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

ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO DE ÁGUA NA FACULDADE DE TECNOLOGIA (UNB)

GEORGE WILSON ALBERNAZ RODRIGUES

ORIENTADOR: ARTHUR TAVARES SCHLEICHER

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL 2

BRASÍLIA/DF: OUTUBRO/2022

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

ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO DE ÁGUA NA FACULDADE DE TECNOLOGIA (UNB)

GEORGE WILSON ALBERNAZ RODRIGUES

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:

_____
PROF. ARTHUR TAVARES SCHLEICHER, MSc (ENC/UnB)
(ORIENTADOR)

_____
PROF. SERGIO KOIDE, PhD (ENC/UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

_____
PROF. DANIEL RICHARD SANT'ANA, PhD (FAU/UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 7 DE OUTUBRO DE 2022.

FICHA CATALOGRÁFICA

RODRIGUES, GEORGE WILSON ALBERNAZ

ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO DE ÁGUA NA FACULDADE DE TECNOLOGIA (UNB)

xiii, 152p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2022).

Monografia de Projeto Final 2 – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Consumo de água
2. Pressão de Água
3. Perdas de Água
4. Medição da Pressão de Água
I. ENC/FT/UnB
II. Título (bacharel)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RODRIGUES, G.W.A. (2022). *ANÁLISE DE CONSUMO E PRESSÃO DE ÁGUA NA FACULDADE DE TECNOLOGIA (UNB)*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 152 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: George Wilson Albernaz Rodrigues

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise de consumo e pressão de água na Faculdade de Tecnologia (UnB).

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2022

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.

George Wilson Albernaz Rodrigues
georgealbernaz@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter sempre me proporcionado saúde e condições para conseguir ir em busca dos meus objetivos.

Agradeço à minha família, por ter sido minha base, me dando força e perseverança para conseguir ser aprovado no curso de Engenharia Civil da Universidade de Brasília e poder chegar até a conclusão do curso, que é uma das maiores conquistas até então de minha vida.

Agradeço ao meu pai George, que por ser engenheiro civil, sempre procurou me passar seus conhecimentos com muita calma e dedicação.

Agradeço à minha mãe, por sempre me ajudar em múltiplas esferas de minha vida, em especial na inteligência emocional. Seu apoio e compaixão foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e emocional.

Agradeço à minha irmã Ana Carolina, que além de ser engenheira civil, é também Mestre e, com a sua grande facilidade de ensinar, desde a infância me apoiou e me ajudou muito academicamente, tirando sempre minhas dúvidas com muita paciência e simpatia. A ela, meus totais agradecimentos pelos incontáveis minutos de apoio e de conhecimentos transmitidos.

Ao meu professor orientador Arthur, que em todos momentos foi solícito, sempre possibilitou abrir intervalos de tempo de sua rotina para me apoiar e me permitir desenvolver da melhor maneira meu trabalho de Projeto Final. A ele, meus totais agradecimentos pelos seus conhecimentos compartilhados, pela sua paciência e simpatia.

Aos meus colegas de turma e todos amigos, que sempre foram muito importantes na minha caminhada, com muito apoio, conhecimentos compartilhados, ajudas transmitidas e pensamentos positivos vigorados.

Aos meus colegas de mercado de trabalho nos períodos de estágio, meu muito obrigado pelos conhecimentos transmitidos, pela positividade sempre propagada e pelas ajudas sempre prestadas em momentos turbulentos ao longo da caminhada acadêmica na graduação.

A todos os professores presentes ao longo do meu percurso acadêmico, um obrigado pela presença e conhecimentos transmitidos com muita dedicação.

À Universidade de Brasília e sua infraestrutura, aos servidores da universidade e seus trabalhadores terceirizados, meu obrigado por sempre prestarem suas atividades com muito desvelo.

Sem a presença de todos, alcançar o fim da graduação não teria sido possível. A todos, muita gratidão por tudo.

RESUMO

Nota-se nos dias atuais, em diversos estudos realizados no Brasil, expressivas perdas de água comprovadas em múltiplos locais no país, como em redes de distribuição de água e em instalações hidráulicas prediais. Destaca-se que a pressão e o consumo de água estão diretamente relacionados, sendo majoradas as perdas nos sistemas hidráulicos à medida em que se elevam as pressões de operação. Este trabalho objetivou medir e analisar a pressão e consumo de água nas instalações prediais da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, de forma a identificar possíveis perdas de água. Para medição das pressões, foi realizada a concepção de uma instrumentação através do uso de um transdutor de pressão associado a um Arduino e um dispositivo *data logger*. A partir da concepção dessa instrumentação, foi possível levantar dados de pressão ao longo do tempo em um ponto de utilização do edifício. Além disso, foram adquiridos dados históricos de contas de água da FT, bem como feitas aferições presenciais do consumo hídrico no hidrômetro ultrassônico localizado no cavalete de entrada do abastecimento de água dessa edificação.

A instrumentação concebida para medição das pressões mostrou ser precisa pelos testes e medições realizados, além de ser viável economicamente. Ademais, ao longo de 36 dias nos quais houve medições de pressão em um ponto de utilização, apenas em 0,39% desse tempo notou-se interrupção de leitura, muito provavelmente por quedas de energia no edifício. A partir dessas medições realizadas, obteve-se que a menor pressão dinâmica medida no ponto de utilização foi de 1,94 mca, acima do valor mínimo exigido pela NBR 5626/2020 de 0,5 mca. Já em relação às pressões máximas, o limite de 40 mca de pressão estática não foi respeitado.

Por meio dos dados históricos de contas de água da FT, pode-se concluir que a edificação apresentou ao longo do tempo expressivas perdas de água. Somente de janeiro a setembro de 2019, estima-se que mais de 11000 m³ de água foram perdidos devido a vazamentos nas suas instalações hidráulicas, representando um custo financeiro de mais de R$283.000,00. Entre abril de 2020 e novembro de 2021, que foram meses afetados diretamente pela pandemia de COVID-19, notou-se um consumo mensal médio superior à média dos consumos de água dos 24 meses entre 2017 a 2018 (anos com aulas presenciais), o que é um indício de perdas expressivas de água.

Através de uma análise mais detalhada feita a partir dos dados medidos de pressão e consumo hídrico, pôde-se quantificar melhor os volumes perdidos de água. Estima-se que há na FT, nas atuais conjunturas de pressão de água observadas em finais de semana e feriados, perdas de água de cerca de 12,44 m³/dia. Já entre segundas-feiras e sextas-feiras, estima-se perdas de água acima de 7,49 m³/dia (mais de 33% do consumo total diário do edifício). Somente para o mês de setembro de 2022, calculou-se uma perda de água superior a 269 m³.

A partir da análise dos consumos hídricos, pode-se concluir que o hidrômetro que atualmente registra os consumos da Faculdade de Tecnologia não se apresenta adequado para registrar as demandas da edificação, percebendo-se uma submedição do consumo de água. A partir da verificação das elevadas variações de pressão observadas pela instrumentação concebida, e pelo fato da edificação não possuir uma Reserva Técnica de Incêndio, recomenda-se a instalação de um reservatório no edifício, no qual realizou-se neste trabalho uma estimativa de seu volume.

Palavras-chave: Perdas de água, Pressão de água, Consumo de água, Transdutor de Pressão, Arduino.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVOS 2

2.1 OBJETIVO GERAL 2

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

3 REFERENCIAL TEÓRICO 3

3.1 PERDAS DE ÁGUA 3

3.2 CONSUMO DE ÁGUA 8

3.2.1 PADRÕES DE CONSUMO DE ÁGUA 9

3.2.2 VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS 11

3.3 PRESSÃO DE ÁGUA 14

3.4 MEDIÇÃO DE VAZÕES E PRESSÃO DE ÁGUA 17

3.4.1 MEDIÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA 17

3.4.2 MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE ÁGUA 21

3.4.3 MEDIÇÕES DE PRESSÃO DE ÁGUA COM USO DE SISTEMA ARDUINO 23

3.5 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DO ESTUDO HÍDRICO REALIZADO NO *CAMPUS* DARCY RIBEIRO 29

4 METODOLOGIA 36

4.1 LOCAL DE ESTUDO 36

4.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA FACULDADE DE TECNOLOGIA 37

4.3 ANÁLISE DO HISTÓRICO DO CONSUMO DE ÁGUA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA 39

4.4 OBTENÇÃO DE DADOS AO LONGO DO TEMPO SOBRE O CONSUMO HÍDRICO E PRESSÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA FT 40

4.4.1 CONCEPÇÃO, TESTES PRELIMINARES E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DA INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA NAS MEDIÇÕES DE PRESSÃO DA ÁGUA 40

4.4.2 ESCOLHA DE PONTO ESTRATÉGICO PARA MEDIÇÃO DAS PRESSÕES, INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO E O LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE PRESSÃO MEDIDOS 49

4.4.3 OBTENÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA 56

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 59

5.1 ANÁLISE DO HISTÓRICO DO CONSUMO DE ÁGUA DA FT 59

5.2 RESULTADOS DOS TESTES PRELIMINARES E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DA INSTRUMENTAÇÃO PROPOSTA PARA MEDIÇÃO DAS PRESSÕES 64

5.3 ESCOLHA DO PONTO A MEDIR AS PRESSÕES UTILIZANDO A INSTRUMENTAÇÃO PROPOSTA 69

5.4 ANÁLISE DE PERDAS DE ÁGUA....71
5.5 ANÁLISE DAS PRESSÕES DE ÁGUA MEDIDAS E DOS CONSUMOS HÍDRICOS OBTIDOS....79
5.5.1 ANÁLISE DAS PRESSÕES DE ÁGUA MEDIDAS....79
5.5.2 ANÁLISE DOS CONSUMOS HÍDRICOS OBTIDOS....82
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES....92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....94
APÊNDICE A – CÓDIGO ARDUINO DESENVOLVIDO....98
APÊNDICE B – FICHA TÉCNICA TRANSDUTOR DE PRESSÃO UTILIZADO....104
APÊNDICE C – CALENDÁRIO ATIVIDADES ACADÊMICAS UNB (2017 – 2022)....107
APÊNDICE D – GRÁFICOS DE PRESSÕES DIÁRIAS MEDIDAS....109
APÊNDICE E – CONSUMOS HÍDRICOS MEDIDOS NO HIDRÔMETRO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA....127
APÊNDICE F – RELAÇÃO DE PESSOAS QUE FREQUENTAM A FACULDADE DE TECNOLOGIA....144

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Perdas Reais e Aparentes (modificado - Martins, 2019) 4

Figura 3.2 – Tipos de Vazamentos (SABESP, 2006) 5

Figura 3.3 - Controle e Redução de Perdas Reais (modificado - Martins, 2019) 7

Figura 3.4 - Consumo per capita por Região Administrativa do DF (ADASA, 2020) 8

Figura 3.5 - Edifícios estudados por Barbosa *et al.* (2019) 10

Figura 3.6 - Indicadores de consumo da FT (Barbosa *et al*., 2019) 11

Figura 3.7 - Exemplo de Vazão Mínima Noturna (modificado - Hamilton e McKenzie, 2014) 12

Figura 3.8 - Exemplo de Relação Vazão x Pressão (modificado - Hamilton e McKenzie, 2014) 13

Figura 3.9 - Exemplo de Fator Noite/Dia menor do que 24 horas e maior do que 24 horas (Tsutiya, 2006) 14

Figura 3.10 - Esquema de Ligação Predial (Tsutiya, 2006) 17

Figura 3.11 - Representação Esquemática de um hidrômetro com turbina horizontal (Azevedo Netto e Fernández, 2015) 18

Figura 3.12 - Hidrômetro de Velocidade do Tipo Hélice (AWWA Staff, 2006) 18

Figura 3.13 - Ilustração de medidor ultrassônico de tempo de trânsito (Diehl Metering, 2022) 19

Figura 3.14 - Ilustração de medidor ultrassônico de efeito Doppler (modificado - Omega Engineering, 2019) 20

Figura 3.15 - Elementos de Recepção - Manômetros Elásticos (SENAI ES, 1999) 22

Figura 3.16–Exemplo de Transdutor de Pressão do tipo strain gage (modificado - Site OMEGA Engineering, 2018) 23

Figura 3.17 - Representação real Arduino UNO R3 - Vista em planta (Site Oficial Arduino, 2022) 24

Figura 3.18 - Rede de distribuição de água do *Campus* Darcy Ribeiro (Martins, 2019) 30

Figura 3.19 - Medição de pressão realizada em Laboratório de Hidráulica, na FT (Araújo e Virgolim, 2010) 31

Figura 3.20 - Gráficos Box-Plot para o consumo de água da Faculdade de Tecnologia (entre os anos de 2010 e 2017) - Oliveira (2018) 32

Figura 3.21 - Variação da pressão medida em ponto da Faculdade de Tecnologia por Santana (2022) 35

Figura 4.1 - Localização da Faculdade de Tecnologia 37

Figura 4.2 – Localização de hidrômetro da Faculdade de Tecnologia 38

Figura 4.3 - Cavalete de entrada de abastecimento de água da FT 38

Figura 4.4 - Distribuição dos dados pelo Boxplot (Site Fernanda Peres, 2022) 39

Figura 4.5 - Data Logger Shield para Arduino utilizado (Site Arduino e Cia, 2022) 40

Figura 4.6 - Réplica de Arduino UNO R3 utilizada 41

Figura 4.7 - Esquema de Ligação do Transdutor de Pressão ao Módulo Data Logger Shield mais Arduino 42

Figura 4.8 - Esquema de Ligação de Manômetro Digital e Transdutor de Pressão - Teste de Pressões 01 43

Figura 4.9 - Esquema de Ligação de Manômetro Digital e Transdutor de Pressão - Teste de Pressões 02 43

Figura 4.10 - Desenho do Esquema do Teste de Pressões 01 44

Figura 4.11 – a e b) Esquema do Teste de Pressões 01 em Montagem; c) Esquema do Teste de Pressões 01 em Funcionamento 45

Figura 4.12 – Desenho do Esquema do Teste de Pressões 02 46

Figura 4.13 - Teste de Pressões 02 – Esquema Geral 47

Figura 4.14 - Teste de Pressões 02 – Esquemas Parciais 47

Figura 4.15 - Bomba utilizada no Teste de Pressões 1 48

Figura 4.16 - Bomba utilizada no Teste de Pressões 2 48

Figura 4.17 - Planta de situação da rede geral de água da Faculdade de Tecnologia 49

Figura 4.18 - Pontos de Utilização de água verificados – Setor 2 da FT 51

Figura 4.19 - Pontos de Utilização de água verificados – Setor 1 da FT 52

Figura 4.20 - Local de Ponto de Medição de Pressão no Laboratório de Hidráulica e Estruturas – FT 53

Figura 4.21 - Pontos de verificação de pressões: a) Torneira próxima ao Estacionamento Principal da FT – indicação em azul escuro da Figura 4.18; b) Torneira localizada próxima ao Grupo de Automação e Controle (GRACO) – indicação em laranja da Figura 4.18; c) Torneira no jardim da Engenharia Mecânica – indicação em roxo da Figura 4.18 54

Figura 4.22 - Pontos de verificação de pressões: d) Torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas – indicação em vermelho da Figura 4.20; e) Torneira do banheiro do corredor da Engenharia Elétrica – indicação em verde da Figura 4.19 54

Figura 4.23 - Sistema de medição de pressões montado no Laboratório de Hidráulica e Estruturas da Faculdade de Tecnologia.....55

Figura 4.24 - Hidrômetro Ultrassônico e Aparelho de Telemedição em cavalete de entrada da Faculdade de Tecnologia 57

Figura 5.1 - Diagramas de Caixa - Consumos na FT de 2017 a 2022.....60

Figura 5.2 - Curvas de Consumo da FT - Contas de Água (2017-2022).....60

Figura 5.3 - Regressão Linear – Transdutor N°01 - Tensão Operacional (V) x Pressão (mca) 66

Figura 5.4 - Regressão Linear – Transdutor N°01 – Unidades Digitais x Pressão (mca) 67

Figura 5.5 - Regressão Linear – Transdutor N°05 - Tensão Operacional (V) x Pressão (mca) 67

Figura 5.6 - Regressão Linear – Transdutor N°05 – Unidades Digitais x Pressão (mca) 68

Figura 5.7 - Pressões Medidas no Dia 10/09/2022 (Sábado).....71

Figura 5.8 - Pressões Medidas no Dia 15/09/2022 (Quinta-Feira) 77

Figura 5.9 - Pressões Medidas no Dia 26/08/2022 (Leituras a cada 5 minutos).....80

Figura 5.10 - Pressões Medidas no Dia 16/09/2022 (Leituras a cada 1 minuto) 81

Figura 5.11 - Indicação de Interrupção de leitura das pressões por queda de energia na FT ..82

Figura 5.12 - Pressões Registradas no dia 13/09/2022 88

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Parâmetros de consumos médios diários por edificação (modificado - Creder, 2006) 9

Tabela 4.1 – Períodos de Leitura no Hidrômetro da Faculdade de Tecnologia.....58

Tabela 5.1 – Valores dos Consumos em m³ obtidos das Contas de água da Faculdade de Tecnologia – 2017 a 2022 59

Tabela 5.2 – Média e Mediana dos consumos de água em cada ano (2017 a 2022) 61

Tabela 5.3 – Resumo dos Períodos Letivos, de Férias e de Pandemia na UnB – 2017 a 202262

Tabela 5.4 –Consumo médio mensal nos períodos letivos e de férias na FT – 2017 a 2022...62

Tabela 5.5 – Resultados dos Testes de Pressão – Transdutor de Pressão N°01 65

Tabela 5.6 – Resultados dos Testes de Pressão – Transdutor de Pressão N°05 65

Tabela 5.7 – Custos de Instrumentação Proposta no mês de setembro de 2022 para Medição das Pressões 69

Tabela 5.8 – Pressões verificadas em pontos de utilização da Faculdade de Tecnologia 70

Tabela 5.9 – Volumes Acumulados Noturnos Registrados e Vazões Mínimas Noturnas Calculadas.....72

Tabela 5.10 – Volumes Acumulados Registrados e Vazões Calculadas - Para Estimativa de Perdas de Água (Pressões Observadas por volta de 20 mca).....73

Tabela 5.11 – Volumes Acumulados Registrados e Vazões Calculadas - Para Estimativa de Perdas de Água (Pressões Observadas por volta de 45 mca).....76

Tabela 5.12 – Volumes Totais Consumidos na FT nos dias 13/09/2022 a 16/09/2022.....78

Tabela 5.13 – Quantitativo de pessoas que frequentam a FT por Horário e Dia da Semana...83

Tabela 5.14 – Consumos Horários Registrados entre 13/09/2022 e 16/09/2022 e respetivos números de pessoas na FT em cada Horário 85

Tabela 5.15 – Volumes Apresentados pelo Hidrômetro da FT Supostamente Errôneos 86

Tabela 5.16 – Volumes Registrados e Acumulados Horários - Dia 14/09/2022 90

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 3.1 5

Equação 3.2 6

Equação 3.3 13

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIAÇÕES

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileria de Normas Técnicas
ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AWWA	*American Water Works Association*
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
Codeplan	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
DF	Distrito Federal
ES	Espírito Santo
ETA	Estação de Tratamento de Água
FEUP	Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto
FT	Faculdade de Tecnologia
IBNT	*International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities*
ICC	Instituto Central de Ciências
IWA	*International Water Association*
NBR	Norma Brasileira
PRC	Prefeitura do Campus
RO	Rondônia
RTI	Reserva Técnica de Incêndio
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIGAA	Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UNB	Universidade de Brasília
VRP	Válvula Redutora de Pressão

1 INTRODUÇÃO

A água consiste em um dos recursos mais importantes de uma nação e deve ser manejada com grande responsabilidade. Apesar do Brasil ser um país com elevada riqueza de recursos hídricos, deve-se sempre se atentar para os elevados índices de desperdício da água no país, considerando o alto número de pessoas e países que sofrem com a falta desse recurso. Além disso, a ausência de medidas que minimizem seu desperdício é notória na realidade brasileira. A exemplo disso, nota-se o município de Porto Velho (RO), que segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), apresenta o índice de perdas de 83,9%, um dos maiores índices para municípios mundialmente.

O elevado índice de perdas de água não apenas reduz os ganhos financeiros das empresas devido aos volumes de água não faturados, mas também pode ser visto como elevadas perdas sociais e ambientais. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2015), as perdas na rede de distribuição no Brasil chegam próximas de 40% do total produzido, valor muito acima dos registrados em países como Estados Unidos e Austrália, que apresentam perdas da quantidade produzida na faixa de 13% e 10%, respectivamente.

Ao se analisar ambientes como a Universidade de Brasília (UnB), por exemplo, percebe-se por estudos já realizados que instalações prediais da universidade apresentam falhas, nas quais observam-se perdas de água expressivas. Pelos estudos de Matos e Lopes (2016) e Oliveira (2018), por exemplo, inferiu-se que a Faculdade de Tecnologia (FT) do *Campus* Darcy Ribeiro apresenta indícios de vazamentos de água, gerando a necessidade de uma atenção especial para essa edificação.

Apesar das diversas vantagens de um sistema de abastecimento direto de água, entre elas a melhor qualidade da água, uma das principais causas de problemas no abastecimento de água do *Campus* Darcy Ribeiro é o fato de grande parte das edificações estarem ligadas diretamente à rede da CAESB, o que implica em elevadas variações de pressão de água, prejudicando o funcionamento de equipamentos e instalações hidráulicas, que podem ser danificadas e provocam perdas de água. Além disso, o *campus* não apresenta reservatórios d'água na maior parte de seus prédios, o que faz com que o fornecimento de água às edificações se torne vulnerável a imprevistos em eventuais manutenções na rede de abastecimento e em situações de incêndio, bem como as instalações podem sofrer com altas oscilações de pressão ao longo do dia em funcionamento rotineiro.

Dessa forma, uma das principais medidas a serem tomadas para reduzir as perdas de água consiste no acompanhamento das vazões de água que estão entrando em um sistema e as pressões de água existentes. Hamilton e McKenzie (2014) comparam a verificação das pressões e consumos de um sistema de abastecimento de água com um médico que registra a pressão arterial e a frequência cardíaca para determinar a saúde de um paciente. De acordo com esses autores, os resultados dos registros de pressão e consumo de água podem destacar problemas no sistema de abastecimento que deverão ser resolvidos. Sem o registro desses dados e suas análises, perdas de água podem passar despercebidas por meses ou anos, o que pode representar um elevado desperdício desse recurso hídrico.

Dentro desse contexto, o presente trabalho objetivou medir e analisar o consumo e as pressões de água de um edifício do *Campus* Darcy Ribeiro, a Faculdade de Tecnologia, buscando identificar perdas de água que possam estar ocorrendo e propondo melhorias para o sistema.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi medir e analisar a pressão e consumo de água nas instalações prediais da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, de forma a identificar perdas de água e propor melhorias para o sistema.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o histórico do consumo de água da Faculdade de Tecnologia;
- Obter dados ao longo do tempo sobre o consumo hídrico e pressão de abastecimento de água na Faculdade de Tecnologia;
- Identificar possíveis perdas de água nas instalações prediais da Faculdade de Tecnologia baseando em dados históricos e medidos em campo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PERDAS DE ÁGUA

As perdas de água podem ser definidas como o volume referente à diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado. Dessa forma, o conceito de perdas vai mais adiante do que a perda como algo físico, um volume de água perdido em um vazamento, por exemplo. As perdas podem ser os volumes de água que foram consumidos mas não foram contabilizados por uma companhia de saneamento. Portanto, as perdas podem ser físicas (reais) ou não-físicas (aparentes), e serão melhor apresentadas neste item 3.1. As perdas físicas, por exemplo, consistem nas fugas de água que podem ocorrer em adutoras, redes de distribuição, instalações prediais, reservatórios, entre outros.

As perdas de água não apenas geram elevados prejuízos econômicos para as companhias de saneamento, mas também representam um dano para a sociedade e para o meio ambiente, pois o volume de água perdido gera uma redução dos recursos hídricos disponíveis, bem como a água perdida poderia estar sendo utilizada para abastecer inúmeras comunidades carentes que passam dificuldade para obtenção desse recurso. Assim, tem-se uma perda ambiental quando se perde a água, pois é preciso tirar mais água da natureza para cobrir o desperdício, exigindo que as companhias de saneamento busquem novos mananciais para suprir os gastos de água. Há também uma perda econômica, pois a companhia de saneamento acaba não recebendo por parte da água perdida, ou seja, realizam-se gastos com o tratamento da água, bombeamento etc, mas não se recebe por toda a água distribuída. Tem-se também perdas sociais, pois com o elevado nível de perdas, a disponibilidade hídrica reduz, bem como reduz a pressão na rede, levando muitos moradores a passar por problemas de falta de água, principalmente em pontos da periferia das cidades.

O Instituto Trata Brasil realizou um estudo a partir de dados públicos de 2019 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), e constatou que existem cidades brasileiras com índices de perdas na distribuição acima dos 70%. Segundo o estudo, o nível brasileiro de perdas chega a mais de um terço da água tratada, sendo em média 39,2% da água distribuída é desperdiçada no caminho, ou seja, a cada 10 litros de água tratada, quase 4 litros não são contabilizados. De acordo com esse estudo, dos 100 municípios mais populosos do país, 60 apresentam perdas superiores a 30%. Segundo o estudo realizado, foram constatados que desses 100 municípios, três deles apresentam perdas acima dos 70%, todos na região norte do país.

Uma ferramenta de grande importância para a avaliação das perdas de água é o balanço hídrico, criado pela *International Water Association* (IWA) em 2000. Esse balanço decompõe a água de entrada no sistema em dois grandes volumes, o consumo autorizado e as perdas de água, durante o período de referência de habitualmente um ano, em que os valores apresentados representem uma média anual dos componentes.

O volume correspondente às perdas de água advém da diferença entre a água de entrada no sistema e o consumo autorizado. As perdas de água se dividem em duas categorias: perdas aparentes ou não-físicas e perdas reais ou físicas. As perdas aparentes se originam de imprecisões nas medições (erros de medição e ineficiência de contadores), erros de leitura, erros de registro e processamento dos dados e erros administrativos, bem como por consumos não autorizados (ligações irregulares). Nas perdas aparentes, a água é consumida, porém não é faturada pela companhia. As perdas físicas ou reais, por sua vez, ocorrem através de fissuras,

rupturas e extravasamentos, sendo a água não consumida. A Figura 3.1 ilustra melhor como subdivide-se tais perdas de água.

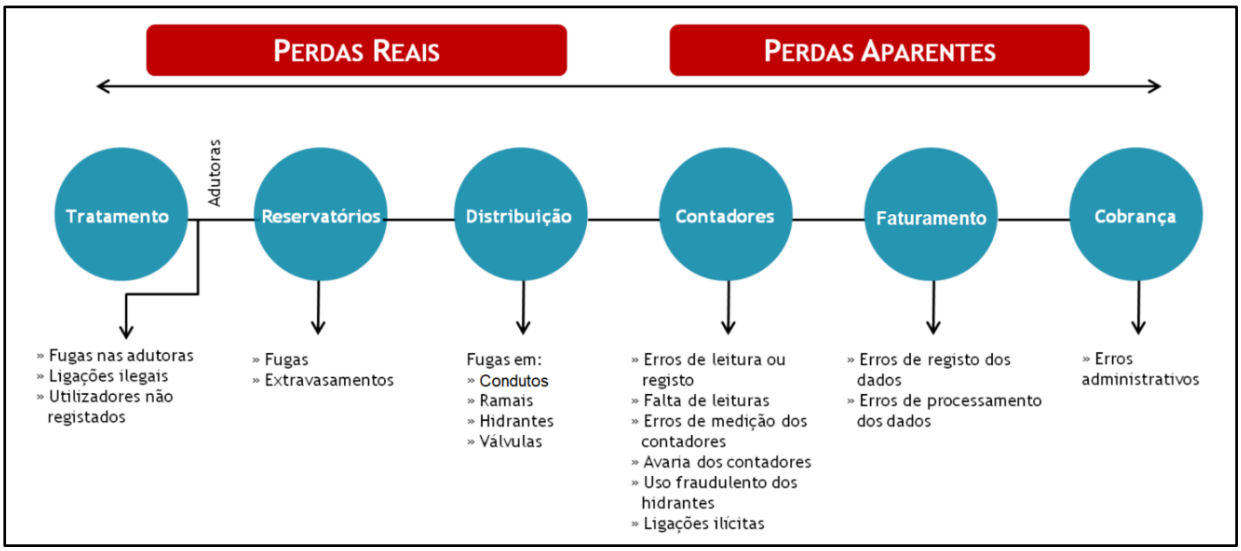


Figura 3.1 - Perdas Reais e Aparentes (modificado - Martins, 2019)

Segundo Hamilton e McKenzie (2014), o gerenciamento das pressões de água consiste em uma das medidas mais econômicas para redução das perdas de água e desperdícios. De acordo com os autores, alguns outros fatores desempenham papel crítico nos vazamentos. Segundo eles, foram encontradas em diversas partes da África do Sul que a qualidade dos serviços de instalação dos condutos é um dos fatores mais importantes que influenciam nas perdas de água. Segundo eles, dois sistemas semelhantes próximos um do outro podem apresentar situações de vazamento significativamente diferentes, pelo fato de um deles ter sido instalado de maneira correta e com devida supervisão, e o outro instalado por mão de obra mal qualificada e com uma supervisão deficiente, geralmente para redução dos custos.

De acordo com Figueiredo e Valente (2019), diversos fatores influenciam na geração de perdas físicas no sistema de abastecimento de água, como por exemplo as condições físicas e características técnicas das tubulações e acessórios, as variações de pressão existentes, as condições de tráfego existente sobre os locais onde as tubulações estão dispostas, a qualidade dos serviços de instalação do sistema e as características do solo envolvente.

Em relação aos vazamentos de água, destaca-se a existência dos seguintes tipos de vazamentos ocorrentes nos condutos de distribuição de água:

-Vazamentos Visíveis: consistem em vazamentos visíveis, são facilmente notados, por serem aflorantes. Segundo Tsutiya (2006), os vazamentos visíveis são aqueles facilmente notados pelos técnicos das companhias ou pela população, podendo ser prontamente acionadas as equipes de manutenção e realizados os reparos necessários. Em casos de bombas e tubulações ou estruturas expostas, o surgimento de um vazamento é percebido rapidamente. Para estruturas e tubulações enterradas, nem sempre o vazamento aflora à superfície nos momentos iniciais de sua existência, levando um certo tempo (horas, dias ou meses) até que isso ocorra, tornando visível só a partir desse momento;

-Vazamentos não-visíveis e detectáveis: consistem em vazamentos não visíveis, não são aflorantes, exigindo que sejam detectados por métodos acústicos de pesquisa;

- Vazamentos não-visíveis e não detectáveis: consistem em vazamentos não visíveis, não são aflorantes, possuem baixa vazão e não são detectáveis por métodos acústicos de pesquisa. Tais vazamentos não-visíveis e não detectáveis são denominados por “vazamentos inerentes”.

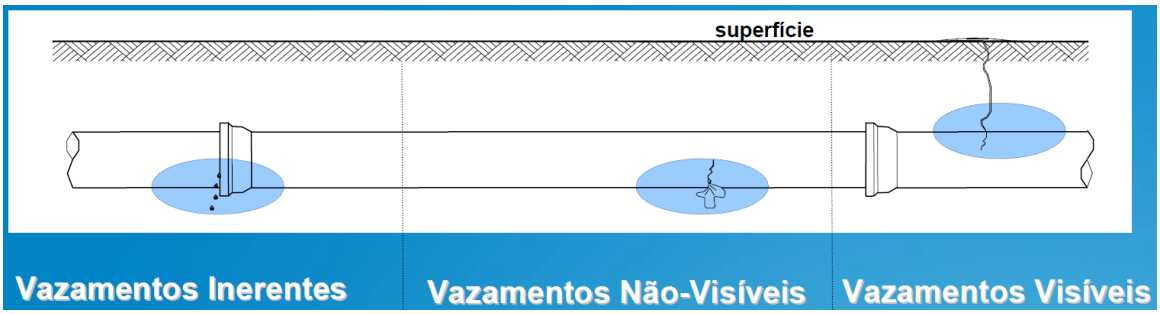


Figura 3.2 – Tipos de Vazamentos (SABESP, 2006)

Segundo Tsutiya (2006), nem todos os vazamentos não-visíveis são detectáveis pelas tecnologias usuais de pesquisa. Tais tecnologias utilizam princípios de acústica para a detecção e, nas pequenas vazões de vazamento, baixo nível de ruído do vazamento ou baixa pressão de serviço, as técnicas e equipamentos utilizados não indicam a existência do vazamento. Isso não significa que outras técnicas não possam efetivamente detectar esses vazamentos. Entretanto, segundo Tsutiya (2006), aspectos de caráter econômico apontam a inviabilidade de adotar tais procedimentos em larga escala pelas companhias de saneamento.

Além do Método do Balanço Hídrico, que permite obter os volumes referentes às perdas reais, outro método mostra-se de grande relevância para se adquirir tais volumes, que consiste no Método das Vazões Mínimas Noturnas. Esse método será melhor abordado no item 3.2.2 deste trabalho.

Segundo Tsutiya (2006), a pressão de serviço é o parâmetro operacional mais importante na vazão dos vazamentos e na frequência de sua ocorrência, sendo que a elevação da pressão tem efeito duplo na quantificação dos volumes perdidos, pois aumenta a frequência de arrebentamentos e aumenta a vazão dos vazamentos. A simples aplicação da equação geral para a vazão descarregada através de um orifício levaria a imaginar que a vazão dos vazamentos se comportaria de acordo com uma proporcionalidade em relação à raiz quadrada da pressão, conforme fórmula geral (Equação 3.1) para pequenos orifícios.

$$Q = C_d \text{ x A x } \sqrt{2 \text{ x g x h}} \qquad \text{Equação 3.1}$$

Em que:

Q=Vazão descarregada pelo orifício (m³/s);

A = Área do orifício (m²);

C_d = Coeficiente de descarga;

g = Aceleração da gravidade (m/s²);

h = Carga sobre o centro do orifício (m).

Entretanto, a consideração dessa proporcionalidade só é verdade em orifícios que não variam seu tamanho com a alteração da pressão, como por exemplo um furo proveniente de uma corrosão em tubulação em ferro fundido. Todavia, muitas redes de distribuição e ramais são em

PEAD ou PVC, cujas rachaduras, orifícios ou trincas variam sua abertura em função da carga piezométrica presente. Dessa forma, quanto maior a pressão, maior é a área do furo e maior será a vazão perdida no vazamento. Assim, tem-se uma relação conforme a Equação 3.2.

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1} \qquad \text{Equação 3.2}$$

Em que:

Q_0=Vazão inicial à pressão P_0;

Q_1=Vazão final à pressão P_1;

N_1=Expoente que depende do tipo de material dos tubos.

Segundo Tsutiya (2006), em condutos de distribuição de água de diferentes materiais, ensaios de campo realizados indicaram que os valores de N_1 são próximos a 1,15. Tsutiya (2006, p.471) afirma que "uma maneira expedita de se avaliar as variações das vazões dos vazamentos em um setor de abastecimento é assumir a relação linear entre a pressão e a vazão dos vazamentos, ou seja, N_1=1".

Ainda de acordo com Tsutiya (2006), existem duas formas de fazer o controle dos vazamentos, o Controle Ativo e o Controle Passivo. Este ocorre apenas quando a companhia de saneamento atua quando o vazamento aflora à superfície (vazamento visível), tomando conhecimento do ocorrido geralmente por aviso da população. Essa forma de controle que resulta em maior volume de água perdido, visto que grande parte das fugas de água demora a aflorar ou não chegam a aflorar à superfície. Por outro lado, o Controle Ativo consiste na ação sistemática desenvolvida com o intuito de localizar os vazamentos não-visíveis existentes e repará-los.

Dessa maneira, é necessário que as operações de controle de perdas sejam realizadas juntamente a uma análise técnica, para garantir a efetividade de ações de controle perdas, levando em consideração o orçamento disponível para tal controle. Segundo a IWA *Water Loss Task Force*, existem quatro principais componentes de um programa efetivo de controle e redução de perdas reais de água. Existe um nível existente de perdas reais e um nível de perdas reais inevitáveis. A área entre esses dois níveis representa o volume de perdas potencialmente recuperáveis com as ações de redução de perdas, mesmo que uma parcela desse volume a recuperar não apresente uma relação favorável de custo-benefício. Os quatro principais componentes de um programa efetivo de controle e redução de perdas reais de água são ilustrados na Figura 3.3, sendo elencados a seguir:

-Controle Ativo de Perdas, com a constatação de vazamentos não-visíveis, através de técnicas de detecção de fugas;
-Agilidade no reparo de vazamentos, com o encurtamento do tempo entre o conhecimento/localização do vazamento e estancamento, podendo ser um vazamento visível ou não-visível;
-Melhoria na Condição da Infra-Estrutura, com a troca de redes e ramais, atividades de proteção contra a corrosão, reabilitação de tubulações e melhoria estrutural de reservatórios.
-Gerenciamento das Pressões e Níveis, com a adequação das pressões em valores compatíveis com uma boa operação do sistema de distribuição de água, sem potencializar a ocorrência e as vazões dos vazamentos, além do controle de níveis dos reservatórios, evitando extravasamentos.

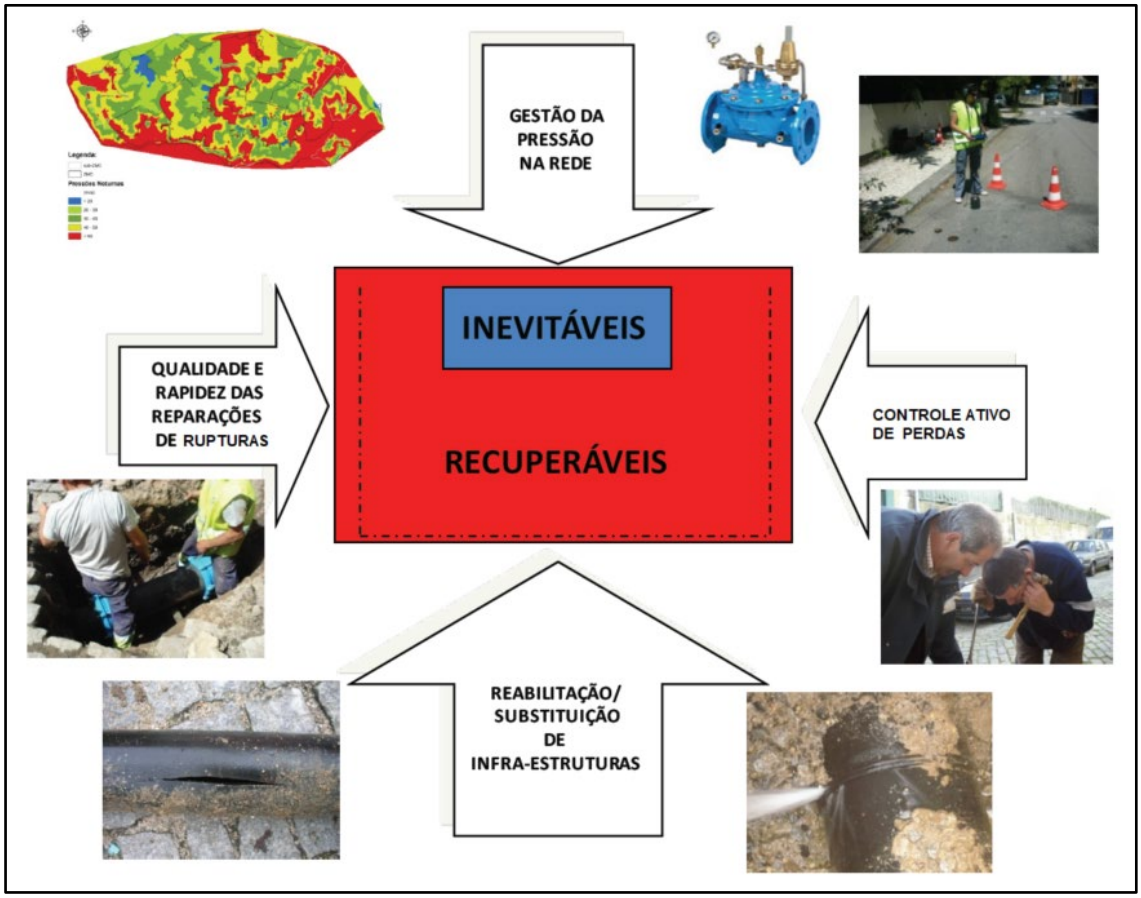


Figura 3.3 - Controle e Redução de Perdas Reais (modificado - Martins, 2019)

Em relação às perdas aparentes, um dos principais problemas consiste em erros de macromedição e micromedição. Segundo Tsutiya (2006), a macromedição consiste no conjunto de medições de vazão, pressão e nível de reservatório efetuadas nos sistemas de abastecimento de água, desde a captação no manancial até imediatamente antes do ponto final de entrega para o consumo. Os pontos de medição podem ser temporários ou permanentes, monitorados localmente ou à distância. A micromedição, por sua vez, consiste no volume consumido pelos clientes da companhia de saneamento, cujo valor estará diretamente relacionado ao valor emitido de conta a ser paga pelo cliente da companhia. Na micromedição, os hidrômetros são os equipamentos largamente empregados. De acordo com Tsutiya (2006), são pelos hidrômetros que existem uma das maiores fontes de evasão de volumes não faturados pela companhia de saneamento. Segundo o autor, os grandes fatores de erro nas medições dos hidrômetros são:

> - O envelhecimento do hidrômetro, que acarreta desgastes nas engrenagens internas, que passam a trabalhar fora das condições especificadas em projeto;
> - A qualidade da água distribuída, especialmente na ocorrência de óxidos oriundos da corrosão dos tubos;
> - A inclinação lateral do hidrômetro, muitas vezes feita para que seja possível ler os números registrados no mostrador, é causa de uma sensível queda de precisão;
> - As características do perfil de consumo dos imóveis, onde dificilmente ocorrem vazões próximas à nominal do hidrômetro, situando-se na maior parte das vezes na faixa inferior à vazão “mínima”. (TSUTIYA, 2006, p.482 e 483)

3.2 CONSUMO DE ÁGUA

A água consiste em um dos recursos mais importantes disponíveis no Brasil, sendo utilizada em largas proporções no país. Segundo o Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil, elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) em 2019, a cada segundo são utilizados, em média, 2 milhões e 83 mil litros de água no Brasil. Em 1931, eram utilizados apenas 131 mil litros por segundo, o que corresponde a 6,3% do uso atual. De acordo com o estudo, o uso da água deverá crescer 24% até 2030, superando a marca de 2,5 milhões de litros por segundo. Dessa maneira, tem-se um panorama das demandas pelos recursos hídricos em todos os municípios brasileiros para o período de 1931 a 2030.

Segundo o acompanhamento do consumo de água tratada no Distrito Federal no ano de 2019 realizado pela Superintendência de Abastecimento de Água e Esgoto (SAE) da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), a análise do consumo per capita por região administrativa em 2019 demonstra que as RA do Lago Sul, Lago Norte, Plano Piloto, Park Way e Jardim Botânico possuem elevados níveis de consumo médio, enquanto as RA do Riacho Fundo II, Itapoã, Ceilândia, Paranoá, Samambaia destacam-se com os menores valores de consumo por habitante, situando-se até mesmo abaixo do volume de consumo recomendado pela OMS, como pode ser notado na Figura 3.4.

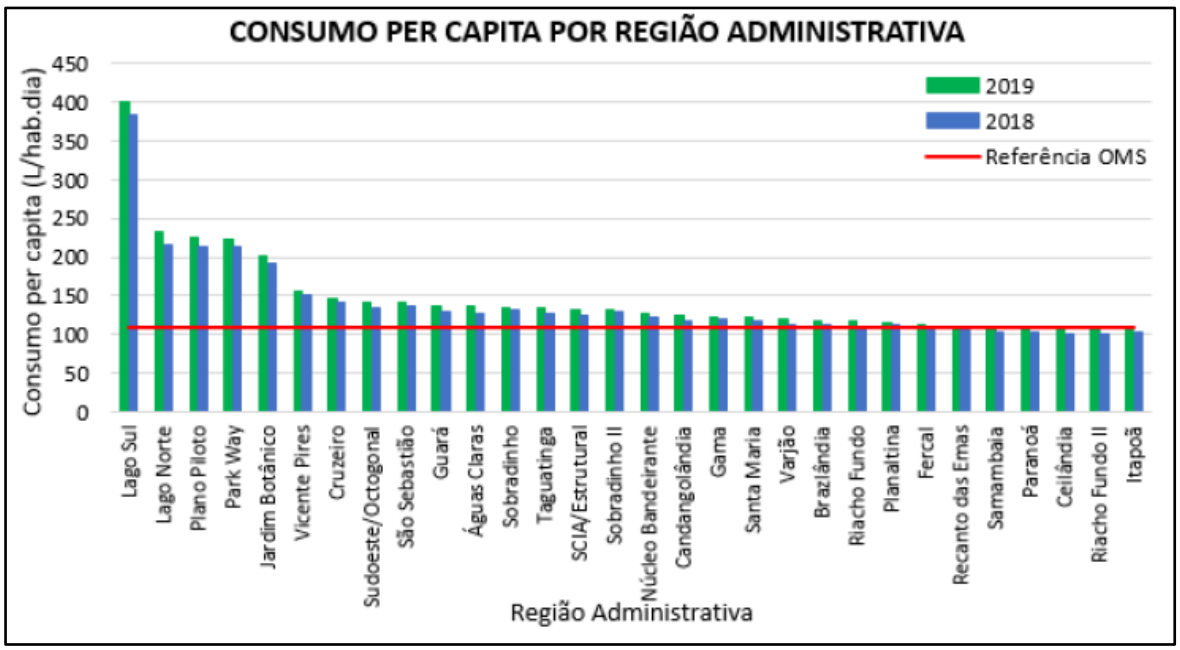


Figura 3.4 - Consumo per capita por Região Administrativa do DF (ADASA, 2020)

Como pode ser visto na Figura 3.4, o consumo verificado para o Plano Piloto é cerca de duas vezes maior do que o consumo de Riacho Fundo II, Itapoã, Ceilândia, Paranoá e Samambaia. Não foi considerado o Setor de Indústrias e Abastecimento (SIA) no gráfico da Figura 3.4 devido a sua característica essencialmente comercial e industrial da RA SIA.

De acordo com a Codeplan (2018), as RAs com os maiores consumos per capita são as que possuem as maiores rendas e que estão instaladas em um padrão urbano unifamiliar de alto custo e disperso espacialmente. Em contrapartida, as RAs com os menores consumos são também onde ocorrem as menores rendas e as estruturas residenciais mais simples, com alta taxa de densidade urbana e de ocupação compacta.

Segundo a ADASA, em 2019 o volume de água consumido no DF foi de 157,9 milhões de metros cúbicos de água, correspondendo a um consumo per capita de 140 L/hab.dia.

Analisar o consumo de água é fundamental para o dimensionamento de tubulações, estruturas e equipamentos. Além disso, analisar como está ocorrendo o consumo em determinada zona ou edificação permite obter indicativos de perdas de água existentes. Dessa maneira, os tópicos 3.2.1 e 3.2.2 a seguir apresentam maiores informações a respeito dessa temática.

3.2.1 PADRÕES DE CONSUMO DE ÁGUA

Segundo Tsutiya (2006), o consumo de água está diretamente ligado a fatores como condições climáticas, hábitos e nível de vida da população, características da cidade e culturais da população, presença de medição da água, qualidade da água disponível, pressão na rede, existência ou não de rede de esgoto e o preço da água. Além disso, vale ressaltar que a forma como foram construídas as instalações hidráulicas, bem como o material utilizado e a manutenção das instalações estão diretamente ligadas ao consumo da água, por influenciarem na ocorrência de perdas de água no sistema.

Em escolas e universidades, ao analisar o consumo de água deve ser levado em consideração que os consumidores são uma população flutuante, sendo que a demanda hídrica apresenta variações horárias, variações diárias expressivas (feriados e finais de semana) e variações mensais (férias e período letivo). Além disso, nota-se que devido a pandemia de COVID-19 e o retorno gradativo das aulas presenciais, não se observará nos anos de 2020, 2021 e parcela do ano de 2022 os mesmos padrões de consumo existentes em um período anterior à pandemia. Com esse viés, deve-se ter cuidado com o período de análise de consumo de água de uma edificação, para que não sejam feitas conclusões que subestimem ou superestimem o consumo de água.

Segundo Tsutiya (2006), no que tange a estabelecimentos comerciais publicados pela literatura nacional, para escritórios e edifícios comerciais, tem-se um consumo per capita de 50 L/dia. A Tabela 3.1 dispõe de alguns valores médios de consumo de água.

Tabela 3.1 - Parâmetros de consumos médios diários por edificação (modificado - Creder, 2006)

Prédio	**Consumo (litros *per capita*)**
Escola - internatos	150
Escola - externatos	50
Edifícios públicos ou comerciais	50
Escritórios	50

De acordo com Heller e Pádua (2010), embora os dados de municípios semelhantes e o uso de tabelas possam permitir a estimativa do consumo per capita para alguns casos, é questionável sua validade na previsão das demandas reais, visto que diversos fatores influenciam na variabilidade desse consumo.

Barbosa *et al*. (2019) desenvolveram um trabalho em 10 edificações do *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, com o objetivo de caracterizar os usos-finais de água desses edifícios e dessa forma realizar uma análise comparativa do desempenho de sistemas de

aproveitamento de águas pluviais (AAP) e de reuso de águas cinzas (RAC). A Figura 3.5 apresenta os dados desses edifícios estudados.

Edifício	Sigla	Área Construída	População
Bloco de Salas de Aula Sul	BSAS	7.360,38 m^2	1.683
Faculdade de Direito	FD	5.744,93 m^2	1.297
Faculdade de Educação 5	FE5	2.430,59 m^2	389
Faculdade de Tecnologia	FT	13.583,65 m^2	2.948
Instituto de Biologia	IB	22.076,85 m^2	1.462
Instituto Central de Ciências (Norte)	ICC-Norte	32.287,83 m^2	8.984
Instituto Central de Ciências (Sul)	ICC-Sul	32.287,83 m^2	8.984
Serviços Gerais 1/Instituto de Artes	SG1	2.746,57 m^2	284
Ciências Políticas/ Relações Internacionais	IPOL-IREL	5.413,95 m^2	928
Pavilhão João Calmon	PJC	2.925,68 m^2	818
Serviços Gerais 12	SG12	5.469,99 m^2	225

Figura 3.5 - Edifícios estudados por Barbosa *et al.* (2019)

Os usos finais de água do estudo de Barbosa *et al*. (2019) foram levantados por meio de questionários, aplicados a alunos, professores e funcionários, em que responderam perguntas sobre quantas vezes por dia utilizavam equipamentos hidrossanitários (lavatórios, bacias sanitárias e bebedouros), e quanto tempo durava cada uso. Além disso, para calcular o consumo diário estimado de cada edifício, foi necessário estimar suas respectivas perdas diárias de água e as vazões dos diversos aparelhos sanitários. Os indicadores de consumo e da demanda de água por uso desses equipamentos foram dados em litros por pessoa por dia (L/p/d). Também foi necessário estimar o uso de água para limpeza e irrigação de jardins dos edifícios, realizando entrevistas com os profissionais dessas áreas, responsáveis pela zeladoria de cada edificação. Os indicadores de consumo para limpeza e irrigação de jardins foram dados em litros por área construída por dia (L/m^2/d).

Em posse das áreas e da população das edificações, bem como dos indicadores de consumo, foi calculado o consumo de água para cada atividade. O estudo de Barbosa *et al.* (2019) também desenvolveu, após a obtenção dos dados de consumo, uma análise de sensibilidade, que consistiu em gerar um fator de correção através da divisão do volume de água faturado do edifício pelo consumo de água estimado pelos questionários, entrevistas e planilhas. A partir desse fator, o multiplicou-se 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 próximo da realidade foram as estimativas do consumo de água.

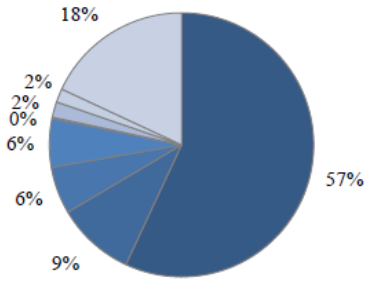
As perdas de água no estudo de Barbosa *et al*. (2019) foram estimadas por meio de leituras dos hidrômetros dos edifícios realizadas nos dias 12/10/2018 a 15/10/2018. Nos três primeiros dias as leituras foram feitas por volta das 12:00, e para o último dia as leituras feitas por volta das 07:00. Por ser um final de semana com feriado, foi estimado no estudo que o consumo registrado era 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 pela multiplicação da perda de água horária por 24 horas. O valor a ser apresentado foi obtido através da média das perdas diárias calculadas.

Apresentam-se apenas os resultados obtidos para a FT no estudo de Barbosa et al. (2019), representados pela Figura 3.6. Os indicadores de consumo de descargas sanitárias e de lavatórios foram calculados com base na frequência de uso médio respondida pelos entrevistados e pela vazão média das bacias sanitárias e das torneiras inspecionadas de cada edifício. As lavagens tipo 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente, à lavagem de ambientes internos, de corredores de circulação interna e de corredores de circulação externa. Em relação

aos usos finais da água apresentados pela Figura 3.6, Iest é o indicador de consumo para cada uso-final de água, Dest é a demanda estimada desse respectivo uso-final, enquanto Icor e Dcor são os índices e demandas corrigidos.

Faculdade de Tecnologia (FT)

Consumo Anual	6955,50 *m³/ano*
Consumo Diário	19056,16 *l/d*
Consumo *Per Capita*	6,46 *l/p/d*
Consumo *Per Area*	1,40 *l/m²/d*
Consumo Estimado	70046,03 *l/d*
Consumo Faturado	19056,16 *l/d*
Fator de Correção	0,27
Discrepância	72,79%



Uso-Finais de Água	I_{est}	D_{est}	I_{cor}	D_{cor}
Descarga Sanitária	13,51 *l/p/d*	39876 *l/d*	3,68 *l/p/d*	10848 *l/d*
Lavatório	2,27 *l/p/d*	6696 *l/d*	0,62 *l/p/d*	1822 *l/d*
Bebedouro	1,37 *l/p/d*	4047 *l/d*	0,37 *l/p/d*	1101 *l/d*
Lavagem Tipo 1	0,41 *l/m²/d*	4156 *l/d*	0,11 *l/m²/d*	1131 *l/d*
Lavagem Tipo 2	0,10 *l/m²/d*	111 *l/d*	0,03 *l/m²/d*	30 *l/d*
Lavagem Tipo 3	2,88 *l/m²/d*	1343 *l/d*	0,78 *l/m²/d*	365 *l/d*
Torneira de Jardim	0,39 *l/m²/d*	1166 *l/d*	0,11 *l/m²/d*	317 *l/d*
Vazamento	0,93 *l/m²/d*	12650 *l/d*	0,25 *l/m²/d*	3441 *l/d*

Figura 3.6 - Indicadores de consumo da FT (Barbosa *et al*., 2019)

O estudo de Barbosa *et al*. (2019) chegou, ao analisar os diversos prédios estudados, a grandes discrepâncias entre o consumo estimado e o consumo faturado. As discrepâncias encontradas podem ser explicadas pelo superdimensionamento das populações realizado, visto que o número de alunos foi calculado conforme o número de matrículas de cada curso de graduação e de pós-graduação, sendo que nem todos os alunos matriculados frequentam aulas todos os dias. Assim, as demandas diárias de água para descargas sanitárias, lavatórios e bebedouros foram calculadas como se todos os alunos da faculdade estivessem presentes na universidade diariamente, o que não condiz com a realidade.

Adquirir dados sobre o consumo em uma edificação é fundamental para uma gestão eficiente do edifício. A obtenção desses dados pode ser mediante leituras feitas e repassadas pela concessionária de saneamento, bem como medições realizadas in loco para fins de estudo. Tais dados permitem observar padrões de consumo dos indivíduos que frequentam o edifício, bem como notar possíveis perdas de água existentes.

A percepção de tais possíveis perdas de água pode ser obtida através da análise da vazão mínima noturna, a ser apresentada no tópico 3.2.2 deste trabalho.

3.2.2 VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS

Assim como apresentado na Introdução deste trabalho, Hamilton e McKenzie (2014) destacam a importância dos resultados dos registros de pressão e consumo de água para detecção dos problemas no sistema de abastecimento que deverão ser resolvidos. O registro desses dados e suas análises são fundamentais para percepção das perdas de água, que podem passar

despercebidas por semanas, meses ou anos. A partir da análise da mínima vazão noturna, é possível detectar vazamentos inexplicáveis. Pode-se estimar possíveis consumos noturnos que estejam ocorrendo e, a partir dessa estimativa, realizar uma comparação com os valores de vazões mínimas noturnas registrados. Se tais valores forem bem distintos, é um grande indicativo de perdas de água que deverão ser investigadas no sistema.

O Método das Vazões Mínimas Noturnas tem como base a análise da variação dos consumos no sistema de abastecimento de água ao longo do dia. Segundo Tsutiya (2006), o pico de consumo geralmente se dá entre 11:00 e 14:00h, e o mínimo consumo normalmente se dá entre 3:00 e 4:00h. Segundo Hamilton e McKenzie (2014), a mínima vazão noturna geralmente ocorre entre 0:00 e 4:00h. A vazão correspondente a esse consumo mínimo é denominada por "Vazão Mínima Noturna". Um típico exemplo de vazão mínima noturna pode ser observado na Figura 3.7, em que pode ser notado que diariamente há, na curva de consumo, valores mínimos de vazão.

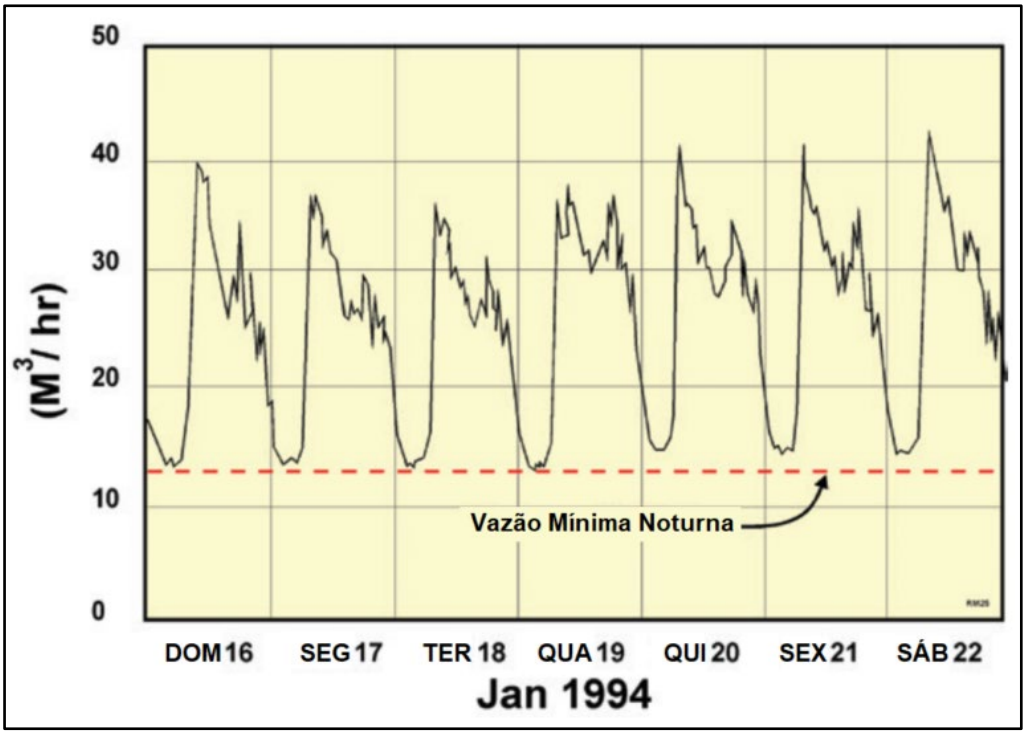


Figura 3.7 - Exemplo de Vazão Mínima Noturna (modificado - Hamilton e McKenzie, 2014)

É também muito útil analisar os resultados de registro de vazão e pressão simultaneamente, sendo que ambos são diretamente relacionados. Como pode ser visto na Figura 3.8, nota-se que as menores pressões, de cerca de 30 m, ocorrem nos picos de consumo das manhãs, enquanto as maiores pressões ocorrem durante as madrugadas, que apresentam as vazões mínimas noturnas.

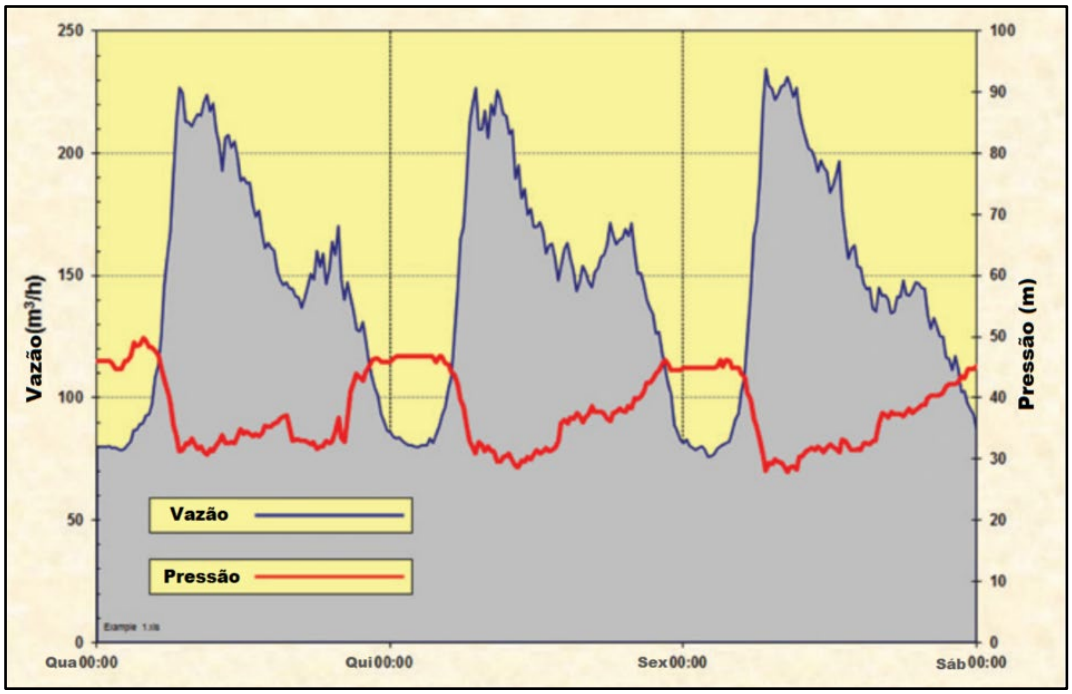


Figura 3.8 - Exemplo de Relação Vazão x Pressão (modificado - Hamilton e McKenzie, 2014)

Utilizar o Método das Vazões Mínimas Noturnas é de grande relevância para determinar as perdas reais, pois no momento da sua ocorrência há pouco consumo de água e uma parcela significativa do seu valor refere-se às vazões dos vazamentos. Como a vazão dos vazamentos é influenciada pela pressão, o valor observado na hora mínima noturna pode consistir na vazão máxima diária das fugas de água que, se multiplicada por 24 horas, estaria supervalorizando os volumes diários de água perdidos. Para solucionar esse problema, foi criado o "Fator Noite/Dia" (FND), dado em horas por dia, que multiplicado pela Vazão Mínima Noturna fornece o Volume Diário de Perdas Reais (Equação 3.3).

Para se obter a vazão dos vazamentos, é necessário estimar os consumos noturnos. Conhecendo os consumidores noturnos e suas prováveis demandas, pode-se obter a vazão dos vazamentos, que pode ser calculada subtraindo tais valores da vazão mínima noturna observada.

Volume Diário de Perdas Reais (m^3/dia) = FND (h/dia) x Vazão dos Vazamentos (m^3/h)

Equação 3.3

Ainda de acordo com Tsutiya (2006), o Fator Noite/Dia pode ser menor ou maior que 24 horas. Para Tsutiya:

> O valor do Fator Noite/Dia pode ser menor do que 24 h, que é o caso mais comum, observado em setores sem nenhuma interferência operacional, ou ser maior do que 24 h, como acontece em subsetores com Válvulas Redutoras de Pressão, que reduzem a pressão durante a madrugada, invertendo, assim, o comportamento da variação das pressões ao longo do dia. (TSUTIYA, 2006, p.475)

A Figura 3.9 ilustra dois casos, um em que o Fator Noite/Dia é menor que 24 horas e outro em que é maior que 24 horas.

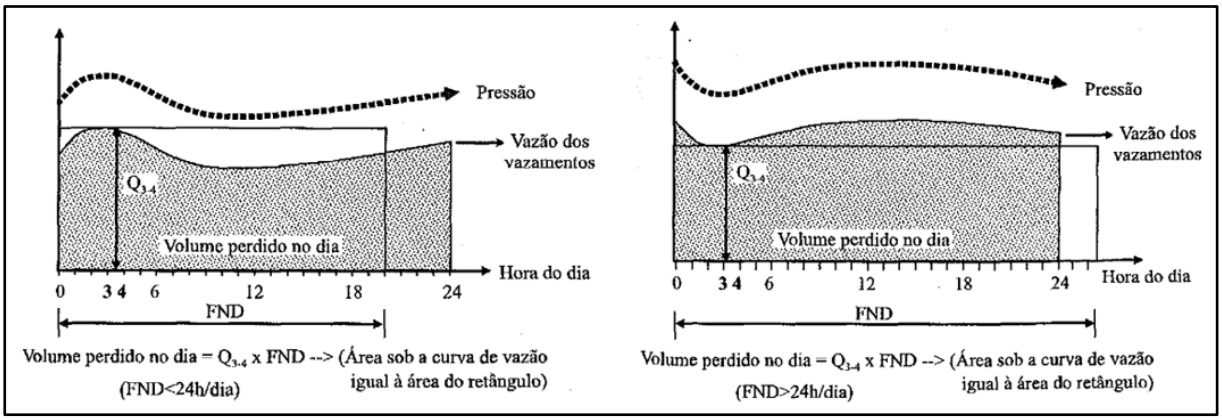


Figura 3.9 - Exemplo de Fator Noite/Dia menor do que 24 horas e maior do que 24 horas (Tsutiya, 2006)

3.3 PRESSÃO DE ÁGUA

Analisar a pressão em sistemas de abastecimento de água é de grande importância. A leitura das pressões permite um operador verificar se os sistemas de bombeamento estão operando corretamente, bem como em sistemas de distribuição de água as leituras de pressões fornecem uma indicação se a pressão fornecida é suficiente ou está elevada demais para atender os consumidores. Além disso, o controle da pressão de água pode ser considerada uma das principais medidas para a redução de suas perdas e desperdícios. Como apresentado no item 3.1, o controle da pressão da água consiste em uma das medidas de menor custo no combate às perdas de água. Esse controle pode advir de diversas formas, desde o estabelecimento de pressões de saída fixas, até formas sofisticadas de controle de pressão.

