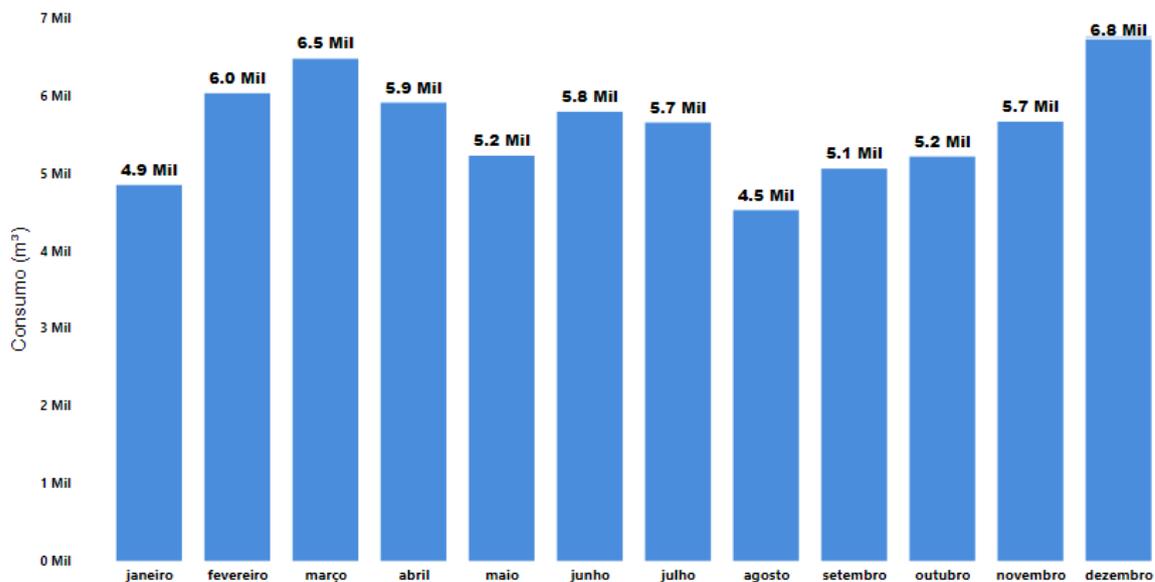


Figura 5.3 – Gráfico de Consumo (m³) por mês em 2018

Nesse ano de 2018, por causa do racionamento, houve investimentos em várias ações de campanhas publicitárias de conscientização, foram realizadas fiscalizações para evitar fraudes e substituíram diversas redes com vazamento em todo o DF. Esses atos tiveram grande impacto na realidade da Universidade de Brasília, e mais especificamente no ICC, pois em 2019 foi o ano com o menor consumo dentro dos dados fornecidos, tendo uma queda de mais 10,5% em comparação com 2018. Além disso, outro aliado ao decréscimo no consumo em 2019 foi a troca do hidrômetro no ICC no final de 2018 (segunda quinzena de dezembro), ressaltando a possibilidade dos erros de medições que o antigo medidor causava.

Analisando os meses de fevereiro e março, os quais refletem os consumos de janeiro e fevereiro, são os meses que, apesar da menor movimentação pelo período de férias, apresentaram 2 dos 3 maiores valores de consumo do ano. Esse fato reforça a ideia de que há grande perda nas instalações do ICC.

Por sua vez, em comparação aos anos de 2019 e 2020, existe uma incompatibilidade com a realidade presenciada no DF e no ICC, havendo um aumento de 37,9% no consumo. Na Figura 5.3 são apresentados os dados de consumo de 2020.

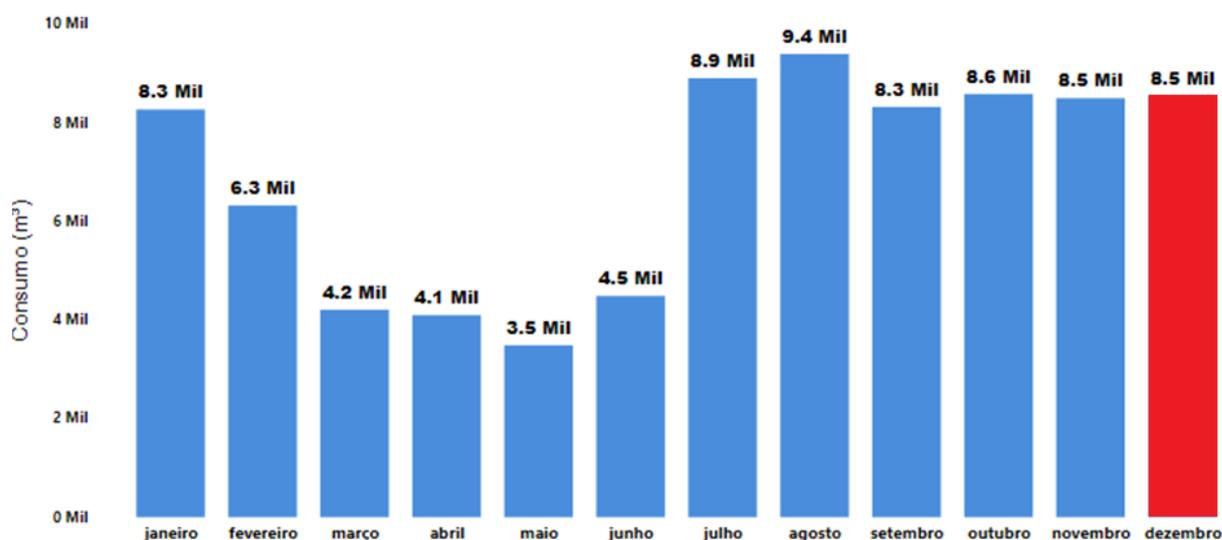


Figura 5.4 – Gráfico de Consumo (m³) por mês em 2020

Na realidade apresentada em 2020, a Universidade de Brasília apresentou um fluxo mínimo de pessoas em suas instalações, ocasionada pela ocorrência da pandemia do coronavírus (COVID-19) que causou o isolamento social desde o dia 13 de março do mesmo ano. No período de março até dezembro, o movimento se restringiu a pequenos acessos de funcionários, manutenções das instalações e da própria edificação. Entretanto, o consumo de água apresentado não está de acordo com a situação, tendo picos de consumo na faixa dos 8,6 mil m³ nos meses de julho a dezembro, sendo que dezembro o dado é obtido por meio da estimativa da média móvel. Essa situação evidencia um grande coeficiente de perda de água em suas instalações. A Tabela 5.3 detalhará os custos dessas perdas.

Tabela 5.3 –Tabela de Consumo x Custo nos meses de 2020

Mês	Consumo (m³)	Custo
Maio	3485,0	R\$ 92.089,53
Junho	4486,0	R\$ 134.059,12
Julho	8903,0	R\$ 266.304,10
Agosto	9395,0	R\$ 281.034,58
Setembro	8321,0	R\$ 248.879,02
Outubro	8583,0	R\$ 256.723,30
Novembro	8498,0	R\$ 254.178,40
Total	51.671,00	R\$ 1.533.268,05

Por meio da tabela, são ilustrados os meses nos quais a edificação do ICC estava com um fluxo baixo de pessoas e, conseqüentemente, deveria apresentar um consumo mínimo. Contudo, entre

os meses de maio a novembro obtivemos um consumo de 51.671 m³ com um custo de aproximadamente 1,5 milhões de reais aos cofres públicos.

Para estimar as dimensões de perdas de água, foi utilizado o trabalho de Barbosa et al. (2018), considerando as demandas corrigidas (D_{cor}) dos aparelhos representados e do respectivo vazamento presente no ICC. A Tabela 5.4 apresenta as demandas corrigidas de cada uso final em tempos de pré-pandemia.