O controle das pressões não apenas reduz os níveis de vazamento de água, mas também permite que o sistema de abastecimento de água tenha uma maior durabilidade e a tubulações sofram menos danos. Dessa forma, tais custos associados também devem ser levados em consideração em uma avaliação financeira sobre o uso do controle de pressão. Segundo Hamilton e McKenzie (2014), o gerenciamento das pressões geralmente fornecerá um retorno muito atraente sobre o investimento inicial. De acordo com esses autores, um regime de pressão mais baixo pode reduzir substancialmente o surgimento de novas trincas nas tubulações, podendo ser essa redução na ordem de 90% ou superior.

Ao longo dos anos, melhorias foram feitas a respeito das criações de válvulas, sendo o uso de válvula redutora de pressão (VRP) com pressão de saída fixa nem sempre a melhor solução para um sistema de abastecimento de água. A partir dos anos de 1990, dispositivos eletrônicos de controle de pressão foram criados, provendo um maior controle nas pressões de saída das "VRPs", que passaram a ser ajustadas de acordo com o horário do dia ou os consumos hídricos requiridos no sistema.

De acordo com a NBR 12218/2017, a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 400 kPa, podendo chegar a 500 kPa em regiões com topografia acidentada, já a pressão dinâmica mínima deve ser de 100 kPa. Em relação à sistemas de distribuição predial, a NBR 5626/2020 estabelece que a pressão dinâmica da água em qualquer ponto da rede predial de distribuição não pode ser inferior a 5 kPa (0,5 mca) e a pressão estática nos pontos de utilização não pode superar 400 kPa (40 mca).

Um fato recorrente é que os sistemas de abastecimento de água são usualmente projetados para prover um nível mínimo de serviço, ou seja, uma pressão dinâmica mínima durante períodos de pico de consumo. Entretanto, nos períodos de baixo consumo de água, os sistemas passam a operar em uma pressão bem acima daquela necessária. Isso significa que há longos períodos que a pressão poderia estar mais baixa no sistema, possibilitando reduzir as perdas de água. Um ponto que se deve ter atenção é que ao reduzir as pressões de água para diminuir os volumes de vazamento, tem-se que ter atenção se os níveis de pressão de serviço aos consumidores e ao combate ao incêndio estão sendo respeitados. Dessa maneira, cada caso deve ser estudado para ser adotado o controle de pressão mais adequado a cada situação.

Como visto na Equação 3.4 do item 3.1 deste trabalho, a relação entre a pressão e o vazamento estará em conformidade com uma relação da raiz quadrada da pressão, considerando que o tamanho da passagem que sairá o vazamento permanece constante durante a mudança na pressão. Dessa forma, se a pressão da água em um sistema pode ser reduzida, mesmo que por um curto período em momentos de baixo consumo de água, o vazamento de água no sistema também será reduzido.

A redução da pressão da água pode ser feita de diversas maneiras, sendo cada uma delas com seus respectivos aspectos positivos e negativos. De acordo com Hamilton e McKenzie (2014), as atuais técnicas de redução de pressão são por: VRP com pressão de saída fixa; VRP com controlador modulado pelo tempo; VRP com controlador modulado pela vazão; e VRP com controle em malha fechada.

Segundo Hamilton e McKenzie (2014), a principal desvantagem do uso da VRP com pressão de saída fixa consiste na falta de flexibilidade para o fornecimento de pressões de água variáveis em diferentes momentos do dia, o que faz com que não seja alcançada a máxima economia de água possível. Entretanto, a opção de utilizar esse tipo de VRP é em muitos momentos preferível, pois é uma opção mais simples, mais barata e de mais fácil manutenção.

O uso de VRP com controlador modulado pelo tempo também apresenta seus pontos positivos e negativos. De acordo com Hamilton e McKenzie (2014), o controlador promove uma maior flexibilidade, permitindo que pressões sejam reduzidas em períodos específicos do dia e, dessa maneira, que sejam feitas maiores economias de água. Ademais, o controlador não exige que se tenha um hidrômetro na instalação, pois o controlador se liga diretamente à VRP. Todavia, sua grande desvantagem é que ele não opera considerando as variações de consumo de água. Isso pode ser um problema em situações de incêndio, que podem exigir maior pressão do que aquela que a VRP esteja operando. Esse tipo de VRP com controlador modulado pelo tempo é também de maior custo em relação à de pressão fixa, além de requirir uma mão de obra mais qualificada para operação e manutenção dessa instalação.

Por outro lado, o uso de VRP com controlador modulado pela vazão promove um melhor controle das pressões e maiores economias de água do que as válvulas com controlador modulado pelo tempo e válvulas com pressão de saída fixa. Entretanto, seu controlador é mais caro e requer que seja adicionado um hidrômetro juntamente à VRP. Segundo Hamilton e McKenzie (2014), nem sempre vale a pena financeiramente esse tipo de controle de pressão, devendo ser tomadas algumas considerações antes de selecioná-lo para esse controle. Dessa forma, em situações de incêndio, o controlador permitirá que se tenha as pressões necessárias no sistema.

Por fim, existem também controles de pressão já mais sofisticados em relação aos de uso de VRP com controlador modulado pela vazão e os demais apresentados. Segundo Hamilton e McKenzie (2014), tais sistemas mais sofisticados, ditos por controladores em malha fechada,

estão sendo implementados em diversas partes do mundo e promovem ainda maiores economias de água. Em tais instalações mais avançadas, um sensor de pressão em um ponto crítico é geralmente utilizado para monitorar a pressão e promover um feedback a um controlador, em determinados intervalos de tempo. Esse feedback que poderá ser em tempo real, no qual o controlador irá atualizar a pressão nesse ponto crítico a cada 15 minutos ou mais. Há também casos que são gravadas informações de pressão nesse ponto crítico ao longo de um dia todo antes de passar tais informações para o controlador. Dessa maneira, o controlador passa a ajustar seu perfil de pressão para o dia seguinte. Todavia, apesar das maiores economias de água, esses tipos de sistema também exigem um maior custo e um maior nível de qualificação de profissionais para instalação e operação.

Segundo Hamilton e McKenzie (2014), a partir de análises feitas em mais de 400 instalações de controle de pressão, na maioria dos casos o uso de VRP com pressão de saída fixa permite economias de água na ordem de 60% a 70% do que seria possível reduzir em perdas de água pelo controle de pressão. Já o uso de VRP com controlador modulado pelo tempo pode fornecer um acréscimo de 10% a 20% nessa porcentagem de economia. O uso de VRP com controlador modulado pela vazão traria economias finais possíveis entre 90% e 95%, já os controladores em malha fechada forneceria o máximo de redução de perdas de água possível no que tange ao controle de pressão de água.

Portanto, a seleção da forma mais adequada de controle de pressão deverá levar em conta muitos fatores, como por exemplo o custo, o conhecimento técnico dentro da concessionária de água para operação das instalações, o suporte técnico para o equipamento, a topografia da região, entre outros fatores.

Nesse sentido, o gestor do abastecimento de água deverá conhecer tais opções de controle de pressão e escolher aquela que traga resultados mais positivos e que seja viável economicamente. Por exemplo, em um caso estudado por Hamilton e McKenzie (2014), a variação de pressão em um ponto crítico era de 5 m e, adotar uma forma de controle de pressão mais sofisticada do que uma VRP com pressão de saída fixa levaria, segundo os autores, a muitos pequenos ganhos. De acordo com o ponto de vista dos autores, se as economias de água não forem significantes e as pressões em um ponto crítico ficarem estáveis utilizando apenas um controle de pressão fixa, portanto o uso de um controle de pressão mais sofisticado não seria necessário. Todavia, em áreas nas quais apresentam pontos críticos com elevadas variações de pressão entre horas de pico e horas de baixa demanda, o uso de controladores de pressão mais sofisticados valem a pena, como por exemplo o uso de VRP com controlador modulado pelo tempo.

Um ponto importante a destacar consiste nos pontos positivos de um sistema de abastecimento indireto, ou seja, quando os pontos de consumo de água do edifício são supridos por um reservatório. O sistema indireto de distribuição de água garante o fornecimento de água em caso de manutenções ou interrupções do fluxo de água do sistema distribuidor público, bem como salvaguarda a garantia de abastecimento de água em situações de caráter extraordinário, como situações de incêndio. Além disso, as variações de pressão são menores com o uso do reservatório. Todavia, o sistema indireto apresenta suas desvantagens, como necessidade de manutenção dos reservatórios periodicamente; maior consumo de energia devido ao bombeamento de água, caso tenha o sistema de reservatório inferior que recalque água para o reservatório superior; e maiores custos de instalação do sistema indireto, pois a implantação de reservatórios e a destinação de espaços para suas instalações geram despesas.

Na distribuição direta de água, como é o caso da Faculdade de Tecnologia, o sistema de distribuição predial fica mais vulnerável às oscilações de pressão oriundas da rede de

distribuição pública ao longo do dia, o que pode ser ruim aos consumidores da edificação e ao funcionamento dos aparelhos e instalações hidráulicas presentes.

3.4 MEDIÇÃO DE VAZÕES E PRESSÃO DE ÁGUA

3.4.1 MEDIÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA

Os medidores de vazão nos sistemas de abastecimento de água são utilizados em diversas etapas, como na captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, sendo a avaliação desse quantitativo de água fundamental para o gerenciamento e operação dos sistemas de abastecimento de água. Conforme já abordado no item 3.1 deste trabalho, os medidores de vazão instalados em tubulações de grande porte são denominados por macromedidores e os medidores instalados em pontos individuais de consumo são designados por micromedidores, como por exemplo hidrômetros instalados na entrada de água das residências.

Dessa maneira, a partir de um dispositivo de tomada e de um conjunto de tubulações, estrutura de medição e peças de conexão, é possível estabelecer uma comunicação hidráulica entre a rede de distribuição pública de água e o ramal predial de um edifício, como pode ser visto pela Figura 3.10.

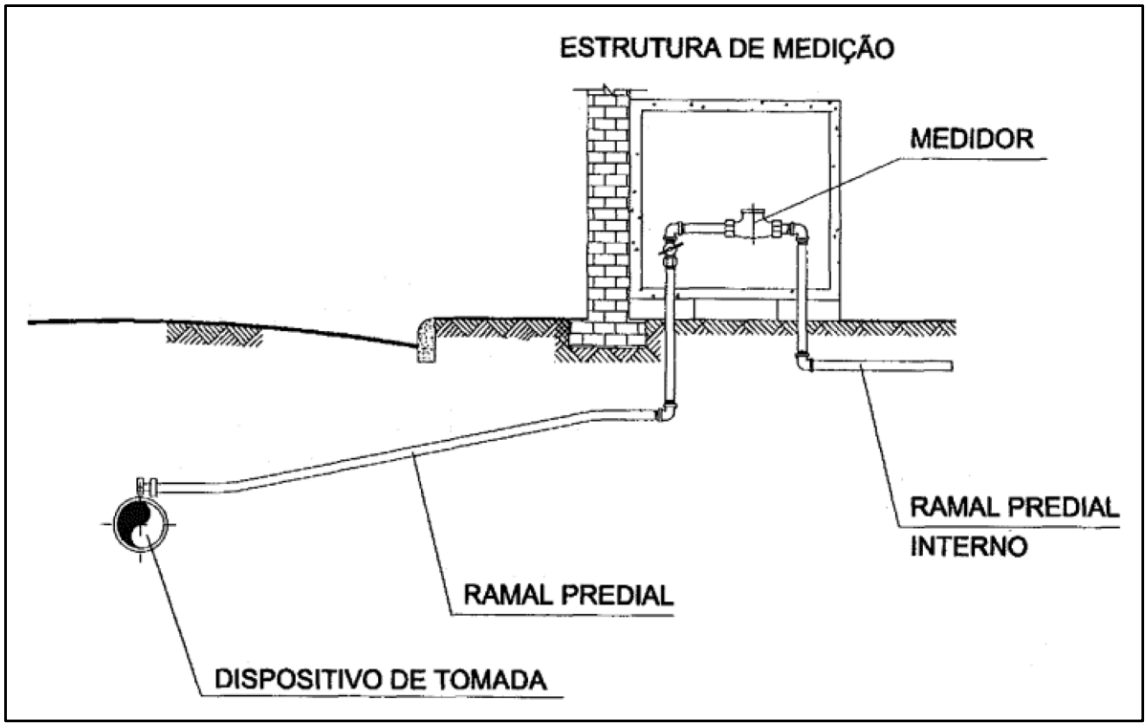


Figura 3.10 - Esquema de Ligação Predial (Tsutiya, 2006)

Essa estrutura de medição é primordial para se quantificar o consumo de água existente em uma edificação. Segundo Tsutiya (2006), os hidrômetros são aparelhos destinados a medir e indicar a quantidade de água fornecida pela rede distribuidora a uma instalação predial. Eles apresentam, geralmente, uma câmara de medição, um sistema de transmissão e uma unidade de conversão/totalização que registra em um mostrador os volumes escoados.

Segundo Azevedo Netto e Fernández (2015), os dispositivos que medem água são "hidrômetros", entretanto generalizou-se o entendimento que os "contadores mecânicos" são aqueles que respondem por esse nome. Olhando por esse ponto de vista, os hidrômetros são

aparelhos que medem a quantidade de água que escoa através da contagem de vezes que um determinado dispositivo mecânico é acionado pela passagem da água. Os hidrômetros são compostos por uma carcaça com entrada e saída para a água, onde seus componentes são montados e, ao determinado dispositivo mecânico se movimentar-se, é transmitido esse movimento a um mecanismo de medida e registro com mostrador.

Os dois tipos principais de "contadores mecânicos" são hidrômetros de velocidade e hidrômetros de volume, sendo classificados dessa maneira segundo o princípio de funcionamento de sua câmara de medição.

Os hidrômetros de velocidade, também denominados por hidrômetros taquimétricos, hidrômetros velocímetros ou ainda hidrômetros inferenciais, convertem a velocidade de escoamento da água em número de rotações de uma hélice ou turbina. Esse número de rotações está relacionado com o volume escoado em um intervalo de tempo, inferido a partir da velocidade de escoamento. A Figura 3.11 e Figura 3.12 apresentam ilustrações de hidrômetros de velocidade.

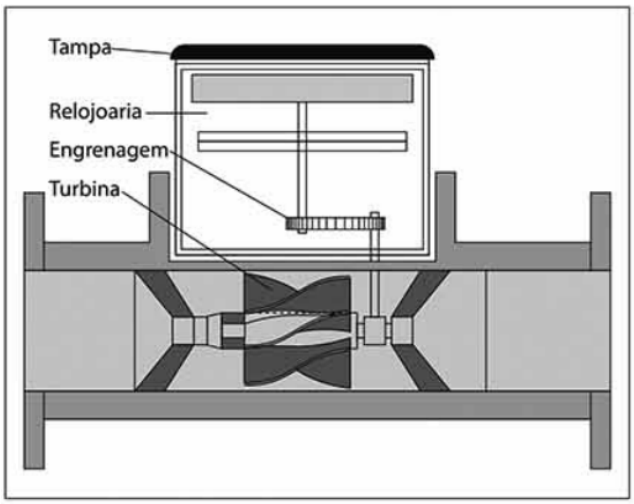


Figura 3.11 - Representação Esquemática de um hidrômetro com turbina horizontal (Azevedo Netto e Fernández, 2015)

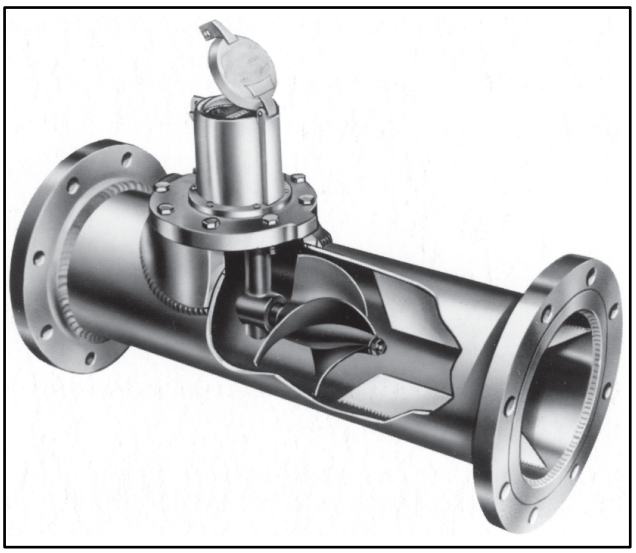


Figura 3.12 - Hidrômetro de Velocidade do Tipo Hélice (AWWA Staff, 2006)

Os hidrômetros de volume, também denominados por hidrômetros volumétricos ou de deslocamento positivo, apresentam câmaras de volume que se enchem e se esvaziam sucessivamente, em um processo contínuo com a passagem da água. Um mecanismo apropriado permite transmitir continuamente o movimento da peça móvel da câmara de medição a um sistema de conversão, de totalização e de indicação. Como apresentado por Heller e Pádua (2010), os hidrômetros de volume apresentam o princípio de funcionamento baseado na medição do movimento de um elemento primário provocado pelo escoamento do fluido no interior de uma câmara. Ocorre o movimento rotativo ou oscilante do elemento, que aciona um mecanismo de engrenagens e ponteiros ou ainda dispositivos eletrônicos dos mais variados tipos.

Vale ressaltar que além dos hidrômetros de velocidade e de volume, existem outros tipos de medidores utilizados para aferir a vazão, tanto para condutos forçados quanto para conduto livre. Segundo Heller e Pádua (2010), são diversos os tipos de medidores de vazão, com princípios variados de funcionamento e a escolha de um deles dependerá de fatores como tipo de fluido, condição e regime de escoamento, pressão disponível na linha, precisão e confiabilidade desejada, vida útil, custo de aquisição e manutenção, facilidades de operação, dimensão etc.

Os medidores de vazão ultrassônicos, por exemplo, usam a velocidade do som como auxílio de medição. São divididos em dois tipos principais, medidores de tempo de trânsito (transmissão por impulsos por meio de dois emissores-receptores de ultrassom fixados à parede externa do tubo) e de efeito Doppler (transmissão contínua de ondas).

Os medidores ultrassônicos de tempo de trânsito possuem dois emissores-receptores de ultrassom fixados à parede do tubo. O princípio de funcionamento se baseia na diferença do tempo de propagação das ondas ultrassônicas encaminhadas nos dois sentidos (montante e jusante) do fluxo da água e o sensoriamento eletrônico dessas ondas em um intervalo de comprimento conhecido. Dessa maneira, o sinal emitido de jusante para montante é desacelerado pela velocidade do fluxo e acelerado no caminho inverso, podendo-se conhecer a velocidade do trajeto. A Figura 3.13 apresenta uma ilustração desse tipo de medidor ultrassônico.

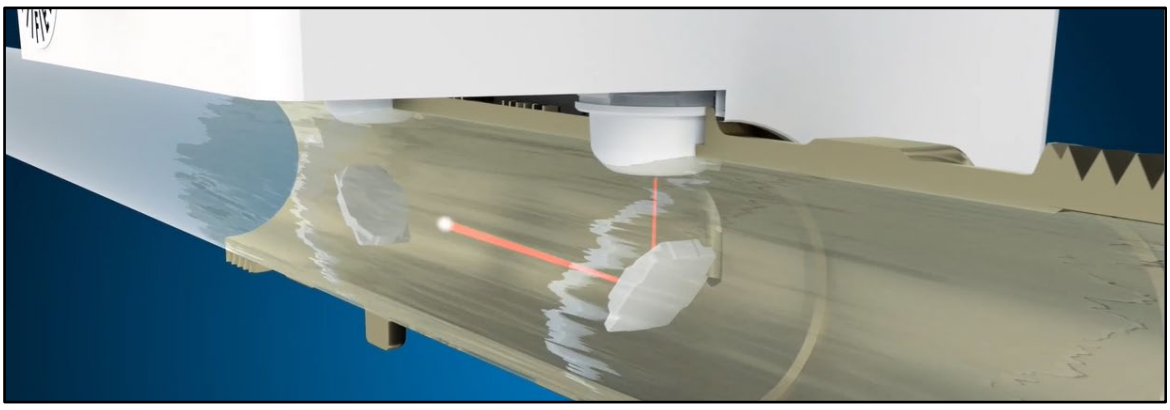


Figura 3.13 - Ilustração de medidor ultrassônico de tempo de trânsito (Diehl Metering, 2022)

Para os medidores ultrassônicos de efeito Doppler, os emissores projetam um feixe contínuo de ultrassom que é refletido por partículas veiculadas pelo fluido, alternando sua frequência proporcionalmente ao componente da velocidade das partículas na direção do feixe. A Figura 3.14 apresenta uma ilustração desse tipo de medidor ultrassônico.

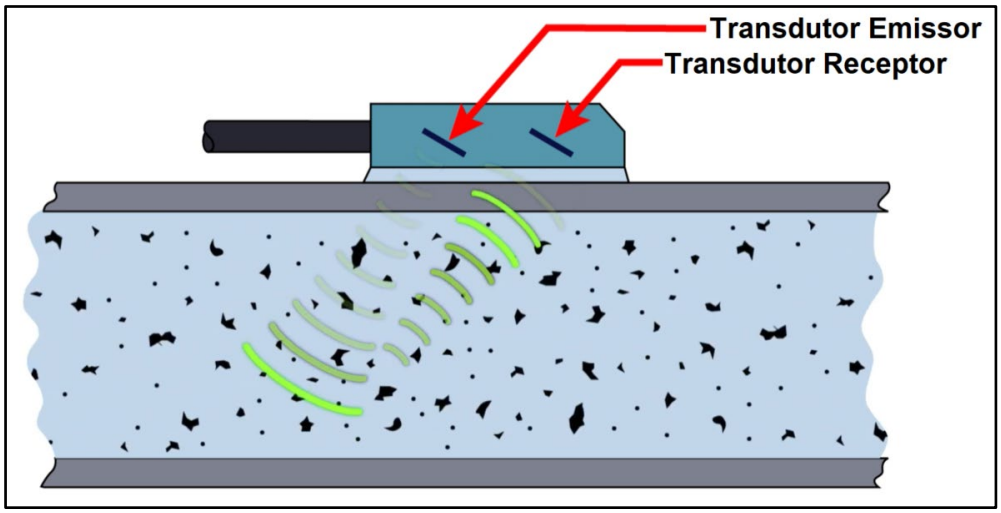


Figura 3.14 - Ilustração de medidor ultrassônico de efeito Doppler (modificado - Omega Engineering, 2019)

É importante ressaltar que ao se escolher um hidrômetro que atenda satisfatoriamente um abastecimento de água, deve-se verificar se as grandezas características do equipamento são condizentes com as demandas de água exigidas em um edifício, por exemplo, no qual o hidrômetro irá realizar as medições. Dessa forma, deve ser sempre atentado a essas grandezas, que consistem na Vazão permanente ou Vazão nominal (Qp ou Qn), a Vazão de sobrecarga (Qs), a Vazão mínima (Qmín) e a Vazão de transição (Qt).

Tsutiya (2006, p.550), no que diz respeito à Vazão permanente ou Vazão nominal, afirma que: "é a vazão até a qual o medidor pode funcionar de forma satisfatória, sob condições normais de uso". A Vazão de sobrecarga, dita também como limite superior de medição, segundo Tsutiya (2006, p.550), consiste na "vazão até a qual o medidor pode funcionar de forma satisfatória por um curto período de tempo, sem danificar-se, e cujo valor é atualmente o dobro de Qp (em futuro próximo, Qs será somente 25% maior que Qp)".

A Vazão mínima dita como limite inferior de medição, consiste na menor vazão na qual o medidor deve registrar de forma que os erros não sejam superiores aos máximos admitidos. A Vazão de transição, por sua vez, trata-se do valor de vazão intermediário entre Qmín e Qp em que ocorre a separação do campo inferior de medição em relação ao campo superior de medição. Assim, essa vazão define um ponto a partir do qual são mudadas as faixas de erros admissíveis.

Outra grande ferramenta de apoio aos sistemas de medição de consumo de água dos dias atuais consiste no uso de sistemas de telemedição e de gerenciamento do consumo. A seu respeito, Tsutiya (2006, p.548) afirma que: "trata-se de uma poderosa ferramenta de apoio ao sistema comercial da prestadora que permite verificar, através de gráficos e tabelas, o comportamento do medidor instalado, bem como o respectivo perfil de consumo apresentado pelo cliente".

Tsutiya (2006) apresenta que o uso da telemetria pode permitir que as concessionárias orientem seus clientes sobre possíveis perdas de água, bem como verifiquem se o hidrômetro que está sendo responsável pelas medições se encontra adequado ao perfil de consumo do cliente. O autor elenca o sistema de telemedição em três partes fundamentais:

- O medidor: constituído por um hidrômetro instalado no cavalete de medição do cliente, que ser preferencialmente do tipo eletrônico e com protocolo de comunicação M-Bus, admitindo-se, como alternativa, hidrômetro do tipo convencional, desde que esteja equipado com saída

pulsada. A função do medidor é gerar dados relativos ao efetivo consumo de água nas instalações do cliente.

- O centro de medição: constituída por um conjunto de equipamentos também instalados nas proximidades do cavalete de medição do cliente, que tem a função de captar, armazenar e transmitir os dados gerados pelos medidores. Em termos operacionais, os concentradores precisam de fonte externa de alimentação de energia.
- O sistema de controle: constituído por um servidor instalado na unidade central de distribuição e outros computadores de controle, cada qual instalado nas respectivas unidades de controle de medição. Em termos operacionais, neste sistema encontra-se carregado um programa de supervisão e gerenciamento com a função de, diariamente, entrar em comunicação com todos os centros de medição cadastrados, utilizando um sistema de comunicação via telefonia celular, ou via satélite, ou via rádio-frequência, ou via linha discada, para transferir os dados até o servidor, onde serão acessados pelos computadores das respectivas unidades de controle e medição, através da rede local tipo Intranet ou da Internet. (TSUTIYA, 2006, p.548 e 550)

3.4.2 MEDIÇÃO DE PRESSÃO DE ÁGUA

Após ser apresentado no item 3.3 a importância de se conhecer melhor as pressões em um sistema de abastecimento de água, este tópico vem apresentar os instrumentos pelos quais é possível aferir as pressões de água. A manometria consiste nas medidas de pressão e para isso utiliza dispositivos denominados manômetros. São dispositivos utilizados para indicação local de pressão e em geral divididos em duas classificações principais: manômetro de líquidos, que utiliza um líquido como meio para se medir a pressão, e manômetros do tipo elástico, que utiliza a deformação de um elemento elástico como meio para se medir pressão.

Os manômetros elásticos se baseiam na Lei de Hooke sobre elasticidade dos materiais, na qual o módulo da força aplicada em um corpo é proporcional à deformação provocada. Essa deformação pode ser dividida em elástica (determinada pelo limite de elasticidade) e plástica. Os medidores de pressão tipo elástico são submetidos a valores de pressão sempre abaixo do limite de elasticidade, pois assim que for cessada a força a ele submetida, o medidor retorna à sua posição inicial sem perder suas características. Esses medidores podem ser classificados em dois tipos, sendo eles:

1 – Indicador/amplificador da deformação do elemento de recepção através da conversão de deslocamento linear em ângulos utilizando dispositivos mecânicos;

2- Conversor da deformação do elemento de recepção de pressão em sinal elétrico ou pneumático.

O funcionamento de ambos os tipos ocorre de forma que há uma deformação do elemento de recepção de pressão tanto maior quanto maior for a pressão existente. Assim, o elemento de recepção do tipo elástico é dito por aquele que sofre deformação elástica quando está submetido a uma força resultante da pressão aplicada sobre uma área específica.

Para os manômetros elásticos que apresentam um indicador/amplificador da deformação do elemento de recepção através da conversão de deslocamento linear em ângulos utilizando dispositivos mecânicos, os principais tipos de elementos de recepção são descritos na Figura 3.15.

ELEMENTO RECEPÇÃO DE PRESSÃO	APLICAÇÃO / RESTRIÇÃO	FAIXA DE PRESSÃO (MÁX)
Tubo de Bourdon	Não apropriado para micropressão	~ 1000 kgf/cm^2
Diafragma	Baixa pressão	~ 3 kgf/cm^2
Fole	Baixa e média pressão	~ 10 kgf/cm^2
Cápsula	Micropressão	~ 300 mmH_2O

Figura 3.15 - Elementos de Recepção - Manômetros Elásticos (SENAI ES, 1999)

Para tais manômetros em que ocorre a deformação do elemento de recepção através da conversão de deslocamento linear em ângulos utilizando dispositivos mecânicos, o que ocorre é que a variação de pressão na câmara de detecção de cada manômetro irá gerar um mecanismo de movimentação e posicionamento do elemento de indicação de pressão. Tais manômetros irão medir a pressão acima da pressão atmosférica, geralmente conhecida como pressão manométrica, que consiste na pressão em excesso da pressão atmosférica normal. A soma da pressão manométrica com a pressão atmosférica consiste na pressão absoluta. Tais manômetros podem ser modificados para que indiquem, ao invés da pressão manométrica, a pressão absoluta. Entretanto, a pressão manométrica é a mais frequentemente utilizada em sistemas de abastecimento de água.

Diferentemente dos manômetros indicados pela Figura 3.28, existem também os manômetros elásticos com conversor da deformação do elemento de recepção de pressão em sinal elétrico ou pneumático. Eles consistem em instrumentos de transmissão de sinal de pressão que possuem a função de enviar informações dessa variável. Essas informações são enviadas, de forma padronizada, através de diversos tipos de sinais e utilizando um dos elementos apresentados (fole, diafragma, cápsula etc) associados a conversores cuja finalidade principal é transformar as variações de pressão detectadas pelos elementos sensores em sinais padrões de transmissão. Os dois tipos principais referentes a esses manômetros são os transmissores pneumáticos e os transmissores eletrônicos analógicos.

Os transmissores pneumáticos possuem um elemento de transferência que converte o sinal detectado pelo elemento receptor de pressão em um sinal de transmissão pneumático.

Os transmissores eletrônicos analógicos, por sua vez, utilizam elementos de transferência que convertem o sinal de pressão detectado em sinal elétrico. Esses transmissores podem ser do tipo sensor piezoelétrico, extensômetro (strain gauge) ou sensor capacitivo. Tais transmissores eletrônicos analógicos também são chamados de transdutores de pressão, convertendo as medidas de pressão em grandezas elétricas que são usadas, local ou remotamente, para monitoramento, medições ou controle de processos.

A medição de pressão utilizando o sensor piezoelétrico se baseia no fato de cristais assimétricos, ao sofrerem uma deformação elástica ao longo do seu eixo axial quando estão submetidos à pressão da água, produzem internamente um potencial elétrico causando um fluxo de carga elétrica em um circuito externo. A quantidade elétrica produzida é proporcional à pressão aplicada, sendo então essa relação linear o que facilita sua utilização.

Os extensômetros são fitas metálicas fixadas nas faces de um corpo a ser submetido à tração ou compressão e que tem sua seção transversal e seu comprimento alterado a depender da pressão que está submetido. Tais fitas são interligadas em um circuito tipo ponte de Wheatstone ajustado e balanceado para condição inicial e, com os valores de resistência das fitas mudadas

com a pressão, o circuito sofre desbalanceamento proporcional à variação de pressão. Dessa forma, a partir da configuração de ponte de Wheatstone, o sinal elétrico pode ser medido e transferido a um indicador. Para os transdutores de pressão que utilizam extensômetros, tem-se a movimentação de um diafragma que se deforma sob a influência da pressão. Dessa maneira, os extensômetros conectados a ele são estendidos ou comprimidos e sua resistência varia de acordo com o movimento, sendo a alteração da resistência diretamente proporcional à pressão. Essa alteração da resistência que será medida e transformada em um sinal de saída analógico, conforme ilustrado na Figura 3.16.

Em relação ao sensor capacitivo, sua medição se baseia na variação da capacitância do sensor, a partir da pressão a ser lida. O sensor apresenta duas placas, sendo uma delas o diafragma do transdutor. A alteração do diafragma, induzida pela pressão, reduz a distância entre as duas placas com o efeito de um aumento da capacitância. A partir de um circuito oscilador externo, pode-se detectar essa modificação da capacitância, transformando-a, em variação de tensão (em Volts, V).

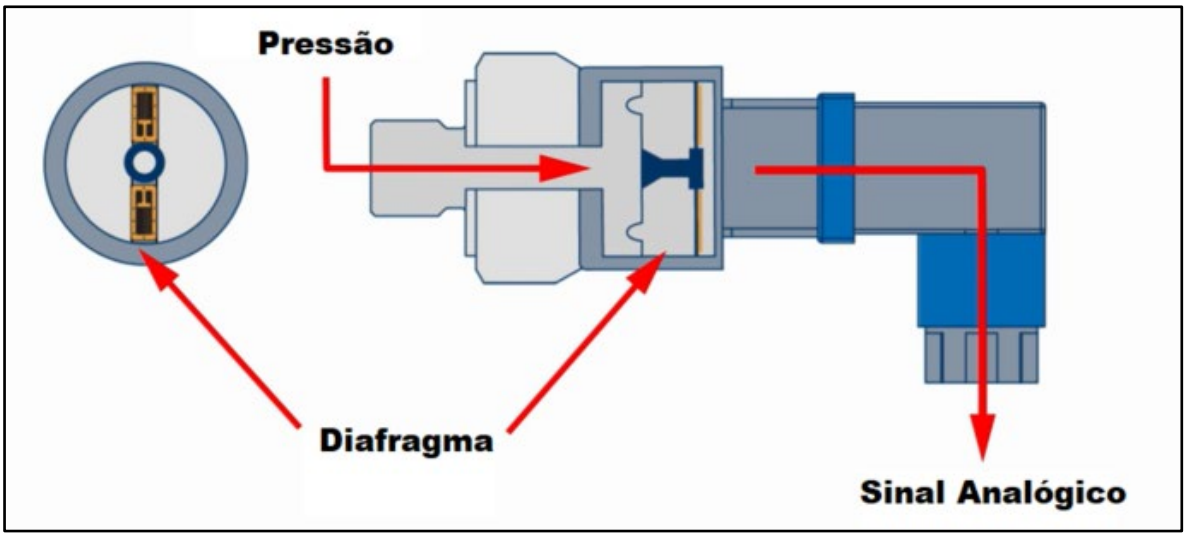


Figura 3.16–Exemplo de Transdutor de Pressão do tipo strain gage (modificado - Site OMEGA Engineering, 2018)

3.4.3 MEDIÇÕES DE PRESSÃO DE ÁGUA COM USO DE SISTEMA ARDUINO

A partir dos conceitos e equipamentos que foram apresentados no item 3.4.2 deste trabalho, apresenta-se uma tecnologia para medição de pressão através do uso de Arduino. Seu uso permite realizar medições de pressão da água quando estão conectados a medidores de baixos custos no mercado, de montagem rápida e que exigem apenas circuitos simplificados.

O Arduino consiste em uma plataforma de desenvolvimento de projetos eletrônicos, constituída de hardware e software. Seu principal componente consiste em um microcontrolador, que em outras palavras é um pequeno processador de computador montado em uma placa com diversos outros componentes que manipulam a entrada e saída de dados.

Um fato interessante consiste que todos os arquivos de design do Arduino estão disponíveis gratuitamente na internet e seu software e hardware são open-source, ou seja, qualquer um pode desenvolver sua própria linguagem ou placa de Arduino e vender sem pagar royalties desde que não contenha a logo oficial do Arduino. Dessa maneira, existem placas semelhantes (circuitos,

componentes e programação semelhantes) ao do Arduino no mercado com preços baixos, tornando seu uso mais acessível.

Dentre as vantagens do uso do Arduino, destaca-se seu baixo custo de prototipagem, softwares de simulação gratuitos disponíveis, fácil de programar, extensa comunidade de desenvolvedores e não requer experiência ou grandes conhecimentos prévios de eletrônica/programação.

Um dos arduinos mais famosos do mercado e mais utilizados no mundo da eletrônica consiste no Arduino UNO R3, que apresenta custo mais acessível, sendo uma placa bastante utilizada para quem não apresenta muita familiaridade com a eletrônica. A Figura 3.17 apresenta o hardware desse Arduino.

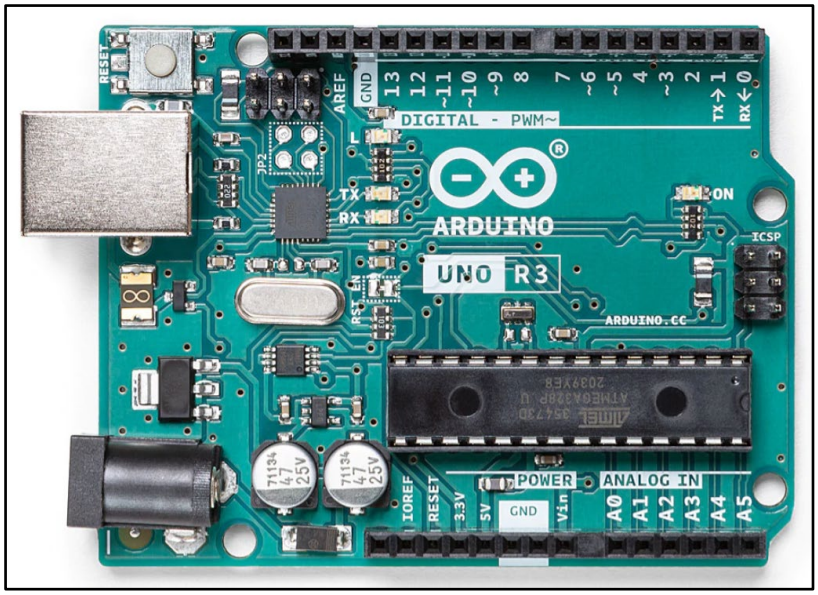


Figura 3.17 - Representação real Arduino UNO R3 - Vista em planta (Site Oficial Arduino, 2022)

Em relação ao software a ser utilizado, a própria empresa Arduino fornece em seu site oficial o download gratuito do Arduino Integrated Development Environment, também conhecido como Arduino Software (IDE), que pode ser utilizado por qualquer placa de Arduino. Esse software que apresenta um editor de texto para escrever os códigos e uma barra de ferramentas com botões para diversas funções. Dessa forma, com o Arduino Software (IDE), é possível se conectar ao hardware do Arduino UNO R3, por exemplo, e fazer o upload de programas. Esse software também é open-source e sua linguagem de programação é baseada em C++. Para a passagem dos dados do Arduino Software (IDE) para a placa do Arduino UNO R3, por exemplo, se estabelece uma conexão através de um cabo com uma das pontas sendo USB tipo B, que se ligará ao Arduino, e a outra ponta com USB do tipo A, que se ligará ao computador. Dessa maneira, é por meio dessa porta USB tipo B do Arduino que ocorre o envio dos códigos para o microprocessador do Arduino.

O Arduino também apresenta saídas de tensão (em Volts, V), de 3,3 V e de 5 V, para alimentar dispositivos e outros circuitos externos. Além disso, apresentam duas entradas GND (significa *ground* ou terra), que podem ser utilizadas tanto para a fonte de 3,3 V quanto de 5V. O GND refere-se a um caminho de retorno comum da corrente para a fonte elétrica e, assim, permite que o circuito seja concluído.

A alimentação do Arduino pode ser de três maneiras. A primeira é por meio da porta USB tipo B do Arduino. A segunda é pela entrada de fonte externa e a terceira seria por uma fonte que se liga à entrada Vin do Arduino. O Arduino também apresenta um regulador de tensão, em que permite tensões acima de 12V. Segundo as especificações técnicas de fábrica desse Arduino UNO R3, recomenta-se tensões de alimentação de 7V a 12V, mas com limites de tensão entre 6V e 20V.

O Arduino apresenta seis entradas analógicas, que vão de A0 até A5. Elas são portas unicamente utilizadas para a entrada de dados e são comumente utilizadas para comunicação com sensores que determinam, por exemplo, temperatura, quantidade de luz, umidade etc. O Arduino também apresenta quatorze portas digitais, que podem ser utilizadas tanto para entrada (input) como para saída (output).

O Arduino também apresenta dois microcontroladores. Um deles é responsável pelo controle de portas de entradas e saídas da placa (portas analógicas e digitais) e o outro microcontrolador é responsável pela conversão da comunicação USB para serial. O processador permite que o Arduino funcione de forma autônoma, ou seja, uma vez transferido o código para ele, não há mais a necessidade de uma conexão com o computador.

Dessa maneira, através de diversos componentes eletrônicos que são possíveis de serem utilizados com o Arduino, que manipulam sua entrada e saída, é possível criar variados projetos no mundo da eletrônica. Dentre esses projetos, tem-se a medição de pressão de água utilizando esse recurso eletrônico. Essa temática será melhor apresentada no item 3.4.3.1 deste trabalho.

Dispositivos *data loggers* podem ser utilizados para gravar os dados fornecidos pelo Arduino, possibilitando registrar os dados em tempo real e os gravando por longos períodos de tempo. Após o armazenamento dos dados no *data logger*, como por exemplo um cartão SD, é possível passar todas as informações para a ferramenta Excel, por exemplo, para posterior análise. Dessa forma, com o seu uso, pode-se registrar as pressões de água em determinado ponto do sistema de abastecimento de água por extenso período de tempo e posteriormente apenas realizar a coleta dos dados armazenados.

3.4.3.1 PESQUISAS REALIZADAS UTILIZANDO A ASSOCIAÇÃO DE TRANSUTORES DE PRESSÃO COM ARDUINOS

Considerando que a primeira placa Arduino foi criada em 2005 e o Arduino UNO lançado apenas em 2010, os estudos envolvendo sistemas de abastecimento de água e tais placas eletrônicas associadas a medidores de pressão é recente e ainda em crescimento. Dessa forma, são poucos os estudos envolvendo essa temática e muitas pesquisas ainda poderão ser feitas acerca desse assunto.

Nos últimos anos estudos foram realizados para encontrar uma solução mais econômica e inovadora a respeito do monitoramento de pressões em sistemas de distribuição de água. Os estudos de Whittle *et al.* (2010), Pérez-Padillo *et al.* (2020) e Bruno *et al.* (2021) focaram suas atenções na eficiência do uso de sistemas que utilizam Arduino para auxílio no monitoramento de pressões. Em tais estudos, os autores observaram que esses sistemas podem ser considerados eficientes, de fácil desenvolvimento, econômicos e de fácil reparo.

Whittle *et al.* (2010) apresentaram os primeiros testes implantados in situ em um real sistema de distribuição de água para obtenção e processamento de dados continuamente. O principal objetivo da pesquisa foi desenvolver um sistema genérico via wireless capaz de monitorar em tempo real uma rede de abastecimento de água em Singapura. Foram projetados nós sensores

designados por WaterWiSe@SG, responsáveis por coletar dados continuamente e transmiti-los em tempo real para o servidor WaterWiSe@SG server. O nó sensor tem, na sua configuração, uma placa eletrônica e se conecta, simultaneamente, a três dispositivos de medição: um transdutor de pressão, um medidor de vazão e um hidrofone. Esse nó sensor também apresenta um modem USB 3G e um USB Wi-Fi conectados à placa de processamento principal. O USB 3G é o principal mecanismo de comunicação do nó, sendo a conexão Wi-Fi utilizada apenas para comunicação de curto alcance quando apropriado.

Dessa forma, a partir dos nós sensores, seus dados são transmitidos via internet, por meio de conexão 3G para servidores. Desses servidores, tem-se um arquivo de dados responsável pelo armazenamento e acesso das informações e um servidor web que hospeda o portal web, que representa a interface entre o sistema WaterWiSe@SG e o usuário, facilitando a visualização dos dados em tempo real. Além disso, os nós sensores também podem ser acessados no local de instalação por meio de uma conexão direta com fio em um notebook. Os resultados do sistema mostraram-se positivos. Segundo Whittle et al. (2010), embora as perdas de água em Singapura devido a vazamentos sejam bem pequenas (menos de 5 %), vazamentos e rupturas de condutos podem ocorrer ocasionalmente. A exemplo disso, os autores apresentaram um ocorrido durante os experimentos, em que um conduto de 500 mm se rompeu durante uma operação de pavimentação de uma via acima da tubulação enterrada. Um sensor WaterWiSe@SG próximo do ocorrido mediu uma significativa queda de pressão nesse período, o que representa o quanto um sistema como esse é benéfico para concessionárias de água, possibilitando uma melhor gestão e controle da rede de distribuição de água.

Pérez-Padillo *et al*. (2020) buscaram estudar a aplicabilidade da Internet das Coisas (IoT) no monitoramento de sistemas de distribuição de água. O objetivo principal do estudo foi desenvolver um sistema inteligente de monitoramento de pressões, utilizando um hardware de baixo custo e um software open-source, de forma a poder detectar possíveis perdas de água e rompimento de tubulações. Esse sistema foi implementado em um sistema de distribuição de água em Córdoba, na Espanha. Utilizou-se um Arduino MKR FOX 1200 para receber os sinais elétricos dos transdutores de pressão e transferi-los por meio de uma comunicação Sigfox para uma plataforma IoT denominada ThingSpeak, para a visualização e análise dos dados. Pérez-Padillo *et al.* (2020) propuseram um método para se obter com facilidade dados de medição em cada ponto. Os autores dividiram o sistema de monitoramento de pressão em quatro níveis, sendo eles: nível de coleta de dados; nível de comunicação; nível com banco de dados em nuvem e análise; e nível de virtualização. Nesse estudo observaram como o Arduino pode, com a tecnologia empregada, cobrir todos esses níveis, fornecendo às concessionárias uma nova abordagem, mais econômica, para monitoramento dos sistemas de distribuição de água.

Segundo os autores, um sistema IoT permite, por meio de conectividade wireless, conectar os elementos de um sistema para a aquisição de dados e tomada de decisões. Eles comparam os sistemas IoT aos sistemas de monitoramento convencionais, como o sistema SCADA. Tais sistemas convencionais e centralizadores não são preferíveis em relação aos sistemas IoT, que são descentralizadores, os quais podem ser acessados de qualquer lugar apenas com uso de conexão de internet. Esse sistema convencional SCADA, por exemplo, foi utilizado no trabalho de Filho (2016), a ser apresentado mais adiante.

O sistema de comunicação utilizado para passagem dos dados coletados pelo Arduino consiste no sistema Sigfox, que consiste em uma rede LPWAN, caracterizada pelo seu baixo consumo de energia e baixo custo, bem como por permitir uma conectividade em longas distâncias. O sistema proposto buscou obter informações de pressão medidas para o acompanhamento do sistema em tempo real. Para isso, estabeleceu-se que o Arduino fornecesse dados de pressão a cada 15 minutos.

Os transdutores de pressão utilizados são da marca Honeywall, com pressões de serviço de 0 a 17,23 bar. O Arduino MKR FOX 1200 coleta os dados providos pelo transdutor de pressão e os envia periodicamente por meio da rede Sigfox, que consiste em um sistema de comunicação wireless usado como um serviço. O cliente paga por esse serviço por ano e dispositivo conectado, não exigindo instalações de alguma rede de comunicação por parte do usuário. Portanto, esse sistema Sigfox, segundo os autores, apresenta-se adequado para ser utilizado pelas concessionárias de saneamento que devem gerir grandes áreas, evitando assim que invistam grandes recursos na criação de suas próprias redes de comunicação.

Os dados de pressão são então coletados por um processamento interno do sistema Sigfox, para checagem se as comunicações e mensagens estão corretas, não possibilitando a visualização dos dados. Para a armazenagem e visualização dos dados, Pérez-Padillo et al. (2020) utilizaram a plataforma IoT denominada ThingSpeak, desenvolvida para receber, visualizar e analisar os dados em nuvem. Por fim, foi utilizado um sistema denominado por IFTT, que consiste em um serviço web para automatização de serviços, como alertas para anormalidades nos níveis de pressão, com alarmes via SMS ou emails em tempo real para gestores das instalações de abastecimento de água. Com acesso via internet em um website, o sistema de monitoramento de pressão proposto por Pérez-Padillo et al. (2020) pode ser consultado por qualquer dispositivo. A própria plataforma ThingSpeak apresenta um aplicativo que pode ser utilizado em *smartphones*, tornando o serviço ainda mais acessível.

Bruno *et al*. (2021) apresentou muito bem em seu trabalho um panorama a respeito do uso de transdutores de pressão associados a Arduino. Devido aos sistemas de monitoramento de água atuais serem geralmente de alto custo, os gestores dos serviços de água geralmente medem as pressões e as vazões em poucos pontos. Os autores desenvolveram um sistema de monitoramento de pressão utilizando um hardware de baixo custo, com o sistema composto por um Arduino, uma placa de circuito impresso e oito transdutores de pressão (transdutores piezoelétricos com pressão de serviço de 0 a 6 bar). De acordo com os autores, a escolha pelo uso do Arduino se deve a sua boa acessibilidade e fácil instalação, seu baixo custo e ao fato de ser uma plataforma de prototipagem open-source, como já apresentado no item 3.4.3 deste trabalho.

Segundo Bruno *et al*. (2021), uma vez que os transdutores são instalados, é relativamente fácil criar um sistema de comunicação que colete e envie os dados medidos. Para avaliar a eficiência desse sistema proposto, um programa experimental de testes foi realizado no Laboratório Hidráulico Ambiental da Universidade de Enna, na Itália. Os resultados mostraram a capacidade desse sistema de controle das pressões, que mostrou-se um sistema econômico e simples, sendo, de acordo com os autores, possível de ser implementado em sistemas de distribuição de água de maior escala por concessionárias. Dessa maneira, esse sistema promoveria um maior conhecimento das pressões da rede e uma melhor gestão por parte das companhias de saneamento.

O sistema proposto por Bruno *et al.* (2021) basicamente possui três etapas e está baseado na abordagem de um sistema IoT. A primeira consiste na medição das pressões pelos transdutores que, conectados à placa do Arduino por cabo, passam tais informações à placa. Tais dados de pressão podem ser calibrados para que apresentem uma maior ou menor taxa de amostragem dos dados. O Arduino utilizado foi o Arduino UNO. A segunda etapa consiste no registro dos dados medidos pelo Arduino, que são enviados para o dispositivo conectado ao Arduino, por meio de uma conexão Wi-Fi. Por fim, todos os dados podem ser monitorados e baixados através de uma página web em tempo real, o que pode ser de grande facilidade para uso por parte das concessionárias.

Além dos estudos envolvendo a associação de transdutores de pressão com Arduino, outros estudos, não menos importantes, foram desenvolvidos utilizando transdutores de pressão em sistemas de abastecimento de água. Entretanto, os autores desses trabalhos não fizeram o uso de Arduino, mas adotaram outras metodologias para aferição dessa grandeza hidráulica.

Coelho (2014) desenvolveu um sistema de monitoramento de pressão para adutoras de água potável baseado em uma rede industrial sem fio (wireless), com capacidade de promover o controle remoto em tempo real de possíveis pontos de ruptura de redes ou ramais. Dessa forma, os transdutores de pressão estão diretamente integrados com um software de monitoramento, em que as pressões da adutora medidas são enviadas para um banco de dados que pode ser acessado via web. Para o projeto, foi adotado uma tecnologia de comunicação sem fio em um padrão de rede industrial denominada por *ZigBee*. De acordo com Coelho (2014), esse tipo de rede oferece grande resistência contra interferências, podendo conectar milhares de dispositivos em apenas uma rede e alcançando grande distância de comunicação. Para o trabalho de Coelho (2014) foi utilizado o transdutor de pressão modelo A-10 da marca *Wika* do Brasil, com sensibilidade de perceber a variação de pressão entre 0 e 10 bar.

Os transdutores de pressão da pesquisa de Coelho (2014) estão conectados aos módulos *ZigBee* por meio de suas portas analógicas de entrada de dados e uma placa de circuito elétrico. A partir de interfaces de hardware de conversão e adequação de sinais, as informações de pressão são enviadas via wireless pelos dispositivos *ZigBee* até a central de controle. Os ensaios práticos apresentados por Coelho (2014) demonstraram elevada aplicabilidade do modelo para as concessionárias de saneamento.

Filho (2016) também realizou um estudo no qual utilizou transdutores de pressão. O estudo envolvia o desenvolvimento de um sistema de controle baseado em redes neurais artificiais (RNAs), para o controle de pressão em sistemas de distribuição de água abastecidos por bombas associadas em paralelo, acionadas por inversores de frequência. Utilizou-se na pesquisa um sistema de supervisão e aquisição de dados denominado por sistema computacional SCADA, também chamado de supervisório. O sistema supervisório for feito utilizando o programa LabVIEW™, visando o monitoramento e controle em tempo real de parâmetros hidráulicos e elétricos. Para a aquisição dos dados, foi utilizado uma interface de aquisição dos dados (DAQ), que é compatível com o LabVIEW™.

O programa experimental de Filho (2016) contou com cinco transdutores de pressão modelo Druck PTX 7217. Dos cinco, quatro dos transdutores foram instalados a montante e a jusante dos dois conjuntos motor-bomba para o cálculo das alturas manométricas de cada bomba. O outro transdutor foi colocado a montante de uma válvula de controle visando representar a pressão de serviço em um sistema de distribuição de água. Essa válvula que por sua vez tinha a função no experimento de representar a variação de consumo de um sistema de distribuição de água. Dessa forma, utilizou-se no sistema de aquisição dos dados, suas entradas analógicas para os cinco transdutores de pressão, para a válvula de controle e para dois medidores de vazão eletromagnéticos empregados a jusante de cada bomba.

A partir do sistema proposto por Filho (2016) utilizando uma rede neural artificial, ele pode simular em uma bancada experimental situações reais de abastecimento de água, testando diferentes condições de operação do sistema. De acordo com o autor, o sistema proporcionou um controle satisfatório das pressões de serviço, para que estejam dentro dos limites estabelecidos.

Martinez *et al*. (2012) também fez o uso de transdutores de pressão em um sistema hidráulico predial de água quente. Os autores desenvolveram uma plataforma de medição para

monitoramento de pressões e temperaturas em circuitos de água quente de edifícios de múltiplos andares. Sua concepção foi feita para se conseguir fazer a armazenagem dos dados por até 30 dias de operação, sendo esse período limitado devido à capacidade de armazenamento do micro computador utilizado. O sistema contou com quatro transdutores de pressão e quatro sensores de temperatura, para o levantamento dessas variáveis em quatro pontos distintos das instalações de abastecimento. Segundo os autores, em edifícios de múltiplos andares, tais medidores devem ser locados nos pontos mais baixos possíveis da rede e instalados em locais de fácil acesso e de preferência a jusante de registros de gaveta para realizações de manutenções.

Segundo Martinez *et al*. (2012), os transdutores de pressão e os sensores de temperatura são bastante sensíveis e podem facilmente serem instalados. Os resultados experimentos obtidos afirmaram a capacidade e versatilidade do sistema de instrumentação criado.

3.5 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DO ESTUDO HÍDRICO REALIZADO NO *CAMPUS* DARCY RIBEIRO

Araújo e Virgolim (2010) estudaram dados de consumo e pressão na Universidade de Brasília, com enfoque no Instituto Central de Ciências (ICC). Segundo o estudo, entre os anos de 2007 a 2009 o ICC teve o maior índice de consumo entre os prédios do campus Darcy Ribeiro, representando 24% de todo o consumo de água. De acordo com Araújo e Virgolim (2010), trabalhos já realizados sobre consumo de água na UnB mostraram que os grandes problemas estão relacionados principalmente às altas pressões na rede, acompanhadas da falta de manutenção e seu tempo de utilização.

Inicialmente o sistema de abastecimento de água do campus foi concebido para funcionar como rede interligada com três pontos de alimentação: o Centro Olímpico (CO), a Prefeitura do Campus e o Castelo d'água. Conforme constatado em estudos realizados em 1992, a rede de abastecimento de água apresentava uma configuração mista com três entradas de água para alimentar três ramais que se juntavam em uma malha. Essa malha que era responsável por abastecer todo o campus Darcy Ribeiro, sendo que em cada uma das três entradas de água havia um hidrômetro da CAESB.

Araújo e Virgolim (2010) apresentaram que a inexistência de válvulas de retenção na entrada desses hidrômetros e a inexistência de um estudo preliminar das pressões na rede resultou em um sistema sem confiabilidade devida à possibilidade de retorno pelos hidrômetros. Em algumas horas do dia observava-se que o hidrômetro da entrada pela prefeitura ficava parado ou até rodava inversamente. Como solução de curto prazo, seccionou-se a rede, fazendo operá-la como três redes ramificadas.

A Figura 3.18 ilustra as três entradas de abastecimento do *Campus* Darcy Ribeiro explicitadas.

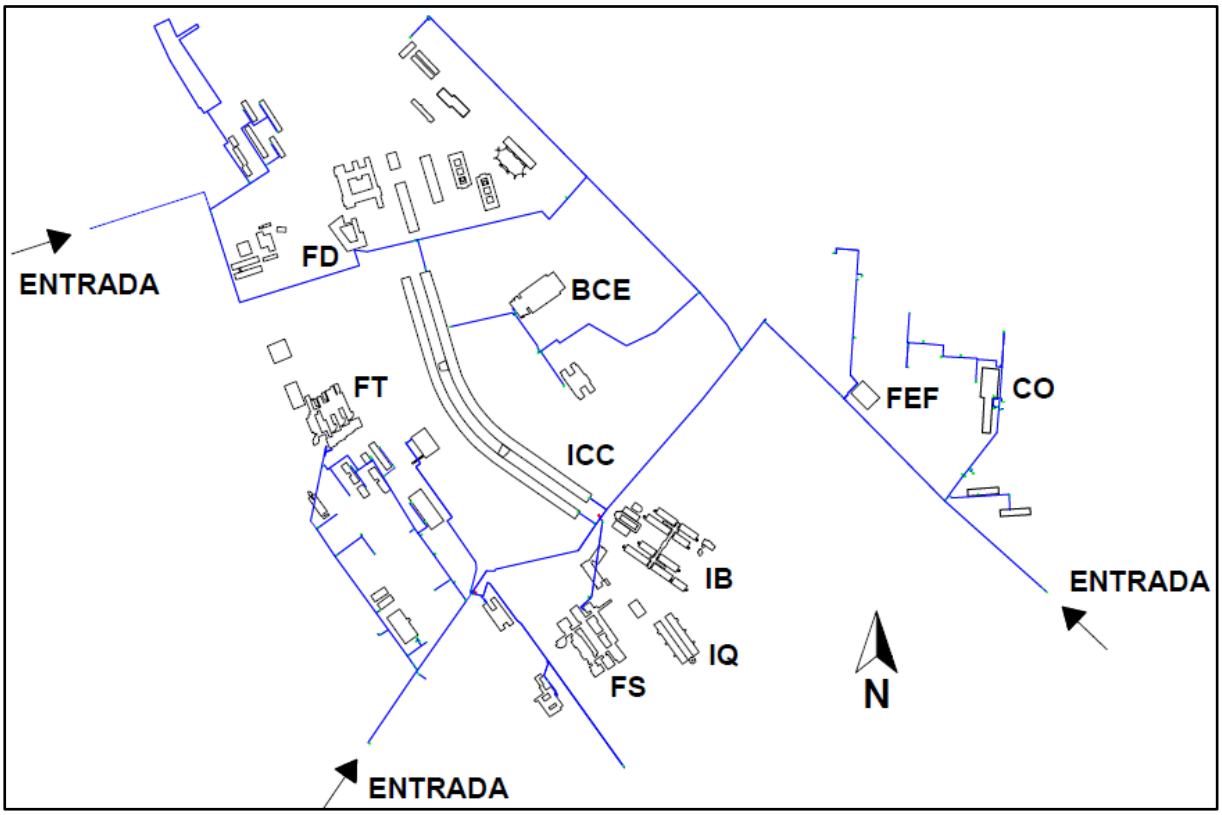


Figura 3.18 - Rede de distribuição de água do *Campus* Darcy Ribeiro (Martins, 2019)

Segundo Araújo e Virgolim (2010), o Departamento de Engenharia Civil deu início a uma série de trabalhos no campus, realizando primeiramente um diagnóstico da rede em relação às perdas. Foi verificado a existência de elevadas pressões, que variavam de 30 a 86 mca durante o dia, e de vazamentos generalizados por falta de manutenção, tanto preventiva quanto corretiva.

De acordo com Araújo e Virgolim (2010), em 1999, uma lei distrital isentou a UnB de pagar água e luz, porém em 2005 essa lei foi revogada devido ao seu caráter inconstitucional. A partir desse ano, foram realizadas medidas para a redução de perdas, sendo as principais delas a instalação de hidrômetros em todos os prédios da UnB pela CAESB, a instalação de válvulas redutoras de pressão na rede, a construção de reservatórios em prédios novos, a construção de um novo tronco de distribuição para melhorar a distribuição das vazões, principalmente atendendo aos novos prédios do campus, o estudo do comportamento dos usuários e a determinação de novas estratégias para a redução do consumo.

Ademais, Araújo e Virgolim (2010) constataram que as edificações que foram construídas junto com Brasília na década de 1960 também tem suas instalações hidráulicas com a idade avançada, sendo as tubulações de abastecimento de água, na maioria dos prédios mais antigos, em aço galvanizado e, por isso, tem inscrustações na seção interna dos tubos. O estudo de Araújo e Virgolim (2010) também indicou a necessidade de instalação de uma nova VRP na entrada do ICC, para assegurar pressões adequadas ao longo de todo o prédio. Também foram sugeridos remanejamentos e substituições das instalações hidráulicas do ICC, para facilitar a manutenção, identificação de vazamentos e quaisquer intervenções necessárias.

Matos e Lopes (2016) realizaram um trabalho de identificação de possíveis perdas de água em instalações prediais da UnB, por meio da análise da série histórica das contas de água (ano de 2014, 2015 e 2016) e vazões noturnas. A análise da série histórica das contas de água da UnB buscou gerar conclusões sobre indícios de perdas de água em algumas das edificações do

campus Darcy Ribeiro. O acompanhamento da série histórica de contas de água por meio de planilhas automatizadas mostrou que diversos prédios apresentavam indícios de vazamentos, entre eles a FT.

Foram selecionados a Faculdade de Tecnologia (FT), o SG12 e o Instituto Central de Ciências (ICC) para medição e análise da vazão noturna. Segundo Matos e Lopes (2016), foi possível afirmar que a Faculdade de Tecnologia e o SG12 possuem grandes possibilidades de ocorrência de vazamentos, necessitando de verificação e possíveis reparos de suas instalações. Além disso, ao analisar os dados de vazão média noturna, Matos e Lopes (2016) constaram que a FT é a edificação, dentre esses três prédios, que apresentou comportamento mais anormal, exigindo com que nela se tenha maior atenção e verificação.

Matos e Lopes (2016) realizaram medidas de pressão com o objetivo de obter dados da variação de pressão ao longo de um período de consumo, obtendo os valores máximos e mínimos. Na FT, foi escolhido realizar as medições em um ponto do prédio onde funciona o Laboratório de Hidráulica. Segundo Matos e Lopes (2016), foi escolhido esse ponto por ele estar na ponta da rede e em uma cota próxima da entrada de água do sistema, o que levaria a serem notadas pressões mais baixas. Os resultados dessa medição estão apresentados na Figura 3.19. Também foi apresentado por Matos e Lopes (2016) que, após terem sido verificadas pressões muito baixas no SG-12, foi feita uma verificação pela CAESB sobre o estado que se encontrava a VRP do Castelo D'Água. Foi constatado um problema na válvula, no qual havia um rompimento no seu diafragma, que foi substituído para poder voltar a operar normalmente.

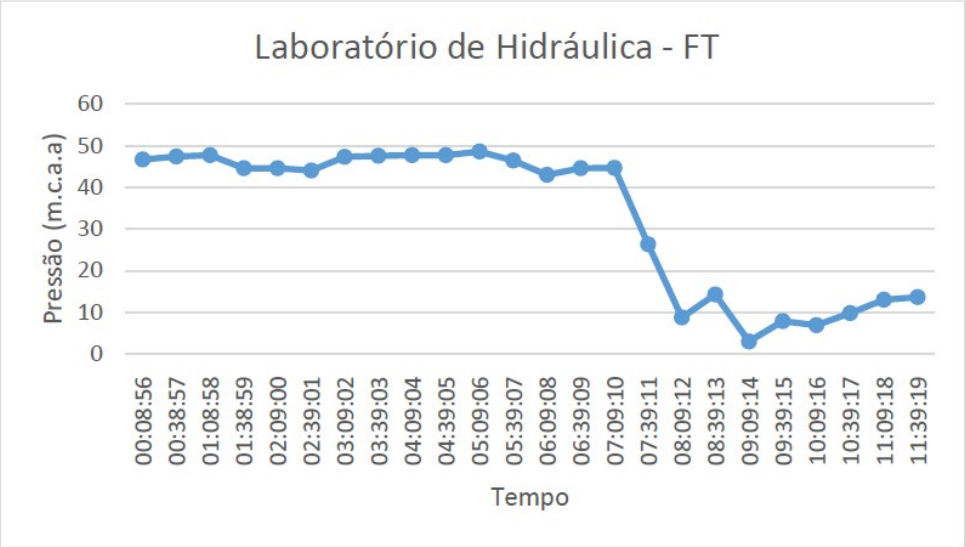


Figura 3.19 - Medição de pressão realizada em Laboratório de Hidráulica, na FT (Araújo e Virgolim, 2010)

Matos e Lopes (2016) também recomendaram, após análises feitas com o uso do programa EPANET, a necessidade de instalação de uma VRP próxima ao ICC para reduzir as pressões de entrada que danificam as instalações. Segundo a simulação no EPANET que simulava o abastecimento dos prédios da rede de distribuição advinda do Castelo D'água, foi constatado que mesmo com consumos máximos em todos os prédios, as pressões no ICC ainda eram altas. Entretanto, foi apresentado que reduzir a pressão na VRP do Castelo D'água levaria a problemas de baixas pressões nos prédios mais altos da rede, sendo a melhor solução a instalação de uma VRP na entrada do próprio ICC.