Tabela 5.4 –Demanda corrigida (l/d) no ICC

Usos finais de água	Dcor (l/d)
Descarga Sanitária	110.914
Lavatório	20.228
Bebedouro	40.732
Lavagem Tipo 1	5.827
Lavagem Tipo 2	1.417
Lavagem Tipo 3	199
Torneira de Jardim	3.535
Vazamento	64.284

Por causa da situação de 2020 de pandemia, foi suposto no período de abril a novembro um uso total de 10% da demanda corrigida das descargas sanitárias, lavatórios e bebedouros, pois somente foi utilizado por uma parte reduzida dos funcionários; entretanto, os diferentes tipos de lavagens, torneira de jardim e vazamentos foram utilizados em sua totalidade por estar em contínuo uso mesmo na pandemia. Com esses valores, foi possível realizar a demanda em 2020 (m³/mês) demonstrada na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 –Tabela de Demanda para 2020

Uso final da água	Demanda Corrigida (l/d)	Demanda 2020 (l/d)	Demanda 2020 (m ³ /mês)
Descarga Sanitária	110,914.00	11,091.40	332.74
Lavatório	20,228.00	2,022.80	60.68
Bebedouro	40,732.00	4,073.20	122.20
Lavagem Tipo 1	5,827.00	5,827.00	174.81
Lavagem Tipo 2	1,417.00	1,417.00	42.51
Lavagem Tipo 3	199.00	199.00	5.97
Torneira de Jardim	3,535.00	3,535.00	106.05
Vazamento	64,284.00	64,284.00	1,928.52
Total	247,136.00	92,449.40	2,773.48

Por meio da tabela, foram comparadas o consumo real com a demanda estimada no período de 2020 pela Figura 5.5.

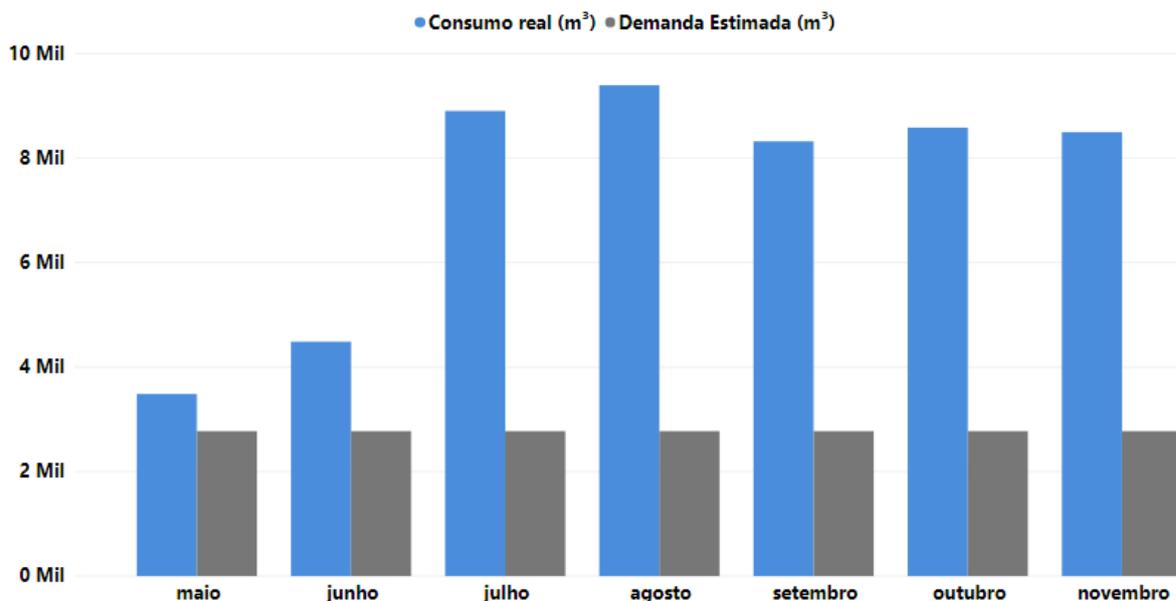


Figura 5.5- Consumo real (m³) x Demanda Estimada (m³)

Nessa demanda estimada, foi considerada uma lavagem em tempo de aula, na qual são realizadas mais limpezas por causa da quantidade de alunos e, por consequente, maior soma de água para o consumo. Inclusive, foi considerado também um vazamento com a mesma pressão dos tempos de pré-pandemia. Nessas questões, foi superestimado o valor do consumo da rede no tempo da pandemia, e mesmo assim o consumo real ultrapassou a estimativa dos meses em milhares de m³. Na Tabela 5.6 é demonstrado a comparação dos custos e a economia prevista.

Tabela 5.6 –Tabela de análise do Custo Real x Custo Previsto

Mês	Consumo (m³)	Custo Real	Demanda (m³)	Custo Previsto	Economia
Maio	3485,0	R\$ 92.089,53	2773,5	R\$ 73.287,94	R\$ 18.801,59
Junho	4486,0	R\$ 134.059,12	2773,5	R\$ 82.882,36	R\$ 51.176,76
Julho	8903,0	R\$ 266.304,10	2773,5	R\$ 82.959,57	R\$ 183.344,53
Agosto	9395,0	R\$ 281.034,58	2773,5	R\$ 82.963,68	R\$ 198.070,90
Setembro	8321,0	R\$ 248.879,02	2773,5	R\$ 82.954,09	R\$ 165.924,93
Outubro	8583,0	R\$ 256.723,30	2773,5	R\$ 82.956,65	R\$ 173.766,65
Novembro	8498,0	R\$ 254.178,40	2773,5	R\$ 82.955,84	R\$ 171.222,56
Total	51.671,00	R\$ 1.533.268,05	19.414,36	R\$ 570.960,14	R\$ 962.307,91

O custo previsto foi determinado por meio do preço da água nos meses analisados, acarretando um total suposto de economia de quase 1 milhão de reais em apenas 7 meses. Há tempos, a sociedade conclama por eficiência na Administração Pública, sendo que o princípio da eficiência está expressamente introduzido na Constituição Federal de 1988 pela EC19/98, com vistas a impor o controle das finanças e direcionar à busca da eficiência gerencial.

Portanto, a indicação de custos elevados em relação a padrões de análise, poderá orientar a administração pública sobre a necessidade de ações de melhoria de processo ou mesmo a sua reestruturação, terceirização, outorga de concessão, adoção de parcerias, ações de descentralização, entre outros. (Alonso, 1999).

Por meio também desses dados, é possível estimar o Índice de Perdas (IP) em cada mês apresentado por meio da fórmula e exemplificado no mês de outubro.

$$IP = \frac{\text{Consumo Real} - \text{Demanda Estimada}}{\text{Consumo Real}} = \frac{8583 - 2773,5}{8583} = 67,68\%$$

Esses cálculos foram aplicados nos meses de maio a novembro de 2020, sendo realizado uma média aritmética da porcentagem de todos os meses. A Tabela 5.7 apresenta essa análise para cada mês e em seu conjunto.

Tabela 5.7 –Tabela do cálculo do IPD

Mês	Consumo Real (m ³)	Demanda Estimada (m ³)	Índice de Perdas
Maio	3485,0	2773,5	20,4%
Junho	4486,0	2773,5	38,2%
Julho	8903,0	2773,5	68,8%
Agosto	9395,0	2773,5	70,5%
Setembro	8321,0	2773,5	66,7%
Outubro	8583,0	2773,5	67,7%
Novembro	8498,0	2773,5	67,4%
Total	55.767,00	22.187,84	57,1%

A estimativa da situação geral é composta por um mau desempenho e organização, com um IP equivalente a 57,1%, representando um volume de perda de mais da metade do volume disponibilizado pela Caesb.

5.2 ANÁLISE DOS DADOS DE PRESSÃO

Para maior abrangência e aplicação, foram coletadas uma quantidade maciça de dados em ambas as áreas de predominância do trabalho. Na zona Sul do ICC foi coletado 25,332 mil dados e na parte Norte o total de 21,451 mil dados de pressão.

Diante isso, foi possível realizar a análise dos valores máximos e mínimos apresentados no dia de medição, verificando o dia da semana de sua respectiva ocorrência. Nas Tabelas 5.8 e 5.9 estão apresentados os respectivos valores obtidos nas áreas Sul e Norte.