Oliveira (2018) apresentou um estudo que buscou, entre seus objetivos, determinar capacidades de reservatórios que servirão para abastecer e servir como RTI em algumas edificações da UnB, entre elas, a Faculdade de Tecnologia. Oliveira (2018) também buscou, por meio da análise das contas de água da UnB (anos 2010 a 2017), encontrar os prédios com consumo de água excessivo e dessa maneira indicar os pontos críticos de monitoramento e manutenção. Essa análise histórica do consumo de água da UnB foi realizada com a criação de gráficos box-plot, detectando possíveis outliers, que, segundo o autor, seriam pontos cujos valores apresentam grande afastamento do consumo típico das edificações observadas ao longo do tempo, sendo indicativos de consumo excessivo de água e consequentemente desperdício de água. Foi constatado que o ICC, FT, SG-10 e SG-4 eram as edificações com variabilidade excessiva no consumo de água, apresentando indícios de vazamentos e, consequentemente, necessitando de manutenção. Os gráficos box-plot gerados por Oliveira (2018) entre os anos de 2010 e 2017 para a FT estão dispostos na Figura 3.20.

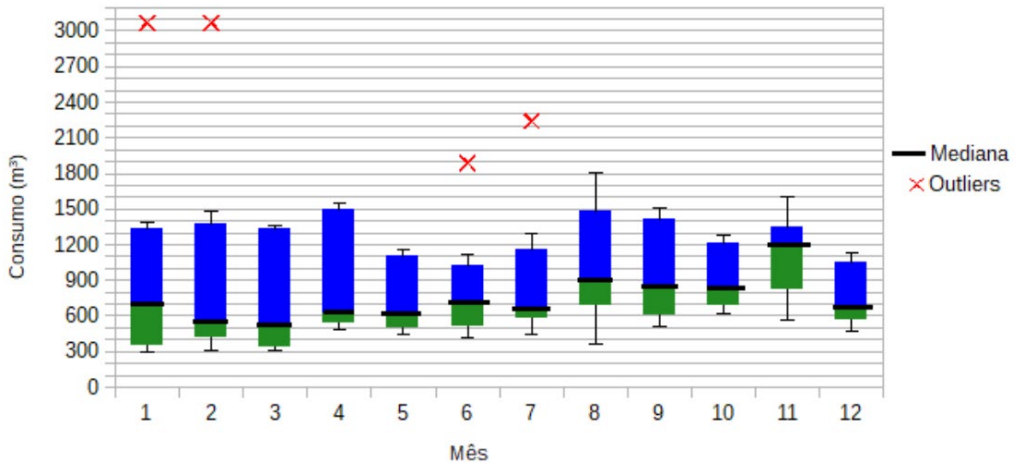


Figura 3.20 - Gráficos Box-Plot para o consumo de água da Faculdade de Tecnologia (entre os anos de 2010 e 2017) - Oliveira (2018)

A partir dos gráficos Box-Plot gerados em relação aos consumos de água de diversas edificações, Oliveira (2018) considerou que o volume de reservação necessário para consumo humano de cada edifício seria dado pela maior mediana encontrada nos meses estudados das contas de água nos sete anos observados (2010 a 2017), dividido por trinta dias, para então ser obtido o volume para abastecer as necessidades de uma edificação em um dia de funcionamento. Como pode ser visto na Figura 3.20, a maior mediana obtida para a Faculdade de Tecnologia foi no mês de novembro, com um consumo de água mensal de 1200 m³. Segundo o autor, a partir desse valor, o volume de abastecimento da FT para suprir sua demanda diária seria de 40 m³.

Além disso, o estudo desenvolvido por Oliveira (2018) também buscou propor a reservação de água para abastecimento contínuo do sistema, controlando assim as elevadas pressões e evitando a interrupção do abastecimento em caso de intervenções necessárias. Por meio da ferramenta EPANET e de medições no ICC, ele pode propor uma configuração de uso de VRP no início da rede da edificação e também o uso do Castelo D'Água como reservatório. Segundo Oliveira (2018), a simulação feita com o uso do EPANET constatou que a carga hidráulica fornecida por esse reservatório é suficiente para abastecer o ICC de maneira satisfatória. Ressalta-se que a partir das análises das pressões no ICC foi possível observar altas oscilações

de pressão, típicas do sistema de abastecimento direto, exigindo que tenha um maior controle dessas pressões, para evitar perdas de água e o mau funcionamento das instalações.

Fernandes (2018) desenvolveu um estudo no qual propôs um projeto de instalação de combate a incêndio do ICC, a partir do uso do Castelo D'Água, o propondo um novo arranjo hidráulico. Ademais, o autor calculou os volumes de Reserva Técnica de Incêndio (RTI) para cada edificação da UnB construída antes das normas vigentes de combate a incêndio. Segundo o autor, a Faculdade de Tecnologia é uma edificação que se encaixa na classe de incêndio do Grupo B-1, pois seu uso e ocupação se caracteriza como escolar com área acima de 200 m^2. Assim, a partir da área do edifício, Fernandes (2018) calculou uma RTI exigida de 25,76 m^3.

No item 3.2 deste Projeto Final foi também apresentado o estudo desenvolvido por Barbosa et al. (2019), em que o objetivo do trabalho foi de caracterizar os usos-finais de água em edificações do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília e, dessa forma, realizar uma análise comparativa do desempenho de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (AAP) e de reuso de águas cinzas (RAC).

Martins (2019) desenvolveu uma análise do sistema de instalações prediais de água fria do ICC, se baseando em uma aquisição de dados de pressão e vazão em campo (dados obtidos por manômetros com *data logger* instalados em dois banheiros do ICC e hidrômetro ultrassônico na ligação predial do edifício). Foram feitas simulações hidráulicas por meio do uso do EPANET para verificar possíveis novos cenários de funcionamento das instalações prediais. Tais simulações constataram que com o funcionamento de mais uma entrada de água no ICC e a troca das tubulações, que demandaria maior recurso e tempo, são alternativas eficazes para melhorar a distribuição de pressões nas instalações hidráulicas do prédio. O estudo de Martins (2019) observou que as pressões constantemente ultrapassam o limite máximo normativo, sendo a situação mais crítica em períodos noturnos e em dias sem aula, o que prejudica a integridade das instalações prediais e potencializa a possibilidade de ocorrência de perdas de água.

Rabelo (2020) fez uma análise do consumo de água no ICC, realizando uma comparação de dados em diferentes anos (2007-2020), com foco no ano de 2020, no qual a UnB estava em situação de atividades remotas em função da pandemia de COVID-19. Foi observado pelo estudo um aumento desproporcional de consumo de água em um período que a edificação apresentava um fluxo mínimo de pessoas. O estudo de Rabelo (2020) também fez diversas medições de pressão por meio de manômetros em pontos do ICC, fazendo uma análise comparativa do consumo de água com as pressões observadas. Segundo o trabalho realizado, nos 7 meses analisados, calculou-se um índice de perdas (IP) de 57,1 % de toda a água disponibilizada pela CAESB para o abastecimento do ICC, que totaliza um prejuízo de cerca de 1 milhão de reais aos cofres públicos.

Além disso, Rabelo (2020) constatou que a substituição do hidrômetro antigo do ICC (hidrômetro taquimétrico) em dezembro de 2018 para um hidrômetro ultrassônico possibilitou a redução dos valores das contas a serem pagas, considerando que os valores pagos pela universidade antes da troca do medidor eram bastantes expressivos. O autor sugere que tais erros de medição podem ter sido advindos do envelhecimento do equipamento ao longo dos anos, fazendo com que a medição do consumo seja muito maior que a verdadeira.

Da Silva (2021) estudou a influência da instalação de uma VRP no ramal predial do ICC, como forma de avaliar o efeito do controle de pressão de entrada na edificação sobre o consumo de água medido e as perdas de água observadas. Por meio de leituras de vazão e pressão na entrada do ICC, durante um mês de pandemia de COVID-19 (março de 2021), constatou-se fortes

indícios de perdas na edificação. Foi notado que apesar da redução do fluxo de pessoas por causa da pandemia, os dados de consumos eram superiores aos dados do mês de março dos últimos 5 anos. Da Silva (2021) realizou duas análises com o uso da VRP, uma com a válvula utilizada durante 15 dias ajustada para 30 mca, e a outra com a válvula utilizada por 15 dias com o ajuste da própria pressão da rede. Notou-se no estudo que no período de análise sem o ajuste da VRP, houve maiores oscilações de pressão e durante o período noturno os consumos continuaram elevados. Já no período com o ajuste da VRP, houve uma redução de 1.000 m³ de água medido, o que representa uma grande economia de gastos para a universidade.

Rocha (2021) avaliou o consumo de água em alguns edifícios da UnB, buscando realizar uma análise descritiva sobre os dados de consumo disponíveis e estabelecer equações a partir de regressões lineares entre o consumo de água e as características construtivas das edificações e a quantidade de frequentadores delas. Além disso, Rocha (2021) buscou avaliar eventuais perdas de água nas instalações hidráulicas desses prédios. Os edifícios abordados no estudo foram: Pavilhão João Calmon (PJC), Pavilhão Anísio Teixeira (PAT), Bloco de Salas de Aula Norte (BSAN) e Bloco de Salas de Aula Sul (BSAS), todos localizados no campus Darcy Ribeiro. De acordo com o trabalho realizado, as pressões observadas no PJC, PAT e BSAN são superiores ao limite normativo. Para o BSAS e BSAN a situação é amenizada por existir o sistema de abastecimento indireto, que mitiga as pressões de chegada da rede pública. Entretanto, não se nota isso no PJC e PAT, o que maximiza as perdas de água pelas altas pressões presentes. Assim como percebido por Rabelo (2020) e Da Silva (2021), Rocha (2021) também notou um alto consumo medido em campo em comparação ao histórico de dados de consumo de água, mesmo com os prédios sem serem utilizados devido a pandemia de COVID-19, o que indica que existam perdas nas instalações hidráulicas. Constatou-se que o PJC superou o consumo médio do período letivo de 2017 a 2019 e o PAT apresentou consumo maior que a média do período letivo de 2017 e 2018. Para o BSAN e BSAS foram obtidos valores esperados ao se analisar a série histórica durante os meses em que os alunos estavam de férias, em que os edifícios apresentam suas utilizações de forma reduzida como no tempo de pandemia. Rocha (2021) também constatou que para se obter uma equação que represente bem o consumo de água em edificações de ensino, devem ser consideradas as quantidades de frequentadores e as diferentes características construtivas em conjunto. Dessa forma, seria necessário desenvolver uma regressão multivariada que considera diferentes variáveis que impactam o consumo de água, levando em conta as relevâncias de tais variáveis.

Santana (2022) realizou o último estudo feito na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. A autora estudou o atual sistema de combate a incêndio da edificação, calculou sua Reserva Técnica de Incêndio (RTI), verificando a viabilidade de se utilizar os reservatórios inferiores localizados no Laboratório de Estruturas e Hidráulica da FT, propôs uma concepção de projeto de sistema de combate a incêndio para a edificação e também verificou as pressões no sistema de distribuição de água da faculdade, verificando se estava condizente ao esperado para o combate a incêndio. Para tais análises, Santana (2022) desenvolveu um dimensionamento do sistema hidráulico de combate a incêndio por meio de hidrantes e mangotinhos, bem como por meio de chuveiros automáticos, obtendo dessa forma as pressões e vazões necessárias para o funcionamento eficiente de tais sistemas.

Santana (2022) realizou leituras de pressões do sistema utilizando manômetros digitais da ZÜRICK Indústria e Comércio Ltda. Tais medições buscaram verificar se seria viável permanecer o sistema hidráulico de combate a incêndio com hidrantes e mangotinhos existente na FT. As medições foram realizadas em um ponto do sistema de distribuição predial localizado no Bloco F da Faculdade de Tecnologia, por um período de 48 horas, do dia 27 de abril de 2022 a 29 de abril de 2022, conforme apresentado na Figura 3.21.

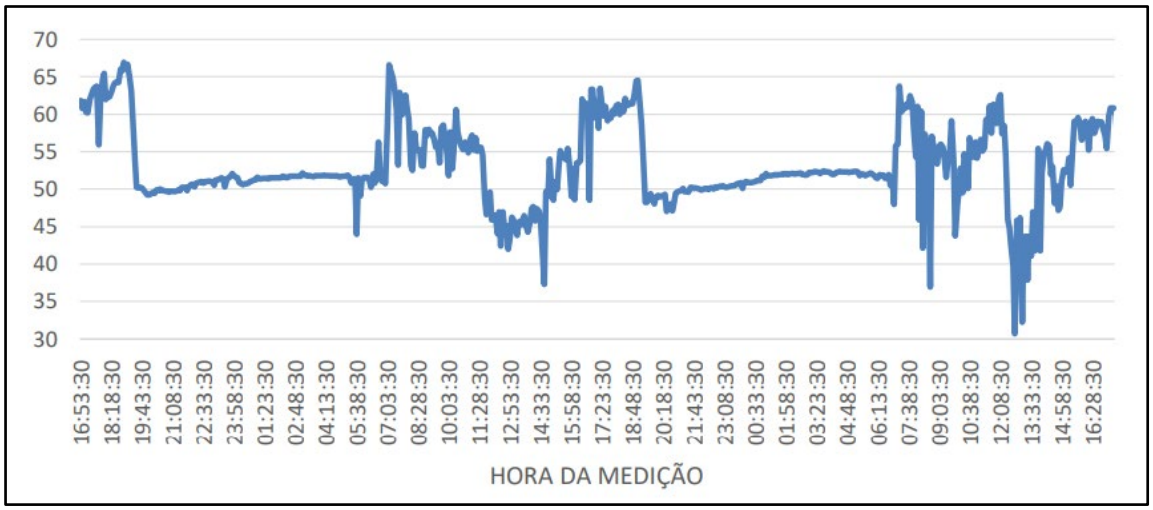


Figura 3.21 - Variação da pressão medida em ponto da Faculdade de Tecnologia por Santana (2022)

Foi calculado no trabalho de Santana (2022) que a pressão manométrica mínima exigida para um adequado funcionamento do sistema de hidrantes e mangotinhos seria de 45,59 mca. Pelas pressões obtidas e apresentadas na Figura 3.21, Santana (2022) concluiu que as pressões do abastecimento direto da FT satisfazem as pressões necessárias para um bom funcionamento do sistema. Porém, para o sistema de chuveiros hidráulicos, a pressão necessária calculada foi de 93,52 mca, o que torna o abastecimento da FT insatisfatório para suprir essa pressão. Um ponto importante a destacar é que, conforme salientado por Santana (2022), as pressões medidas foram em um período que parcela das disciplinas ofertadas na FT estavam funcionando remotamente devido a COVID-19, o que pode levar a tais pressões sofrerem queda em períodos de maior fluxo de pessoas e maior consumo de água. Por isso, Santana (2022) recomendou para trabalhos futuros analisar as pressões na edificação com uma maior taxa de ocupação.

Segundo as conclusões de Santana (2022), os reservatórios localizados no Laboratório de Estruturas e Hidráulica da FT não se adequam para uso como Reserva Técnica de Incêndio. Segundo a autora, para a FT se faz necessário uma RTI de 30 m³. Além disso, a autora concluiu que as pressões medidas satisfazem o atual sistema de mangotinhos e hidrantes. Entretanto, foi salientado que, pelo fato do sistema de abastecimento ser direto, qualquer falha da concessionária no fornecimento de água à edificação tornaria a FT vulnerável no combate a um incêndio. Por isso, ela sugere que seja feita uma análise de possibilidade de construção de um reservatório inferior ou elevado para abastecer o sistema hidráulico de combate a incêndio da Faculdade de Tecnologia.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho teve como motivação medir e analisar a pressão e consumo de água nas instalações prediais da Faculdade de Tecnologia (FT), localizada no *Campus* Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília, de forma a identificar perdas de água e propor melhorias para o sistema. A partir da concepção de uma instrumentação utilizando um transdutor de pressão associado a um Arduino, foi possível levantar dados de pressão ao longo do tempo em um ponto de utilização do edifício, para melhor análise do comportamento da pressão da água nessa edificação. Além disso, foram adquiridos dados históricos de contas de água da FT, bem como feitas aferições presenciais do consumo hídrico no hidrômetro ultrassônico localizado no cavalete de entrada do abastecimento de água da Faculdade de Tecnologia.

O trabalho seguiu as seguintes etapas de desenvolvimento:

i. Análise do histórico do consumo de água da Faculdade de Tecnologia;
ii. Obtenção de dados ao longo do tempo sobre o consumo hídrico e pressão de abastecimento de água na FT;
iii. Identificação de possíveis perdas de água e proposta de melhorias para o sistema.

4.1 LOCAL DE ESTUDO

A Faculdade de Tecnologia foi fundada em 1964, apresenta uma área construída de cerca de 13.584 m², conta com quatro departamentos (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Mecânica e Departamento de Engenharia de Produção) e oferece regularmente nove cursos de graduação em engenharia.

A Faculdade de Tecnologia faz parte do *Campus* Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília (UnB), fundada em 21 de abril de 1962. A FT está localizada na Asa Norte em Brasília (DF), na Região Administrativa do Plano Piloto (RA I). Ela também se encontra próxima ao maior e mais antigo edifício do *Campus*, o Instituto Central de Ciências (ICC), que possui uma extensão de 720 m. O acesso à FT pode ser feito pela via L3 Norte, conforme Figura 4.1.

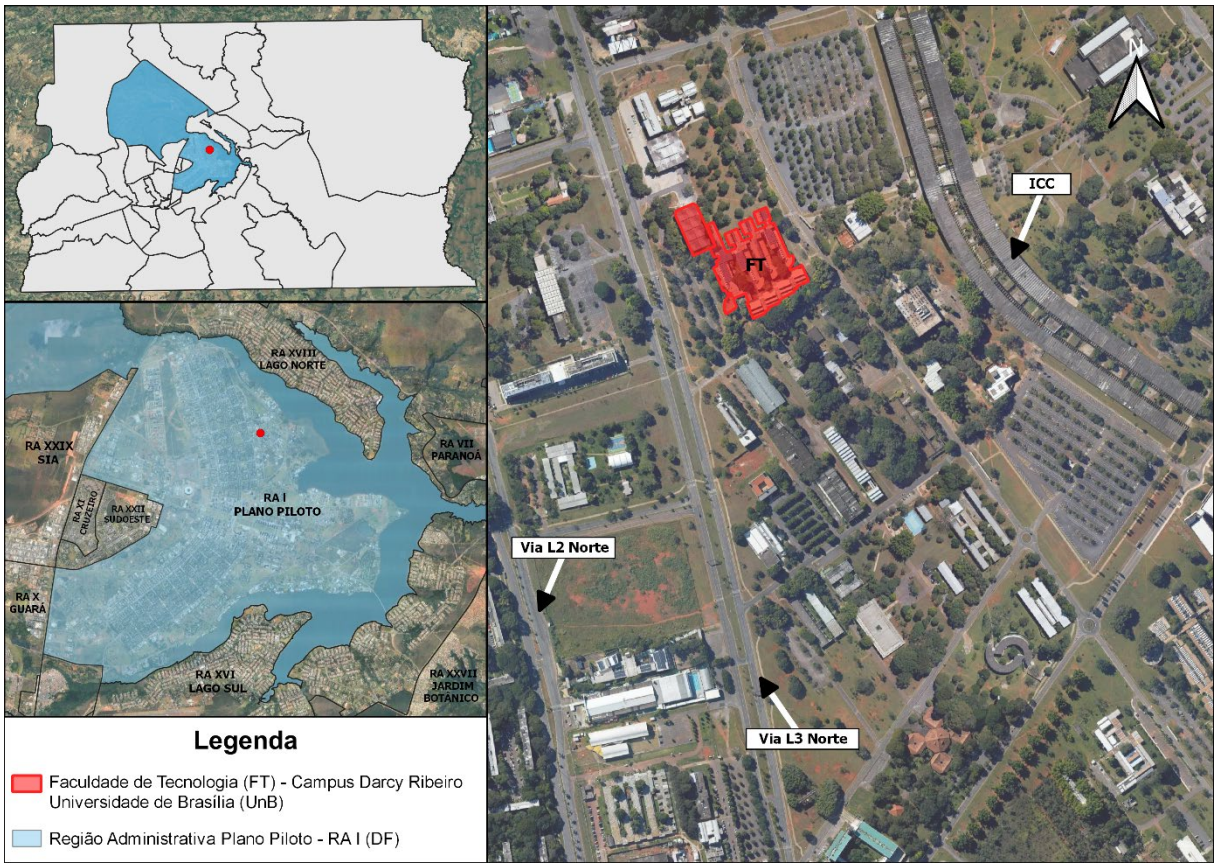


Figura 4.1 - Localização da Faculdade de Tecnologia

4.2 ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA FACULDADE DE TECNOLOGIA

O *Campus* Darcy Ribeiro é abastecido pelo reservatório do Plano Piloto 1 (RAP.PPL.001), localizado na ETA Brasília. A alimentação do *Campus* é realizada por uma rede de distribuição de água ramificada, conforme apresentado na Figura 3.18 do item 3.5 deste trabalho. Vale lembrar que todos os prédios do *Campus* apresentam hidrômetros individualizados.

A rede que abastece a Faculdade de Tecnologia advém da entrada do Castelo d'água, uma das entradas de abastecimento do *Campus*, conforme apresentado no item 3.5 deste trabalho. Essa entrada do Castelo d'água conta com uma VRP, que apresenta um controlador modulado pelo tempo.

O abastecimento de água da FT é feito de forma direta, ou seja, não apresenta amortecimento prévio da água por reservatório. Além disso, o ramal de abastecimento da edificação não conta com válvula redutora de pressão. A Figura 4.2 ilustra a localização do cavalete que se ligará ao ramal de abastecimento da FT, em que se encontra o hidrômetro para leitura do consumo de água. A Figura 4.3 apresenta a disposição desse cavalete na entrada da edificação.

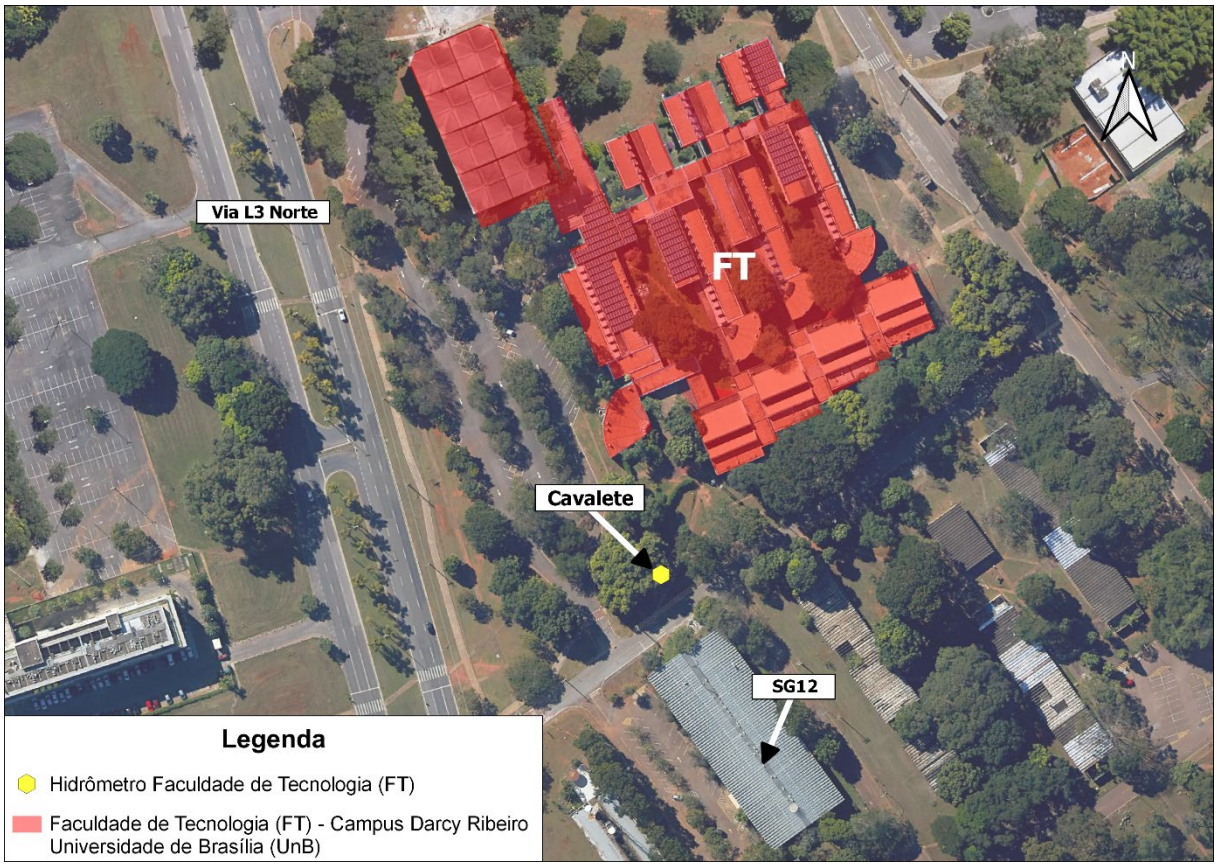


Figura 4.2 – Localização de hidrômetro da Faculdade de Tecnologia



Figura 4.3 - Cavalete de entrada de abastecimento de água da FT

4.3 ANÁLISE DO HISTÓRICO DO CONSUMO DE ÁGUA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA

A Prefeitura do Campus (PRC) da Universidade de Brasília vem, ao longo dos anos, realizando um trabalho de monitoramento do consumo de água através das contas de água. Mensalmente são feitas leituras dos hidrômetros do *Campus* pela CAESB e as informações obtidas são enviadas à prefeitura, para que o pagamento do consumo hídrico seja efetuado. A partir desses dados, a prefeitura alimenta uma planilha eletrônica visando armazenar o histórico de dados. Dessa forma, pode-se obter o histórico de faturas de água da Faculdade de Tecnologia através dos dados armazenados pela PRC.

Foram analisados os dados das contas de água da FT dos anos de 2017 a 2022. Partindo desses dados, poderiam se obter evidências de perdas de água, levando em consideração nessa análise as datas das férias acadêmicas de cada ano, sabendo que o calendário acadêmico varia anualmente, e os períodos de ensino à distância devido à pandemia de COVID-19.

Na análise dos históricos de contas de água, em caso de percepção de anormalidades, foram avaliadas também Ordens de Serviço solicitadas pela Faculdade de Tecnologia, que constam solicitações de reparos, manutenções, entre outros pedidos a respeito da infraestrutura e segurança do edifício.

Para melhor visualização e análise dos dados das contas de água, será feito o uso da ferramenta boxplot. O boxplot, conhecido também como diagrama de caixa (Figura 4.4), consiste em uma ferramenta gráfica que permite visualizar a distribuição dos dados, suas dispersões e os valores discrepantes, sendo uma forma de elevar a perspectiva de análise dos dados. Esse diagrama de caixa permite obter *outliers,* que são valores muito altos ou muito baixos dos dados. Quando utilizado o boxplot para analisar o consumo hídrico, por exemplo, esse recurso pode indicar valores (*outliers)* que apresentam grande afastamento dos consumos típicos observados ao longo do tempo. Quando estão muito altos para o consumo de água, são indícios de um consumo excessivo ou a presença de perdas de água.

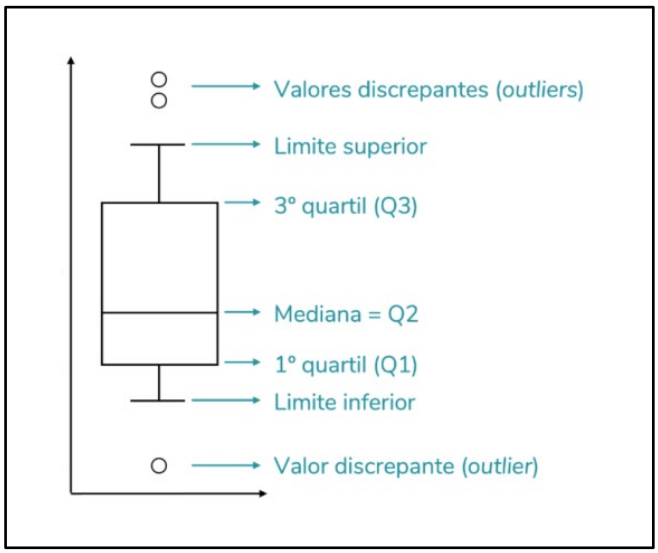


Figura 4.4 - Distribuição dos dados pelo Boxplot (Site Fernanda Peres, 2022)

4.4 OBTENÇÃO DE DADOS AO LONGO DO TEMPO SOBRE O CONSUMO HÍDRICO E PRESSÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA FT

4.4.1 CONCEPÇÃO, TESTES PRELIMINARES E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DA INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA NAS MEDIÇÕES DE PRESSÃO DA ÁGUA

Nota-se, a partir dos estudos apresentados no item 3.4.3.1 deste trabalho que já existem alguns estudos relacionados à medição de pressões da água utilizando sistema Arduino associados a transdutores de pressão. Como por exemplo os estudos de Pérez-Padillo et al. (2020) e Bruno et al. (2021), que desenvolveram sistemas IoT, com a transmissão dos dados de pressão medidos por uso de sistema de comunicação wireless, e com uma fácil visualização e interpretação dos dados através de website.

Entretanto, propôs-se neste trabalho um sistema mais simplificado e de menor custo. Foi concebida uma instrumentação para medição das pressões pelo uso de um transdutor de pressão para leitura das pressões; um Arduino UNO R3, para recebimento e conversão dos sinais elétricos gerados no transdutor; e um sistema *data logger,* para registro e armazenamento dos dados com as respectivas datas e horas de medição.

Para o sistema *data logger,* optou-se pelo uso do Data Logger Shield para Arduino, que consiste em um componente muito prático para ser utilizado em projetos envolvendo Arduino. Escolheu-se esse componente por tornar o conjunto de medição mais compacto e ser de fácil manuseio. Com o seu uso, é possível gravar os dados do transdutor de pressão em um cartão SD sem a necessidade de montagem de um circuito adicional. Basicamente, esse componente eletrônico apresenta um chip RTC (Relógio de Tempo Real) DS1307, um slot para cartão SD, um botão reset, um suporte para bateria CR1220 3V e uma área para soldagem e montagem de projetos eletrônicos. A bateria CR1220 3V mantém o funcionamento do RTC em caso de interrupção na alimentação do circuito, preservando as configurações de data e horário ajustados inicialmente pela conexão ao computador. O uso do RTC permite que sejam gravados as datas e horários exatos de cada registro de pressão. A Figura 4.5 ilustra o Data Logger Shield que foi utilizado.

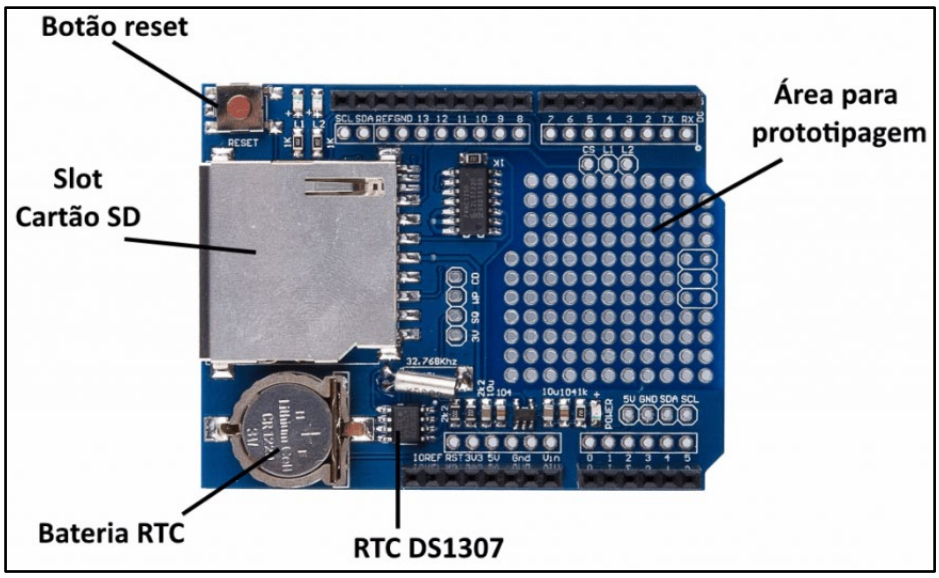


Figura 4.5 - Data Logger Shield para Arduino utilizado (Site Arduino e Cia, 2022)

Para a concepção da instrumentação, foi adquirida uma placa que é cópia do Arduino UNO R3, por apresentar custo mais acessível no mercado brasileiro. Tem-se que, como o Arduino apresenta seu software e hardware open-source, como apresentado no item 3.4.3 deste trabalho, optou-se pelo uso de placa vendida por terceiro. A Figura 4.6 ilustra a réplica da placa de Arduino UNO R3 utilizada.

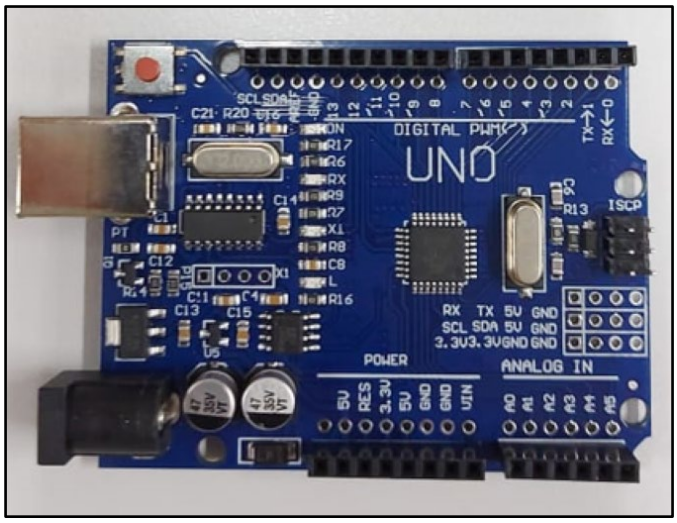


Figura 4.6 - Réplica de Arduino UNO R3 utilizada

O transdutor de pressão utilizado consiste no modelo G1/4 da marca chinesa Seeed Studio. O transdutor apresenta as pressões de serviço de 0 a 1.2Mpa, ou seja, de 0 a 122,37 mca, podendo suportar uma pressão máxima de 244,74 mca. Sua tensão de funcionamento (em Volts, V), é de 0,5V a 4,5V, sua temperatura de funcionamento varia de -20 °C a 105 °C, seu tempo de resposta é menor que 2 ms e sua precisão é de ±1,5%. A priori neste trabalho, foi pensado em utilizar dois conjuntos transdutor de pressão mais Arduino em pontos de utilização distintos. Por motivos a serem dispostos no item 5.3 deste trabalho, optou-se por utilizar apenas um dos conjuntos.

O Arduino UNO R3 apresenta conforme já apresentado no item 3.4.3 deste trabalho, 6 entradas analógicas (A0 a A5). O Arduino apresenta um conversor analógico-digital e, em cada uma dessas entradas, fornece 10 bits de resolução, ou seja, 1024 unidades. Dessa forma, o arduino irá mapear tensões entre 0 e sua tensão operacional de 5V para valores inteiros entre 0 e 1023. Assim, o Arduino irá converter os valores analógicos obtidos do transdutor de pressão em valores digitais equivalentes.

Para ser possível que o Arduino interprete corretamente as medidas feitas por um transdutor, foi necessário desenvolver um código de programação. Para isso, foi preciso escrever esse código no Arduino Software (IDE) e, em seguida, conectar a placa de Arduino ao computador e fazer o upload ao Arduino da programação desenvolvida. O código desenvolvido permitiu a leitura e registro das pressões em intervalos de 1 minuto, de forma que todo dado de pressão registrado também marcasse a data, hora, minuto e segundo de tal registro.

Para a passagem dos dados do Arduino Software (IDE) para a placa do Arduino UNO R3, foi estabelecida uma conexão através de um cabo com uma das pontas sendo USB tipo B, que se ligará ao Arduino, e a outra ponta com USB do tipo A, que se ligará ao computador. É através dessa porta USB tipo B do Arduino que ocorre o envio dos códigos para o seu microprocessador.

Para a ligação do transdutor de pressão ao módulo Arduino mais Data Logger Shield, bastou-se conectar, no Data Logger Shield, o fio de retorno (fio preto) na entrada GND, o fio amarelo na porta analógica A1, responsável por receber os pulsos produzidos pelo sensor, e o fio vermelho na porta de saída de 5V, que consiste em uma saída de tensão para alimentar a fonte de alimentação do transdutor de pressão. A Figura 4.7 ilustra esse esquema de ligação.

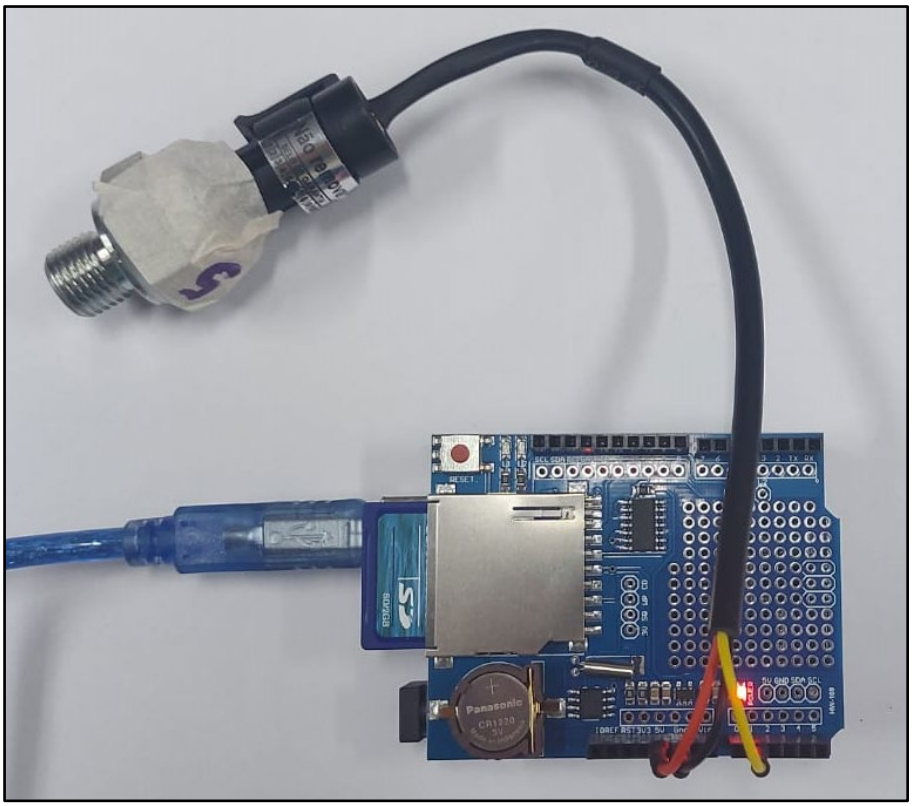


Figura 4.7 - Esquema de Ligação do Transdutor de Pressão ao Módulo Data Logger Shield mais Arduino

O código utilizado na programação do Arduino já permitiu que os dados fossem gravados em tempo real no cartão SD em um arquivo em formato .xlsx, tornando de grande acessibilidade o manuseio desses dados e permitindo que eles fossem analisados utilizando a ferramenta Excel. Com o cartão SD em mãos, foi apenas necessário conectá-lo a um notebook para coleta dos dados. O código desenvolvido está apresentado em Apêndice A deste trabalho.

Apresentado o sistema de medição das pressões proposto, tornou-se necessário avaliar a confiabilidade dos dois transdutores de pressão adquiridos, de forma a verificar se suas medições estão pertinentes em diferentes faixas de pressão aplicadas. Para isso, foram feitos dois diferentes tipos de teste de pressões, pois em cada um deles foram utilizados esquemas de montagem hidráulica que conseguissem trabalhar em determinadas faixas de pressão.

Dessa forma, o primeiro teste de pressões avaliou as medições em maiores pressões, com pressões que variavam de cerca de 36 mca a cerca de 70 mca. Nesse primeiro teste (Teste de Pressões 01) não foram atingidas pressões superiores a cerca de 70 mca para não causar danos na integridade do sistema hidráulico. Foi utilizada uma válvula esfera para efeito de contrapressão no sistema, de forma que o seu fechamento gradual tornava as pressões do sistema maiores. As pressões mínimas de cerca de 36 mca foram aquelas encontradas no sistema com ele operando com a válvula esfera de controle de contrapressão estando totalmente aberta. O segundo teste de pressões (Teste de Pressões 02) foi realizado para avaliar menores

pressões, que variavam de 0 mca a cerca de 30 mca. Poderiam ser medidas pressões maiores, até cerca de 55 mca, que é o limite da bomba utilizada, mas não haveria necessidade, visto que pressões acima de 30 mca já foram medidas no primeiro teste de pressões. Nesse segundo teste, o controle das pressões foi feito através da abertura e fechamento parcial da válvula de gaveta localizada na saída da motobomba, bem como abertura e fechamento parcial da válvula de gaveta localizada na ponta da mangueira trançada ao final do sistema que retorna a água bombeada para o tanque de reservação.

Nesses testes, para ser possível verificar a confiabilidade dos dados dos transdutores, utilizou-se um manômetro digital registrador modelo Z.10.B da marca Zürich, que apresenta faixa de atuação de 0 a 100 mca. Dessa forma, nos testes de pressões esse manômetro foi instalado ao lado do transdutor de pressão, para que pudessem aferir pressões semelhantes, conforme ilustrado na Figura 4.8 e Figura 4.9, para cada teste de pressões.



Figura 4.8 - Esquema de Ligação de Manômetro Digital e Transdutor de Pressão - Teste de Pressões 01

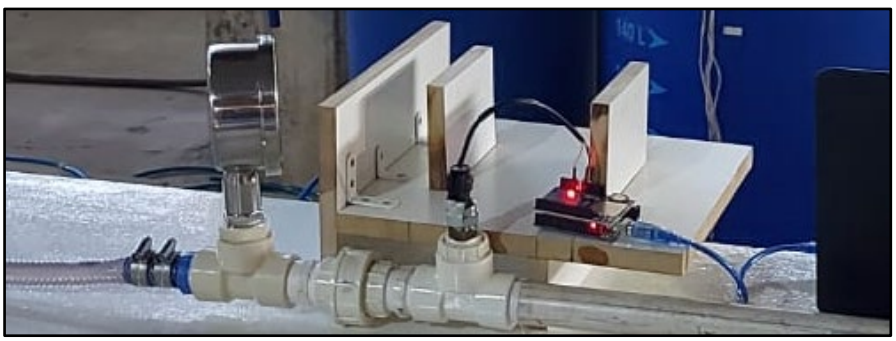


Figura 4.9 - Esquema de Ligação de Manômetro Digital e Transdutor de Pressão - Teste de Pressões 02

Nesses testes realizados, a fonte de alimentação dos módulos Data Logger Shield mais Arduino era através do cabo que se ligava a um notebook, com uma das pontas sendo USB tipo B, que se liga ao módulo, e a outra ponta com USB do tipo A, que se liga ao computador. É através

desse cabo que se conseguia alimentar o módulo, bem como obter as informações de pressão medidas pelo transdutor de pressão que estava submetido aos testes.

Nos testes de pressões, para a leitura das medições de pressão do transdutor de pressão, o código de programação implantado ao Arduino foi feito de forma apenas a apresentar os valores na tela do notebook, não fazendo nenhum registro de dados no *data logger*. O código apresentado em Apêndice A deste trabalho de Projeto Final consiste no código utilizado para registro ao longo do tempo dos dados digitais gerados pelo Arduino em um cartão SD. Entretanto, foram deixados comentários no código para que sua adaptação pudesse ser feita com facilidade no momento de serem feitas as leituras das pressões em um monitor durante os testes de pressões.

Essa adaptação do código que deve ser feita pois o intuito dos testes de pressões era apenas comparar os dados medidos pelo manômetro digital em relação aos dados medidos pelo transdutor. Os valores apresentados foram lidos e registrados manualmente. Esses registros estão expostos e analisados no item 5.2 deste trabalho. A partir desses dados, foi possível traçar regressões lineares para cada um dos dois transdutores de pressão submetidos aos testes. As equações dessas regressões estão apresentadas no item 5.2, indicadas na Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5 e Figura 5.6. Para o transdutor de pressão utilizado em um ponto de utilização da FT, a ser apresentado no item 5.3, a equação obtida pela sua respectiva regressão linear (indicada na Figura 5.4 do item 5.3) foi utilizada para a obtenção das pressões em mca a partir das unidades digitais lidas pelo Arduino. A Figura 4.10 e Figura 4.11 ilustram o Teste de Pressões 01 realizado, já a Figura 4.12, Figura 4.13 e Figura 4.14 ilustram o Teste de Pressões 02.

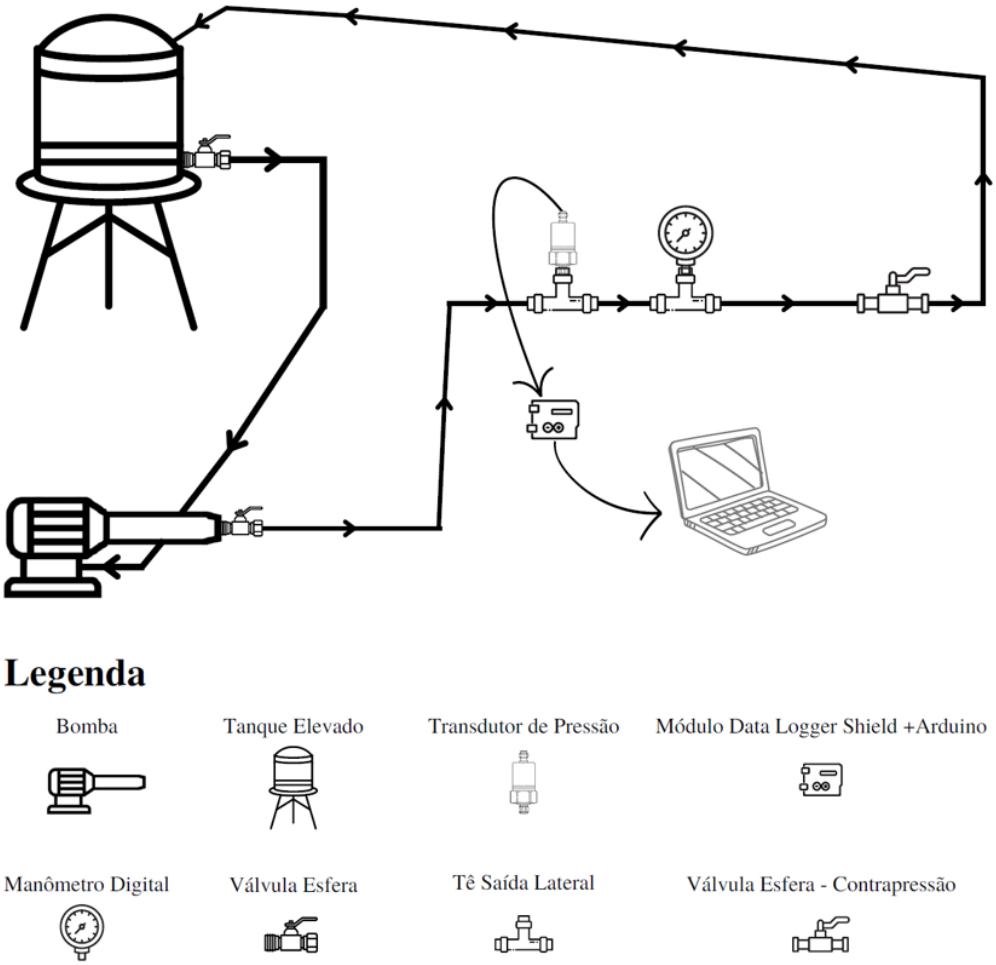


Figura 4.10 - Desenho do Esquema do Teste de Pressões 01



Figura 4.11 – a e b) Esquema do Teste de Pressões 01 em Montagem; c) Esquema do Teste de Pressões 01 em Funcionamento

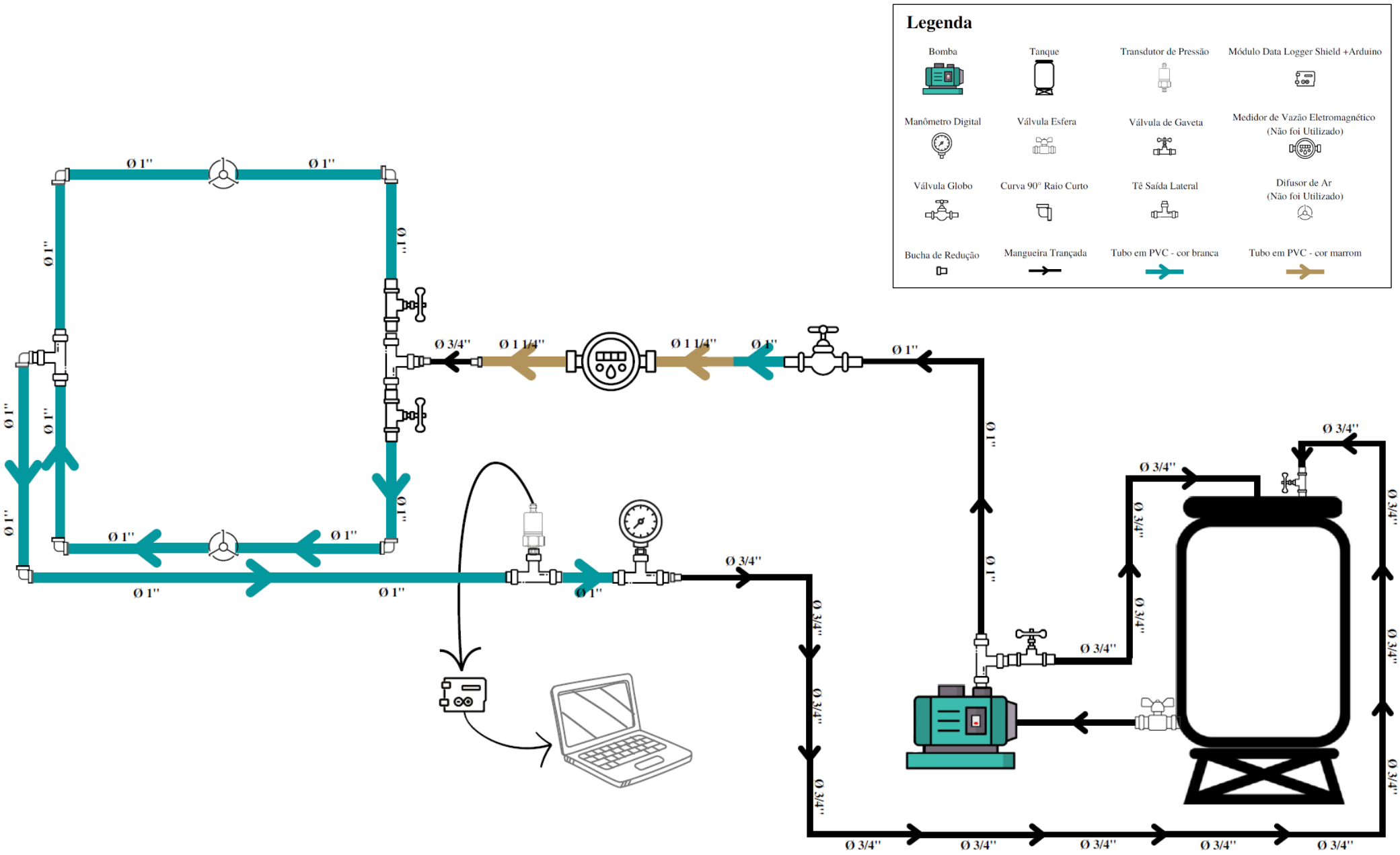


Figura 4.12 – Desenho do Esquema do Teste de Pressões 02



Figura 4.13 - Teste de Pressões 02 – Esquema Geral



Figura 4.14 - Teste de Pressões 02 – Esquemas Parciais

Para o Teste de Pressões 01, utilizou-se a bomba centrífuga e multiestágio modelo 5H4A16-M da marca Jacuzzi, em construção monobloco, com motor elétrico. Consiste em uma bomba monofásica bivolt, com frequência de 60 Hz, potência de ½ cv, e vazões que variam entre 620 a 2020 litros/h, com alturas manométricas de 20 a 80 mca. A Figura 4.15 ilustra a bomba utilizada.



Figura 4.15 - Bomba utilizada no Teste de Pressões 1

Para o Teste de Pressões 02, utilizou-se a motobomba da marca Eletroplas, modelo ICS-100AB. Essa bomba é monofásica e bivolt, apresenta frequência de 60 Hz, possui 1 cv de potência, possui altura manométrica máxima de 55 mca e opera a uma vazão máxima de 3 m³/h. Essa bomba que apresenta o diâmetro de sucção de 1 polegada e o diâmetro de recalque também de 1 polegada. A Figura 4.16 ilustra a bomba utilizada.



Figura 4.16 - Bomba utilizada no Teste de Pressões 2

4.4.2 ESCOLHA DE PONTO ESTRATÉGICO PARA MEDIÇÃO DAS PRESSÕES, INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO E O LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE PRESSÃO MEDIDOS

A priori, buscou-se escolher, para a medição das pressões, dois pontos de utilização que representassem as pressões máximas e mínimas nas instalações hidráulicas da FT. Por motivos a serem dispostos no item 5.3, apenas um dos pontos escolhidos foi de fato utilizado.

Para verificação dos pontos que representassem as pressões máximas e mínimas, foram feitas medições em campo e um estudo das plantas das instalações de água fria da Faculdade de Tecnologia. A Figura 4.17 apresenta uma planta de situação das instalações de água fria da Faculdade de Tecnologia, obtida de um projeto de 1974, na qual apresenta uma rede de água potável (linha preta contínua) e uma rede de incêndio (linha preta tracejada).



Figura 4.17 - Planta de situação da rede geral de água da Faculdade de Tecnologia

A Figura 4.18 e Figura 4.19 apresenta alguns dos pontos de utilização de água da edificação nos quais foram feitas medidas de pressão por meio de um manômetro digital modelo Z.10.B da marca Zürich, para verificação de quais locais apresentavam as maiores pressões e menores pressões. Tais pontos de utilização foram identificados por circunferências e setas com cores idênticas.

Entretanto, um dos pontos de utilização não pode ser medido, pelo fato do banheiro estar em reforma. Consiste no banheiro próximo ao auditório da Engenharia Elétrica e próximo ao Laboratório de Tecnologias da Tomada de Decisão – LATITUDE/UnB. Esse banheiro está identificado pela circunferência e seta em vermelho da Figura 4.19. Um ponto de utilização no interior desse banheiro poderia ser um local com as maiores pressões do edifício, por apresentar uma das menores alturas geométricas presentes nas instalações de água fria da FT e ao mesmo

tempo as tubulações desse banheiro estarem mais próximas do cavalete de entrada do edifício comparativamente a outras tubulações em pontos baixos da edificação. Em comparação a esse banheiro, tem-se o banheiro do corredor da Engenharia Elétrica, próximo ao Departamento de Engenharia Elétrica, que se encontra em uma altura geométrica muito semelhante mas que se encontra mais distante da entrada do abastecimento de água da edificação, ou seja, sofreria com maiores perdas de carga.

Ressalta-se que alguns dos ramais de água fria da edificação foram identificados na Figura 4.18 e Figura 4.19 por colorações azul claro. Esses ramais foram identificados presencialmente na FT mas não se mostravam presentes nas pranchas da Faculdade de Tecnologia feitas na década de 1970, conforme pode ser notado na Figura 4.17, Figura 4.18 e Figura 4.19.

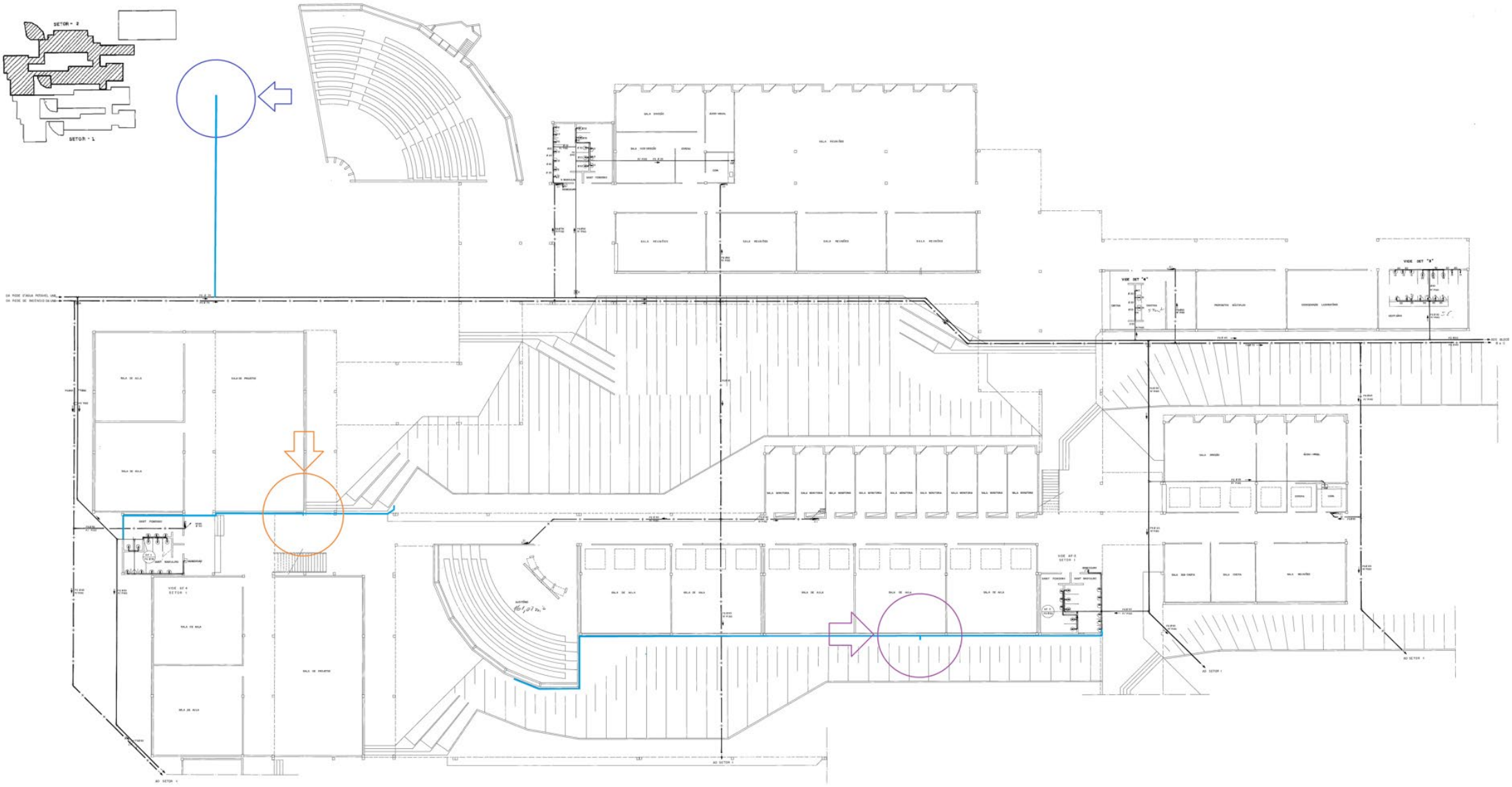


Figura 4.18 - Pontos de Utilização de água verificados – Setor 2 da FT

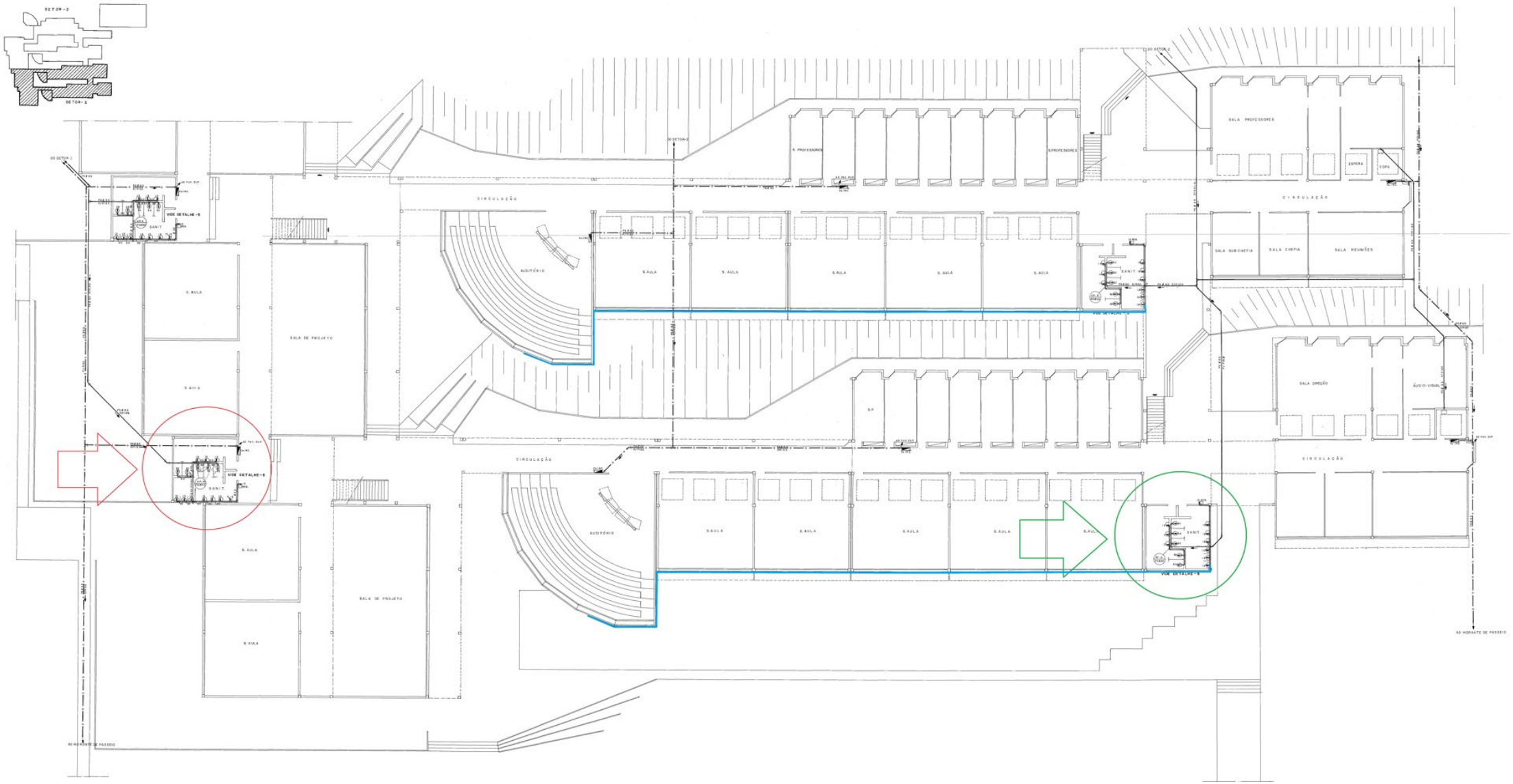


Figura 4.19 - Pontos de Utilização de água verificados – Setor 1 da FT

Um dos pontos medidos não se encontra apresentado pela Figura 4.17, Figura 4.18 e Figura 4.19. Isso ocorre pois seu ramal de alimentação não se encontra previsto nas pranchas das instalações hidráulicas do edifício feitas na década de 1970. Esse ponto medido está localizado no Laboratório de Hidráulica e Estruturas da FT, especificamente consiste no último ponto de utilização de água do laboratório. Esperava-se, antes das medições realizadas, que ele seria um dos pontos com as pressões mais baixas do sistema. Isso se deve pois ele encontra em altura geométrica próxima à do cavalete de entrada da edificação e, por ser um ponto mais ao fim do caminhamento da instalação de água fria do edifício, passaria por maiores perdas de carga. Sua posição está apresentada pela Figura 4.20.