Tabela 5.8 – Pressão Média, Máxima e Mínima registrados na Parte Norte do ICC

Dia da Semana	Média	Pressão Máxima (m.c.a)	Pressão mínima (m.c.a)
Segunda-Feira	34,13	74,15	-1,08
Terça-Feira	34,36	73,46	-3,15
Quarta-Feira	36,01	71,81	-2,04
Quinta-Feira	35,42	77,07	-3,75
Sexta-Feira	35,10	75,47	-4,07
Sábado	42,01	76,78	-0,15
Domingo	41,55	68,11	-1,51
Total	36,94	73,84	-2,25

Tabela 5.9 - Pressão Média, Máxima e Mínima registrados na Parte Sul do ICC

Dia da Semana	Média	Pressão Máxima (m.c.a)	Pressão mínima (m.c.a)
Segunda-Feira	42,00	75,30	-3,37
Terça-Feira	43,60	77,23	-4,13
Quarta-Feira	43,36	74,92	3,27
Quinta-Feira	44,00	75,92	2,03
Sexta-Feira	43,40	76,38	1,91
Sábado	47,01	77,95	17,18
Domingo	46,07	70,92	20,45
Total	44,21	75,52	5,33

A norma técnica NBR 5626/20 determina uma pressão estática máxima e uma pressão dinâmica mínima para água fria em ramais prediais, na qual, deve estar em uma zona de pressão de 40 m.c.a e 10 m.c.a. Por meio da análise das tabelas, percebe-se que a rede do ICC, em alguns aspectos, está fora dos parâmetros da norma, apresentando picos de pressões muito elevados que podem acarretar o rompimento das tubulações e, conseqüentemente, um grande desperdício de água. Além disso, foram verificados horários com pressões negativas gerando efeito de sucção no tubo, podendo levar ao colapso da tubulação ou a ocorrência de contaminação das redes de água.

Com os respectivos dados da parte Norte e Sul do ICC, foi realizada uma média de pressão em cada fração de 1 hora de todos os dias que foram obtidos os dados. As Figuras 5.6 e 5.7 apresentam essas médias de pressão.

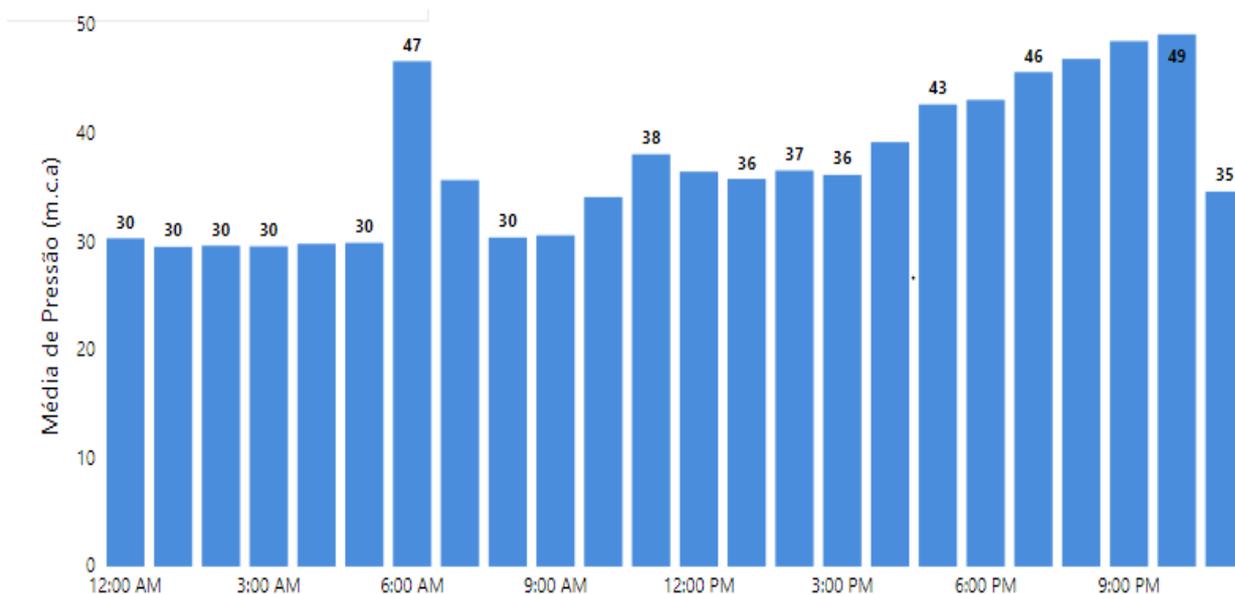


Figura 5.6 – Gráfico da Média de Pressão pelo Horário da Zona Norte

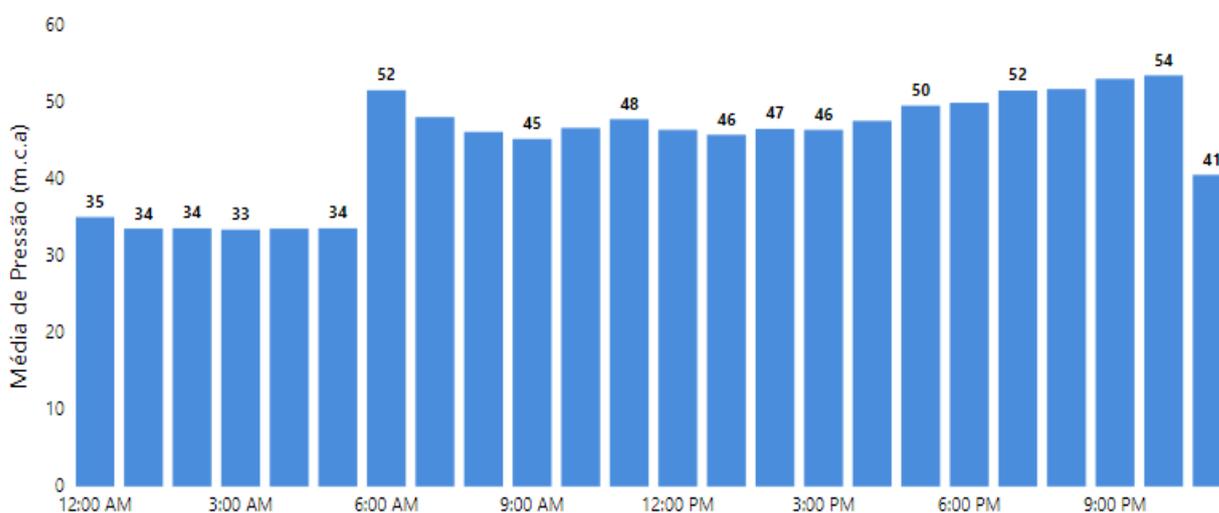


Figura 5.7 – Gráfico da Média de Pressão pelo Horário da Zona Sul

Pela média das pressões no intervalo de 1 em 1 hora, as pressões na parte Norte apresentam uma certa estabilidade e poucos intervalos ficam fora da Norma técnica NBR 5626:2020. No entanto, as médias de pressões na zona Sul desde as 6 AM tendem a valores de pressão maiores do que o permitido. Tanto na parte Norte como na Sul, a análise não apresenta os grandes picos apresentados e nem as pressões negativas que estão presentes no ICC, deixando uma verificação incompleta dos dados e uma ilusão de continuidade e estabilidade.

Para melhor representar essa verificação de picos positivos e negativos, foi realizado uma distribuição de frequência por meio de Histogramas, apresentadas nas Figuras 5.8 e 5.9.

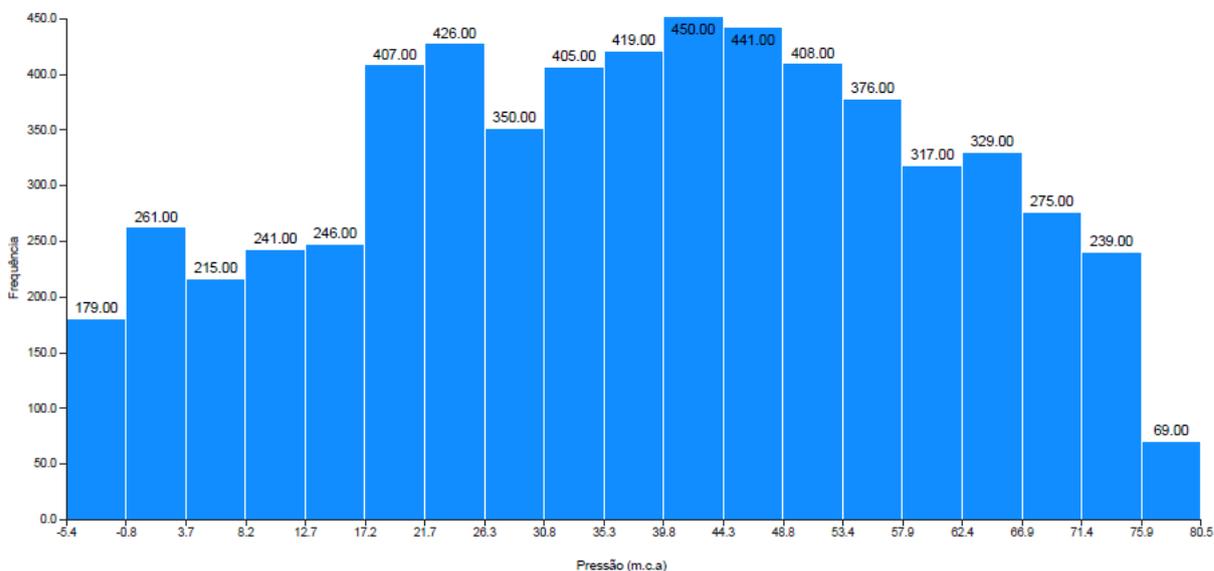


Figura 5.8 – Histograma da zona Norte

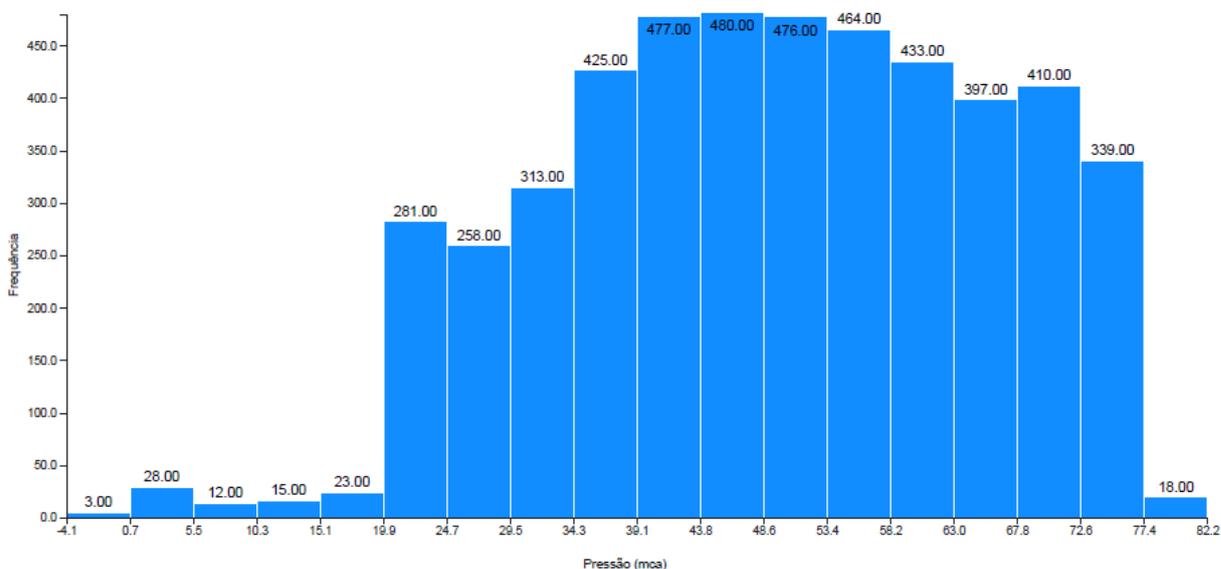


Figura 5.9 – Histograma da zona Sul

Focando apenas no Histograma da parte Norte do ICC, pode-se observar uma quantidade maior de pressões abaixo da norma, que é explicado pelo fato de estar no lado contrário ao ponto de entrada da rede de distribuição. E em relação a parte Sul, os valores abaixo da norma têm um caráter desprezível comparado ao tamanho da amostra coletada, sendo expressa em menos de 1% das medições.

Além disso, tanto o Sul como o Norte, possuem grandes quantidades de medições superiores a 40 m.c.a, apresentando, respectivamente, 70,82% e 48,00% dos valores, ocasionando um potencial de rompimento da tubulação e consequente elevada perda de água.

Até esse ponto do trabalho, foi verificada a consistência dos dados e organizados na forma de tabelas para aplicação de técnicas básicas de estatística descritiva (somatórias, médias, desvios tendências e correlações) cujos resultados, organizados em gráficos, foram utilizados para análise de fatores importantes. A técnica em si ajuda na organização dos dados que, evidentemente, tem sua importância, pois confere ordem à imensa quantidade e diversidade de dados, mas, ao mesmo tempo, revela uma análise pobre acerca da natureza do objeto de estudo.

Para a montagem do *boxplot*, os pontos foram definidos pela média das pressões em cada dia de aquisição dos dados. Na figura 5.10 está representado o diagrama de caixa.

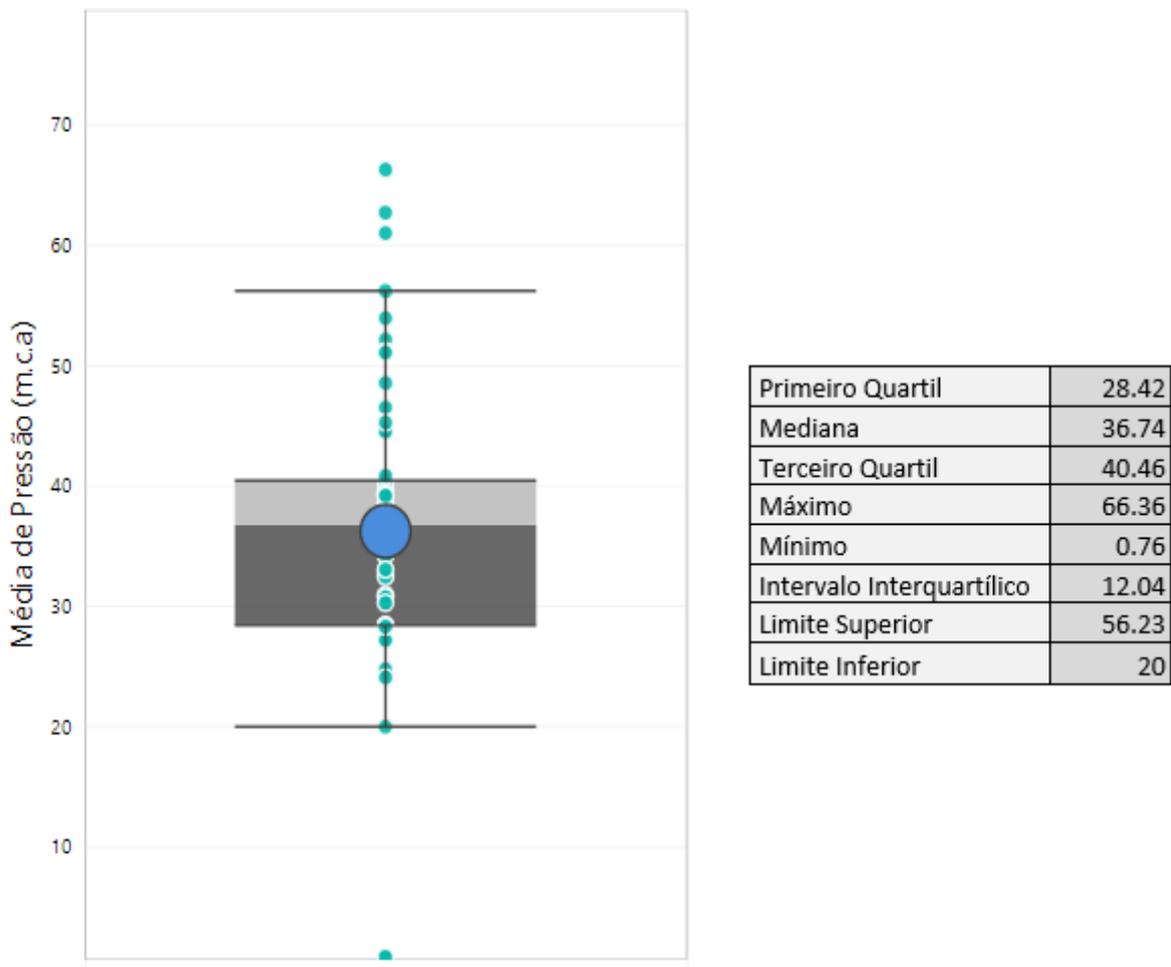


Figura 5.10 – Boxplot da Parte Norte do ICC

Nessa representação é possível analisar a estrutura de distribuição das médias das pressões em cada dia, em função da maior ou menor dispersão dos dados. Portanto, para determinar o tamanho e dimensão das dispersões dos números, é necessário analisar o intervalo interquartílico, que no caso Norte apresenta apenas um valor de 12,04, determinando que 50% dos valores das médias das pressões estão posicionados apenas nesse intervalo entre 40,46 – 28,42. Como a mediana está deslocada para o terceiro quartil, temos uma distribuição assimétrica negativa, na qual, existe uma concentração de valores maior no intervalo 40,46 – 36,74, representando 25% dos dados da média.