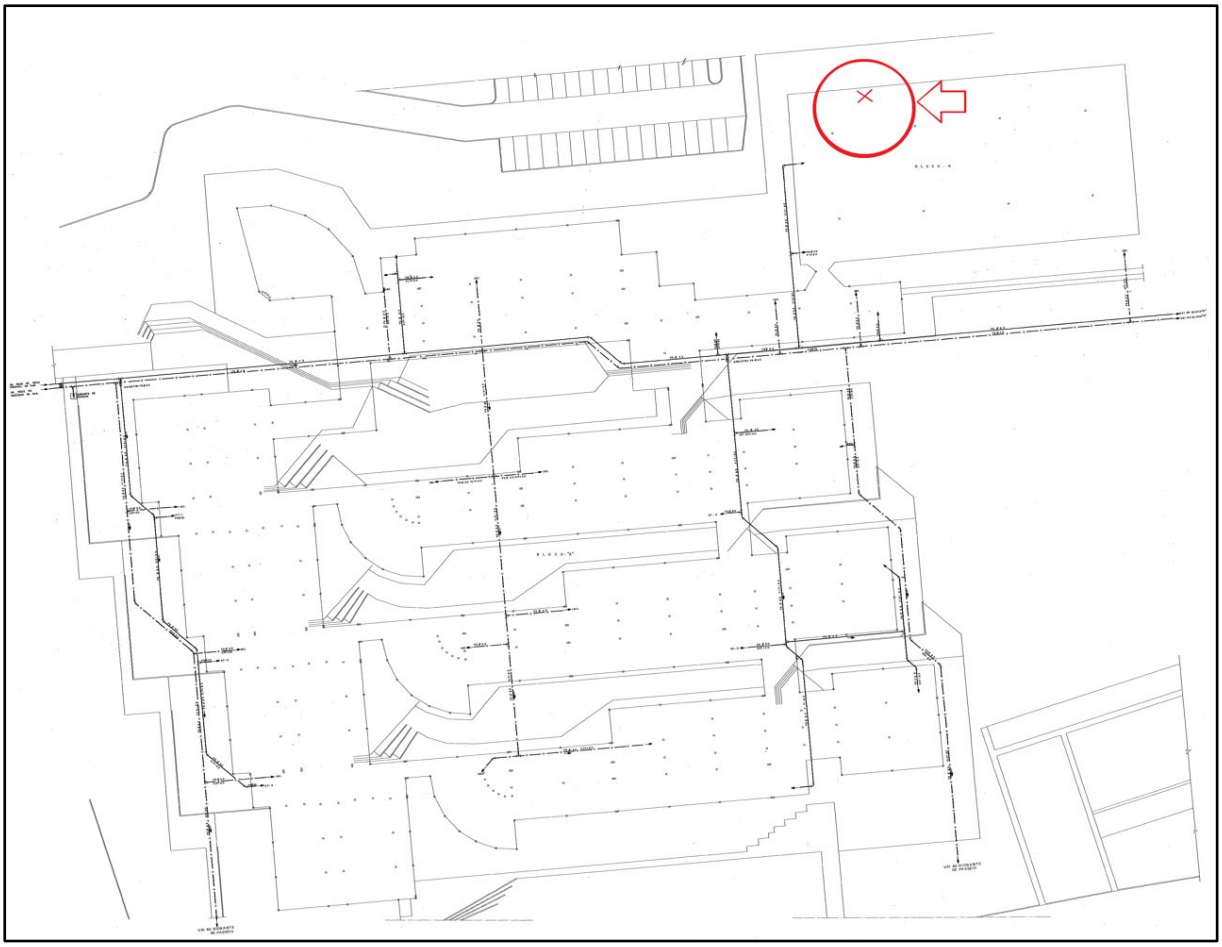


Figura 4.20 - Local de Ponto de Medição de Pressão no Laboratório de Hidráulica e Estruturas – FT

As medições feitas nos locais indicados pela Figura 4.18, Figura 4.19 e Figura 4.20 estão melhor ilustradas na Figura 4.21 e Figura 4.22.

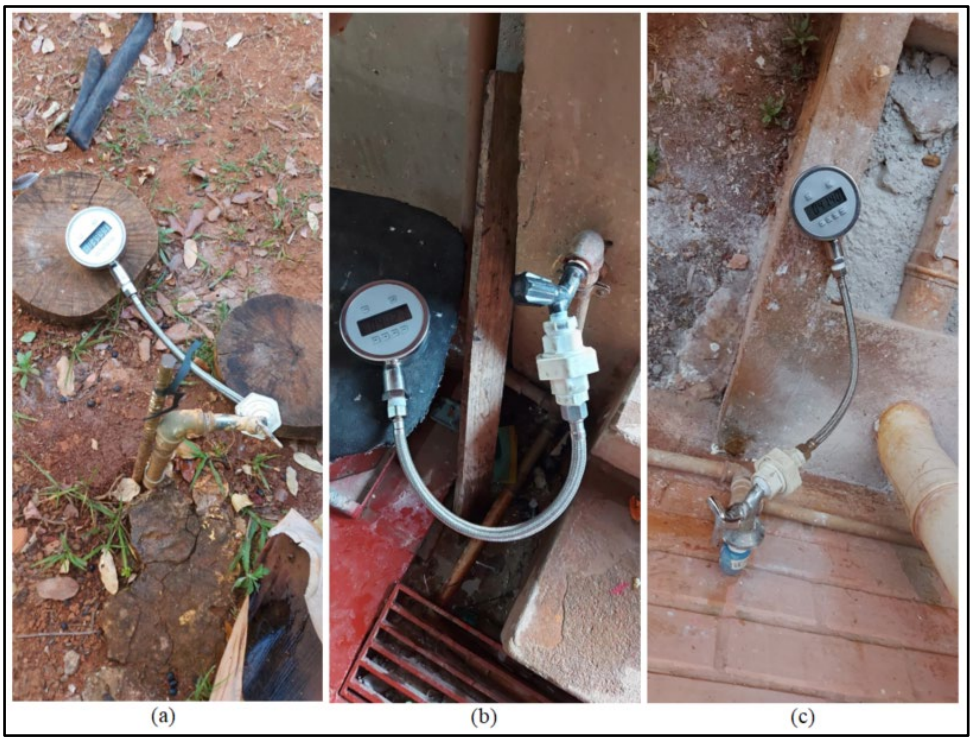


Figura 4.21 - Pontos de verificação de pressões: a) Torneira próxima ao Estacionamento Principal da FT – indicação em azul escuro da Figura 4.18; b) Torneira localizada próxima ao Grupo de Automação e Controle (GRACO) – indicação em laranja da Figura 4.18; c) Torneira no jardim da Engenharia Mecânica – indicação em roxo da Figura 4.18



Figura 4.22 - Pontos de verificação de pressões: d) Torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas – indicação em vermelho da Figura 4.20; e) Torneira do banheiro do corredor da Engenharia Elétrica – indicação em verde da Figura 4.19

Estão apresentados no item 5.3 deste trabalho os resultados das medições feitas. Pode-se notar nesse item que, dentre os locais medidos, um dos pontos com menores pressões seria o Laboratório de Hidráulica e Estruturas, e o com as maiores pressões seria no banheiro do corredor da Engenharia Elétrica, próximo ao Departamento de Engenharia Elétrica.

Após a escolha do local a ser submetido às medições de pressão ao longo do tempo, que consistiu em uma torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas, foi feita a instalação do sistema medidor proposto, conforme apresentado na Figura 4.23. Nota-se nessa imagem que se utilizou um tubo flexível em aço inox de 1/2" para ligação da torneira ao transdutor, que possui uma conexão de 1/4". Para a alimentação de energia do Arduino, utilizou-se uma fonte externa de 12 V conectada em tomada.



Figura 4.23 - Sistema de medição de pressões montado no Laboratório de Hidráulica e Estruturas da Faculdade de Tecnologia

A instrumentação concebida foi instalada e as medições de pressão da água feitas do dia 19/08/2022 ao dia 23/09/2022, transcorrendo 36 dias de medição. As leituras somente foram interrompidas nos momentos de retirada da aparelhagem para passagem dos dados registrados no cartão SD para o computador ou em situações de quedas esporádicas de energia no edifício.

Do dia 19/08/2022 ao dia 12/09/2022 foram programados registros de pressão pelo conjunto transdutor de pressão mais *data logger* e Arduino a cada 5 minutos. Já no dia 13/09/2022, alterou-se o código de leitura do Arduino, para que os registros fossem feitos a cada 1 minuto, e não mais a cada 5 minutos. Dessa forma, com essa mudança no código, buscou-se perceber melhor as variações de pressão em intervalos de tempo menores.

4.4.3 OBTENÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE CONSUMO DE ÁGUA

Como já foi disposto, o consumo hídrico da Faculdade de Tecnologia é registrado pelo hidrômetro localizado no cavalete de entrada da edificação, conforme apresentado pela Figura 4.3. Ele consiste em um hidrômetro ultrassônico de tempo de trânsito, modelo Hydrus 1.3 da marca alemã Diehl, cujo funcionamento se assemelha ao que foi apresentado no item 3.4.1 deste trabalho sobre hidrômetros ultrassônicos de tempo de trânsito. Dentre os dados que podem ser obtidos desse medidor, pode-se destacar a vazão instantânea que passa por ele em m³/h, o volume total acumulado de água em m³ e o tempo de vida de bateria restante.

O hidrômetro Hydrus 1.3 que se encontra no cavalete de entrada da FT apresenta diâmetro de 20 mm (3/4") e, segundo especificações do fabricante, suas grandezas características são: Vazão nominal de 4 m³/h, Vazão de sobrecarga de 5 m³/h, Vazão de transição de 25,6 L/h e Vazão mínima de 16 L/h.

Observando tais especificações, nota-se que a Vazão de sobrecarga do hidrômetro é apenas 25% superior à sua Vazão nominal, mas não igual ao seu dobro, como sugerido por Tsutiya (2006) e apresentado no item 3.4.1 deste trabalho.

A partir de julho de 2022, foi instalado pela CAESB um equipamento de telemedição da marca Infometter. Dessa forma, esse aparelho permite receber e transmitir os dados gerados pelo medidor ultrassônico, repassando-os para um sistema de controle. Por meio desses dados, a companhia de saneamento pode fazer um melhor gerenciamento do abastecimento de água. Neste trabalho, buscou-se obter com a CAESB tais dados que poderiam ter sido registrados pelo sistema de telemedição instalado. Infelizmente, foi reportado pela companhia que o aparelho de telemedição não estava transmitindo os dados e que uma equipe para verificar o aparelho seria acionada.

Também foi relatado pela CAESB que o sistema de telemetria instalado, se estivesse em pleno funcionamento, estaria registrando os volumes de água consumidos de hora em hora. Tais dados seriam de grande relevância para o presente trabalho, mas impossibilitariam analisar a demanda de água em intervalos de tempo mais curtos nos quais houvessem picos de consumo. O hidrômetro ultrassônico e o aparelho de telemedição estão apresentados na Figura 4.24, indicados por uma seta em vermelho e em amarelo, respectivamente.

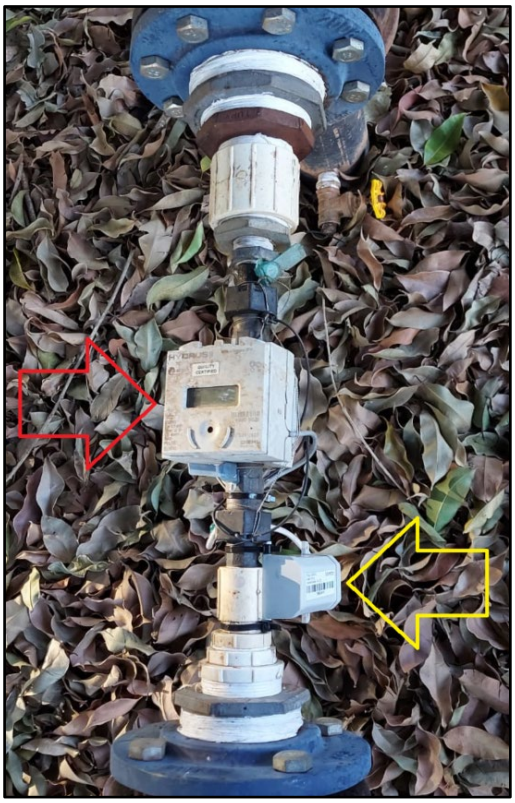


Figura 4.24 - Hidrômetro Ultrassônico e Aparelho de Telemedição em cavalete de entrada da Faculdade de Tecnologia

Em vista da impossibilidade de obter os dados de consumo de água da Faculdade de Tecnologia pelo sistema de telemedição instalado pela companhia de saneamento, optou-se por realizar leituras presenciais através do registro ao longo do tempo dos valores de volume total acumulado de água em m³ apresentados pelo visor do hidrômetro.

O medidor em questão apresenta o volume total acumulado de água em m³ em tempo real e em precisão de até 3 casas decimais. Dessa forma, em leituras realizadas a cada minuto, foi possível observar quantos litros passam pelo equipamento nesse curto intervalo de tempo.

Devido à impossibilidade de estar presencialmente a todo instante lendo e registrando os valores de volume de água apresentados pelo hidrômetro, traçou-se uma estratégia para avaliação dos consumos de água existentes. Foram realizadas leituras e registros dos consumos indicados pelo hidrômetro nos dias 13/09/2022 a 18/09/2022.

Nessa semana em questão, foi constatado que na quarta-feira, dia 14/09/2022, foi o dia com a maior temperatura no Distrito Federal até então no ano de 2022. De acordo com o site de notícias Metrópoles (2022), foi registrado uma temperatura máxima de 35,2 °C.

Em cada um dos dias entre 13/09/2022 a 18/09/2022, foram realizadas medições no hidrômetro em intervalos e durações de tempo diferentes. Nos dias 13/09/2022 a 16/09/2022 (terça-feira a sexta-feira), foram realizadas medições em horários próximos das 06:00 à horários próximos das 23:00, com medições feitas em minutos um pouco antes e um pouco depois de cada hora do dia. Em especial do dia 14/09/2022 para o dia 15/09/2022, foram feitas medições próximas das 00:00 do dia 15/09/2022. No sábado e domingo, dia 17/08/09 e dia 18/08/2022, as medições realizadas foram todas feitas no período matutino. A Tabela 4.1 apresenta um resumo de como foram realizadas as medições, que estão apresentadas no Apêndice E deste trabalho.

Tabela 4.1 – Períodos de Leitura no Hidrômetro da Faculdade de Tecnologia

	PERÍODO DE MEDIÇÕES	INTERVALOS DE LEITURA	DURAÇÃO DA LEITURA
TERÇA-FEIRA (13/09/2022)	06 ÀS 23	A cada hora	20 Minutos - Leituras a cada 1 minuto
QUARTA-FEIRA (14/09/2022)	06 ÀS 24	A cada hora	20 Minutos - Leituras a cada 1 minuto
QUINTA-FEIRA (15/09/2022)	ÀS 00 E DE 06 ÀS 23	A cada hora	10 minutos com leituras a cada 1 minuto, nos horários: 06:00, 07:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 e 23:00. Nos demais horários, apenas uma leitura realizada.
SEXTA-FEIRA (16/09/2022)	06 ÀS 23	A cada hora	10 minutos com leituras a cada 1 minuto, nos horários: 06:00, 07:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 e 23:00. Nos demais horários, apenas uma leitura realizada.
SÁBADO (17/09/2022)	06 ÀS 11	A cada hora	20 Minutos - Leituras a cada 1 minuto
DOMINGO (18/09/2022)	09:45 ÀS 09:55	-	10 Minutos - Leituras a cada 1 minuto

Para comparar os consumos de água medidos em relação ao número de pessoas que frequentam a edificação, foi realizado um estudo do número de alunos e professores que frequentam a FT, bem como o número de técnicos administrativos e trabalhadores terceirizados que trabalham no edifício. Todo o quantitativo levantado de pessoas que frequentam a FT por horário e dia da semana está apresentado no Apêndice F deste trabalho.

Para obtenção do número de professores e alunos, foi obtido, pelo Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), uma relação de alunos matriculados por disciplina da Faculdade de Tecnologia. A partir dessa relação, foram anotados a quantidade de alunos por turma e por horário de cada disciplina. Para cada hora do dia da semana, considerando que as aulas na FT são se segunda-feira a sexta-feira, obteve-se um quantitativo de alunos e professores.

Para obtenção do número de técnicos administrativos dos departamentos da Faculdade de Tecnologia, bem como os horários em que estão presentes no trabalho, tornou-se necessário colher esses dados presencialmente com representantes de cada departamento da FT. Por fim, para saber a quantidade trabalhadores terceirizados e seus horários de trabalho, foi feita uma consulta com um membro da Direção da FT, que disponibilizou todas as informações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DO HISTÓRICO DO CONSUMO DE ÁGUA DA FT

Como já foi apresentado no item 3.5 deste memorial, Matos e Lopes (2016) e Oliveira (2018) observaram pela análise das contas de água que a Faculdade de Tecnologia do campus Darcy Ribeiro apresentava indícios de vazamentos de água. Matos e Lopes (2016) analisaram as contas de água nos anos de 2014 a 2016 e Oliveira (2018) analisou dos anos de 2010 a 2017. Propõe-se neste trabalho fazer uma análise mais detalhada dos consumos de água dessa edificação dos anos de 2017 a 2022.

Conforme apresentado pelo item 4.3 deste memorial, foram obtidos os dados disponibilizados pela Prefeitura do Campus (PRC) da Universidade de Brasília, entre os anos de 2017 a 2022. Os dados adquiridos estão apresentados pela Tabela 5.1. Vale ressaltar que, para o ano de 2022, devido ao atraso do registro dos dados pela PRC, não foi possível obter os consumos dos meses de junho a agosto.

Tabela 5.1 – Valores dos Consumos em m³ obtidos das Contas de água da Faculdade de Tecnologia – 2017 a 2022

	Consumo em m³ na Faculdade de Tecnologia											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2017	435	349	623	578	646	700	707	712	880	663	623	643
2018	640	920	883	874	902	820	639	775	858	738	1024	860
2019	1786	1610	1957	1910	2579	3118	3130	1849	1841	928	825	797
2020	887	929	668	516	599	608	577	581	581	661	578	653
2021	836	828	1030	1049	938	1091	803	676	631	863	923	2128
2022	2049	1559	818	849	930	-	-	-	-	-	-	-

Letivo Presencial; Letivo Semi-Presencial; Misto; Férias; Pandemia.

Para melhor entendimento e visualização dos dados, são apresentados na Figura 5.1 diagramas de caixa (boxplots) para cada um dos anos de consumo. Além disso, a Figura 5.2 apresenta uma curva de consumo ao longo dos anos de 2017 a 2022 gerada a partir dos valores apresentados pela Tabela 5.1. Apesar de já ser possível perceber as médias e medianas dos consumos de cada ano pela Figura 5.1, apresentaram-se também esses valores na Tabela 5.2.

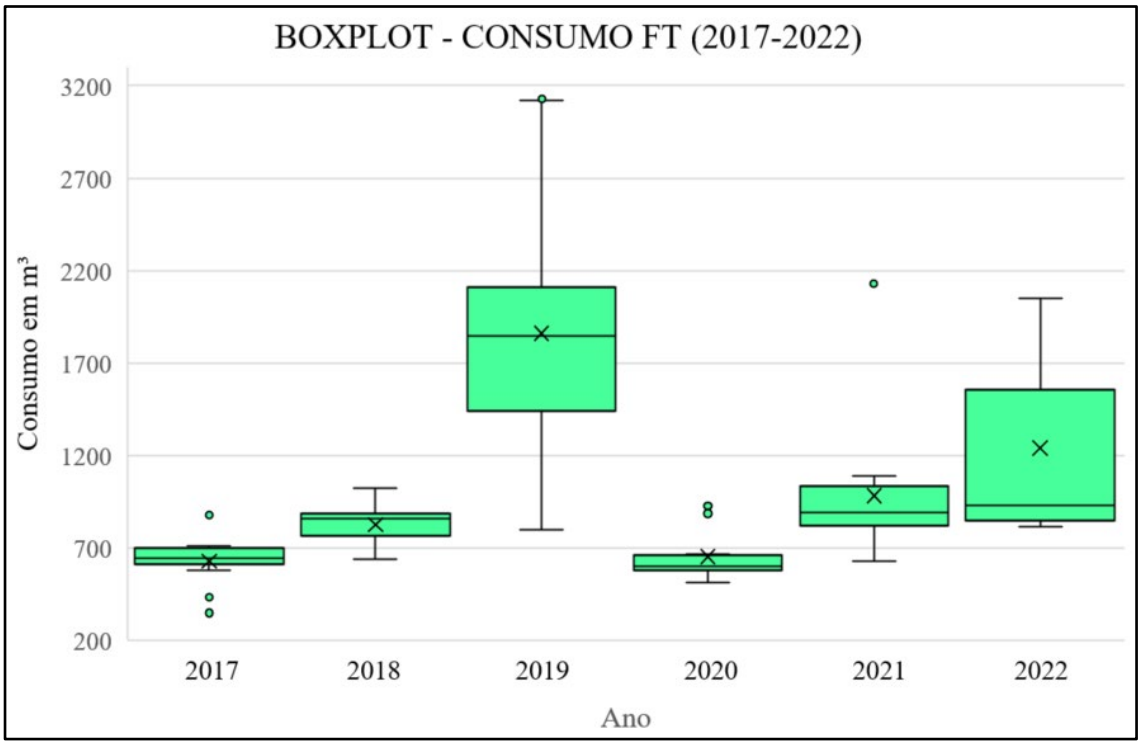


Figura 5.1 - Diagramas de Caixa - Consumos na FT de 2017 a 2022

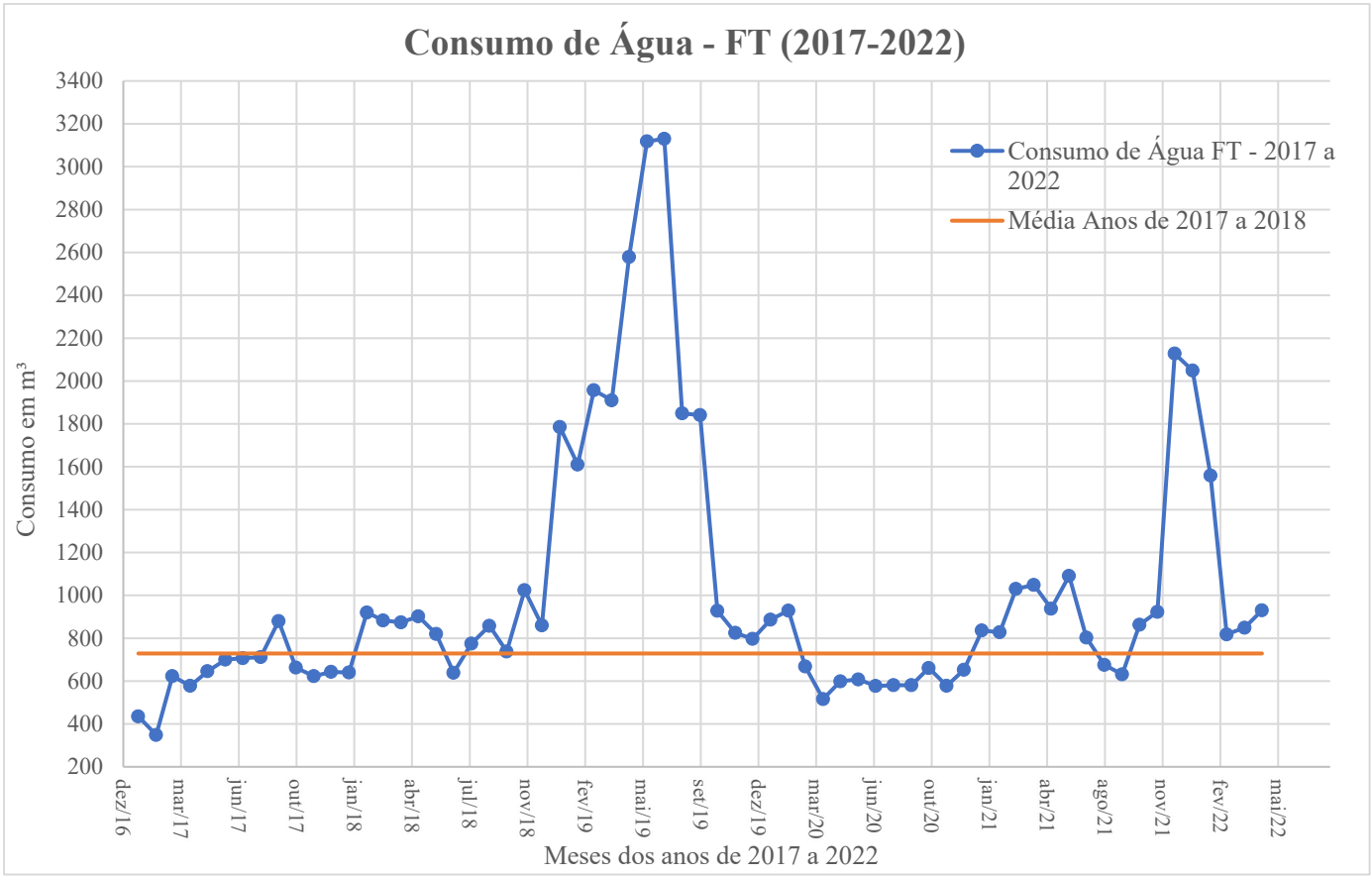


Figura 5.2 - Curvas de Consumo da FT - Contas de Água (2017-2022)

Tabela 5.2 – Média e Mediana dos consumos de água em cada ano (2017 a 2022)

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Média Consumo em m³	629.92	827.75	1860.83	653.17	983.00	1241.00
Mediana Consumo em m³	644.50	859.00	1845.00	603.50	893.00	930.00

A partir dos dados apresentados, nota-se pela Figura 5.1, através da análise dos intervalos interquartílicos, que as dispersões dos dados foram maiores nos anos de 2019 e 2022. Além disso, nesses dois anos, seus limites superiores e terceiros quartis são superiores aos demais anos, o que indicam possibilidades de altas perdas de água nesses períodos.

Como pode ser visto na Figura 5.1 e Tabela 5.2, as médias e medianas do ano de 2019 foram as maiores observadas em relação aos 5 demais anos analisados. Está visível pela Figura 5.1, Tabela 5.2 e Figura 5.2 o quanto o ano de 2019 apresentou consumos superiores aos demais anos. Traçou-se na Figura 5.2 um alinhamento que representa a média dos anos de 2017 e 2018, permitindo perceber o quanto o ano de 2019 dispersa dessa média.

Diferentemente de trabalhos passados, como o de Matos e Lopes (2016) e Rocha (2021), que retiraram da análise dos dados valores que fossem considerados discrepantes, neste trabalho foram considerados todos os valores, já que poderiam representar perdas de água. Em caso de percepção de anormalidades em datas específicas, foram consultadas Ordens de Serviço solicitadas pela Faculdade de Tecnologia, que constam solicitações de reparos, manutenções, entre outros pedidos a respeito da infraestrutura e segurança da Faculdade de Tecnologia.

Matos e Lopes (2016), por exemplo, estabeleceram uma faixa de consumo médio para cada edifício, a partir do cálculo da média dos valores de consumo ao longo dos anos e do seu desvio padrão. Assim, foi estabelecida uma faixa de consumo médio, limitada entre a média mais o desvio padrão e a média menos o desvio padrão. Os valores que fossem encontrados fora dessa faixa seriam retirados por considerarem ser valores discrepantes. Rocha (2021) também fez algo semelhante, em que ao gerar diagramas de caixa, foram retirados os *outliers* de sua análise, por também acreditar que eles representassem valores discrepantes.

Para melhor entendimento e análise dos dados neste trabalho de Projeto Final, foi feito um estudo dos calendários acadêmicos dos anos de 2017 a 2022, de forma a separar os períodos letivos, de férias e de pandemia que existiram nesse horizonte temporal. Tabelas apresentadas no Apêndice C deste trabalho apresentam as considerações feitas nos meses desses anos a respeito das atividades acadêmicas existentes na Universidade de Brasília. A Tabela 5.3 foi feita como resumo para representar esses períodos. Vale ressaltar que do mês de janeiro de 2017 a junho de 2018 houve racionamento de água no Distrito Federal. Tais meses com racionamento estão indicados, em suas descrições, com letras em coloração vermelho, conforme apresentado na Tabela 5.1 e Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Resumo dos Períodos Letivos, de Férias e de Pandemia na UnB – 2017 a 2022

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
JAN	Férias	Férias	Férias	Férias	Pandemia	Misto - Letivo Semi-Presencial
FEV	Férias	Férias	Férias	Férias	Pandemia	Letivo Semi-Presencial
MAR	Misto - Letivo Presencial	Misto - Letivo Presencial	Misto – Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	Letivo Semi-Presencial
ABR	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	Letivo Semi-Presencial
MAI	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	Misto - Letivo Semi-Presencial
JUN	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	Misto - Letivo Presencial
JUL	Misto - Letivo Presencial	Misto - Letivo Presencial	Misto - Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	Letivo Presencial
AGO	Misto - Letivo Presencial	Misto - Letivo Presencial	Misto - Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	Letivo Presencial
SET	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	Letivo Presencial
OUT	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	-
NOV	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	-
DEZ	Misto - Letivo Presencial	Misto - Letivo Presencial	Misto - Letivo Presencial	Pandemia	Pandemia	-

Letivo Presencial; Letivo Semi-Presencial; Misto; Férias; Pandemia.

Nota-se a partir da Tabela 5.3 apresentada que diversos meses são mistos, ou seja, parte dos dias desses meses estão em data de aula, e a outra parcela consistem em dias de férias. Desconsiderando tais meses mistos, foram realizadas médias dos consumos dos meses letivos e de férias de cada ano, apresentadas na Tabela 5.4. Vale ressaltar que em 2020 os meses de férias (janeiro e fevereiro) não se encontravam em período de pandemia, já os meses de férias de 2021 já estavam inseridos no período da pandemia. Além disso, nos anos de 2020 e 2021, os consumos mensais dos meses letivos foram em época na qual as atividades já aconteciam de forma remota, ou seja, no período da pandemia.

Tabela 5.4 –Consumo médio mensal nos períodos letivos e de férias na FT – 2017 a 2022

	Consumos em m³	
	Média Período Letivo	**Média Período Férias**
2017	681.67	392.00
2018	869.33	780.00
2019	1866.83	1698.00
2020	606.67 (Meses Letivos, mas com atividades remotas – Pandemia)	908.00
2021	846.17 (Meses Letivos, mas com atividades remotas – Pandemia)	1351.67 (Meses de férias na Pandemia)

	Consumos em m³	
	Média Período Letivo	**Média Período Férias**
2022	1075.33 (Meses Letivos com Atividades Semi-presenciais)	-

A partir dos períodos apresentados e os consumos de água entre os anos de 2017 a 2022 da Faculdade de Tecnologia dispostos pelas tabelas e figuras apresentadas, algumas inferências podem ser feitas.

Entre dezembro de 2018 e janeiro de 2019, notou-se um aumento extremo do consumo de água na edificação, de 860 m³ para 1786 m³, o que na realidade deveria ser esperado o contrário, pois partir do dia 08 de dezembro do ano de 2018 seria férias e o mês de janeiro de 2019 foi todo em férias. Esse referido valor de consumo em janeiro de 2019 seguiu sendo ultrapassado até setembro desse mesmo ano, chegando a ser registrado um consumo de 3130 m³ no mês de julho desse ano. Esse valor que chega a ser mais de quatro vezes maior que a média do consumo mensal entre 2017 e 2018, o que são fortes de indícios de perdas expressivas de água. Como pode ser observado na Tabela 5.4, nota-se a anormalidade dos consumos tanto no período letivo como nas férias para o ano de 2019, com valores muito elevados.

Acredita-se que somente em setembro ou outubro desse ano de 2019 foi feita alguma manutenção das instalações hidráulicas para redução dessas elevadas perdas de água observadas. Portanto, é visível que foram passados aproximadamente 9 meses em 2019 com o consumo acima do dobro das médias do consumo de 2017 e 2018 e apenas em setembro ou outubro uma providência foi tomada, muito provavelmente pois os vazamentos ficaram visíveis. Esse reparo foi averiguado se de fato foi realizado, e notou-se nas Ordens de Serviço analisadas um reparo feito a partir de uma ordem de serviço do dia 23/09/2019, que afirmava "EMERGÊNCIA-SOLICITAMOS COM URGÊNCIA A TROCA DE UM CANO DE 3 POLEGADAS QUE ESTÁ ESTOURADO". O que muito provavelmente pode ter ocorrido foi que os vazamentos dessa tubulação rompida se intensificaram ou se iniciaram a partir de janeiro de 2019, entretanto as fugas de água só se tornaram visíveis em setembro, quando o reparo foi feito. Isso mostra que se houvesse um acompanhamento mais detalhado das contas de água dessa edificação, poderiam ter sido reduzidas tais perdas de água com maior antecedência, por meio da busca dos possíveis vazamentos logo após a detecção de indícios das suas ocorrências pela análise das contas de água.

Estima-se que, só de janeiro a setembro de 2019, se comparado com os anos de 2017 e 2018, mais de 11000 m³ de água foram perdidos devido aos vazamentos nas instalações hidráulicas da FT. Isso significa que, considerando uma média do valor do metro cúbico da água nos 9 primeiros meses em 2019 de R$ 25,77 (conforme tarifa da CAESB aplicada), um custo só de perdas de água na FT para os cofres públicos seria de mais de R$283.000,00.

Nota-se que em 2018, apesar de entre os meses de janeiro e junho tenha havido o racionamento de água no DF, seus valores de consumo registraram uma média de 839,83 m³, cerca de 209,92 m³ a mais que a média dos consumos de todo o ano de 2017, que foi de 629,92 m³. Essa diferença é um indício que já estivessem ocorrendo maiores perdas no ano de 2018.

Como pode ser notado pela Tabela 5.3, os anos de 2020 e 2021 foram majoritariamente anos de pandemia pela COVID-19. Segundo o Serviço de Informação ao Cidadão (SIC) da UnB, o

Ato de Reitoria 392/2020 de 12/03/2020 declarou a suspensão das atividades administrativas presenciais. Apenas em 7/12/2021 foi iniciado o retorno presencial de servidores, de acordo com as possibilidades de cada um. Em 6/6/2022 apenas que o Ministério da Economia publicou a IN nº 36 determinando o retorno presencial de todos os servidores federais. Em janeiro de 2022, foi iniciado o retorno parcial de aulas presenciais na UnB, de acordo com a opção de cada professor.

Portanto, a partir de parte do mês de março de 2020 a parte de dezembro de 2021, predominaram atividades remotas. Em uma média dos valores de consumo de água na FT no período de abril de 2020 a novembro de 2021, que foram períodos integralmente inclusos em atividades remotas pela pandemia, obteve-se um consumo de água mensal de 751,10 m³. Esse valor é superior à média dos consumos de água dos 24 meses existentes de 2017 a 2018, cuja média é de 728,83 m³. Considerando que nos anos de 2017 e 2018 as atividades letivas da FT eram presenciais, o consumo observado no período de pandemia indica elevadas perdas de água existentes no edifício, em tempos que na verdade o que se esperava eram consumos mínimos de água.

Como pode ser observado na Tabela 5.4, a média dos consumos mensais letivos nos anos de pandemia de 2020 e 2021 apresentaram elevados valores que não eram esperados. Como por exemplo a média do consumo mensal no período letivo de 2021 superar o de 2017 (ano com atividades presenciais), algo que não era esperado. Ademais, nas férias dos anos de 2020 e 2021 é perceptível consumos bem superiores aos dos anos de 2017 e 2018. Tais evidências apresentam grandes indícios de perdas de água existentes.

Ademais, também pode ser notado que entre os meses de novembro e dezembro de 2021 houve um salto muito elevado no consumo de água da FT, de 1205 m³. Apenas em março de 2022 esse consumo voltou a ser menor, o que se acredita ter sido feito algum reparo nesse mês em alguma tubulação que tenha sido rompida e gerado vazamentos de elevadas proporções. Pela análise das Ordens de Serviço não se pôde concluir como foi o reparo feito nesse vazamento.

A partir das observações realizadas das contas de água da FT neste item 5.1 pode-se inferir que houveram expressivas perdas de água no edifício no período analisado. Neste ano de 2022, levando em consideração que os meses dispostos (janeiro a maio) são de um semestre letivo semi-presencial, tem-se consumos de água superiores àqueles observados no ano de 2017 (semestres presenciais), o que sugere que há contínuas perdas de água nas instalações do edifício atualmente. Para se poder quantificar os volumes atuais de perdas de água, foram feitas análises mais precisas a partir de leituras no hidrômetro ultrassônico localizado no cavalete de entrada do abastecimento de água da edificação. Tais análises estão dispostas no item 5.4 deste trabalho.

5.2 RESULTADOS DOS TESTES PRELIMINARES E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DA INSTRUMENTAÇÃO PROPOSTA PARA MEDIÇÃO DAS PRESSÕES

O item 4.4 deste trabalho apresentou os testes de pressão a serem feitos para verificar a confiabilidade das medidas realizadas pelos transdutores de pressão adquiridos e suas conexões com os módulos Data Logger Shield mais Arduino UNO R3.

Conforme apresentado nesse mesmo item 4.4, o Arduino UNO R3 apresenta um conversor analógico-digital e, em cada uma das suas entradas analógicas, fornece 10 bits de resolução, ou seja, 1024 unidades. Dessa forma, o arduino irá converter cada tensão operacional recebida da

entrada analógica em valores inteiros entre 0 e 1023. Em outras palavras, o arduino irá converter os valores analógicos obtidos do transdutor de pressão em valores digitais equivalentes.

A Tabela 5.5 e Tabela 5.6 apresentam os valores obtidos do Teste de Pressões 01 e do Teste de Pressões 02. Estarão dispostos em cada um dos testes, a pressão em mca lida pelo manômetro digital Zürich, e a respectiva tensão operacional (0 a 5V) e unidades digitais lidas pelo Arduino. Os valores apresentados em coloração verde foram obtidos do Teste de Pressões 02, já os valores apresentados em coloração azul forma adquiridos do Teste de Pressões 01.

Um fato importante a destacar é que no Teste de Pressões 02, no instante em que o sistema estava sem o bombeamento de água e a tubulação que ligava ao manômetro digital e ao transdutor estava vazia, a pressão indicada pelo manômetro digital era de -0,2 mca, o que pode indicar um pequeno erro de aferição do equipamento.

Os testes de pressão realizados foram feitos para dois transdutores de pressão adquiridos, que foram numerados em laboratório com a numeração N°01 e N°05.

Tabela 5.5 – Resultados dos Testes de Pressão – Transdutor de Pressão N°01

TRANSDUTOR DE PRESSÃO N°01		
Pressão Lida pelo Manômetro Digital (mca)	**Tensão Operacional (V)**	**Unidades Digitais**
-0.2	0.47	96
5.1	0.64	131
9.9	0.79	162
15.2	0.96	197
20.1	1.12	229
25.1	1.28	262
29.9	1.44	294
36.9	1.67	341
40.1	1.77	362
44.9	1.92	393
49.9	2.08	426
54.7	2.23	457
59.7	2.39	490
64.7	2.55	523
69.5	2.71	554

Tabela 5.6 – Resultados dos Testes de Pressão – Transdutor de Pressão N°05

TRANSDUTOR DE PRESSÃO N°05		
Pressão Lida pelo Manômetro Digital (mca)	**Tensão Operacional (V)**	**Unidades Digitais**
-0.2	0.46	94
4.9	0.63	128
9.9	0.79	161
15.1	0.95	194
19.9	1.10	226
25.1	1.27	261

TRANSDUTOR DE PRESSÃO N°05		
Pressão Lida pelo Manômetro Digital (mca)	**Tensão Operacional (V)**	**Unidades Digitais**
30.0	1.43	293
36.5	1.66	339
40.1	1.76	361
44.9	1.92	393
49.9	2.08	426
54.9	2.24	458
59.8	2.39	490
64.9	2.56	524
70.3	2.72	558

A Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5 e Figura 5.6 apresentam regressões lineares realizadas através dos valores obtidos pelos testes de pressões realizados que estão dispostos na Tabela 5.5 e Tabela 5.6.

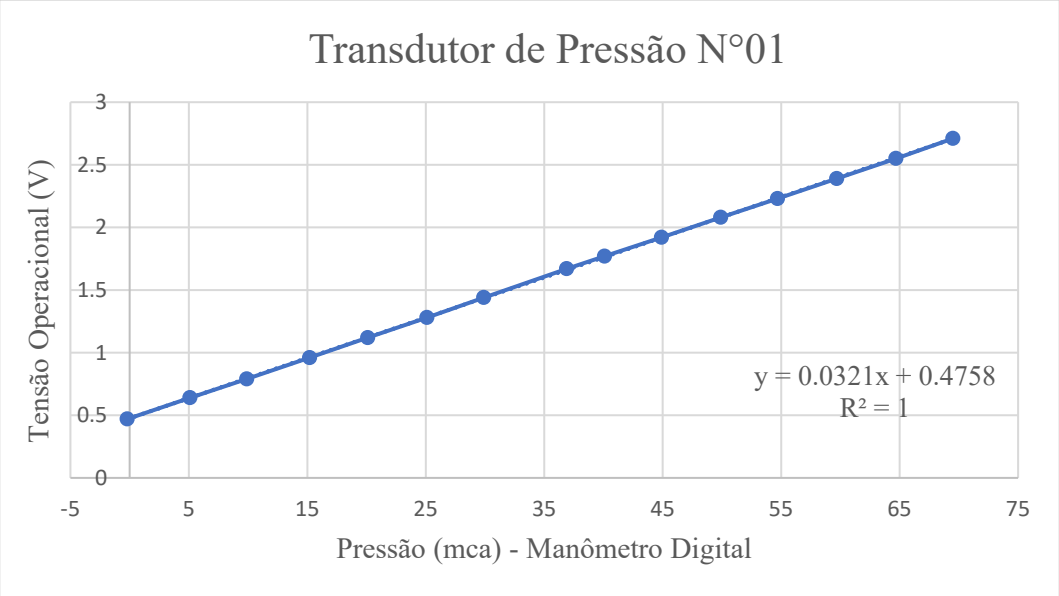


Figura 5.3 - Regressão Linear – Transdutor N°01 - Tensão Operacional (V) x Pressão (mca)

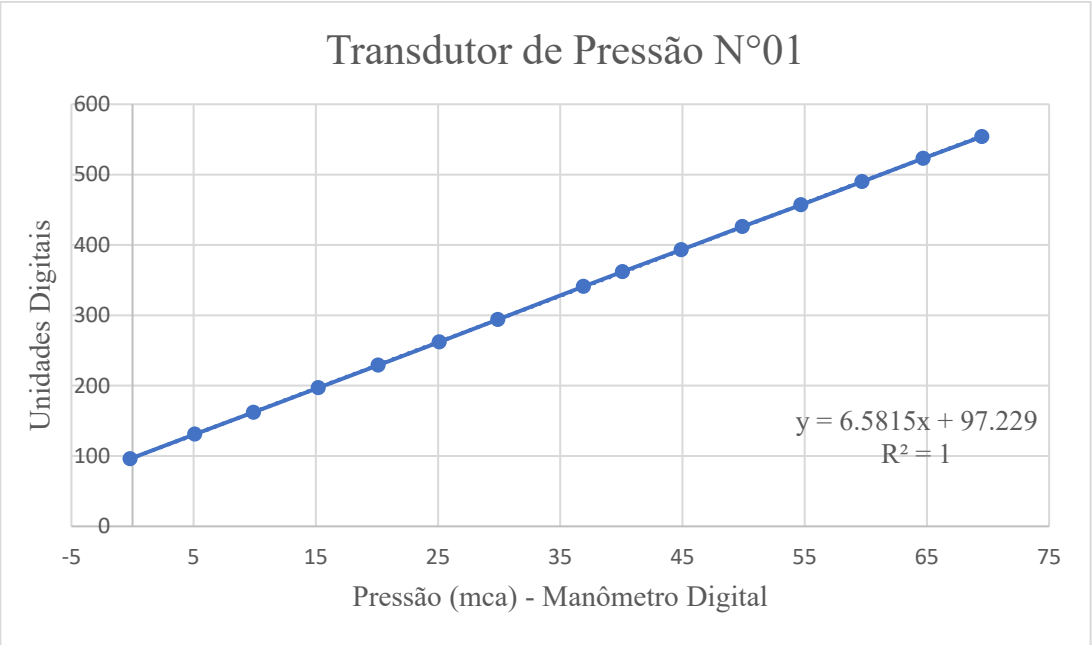


Figura 5.4 - Regressão Linear – Transdutor N°01 – Unidades Digitais x Pressão (mca)

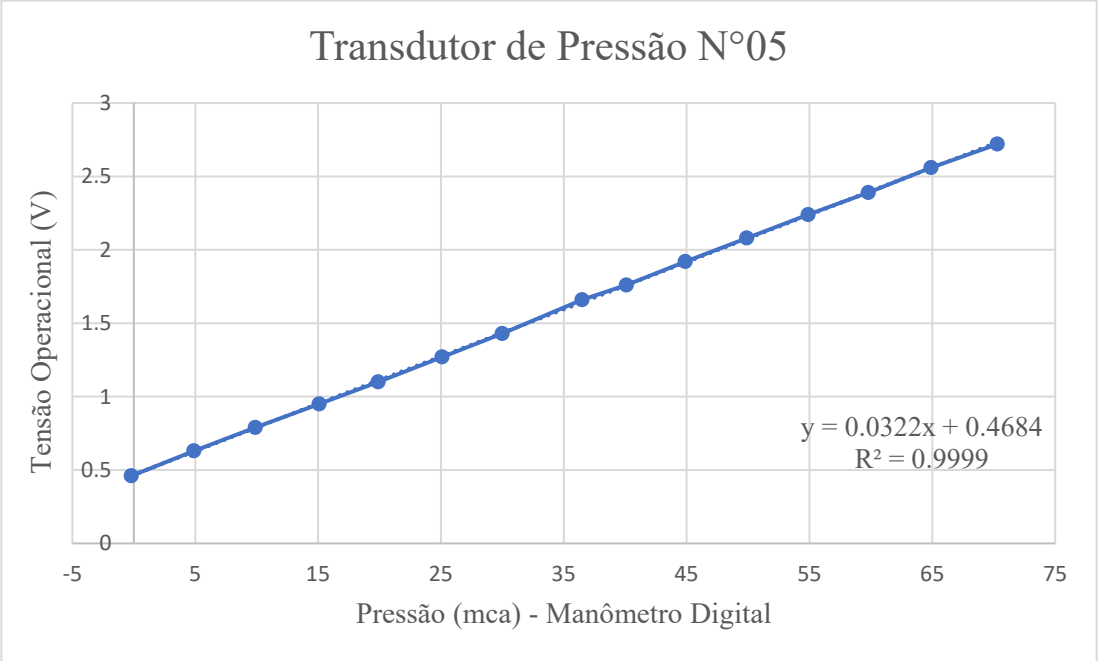


Figura 5.5 - Regressão Linear – Transdutor N°05 - Tensão Operacional (V) x Pressão (mca)

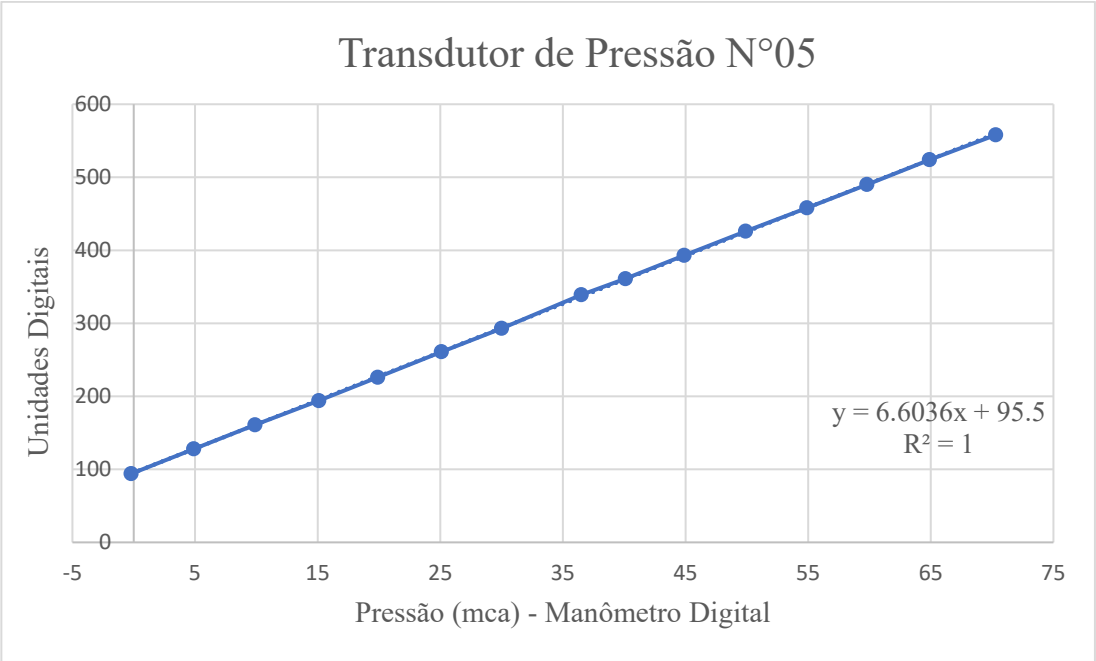


Figura 5.6 - Regressão Linear – Transdutor N°05 – Unidades Digitais x Pressão (mca)

Pode-se notar pelos gráficos apresentados que o coeficiente de determinação (R^2) apresentou-se igual a 1 em três dos gráficos e igual a 0,9999 em outro. Isso leva a concluir que os dados obtidos pela instrumentação proposta seguem uma linearidade precisa e pode ser utilizada para aquisição das pressões em campo.

Como já foi dito neste trabalho, foi feita a instalação e medições de pressão ao longo do tempo por meio de um transdutor pressão ligado a um Data Logger Shield mais Arduino UNO R3 em apenas um ponto de utilização. Dessa forma, o transdutor de pressão que foi optado por ser utilizado nessas medições foi o transdutor de número 01. Assim, a equação apresentada pela regressão linear da Figura 5.4 foi utilizada para conversão das unidades digitais registradas pelo conjunto Data Logger Shield mais Arduino UNO R3 em valores de pressão em mca.

Um ponto importante a destacar é que primeiramente optou-se por utilizar como fonte externa para o Arduino uma bateria de 9 V. Primeiramente, utilizou-se uma bateria como essa de uma determinada marca. Porém, notou-se que os dados registrados pelo conjunto eletrônico montado paravam de ser contabilizados no cartão SD após um curto intervalo de tempo, sendo que a tensão dessa bateria já havia reduzido seu valor consideravelmente. Para essa primeira bateria utilizada, o sistema foi montado inicialmente às 20 horas do dia 02/08/2022 e, com o uso de um voltímetro, constou-se que a bateria apresentava 9,60 V. No dia seguinte, às 10:25 da manhã (duração da instalação de cerca de 14 horas e 25 minutos), mediu-se a tensão novamente da bateria, e notou-se que ela já apresentava 6,4 V, abaixo da tensão ideal recomendada para o uso do Arduino. Também destaca-se que o tempo de registro dos dados de pressão foi configurado para ser a cada 5 minutos com o uso dessa bateria. Notou-se que os dados registrados por essa bateria foram interrompidos na madrugada desse dia. Conforme apresentado no item 3.4.3, segundo as especificações técnicas do Arduino UNO R3, que foi o utilizado nas medições, recomenta-se tensões de alimentação de 7V a 12V, mas com limites de tensão entre 6V e 20V.

Buscando verificar se a queda de tensão da bateria se devia à qualidade do material empregado, utilizou-se uma bateria de 9V para teste de outra marca. Além disso, o tempo de registro dos dados de pressão que era a cada 5 minutos foi reprogramado para ser a cada 15 minutos, para avaliar se a queda de tensão também seria menor. Inicialmente, a bateria de 9V de outra marca

a ser testada tinha 9,67 V. Dessa forma, por volta das 19 horas do dia 03/08/2022 foi instalado o sistema com a bateria diferente e tempo de amostragem maior. No dia seguinte, por volta das 8 horas da manhã (duração da instalação de cerca de 13 horas), a tensão foi medida e obteve-se o valor de 7,48 V.

Notou-se que apesar de reduzir a amostragem dos dados de 5 min para 15 min, a queda de tensão na bateria ainda apresentou ser bastante significativa. Dessa forma, optou-se por utilizar uma fonte externa de 12 V ligada em uma tomada para alimentar o Arduino, evitando assim interrupções de registros dos dados das pressões no cartão SD e evitando com que fosse necessário realizar trocas constantes de baterias para medições a longo prazo.

A instrumentação proposta para medição das pressões de água com uso de transdutor de pressão, Data Logger Shield e Arduino UNO R3 mostrou ser bastante viável pela sua confiabilidade e pelo seu baixo custo, comparando com manômetros digitais que possuem *data logger* disponíveis no mercado. O conjunto proposto apresentou um custo de cerca de R$ 355, conforme apresentado pela Tabela 5.7. Um manômetro digital no mercado apresenta um valor bem superior ao apresentado. A exemplo disso, realizou uma cotação no mês de setembro de 2022 com a marca Zürich, e para seu manômetro digital com *data logger* modelo Z.10.RG, com pressão de leitura que varia de 0 mca a 100 mca, seu custo é de R$ 3.280,00, mais 9 vezes o valor da instrumentação concebida.

Tabela 5.7 – Custos de Instrumentação Proposta no mês de setembro de 2022 para Medição das Pressões

Instrumentação Proposta para Medição das Pressões			
ITEM	**Qtd**	**Valor Unitário**	**Total**
Transdutor de Pressão - Modelo G 1/4 - Marca Seeed Studio	1	R$ 150.00	R$ 150.00
Data Logger Shield	1	R$ 39.90	R$ 39.90
Réplica - Arduino UNO R3	1	R$ 69.99	R$ 69.99
Bateria CR1220	1	R$ 14.77	R$ 14.77
Cartão SD 2 GB*	1	R$ 35.00	R$ 35.00
Jumpers*	1	R$ 20.00	R$ 20.00
Fonte de Alimentação 12V*	1	R$ 25.00	R$ 25.00
TOTAL			R$ 354.66

*Item com custo estimado, pois já estava disponível no Laboratório, não foi necessário comprá-lo.

5.3 ESCOLHA DO PONTO A MEDIR AS PRESSÕES UTILIZANDO A INSTRUMENTAÇÃO PROPOSTA

Conforme apresentado no item 4.4.2, buscou-se escolher, para a medição das pressões ao longo do tempo pelos sistemas Arduino associados a transdutores de pressão, dois pontos de utilização que representassem as pressões máximas e mínimas nas instalações hidráulicas da Faculdade de Tecnologia. Para escolha desses pontos, foram feitas medições em campo da pressão da água por meio do uso de um manômetro digital da marca Zürich, bem como foi realizado o estudo das plantas das instalações de água fria da Faculdade de Tecnologia, conforme apresentado no item 4.4.2 deste trabalho. A Tabela 5.8 apresenta as pressões medidas nos pontos de utilização anteriormente indicados no item 4.4.2 deste trabalho.

Tabela 5.8 – Pressões verificadas em pontos de utilização da Faculdade de Tecnologia

Local	Cor do Identificador (Figura 4.18 e Figura 4.19)	Data de Medição	Horário de Medição	Pressão Medida (mca)
Torneira Próxima ao Estacionamento Principal da FT	Azul Escuro	01/08/2022	17:05	38-41
Torneira Próxima ao Estacionamento Principal da FT	Azul Escuro	01/08/2022	18:21	38-40
Torneira localizada próxima ao Grupo de Automação e Controle (GRACO), no Corredor de Circulação da Engenharia Mecânica	Laranja	01/08/2022	17:23	40-42
Torneira no jardim da Engenharia Mecânica, atrás do Centro Acadêmica da Engenharia Ambiental	Roxo	01/08/2022	17:56	40-42
Torneira do banheiro do corredor da Engenharia Elétrica, próximo ao Departamento de Engenharia Elétrica	Verde	01/08/2022	18:04	41-43
Torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas	-	01/08/2022	18:32	38-40

Como pode ser notado pela Tabela 5.8, os locais que apresentaram as menores pressões foram a torneira próxima ao estacionamento principal da FT e a torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas. Já era esperado pressões menores nesses locais, por apresentarem cotas geométricas próximas da entrada do cavalete de abastecimento de água do edifício. Em vista do Laboratório de Hidráulica e Estruturas estar mais afastado da entrada do cavalete de abastecimento da FT, esperava-se que em sua torneira as pressões fossem inferiores às da torneira próxima do estacionamento principal da FT, por sofrer com maiores perdas de carga. As pressões semelhantes de ambos locais pode ser justificada pelo intervalo de 11 minutos entre as duas medições, que fazem com que as vazões e perdas de carga que estejam presentes no sistema sejam diferentes nos distintos horários de aferição das pressões.

Conforme apresentado pela Tabela 5.8, o local que apresentou as maiores pressões foi na torneira do banheiro do corredor da Engenharia Elétrica, próximo ao Departamento de Engenharia Elétrica. Tais pressões mais altas nesse banheiro podem ser justificadas pelo fato do seu local estar em cota geométrica mais baixa que os demais pontos medidos.

Comparando as pressões medidas entre o ponto de utilização que apresentou as maiores pressões (torneira do banheiro do corredor da Engenharia Elétrica), cujas pressões medidas variaram de 41 mca a 43 mca, e um dos dois pontos que apresentaram as menores pressões (torneira próxima ao estacionamento principal da FT ou torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas), cujas pressões medidas variaram de 38 mca a 40 mca, nota-se uma diferença mínima de pressão de 1 mca e máxima de 5 mca entre esses pontos.

Levando em consideração essa baixa diferença de pressões, optou-se por escolher apenas um ponto para medição ao longo do tempo das pressões da água por meio da instalação do conjunto proposto no item 4.4 deste trabalho. Além disso, com apenas um ponto de utilização, se tornaria mais fácil a coleta, organização e análise de todos os dados de pressão levantados.

Dentre tais pontos de utilização apresentados, preferiu-se escolher um dos dois pontos que apresentaram as menores pressões, de forma a averiguar em momentos de pico de consumo como estavam as pressões mais baixas do sistema. Pelo fato da instrumentação proposta ao ser instalada na torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas ter maior facilidade de ligação a uma tomada para que a fonte externa alimente o Arduino, pelo fato dessa instrumentação ficar no laboratório menos à vista das pessoas que circulam no edifício, o que reduz a possibilidade de danos aos aparelhos montados, e por acreditar que suas pressões podem ser ainda inferiores àquelas existentes na torneira próxima ao estacionamento principal da FT, optou-se por instalar a instrumentação concebida apenas na torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas.

5.4 ANÁLISE DE PERDAS DE ÁGUA

A partir do que foi apresentado no item 5.1 deste trabalho, notam-se fortes indícios de perdas de água nas instalações hidráulicas na Faculdade de Tecnologia. Para se poder quantificar os volumes atuais de perdas de água, foram feitas análises mais precisas a serem apresentadas neste tópico, a partir de leituras no hidrômetro ultrassônico localizado no cavalete de entrada do abastecimento de água da edificação.

Um ponto importante a salientar consiste na observação das aberturas e fechamentos da VRP localizada próximo ao Castelo D'Água. Notou-se, pelas leituras de pressão realizadas e apresentadas no Apêndice D deste trabalho, que a VRP apresenta abertura por volta das 06:00 em todos os dias da semana. Foi percebido que o fechamento da válvula redutora de pressão se dava por volta das 23:00, também de segunda a domingo de todas as semanas observadas. Dessa forma, em momentos de pequeno consumo e em pleno funcionamento da válvula, as pressões no período de 06:00 às 23:00 se apresentavam por volta de 45 mca. Já no período noturno e de madrugada, das 23:00 de um dia às 06:00 do dia seguinte, as pressões medidas eram de cerca de 20 mca.

Dessa forma, percebe-se que, devido ao controle da VRP, as pressões noturnas são inferiores às diurnas em dias de baixo consumo, como apresentado na Figura 5.7, para pressões medidas no dia 10/09/2022, em um sábado, no qual os consumos hídricos são em geral mais baixos.

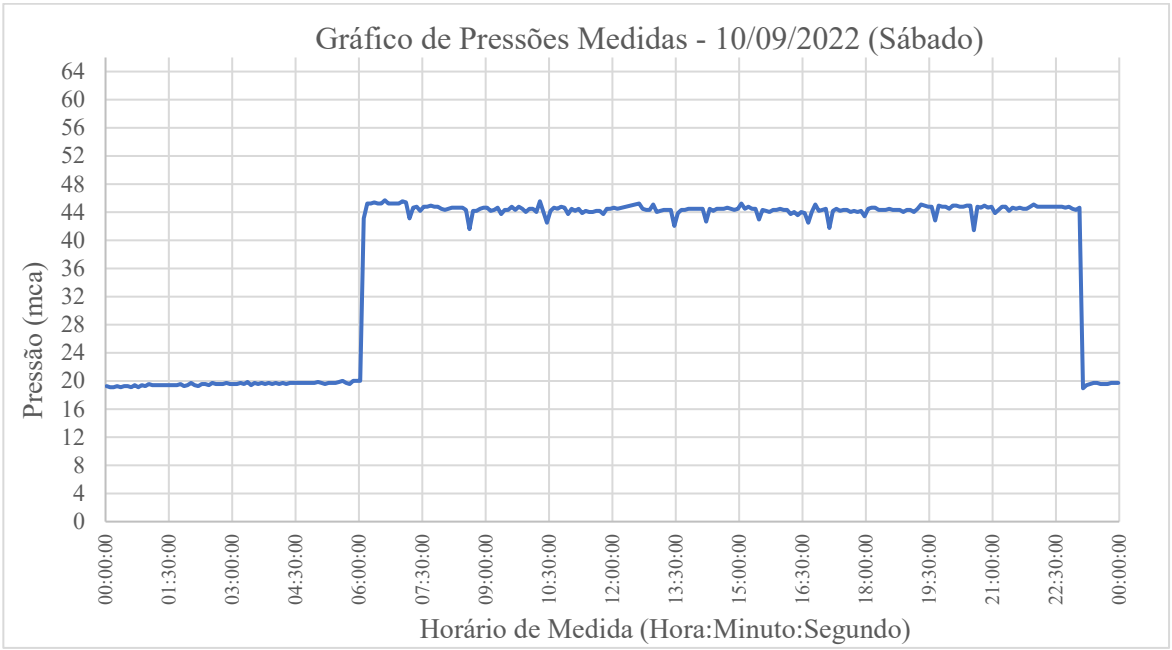


Figura 5.7 - Pressões Medidas no Dia 10/09/2022 (Sábado)

Retomando ao que foi apresentado no item 3.2.2 deste trabalho, ao se utilizar o Método das Vazões Mínimas Noturnas para estimar as perdas de água, devem ser levadas em conta as pressões existentes, que influenciam diretamente na vazão dos vazamentos. Dessa maneira, caso as pressões noturnas fossem superiores às diurnas, ao se utilizar o volume de uma hora mínima noturna para se estimar o volume diário de perdas de água, multiplicar esse volume por 24 horas levaria a superestimar os volumes perdidos, pois as pressões não seriam altas como nesse horário noturno ao longo de todo o dia. Em caso inverso, que é o caso notado na Faculdade de Tecnologia em finais de semana e feriados, as pressões noturnas são inferiores às diurnas devido ao controle realizado pela VRP do Castelo D'Água. Nesse sentido, ao se utilizar o volume consumido em uma hora mínima noturna na FT e multiplicar esse valor por 24 horas, se estaria subestimando o volume diário de perdas reais. Assim, para encontrar esse volume diário de perdas na FT, deve ser feita uma análise mais detalhada.

Vale ressaltar que essa lógica das pressões noturnas serem inferiores às diurnas observadas na Faculdade de Tecnologia funcionaria para momentos de baixo consumo na rede advinda do Castelo D´Água e em baixos consumos da FT, como em finais de semana e feriados. Como pode ser notado pelos gráficos apresentados no Apêndice D deste trabalho das pressões medidas em um ponto de utilização da FT, nos dias de semana, com os consumos existentes, as pressões da água no período diurno, das 06:00 às 23:00, sofrem constantes quedas, sendo inferiores a 20 mca em diversos momentos do dia.

Conforme apresentado no item 3.2.2 deste trabalho, Hamilton e McKenzie (2014) apresentam que a mínima vazão noturna geralmente ocorre entre 0:00 e 4:00h. Sabendo que a Faculdade de Tecnologia funciona das 07:00 às 23:00 de segunda a domingo e levando em conta os padrões de pressão presentes no edifício, vazões que fossem observadas depois das 00:00 poderiam ser próximas das vazões observadas no período que as pressões se apresentam por volta de 20 mca, ou seja, logo após as 23:00 (fechamento dos portões da FT e fechamento também da VRP do Castelo D'Água) até às 06:00 do dia seguinte, que é quando a VRP se abre. Para fazer essas comparações calcularam-se vazões a partir dos volumes acumulados registrados do hidrômetro ultrassônico da FT. A Tabela 5.9 apresenta as vazões calculadas das 00:00 às 00:10 do dia 15/09/2022, representando vazões mínimas noturnas. A Tabela 5.10 apresenta vazões calculadas nos dias 13/09/2022, 14/09/2022, 15/09/2022, 16/09/2022 e 17/09/2022, em horários que as pressões no ponto de utilização medidas se apresentavam com cerca de 20 mca.