Somado a esses fatores, essa análise foi realizada não com os valores medidos a cada intervalo de 5 min, mas a média aritmética do conjunto dos dados em um dia, acarretando um disfarce dos picos que são causados. Por isso, é imprescindível que os valores de outliers são mais expressivos que os determinados acima. A Figura 5.11 apresenta o diagrama da parte Sul.

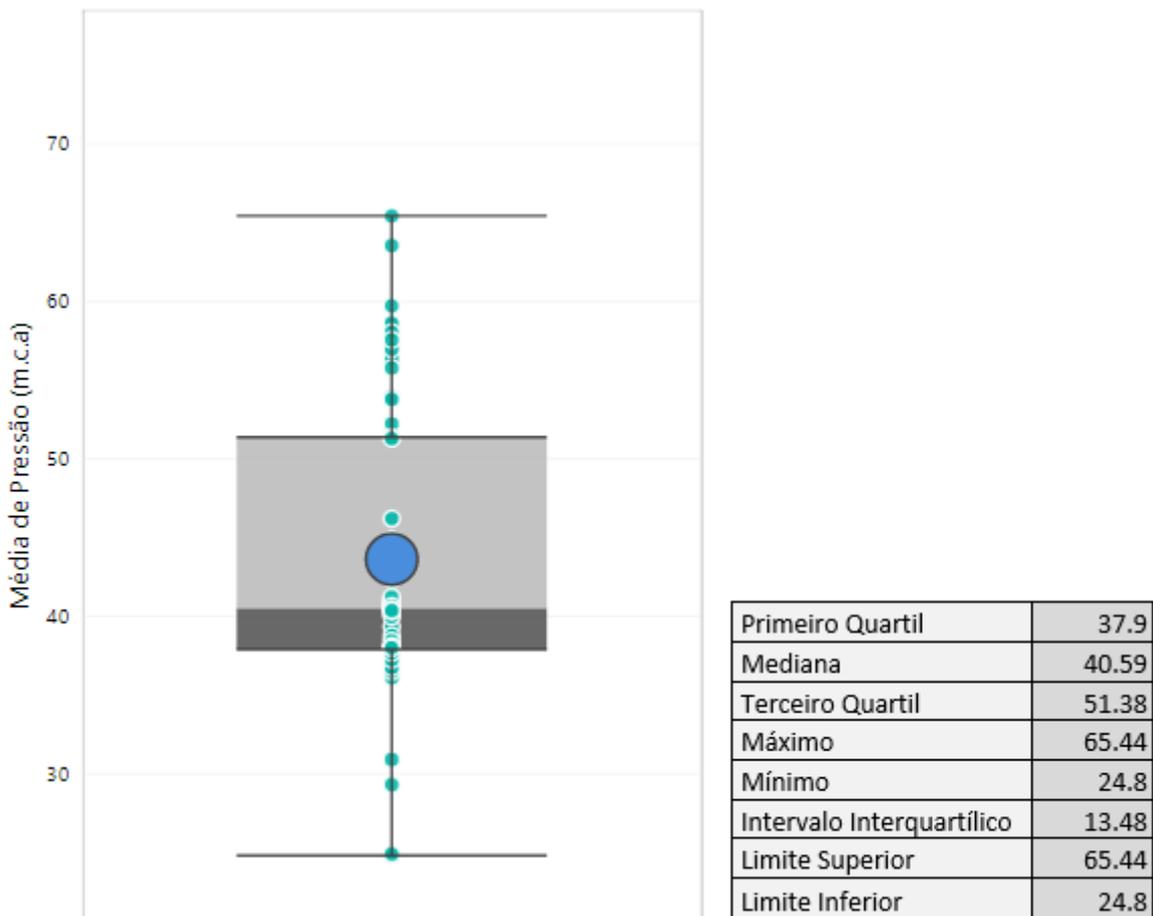


Figura 5.11 – Boxplot da Parte Sul do ICC

Por outro lado, na representação Sul do ICC os valores são um pouco mais dispersos, na qual o intervalo interquartílico apresenta 13,48 e uma assimetria positiva dos valores, pois está deslocada para o primeiro quartil.

Além disso, nessa representação em caixa não é possível indicar valores discrepantes de outliers, determinando que as pressões abaixo e acima da norma são valores recorrentes nessa representação, mostrando um grau de normalidade nesses valores que podem ocasionar tantos problemas para a rede predial.

Adicionalmente a esses fatores, essa análise foi realizada não com os valores medidos a cada intervalo de 5 min, mas a média aritmética do conjunto dos dados em um dia, acarretando um disfarce dos picos que são causados. Por isso, é imprescindível que os valores expressos dentro dos limites superiores e inferiores, possam se estender ainda mais.

O *boxplot* é também utilizado para comparar a equivalência entre grupos amostrais, tanto para estudo transversal como longitudinal. Nestes casos, o gráfico é composto por duas ou mais caixas conforme o número de grupos a serem comparados. No caso desse trabalho, foi comparado as médias de pressões em cada dia da semana, sendo 1 equivalente a segunda-feira e assim sucessivamente. Tem-se o exemplo do *boxplot* da parte Norte, determinada pela Figura 5.12.

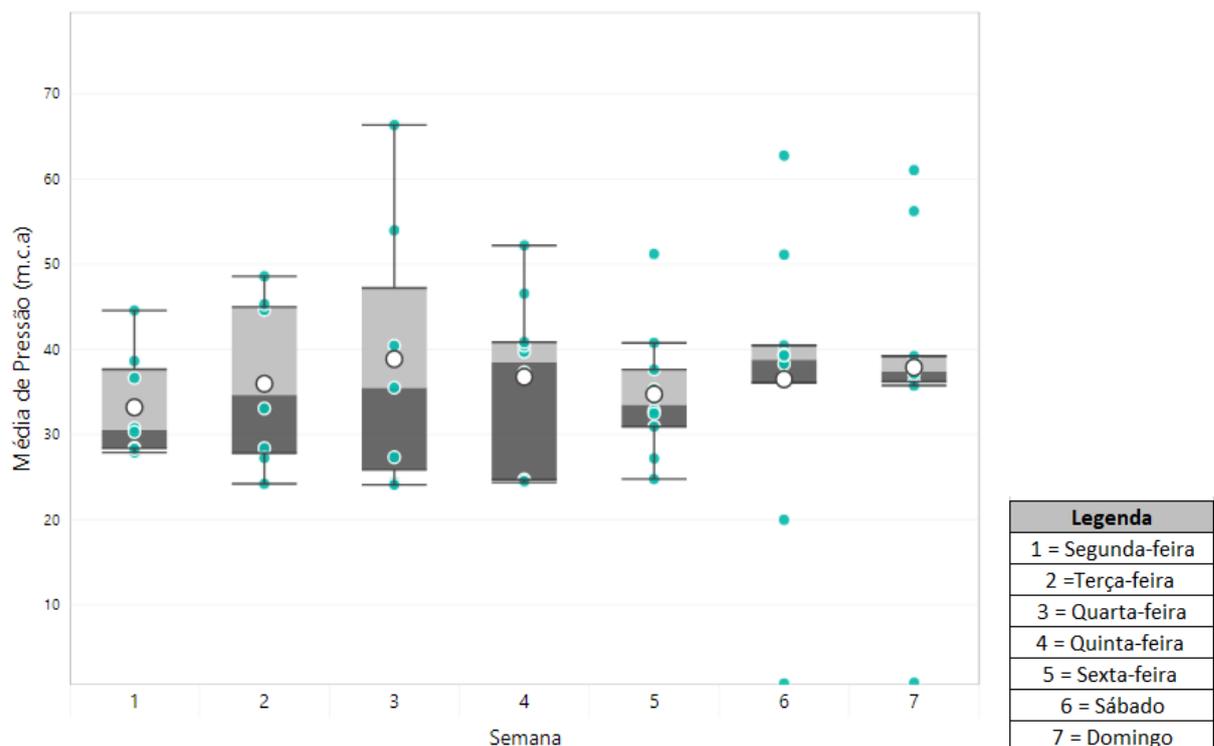


Figura 5.12 – *Boxplot* por dia semana da Parte Norte do ICC

Nessa representação, percebe-se que segunda-feira (1) e sexta-feira (5) são os dias de semana com menores amplitudes, ocasionadas, provavelmente, pelo menor número de pessoas circulando no campus. Conseqüentemente, a quarta-feira (3) é o dia com maior movimento e, portanto, com maior variação e dispersão de dados. O final de semana apresenta uma mínima variação das médias de pressão por não ter uso contínuo das tubulações de água e, além disso, é perceptível valores discrepantes dos *outliers*, determinando que mesmo nas situações de fluxo quase nulo de pessoas existem momentos de picos de pressão na rede. Na Figura 5.13, serão analisadas as médias de pressões pelos blocos de horário do dia.

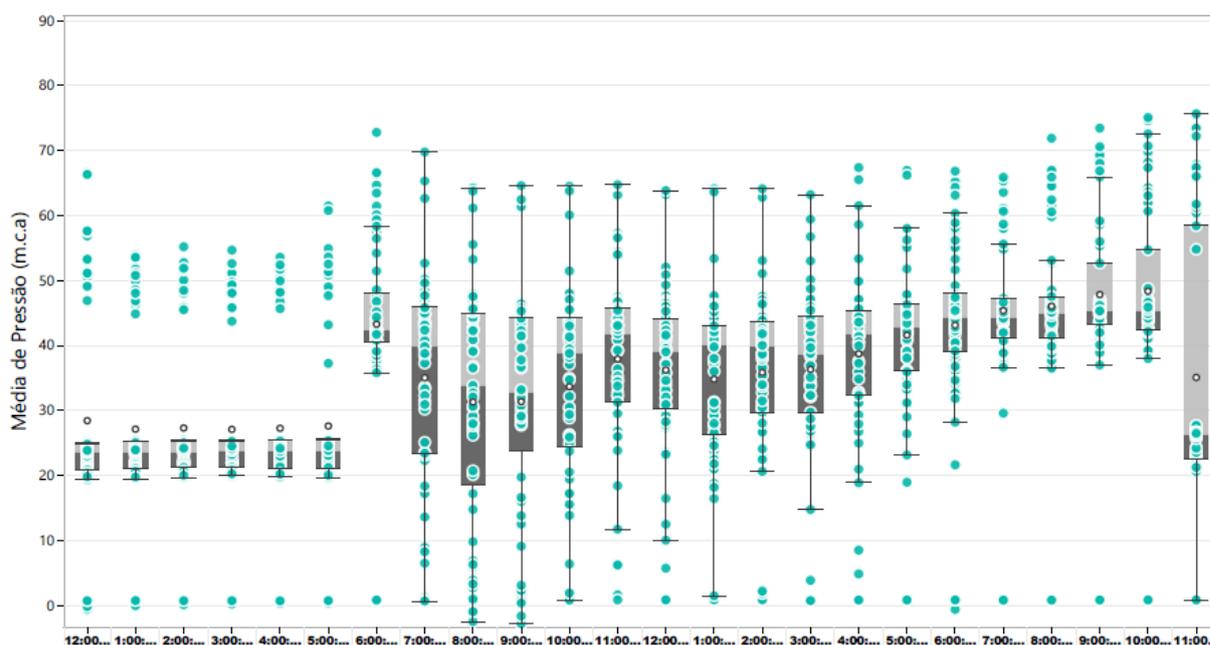


Figura 5.13 – Boxplot por Horário do dia na Parte Norte do ICC

Observa-se que durante a madrugada, a pressão é bastante concentrada com grandes picos de pressão em determinados momentos. A partir de 6 horas da manhã, quando começa a movimentação de pessoas e consumo de água, a pressão sobe de patamar e continua com picos altos até o final do dia, enquanto o consumo é alto. De 7 às 13 horas, há uma dispersão de números muito grandes, variando de 0 até 70 m.c.a, alertando sobre uma variação brusca de pressão que ocorre dentro dos horários.

Além disso, foram coletados dados de pressão de 28 de setembro até 7 de outubro de 2020 na parte Norte e de 28 de setembro até 30 de setembro de 2020 na parte Sul. Esses dados trouxeram a perspectiva de como a rede está se comportando no decorrer da pandemia, na qual há um mínimo de fluxo de pessoas no prédio do ICC e, por conseguinte, um teórico consumo de água, que não é observado nos dados de consumo coletados pela CAESB. Ademais, no meio do

período que ocorria o isolamento social, a válvula redutora de pressão posicionada à montante no ramal que alimenta o ICC foi estabilizada em uma pressão mais baixa por causa do baixo consumo que iria apresentar no sistema. A Figura 5.14 e 5.15 apresentam respectivamente as pressões da parte Norte e Sul.