Tabela 5.9 – Volumes Acumulados Noturnos Registrados e Vazões Mínimas Noturnas Calculadas

QUINTA-FEIRA (15/09/2022)		
Horário	**Volume Acumulado (m³)**	**Vazão (L/min)**
00:00:00	80409.889	6.00
00:01:00	80409.895	6.00
00:02:00	80409.901	6.00
00:03:00	80409.907	6.00
00:04:00	80409.913	6.00
00:05:00	80409.919	6.00
00:06:00	80409.925	6.00
00:07:00	80409.931	6.00
00:08:00	80409.938	7.00
00:09:00	80409.944	6.00
00:10:00	80409.950	6.00

Tabela 5.10 – Volumes Acumulados Registrados e Vazões Calculadas - Para Estimativa de Perdas de Água (Pressões Observadas por volta de 20 mca)

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)			SÁBADO (17/09/2022)		
Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)
05:42:00	80366.182	5.00	05:48:00	80389.021	5.00	00:00:00	80409.889	6.00	05:56:00	80434.942	6.00	05:56:00	80456.591	6.00
05:43:00	80366.188	6.00	05:49:00	80389.027	6.00	00:01:00	80409.895	6.00	05:57:00	80434.948	6.00	05:57:00	80456.597	6.00
05:44:00	80366.194	6.00	05:50:00	80389.033	6.00	00:02:00	80409.901	6.00	05:58:00	80434.955	7.00	05:58:00	80456.603	6.00
05:45:00	80366.199	5.00	05:51:00	80389.039	6.00	00:03:00	80409.907	6.00	05:59:00	80434.961	6.00	05:59:00	80456.609	6.00
05:46:00	80366.205	6.00	05:52:00	80389.045	6.00	00:04:00	80409.913	6.00	23:05:00	80454.035	7.00	06:00:00	80456.615	6.00
05:47:00	80366.211	6.00	05:53:00	80389.051	6.00	00:05:00	80409.919	6.00	23:06:00	80454.042	7.00	-	-	-
05:48:00	80366.217	6.00	05:54:00	80389.057	6.00	00:06:00	80409.925	6.00	23:07:00	80454.048	6.00	-	-	-
05:49:00	80366.223	6.00	05:55:00	80389.062	5.00	00:07:00	80409.931	6.00	23:08:00	80454.054	6.00	-	-	-
05:50:00	80366.229	6.00	05:56:00	80389.068	6.00	00:08:00	80409.938	7.00	23:09:00	80454.060	6.00	-	-	-
05:51:00	80366.234	5.00	05:57:00	80389.074	6.00	00:09:00	80409.944	6.00	23:10:00	80454.066	6.00	-	-	-
05:52:00	80366.240	6.00	05:58:00	80389.080	6.00	00:10:00	80409.950	6.00	-	-	-	-	-	-
05:53:00	80366.246	6.00	05:59:00	80389.086	6.00	05:50:00	80412.015	6.00	-	-	-	-	-	-
05:54:00	80366.252	6.00	06:00:00	80389.092	6.00	05:51:00	80412.021	6.00	-	-	-	-	-	-
05:55:00	80366.258	6.00	23:05:00	80409.555	6.00	05:52:00	80412.027	6.00	-	-	-	-	-	-
05:56:00	80366.263	5.00	23:06:00	80409.561	6.00	05:53:00	80412.033	6.00	-	-	-	-	-	-
05:57:00	80366.269	6.00	23:07:00	80409.567	6.00	05:54:00	80412.039	6.00	-	-	-	-	-	-
05:58:00	80366.274	5.00	23:08:00	80409.573	6.00	05:55:00	80412.045	6.00	-	-	-	-	-	-
05:59:00	80366.280	6.00	23:09:00	80409.579	6.00	05:56:00	80412.051	6.00	-	-	-	-	-	-
06:00:00	80366.286	6.00	23:10:00	80409.585	6.00	05:57:00	80412.057	6.00	-	-	-	-	-	-
23:08:00	80386.627	6.00	23:54:00	80409.854	6.00	05:58:00	80412.063	6.00	-	-	-	-	-	-
23:09:00	80386.633	6.00	23:55:00	80409.860	6.00	05:59:00	80412.069	6.00	-	-	-	-	-	-
23:10:00	80386.638	5.00	23:56:00	80409.866	6.00	06:00:00	80412.076	7.00	-	-	-	-	-	-
23:11:00	80386.644	6.00	23:57:00	80409.872	6.00	23:05:00	80432.215	7.00	-	-	-	-	-	-
23:12:00	80386.650	6.00	23:58:00	80409.877	5.00	23:06:00	80432.221	6.00	-	-	-	-	-	-
23:13:00	80386.656	6.00	23:59:00	80409.883	6.00	23:07:00	80432.228	7.00	-	-	-	-	-	-
23:14:00	80386.662	6.00	-	-	-	23:08:00	80432.234	6.00	-	-	-	-	-	-
23:15:00	80386.668	6.00	-	-	-	23:09:00	80432.241	7.00	-	-	-	-	-	-
23:16:00	80386.674	6.00	-	-	-	23:10:00	80432.247	6.00	-	-	-	-	-	-

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)			SÁBADO (17/09/2022)		
Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume Acumulado (m³)	Vazão (L/min)
23:17:00	80386.680	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:18:00	80386.686	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:19:00	80386.692	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:20:00	80386.698	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:21:00	80386.703	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:22:00	80386.709	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:23:00	80386.715	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:24:00	80386.721	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:25:00	80386.727	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:26:00	80386.733	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:27:00	80386.739	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:28:00	80386.745	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:29:00	80386.751	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:30:00	80386.757	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Foi realizada uma média das vazões apresentadas na Tabela 5.9 e Tabela 5.10. Foi obtida uma média das vazões mínimas noturnas apresentadas na Tabela 5.9 de 6,09 L/min. Em relação às vazões apresentadas na Tabela 5.10, que foram medidas em períodos nos quais as pressões eram em torno de 20 mca, obteve-se uma média de todas as vazões de 5,98 L/min, valor muito próximo da média das vazões mínimas noturnas.

Dessa forma, pode-se concluir que ao longo de um período de 7 horas por dia (00:00 às 06:00 e 23:00 às 00:00), que consiste no período que a VRP do Castelo D'Água está mais fechada e as pressões medidas no ponto de utilização da FT foram de cerca de 20 mca, tem-se uma estimativa de vazamentos ao longo desse período de aproximadamente 6 L/min. Isso equivale a uma perda de 360 litros por hora, correspondendo, ao longo dessas 7 horas, a um volume total perdido de 2520 litros de água.

Para se estimar o restante das perdas de um dia, deve-se salientar que elas irão variar a depender do dia da semana, se é feriado, dia de semana, ou final de semana. Isso ocorre pois foi possível notar diferentes variações de pressão do período de 06:00 às 23:00 no ponto medido a depender do dia em questão.

Em dias de menor consumo de água, em final de semana ou feriado, constata-se que na maior parte do dia, por um período de 17 horas, entre 06:00 às 23:00, tem-se pressões no ponto de utilização da FT de cerca de 45 mca. Dessa forma, bastaria encontrar vazões que passassem pelo hidrômetro ultrassônico da edificação nesse período para estimar as perdas de água ao longo dessas 17 horas. Para essa estimativa, foram feitas medições entre o dia 13/09/2022 e o dia 17/09/2022, em horários logo após às 06:00 e logo antes das 23:00, pois eram horários que a VRP do Castelo D'Água se encontrava aberta e que os consumos de água pelas pessoas teoricamente fossem menores. Além disso, também foram feitas medições entre às 09:46 e 10:55 de um domingo, dia 18/09/2022, por se acreditar também que ele apresentaria menores consumos.

A partir dos dados apresentados na Tabela 5.11, nota-se que as vazões observadas no domingo foram muito semelhantes às vazões apresentadas nos demais dias. Ao ser feita uma média do consumo no domingo, obteve-se um valor de 9,60 L/min, já uma média de todos os valores calculados apresentados na Tabela 5.11 de terça-feira a sábado é de 9,74 L/min. Uma média geral, contabilizando os valores de terça-feira a domingo foi de 9,73 L/min. Essa vazão pode então ser usada para representar as perdas de água entre 06:00 às 23:00 de finais de semana e feriados. Ela equivale a uma perda de 583,80 litros por hora, correspondendo, ao longo dessas 17 horas, a um volume total perdido de 9924,6 litros de água.

Portanto, conclui-se que a estimativa de perdas de água na Faculdade de Tecnologia para finais de semana e feriados, nos quais os consumos hídricos são baixos, é dado pela soma de 2520 litros correspondentes a um período de 7 horas do dia, mais 9924,6 litros de água, correspondentes a um período de 17 horas do dia. O volume diário de perdas nesses dias seria então dado por 12444,6 litros.

Tabela 5.11 – Volumes Acumulados Registrados e Vazões Calculadas - Para Estimativa de Perdas de Água (Pressões Observadas por volta de 45 mca)

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)			SÁBADO (17/09/2022)			DOMINGO (18/09/2022)		
Horário	**Volume Acum. (m³)**	**Vazão L/min**	**Horário**	**Volume Acum. (m³)**	**Vazão L/min**	**Horário**	**Volume Acum. (m³)**	**Vazão L/min**	**Horário**	**Volume Acum. (m³)**	**Vazão L/min**	**Horário**	**Volume Acum. (m³)**	**Vazão L/min**	**Horário**	**Volume Acum. (m³)**	**Vazão L/min**
06:02:00	80366.312	9.00	06:02:00	80389.119	9.00	06:02:00	80412.104	8.00	06:02:00	80434.998	11.00	06:02:00	80456.643	9.00	09:46:00	80472.275	9.00
06:03:00	80366.321	9.00	06:03:00	80389.128	9.00	06:03:00	80412.114	10.00	06:03:00	80435.008	10.00	06:03:00	80456.653	10.00	09:47:00	80472.285	10.00
06:04:00	80366.331	10.00	06:04:00	80389.138	10.00	06:04:00	80412.123	9.00	06:04:00	80435.018	10.00	06:04:00	80456.662	9.00	09:48:00	80472.294	9.00
06:05:00	80366.340	9.00	06:05:00	80389.147	9.00	06:05:00	80412.132	9.00	06:05:00	80435.028	10.00	06:05:00	80456.672	10.00	09:49:00	80472.303	9.00
06:06:00	80366.349	9.00	06:06:00	80389.156	9.00	06:06:00	80412.142	10.00	06:06:00	80435.040	12.00	06:06:00	80456.682	10.00	09:50:00	80472.313	10.00
06:07:00	80366.359	10.00	06:07:00	80389.166	10.00	06:07:00	80412.151	9.00	06:07:00	80435.050	10.00	06:07:00	80456.692	10.00	09:51:00	80472.323	10.00
06:08:00	80366.367	8.00	06:08:00	80389.175	9.00	06:08:00	80412.161	10.00	06:08:00	80435.061	11.00	06:08:00	80456.702	10.00	09:52:00	80472.332	9.00
06:09:00	80366.377	10.00	06:09:00	80389.184	9.00	06:09:00	80412.170	9.00	06:09:00	80435.071	10.00	06:09:00	80456.711	9.00	09:53:00	80472.342	10.00
06:10:00	80366.386	9.00	06:10:00	80389.194	10.00	06:10:00	80412.179	9.00	06:10:00	80435.081	10.00	06:10:00	80456.721	10.00	09:54:00	80472.352	10.00
06:11:00	80366.396	10.00	06:11:00	80389.204	10.00	22:47:00	80432.054	11.00	22:51:00	80453.922	10.00	-	-	-	09:55:00	80472.362	10.00
06:12:00	80366.409	13.00	06:12:00	80389.215	11.00	22:48:00	80432.063	9.00	22:52:00	80453.932	10.00	-	-	-	-	-	-
06:13:00	80366.419	10.00	06:13:00	80389.224	9.00	22:49:00	80432.073	10.00	22:53:00	80453.941	9.00	-	-	-	-	-	-
06:14:00	80366.429	10.00	06:14:00	80389.234	10.00	22:50:00	80432.083	10.00	22:54:00	80453.951	10.00	-	-	-	-	-	-
06:15:00	80366.438	9.00	06:15:00	80389.244	10.00	22:51:00	80432.094	11.00	22:55:00	80453.960	9.00	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:51:00	80409.447	8.00	22:52:00	80432.106	12.00	22:56:00	80453.970	10.00	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:52:00	80409.456	9.00	22:53:00	80432.116	10.00	22:57:00	80453.980	10.00	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:53:00	80409.468	12.00	22:54:00	80432.126	10.00	22:58:00	80453.990	10.00	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:54:00	80409.476	8.00	22:55:00	80432.136	10.00	22:59:00	80454.000	10.00	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:55:00	80409.485	9.00	22:56:00	80432.147	11.00	23:00:00	80454.010	10.00	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:56:00	80409.494	9.00	22:57:00	80432.157	10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:57:00	80409.503	9.00	22:58:00	80432.168	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:58:00	80409.512	9.00	22:59:00	80432.178	10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	22:59:00	80409.522	10.00	23:00:00	80432.188	10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	23:00:00	80409.530	8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Para se estimar as perdas de água em dias de segunda-feira a sexta-feira que apresentam aulas, não é possível fazer uma estimativa precisa, pois como pode ser notado pelas pressões medidas e apresentadas no Apêndice D, elas variam muito com os consumos hídricos existentes no período das 06:00 às 23:00. Retrata-se isso pela Figura 5.8, no qual pode-se notar que em diversos momentos do dia as pressões se apresentam abaixo de 20 mca.

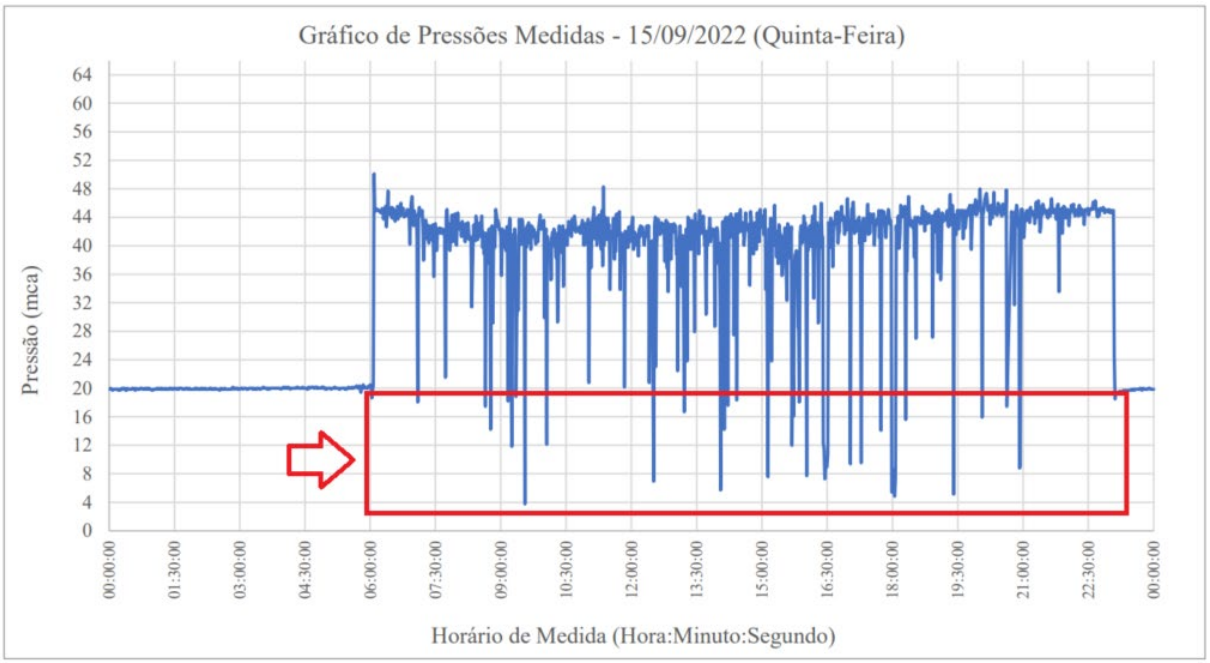


Figura 5.8 - Pressões Medidas no Dia 15/09/2022 (Quinta-Feira)

Dessa maneira, realizou-se uma estimativa de perdas de água para os dias de semana que possuem maiores consumos (segundas-feiras a sextas-feiras). Foram feitas medições de pressão em um ponto de utilização do Laboratório de Hidráulica e Estruturas ao longo de 36 dias. Desses 36 dias, apenas 23 foram dias medidos completos entre segundas-feiras e sextas-feiras. Assim, verificou-se, dentro desses 23 dias, o dia que apresentou o maior intervalo de tempo com pressões abaixo de 19 mca. Considerou 19 mca pois usualmente as pressões entre 23:00 e 06:00 do dia seguinte estão próximas de 20 mca, podendo estar um pouco abaixo ou um pouco acima. Esse dia que apresentou o maior intervalo de tempo com pressões da água abaixo de 19 mca foi o dia 22/09/2022, com cerca de 191 minutos (cerca de 3,18 horas) transcorridos com pressões abaixo desse valor. Os demais 22 dias desses 23 analisados, portanto, muito provavelmente apresentaram perdas de água superiores ao dia 22/09/2022 em questão.

Seguindo essa lógica, sabendo que nesse dia, das 17 horas analisadas (06:00 às 23:00), 3,18 horas apresentam pressões abaixo de 19 mca, então 13,82 horas apresentam pressões acima desse valor. Sabe-se, como apresentado no início deste item 5.4, que ao longo dos períodos que a VRP do Castelo D'Água está mais fechada, entre 00:00 e 06:00, e entre 23:00 e 00:00 de qualquer dia (ao todo 7 horas por dia), as perdas de água nesse período, com pressões de cerca de 20 mca, são de aproximadamente 6 L/min. Se for utilizada essa vazão de perdas ao longo desse período de 7 horas mais as 13,82 horas em que as pressões medidas estavam acima de 19 mca, totalizando 20,82 horas, se terão perdas de água acima de 7495,2 litros. Esse valor que será na verdade sempre maior, pois dentro dessas 13,82 horas com pressões acima de 19 mca, há pressões bem mais altas que 20 mca, que elevam as perdas e, durante as 3,18 horas com pressões abaixo de 19 mca, mesmo com pressões menores, ainda se tem perdas de água, que não foram contabilizadas.

Portanto, conclui-se que, para as condições atuais de consumo e pressão analisados para a Faculdade de Tecnologia, a estimativa de perdas de água para finais de semana e feriados é de cerca de 12444,6 litros por dia. Já para dias de segundas-feiras a sextas-feiras, prevê-se perdas de água acima de 7495,2 litros por dia. Dessa forma, uma estimativa de perdas para o mês de setembro de 2022, por exemplo, contabilizando o feriado de 07/09/2022, seria de um volume superior a 269400 litros de água (269,4 m³). A tarifa de consumo por m³ utilizada para estimar o custo que esse volume representaria foi obtida através de uma média das tarifas observadas entre janeiro e maio de 2022, cujo valor é de R$ 29,33 por m³. Só no mês de setembro, portanto, se teriam custos financeiros com as perdas de água na Faculdade de Tecnologia acima de R$7.901,50.

Considerando essa lógica realizada em que foram estimadas, para dias de segundas-feiras a sextas-feiras, perdas de água acima de 7495,2 litros por dia, pode-se verificar qual porcentagem isso representa do volume total diário consumido na FT. A partir dos volumes horários registrados de 06:00 às 23:00 no hidrômetro ultrassônico da FT nos dias 13/09/2022, 15/09/2022 e 16/09/2022 e de 06:00 às 24:00 no dia 14/09/2022, e a partir de estimativas de volumes consumidos nos horários de 00:00 às 05:00 e de 23:00 às 24:00, calcularam-se volumes totais consumidos ao longo desses dias, indicados pela Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Volumes Totais Consumidos na FT nos dias 13/09/2022 a 16/09/2022

	TERÇA-FEIRA (13/09/2022)	**QUARTA-FEIRA (14/09/2022)**	**QUINTA-FEIRA (15/09/2022)**	**SEXTA-FEIRA (16/09/2022)**	**Média (m³)**
Volume Total Consumido (m³) - 24 horas	22.65	22.96	22.66	21.56	22.46

Como pode se perceber na Tabela 5.12, entre o dia 13/09/2022 e 16/09/2022 (terça-feira a sexta-feira), a média estimada de consumo total na FT, contando perdas, foi de 22,46 m³. Sabendo que as perdas diárias de água estimadas para segundas-feiras a sextas-feiras nas atuais pressões existentes nas instalações da faculdade são de acima de 7495,2 litros (7,49 m³), isso significa que as perdas de água nesses dias da semana na FT são de acima de 33% do consumo total diário.

No trabalho de Matos e Lopes (2016), foi indicado pelas autoras uma média de vazamento de 1,05 m³/hora (17,5 L/min) na Faculdade de Tecnologia, após fazerem medições em 3 sábados e em um dia de feriado, todos esses dias no mês de outubro de 2016. Entretanto, não foram apresentados os padrões de pressão existentes nesses dias. Ademais, pode ser que alguma instalação hidráulica nessa época estivesse com danos e maiores fugas pudessem existir. Essa instalação, depois de reparada, pode ter reduzido as perdas de água existentes. Portanto, fazer uma comparação do que foi apresentado por Matos e Lopes (2016) em relação ao que foi calculado neste trabalho de Projeto Final não seria coerente, devido às diversas variáveis existentes.

O trabalho de Barbosa *et al*. (2019) apresentou uma estimativa de perdas de água para a Faculdade de Tecnologia por meio de leituras realizadas em seu hidrômetro nos dias 12/10/2018 a 15/10/2018. Como apresentado no item 3.2.1, as leituras foram feitas, nos três primeiros dias, por volta das 12:00, e para o último dia as leituras foram por volta das 07:00. Por ser um final de semana com feriado, foi estimado no estudo que o consumo registrado seria majoritariamente composto por perdas de água, sendo a perda diária estimada pela multiplicação da perda de

água horária por 24 horas. O valor apresentado na Figura 3.6 foi obtido através da média das perdas diárias calculadas, correspondendo a um valor de 12650 litros por dia de água perdidos. Esse valor equivale a cerca de 8,78 L/min.

Não se sabe como estavam as pressões de água nas instalações hidráulicas da FT no momento em que foram feitas as leituras em seu hidrômetro. Além disso, a depender de como estava o funcionamento da VRP do Castelo D'Água na época, multiplicar a perda de água horária por 24 horas poderia estar majorando ou minorando os volumes diários de água perdidos. Entretanto, pode-se notar que o valor apresentado de 8,78 L/min de perdas de água na FT está dentro do intervalo de vazões estimadas para perdas de água em finais de semana e feriados neste trabalho, que consistiu em uma vazão próxima de 6 L/min ao longo de um período de 7 horas do dia (00:00 às 06:00 e 23:00 às 00:00), e uma vazão de 9,73 L/min entre às 06:00 e às 23:00.

5.5 ANÁLISE DAS PRESSÕES DE ÁGUA MEDIDAS E DOS CONSUMOS HÍDRICOS OBTIDOS

5.5.1 ANÁLISE DAS PRESSÕES DE ÁGUA MEDIDAS

A instrumentação que foi concebida conforme foi apresentado no item 4.4, foi instalada em torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas a partir do dia 19/08/2022, por volta das 15:36, para início das medições de pressão da água. O fim das medições ocorreu no dia 23/09/2022, por volta das 17:27. Portanto, foram transcorridos 36 dias de medição, sendo 34 deles dias completos medidos. As leituras somente foram interrompidas ao longo desse período nos momentos de retirada da aparelhagem para passagem dos dados registrados no cartão SD para o computador ou em situações de quedas esporádicas de energia no edifício.

Do dia 19/08/2022 ao dia 12/09/2022 foram programadas leituras e registros de pressão pelo conjunto transdutor de pressão mais *data logger* e Arduino a cada 5 minutos. No dia 13/09/2022, alterou-se o código de programação do Arduino, para que os registros fossem feitos a cada 1 minuto, e não mais a cada 5 minutos. A partir das 16:46:46 do dia 13/09/2022 os registros de pressão passaram a ser a cada 1 minuto. Buscou-se, com essa mudança no código, perceber melhor as variações de pressão em intervalos de tempo menores.

Todas as leituras realizadas ao longo dos 36 dias de medição estão apresentadas no Apêndice D deste trabalho. Ao longo de todo esse período, a menor pressão dinâmica medida pela instrumentação instalada no ponto de utilização foi de 1,94 mca. Em relação aos sistemas de distribuição predial, a NBR 5626/2020 estabelece que a pressão dinâmica da água em qualquer ponto da rede predial de distribuição não pode ser inferior a 5 kPa (0,5 mca). Portanto, em relação às pressões mínimas, não foi notado problema na Faculdade de Tecnologia. Vale lembrar que, como apresentado no item 5.3, o ponto de utilização no qual foram feitas as medições no Laboratório de Hidráulica e Estruturas consiste em um dos pontos com menor pressão de água do edifício. Portanto, conclui-se que provavelmente nesse período não houve pressões dinâmicas abaixo de 0,5 mca.

Em relação às pressões máximas, a NBR 5626/2020 estabelece que a pressão estática nos pontos de utilização não pode superar 400 kPa (40 mca). Nota-se pelas medições realizadas e apresentadas no Apêndice D que o atual abastecimento de água da Faculdade de Tecnologia não respeita esse parâmetro normativo. Percebe-se principalmente em finais de semana e feriados, quando se tem consumos mínimos na edificação, que as pressões entre 06:00 e 23:00 são de aproximadamente 45 mca e, dessa forma, acima do limite de 40 mca estabelecido em

norma. Como já apresentado no item 5.4, foi constatado a partir da análise das pressões que a VRP do Castelo D'Água está em condição mais aberta das 06:00 às 23:00. Ao se verificar as pressões logo após às 06:00 e logo antes das 23:00 em dias de semana (segundas-feiras a sextas-feiras), que são momentos em que se espera consumos mínimos na edificação, também foram percebidas pressões de cerca de 45 mca, ou seja, pressões acima do limite estabelecido pela NBR 5626/2020.

Vale salientar que, se fossem reduzidas as pressões na saída da VRP do Castelo D'Água em períodos de alto consumo pela FT e pelos prédios abastecidos pela rede do Castelo D'Água, poderiam ser presenciadas pressões dinâmicas na FT inferiores ao limite estabelecido por norma (0,5 mca). Ao mesmo tempo, as pressões de saída dessa VRP reguladas nos horários de 06:00 às 23:00 geram pressões estáticas na FT elevadas em finais de semana e feriados. Se nesses períodos tais pressões fossem reduzidas, poderia se ter menores perdas de água no edifício.

Como já foi relatado neste item, todas as medições realizadas antes das 16:46:46 do dia 13/09/2022 haviam sido programadas para registrar os valores de pressão a cada 5 minutos. Após esse horário e data, todos os demais registros foram a cada 1 minuto. Ao fim de todas as leituras e com a geração dos gráficos dessas pressões diárias, pode-se perceber que as medições a cada 1 minuto representaram muito melhor as variações de pressão ao longo do dia, em que foi perceptível haver variações de mais de 35 mca em um intervalo de apenas 1 minuto. Dessa forma, com as medições feitas a cada 5 minutos, não foi possível retratar fielmente as variações de pressão ao longo do dia, pois dentro desses intervalos de leitura de 5 minutos, poderiam ter quedas de pressão que não fossem lidas e, ao final desse período, a pressão já pudesse estar maior novamente. A exemplo da diferença desses gráficos de pressão gerados, pode notar os gráficos da Figura 5.9 e da Figura 5.10, que representam medições de pressão a cada 5 minutos e a cada 1 minuto, respectivamente. Essas medições que foram feitas em datas distintas, mas em sextas-feiras.

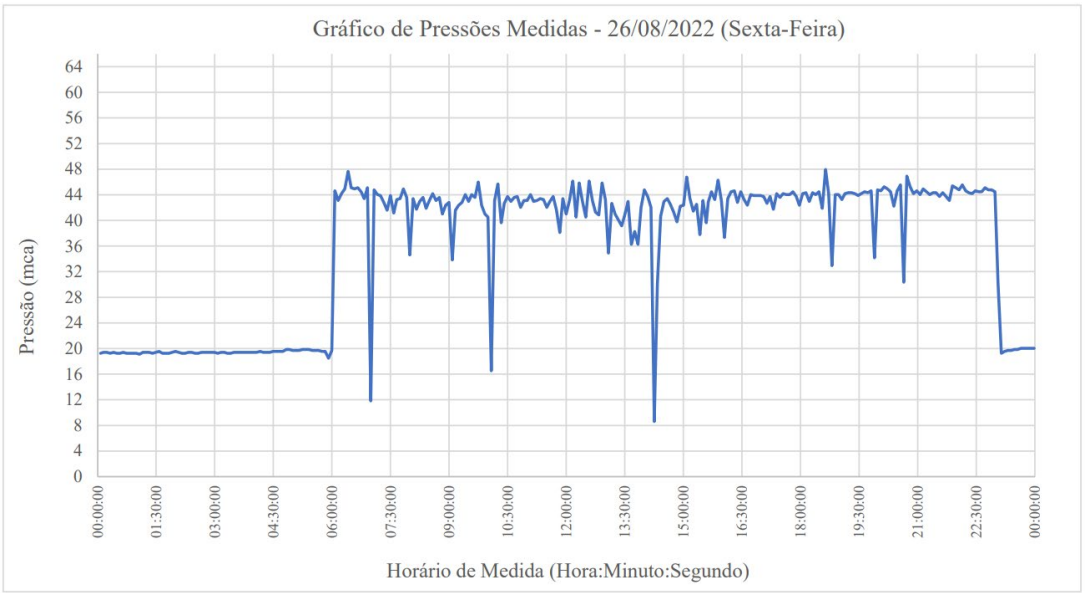


Figura 5.9 - Pressões Medidas no Dia 26/08/2022 (Leituras a cada 5 minutos)

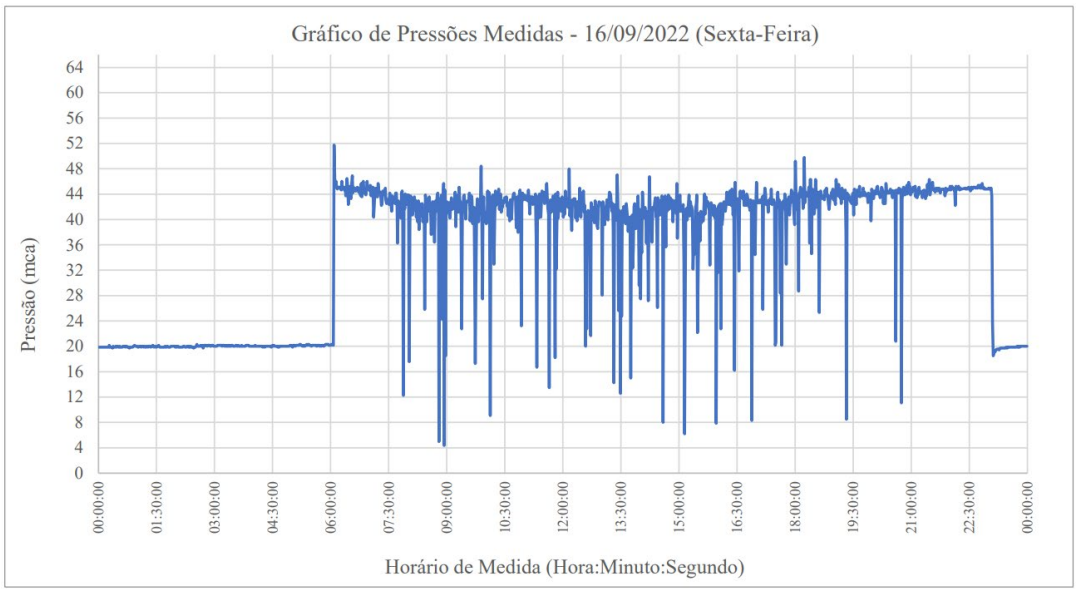


Figura 5.10 - Pressões Medidas no Dia 16/09/2022 (Leituras a cada 1 minuto)

Considerando que em períodos de baixo consumo as pressões medidas entre às 06:00 e às 23:00 eram por volta de 45 mca, notou-se pelos gráficos gerados e apresentados no Apêndice D que em alguns dias haviam picos de pressão. No dia 17/09/2022, em um sábado, por exemplo, foi medida uma pressão de 64,39 mca às 11:14 da manhã. Esses picos de sobrepressões sugerem a existência de transitórios hidráulicos na rede de abastecimento de água da FT. Tais picos que podem ser intensificadores de danos às instalações hidráulicas da faculdade, potencializando as perdas de água.

Ao serem comparadas as pressões medidas neste trabalho com as pressões apresentadas por Santana (2022) na Figura 3.21 do item 3.5, notam-se medições de pressão bem distintas. Vale lembrar que na época em que foram feitas as medições por Santana (2022), uma parcela das disciplinas ofertadas na FT estavam funcionando remotamente devido a COVID-19. Pela Figura 3.21 pode-se perceber que provavelmente havia um controle na época pela VRP do Castelo D'Água no período de 19 às 07 da manhã do dia seguinte, com pressões por volta de 50 mca. Após às 07 da manhã, aparentemente a VRP se abria ainda mais e as pressões chegavam próximas de 65 mca. Não se sabe ao certo por quanto tempo esse controle da VRP observado se pendurou, mas pode-se dizer que pelas pressões observadas, as perdas de água nesse período na FT deveriam ser superiores aos dias atuais.

Além disso, Santana (2022) constatou que a pressão mínima exigida para um adequado funcionamento do sistema de hidrantes e mangotinhos da FT seria de 45,59 mca. Se as pressões de água das instalações de combate a incêndio da FT apresentassem semelhanças com as pressões das instalações de água fria para abastecimento humano, como as pressões observadas neste trabalho, poderia se dizer que para as atuais condições, não haveria pressão suficiente para o adequado funcionamento desse sistema.

Matos e Lopes (2016) realizaram medições de pressão por um período de 12 horas na FT. Essas pressões estão apresentadas na Figura 3.19 e, como pode ser notado, das 00:00 às 07:00, as pressões variam entre 40 mca e 50 mca. Após às 07:00, as pressões caíram consideravelmente, registrando valores muito baixos, e que, pelo que foi constado no trabalho das autoras, tais quedas se davam pelo fato do diafragma da VRP do Castelo D'Água estar rompido. Portanto, devido ao pequeno período de análise das pressões na FT por Matos e Lopes (2016), e devido

ao fato da VRP não estar operando normalmente nesse período, não se pode fazer comparações das pressões existentes na época com as pressões medidas neste trabalho de Projeto Final.

Por fim, foi feita uma análise mais detalhada de todas as medições realizadas e verificadas todas as interrupções que possivelmente tiveram por quedas de energia. Ao longo dos 36 dias medidos (34 deles foram dias completos), foram percorridos ao todo cerca de 50511 minutos. Notou-se que desse tempo total, um total de 195 minutos não foram lidos, muito provavelmente por quedas de energia na FT. Desses 195 minutos, houve um dia que apresentou um maior intervalo de tempo sem medição, com 107 minutos interrompidos. Consiste no dia 29/08/2022, em que não se mediram as pressões entre 11:20 e 13:07, muito provavelmente por uma forte queda de energia. Essa interrupção de leitura pode ser notada na indicação da Figura 5.11. Outra interrupção de leitura de maior intervalo de tempo se deu entre 12:07 e 12:38 do dia 10/09/2022, de cerca de 31 minutos. Os demais períodos de queda de energia foram mais rápidos, variando de 7 a 12 minutos de interrupção das leituras.

Essa minutagem de 195 minutos de interrupções de medição representa 0,39% do tempo total medido. Dessa forma, pode-se concluir que a instrumentação proposta mostrou ser bastante precisa e conseguiu realizar leituras de pressão em mais de 99% do tempo em que estava instalada.

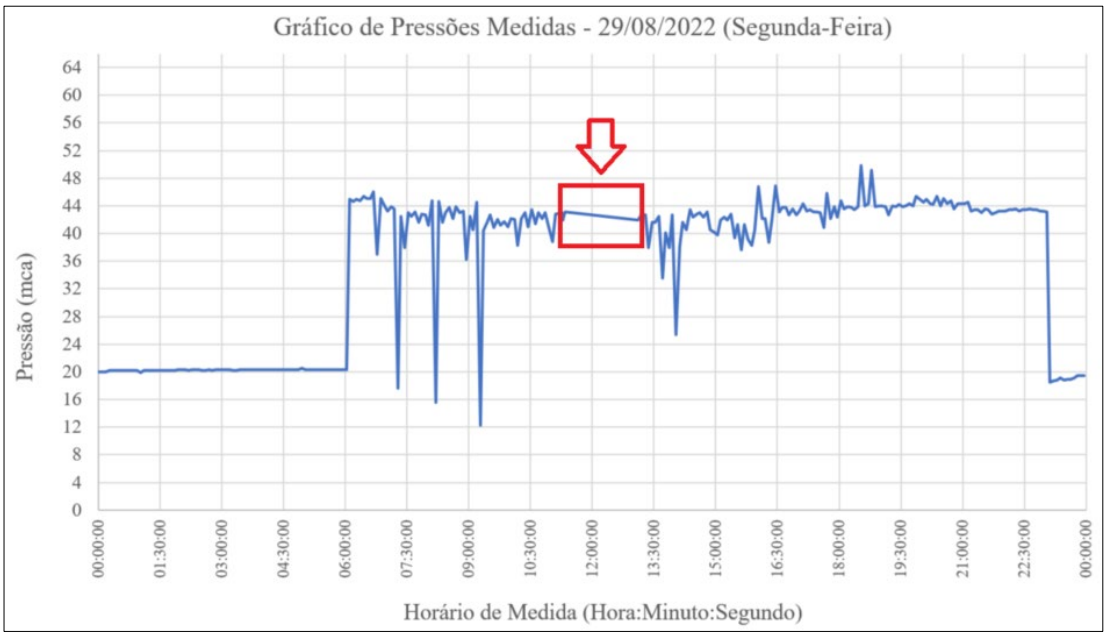


Figura 5.11 - Indicação de Interrupção de leitura das pressões por queda de energia na FT

5.5.2 ANÁLISE DOS CONSUMOS HÍDRICOS OBTIDOS

Partindo da metodologia que foi utilizada e apresentada no item 4.4.3 para registro dos consumos no hidrômetro da FT, todos os volumes lidos e registrados estão apresentados no Apêndice E deste trabalho. Buscou-se avaliar, a cada hora do dia, como estava sendo o consumo no edifício em dias de aula, a depender da quantidade de pessoas que frequentam o edifício nesses períodos.

Para isso, tornou-se necessário saber os volumes de água consumidos a cada hora do dia, bem como o número de pessoas presentes na FT a cada hora. Para obtenção desse quantitativo de pessoas, foi realizado um estudo do número de alunos, professores, técnicos administrativos e trabalhadores terceirizados que trabalham no edifício. A forma que se utilizou para sua obtenção

está disposta no item 4.4.3 deste trabalho. O quantitativo discretizado desse número de pessoas em cada horário nos dias da semana está melhor apresentado no Apêndice F. Neste tópico 5.5.2 será somente apresentado um quantitativo geral, mostrado pela Tabela 5.13 por horário e por dia da semana, do total de pessoas contabilizadas no estudo.

Tabela 5.13 – Quantitativo de pessoas que frequentam a FT por Horário e Dia da Semana

	QUANTITATIVO TOTAL DE PESSOAS QUE FREQUENTAM A FT						
	SEGUNDA-FEIRA	**TERÇA-FEIRA**	**QUARTA-FEIRA**	**QUINTA-FEIRA**	**SEXTA-FEIRA**	**SÁBADO**	**DOMINGO**
00:00 às 01:00	1	1	1	1	1	1	1
01:00 às 02:00	1	1	1	1	1	1	1
02:00 às 03:00	1	1	1	1	1	1	1
03:00 às 04:00	1	1	1	1	1	1	1
04:00 às 05:00	1	1	1	1	1	1	1
05:00 às 06:00	1	1	1	1	1	1	1
06:00 às 07:00	1	1	1	1	1	1	1
07:00 às 08:00	27	27	27	27	27	3	3
08:00 às 09:00	226	401	294	387	289	3	3
09:00 às 10:00	227	402	295	388	290	3	3
10:00 às 11:00	282	431	346	417	192	3	3
11:00 às 12:00	282	431	346	417	192	3	3
12:00 às 13:00	47	51	47	51	47	3	3
13:00 às 14:00	42	46	42	46	42	3	3
14:00 às 15:00	306	318	305	322	40	3	3
15:00 às 16:00	305	317	304	321	39	3	3
16:00 às 17:00	252	187	306	189	107	3	3
17:00 às 18:00	240	175	294	177	95	3	3
18:00 às 19:00	62	143	46	152	13	3	3
19:00 às 20:00	196	228	186	351	56	1	1
20:00 às 21:00	160	106	150	209	53	1	1
21:00 às 22:00	190	150	156	138	125	1	1
22:00 às 23:00	182	148	154	136	123	1	1
23:00 às 24:00	1	1	1	1	1	1	1

Na Tabela 5.14 são apresentados os volumes consumidos em cada hora do dia medidos do dia 13/09/2022 a 16/09/2022 (terça-feira a sexta-feira). Isso pois se buscará comparar esses volumes com o quantitativo de pessoas previsto. Dessa forma, foram obtidos e apresentados consumos em litros por pessoa frequentadora na FT a cada hora (L/*per capita*/hora). Foi realizada uma média desses consumos *per capita* horários calculados entre às 07 e às 23 horas, que consistem nos períodos que a FT está com seus portões abertos. Tais consumos estão apresentados pelas marcações em amarelo e em azul da Tabela 5.14. Notou-se que os consumos em litros por pessoa por hora dos horários de 07 às 08, 12 às 13 e 13 às 14 (marcações em amarelo) mostraram-se superiores à média de todos os valores calculados e apresentados pelas marcações em azul e amarelo. Isso ocorreu muito provavelmente pois nesses horários podem ter maiores usos da água na cantina da faculdade e chegada de frequentadores ao edifício, bem como no horário de almoço, das 12 às 14, que deve ter mais pessoas em relação ao que realmente foi previsto.

Vale lembrar que na estimativa de pessoas em cada horário do dia, não foi levada em conta, por exemplo, a permanência de alunos e professores no edifício em períodos fora de seus horários

de aula. Portanto, no intervalo do almoço (12 às 14), muitas pessoas continuam na edificação para almoçar, mas não foram contabilizadas nessa estimativa realizada.

A média geral feita para os consumos *per capita* horários entre das 07 às 23 dos dias 13/09/2022 a 16/09/2022 foi de 13,71 L/*per capita*/hora. Realizando uma nova estimativa, considerando que uma pessoa frequentadora da FT permaneça em média 4 horas no edifício, se teria um consumo por pessoa por dia no edifício de 54,84 litros (54,84 L/*per capita*/dia). Vale ressaltar que esse valor estimado inclui as perdas de água existentes no sistema. Comparando esse valor ao que foi apresentado no item 3.2.1 deste trabalho, tem-se um valor próximo ao que foi apresentado por Tsutiya (2006) e Creder (2006). Segundo Tsutiya (2006) no que tange a edifícios comerciais, tem-se um consumo per capita de 50 L/dia. Já de acordo com Creder (2006), um consumo *per capita* diário para escolas-externatos e edifícios públicos ou comerciais é de 50 L/dia.

Tabela 5.14 – Consumos Horários Registrados entre 13/09/2022 e 16/09/2022 e respetivos números de pessoas na FT em cada Horário

	TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
	Vol. Consumido (Litros)	**N° de Pessoas**	**L/*per capita*/hora**	**Vol. Consumido (Litros)**	**N° de Pessoas**	**L/*per capita*/hora**	**Vol. Consumido (Litros)**	**N° de Pessoas**	**L/*per capita*/hora**	**Vol. Consumido (Litros)**	**N° de Pessoas**	**L/*per capita*/hora**
00:00 às 01:00	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
01:00 às 02:00	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
02:00 às 03:00	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
03:00 às 04:00	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
04:00 às 05:00	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
05:00 às 06:00	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
06:00 às 07:00	688	1	-	683	1	-	730	1	-	782	1	-
07:00 às 08:00	1178	27	44	1114	27	41	1015	27	38	1037	27	38
08:00 às 09:00	1478	401	4	1241	294	4	1379	387	4	1326	289	5
09:00 às 10:00	705	402	2	1462	295	5	1456	388	4	1415	290	5
10:00 às 11:00	652	431	2	1431	346	4	1321	417	3	1168	192	6
11:00 às 12:00	1557	431	4	1401	346	4	1328	417	3	1374	192	7
12:00 às 13:00	2030	51	40	1652	47	35	1468	51	29	1683	47	36
13:00 às 14:00	1721	46	37	1764	42	42	1779	46	39	1633	42	39
14:00 às 15:00	2219	318	7	1548	305	5	1479	322	5	1310	40	33
15:00 às 16:00	1823	317	6	1706	304	6	1632	321	5	1720	39	44
16:00 às 17:00	1334	187	7	1500	306	5	1312	189	7	985	107	9
17:00 às 18:00	1192	175	7	1122	294	4	997	177	6	1042	95	11
18:00 às 19:00	975	143	7	936	46	20	1061	152	7	881	13	68
19:00 às 20:00	861	228	4	802	186	4	995	351	3	780	56	14
20:00 às 21:00	727	106	7	823	150	5	826	209	4	669	53	13
21:00 às 22:00	702	150	5	622	156	4	678	138	5	648	125	5
22:00 às 23:00	286	148	2	631	154	4	656	136	5	587	123	5
23:00 às 24:00	-	1	-	359	1	-	-	1	-	-	1	-

Como pode ser visto na Tabela 5.14, os horários, em geral que apresentaram os maiores de consumo de água foram das 12:00 às 16:00. Ao se fazer uma média do consumo ao longo desses horários do dia 13/09/2022 a 16/09/2022 (terça-feira a sexta-feira), encontrou-se um consumo de 1,698 m³/h. Entretanto, o maior consumo observado foi das 14:00 às 15:00 do dia 13/09/2022, com 2,219 m³/h. Matos e Lopes (2016) fizeram medições de vazões máximas na FT em alguns dias nos horários de 09:00 às 10:00, pois presumiram ser os horários com maior uso das instalações hidráulicas. As autoras encontraram uma média de 2,36 m³/h. Deve-se levar em conta que as condições de pressão da água nos momentos que esses consumos foram medidos por Matos e Lopes (2016) eram diferentes das condições atuais, bem como não se sabe o estado de integridade das instalações hidráulicas nessa época, se estavam ocorrendo maiores ou menores perdas de água em comparação com a atualidade.

Um ponto importante a destacar foi que em alguns momentos ao longo das observações e registros dos volumes apresentados pelo hidrômetro ultrassônico da FT se percebia que o valor do registrador do volume acumulado do hidrômetro se estagnava por extensos períodos de tempo. Ademais, nesses instantes, escutava-se intenso ruído gerado pelo fluxo da água no cavalete de entrada do abastecimento de água do edifício. Dessa forma, foi questionado se, para altas vazões que passassem pelo hidrômetro, se ele estaria conseguindo de fato realizar as leituras do volume consumido de água. A Tabela 5.15 ilustra os instantes em que se percebeu essas paralisações nas medições do hidrômetro, nos dias 13/09/2022, 14/09/2022 e 15/09/2022.

Tabela 5.15 – Volumes Apresentados pelo Hidrômetro da FT Supostamente Errôneos

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)		**QUARTA-FEIRA (14/09/2022)**		**QUINTA-FEIRA (15/09/2022)**	
Horário	**Volume (m³)**	**Horário**	**Volume (m³)**	**Horário**	**Volume (m³)**
09:49:00	80370.334	15:56:00	80403.003	17:55:00	80427.970
09:50:00	80370.334	15:57:00	80403.003	17:56:00	80427.970
09:51:00	80370.334	-	-	17:57:00	80427.970
09:52:00	80370.334	-	-	17:58:00	80427.970
09:53:00	80370.334	-	-	17:59:00	80427.971
09:54:00	80370.335	-	-	18:00:00	80427.972
09:55:00	80370.335	-	-	-	-
09:56:00	80370.335	-	-	-	-
09:57:00	80370.335	-	-	-	-
09:58:00	80370.335	-	-	-	-
09:59:00	80370.335	-	-	-	-
10:00:00	80370.335	-	-	-	-
10:01:00	80370.335	-	-	-	-
10:02:00	80370.335	-	-	-	-
10:03:00	80370.335	-	-	-	-
10:04:00	80370.335	-	-	-	-
10:05:00	80370.335	-	-	-	-
10:06:00	80370.337	-	-	-	-
10:07:00	80370.338	-	-	-	-
10:08:00	80370.338	-	-	-	-
10:09:00	80370.338	-	-	-	-
10:10:00	80370.338	-	-	-	-
10:11:00	80370.338	-	-	-	-
10:12:00	80370.338	-	-	-	-

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)		QUARTA-FEIRA (14/09/2022)		QUINTA-FEIRA (15/09/2022)	
Horário	**Volume (m³)**	**Horário**	**Volume (m³)**	**Horário**	**Volume (m³)**
10:13:00	80370.338	-	-	-	-
10:14:00	80370.338	-	-	-	-
10:15:00	80370.338	-	-	-	-
10:16:00	80370.349	-	-	-	-
10:17:00	80370.349	-	-	-	-
10:18:00	80370.349	-	-	-	-
10:19:00	80370.349	-	-	-	-
10:20:00	80370.349	-	-	-	-
10:21:00	80370.349	-	-	-	-
10:22:00	80370.349	-	-	-	-
10:23:00	80370.377	-	-	-	-
10:24:00	80370.377	-	-	-	-
10:25:00	80370.377	-	-	-	-
10:26:00	80370.400	-	-	-	-
10:27:00	80370.400	-	-	-	-
10:28:00	80370.400	-	-	-	-
10:29:00	80370.400	-	-	-	-
10:30:00	80370.400	-	-	-	-
10:31:00	80370.400	-	-	-	-
10:32:00	80370.400	-	-	-	-
10:33:00	80370.400	-	-	-	-
10:34:00	80370.400	-	-	-	-
10:35:00	80370.400	-	-	-	-
10:36:00	80370.400	-	-	-	-
10:37:00	80370.400	-	-	-	-
10:38:00	80370.400	-	-	-	-
22:44:00	80386.414	-	-	-	-
22:45:00	80386.414	-	-	-	-
22:46:00	80386.414	-	-	-	-
22:47:00	80386.414	-	-	-	-
22:48:00	80386.414	-	-	-	-
22:49:00	80386.414	-	-	-	-
22:50:00	80386.414	-	-	-	-
22:51:00	80386.414	-	-	-	-
22:52:00	80386.414	-	-	-	-
22:53:00	80386.414	-	-	-	-
22:54:00	80386.414	-	-	-	-
22:55:00	80386.414	-	-	-	-
22:56:00	80386.414	-	-	-	-
22:57:00	80386.414	-	-	-	-
22:58:00	80386.414	-	-	-	-
22:59:00	80386.414	-	-	-	-
23:00:00	80386.414	-	-	-	-

Nota-se pela Tabela 5.15, a exemplo do dia 13/09/2022, entre às 09:49 e às 10:15, os volumes se mantinham por diversos minutos sem se alterar e, quando se alterava, era na ordem de 0,001 a 0,002 m³ em um minuto, consistindo em valores que mostram-se incoerentes. A exemplo do que foi apresentado no item 5.4, em momentos de finais de semana e feriados, entre às 06:00 e às 23:00, houve consumos médios de 9,73 L/min, ou seja, 0,00973 m³/min. Esse valor que se mostra bem superior aos notados na Tabela 5.15, indicando estagnação das leituras do hidrômetro.

Em relação às falhas de registro do hidrômetro apresentadas no dia 13/09/2022 que vão das 09:49 às 10:38, acredita-se que essa falha se iniciou antes das 09:49, devido a dois motivos. O primeiro foi que iniciou as medições dos consumos apenas às 09:49 e, quando chegou-se no cavalete para registrar os valores, o fluxo da água já apresentava alto ruído e o volume apresentado no visor do hidrômetro já estava estagnado. O segundo motivo consiste em uma análise das pressões registradas nesse período. Nota-se pela indicação em vermelho na Figura 5.12, que nesse período houve um patamar de pressões mais baixas, que muito provavelmente se deve a altos consumos existentes. Ao se averiguar o intervalo de tempo que ocorreu esse patamar de pressões mais baixas, percebeu-se que desde às 09:36 as pressões já estavam baixas. Portanto, isso sugere que das 09:36 às 10:38 (duração de 62 minutos), em elevados consumos existentes, houve uma falha na medição do hidrômetro.

O mesmo pode ser notado para o período de falha na medição notado entre 22:44 e 23:00 no dia 13/09/2022. Quando se iniciaram as medições dos consumos às 22:44, o fluxo da água já apresentava alto ruído e o volume apresentado no visor do hidrômetro já estava estagnado. Ao se averiguar o intervalo de tempo que ocorreu esse patamar de pressões mais baixas (indicação em marrom na Figura 5.12), foi notado que desde às 22:32 as pressões já estavam baixas. Somente após o fechamento da VRP do Castelo D'Água, que as pressões sofreram uma queda mais acentuada, que o hidrômetro logo em seguida voltou a registrar os consumos normalmente. Portanto, notou-se que das 22:32 às 23:00 (duração de 28 minutos), houve uma falha na medição do hidrômetro.

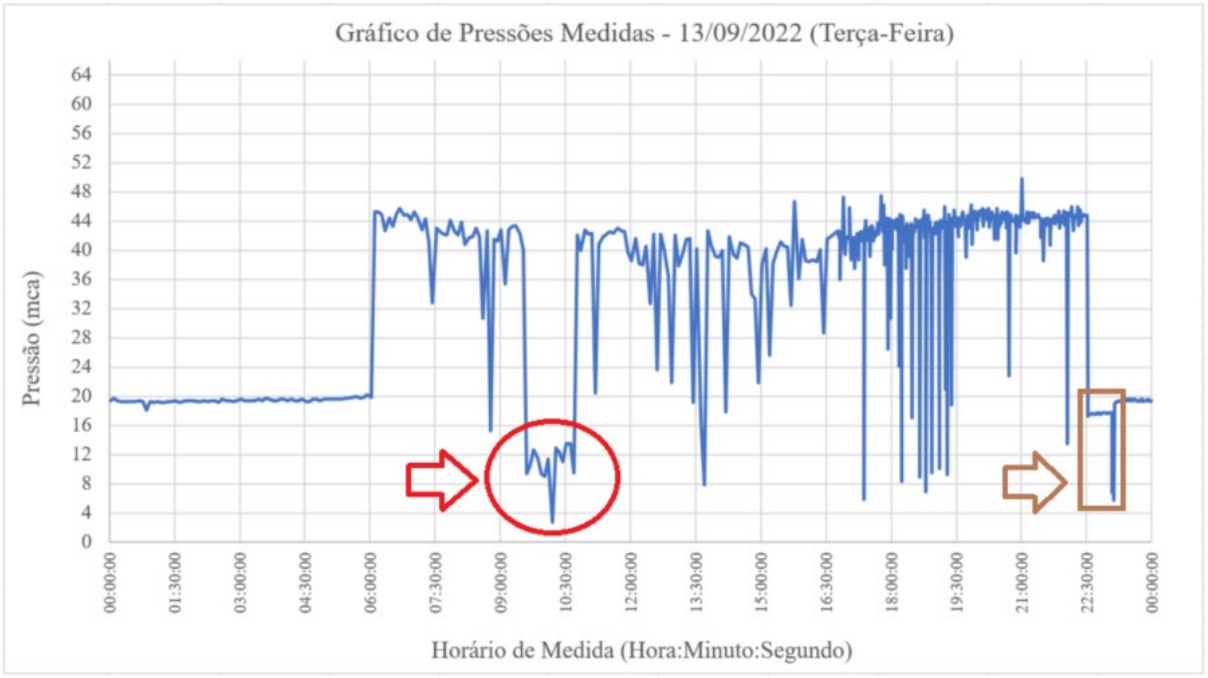


Figura 5.12 - Pressões Registradas no dia 13/09/2022

Em uma análise mais ampla do funcionamento do hidrômetro, com as leituras feitas de 1 min em 1 min dos dias 13/09/2022, 14/09/2022, 15/09/2022, 16/09/2022, 17/09/2022 e 18/09/2022, notou-se que os maiores picos de consumo em um minuto se deram nos dias 13/09/2022 e 14/09/2022, com 104 L/min (às 15:55) e 102 L/min (às 14:53), respectivamente. Dessa forma, nota-se pelos valores registrados que o hidrômetro conseguiu registrar valores que chegassem a um acréscimo no volume acumulado de 104 litros em 1 minuto. Ao se verificar as especificações desse hidrômetro, conforme apresentadas no item 4.4.3, constata-se que ele apresenta diâmetro de 20 mm (3/4") e, segundo especificações do fabricante, suas grandezas características são: Vazão nominal de 4 m³/h, Vazão de sobrecarga de 5 m³/h, Vazão de transição de 25,6 L/h e Vazão mínima de 16 L/h.

Ao se avaliar a Vazão de sobrecarga, conforme apresentado no item 3.4.1, ela consiste na vazão que o medidor poderá funcionar por um pequeno intervalo de tempo sem se danificar. Entretanto, ao se olhar para a Vazão de sobrecarga de 5 m³/h do hidrômetro em questão, ela também pode ser representada como sendo de 83,33 L/min, sendo apenas 25 % maior que a Vazão nominal. Nota-se que o hidrômetro ultrassônico conseguiu registrar, como observado, uma vazão de 104 L/min, acima da sua Vazão de sobrecarga. Conforme o que foi exposto por Tsutiya (2006) e apresentado no item 3.4.1, na época em que o seu livro foi escrito, os hidrômetros apresentavam usualmente a Vazão de sobrecarga igual ao dobro da Vazão nominal. Em hipótese de que a Vazão de sobrecarga seja o dobro da Vazão nominal, então se teria um valor de 8 m³/h para o hidrômetro em análise, o que equivale a 133,33 L/min. Esse valor justificaria o fato de ter sido possível serem realizadas leituras de 104 L/min e 102 L/min no hidrômetro.

Portanto, acredita-se que vazões acimas de 133,33 L/min não foram possíveis de serem lidas no hidrômetro ultrassônico em questão, conforme pode ser notado na Tabela 5.15, em que em momentos de elevadas vazões no sistema as leituras se mostravam estagnadas. Conclui-se, portanto, que o hidrômetro que atualmente registra os consumos da Faculdade de Tecnologia não se apresenta adequado para registrar as demandas da edificação, podendo ser notada uma submedição do consumo de água.

5.5.2.1 PROPOSTA DE MELHORIA PARA O SISTEMA

Como pode se perceber nas análises das pressões realizadas no item 5.5.1, está nítido o quanto há elevadas variações de pressão medidas. Essas variações que impactam diretamente o funcionamento de equipamentos e tornam mais propícios os surgimentos de trincas e rupturas, gerando novos vazamentos de água nas instalações hidráulicas da FT. Dessa forma, acredita-se que o sistema de abastecimento direto existente é responsável pelas variações tão bruscas nas pressões. Além disso, há a necessidade de um volume para situações de emergência, em caso de manutenções ou interrupções do fluxo de água do sistema distribuidor público. Ademais, como já apresentado no trabalho de Santana (2022), há necessidade de uma RTI para a edificação, para que dessa forma a FT não fique vulnerável a imprevistos no seu abastecimento de água em situações de incêndio. Em vista desses fatores, recomenda-se a instalação de um reservatório na Faculdade de Tecnologia.

Neste tópico 5.5.2.1 é calculado um volume para o reservatório para atendimento das demandas hídricas das pessoas que frequentam a edificação nas atuais condições de pressão da água existentes.

Os volumes totais observados a cada hora do dia no hidrômetro ultrassônico da FT foram registrados e estão apresentados no Apêndice E. Observou-se que dentre os dias medidos, aquele que apresentou os maiores consumos foi o dia 14/09/2022, em uma quarta-feira.

Coincidentemente, foi constatado que esse dia apresentou a maior temperatura no Distrito Federal até então no ano de 2022, de acordo com o site de notícias Metrópoles (2022).

Por recomendação de Creder (2006, p.10), "é de boa norma prevermos reservatórios com capacidade suficiente para uns dois dias de consumo diário". Para determinação dessa capacidade do reservatório, buscou-se, dessa maneira, determinar o consumo total do dia 14/09/2022. Não se sabe se o dia analisado foi o mais desfavorável de 2022, mas provavelmente estará dentre aqueles mais quentes do ano, podendo apresentar um dos maiores consumos diários do ano.

Para determinação do consumo total do dia 14/09/2022, utilizaram-se os volumes anotados em cada hora desse dia que foram obtidos do hidrômetro da FT. Entretanto, das 00:00 às 05:00, não foram feitas anotações presenciais desses volumes. Para suas obtenções, utilizou-se a vazão de 6 L/min apresentada no item 5.4, que serviria de boa estimativa para esse cálculo. Assim, a partir do volume registrado às 06:00 de 80389,092 m³, foi possível calcular os volumes de 00:00 às 05:00 descontando desse valor das 06:00 os volumes horários gerados a partir da vazão de 6 L/min. A Tabela 5.16 apresenta todos os volumes acumulados do dia 14/09/2022.

Tabela 5.16 – Volumes Registrados e Acumulados Horários - Dia 14/09/2022

QUARTA-FEIRA (14/09/2022)		
HORA	**VOLUME REGISTRADO (m³)**	**VOLUME ACUMULADO (m³)**
00:00:00	80386.932	0.000
01:00:00	80387.292	0.360
02:00:00	80387.652	0.720
03:00:00	80388.012	1.080
04:00:00	80388.372	1.440
05:00:00	80388.732	1.800
06:00:00	80389.092	2.160
07:00:00	80389.775	2.843
08:00:00	80390.889	3.957
09:00:00	80392.130	5.198
10:00:00	80393.592	6.660
11:00:00	80395.023	8.091
12:00:00	80396.424	9.492
13:00:00	80398.076	11.144
14:00:00	80399.840	12.908
15:00:00	80401.388	14.456
16:00:00	80403.094	16.162
17:00:00	80404.594	17.662
18:00:00	80405.716	18.784
19:00:00	80406.652	19.720
20:00:00	80407.454	20.522
21:00:00	80408.277	21.345

QUARTA-FEIRA (14/09/2022)		
HORA	**VOLUME REGISTRADO (m³)**	**VOLUME ACUMULADO (m³)**
22:00:00	80408.899	21.967
23:00:00	80409.530	22.598
24:00:00	80409.889	22.957

Assim, seguindo o volume de consumo acumulado total do dia 14/09/2022 de 22,957 m³ apresentado na Tabela 5.16, um reservatório com o dobro dessa capacidade seria de 45,91 m³. Esse valor que é próximo ao volume sugerido por Oliveira (2018). Segundo o autor, o volume de abastecimento da FT para suprir sua demanda diária seria de 40 m³, volume esse que não contabiliza a RTI.

Além desse volume para abastecimento das pessoas, o reservatório também deverá contar com volumes para combate a incêndio e para emergências. Segundo o estudo de Fernandes (2018), a Faculdade de Tecnologia é uma edificação que se encaixa na classe de incêndio do Grupo B-1, pois seu uso e ocupação se caracteriza como escolar com área acima de 200 m^2. Assim, a partir da área do edifício, Fernandes (2018) calculou uma RTI exigida de 25,76 m³. Santana (2022) também calculou um volume de RTI para a FT. Segundo a autora, para a FT se faz necessário uma RTI de 30 m³.

Considerando o maior valor de RTI apresentado nesses dois estudos, que é de 30 m³, e considerando o volume calculado de 45,91 m³ para abastecimento da população que frequenta a FT, tem-se um volume exigido total para o reservatório de 75,91 m³. Estudos mais aprofundados devem ser feitos para propor um adicional de volume para situações de emergência, em casos de interrupções do fluxo de água do sistema distribuidor público e impossibilidade do abastecimento do reservatório. Além disso, um estudo deverá ser feito para determinar o melhor local para instalação do reservatório, bem como o tipo de reservatório a ser empregado, de forma a atender às pressões exigidas em norma.

Vale ressaltar que a estimativa do volume do reservatório foi realizada considerando os consumos de um dos dias mais quentes do ano, em uma situação nas quais as pressões de água variavam muito ao longo do dia devido ao sistema direto de abastecimento de água. Em caso de instalação de um reservatório, as pressões da água serão diferentes e influenciarão diretamente no consumo hídrico das pessoas.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos realizados ao longo deste trabalho ratificam a importância de se analisar os consumos de água em consonância com as pressões no sistema de abastecimento de água.

A instrumentação concebida composta por um transdutor de pressão adquirido e sua conexão com o módulo Data Logger Shield mais Arduino UNO R3 apresentou bons resultados.

A instrumentação proposta para medição das pressões de água mostrou ser viável pela sua confiabilidade e pelo seu baixo custo, comparando com manômetros digitais com *data logger* disponíveis no mercado. Pôde-se concluir que a instrumentação concebida mostrou ser bastante precisa e conseguiu realizar leituras de pressão em mais de 99% do tempo em que estava instalada.

A partir do estudo das contas de água da FT, pôde-se constatar que ocorreram expressivas perdas de água no período analisado de 2017 a 2022. Estima-se que, só de janeiro a setembro de 2019, se comparando com os valores de consumo dos anos de 2017 e 2018, mais de 11000 m³ de água foram perdidos devido a vazamentos nas suas instalações hidráulicas, representando um custo econômico de mais de R$283.000,00.

Pode-se inferir, analisando as contas do ano de 2022, que há índicos de perdas contínuas de água nas instalações da FT nos dias atuais. Para se poder quantificar os volumes atuais de perdas de água, foram feitas análises mais precisas a partir de leituras no hidrômetro ultrassônico da edificação, bem como a partir de análises dos dados de pressões da água medidos pela instrumentação concebida.

Pôde-se estimar, para as condições atuais de consumo e pressão analisados na Faculdade de Tecnologia, um total de perdas de água para finais de semana e feriados de cerca de 12,44 m³/dia. Já para dias de segundas-feiras a sextas-feiras, estima-se perdas de água acima de 7,49 m³/dia. Somente no mês de setembro de 2022, tem-se um volume de perdas de água superior a 269 m³, o que representaria um custo, somente nesse mês, de cerca de R$ 8.000,00. A partir das análises realizadas, estimou-se que a Faculdade de Tecnologia apresenta, entre segundas-feiras e sextas-feiras, nas atuais condições de pressão de água existentes, perdas de água diárias superiores a 33% do volume consumido diário do edifício.

Em relação às pressões lidas pela instrumentação concebida no ponto de utilização proposto, localizado no Laboratório de Hidráulica e Estruturas, ao longo de todo o período de análise (36 dias), notou-se oscilações de pressão que variaram de 1,94 mca a 64,39 mca. O valor mínimo de pressão dinâmica exigido pela NBR 5626/2020 foi respeitado. Entretanto, o mesmo não ocorreu com o limite de pressão estática máximo estabelecido por essa norma.

As leituras de pressão pela instrumentação concebida mostraram que as medições a cada 1 minuto representaram muito melhor as variações de pressão ao longo do dia em comparação com as medições feitas a cada 5 minutos, em que foi perceptível haver variações de mais de 35 mca em um intervalo de apenas 1 minuto.