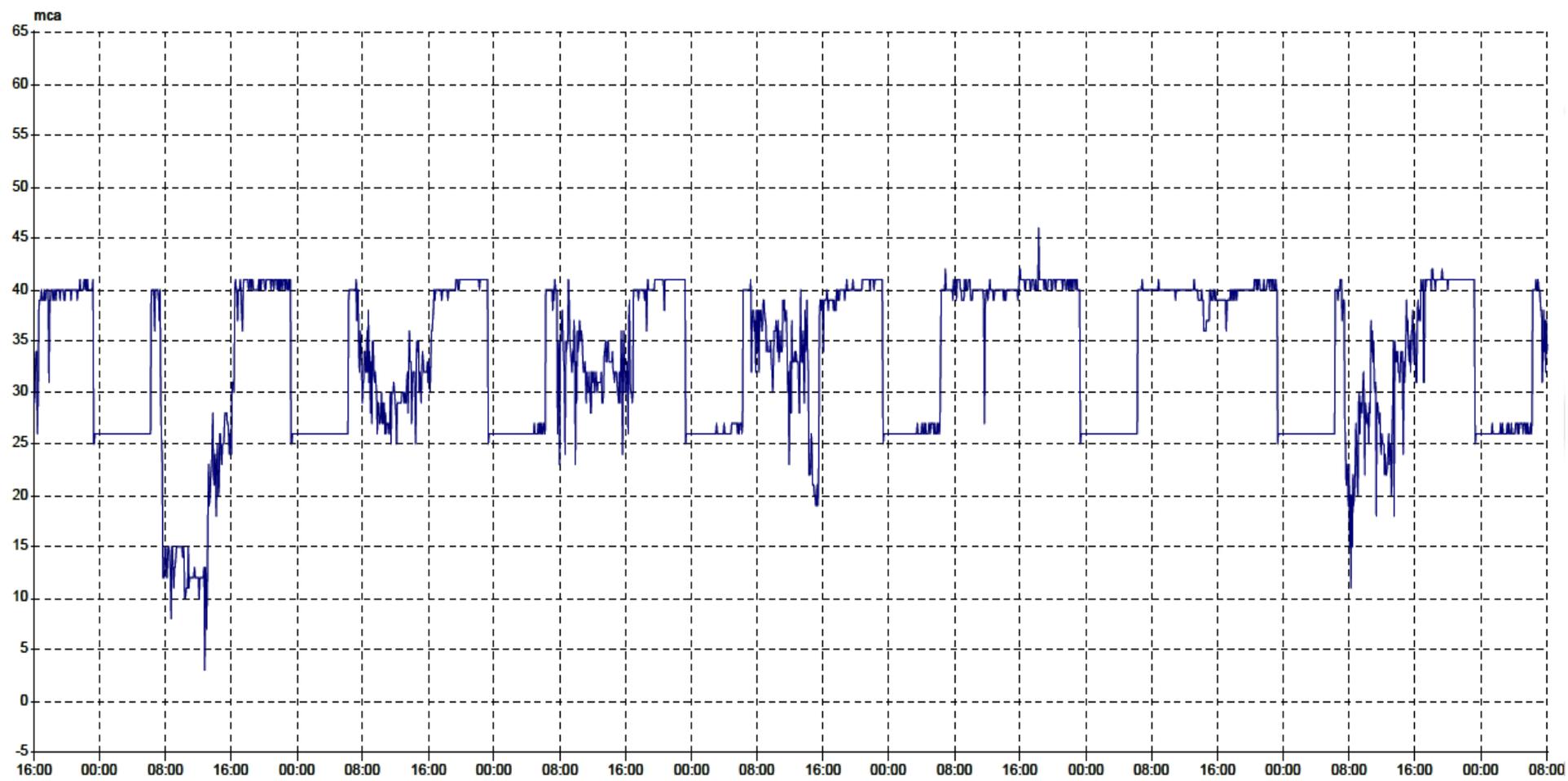


Figura 5.14 – Pressões no ICC Norte

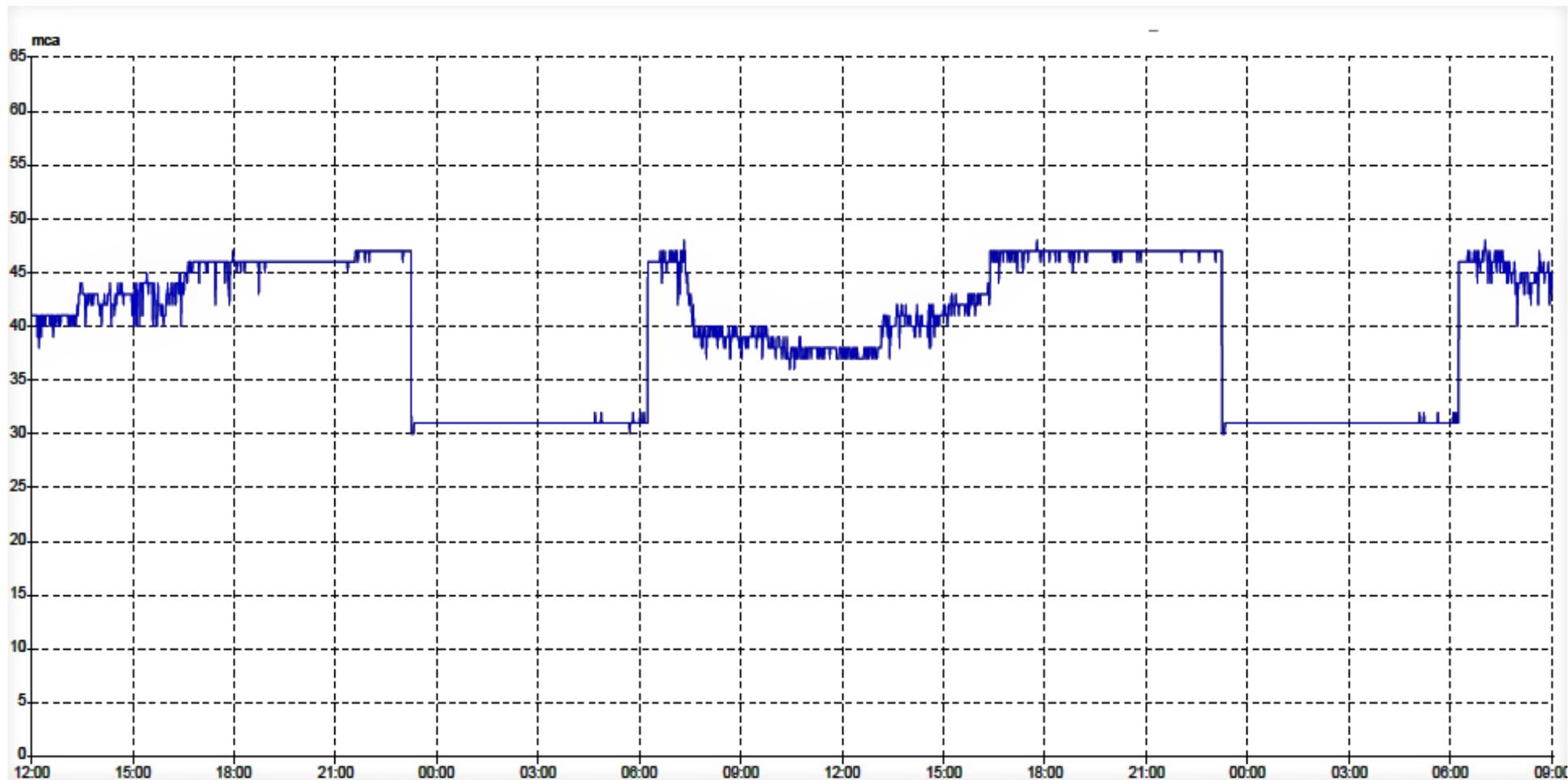


Figura 5.15 – Pressões no ICC Sul

Devido à mudança na válvula de pressão encontrada ao lado do edifício da Fiocruz, é observada uma estabilidade das pressões entre 20 e 40 na parte Norte e entre 30 e 45 na parte Sul, essa diferença entre as duas zonas é decorrente da presença do início da rede de abastecimento no ICC Sul. Na Figura 5.16 apresenta a posição da válvula redutora de pressão em relação ao ICC.

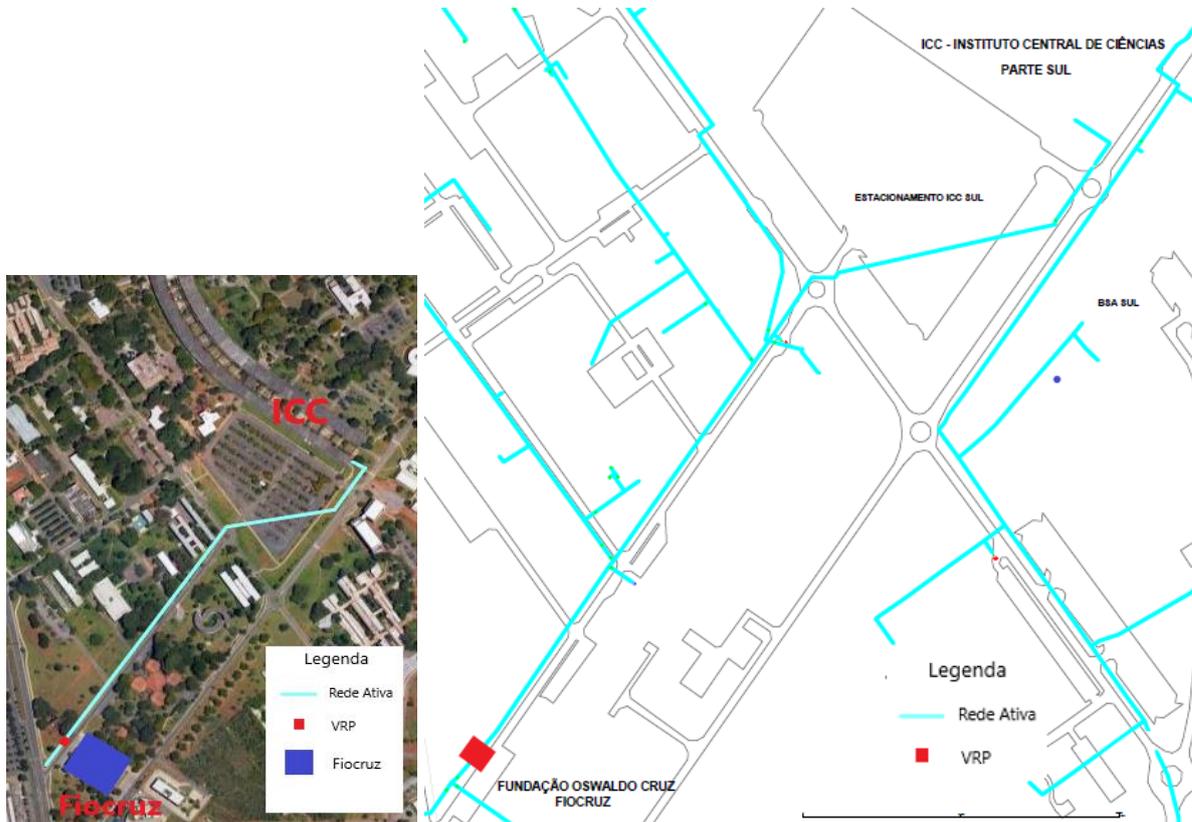


Figura 5.16 – Localização da VRP em relação ao ICC

Contudo, essa normalidade de pressões medidas na rede não é compatível com a magnitude do consumo presente nos meses de setembro e outubro, pois ao reduzir as variações de pressão durante o dia é esperado um rebaixamento do seu consumo. A Figura 5.17 apresenta o consumo dos meses.