Um ponto importante a destacar foi que em alguns períodos ao longo das observações e registros dos volumes apresentados pelo hidrômetro ultrassônico da FT, se notou que o valor do registrador do volume acumulado do hidrômetro se estagnava por determinados intervalos de tempo, podendo se perceber nesses momentos intensos ruídos gerados pelo fluxo da água no cavalete de entrada do abastecimento de água do edifício. Pôde-se concluir que o hidrômetro

que atualmente registra os consumos da Faculdade de Tecnologia não se apresenta adequado para registrar as demandas da edificação, podendo ser notada uma submedição do consumo de água. Essa submedição que possivelmente pode ocorrer por obstruções nos emissores-receptores de ultrassom fixados na parede do tubo com diâmetro de 20 mm (3/4") do hidrômetro ultrassônico. Vale lembrar que no cavalete de entrada do abastecimento de água da FT, os condutos logo antes e logo depois desse hidrômetro são em ferro fundido DN100, o que pode ser notado uma redução brusca de diâmetro na ligação com o hidrômetro ultrassônico.

A instrumentação concebida neste trabalho para medição das pressões de água poderá ser utilizada em diversas outras aplicações em sistemas de abastecimento de água, como por exemplo em sistemas de controle de vazamentos de água em redes de distribuição e adutoras, em sistemas de bombeamento, podendo aferir as pressões a montante e a jusante de uma bomba, entre outras aplicações.

Dentre as limitações da metodologia empregada no trabalho, pode-se destacar que no levantamento do quantitativo de pessoas que frequentam a FT, não foi realizado uma estimativa de alunos e professores presentes na edificação fora dos horários de aula, como por exemplo em períodos de almoço. Nota-se que diversos docentes e alunos estão presentes no edifício para desenvolvimento de estudos e outras atividades fora de seus horários de aula, nos quais não foram contabilizados.

Outra limitação do método empregado neste trabalho foi na forma de alimentação da instrumentação concebida, que foi através de fonte externa ligada em tomada. Isso tornou sua instalação dependente de locais que apresentassem disponibilidade de tomada para ligação.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo de uma maneira mais prática de alimentar o conjunto Data Logger Shield mais Arduino UNO R3, como através de fontes de alimentação portáteis, de forma a possibilitar realizar medições em pontos de utilização que não apresentem tomada para ligação de fonte externa. Além disso, em caso de manutenção do sistema de telemetria existente na FT pela CAESB, recomenda-se um estudo dos consumos hídricos em um maior horizonte de tempo, de forma a compará-los com os atualmente medidos e apresentados neste trabalho. Ademais, seria de grande valia estudar as pressões em mais pontos de utilização na FT para comparação dos resultados.

Para melhor entendimento de como as pressões de água estão se comportando dentro das instalações hidráulicas do edifício, seria interessante um estudo em que, através de medições de pressão em pontos estratégicos, seja possível aferir como estão ocorrendo as perdas de carga no sistema.

Além disso, está evidente pelas análises das pressões realizadas o quanto há elevadas variações de pressão nas instalações da FT. Essas variações que influenciam diretamente no surgimento de novos vazamentos de água, com o aparecimento de novas trincas e rupturas de condutos, que atualmente na FT são parte em ferro galvanizado e parte em PVC. Por se acreditar que o sistema de abastecimento direto existente é responsável pelas variações tão bruscas nas pressões, e devido a necessidade de um volume de reservação para situações de emergência e de incêndio (RTI), recomenda-se que seja feito um estudo sobre a instalação de um reservatório na Faculdade de Tecnologia. Essa reservação trará maior longevidade e integridade das instalações hidráulicas do edifício, bem como maior segurança para as pessoas e para a edificação em situações extraordinárias de incêndio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**. Brasília DF. 2015.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro. 1998.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro. 2017.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. Rio de Janeiro. 2020.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro. 2020.

ADASA, AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. **Relatório de Monitoramento Regular do Consumo de Água Tratada no Distrito Federal**. Brasília DF. 2020.

ALFACOMP AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. Disponivel em: <https://alfacomp.net/produto/tp20-transmissor-de-pressao/>. Acesso em: 21 abr. 2022.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília DF. 2019.

ARAÚJO, G. D. A.; VIRGOLIM, V. R. **Análise de Consumo de Água e Perdas no Campus da UnB**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2010.

ARDUINO. Disponivel em: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?_gl=1*1wg5553*_ga*MTg3NjgxOTk4MC4xNjUwMTE0OTY0*_ga_NEXN8H46L5*MTY1MDExNDk2NC4xLjEuMTY1MDExNjg4MS4w>. Acesso em: 21 abr. 2022.

ARDUINO E CIA. Disponivel em: <https://www.arduinoecia.com.br/data-logger-shield-com-rfid-nfc-pn532/>. Acesso em: 08 set. 2022.

AWWA STAFF. **Instrumentation and Control (M2)**. 3ª. ed. Washington USA: American Water Works Association, 2000.

AWWA STAFF. **Flowmeters in Water Supply (M33)**. 2ª. ed. Washington USA: American Water Works Association, 2006.

BARBOSA, G. G.; BEZERRA, S. P.; SANT'ANA, D. **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**. Brasília, DF. 2019.

BRUNO, F. et al. **A Pressure Monitoring System for Water Distribution Networks Based on Arduino Microcontroller**. Enna, Itália. 2021.

CODEPLAN, COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Consumo de Água do Distrito Federal por Região Administrativa**. Brasília DF. 2018.

COELHO, R. J. **Monitoramento Remoto de Pressão em Adutoras de Distribuição de Água Tratada**. Santa Maria, RS. 2014.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DIEHL METERING. HYDRUS 2.0 RESIDENCIAL Smart Meter - Parte 1: O mundo da metrologia. Disponivel em: <https://www.youtube.com/watch?v=OxlQRWcKKzE&t=61s>. Acesso em: 21 abr. 2022.

EPAL - EMPRESA PORTUGUESA DAS ÁGUAS LIVRES S.A. **Controlo Ativo de Perdas de Água**. Lisboa, Portugal. 2017.

FERNANDA PERES ESTATÍSTICA APLICADA À VIDA REAL. Disponivel em: <https://fernandafperes.com.br/blog/interpretacao-boxplot/>. Acesso em: 11 set. 2022.

FERNANDES, L. S. **Concepção de Projeto de Combate a Incêndio por Hidrantes no Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília e Reservatórios do Campus Darcy Ribeiro**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2018.

FIGUEIREDO, M. P.; VALENTE, J. T. **Balanço Hídrico em Sistemas de Abastecimento de Água. Perdas de Água**. FEUP. Porto, Portugal. 2019.

FILHO, E. G. D. B. **Sistema Inteligente para o Controle de Pressão de Redes de Distribuição de Água Aabstecidas por Bombas Associadas em Paralelo**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 2016.

GONÇALVES, O. M. et al. **Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio**. Campinas SP. 2005.

HAMILTON, S.; MCKENZIE, R. **Water Management and Water Loss**. 1ª. ed. Londres, UK: IWA Publishing, 2014.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. D. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

JÚNIOR, R. D. C. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura**. 11ª. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MARTINEZ, C. B. et al. **Sistema para Monitoramento de Pressão e Temperatura em Sistemas Hidráulicos Prediais**. Belo Horizonte, MG. 2012.

MARTINS, J. P. **Redução de Perdas e Gestão de Empresas de Água**. FEUP. Porto, Portugal. 2019.

MARTINS, M. M. **Análise dos Padrões de Pressão e Vazão nas Instalações Prediais de Água do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2019.

MATOS, C. R.; LOPES, T. D. P. R. M. **Consumo de Água no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília - Estudo de Medidas para Redução de Perdas**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2016.

METRÓPOLES. Disponivel em: <https://www.metropoles.com/distrito-federal/apos-dia-mais-quente-do-ano-inmet-preve-chuvas-para-esta-quinta-no-df>. Acesso em: 22 set. 2022.

NETTO, J. M. D. A.; FERNÁNDEZ, M. F. Y. **Manual de Hidráulica**. 9ª. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

OLIVEIRA, G. et al. **Perdas de Água 2021 (SNIS 2019): Desafios para Disponibildiade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico**. São Paulo. 2021.

OLIVEIRA, R. D. S. **Estudo de Reservatórios e Redução de Perdas de Água na Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2018.

OMEGA ENGINEERING. Doppler vs Transit Time - Let's talk Ultrasonic Flow Meters (2019). Disponivel em: <https://www.youtube.com/watch?v=NQWNYARWmB8>. Acesso em: 16 abr. 2022.

OMEGA ENGINEERING. What is a pressure transducer and how does it work? (2018). Disponivel em: <https://www.youtube.com/watch?v=UZLiLRlJzbU>. Acesso em: 01 set. 2022.

PÉREZ-PADILLO, J. et al. **Design and Implementation of a Pressure Monitoring System Based on IoT for Water Supply Networks**. Universidade de Córdoba. Córdoba, Espanha. 2020.

PINTO, M. M. L.; BAPTISTA, M. B. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. 3ª. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

PORTO, R. D. M. **Hidráulica Básica**. 4ª. ed. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2006.

RABELO, A. V. **Análise de Consumo e Pressão no Ramal Predial do ICC**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2020.

ROCHA, V. O. **Consumo de Água em Edificações de Ensino no Campus Darcy Ribeiro - UNB**. Univerisidade de Brasília. Brasília, DF. 2021.

SANT'ANA, D. et al. **Reúso-DF: Políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade ambiental do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais no Distrito Federal**. Brasília, DF. 2019.

SANTANA, L. C. **Análise do Sistema Hidráulico de Combate a Incêndio da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília e Proposta de Atualização**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2022.

SANTANA, P. M.; SANT'ANA, D. **Water Use and Conservation in Educacional Centres of the Federal District**. Deseign to Thrive - PLEA 2017. Edinburgh.

SANT'ANNA, R. et al. **Análise do Consumo de Água em Escola Pública do Distrito Federal**. Brasília, DF. 2013.

SENAI, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Instrumentação Básica- Pressão e Nível**. Vitória ES. 1999.

SILVA, L. O. D. **Efeito da Pressão de Abastecimento de Água no Ramal Predial do Instituto Central de Ciências do Campus Darcy Ribeiro sobre o Volume de Água Medido**. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2021.

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. Brasília DF. 2019.

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

WHITTLE, A. et al. **WATERWISE@SG: A Testbed for continuous monitoring of the water distribution system in Singapore**. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos. 2010.

WIKA. **Manômetros com elemento elástico**. Iperó SP. 2010.

YOSHIMOTO, P. M. **Programa de Redução de Perdas na Região Metropolitana de São Paulo**. SABESP. São Paulo. 2006.

ZURICH. Disponivel em: <https://www.zurichpt.com.br/manometros-digitais-e-registradores.php>. Acesso em: 21 abr. 2022.

APÊNDICE A – CÓDIGO ARDUINO DESENVOLVIDO

CODIGO-TRANSDUTOR_DE_PRESSAO_COM_DATA_LOGGER

```
//Programa: Transdutor de pressão com data logger

#include "RTClib.h"
#include <SD.h>

//Pino CS do cartao SD
int Pino_CS = 10;

RTC_DS1307 rtc;
File file;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Data logger com sensor de pressão");
  Serial.println();

  //Inicia o cartão SD
  Serial.println("Iniciando cartao SD...");
  if (!SD.begin(Pino_CS))
  {
    Serial.println("Falha na inicializacao do SD!");
    return;
  }
  Serial.println("Cartao SD iniciado. OK");
  Serial.println();

  //Verifica as condições do RTC
  if (! rtc.begin())
  {
    Serial.println("RTC nao encontrado!");
    while (1);
  }
  if (! rtc.isrunning())
  {
    Serial.println("RTC nao operante!");
    //A linha abaixo ajusta o RTC com a data e hora do momento da compilação
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    //A linha abaixo permite ajustar manualmente a data e hora do RTC
```

CODIGO-TRANSDUTOR_DE_PRESSAO_COM_DATA_LOGGER

```
    //Formato: DateTime(ano, mes, dia, hora, minuto, segundo)
    //rtc.adjust(DateTime(2014, 1, 21, 3, 0, 0));
  }
}
void loop(void)
{
  //Lê a tensão em formato digital e registra com data e hora no arquivo
    unsigned int sensorVal=analogRead(A1);

    //Lê as informações do RTC
    DateTime now = rtc.now();

    //Serial monitor - informações de data, de horário e de leituras de pressão

    //Serial.print(now.day(), DEC); //IMPRIME NO MONITOR SERIAL O DIA
    //Serial.print('/'); //IMPRIME O CARACTERE NO MONITOR SERIAL
    //Serial.print(now.month(), DEC); //IMPRIME NO MONITOR SERIAL O MÊS
    //Serial.print('/'); //IMPRIME O CARACTERE NO MONITOR SERIAL
    //Serial.print(now.year(), DEC); //IMPRIME NO MONITOR SERIAL O ANO
    //Serial.print(' ');
    //Serial.print(now.hour() < 10 ? "0" : "");
    //Serial.print(now.hour(), DEC);
    //Serial.print(':');
    //Serial.print(now.minute() < 10 ? "0" : "");
    //Serial.print(now.minute(), DEC);
    //Serial.print(':');
    //Serial.print(now.second() < 10 ? "0" : "");
    //Serial.print(now.second(), DEC);
    //Serial.print(" ");
    //Serial.print("Pressão: ");
    //Serial.println(sensorVal);

    //Gravação do cartão
      //Abre o arquivo no SD para gravação
      file = SD.open("teste.csv", FILE_WRITE);
        //Grava os dados no cartão SD
        file.print(now.day(), DEC);
        file.print('/');
        file.print(now.month(), DEC);
```

CODIGO-TRANSDUTOR_DE_PRESSAO_COM_DATA_LOGGER

```
        file.print(";");
        file.print(now.hour(), DEC);
        file.print(':');
        file.print(now.minute(), DEC);
        file.print(':');
        file.print(now.second(), DEC);
        file.print(";");
        file.print(sensorVal);
        file.println();
      //Fecha arquivo
      file.close();

    //Intervalo de tempo entre medidas
    delay (60000);
}
```

```
//Programa: Transdutor de pressão com data logger

#include "RTClib.h"
#include <SD.h>

//Pino CS do cartao SD
int Pino_CS = 10;

RTC_DS1307 rtc;
File file;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Data logger com sensor de pressão");
  Serial.println();

  //Inicia o cartão SD
  Serial.println("Iniciando cartao SD...");
  if (!SD.begin(Pino_CS))
  {
    Serial.println("Falha na inicializacao do SD!");
    return;
  }
  Serial.println("Cartao SD iniciado. OK");
  Serial.println();

  //Verifica as condições do RTC
  if (! rtc.begin())
  {
    Serial.println("RTC nao encontrado!");
    while (1);
  }
  if (! rtc.isrunning())
  {
```

```
    Serial.println("RTC nao operante!");
    //A linha abaixo ajusta o RTC com a data e hora do
momento da compilação
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    //A linha abaixo permite ajustar manualmente a data e
hora do RTC
    //Formato: DateTime(ano, mes, dia, hora, minuto,
segundo)
    //rtc.adjust(DateTime(2014, 1, 21, 3, 0, 0));
  }
}
void loop(void)
{
  //Lê a tensão em formato digital e registra com data e
hora no arquivo
    unsigned int sensorVal=analogRead(A1);

    //Lê as informações do RTC
    DateTime now = rtc.now();

    //Serial monitor - informações de data, de horário e
de leituras de pressão

    //Serial.print(now.day(), DEC); //IMPRIME NO MONITOR
SERIAL O DIA
    //Serial.print('/'); //IMPRIME O CARACTERE NO MONITOR
SERIAL
    //Serial.print(now.month(), DEC); //IMPRIME NO
MONITOR SERIAL O MÊS
    //Serial.print('/'); //IMPRIME O CARACTERE NO MONITOR
SERIAL
    //Serial.print(now.year(), DEC); //IMPRIME NO MONITOR
SERIAL O ANO
    //Serial.print(' ');
    //Serial.print(now.hour() < 10 ? "0" : "");
```

```
  //Serial.print(now.hour(), DEC);
  //Serial.print(':');
  //Serial.print(now.minute() < 10 ? "0" : "");
  //Serial.print(now.minute(), DEC);
  //Serial.print(':');
  //Serial.print(now.second() < 10 ? "0" : "");
  //Serial.print(now.second(), DEC);
  //Serial.print(" ");
  //Serial.print("Pressão: ");
  //Serial.println(sensorVal);

  //Gravação do cartão
    //Abre o arquivo no SD para gravação
    file = SD.open("teste.csv", FILE_WRITE);
      //Grava os dados no cartão SD
      file.print(now.day(), DEC);
      file.print('/');
      file.print(now.month(), DEC);
      file.print(";");
      file.print(now.hour(), DEC);
      file.print(':');
      file.print(now.minute(), DEC);
      file.print(':');
      file.print(now.second(), DEC);
      file.print(";");
      file.print(sensorVal);
      file.println();
    //Fecha arquivo
    file.close();

  //Intervalo de tempo entre medidas
  delay (60000);
}
```

APÊNDICE B – FICHA TÉCNICA TRANSDUTOR DE PRESSÃO UTILIZADO

Water Pressure Sensor G1/4 1.2Mpa

SKU 114991178



Description

This is a pressure measuring sensor. You can use it in clean, non-corrosive gas and liquid.

Features

Compact, Easy to Install

High Sealing Performance

High Quality Hall Effect Sensor

RoHS Compliant

Specifications

Wokring Voltage: DC 5±0.5V

Working Current: ≤10mA (DC 5V)

Working Voltage: DC 0.5~4.5V

Working Pressure Rate Range: 0~1.2Mpa

Max. Pressure: 2.4Mpa

Destructive pressure: 3.0Mpa

Working Temperature: -20～+ 105℃

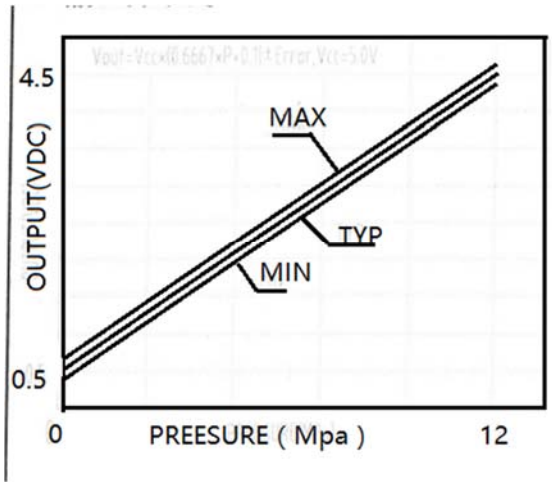
Storage Temperature: -20～+ 105℃

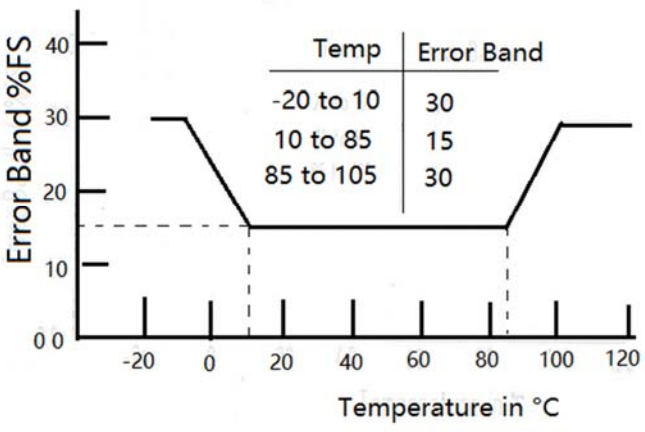
Measurement Accuracy: ±1.5%FS

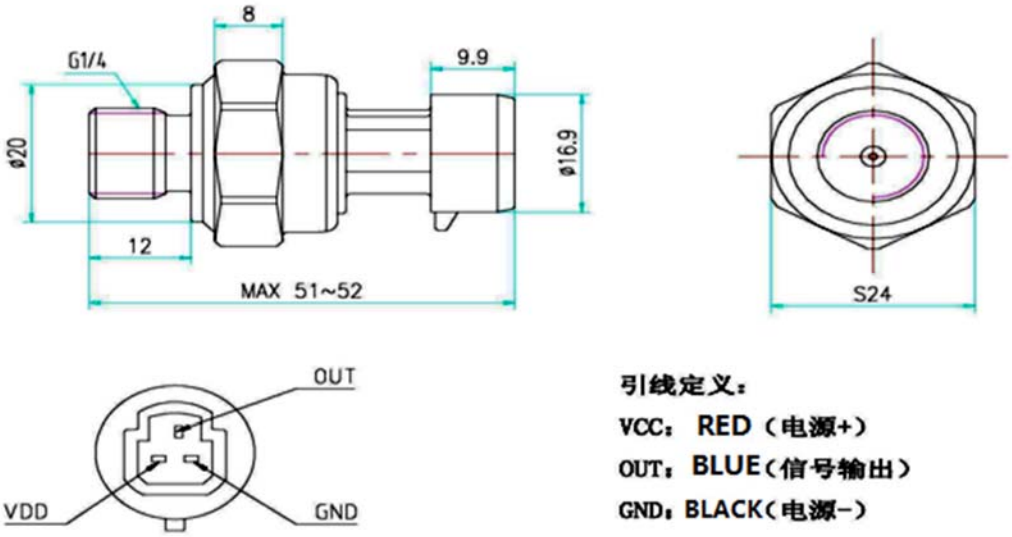
Response Time: ≤2.0ms

IP65

Cycle Life: 1,000,000 pcs







Partlist

1 x Water Pressure Sensor

APÊNDICE C – CALENDÁRIO ATIVIDADES ACADÊMICAS UNB (2017 – 2022)

2017 - PERÍODOS LETIVOS E DE FÉRIAS	
JANEIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO; INICÍO DO RACIONAMENTO DE ÁGUA NO DF (16/01/2017)
FEVEREIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO
MARÇO	(MISTO) PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 06/03)
ABRIL	LETIVO PRESENCIAL
MAIO	LETIVO PRESENCIAL
JUNHO	LETIVO PRESENCIAL
JULHO	(MISTO) PRESENCIAL (AULAS ATÉ DIA 07/07)
AGOSTO	(MISTO) PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 07/08)
SETEMBRO	LETIVO PRESENCIAL
OUTUBRO	LETIVO PRESENCIAL
NOVEMBRO	LETIVO PRESENCIAL
DEZEMBRO	(MISTO) PRESENCIAL (AULAS ATÉ DIA 08/12)

2018 - PERÍODOS LETIVOS E DE FÉRIAS	
JANEIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO
FEVEREIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO
MARÇO	(MISTO) PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 05/03)
ABRIL	LETIVO PRESENCIAL
MAIO	LETIVO PRESENCIAL
JUNHO	LETIVO PRESENCIAL; FIM DO RACIONAMENTO DE ÁGUA NO DF (15/06/2018)
JULHO	(MISTO) PRESENCIAL (AULAS ATÉ DIA 06/07)
AGOSTO	(MISTO) PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 13/08)
SETEMBRO	LETIVO PRESENCIAL
OUTUBRO	LETIVO PRESENCIAL
NOVEMBRO	LETIVO PRESENCIAL
DEZEMBRO	(MISTO) PRESENCIAL (AULAS ATÉ DIA 07/12)

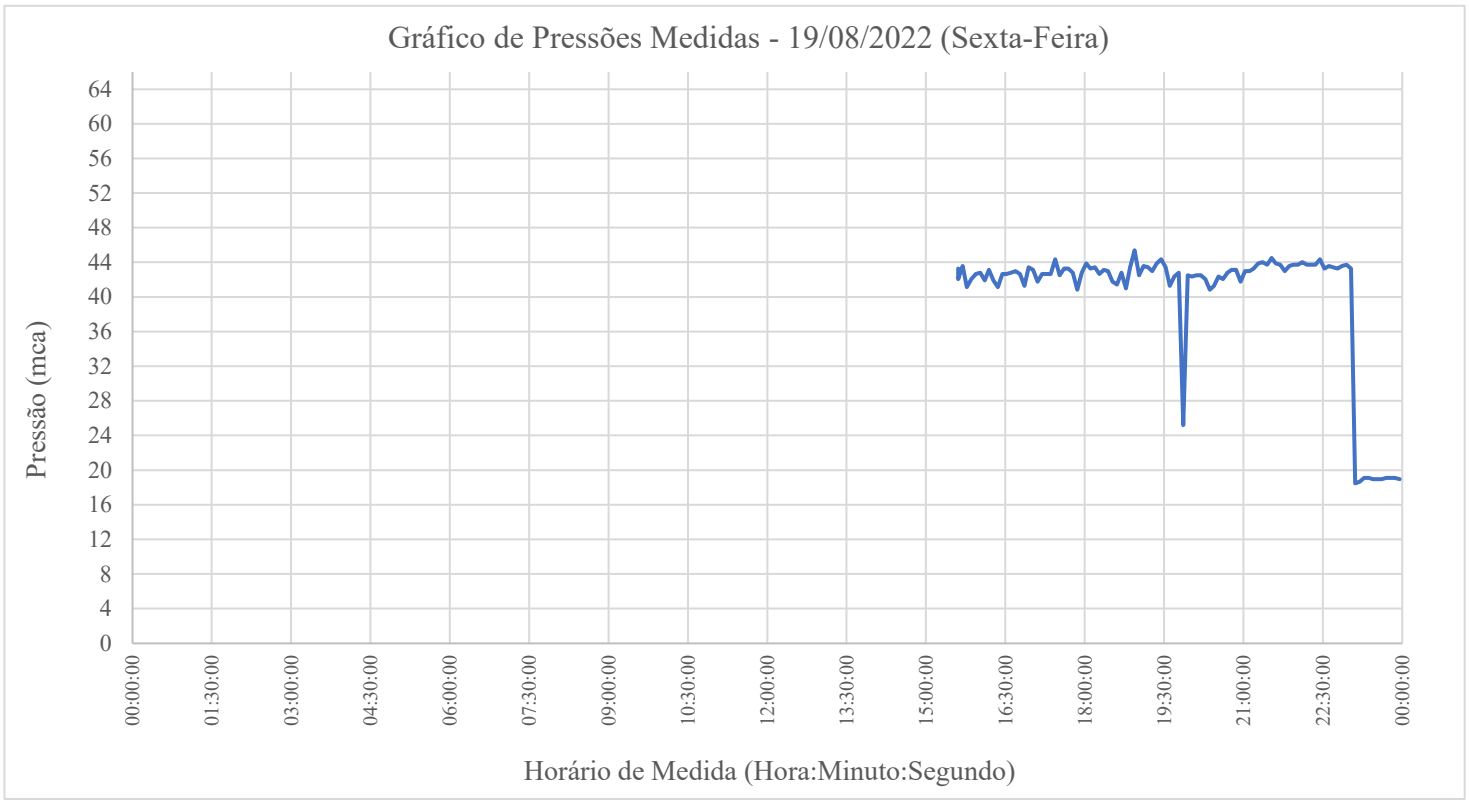
2019 - PERÍODOS LETIVOS E DE FÉRIAS	
JANEIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO
FEVEREIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO
MARÇO	(MISTO) PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 13/03)
ABRIL	LETIVO PRESENCIAL
MAIO	LETIVO PRESENCIAL
JUNHO	LETIVO PRESENCIAL
JULHO	(MISTO) PRESENCIAL (AULAS ATÉ DIA 12/07)
AGOSTO	(MISTO) PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 12/08)
SETEMBRO	LETIVO PRESENCIAL
OUTUBRO	LETIVO PRESENCIAL
NOVEMBRO	LETIVO PRESENCIAL
DEZEMBRO	(MISTO) PRESENCIAL (AULAS ATÉ DIA 10/12)

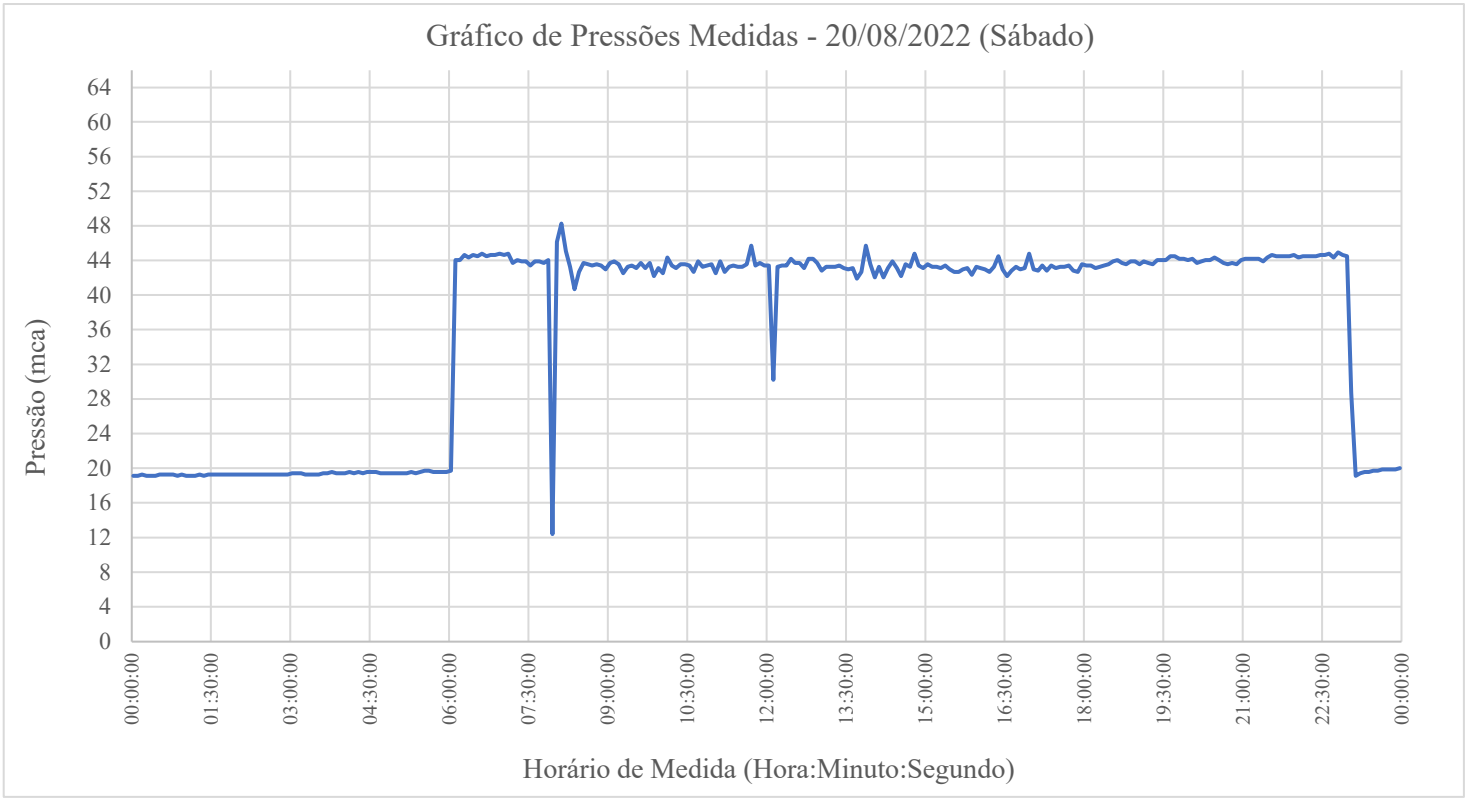
2020 - PERÍODOS LETIVOS E DE FÉRIAS OU PANDEMIA	
JANEIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO
FEVEREIRO	FÉRIAS E PERÍODO DE VERÃO
MARÇO	POUCAS DIAS DE AULA E LOGO DEPOIS INÍCIO DA PANDEMIA - SUSPENÇÃO DAS ATIVIDADES PRESENCIAIS (12/03/2020) - ATO DE REITORIA 392/2020
ABRIL	PARALISADO - PANDEMIA
MAIO	PARALISADO - PANDEMIA
JUNHO	PARALISADO - PANDEMIA
JULHO	PARALISADO - PANDEMIA
AGOSTO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA (INÍCIO AULAS DIA 17/08)
SETEMBRO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
OUTUBRO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
NOVEMBRO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
DEZEMBRO	ATIVIDADES REMOTAS - PANDEMIA (AULAS ATÉ DIA 18/12)

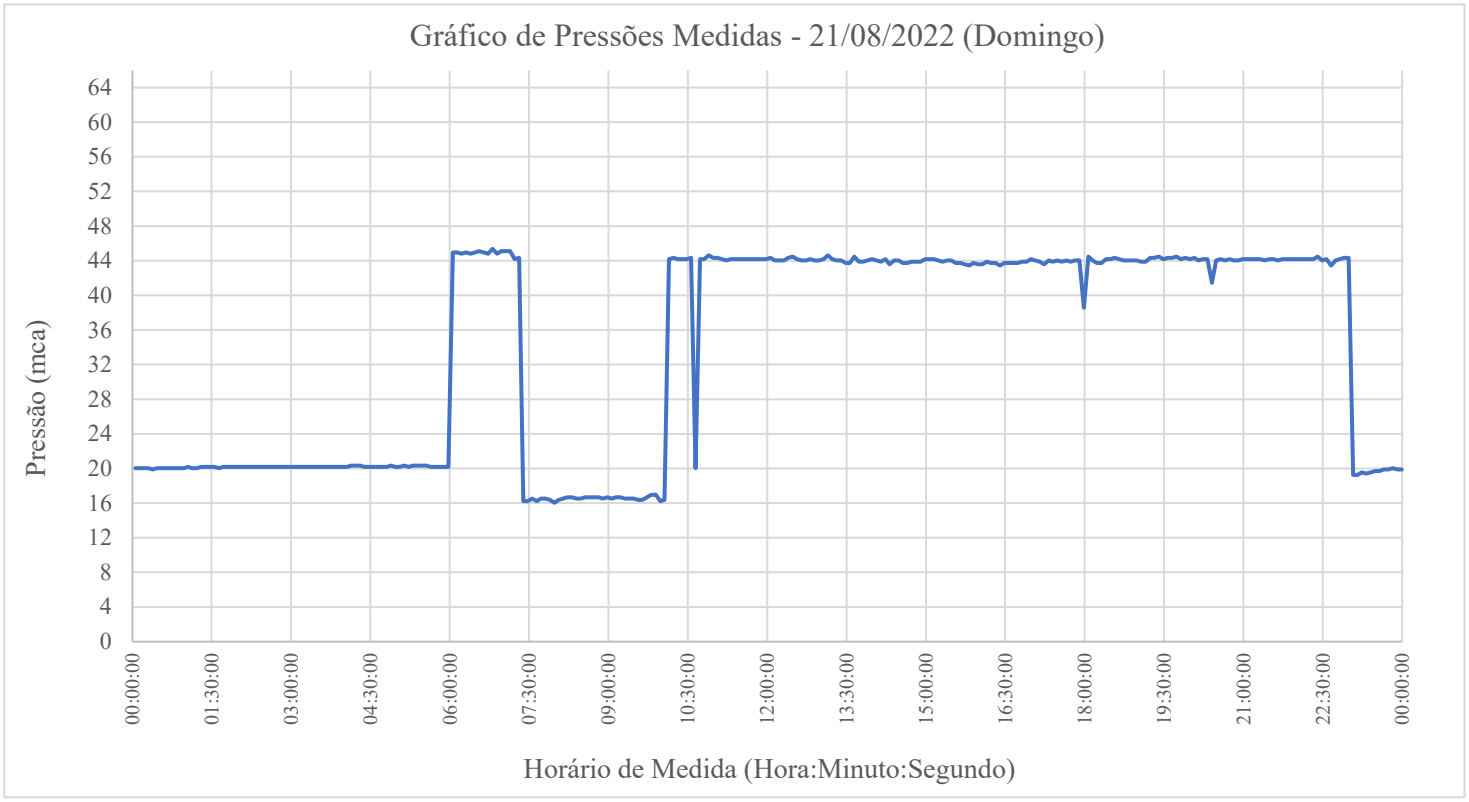
2021 - PERÍODOS LETIVOS E DE FÉRIAS OU PANDEMIA	
JANEIRO	FÉRIAS LETIVAS (PANDEMIA)
FEVEREIRO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA (INÍCIO AULAS DIA 01/02)
MARÇO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
ABRIL	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
MAIO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA (AULAS ATÉ DIA 22/05)
JUNHO	FÉRIAS LETIVAS (PANDEMIA)
JULHO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA (INÍCIO AULAS DIA 19/07)
AGOSTO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
SETEMBRO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
OUTUBRO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA
NOVEMBRO	LETIVO REMOTO - PANDEMIA (AULAS ATÉ DIA 06/11)
DEZEMBRO	FÉRIAS LETIVAS E RETORNO PARCIAL DE SERVIDORES

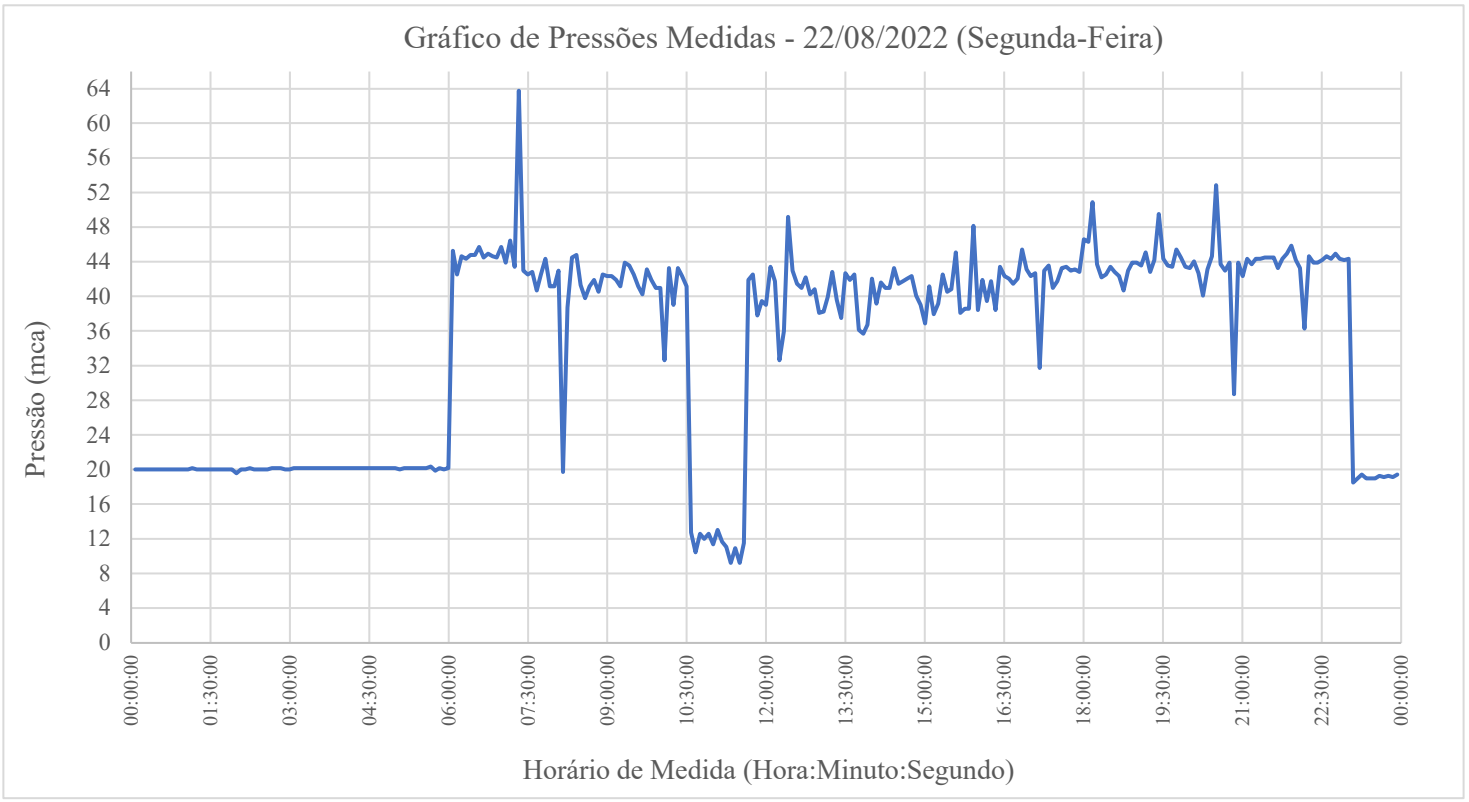
2022 - PERÍODOS LETIVOS E DE FÉRIAS OU PANDEMIA	
JANEIRO	(MISTO) LETIVO SEMI-PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 17/01)
FEVEREIRO	LETIVO SEMI-PRESENCIAL
MARÇO	LETIVO SEMI-PRESENCIAL
ABRIL	LETIVO SEMI-PRESENCIAL
MAIO	(MISTO) LETIVO SEMI-PRESENCIAL (AULAS ATÉ DIA 05/05)
JUNHO	(MISTO) LETIVO PRESENCIAL (INÍCIO AULAS DIA 06/06)
JULHO	LETIVO PRESENCIAL
AGOSTO	LETIVO PRESENCIAL
SETEMBRO	LETIVO PRESENCIAL
OUTUBRO	-
NOVEMBRO	-
DEZEMBRO	-

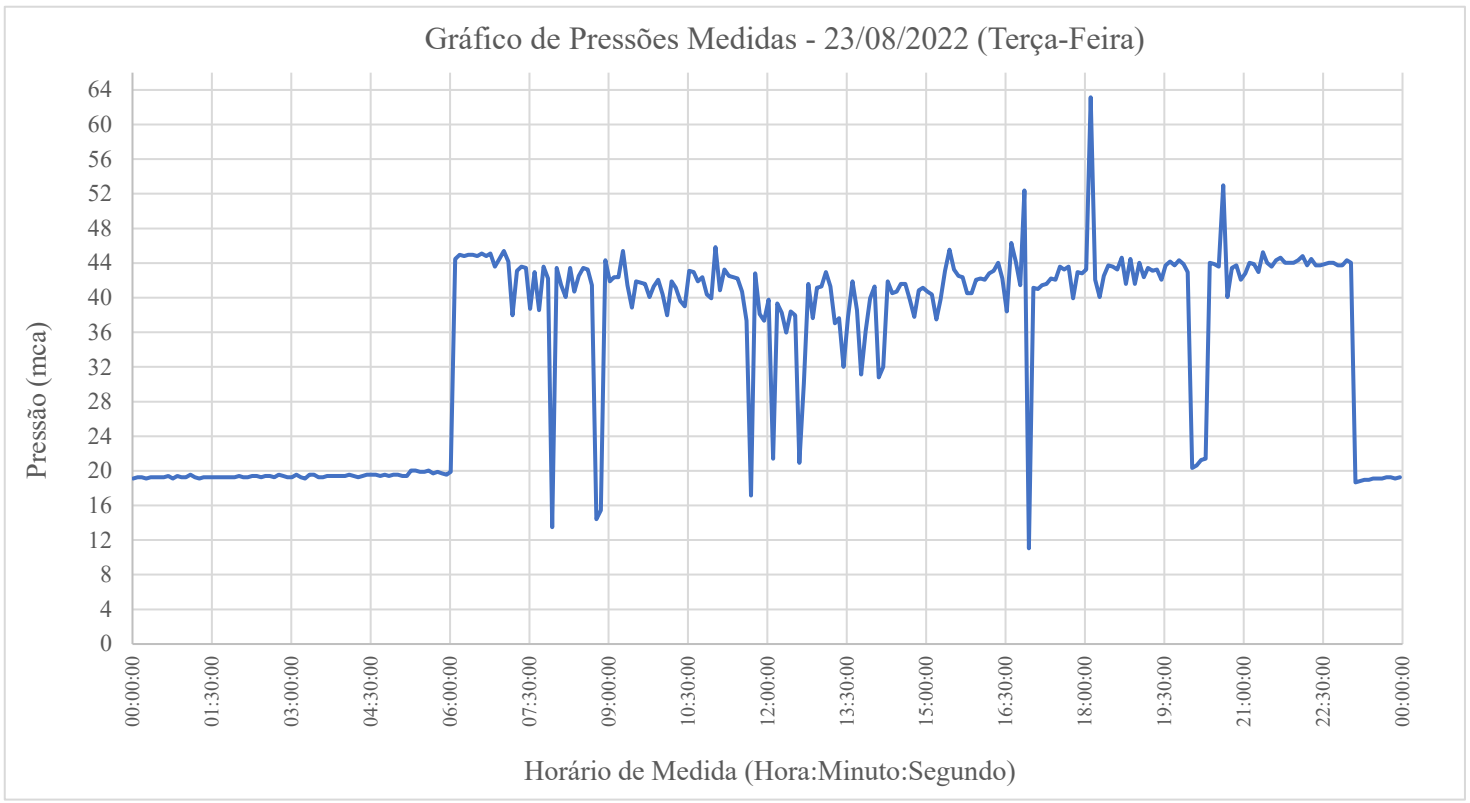
APÊNDICE D – GRÁFICOS DE PRESSÕES DIÁRIAS MEDIDAS

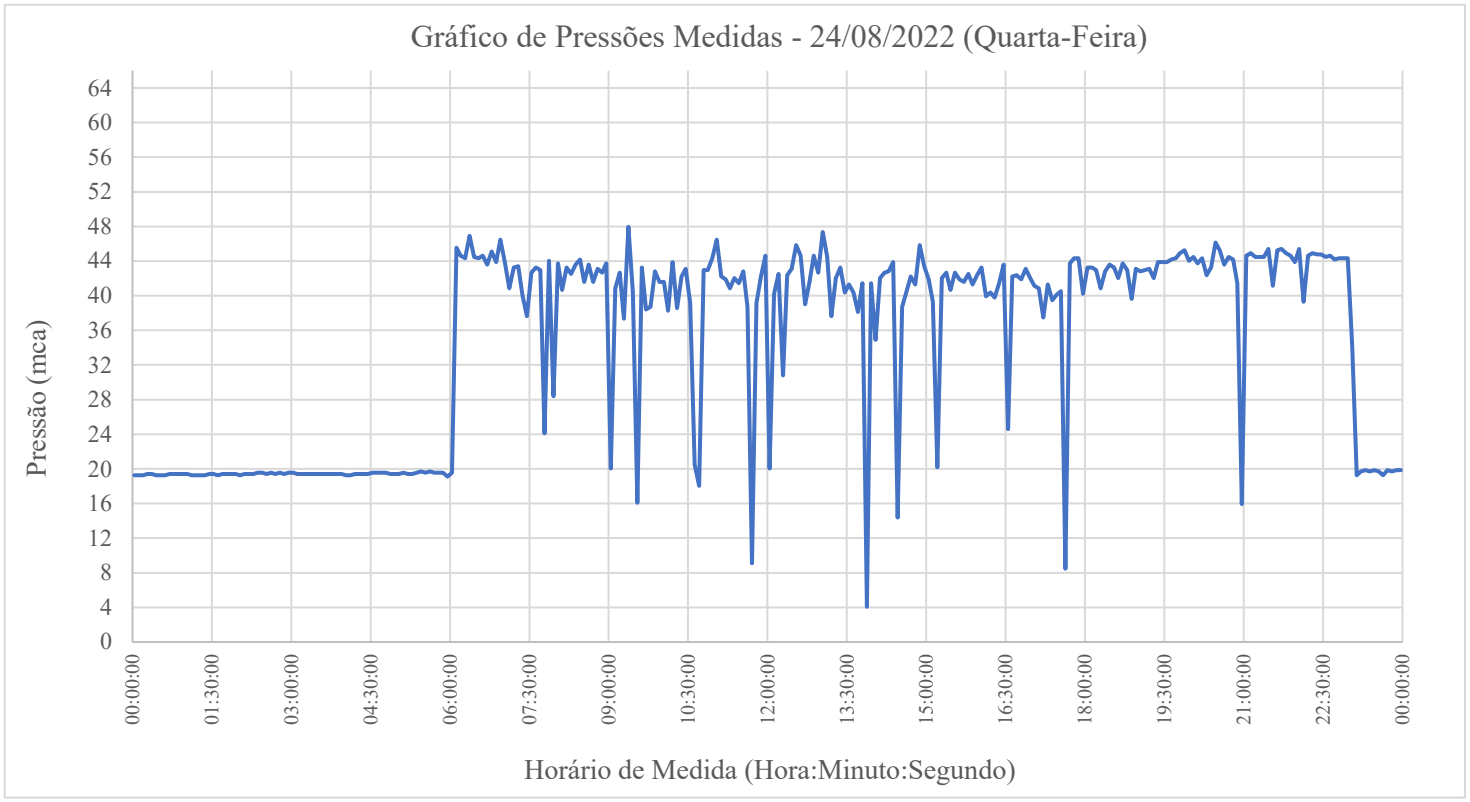


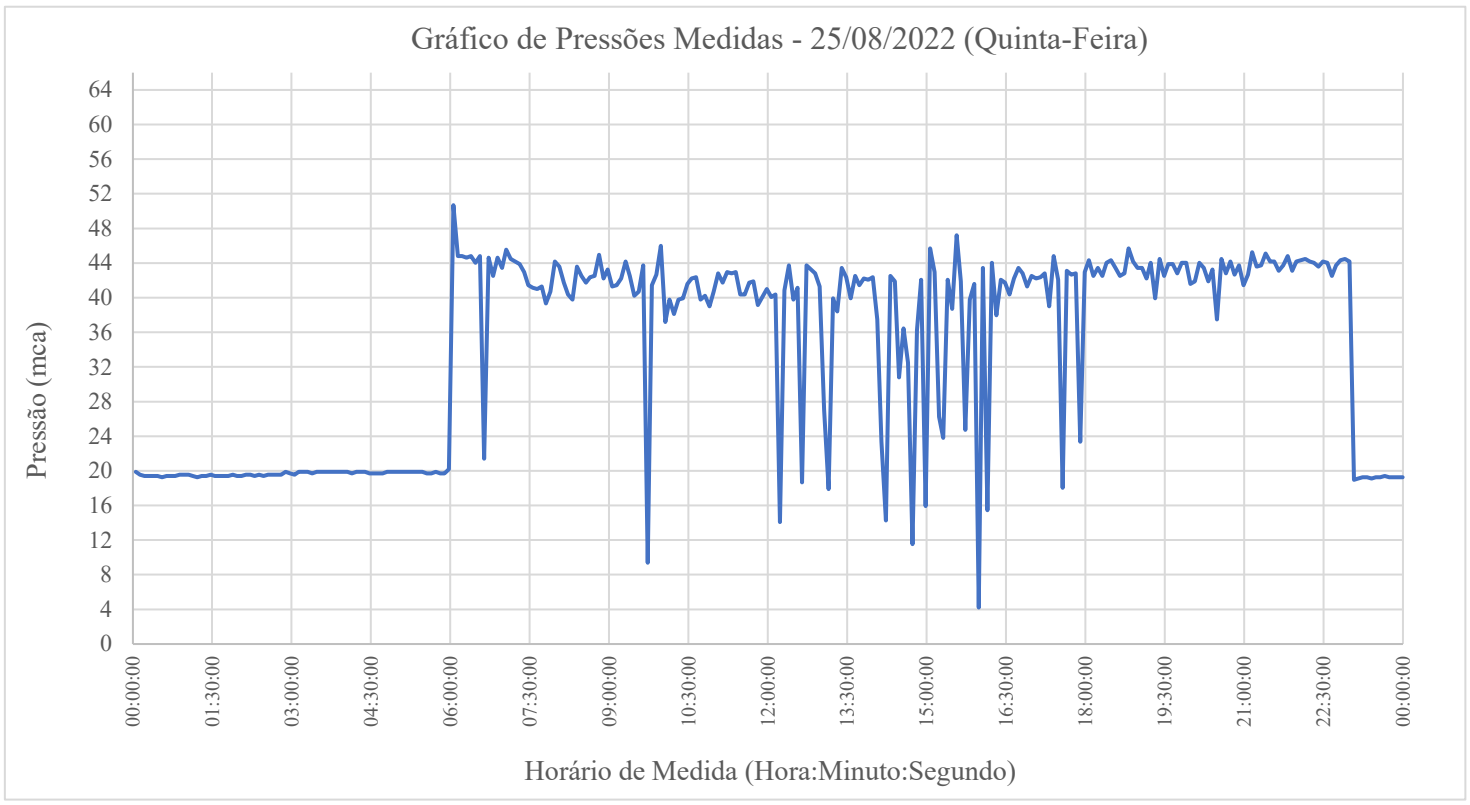


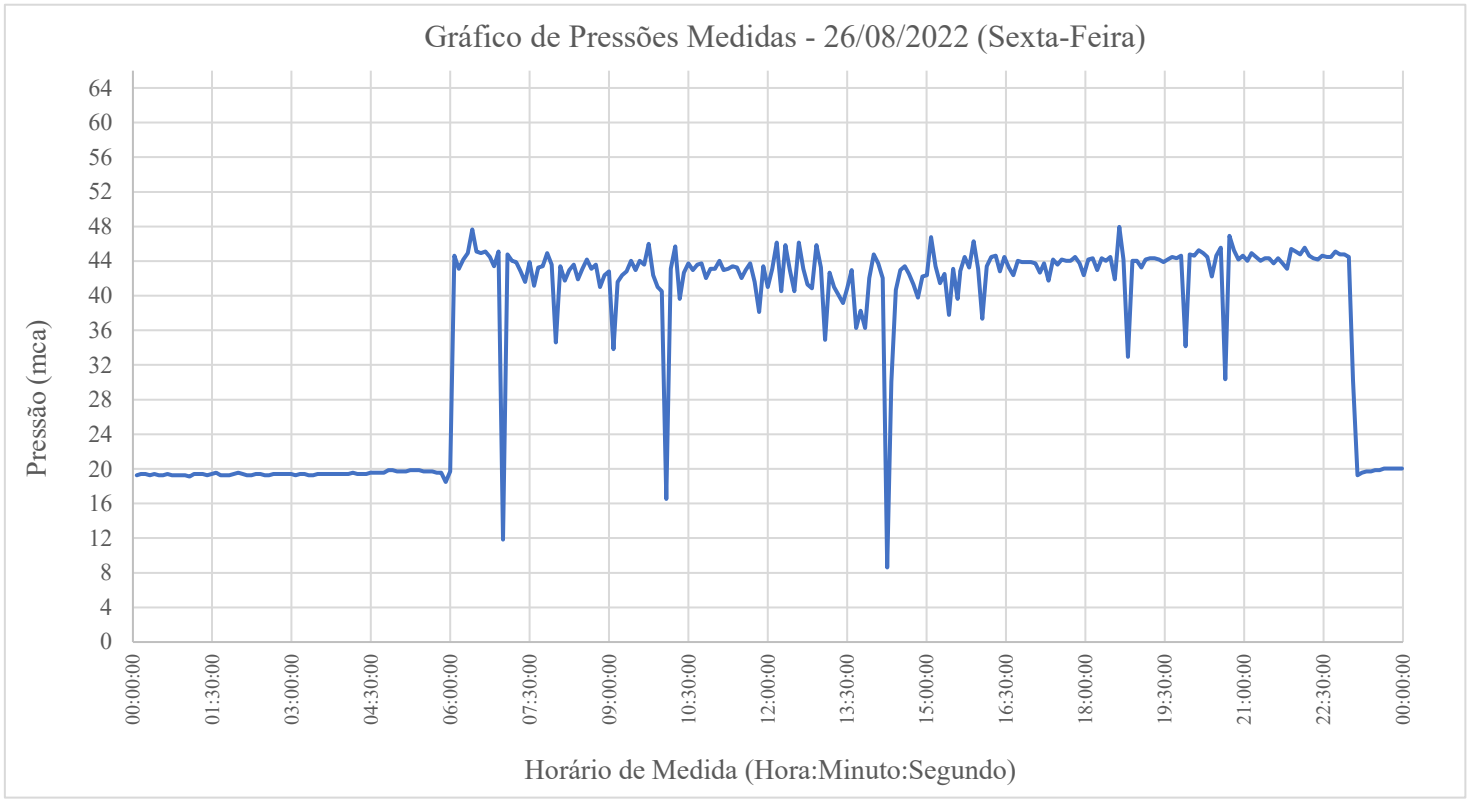

Gráfico de Pressões Medidas - 21/08/2022 (Domingo)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

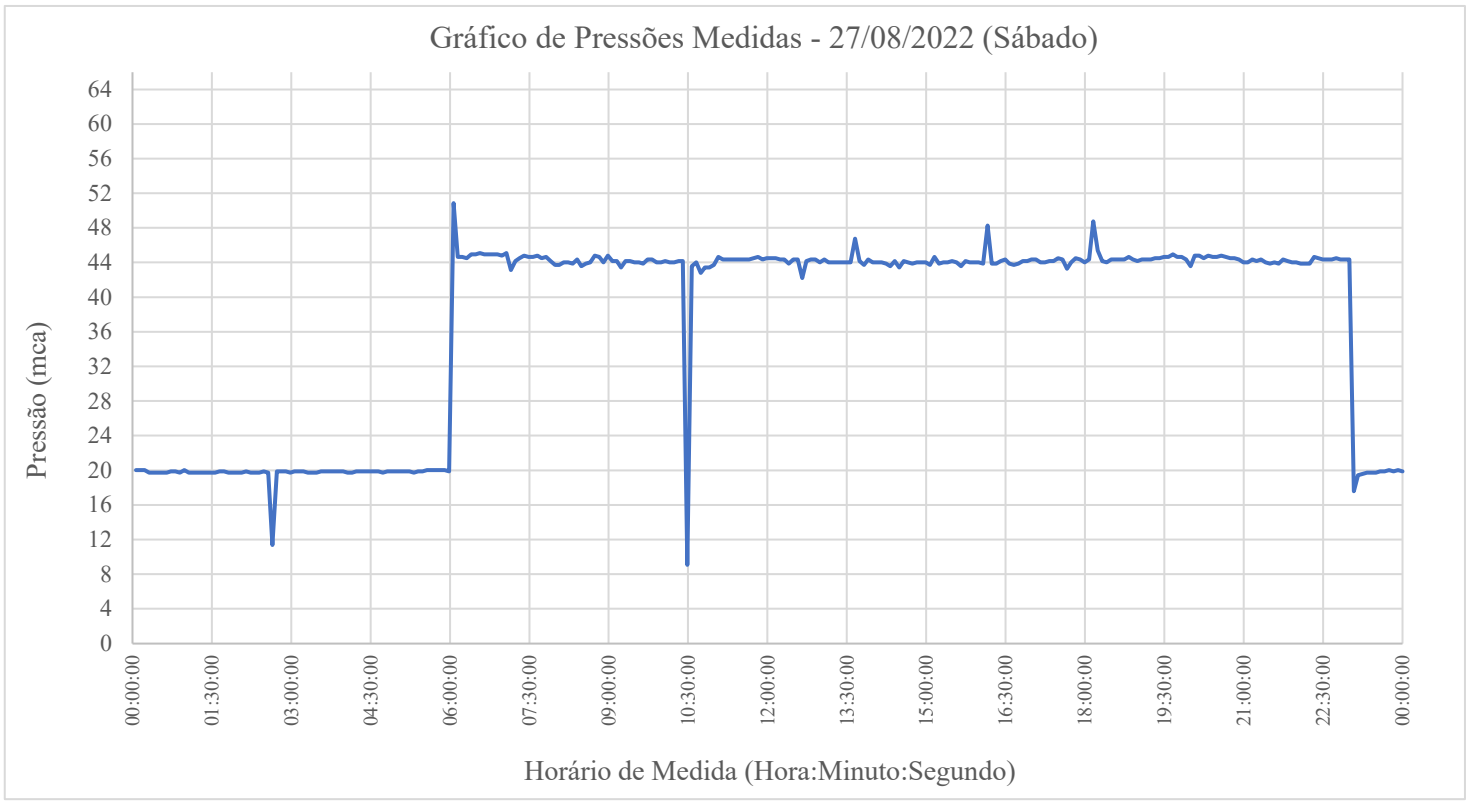

Gráfico de Pressões Medidas - 22/08/2022 (Segunda-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

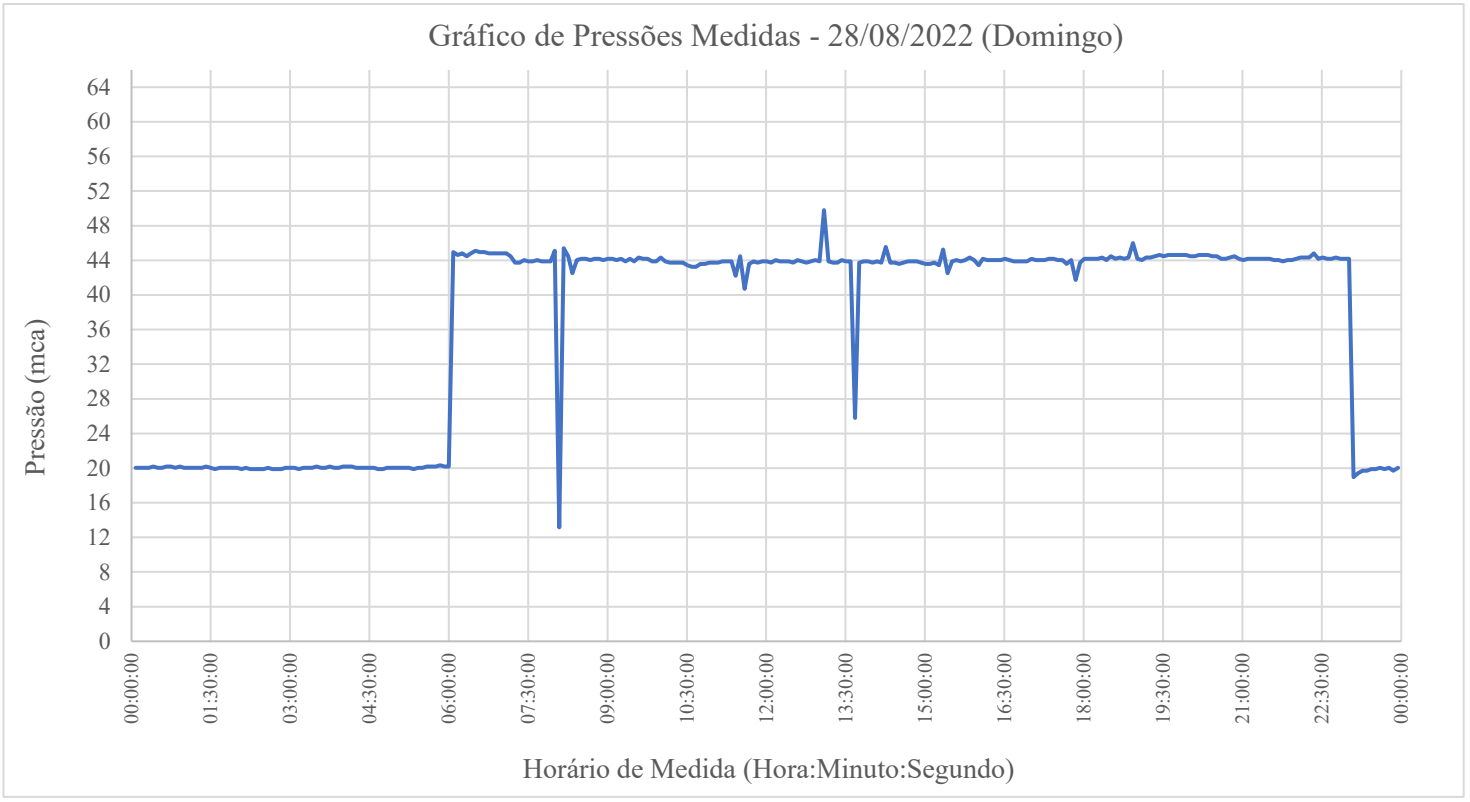

Gráfico de Pressões Medidas - 23/08/2022 (Terça-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

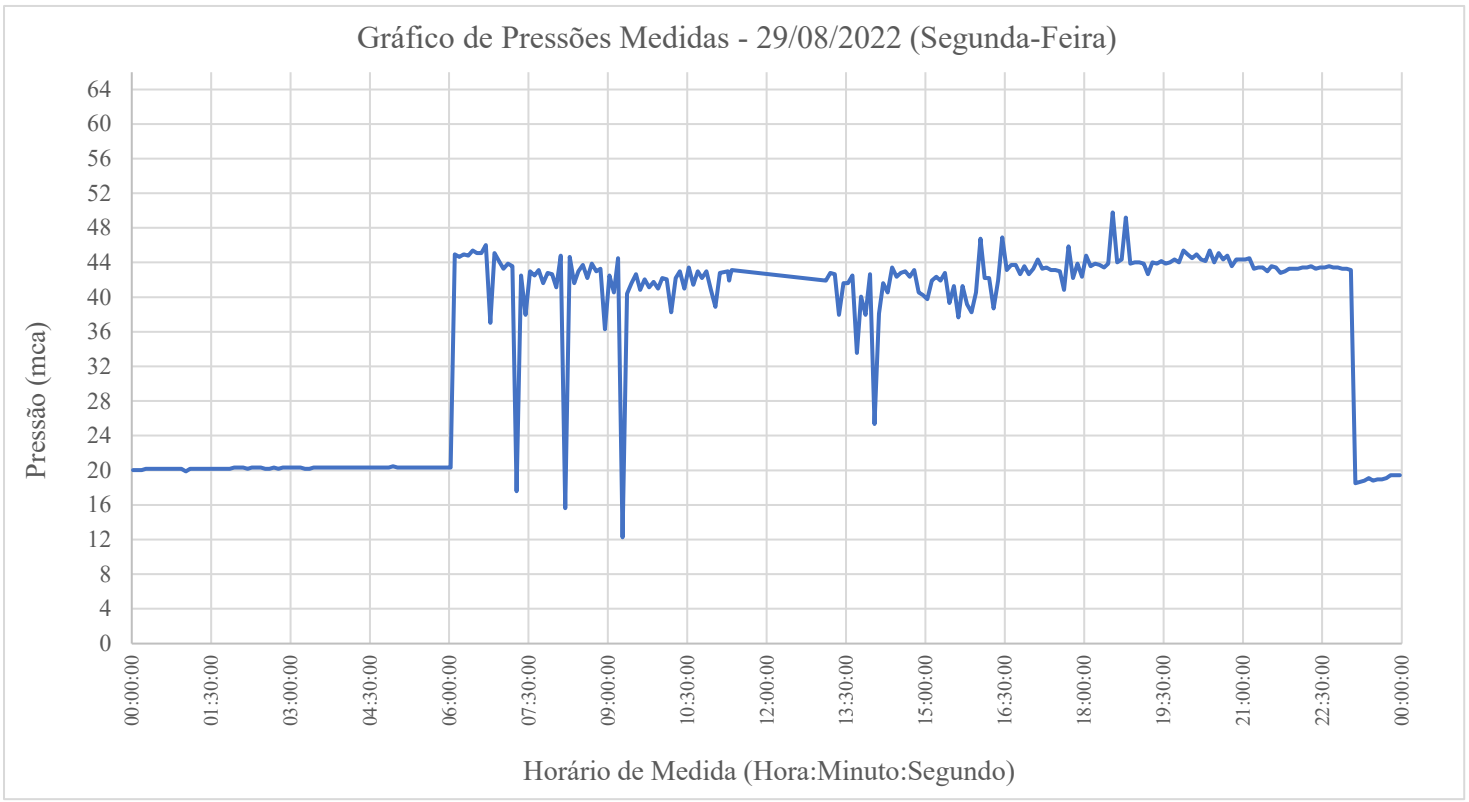

Gráfico de Pressões Medidas - 24/08/2022 (Quarta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

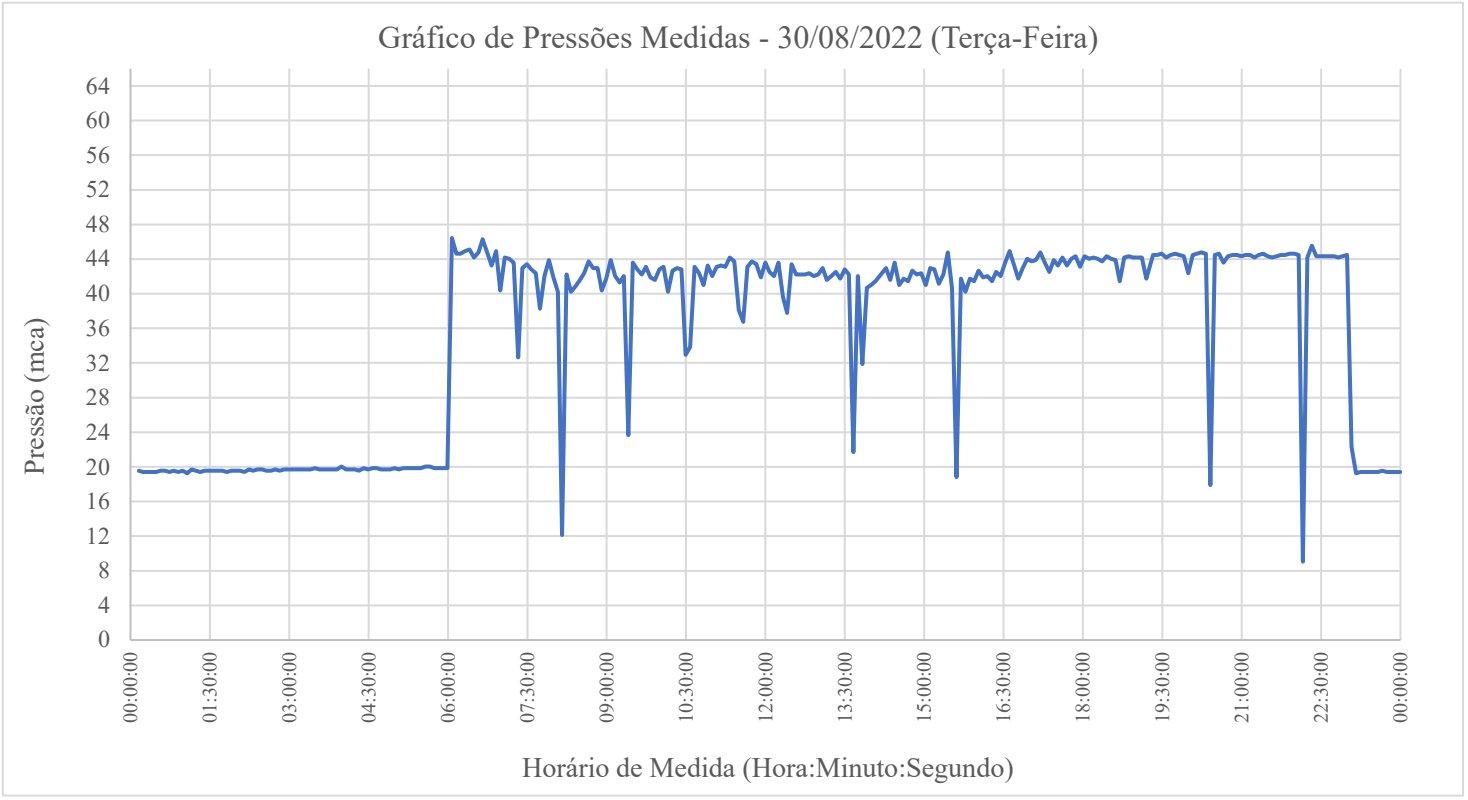

Gráfico de Pressões Medidas - 25/08/2022 (Quinta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

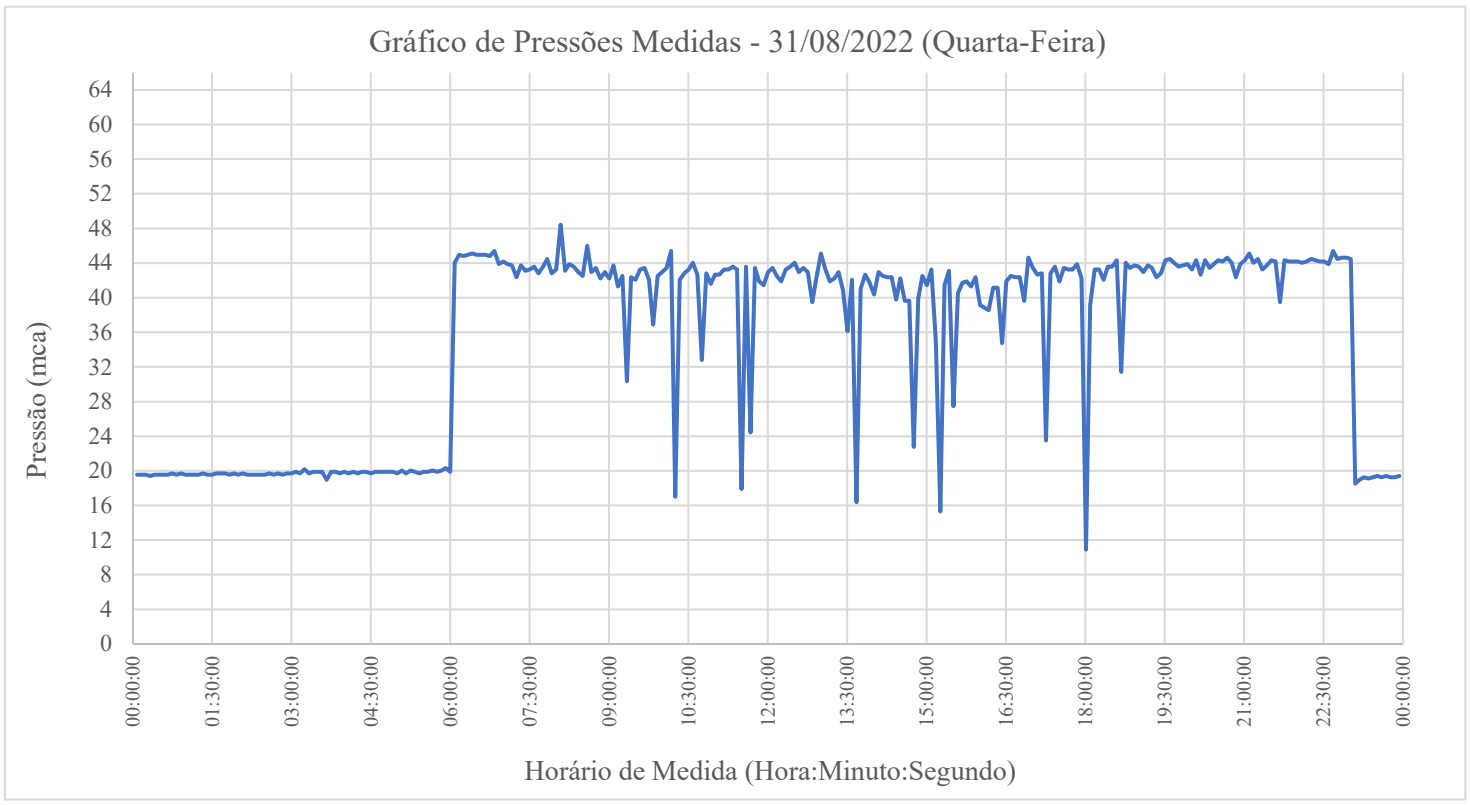

Gráfico de Pressões Medidas - 26/08/2022 (Sexta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

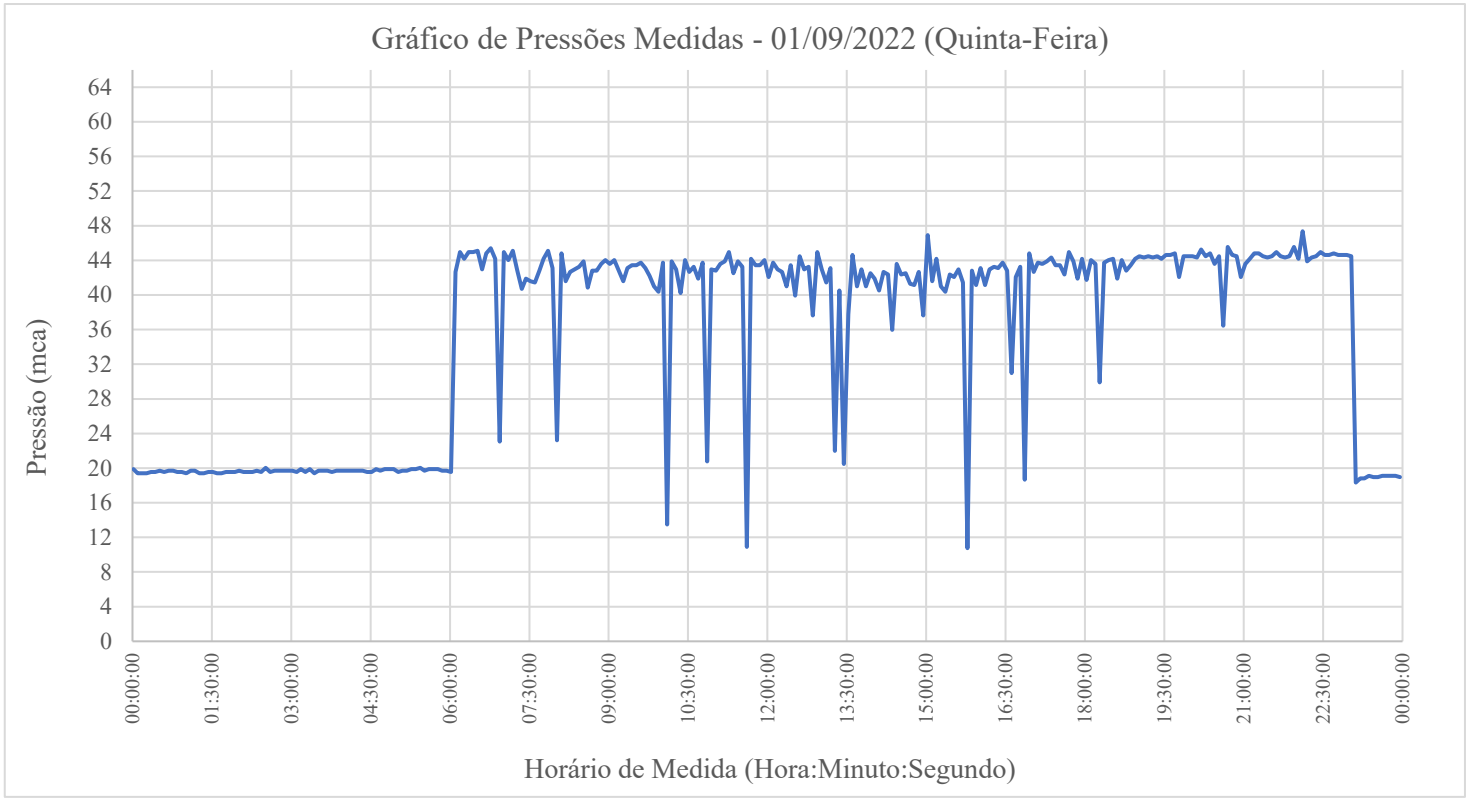

Gráfico de Pressões Medidas - 27/08/2022 (Sábado)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

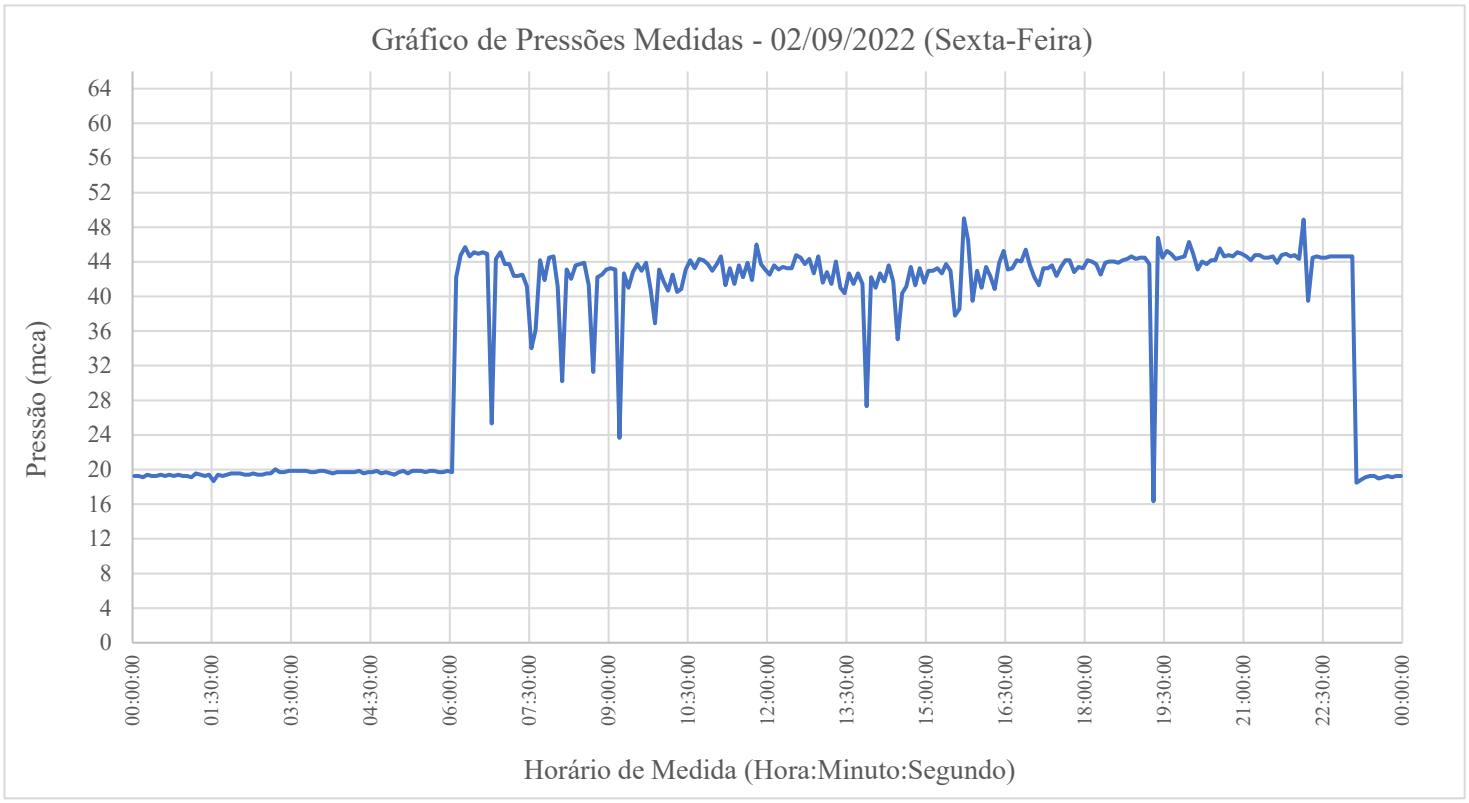

Gráfico de Pressões Medidas - 28/08/2022 (Domingo)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

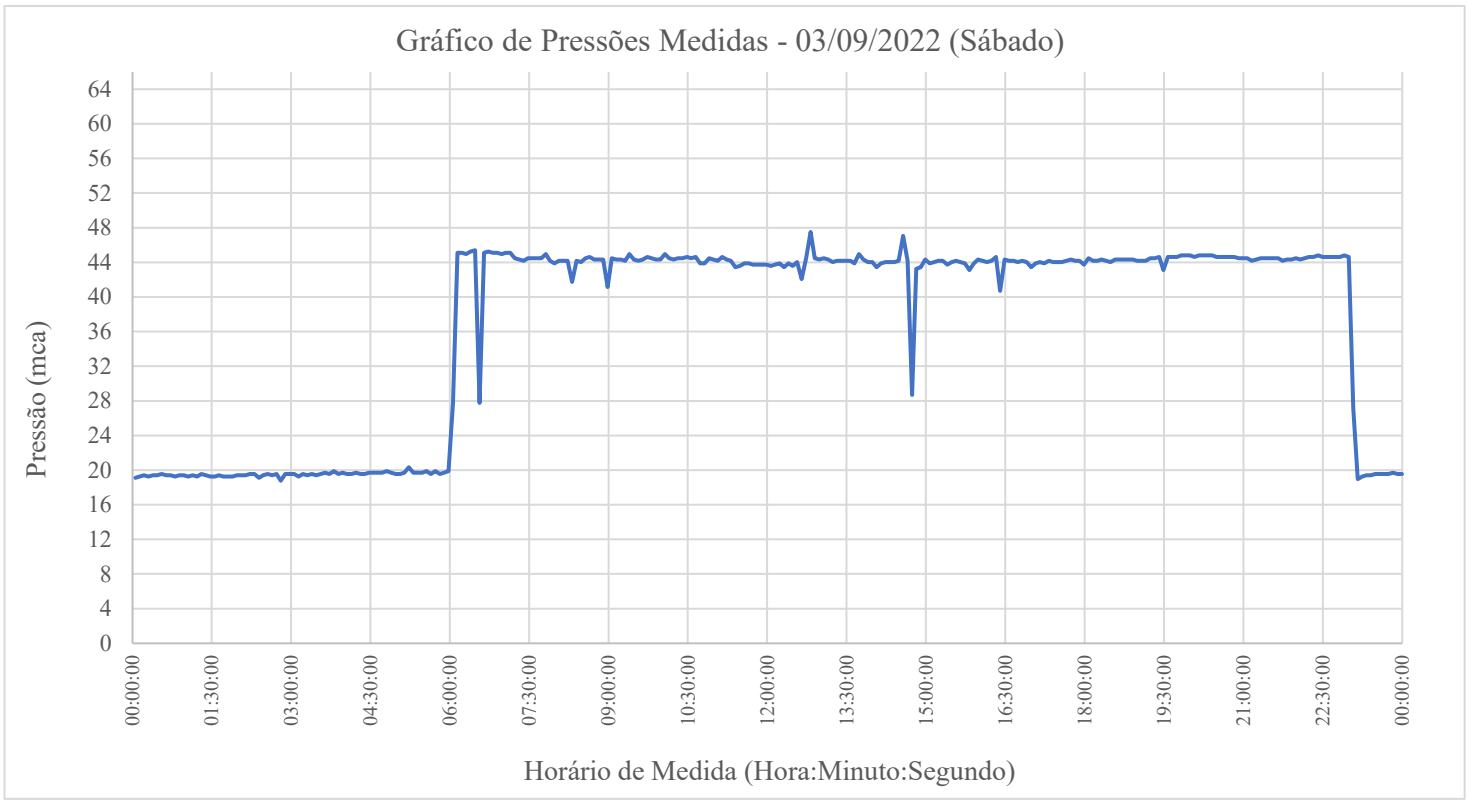

Gráfico de Pressões Medidas - 29/08/2022 (Segunda-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

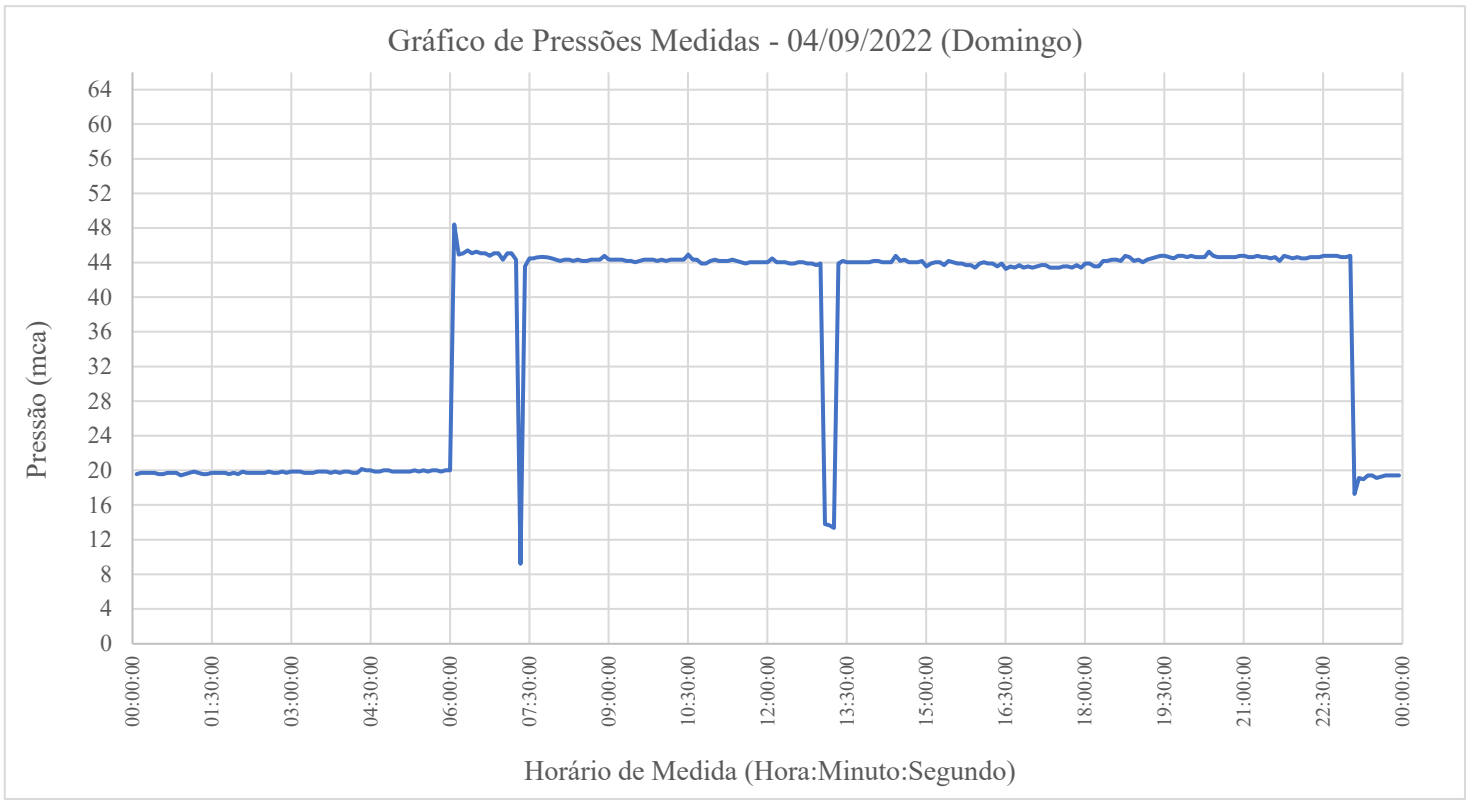

Gráfico de Pressões Medidas - 30/08/2022 (Terça-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

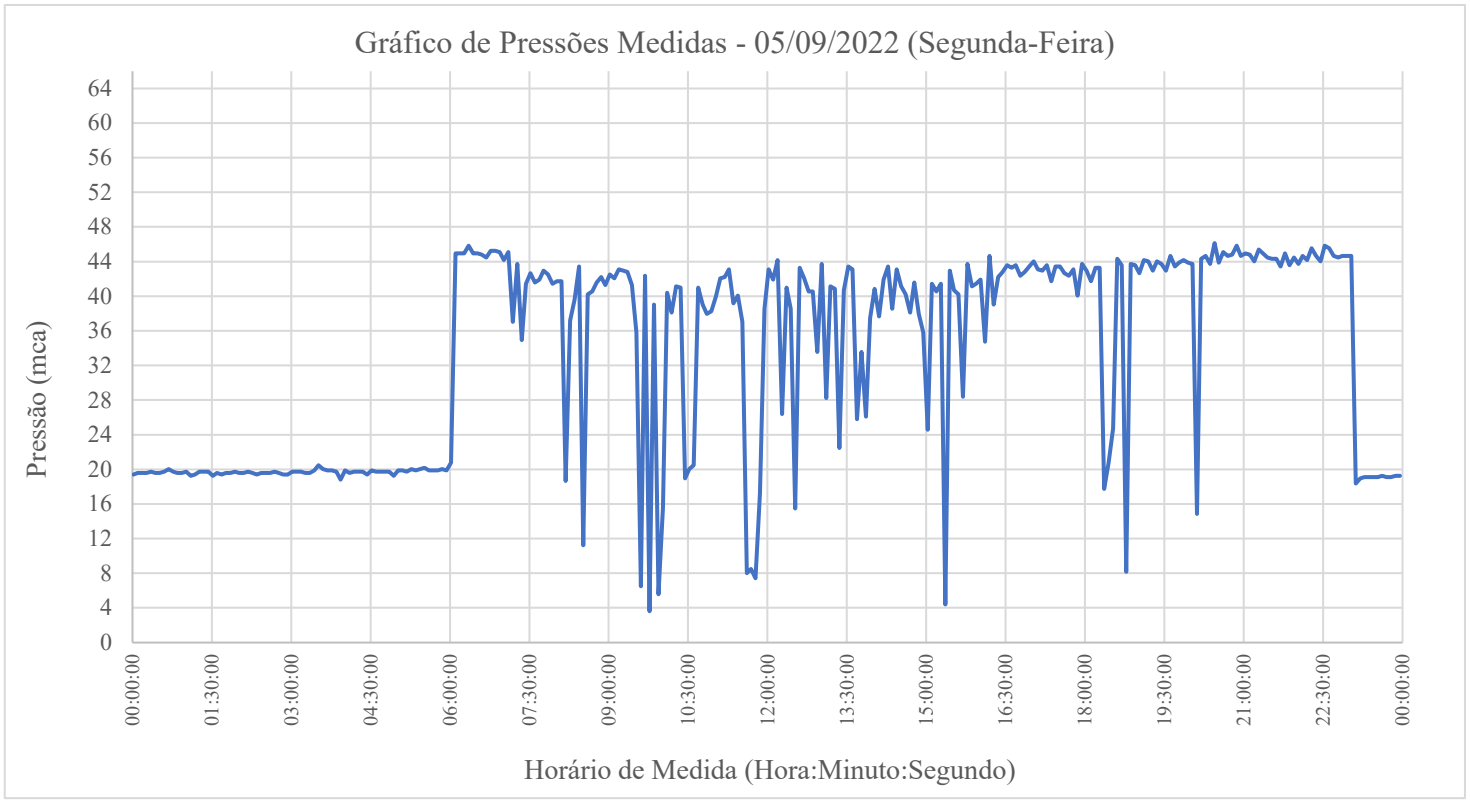

Gráfico de Pressões Medidas - 31/08/2022 (Quarta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

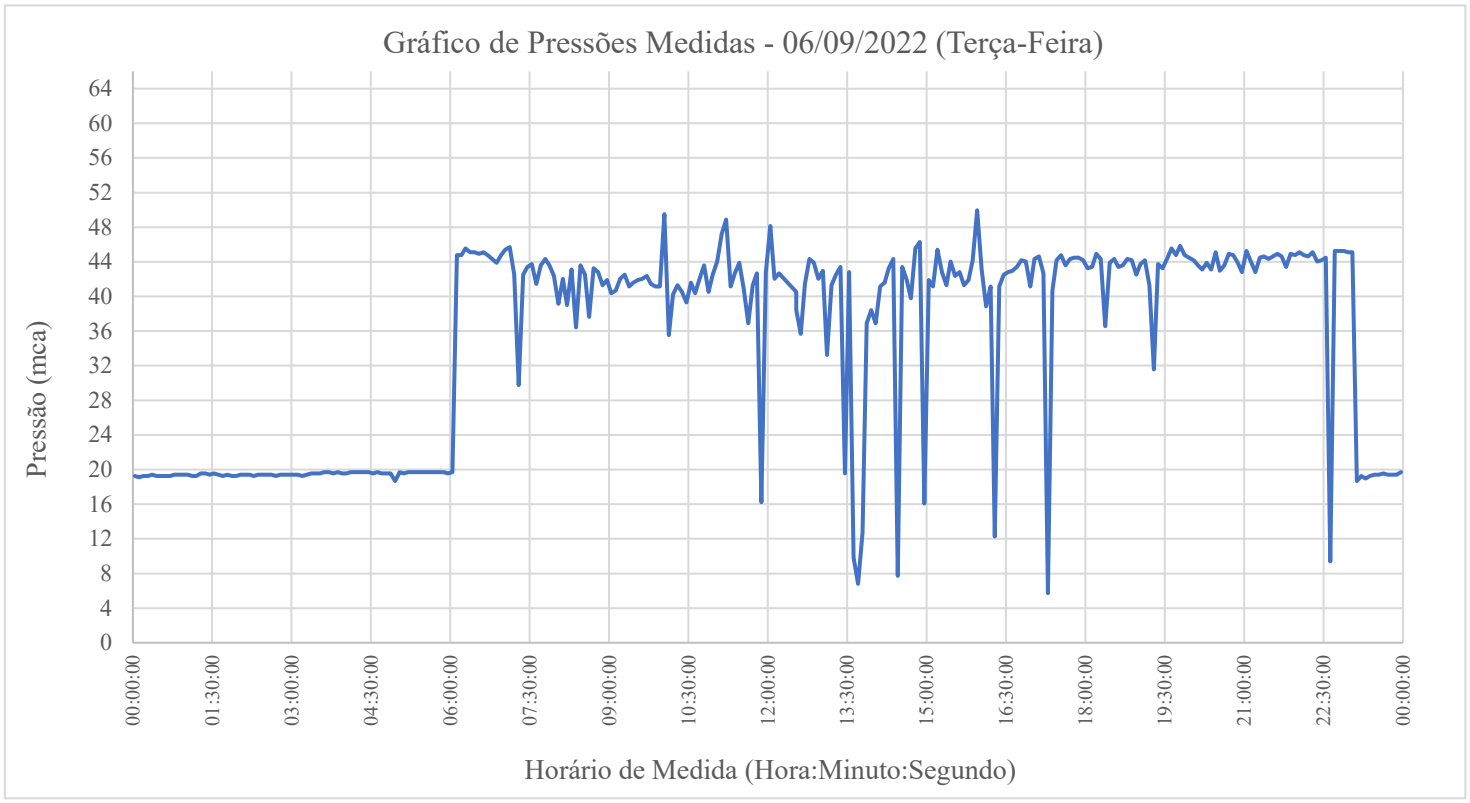

Gráfico de Pressões Medidas - 01/09/2022 (Quinta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

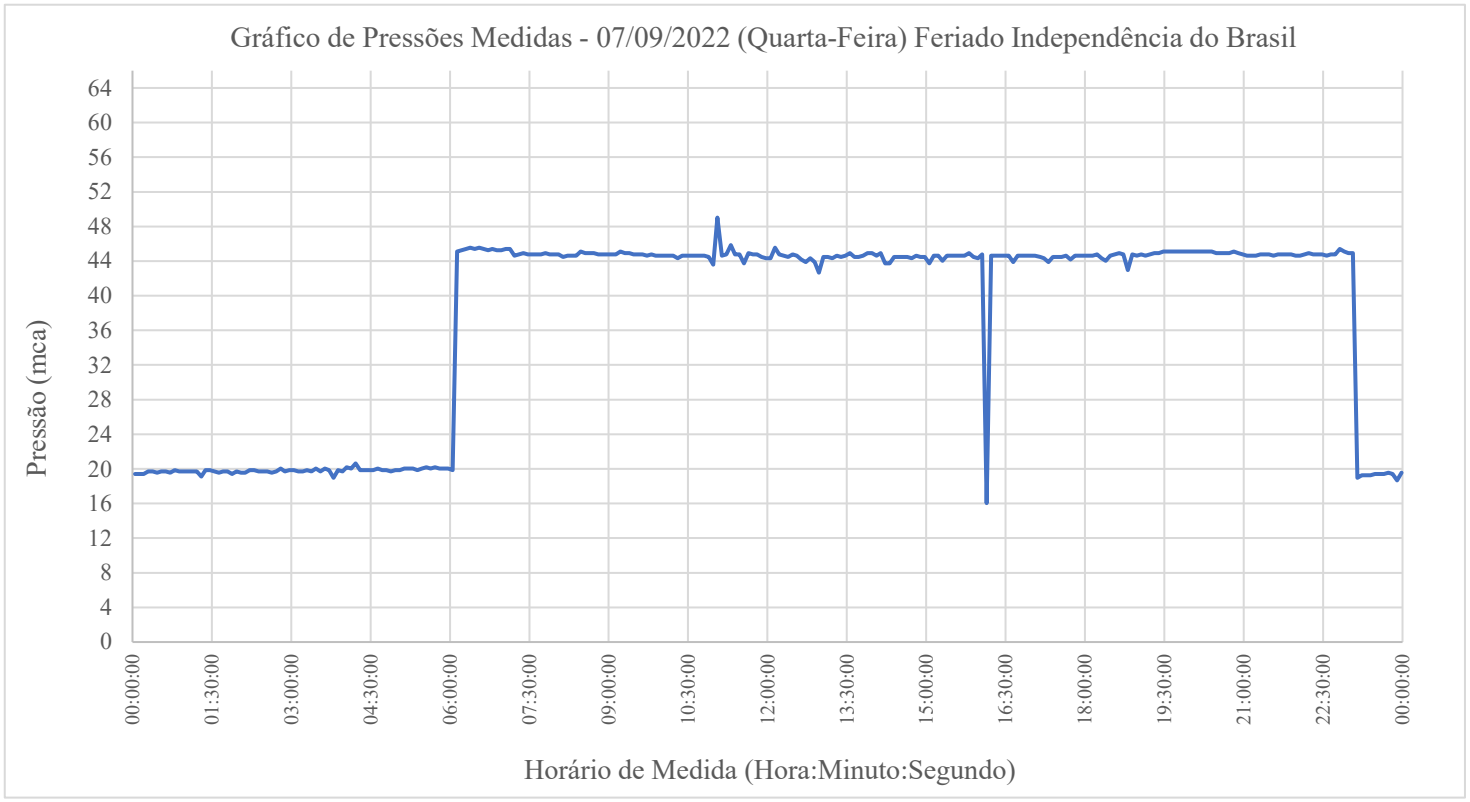

Gráfico de Pressões Medidas - 02/09/2022 (Sexta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

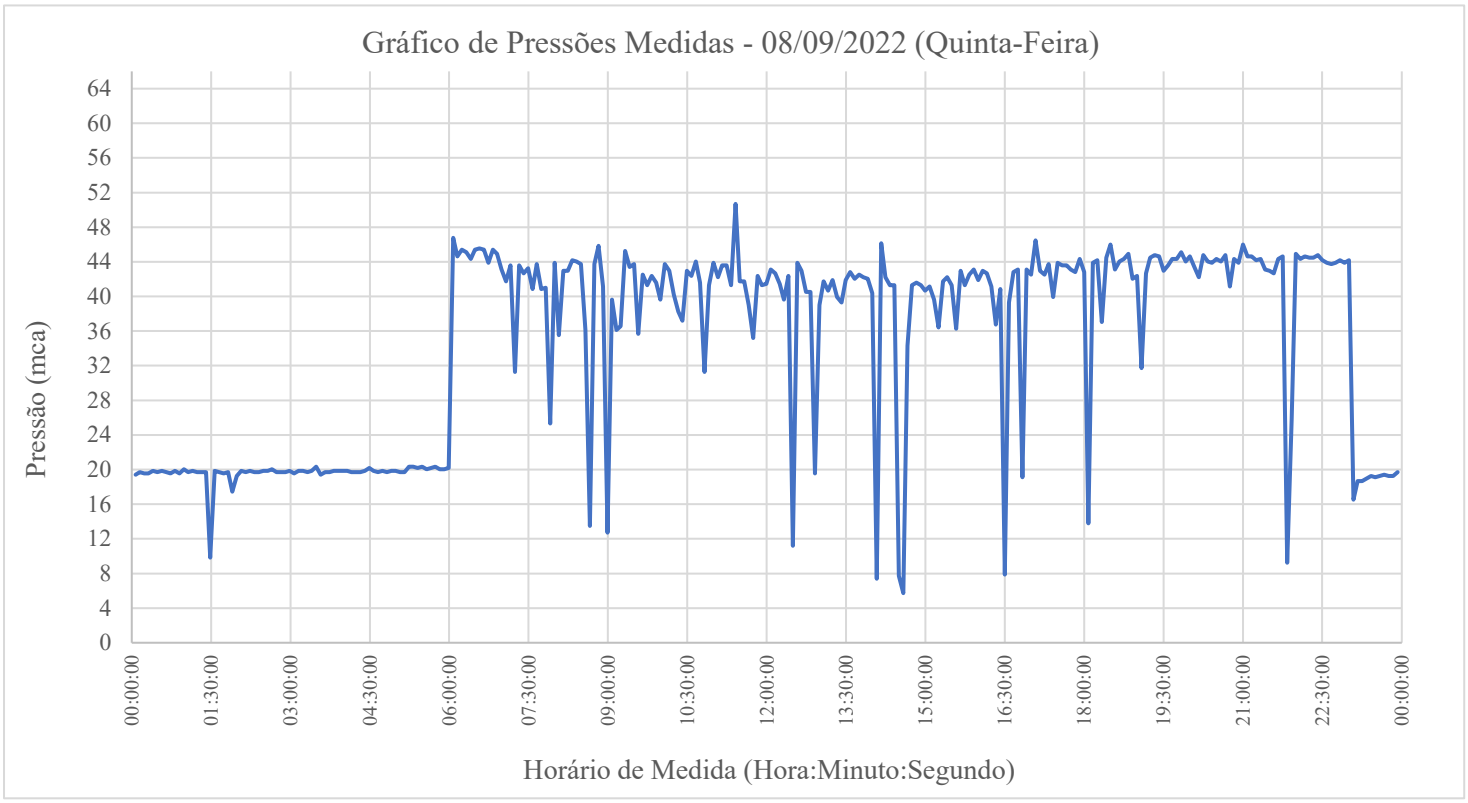

Gráfico de Pressões Medidas - 03/09/2022 (Sábado)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

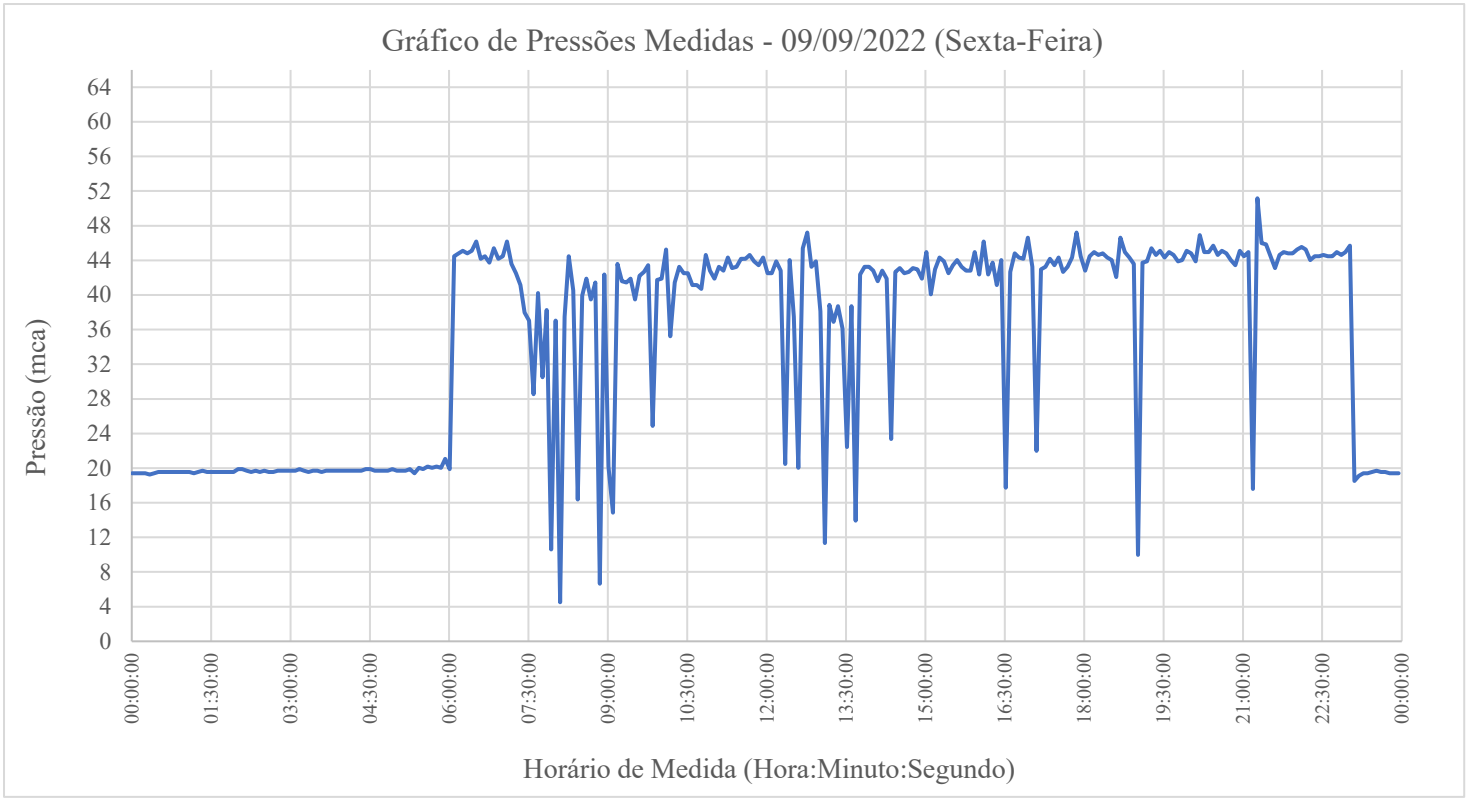

Gráfico de Pressões Medidas - 04/09/2022 (Domingo)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

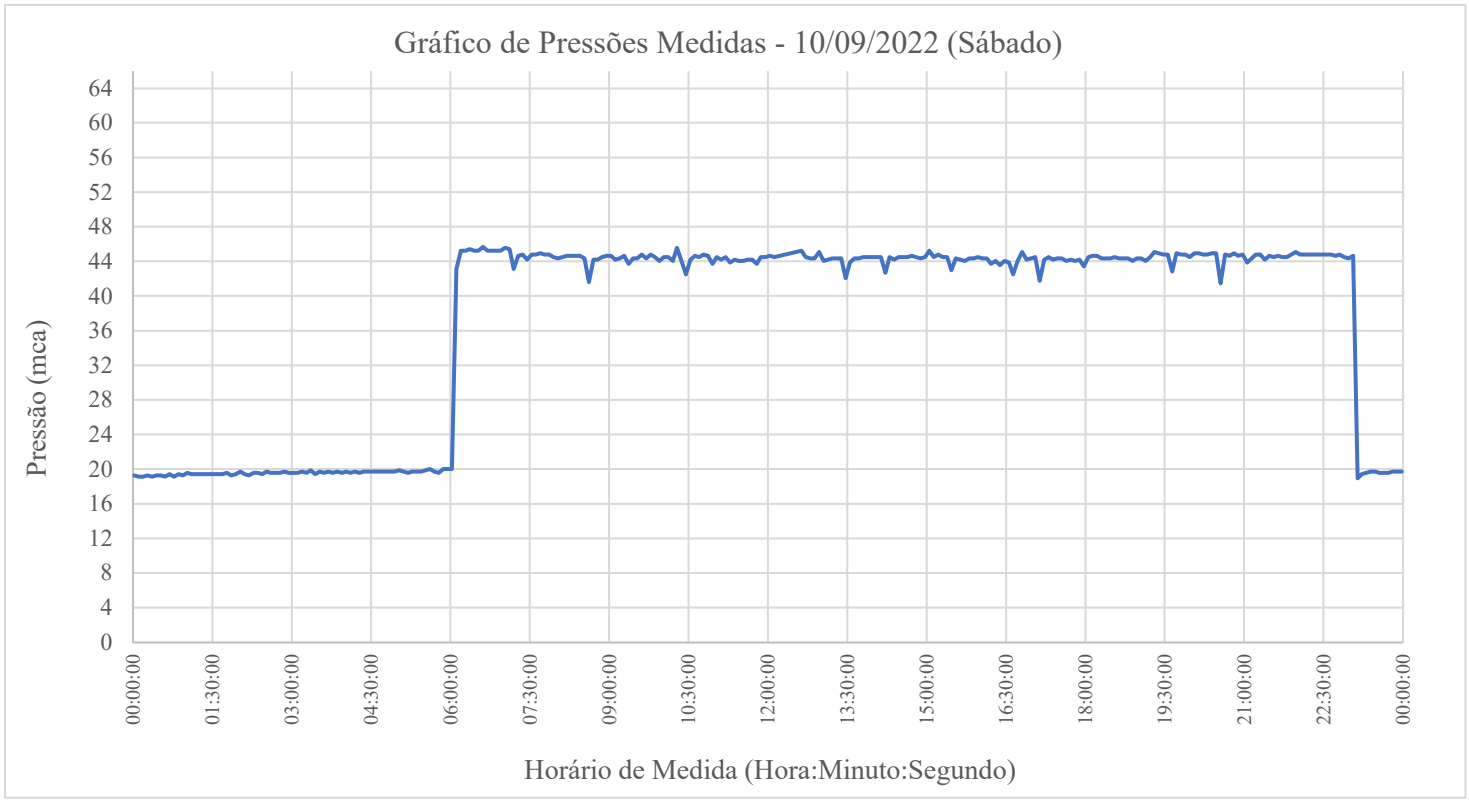

Gráfico de Pressões Medidas - 05/09/2022 (Segunda-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

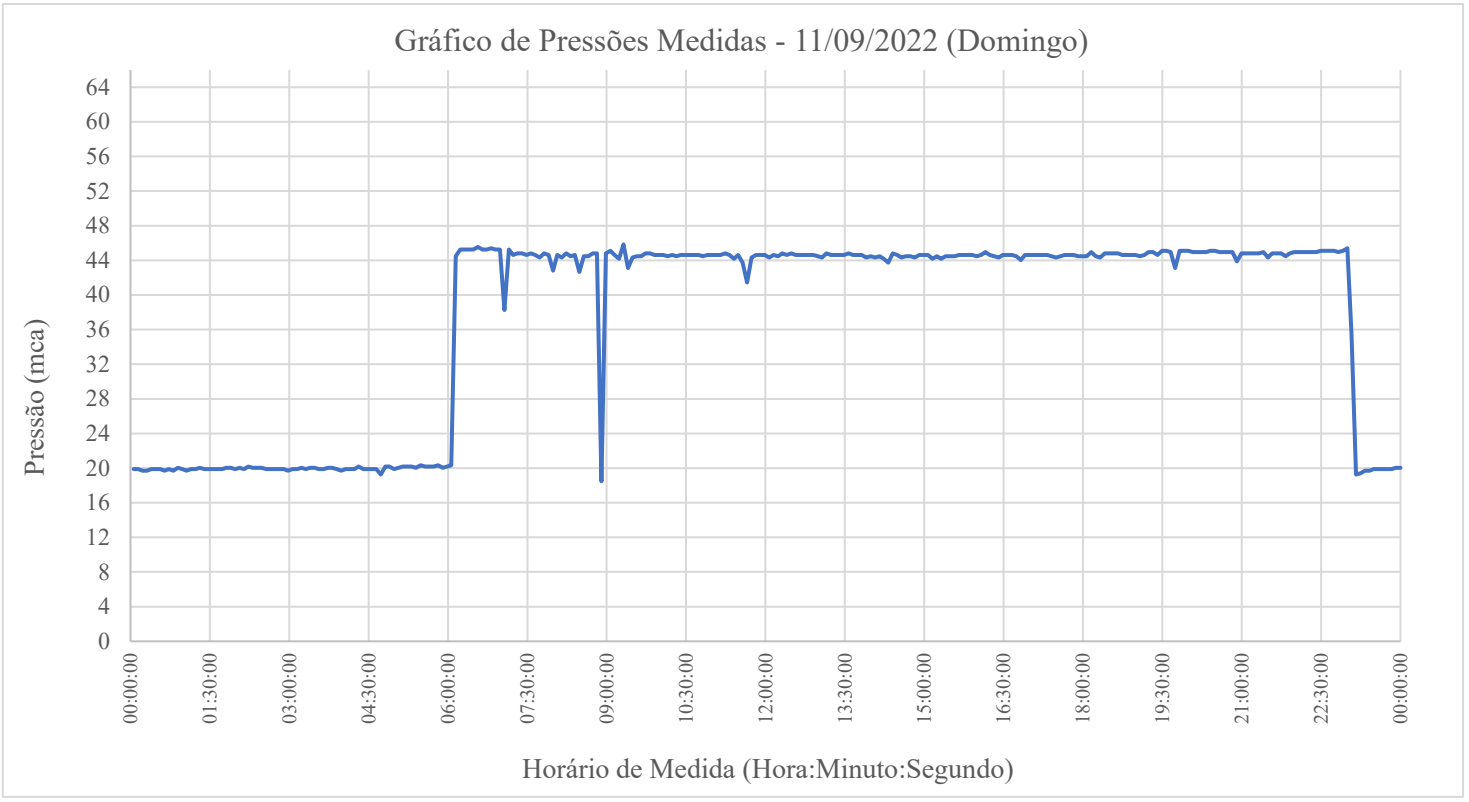

Gráfico de Pressões Medidas - 06/09/2022 (Terça-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

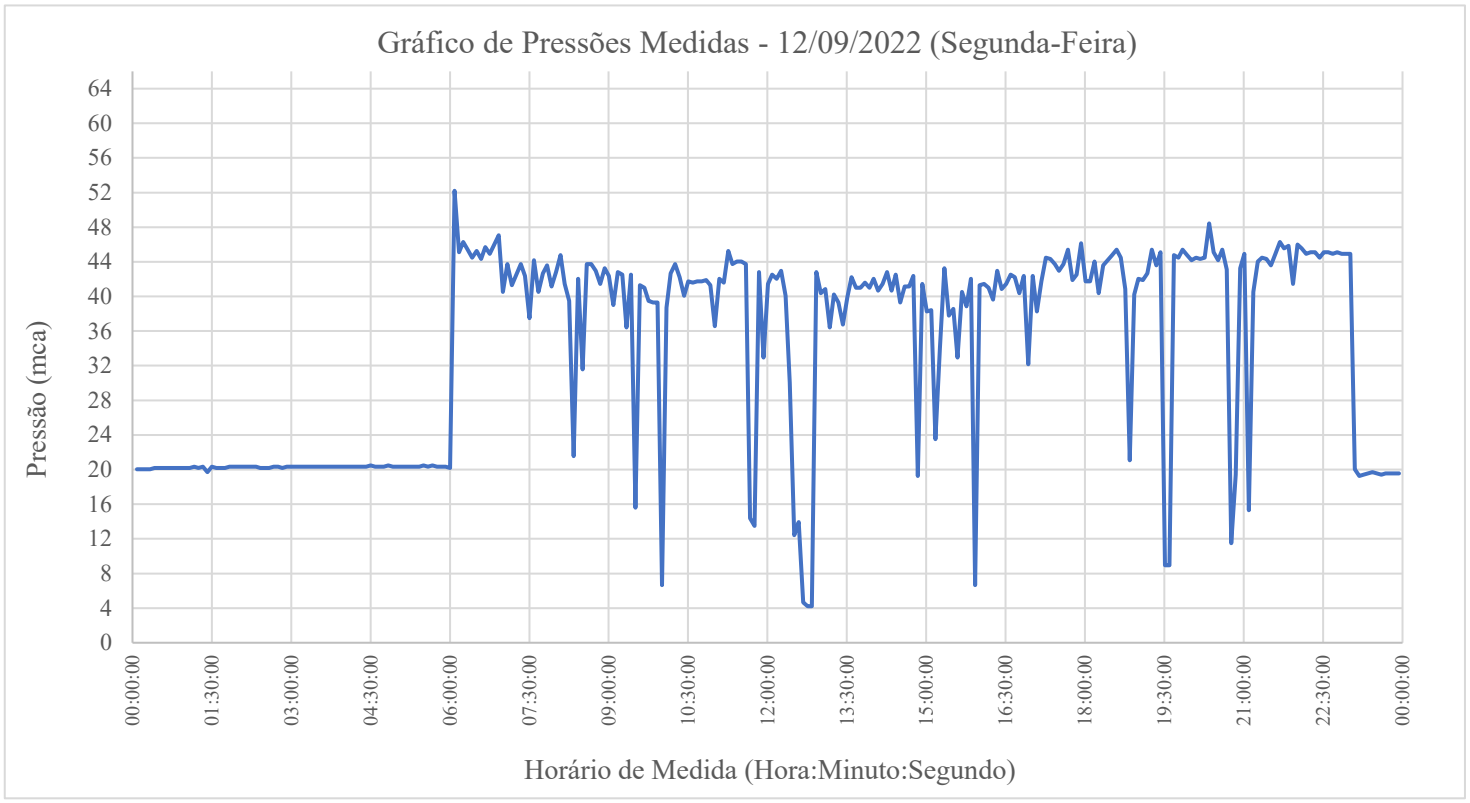

Gráfico de Pressões Medidas - 07/09/2022 (Quarta-Feira) Feriado Independência do Brasil
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

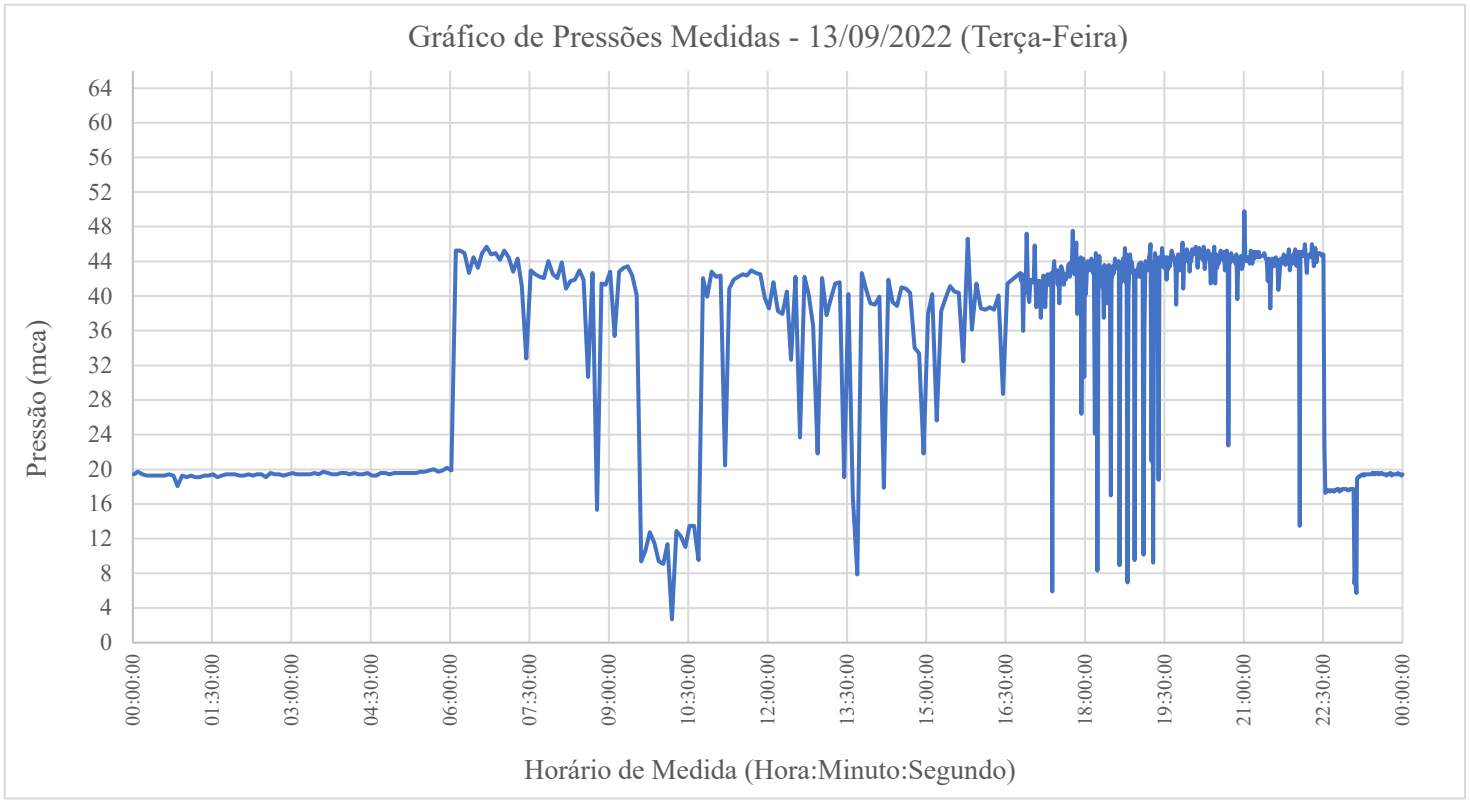

Gráfico de Pressões Medidas - 08/09/2022 (Quinta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

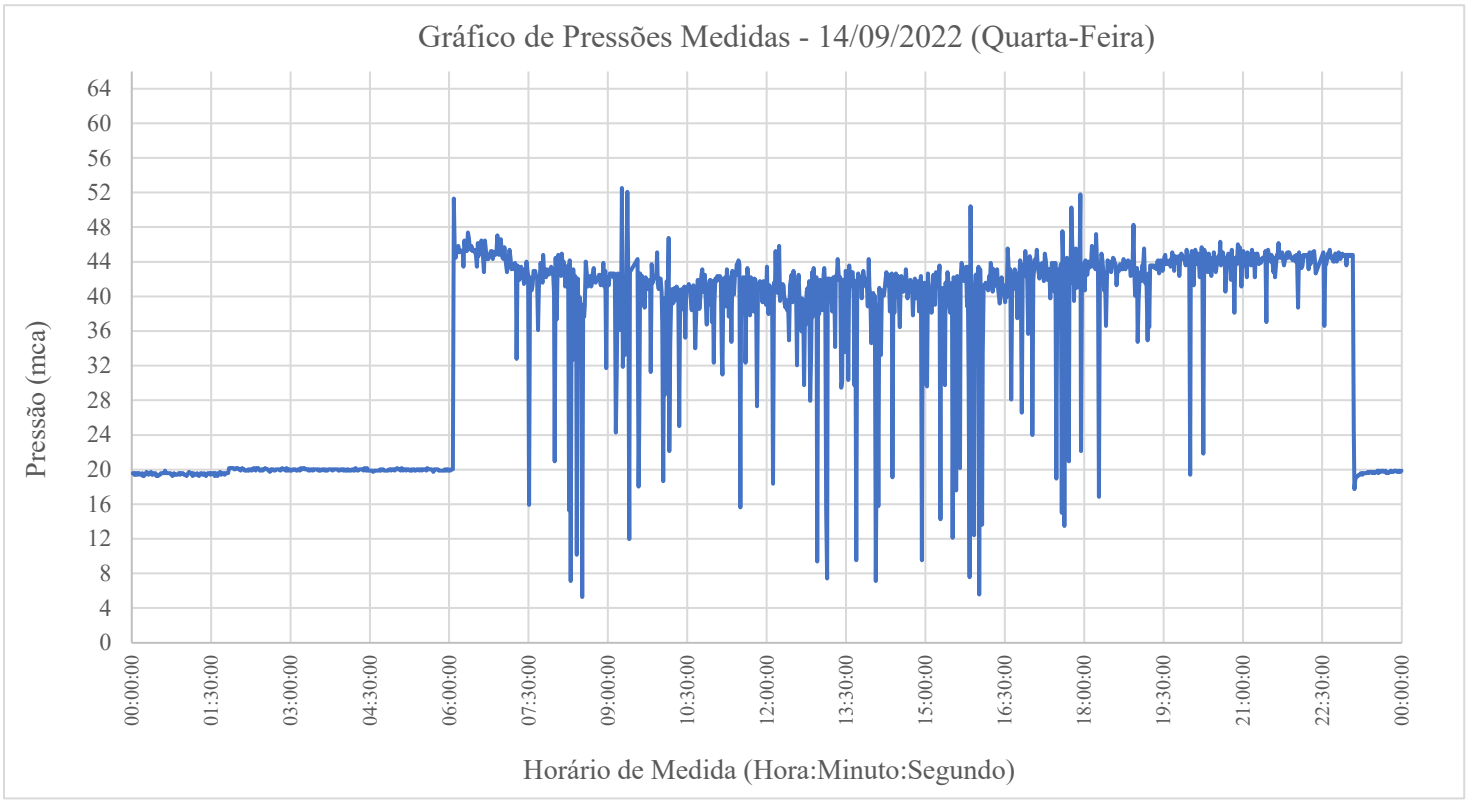

Gráfico de Pressões Medidas - 09/09/2022 (Sexta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

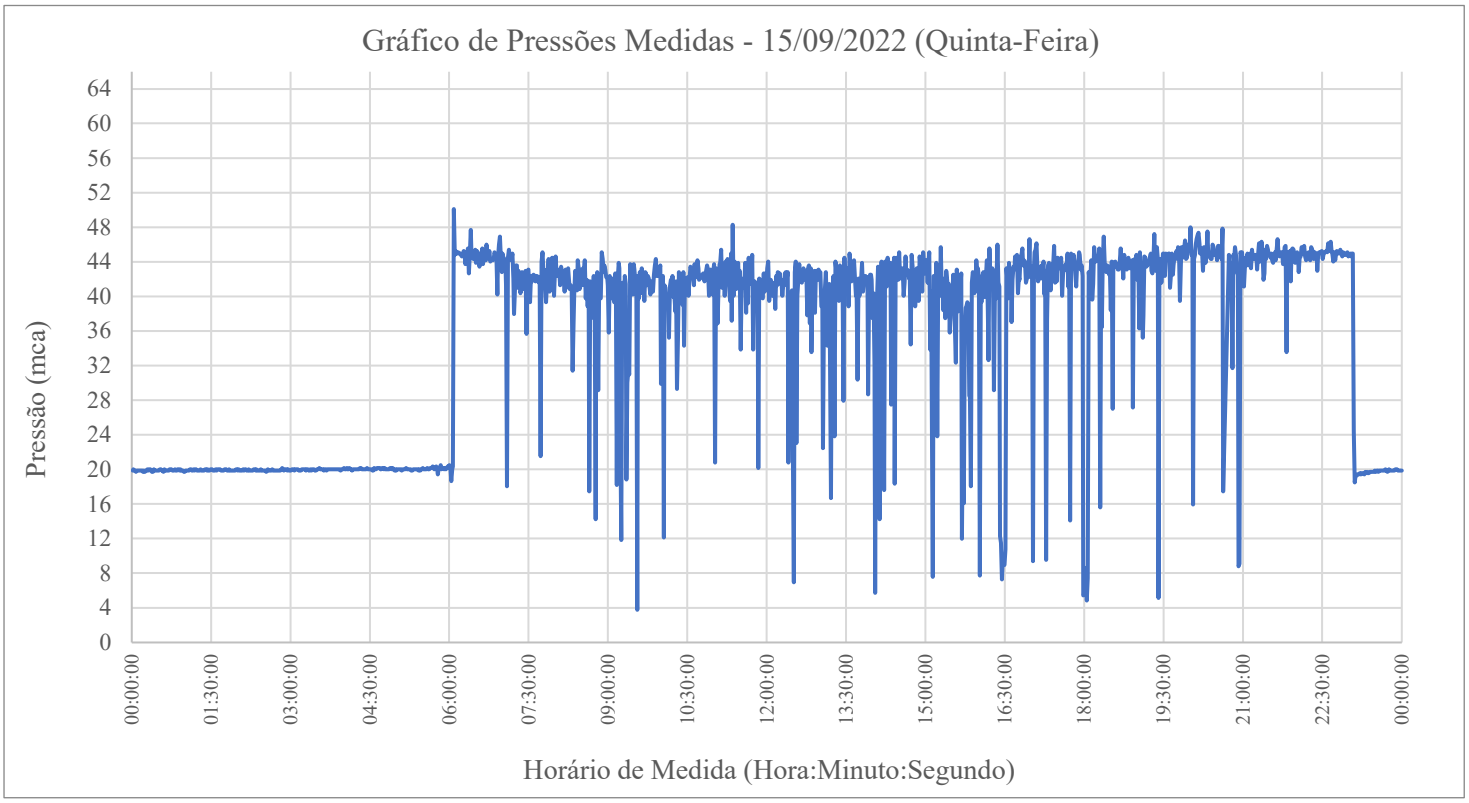

Gráfico de Pressões Medidas - 10/09/2022 (Sábado)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