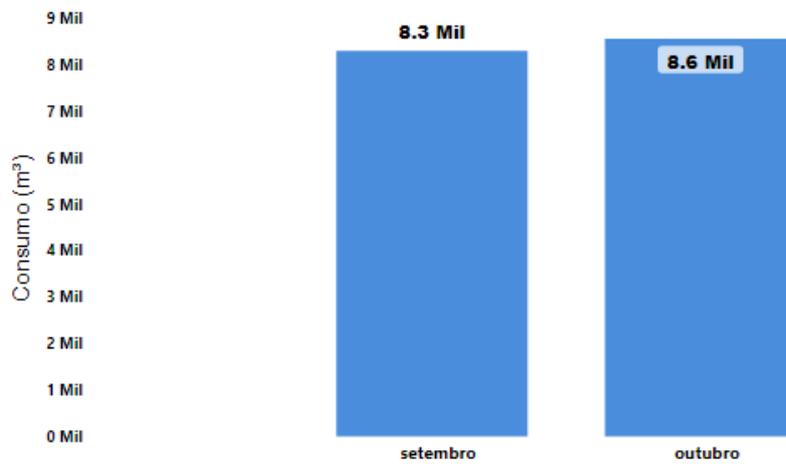


Figura 5.17 – Consumo dos meses de setembro e outubro de 2020

É evidente uma presença de estabilidade de pressão conjunta com um consumo de água absurdo no sistema predial do ICC. Logo, com clareza vemos, mais uma vez, a dimensão dos vazamentos nas instalações ocasionando uma estrondosa perda de água.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Por intermédio das ferramentas estatísticas utilizadas foi possível analisar as instalações em diferentes perspectivas e fundamentar conclusões específicas, percebendo-se que há grande susceptibilidade a perdas hídricas e falhas no ramal predial do ICC.

No ramo de análise da rede de consumo de água, as diferentes comparações foram necessárias para identificar um histórico explicativo dos consumos e o peso das perdas de água. Como ilustrado nos inúmeros gráficos, houve diminuição gradual nos anos de 2018 e 2019 originada pela crise hídrica e os investimentos proporcionados na infraestrutura do sistema de abastecimento. Entretanto, essa forte diminuição não aconteceu no ano da pandemia, com um repentino pico em uma época de isolamento social e fluxo mínimo de pessoas no bloco de edificação do ICC, mostrando o grande percentual de perdas e um enorme prejuízo financeiro e educacional para a Universidade.

A estimativa de perdas de água somente nos 7 meses analisados recai em 32 mil m³, apresentando um Índice de (IP) de 57,1% de toda a água disponibilizada pela Caesb para o abastecimento do ICC. Essas perdas acarretaram um prejuízo de aproximadamente 1 milhão de reais aos cofres públicos, dinheiro que poderia ter sido usados para um melhor ensino e infraestrutura na Universidade, gerando, portanto, maior eficiência na Administração Pública.

Além disso, a troca de hidrômetro possibilitou uma redução de perda aparente, considerando que o valor pago pela Universidade, antes da remoção do antigo hidrômetro, era bastante expressivo. Esses erros de medição podem advir do envelhecimento sofrido ao longo dos anos, provocando um grande desgaste natural e da presença de ar na tubulação, gerando uma medição de consumo muito maior que a verdadeira.

Para os níveis de pressão analisados nas instalações do ICC, percebe-se que há uma grande tendência às perdas e falhas devido às altas pressões e suas grandes variações. No geral, as pressões monitoradas mostraram grandes picos de pressão com valores muito além dos preconizados pela norma NBR12218/2017, ultrapassando a faixa de 40 m.c.a nos dois lados observados do ICC. Portanto, é perceptível que o limite superior é frequentemente ultrapassado e suscetível a prejudicar a integridade das instalações prediais, potencializando as perdas de água já existentes.

Por causa das inúmeras análises de consumo e pressões realizadas, é fundamental uma ação no gerenciamento e controle das perdas pelo rompimento de tubulações. Para evitar as pressões muito elevadas na rede de água, faz-se necessário utilizar as válvulas redutoras de pressão (VRP) próximas à entrada do ICC Sul, colocando limites máximos de pressão possíveis. Esse controle possibilitará uma redução no volume perdido de vazamentos, economia de recursos de água e redução no rompimento de tubulações.

Devido à iminente instalação de uma válvula redutora de pressão (VRP) na entrada do ICC Sul, é recomendado, para possíveis trabalhos futuros, um estudo aprofundado da relação das perdas físicas de água e as VRP's, analisando suas vantagens e desvantagens acarretadas na edificação. Dessas possíveis análises é possível calcular o percentual de volume economizado em cada dia da semana, uma comparação antes x depois da instalação da válvula e as estimativas de economia apresentadas. Contudo, mais alternativas podem ser estudadas no contexto da ligação entre pressão, consumo e VRP, monitorando os padrões operacionais das instalações prediais de água do ICC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. (2013). *Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate*. São Paulo, 2013.

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. Brasília: Universidade de Brasília, 2010.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5626: Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro: Editora ABNT, 1998.

ADASA – Agência Regulador de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (2018). *Relatório de Fiscalização: Acompanhamento das ações da Caesb para controle e redução de perdas*. 2018.

ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (2020). *Relatório de Fiscalização: Monitoramento Regular do Consumo de Água Tratada no Distrito Federal, 2020* Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/fiscalizacao/relatorios_vistoria_fiscalizacao_rvf/2020/Consumo_Agua_sae.pdf.

Acessado: em novembro de 2020.

BARBOSA, G. G., BEZERRA, S. P., & Sant’Ana, D. (2018). *Indicadores de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações de ensino do Campus Darcy Ribeiro - UnB. Paranoá: Cadernos De Arquitetura E Urbanismo*, (22), 1-15. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n22.2018.01>

BERMAD – *Válvula Redutora de Pressão Modelo 42 LP (Ação Direta)*. Ficha técnica. Disponível em: https://www.bermad.com/app/uploads/sites/8/BC-42-LP-Redutora-de-Pressao-de-Acao-Direta-mod.42-LP_Ficha-Tecnica.pdf. Acessado: em novembro de 2020

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (2019) – *Relatório de fiscalização – acompanhamento das ações da Caesb para controle e redução de perdas*, 2019.

CREDER, Hélio. (2006). *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 2006.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P.R.A. (2019). *Técnica de operação em sistemas de abastecimento de água: Pesquisa e combate a vazamentos não visíveis. Volume 3*. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/201/titulo/guias-praticos-tecnicas-de-operacao-em-sistemas-de-abastecimento-de-agua-volume-3>. Acessado em: outubro de 2019.

GONÇALVES, O. M.; ILHA, M. S. O; AMORIM, S.V.; PEDROSO, L. P. *Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio*. São Paulo, 2005.

ILHA, M.S.O; GONÇALVES, O.M. (2008). *Sistemas Prediais de Água Fria*. Texto Técnico – Série TT/PPC, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

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. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

MARTINS, M.M. (2019). *Análise dos padrões operacionais das instalações prediais de água do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro*. Monografia de Projeto Final 2, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília: Universidade de Brasília, 2019.

PINTO, L.C.B. (2012). *Gestão do Saneamento Básico: Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário*. São Paulo: Manole, 2012.

IWA – International Water Association. *Site próprio da IWA*. Disponível em: <https://iwa-network.org/>. Acesso em novembro de 2019.

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: outubro de 2020.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. (2020). *Válvula Redutora de Pressão Tipo Globo ou Membrana (DN 50 a 600)*. Norma técnica SABESP NTS 29. São Paulo, junho de 2020. Revisão 3.

SILVA, B.O.C; MONTEIRO, C.O; TORRES, C.G.V; SHINZATO, E.; MOKARZEL, F.C; GUIBOSHI, M.; PELLEGRINI, T.C. (2003). *Controle de perdas de água em sistemas de distribuição*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, L.H. (2002). *As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios*. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2002.

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. Brasília: Universidade de Brasília, 2018.

TrataBrasil (2020). *Perdas de água 2020 (SNIS 2018): Desafios para a disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico*. São Paulo, junho de 2020. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/Relat%C3%B3rio_Final_Estudo_de_Perdas_2020_-_JUNHO_2020.pdf. Acessado: em novembro de 2020.

TSUTIYA, M. T. (2006). *Abastecimento de Água*. 3ª. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.