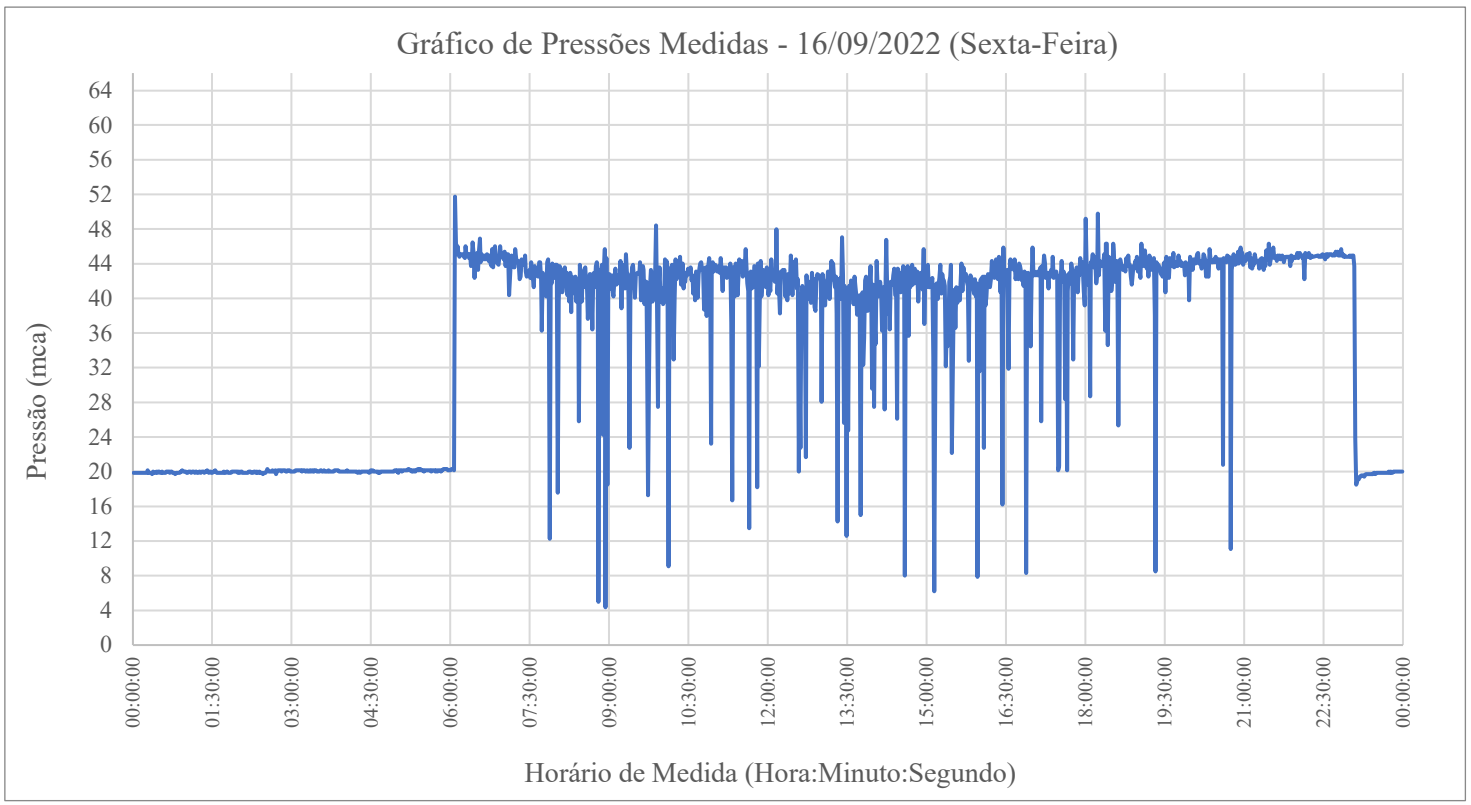

Gráfico de Pressões Medidas - 11/09/2022 (Domingo)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

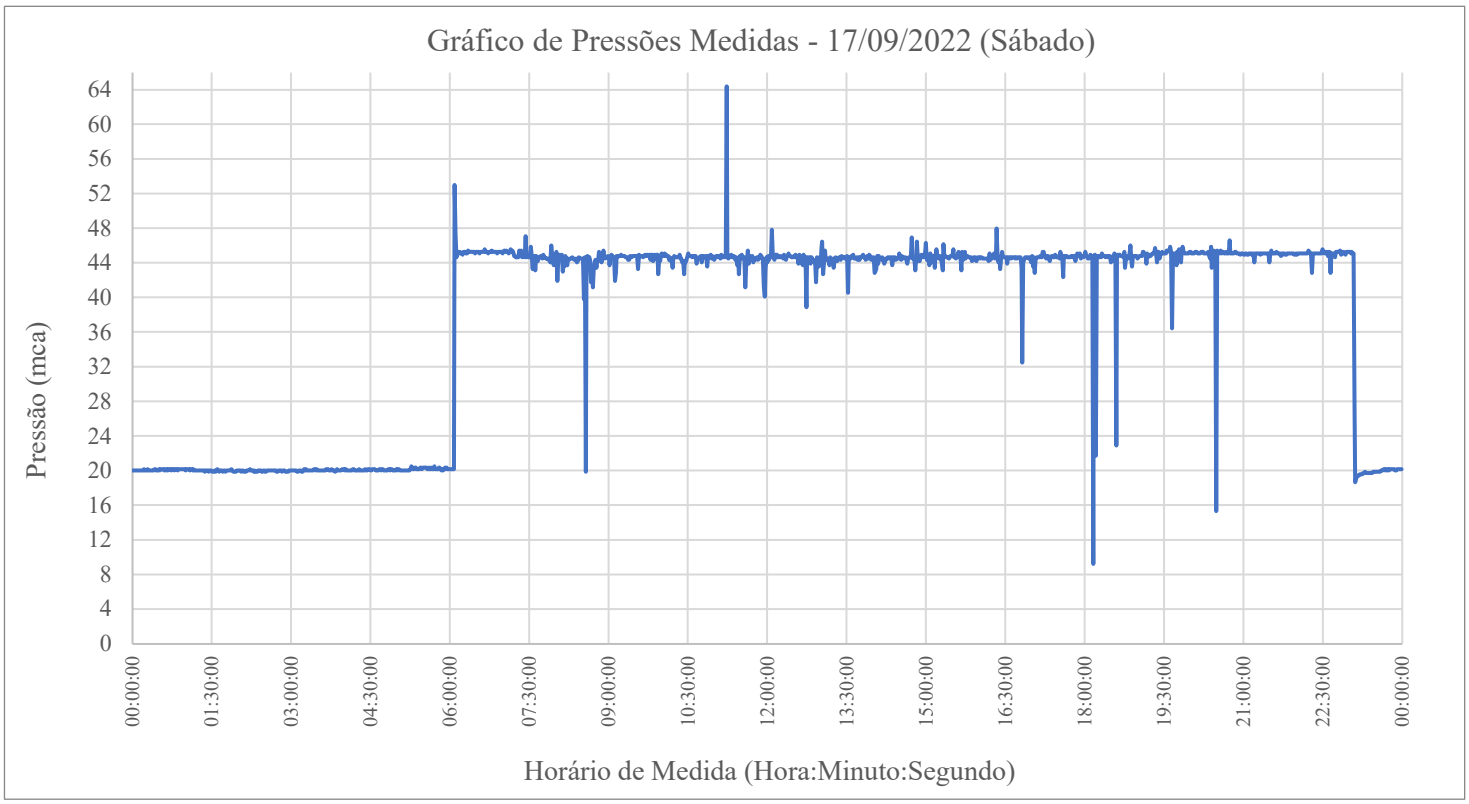

Gráfico de Pressões Medidas - 12/09/2022 (Segunda-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

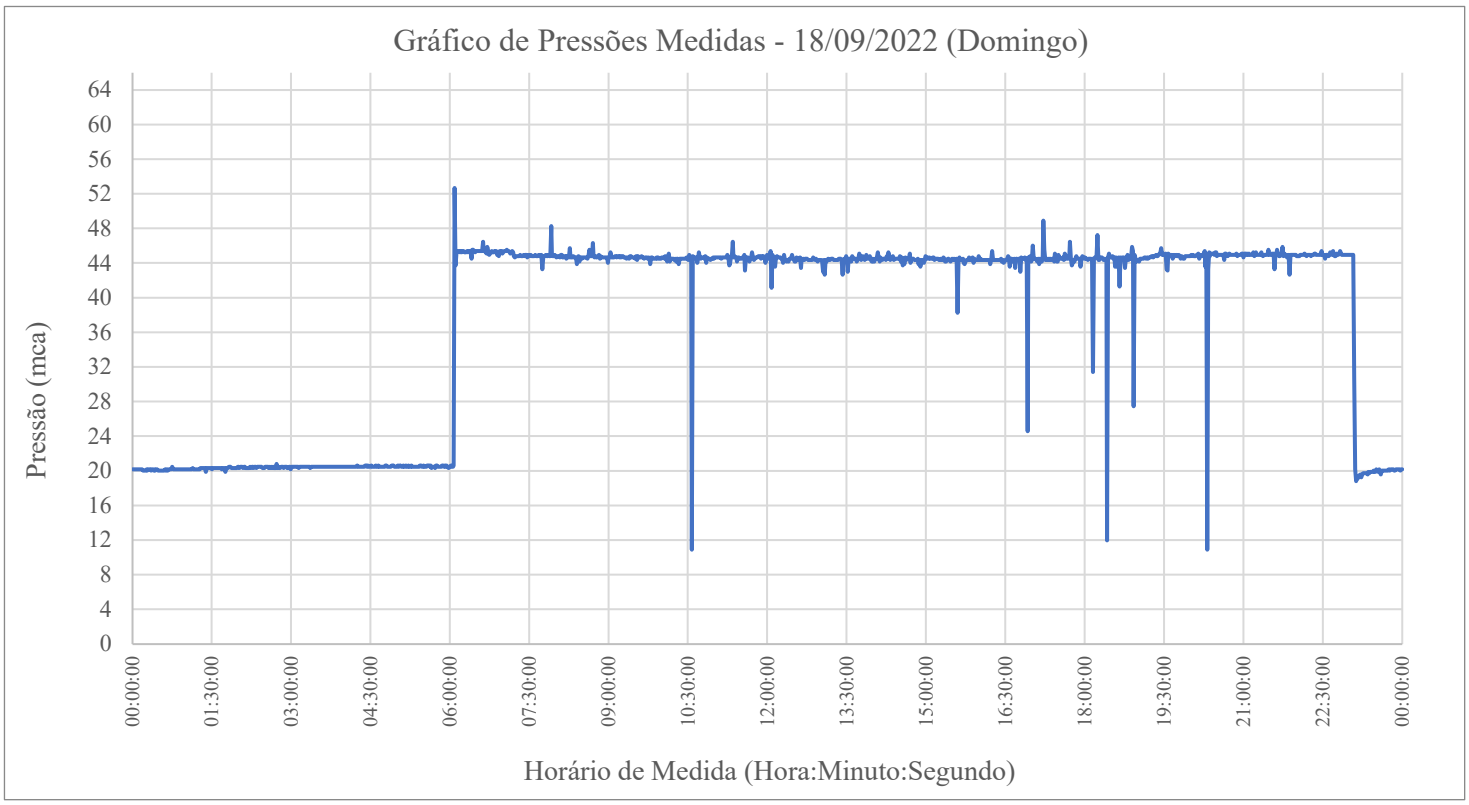

Gráfico de Pressões Medidas - 13/09/2022 (Terça-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

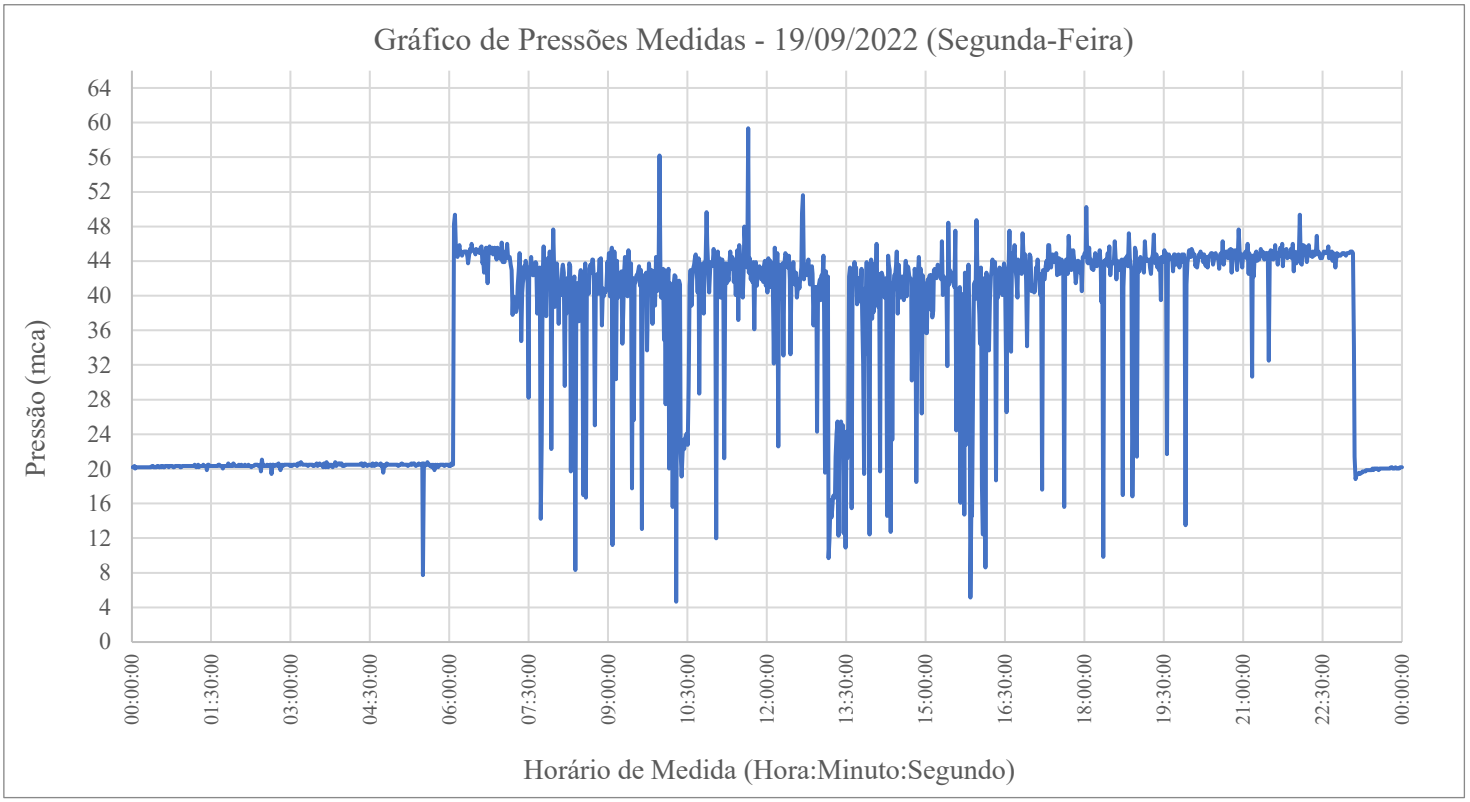

Gráfico de Pressões Medidas - 14/09/2022 (Quarta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

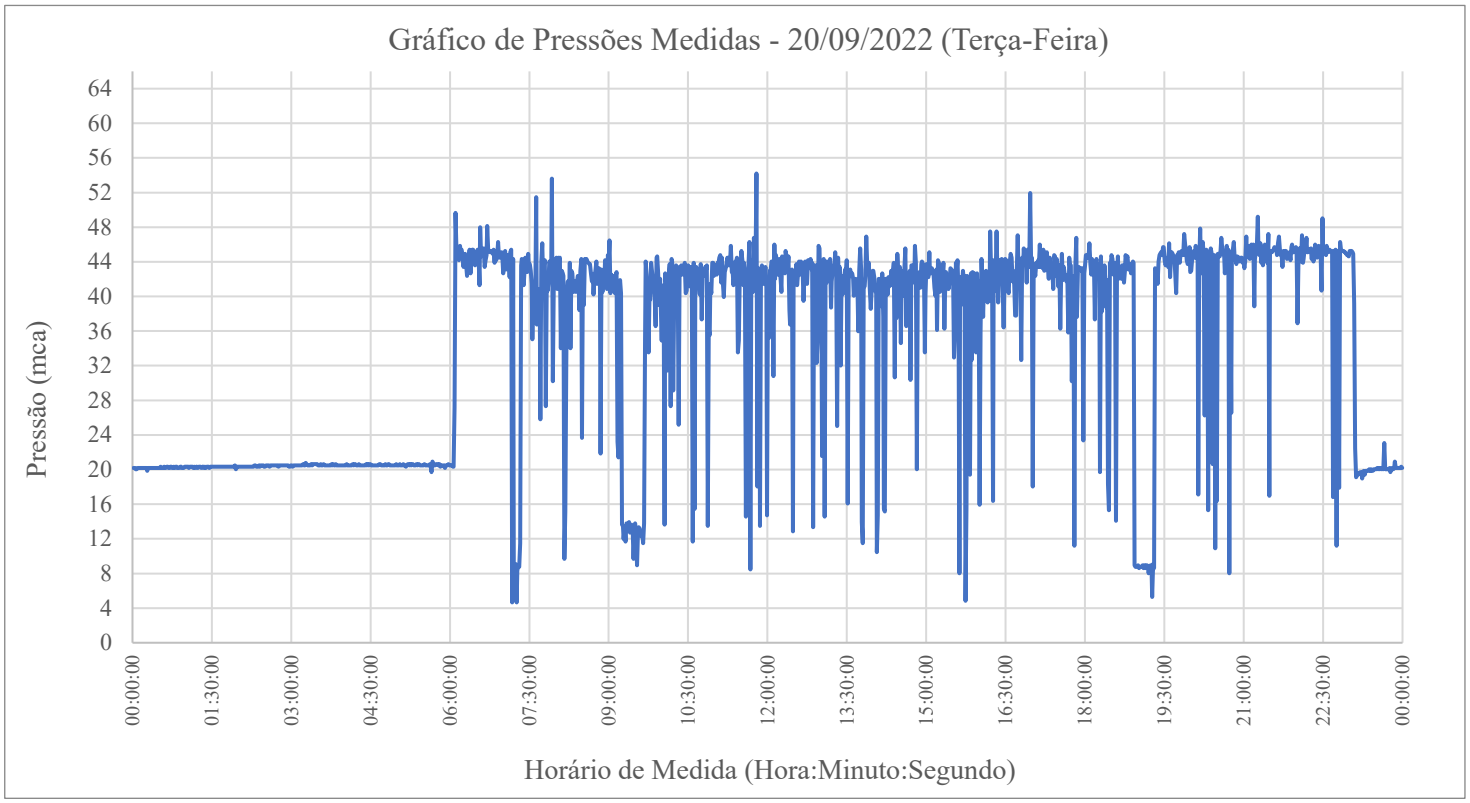

Gráfico de Pressões Medidas - 15/09/2022 (Quinta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

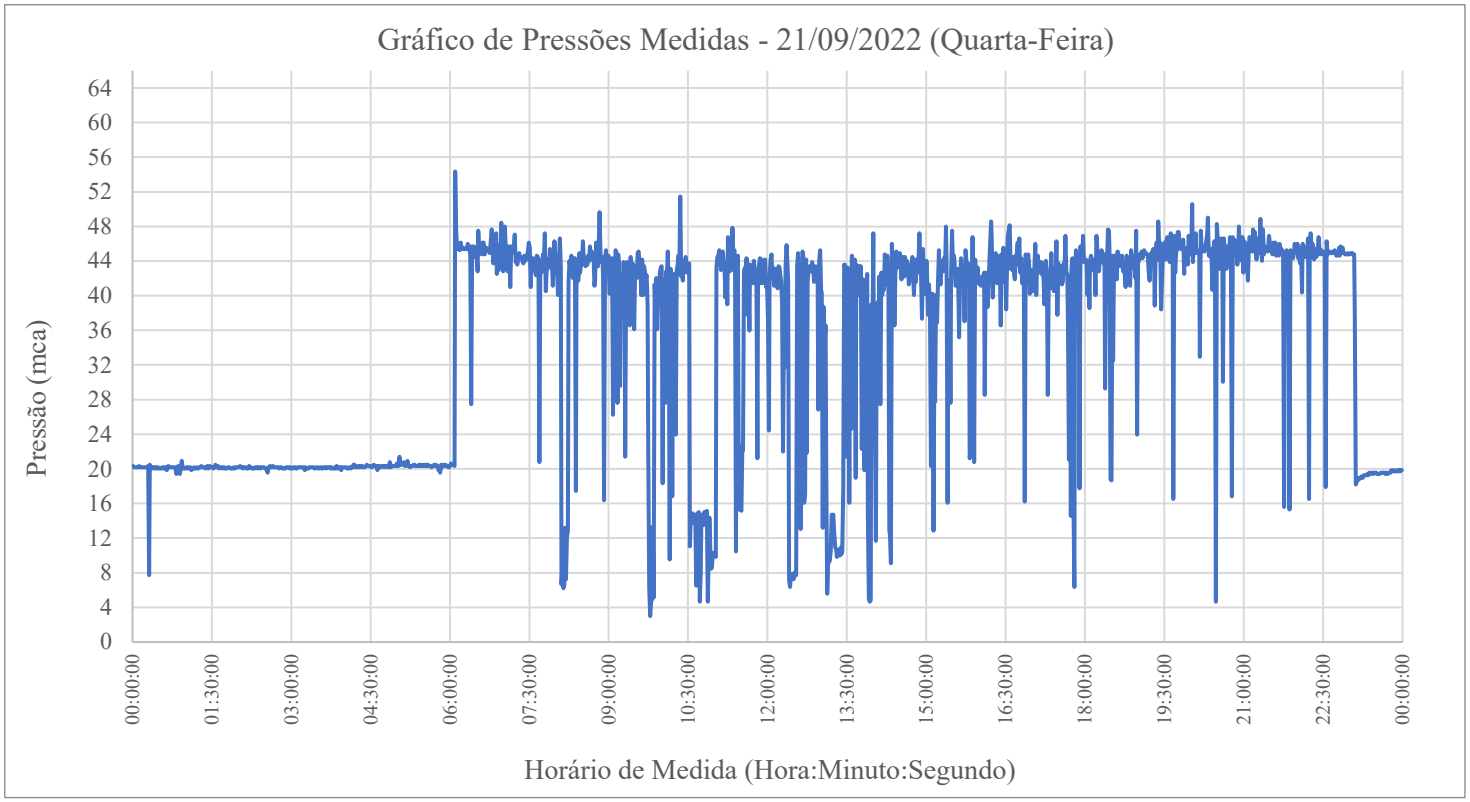

Gráfico de Pressões Medidas - 16/09/2022 (Sexta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

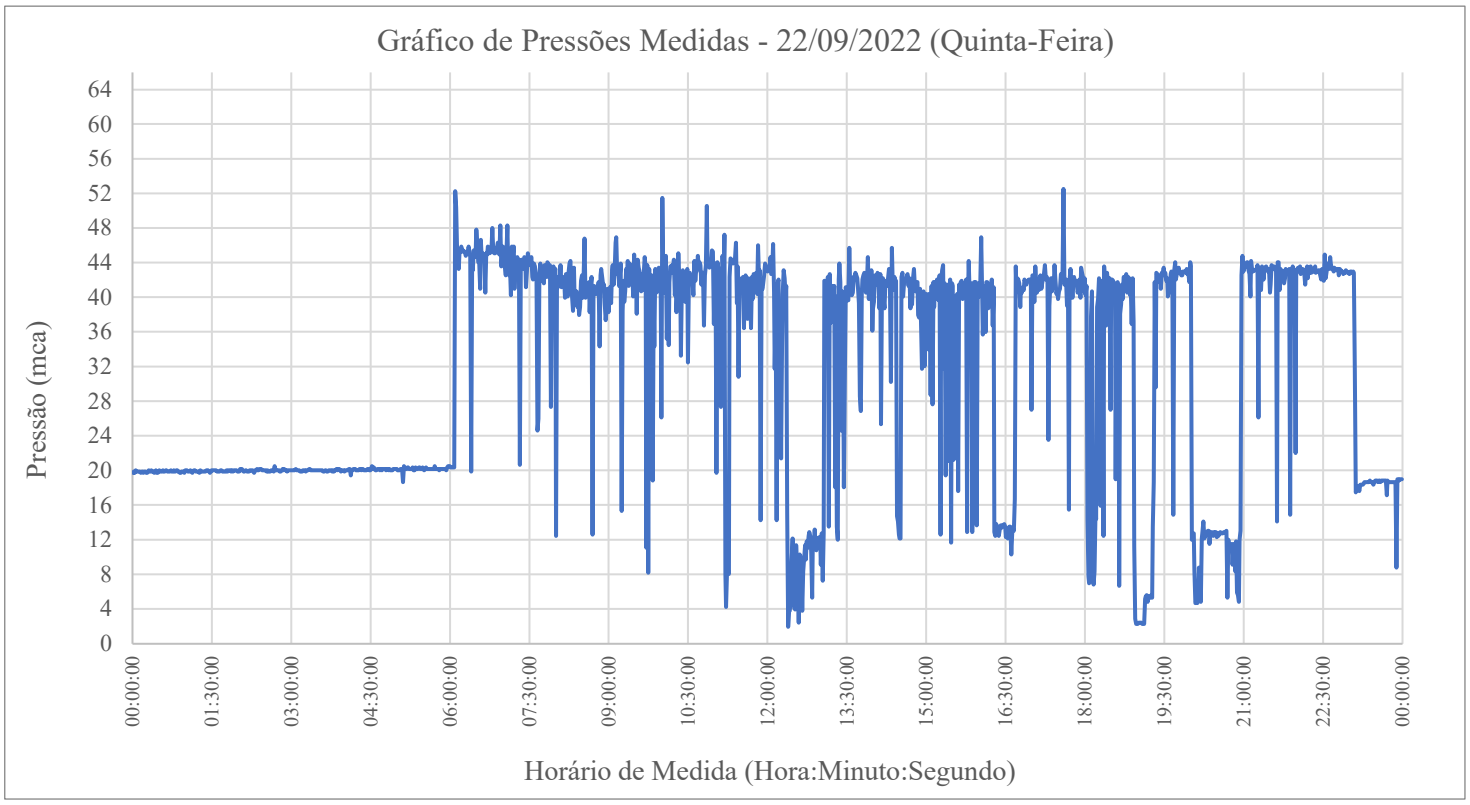

Gráfico de Pressões Medidas - 17/09/2022 (Sábado)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

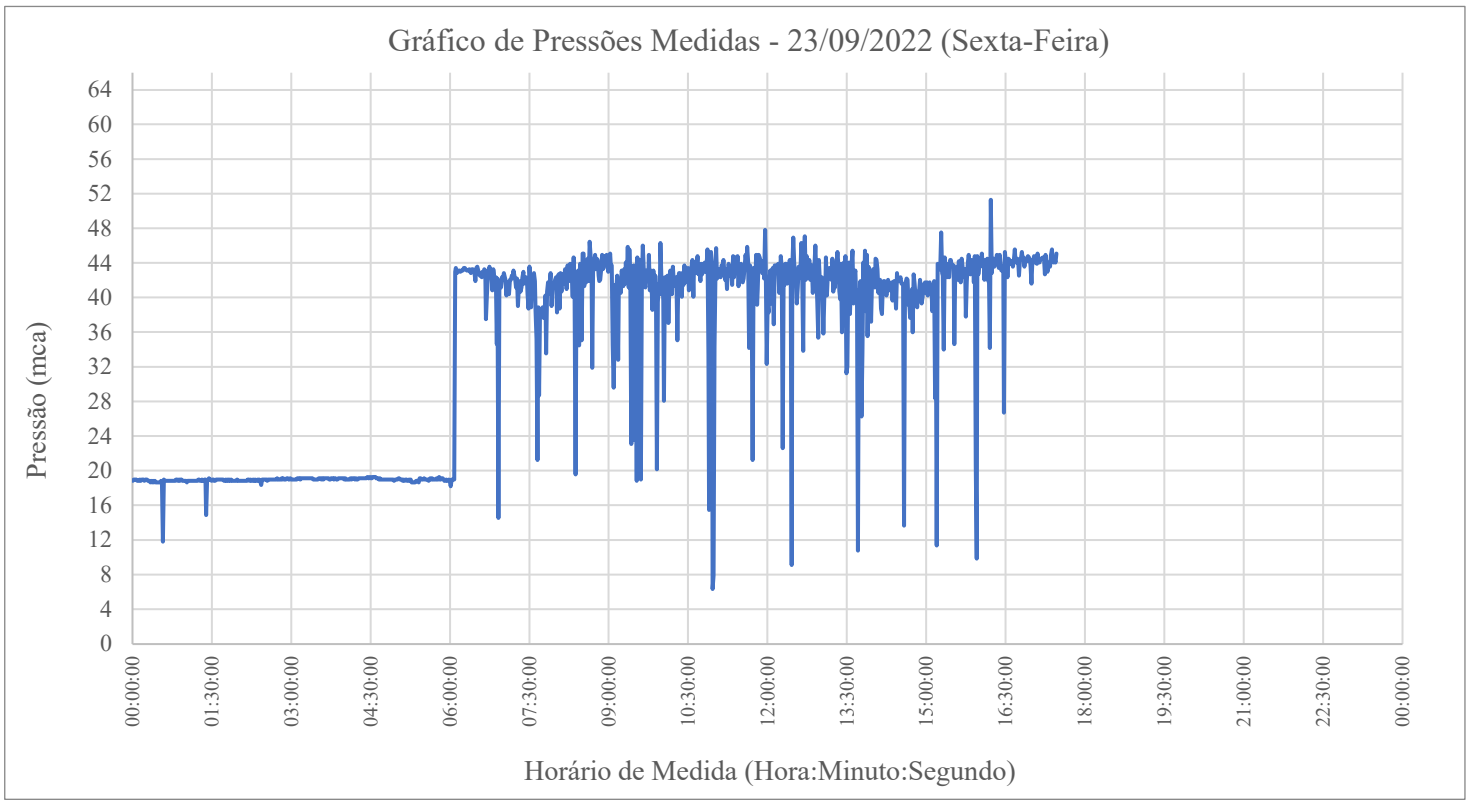

Gráfico de Pressões Medidas - 18/09/2022 (Domingo)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)


Gráfico de Pressões Medidas - 19/09/2022 (Segunda-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)


Gráfico de Pressões Medidas - 20/09/2022 (Terça-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)


Gráfico de Pressões Medidas - 21/09/2022 (Quarta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)


Gráfico de Pressões Medidas - 22/09/2022 (Quinta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)


Gráfico de Pressões Medidas - 23/09/2022 (Sexta-Feira)
Pressão (mca)
64
60
56
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
0
00:00:00
01:30:00
03:00:00
04:30:00
06:00:00
07:30:00
09:00:00
10:30:00
12:00:00
13:30:00
15:00:00
16:30:00
18:00:00
19:30:00
21:00:00
22:30:00
00:00:00
Horário de Medida (Hora:Minuto:Segundo)

APÊNDICE E - CONSUMOS HÍDRICOS MEDIDOS NO HIDRÔMETRO DA FACULDADE DE TECNOLOGIA

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
05:35:00	80366.138	-	05:47:00	80389.016	-	00:00:00	80409.889	6.00	05:55:00	80434.936	-
05:41:00	80366.177	-	05:48:00	80389.021	5.00	00:01:00	80409.895	6.00	05:56:00	80434.942	6.00
05:42:00	80366.182	5.00	05:49:00	80389.027	6.00	00:02:00	80409.901	6.00	05:57:00	80434.948	6.00
05:43:00	80366.188	6.00	05:50:00	80389.033	6.00	00:03:00	80409.907	6.00	05:58:00	80434.955	7.00
05:44:00	80366.194	6.00	05:51:00	80389.039	6.00	00:04:00	80409.913	6.00	05:59:00	80434.961	6.00
05:45:00	80366.199	5.00	05:52:00	80389.045	6.00	00:05:00	80409.919	6.00	06:00:00	80434.970	9.00
05:46:00	80366.205	6.00	05:53:00	80389.051	6.00	00:06:00	80409.925	6.00	06:01:00	80434.987	17.00
05:47:00	80366.211	6.00	05:54:00	80389.057	6.00	00:07:00	80409.931	6.00	06:02:00	80434.998	11.00
05:48:00	80366.217	6.00	05:55:00	80389.062	5.00	00:08:00	80409.938	7.00	06:03:00	80435.008	10.00
05:49:00	80366.223	6.00	05:56:00	80389.068	6.00	00:09:00	80409.944	6.00	06:04:00	80435.018	10.00
05:50:00	80366.229	6.00	05:57:00	80389.074	6.00	00:10:00	80409.950	6.00	06:05:00	80435.028	10.00
05:51:00	80366.234	5.00	05:58:00	80389.080	6.00	05:49:00	80412.009	-	06:06:00	80435.040	12.00
05:52:00	80366.240	6.00	05:59:00	80389.086	6.00	05:50:00	80412.015	6.00	06:07:00	80435.050	10.00
05:53:00	80366.246	6.00	06:00:00	80389.092	6.00	05:51:00	80412.021	6.00	06:08:00	80435.061	11.00
05:54:00	80366.252	6.00	06:01:00	80389.110	18.00	05:52:00	80412.027	6.00	06:09:00	80435.071	10.00
05:55:00	80366.258	6.00	06:02:00	80389.119	9.00	05:53:00	80412.033	6.00	06:10:00	80435.081	10.00
05:56:00	80366.263	5.00	06:03:00	80389.128	9.00	05:54:00	80412.039	6.00	06:55:00	80435.668	-
05:57:00	80366.269	6.00	06:04:00	80389.138	10.00	05:55:00	80412.045	6.00	06:56:00	80435.689	21.00
05:58:00	80366.274	5.00	06:05:00	80389.147	9.00	05:56:00	80412.051	6.00	06:57:00	80435.709	20.00
05:59:00	80366.280	6.00	06:06:00	80389.156	9.00	05:57:00	80412.057	6.00	06:58:00	80435.720	11.00
06:00:00	80366.286	6.00	06:07:00	80389.166	10.00	05:58:00	80412.063	6.00	06:59:00	80435.736	16.00
06:01:00	80366.303	17.00	06:08:00	80389.175	9.00	05:59:00	80412.069	6.00	07:00:00	80435.752	16.00
06:02:00	80366.312	9.00	06:09:00	80389.184	9.00	06:00:00	80412.076	7.00	07:01:00	80435.765	13.00
06:03:00	80366.321	9.00	06:10:00	80389.194	10.00	06:01:00	80412.096	20.00	07:02:00	80435.782	17.00
06:04:00	80366.331	10.00	06:11:00	80389.204	10.00	06:02:00	80412.104	8.00	07:03:00	80435.810	28.00
06:05:00	80366.340	9.00	06:12:00	80389.215	11.00	06:03:00	80412.114	10.00	07:04:00	80435.819	9.00
06:06:00	80366.349	9.00	06:13:00	80389.224	9.00	06:04:00	80412.123	9.00	07:05:00	80435.830	11.00
06:07:00	80366.359	10.00	06:14:00	80389.234	10.00	06:05:00	80412.132	9.00	07:06:00	80435.840	10.00
06:08:00	80366.367	8.00	06:15:00	80389.244	10.00	06:06:00	80412.142	10.00	07:07:00	80435.851	11.00
06:09:00	80366.377	10.00	06:49:00	80389.647	-	06:07:00	80412.151	9.00	07:08:00	80435.865	14.00
06:10:00	80366.386	9.00	06:50:00	80389.659	12.00	06:08:00	80412.161	10.00	07:09:00	80435.888	23.00
06:11:00	80366.396	10.00	06:51:00	80389.673	14.00	06:09:00	80412.170	9.00	07:10:00	80435.898	10.00
06:12:00	80366.409	13.00	06:52:00	80389.684	11.00	06:10:00	80412.179	9.00	07:50:00	80436.616	-
06:13:00	80366.419	10.00	06:53:00	80389.694	10.00	06:55:00	80412.745	-	07:51:00	80436.638	22.00
06:14:00	80366.429	10.00	06:54:00	80389.710	16.00	06:56:00	80412.757	12.00	07:52:00	80436.658	20.00

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
06:15:00	80366.438	9.00	06:55:00	80389.720	10.00	06:57:00	80412.770	13.00	07:53:00	80436.674	16.00
06:16:00	80366.446	8.00	06:56:00	80389.731	11.00	06:58:00	80412.781	11.00	07:54:00	80436.684	10.00
06:17:00	80366.461	15.00	06:57:00	80389.745	14.00	06:59:00	80412.791	10.00	07:55:00	80436.702	18.00
06:18:00	80366.470	9.00	06:58:00	80389.755	10.00	07:00:00	80412.806	15.00	07:56:00	80436.717	15.00
06:19:00	80366.479	9.00	06:59:00	80389.765	10.00	07:01:00	80412.830	24.00	07:57:00	80436.728	11.00
06:20:00	80366.490	11.00	07:00:00	80389.775	10.00	07:02:00	80412.850	20.00	07:58:00	80436.758	30.00
06:21:00	80366.500	10.00	07:01:00	80389.788	13.00	07:03:00	80412.861	11.00	07:59:00	80436.774	16.00
06:22:00	80366.511	11.00	07:02:00	80389.798	10.00	07:04:00	80412.871	10.00	08:00:00	80436.789	15.00
06:23:00	80366.520	9.00	07:03:00	80389.808	10.00	07:05:00	80412.880	9.00	08:01:00	80436.801	12.00
06:24:00	80366.529	9.00	07:04:00	80389.821	13.00	07:55:00	80413.736	-	08:02:00	80436.814	13.00
06:25:00	80366.538	9.00	07:05:00	80389.832	11.00	07:56:00	80413.756	20.00	08:03:00	80436.846	32.00
06:26:00	80366.547	9.00	07:06:00	80389.843	11.00	07:57:00	80413.767	11.00	08:04:00	80436.876	30.00
06:27:00	80366.556	9.00	07:07:00	80389.859	16.00	07:58:00	80413.784	17.00	08:05:00	80436.893	17.00
06:28:00	80366.565	9.00	07:08:00	80389.870	11.00	07:59:00	80413.798	14.00	09:00:00	80438.115	-
06:29:00	80366.581	16.00	07:09:00	80389.880	10.00	08:00:00	80413.821	23.00	09:55:00	80439.374	-
06:30:00	80366.591	10.00	07:10:00	80389.889	9.00	08:01:00	80413.830	9.00	09:56:00	80439.391	17.00
06:31:00	80366.602	11.00	07:48:00	80390.576	-	08:02:00	80413.852	22.00	09:57:00	80439.446	55.00
06:32:00	80366.611	9.00	07:49:00	80390.591	15.00	08:03:00	80413.897	45.00	09:58:00	80439.463	17.00
06:33:00	80366.621	10.00	07:50:00	80390.609	18.00	08:04:00	80413.914	17.00	09:59:00	80439.492	29.00
06:34:00	80366.639	18.00	07:51:00	80390.619	10.00	08:05:00	80413.932	18.00	10:00:00	80439.530	38.00
06:35:00	80366.656	17.00	07:52:00	80390.641	22.00	09:00:00	80415.200	-	10:01:00	80439.552	22.00
06:36:00	80366.674	18.00	07:53:00	80390.663	22.00	09:59:00	80416.625	-	10:02:00	80439.582	30.00
06:37:00	80366.692	18.00	07:54:00	80390.679	16.00	10:00:00	80416.656	31.00	10:03:00	80439.596	14.00
06:38:00	80366.702	10.00	07:55:00	80390.721	42.00	10:01:00	80416.700	44.00	10:04:00	80439.613	17.00
06:39:00	80366.714	12.00	07:56:00	80390.744	23.00	10:02:00	80416.720	20.00	10:05:00	80439.634	21.00
06:40:00	80366.724	10.00	07:57:00	80390.765	21.00	10:03:00	80416.757	37.00	11:00:00	80440.698	-
06:41:00	80366.733	9.00	07:58:00	80390.820	55.00	10:04:00	80416.794	37.00	11:55:00	80441.972	-
06:42:00	80366.753	20.00	07:59:00	80390.864	44.00	10:05:00	80416.823	29.00	11:56:00	80441.988	16.00
06:43:00	80366.763	10.00	08:00:00	80390.889	25.00	10:06:00	80416.858	35.00	11:57:00	80442.005	17.00
06:44:00	80366.772	9.00	08:01:00	80390.907	18.00	10:07:00	80416.883	25.00	11:58:00	80442.030	25.00
06:45:00	80366.785	13.00	08:02:00	80390.925	18.00	10:08:00	80416.902	19.00	11:59:00	80442.055	25.00
06:46:00	80366.796	11.00	08:03:00	80390.939	14.00	10:09:00	80416.938	36.00	12:00:00	80442.072	17.00
06:47:00	80366.807	11.00	08:04:00	80390.956	17.00	10:10:00	80416.969	31.00	12:01:00	80442.085	13.00
06:48:00	80366.816	9.00	08:05:00	80390.972	16.00	10:55:00	80417.871	-	12:02:00	80442.096	11.00
06:49:00	80366.827	11.00	08:06:00	80390.987	15.00	10:56:00	80417.897	26.00	12:03:00	80442.120	24.00

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
06:50:00	80366.839	12.00	08:07:00	80391.006	19.00	10:57:00	80417.921	24.00	12:04:00	80442.148	28.00
06:51:00	80366.850	11.00	08:08:00	80391.021	15.00	10:58:00	80417.951	30.00	12:05:00	80442.160	12.00
06:52:00	80366.858	8.00	08:09:00	80391.034	13.00	10:59:00	80417.962	11.00	13:00:00	80443.755	-
06:53:00	80366.867	9.00	08:10:00	80391.046	12.00	11:00:00	80417.977	15.00	13:55:00	80445.220	-
06:54:00	80366.878	11.00	08:50:00	80391.968	-	11:01:00	80417.997	20.00	13:56:00	80445.252	32.00
06:55:00	80366.901	23.00	08:51:00	80391.980	12.00	11:02:00	80418.008	11.00	13:57:00	80445.285	33.00
06:56:00	80366.920	19.00	08:52:00	80391.991	11.00	11:03:00	80418.018	10.00	13:58:00	80445.317	32.00
06:57:00	80366.935	15.00	08:53:00	80392.009	18.00	11:04:00	80418.038	20.00	13:59:00	80445.352	35.00
06:58:00	80366.949	14.00	08:54:00	80392.031	22.00	11:05:00	80418.070	32.00	14:00:00	80445.388	36.00
06:59:00	80366.962	13.00	08:55:00	80392.056	25.00	11:55:00	80419.165	-	14:01:00	80445.407	19.00
07:00:00	80366.974	12.00	08:56:00	80392.079	23.00	11:56:00	80419.180	15.00	14:02:00	80445.433	26.00
07:01:00	80366.984	10.00	08:57:00	80392.093	14.00	11:57:00	80419.218	38.00	14:03:00	80445.471	38.00
07:02:00	80366.997	13.00	08:58:00	80392.107	14.00	11:58:00	80419.258	40.00	14:04:00	80445.493	22.00
07:03:00	80367.007	10.00	08:59:00	80392.120	13.00	11:59:00	80419.282	24.00	14:05:00	80445.520	27.00
07:04:00	80367.019	12.00	09:00:00	80392.130	10.00	12:00:00	80419.305	23.00	15:00:00	80446.698	-
07:05:00	80367.029	10.00	09:01:00	80392.145	15.00	12:01:00	80419.322	17.00	15:55:00	80448.256	-
07:06:00	80367.038	9.00	09:02:00	80392.162	17.00	12:02:00	80419.342	20.00	15:56:00	80448.315	59.00
07:07:00	80367.049	11.00	09:03:00	80392.172	10.00	12:03:00	80419.366	24.00	15:57:00	80448.338	23.00
07:08:00	80367.061	12.00	09:04:00	80392.183	11.00	12:04:00	80419.382	16.00	15:58:00	80448.368	30.00
07:09:00	80367.076	15.00	09:05:00	80392.203	20.00	12:05:00	80419.403	21.00	15:59:00	80448.383	15.00
07:10:00	80367.099	23.00	09:06:00	80392.247	44.00	13:00:00	80420.773	-	16:00:00	80448.418	35.00
07:11:00	80367.108	9.00	09:07:00	80392.267	20.00	13:59:00	80422.515	-	16:01:00	80448.449	31.00
07:12:00	80367.119	11.00	09:08:00	80392.296	29.00	14:00:00	80422.552	37.00	16:02:00	80448.460	11.00
07:13:00	80367.133	14.00	09:09:00	80392.325	29.00	14:01:00	80422.593	41.00	16:03:00	80448.484	24.00
07:14:00	80367.142	9.00	09:10:00	80392.358	33.00	14:02:00	80422.634	41.00	16:04:00	80448.500	16.00
07:15:00	80367.152	10.00	09:49:00	80393.255	-	14:03:00	80422.690	56.00	16:05:00	80448.522	22.00
07:16:00	80367.206	54.00	09:50:00	80393.301	46.00	14:04:00	80422.732	42.00	17:00:00	80449.403	-
07:17:00	80367.247	41.00	09:51:00	80393.328	27.00	14:05:00	80422.754	22.00	17:56:00	80450.393	-
07:18:00	80367.279	32.00	09:52:00	80393.377	49.00	14:06:00	80422.791	37.00	17:57:00	80450.410	17.00
07:19:00	80367.297	18.00	09:53:00	80393.402	25.00	14:07:00	80422.828	37.00	17:58:00	80450.420	10.00
07:20:00	80367.337	40.00	09:54:00	80393.418	16.00	14:08:00	80422.855	27.00	17:59:00	80450.435	15.00
07:21:00	80367.364	27.00	09:55:00	80393.448	30.00	14:09:00	80422.894	39.00	18:00:00	80450.445	10.00
07:22:00	80367.384	20.00	09:56:00	80393.469	21.00	14:10:00	80422.928	34.00	18:01:00	80450.467	22.00
07:23:00	80367.412	28.00	09:57:00	80393.498	29.00	15:00:00	80424.031	-	18:02:00	80450.478	11.00
07:24:00	80367.441	29.00	09:58:00	80393.527	29.00	15:57:00	80425.584	-	18:03:00	80450.491	13.00

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
07:25:00	80367.463	22.00	09:59:00	80393.558	31.00	15:58:00	80425.607	23.00	18:04:00	80450.515	24.00
07:26:00	80367.481	18.00	10:00:00	80393.592	34.00	15:59:00	80425.631	24.00	18:05:00	80450.526	11.00
07:27:00	80367.499	18.00	10:01:00	80393.639	47.00	16:00:00	80425.663	32.00	18:06:00	80450.537	11.00
07:28:00	80367.525	26.00	10:02:00	80393.664	25.00	16:01:00	80425.692	29.00	19:00:00	80451.326	-
07:29:00	80367.558	33.00	10:03:00	80393.691	27.00	16:02:00	80425.712	20.00	20:00:00	80452.106	-
07:30:00	80367.587	29.00	10:04:00	80393.738	47.00	16:03:00	80425.733	21.00	21:00:00	80452.775	-
07:31:00	80367.623	36.00	10:05:00	80393.781	43.00	16:04:00	80425.755	22.00	22:00:00	80453.423	-
07:49:00	80367.926	-	10:06:00	80393.833	52.00	16:05:00	80425.792	37.00	22:50:00	80453.912	-
07:50:00	80367.937	11.00	10:07:00	80393.865	32.00	16:06:00	80425.834	42.00	22:51:00	80453.922	10.00
07:51:00	80367.947	10.00	10:08:00	80393.879	14.00	16:07:00	80425.861	27.00	22:52:00	80453.932	10.00
07:52:00	80367.978	31.00	10:09:00	80393.893	14.00	17:00:00	80426.975	-	22:53:00	80453.941	9.00
07:53:00	80367.993	15.00	10:10:00	80393.921	28.00	17:55:00	80427.970	-	22:54:00	80453.951	10.00
07:54:00	80368.015	22.00	10:49:00	80394.750	-	17:56:00	80427.970	0.00	22:55:00	80453.960	9.00
07:55:00	80368.064	49.00	10:50:00	80394.775	25.00	17:57:00	80427.970	0.00	22:56:00	80453.970	10.00
07:56:00	80368.095	31.00	10:51:00	80394.790	15.00	17:58:00	80427.970	0.00	22:57:00	80453.980	10.00
07:57:00	80368.110	15.00	10:52:00	80394.801	11.00	17:59:00	80427.971	1.00	22:58:00	80453.990	10.00
07:58:00	80368.126	16.00	10:53:00	80394.820	19.00	18:00:00	80427.972	1.00	22:59:00	80454.000	10.00
07:59:00	80368.140	14.00	10:54:00	80394.835	15.00	18:01:00	80427.987	15.00	23:00:00	80454.010	10.00
08:00:00	80368.152	12.00	10:55:00	80394.853	18.00	18:02:00	80428.006	19.00	23:01:00	80454.013	3.00
08:01:00	80368.167	15.00	10:56:00	80394.902	49.00	18:03:00	80428.029	23.00	23:02:00	80454.016	3.00
08:02:00	80368.188	21.00	10:57:00	80394.937	35.00	18:04:00	80428.076	47.00	23:03:00	80454.022	6.00
08:03:00	80368.208	20.00	10:58:00	80394.958	21.00	18:05:00	80428.106	30.00	23:04:00	80454.028	6.00
08:04:00	80368.232	24.00	10:59:00	80394.981	23.00	18:06:00	80428.131	25.00	23:05:00	80454.035	7.00
08:05:00	80368.273	41.00	11:00:00	80395.023	42.00	18:07:00	80428.152	21.00	23:06:00	80454.042	7.00
08:06:00	80368.310	37.00	11:01:00	80395.041	18.00	18:08:00	80428.165	13.00	23:07:00	80454.048	6.00
08:07:00	80368.342	32.00	11:02:00	80395.081	40.00	18:09:00	80428.176	11.00	23:08:00	80454.054	6.00
08:08:00	80368.365	23.00	11:03:00	80395.098	17.00	18:10:00	80428.187	11.00	23:09:00	80454.060	6.00
08:09:00	80368.393	28.00	11:04:00	80395.125	27.00	19:00:00	80429.033	-	23:10:00	80454.066	6.00
08:10:00	80368.408	15.00	11:05:00	80395.160	35.00	20:00:00	80430.028	-			
08:50:00	80369.354	-	11:06:00	80395.191	31.00	21:00:00	80430.854	-			
08:51:00	80369.379	25.00	11:07:00	80395.222	31.00	22:00:00	80431.532	-			
08:52:00	80369.401	22.00	11:08:00	80395.242	20.00	22:46:00	80432.043	-			
08:53:00	80369.443	42.00	11:09:00	80395.256	14.00	22:47:00	80432.054	11.00			
08:54:00	80369.465	22.00	11:10:00	80395.278	22.00	22:48:00	80432.063	9.00			
08:55:00	80369.487	22.00	11:49:00	80396.115	-	22:49:00	80432.073	10.00			

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
08:56:00	80369.510	23.00
08:57:00	80369.539	29.00
08:58:00	80369.557	18.00
08:59:00	80369.598	41.00
09:00:00	80369.630	32.00
09:01:00	80369.656	26.00
09:02:00	80369.672	16.00
09:03:00	80369.701	29.00
09:04:00	80369.724	23.00
09:05:00	80369.742	18.00
09:06:00	80369.756	14.00
09:07:00	80369.777	21.00
09:08:00	80369.808	31.00
09:09:00	80369.853	45.00
09:10:00	80369.901	48.00
09:11:00	80369.929	28.00
09:49:00	80370.334	-
09:50:00	80370.334	0.00
09:51:00	80370.334	0.00
09:52:00	80370.334	0.00
09:53:00	80370.334	0.00
09:54:00	80370.335	1.00
09:55:00	80370.335	0.00
09:56:00	80370.335	0.00
09:57:00	80370.335	0.00
09:58:00	80370.335	0.00
09:59:00	80370.335	0.00
10:00:00	80370.335	0.00
10:01:00	80370.335	0.00
10:02:00	80370.335	0.00
10:03:00	80370.335	0.00
10:04:00	80370.335	0.00
10:05:00	80370.335	0.00
10:06:00	80370.337	2.00
10:07:00	80370.338	1.00

QUARTA-FEIRA (14/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
11:50:00	80396.132	17.00
11:51:00	80396.168	36.00
11:52:00	80396.205	37.00
11:53:00	80396.217	12.00
11:54:00	80396.230	13.00
11:55:00	80396.251	21.00
11:56:00	80396.290	39.00
11:57:00	80396.319	29.00
11:58:00	80396.350	31.00
11:59:00	80396.382	32.00
12:00:00	80396.424	42.00
12:01:00	80396.459	35.00
12:02:00	80396.493	34.00
12:03:00	80396.527	34.00
12:04:00	80396.571	44.00
12:05:00	80396.604	33.00
12:06:00	80396.644	40.00
12:07:00	80396.676	32.00
12:08:00	80396.698	22.00
12:09:00	80396.721	23.00
12:10:00	80396.745	24.00
12:51:00	80397.910	-
12:52:00	80397.930	20.00
12:53:00	80397.944	14.00
12:54:00	80397.968	24.00
12:55:00	80397.983	15.00
12:56:00	80398.008	25.00
12:57:00	80398.037	29.00
12:58:00	80398.050	13.00
12:59:00	80398.064	14.00
13:00:00	80398.076	12.00
13:01:00	80398.105	29.00
13:02:00	80398.130	25.00
13:03:00	80398.159	29.00
13:04:00	80398.177	18.00

QUINTA-FEIRA (15/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
22:50:00	80432.083	10.00
22:51:00	80432.094	11.00
22:52:00	80432.106	12.00
22:53:00	80432.116	10.00
22:54:00	80432.126	10.00
22:55:00	80432.136	10.00
22:56:00	80432.147	11.00
22:57:00	80432.157	10.00
22:58:00	80432.168	11.00
22:59:00	80432.178	10.00
23:00:00	80432.188	10.00
23:01:00	80432.191	3.00
23:02:00	80432.194	3.00
23:03:00	80432.201	7.00
23:04:00	80432.208	7.00
23:05:00	80432.215	7.00
23:06:00	80432.221	6.00
23:07:00	80432.228	7.00
23:08:00	80432.234	6.00
23:09:00	80432.241	7.00
23:10:00	80432.247	6.00

SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
10:08:00	80370.338	0.00	13:05:00	80398.197	20.00						
10:09:00	80370.338	0.00	13:06:00	80398.219	22.00						
10:10:00	80370.338	0.00	13:07:00	80398.241	22.00						
10:11:00	80370.338	0.00	13:08:00	80398.287	46.00						
10:12:00	80370.338	0.00	13:09:00	80398.325	38.00						
10:13:00	80370.338	0.00	13:10:00	80398.379	54.00						
10:14:00	80370.338	0.00	13:49:00	80399.515	-						
10:15:00	80370.338	0.00	13:50:00	80399.546	31.00						
10:16:00	80370.349	11.00	13:51:00	80399.582	36.00						
10:17:00	80370.349	0.00	13:52:00	80399.602	20.00						
10:18:00	80370.349	0.00	13:53:00	80399.626	24.00						
10:19:00	80370.349	0.00	13:54:00	80399.662	36.00						
10:20:00	80370.349	0.00	13:55:00	80399.702	40.00						
10:21:00	80370.349	0.00	13:56:00	80399.750	48.00						
10:22:00	80370.349	0.00	13:57:00	80399.778	28.00						
10:23:00	80370.377	28.00	13:58:00	80399.813	35.00						
10:24:00	80370.377	0.00	13:59:00	80399.831	18.00						
10:25:00	80370.377	0.00	14:00:00	80399.840	9.00						
10:26:00	80370.400	23.00	14:01:00	80399.864	24.00						
10:27:00	80370.400	0.00	14:02:00	80399.894	30.00						
10:28:00	80370.400	0.00	14:03:00	80399.921	27.00						
10:29:00	80370.400	0.00	14:04:00	80399.954	33.00						
10:30:00	80370.400	0.00	14:05:00	80399.988	34.00						
10:31:00	80370.400	0.00	14:06:00	80400.028	40.00						
10:32:00	80370.400	0.00	14:07:00	80400.044	16.00						
10:33:00	80370.400	0.00	14:08:00	80400.062	18.00						
10:34:00	80370.400	0.00	14:09:00	80400.090	28.00						
10:35:00	80370.400	0.00	14:10:00	80400.111	21.00						
10:36:00	80370.400	0.00	14:50:00	80400.996	-						
10:37:00	80370.400	0.00	14:51:00	80401.053	57.00						
10:38:00	80370.400	0.00	14:52:00	80401.087	34.00						
10:39:00	80370.411	11.00	14:53:00	80401.189	102.00						
10:40:00	80370.435	24.00	14:54:00	80401.237	48.00						
10:41:00	80370.454	19.00	14:55:00	80401.257	20.00						
10:42:00	80370.471	17.00	14:56:00	80401.270	13.00						

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
10:43:00	80370.505	34.00
10:44:00	80370.534	29.00
10:45:00	80370.555	21.00
10:46:00	80370.580	25.00
10:47:00	80370.610	30.00
10:48:00	80370.643	33.00
10:49:00	80370.687	44.00
10:50:00	80370.701	14.00
10:51:00	80370.739	38.00
10:52:00	80370.763	24.00
10:53:00	80370.784	21.00
10:54:00	80370.819	35.00
10:55:00	80370.833	14.00
10:56:00	80370.889	56.00
10:57:00	80370.922	33.00
10:58:00	80370.951	29.00
10:59:00	80370.966	15.00
11:00:00	80370.987	21.00
11:01:00	80371.003	16.00
11:02:00	80371.035	32.00
11:03:00	80371.050	15.00
11:04:00	80371.067	17.00
11:05:00	80371.085	18.00
11:06:00	80371.121	36.00
11:07:00	80371.154	33.00
11:08:00	80371.211	57.00
11:09:00	80371.236	25.00
11:10:00	80371.260	24.00
11:11:00	80371.299	39.00
11:44:00	80372.080	-
11:45:00	80372.094	14.00
11:46:00	80372.105	11.00
11:47:00	80372.132	27.00
11:48:00	80372.145	13.00
11:49:00	80372.171	26.00

QUARTA-FEIRA (14/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
14:57:00	80401.288	18.00
14:58:00	80401.312	24.00
14:59:00	80401.340	28.00
15:00:00	80401.388	48.00
15:01:00	80401.408	20.00
15:02:00	80401.422	14.00
15:03:00	80401.463	41.00
15:04:00	80401.485	22.00
15:05:00	80401.497	12.00
15:06:00	80401.517	20.00
15:07:00	80401.531	14.00
15:08:00	NÃO MEDIDO	-
15:09:00	NÃO MEDIDO	-
15:10:00	80401.602	-
15:11:00	80401.628	26.00
15:51:00	80402.843	-
15:52:00	NÃO MEDIDO	-
15:53:00	80402.907	-
15:54:00	80402.942	35.00
15:55:00	80402.981	39.00
15:56:00	80403.003	22.00
15:57:00	80403.003	0.00
15:58:00	80403.019	16.00
15:59:00	80403.044	25.00
16:00:00	80403.094	50.00
16:01:00	80403.130	36.00
16:02:00	80403.173	43.00
16:03:00	80403.205	32.00
16:04:00	80403.236	31.00
16:05:00	80403.264	28.00
16:06:00	80403.298	34.00
16:07:00	80403.340	42.00
16:08:00	80403.367	27.00
16:09:00	80403.388	21.00
16:10:00	80403.403	15.00

QUINTA-FEIRA (15/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)

SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
11:50:00	80372.206	35.00	16:52:00	80404.418	-						
11:51:00	80372.219	13.00	16:53:00	80404.434	16.00						
11:52:00	80372.243	24.00	16:54:00	80404.455	21.00						
11:53:00	80372.267	24.00	16:55:00	80404.476	21.00						
11:54:00	80372.327	60.00	16:56:00	80404.506	30.00						
11:55:00	80372.364	37.00	16:57:00	80404.541	35.00						
11:56:00	80372.385	21.00	16:58:00	80404.561	20.00						
11:57:00	80372.442	57.00	16:59:00	80404.579	18.00						
11:58:00	80372.460	18.00	17:00:00	80404.594	15.00						
11:59:00	80372.493	33.00	17:01:00	80404.609	15.00						
12:00:00	80372.544	51.00	17:02:00	80404.648	39.00						
12:01:00	80372.567	23.00	17:03:00	80404.672	24.00						
12:02:00	80372.580	13.00	17:04:00	80404.682	10.00						
12:03:00	80372.626	46.00	17:05:00	80404.694	12.00						
12:04:00	80372.645	19.00	17:06:00	80404.702	8.00						
12:05:00	80372.689	44.00	17:07:00	80404.723	21.00						
12:06:00	80372.724	35.00	17:08:00	80404.748	25.00						
12:07:00	80372.790	66.00	17:09:00	80404.771	23.00						
12:08:00	80372.821	31.00	17:10:00	80404.783	12.00						
12:09:00	80372.846	25.00	17:11:00	80404.801	18.00						
12:10:00	80372.877	31.00	17:12:00	80404.810	9.00						
12:11:00	80372.923	46.00	17:52:00	80405.597	-						
12:12:00	80372.955	32.00	17:53:00	80405.627	30.00						
12:13:00	80373.010	55.00	17:54:00	80405.634	7.00						
12:14:00	80373.067	57.00	17:55:00	80405.644	10.00						
12:15:00	80373.111	44.00	17:56:00	80405.661	17.00						
12:16:00	80373.130	19.00	17:57:00	80405.677	16.00						
12:52:00	80374.283	-	17:58:00	80405.689	12.00						
12:53:00	80374.335	52.00	17:59:00	80405.705	16.00						
12:54:00	80374.373	38.00	18:00:00	80405.716	11.00						
12:55:00	80374.419	46.00	18:01:00	80405.727	11.00						
12:56:00	80374.455	36.00	18:02:00	80405.740	13.00						
12:57:00	80374.493	38.00	18:03:00	80405.753	13.00						
12:58:00	80374.530	37.00	18:04:00	80405.793	40.00						
12:59:00	80374.545	15.00	18:05:00	80405.814	21.00						

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
13:00:00	80374.574	29.00	18:06:00	80405.825	11.00						
13:01:00	80374.596	22.00	18:07:00	80405.860	35.00						
13:02:00	80374.618	22.00	18:08:00	80405.870	10.00						
13:03:00	80374.657	39.00	18:09:00	NÃO MEDIDO	-						
13:04:00	80374.686	29.00	18:10:00	80405.915	-						
13:05:00	80374.709	23.00	18:11:00	80405.931	16.00						
13:06:00	80374.730	21.00	18:12:00	80405.951	20.00						
13:07:00	80374.762	32.00	18:51:00	80406.532	-						
13:08:00	80374.799	37.00	18:52:00	80406.553	21.00						
13:09:00	80374.814	15.00	18:53:00	80406.566	13.00						
13:10:00	80374.847	33.00	18:54:00	80406.576	10.00						
13:11:00	80374.878	31.00	18:55:00	80406.586	10.00						
13:12:00	80374.911	33.00	18:56:00	80406.605	19.00						
13:46:00	80375.901	-	18:57:00	80406.617	12.00						
13:47:00	80375.930	29.00	18:58:00	80406.628	11.00						
13:48:00	80375.950	20.00	18:59:00	80406.639	11.00						
13:49:00	80375.974	24.00	19:00:00	80406.652	13.00						
13:50:00	80375.995	21.00	19:01:00	80406.667	15.00						
13:51:00	80376.030	35.00	19:02:00	80406.679	12.00						
13:52:00	80376.052	22.00	19:03:00	80406.709	30.00						
13:53:00	80376.072	20.00	19:04:00	80406.729	20.00						
13:54:00	80376.122	50.00	19:05:00	80406.745	16.00						
13:55:00	80376.152	30.00	19:06:00	80406.755	10.00						
13:56:00	80376.216	64.00	19:07:00	80406.769	14.00						
13:57:00	80376.234	18.00	19:08:00	80406.795	26.00						
13:58:00	80376.253	19.00	19:09:00	80406.807	12.00						
13:59:00	80376.273	20.00	19:10:00	80406.832	25.00						
14:00:00	80376.295	22.00	19:54:00	80407.376	-						
14:01:00	80376.332	37.00	19:55:00	80407.385	9.00						
14:02:00	80376.357	25.00	19:56:00	80407.404	19.00						
14:03:00	80376.392	35.00	19:57:00	80407.414	10.00						
14:04:00	80376.426	34.00	19:58:00	80407.434	20.00						
14:05:00	80376.452	26.00	19:59:00	80407.444	10.00						
14:06:00	80376.470	18.00	20:00:00	80407.454	10.00						
14:07:00	80376.507	37.00	20:01:00	80407.476	22.00						

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
14:08:00	80376.543	36.00	20:02:00	80407.489	13.00						
14:09:00	80376.577	34.00	20:03:00	80407.500	11.00						
14:10:00	80376.598	21.00	20:04:00	80407.517	17.00						
14:49:00	80378.061	-	20:05:00	80407.535	18.00						
14:50:00	80378.116	55.00	20:06:00	80407.543	8.00						
14:51:00	80378.169	53.00	20:07:00	80407.559	16.00						
14:52:00	80378.219	50.00	20:08:00	80407.570	11.00						
14:53:00	80378.260	41.00	20:09:00	80407.595	25.00						
14:54:00	80378.281	21.00	20:10:00	80407.604	9.00						
14:55:00	80378.337	56.00	20:11:00	80407.625	21.00						
14:56:00	80378.371	34.00	20:12:00	80407.647	22.00						
14:57:00	80378.412	41.00	20:13:00	80407.658	11.00						
14:58:00	80378.445	33.00	20:14:00	80407.676	18.00						
14:59:00	80378.469	24.00	20:50:00	80408.136	-						
15:00:00	80378.514	45.00	20:51:00	80408.145	9.00						
15:01:00	80378.539	25.00	20:52:00	80408.179	34.00						
15:02:00	80378.570	31.00	20:53:00	80408.191	12.00						
15:03:00	80378.593	23.00	20:54:00	80408.202	11.00						
15:04:00	80378.634	41.00	20:55:00	80408.221	19.00						
15:05:00	80378.662	28.00	20:56:00	80408.234	13.00						
15:06:00	80378.675	13.00	20:57:00	80408.247	13.00						
15:07:00	80378.696	21.00	20:58:00	80408.255	8.00						
15:08:00	80378.742	46.00	20:59:00	80408.264	9.00						
15:09:00	80378.768	26.00	21:00:00	80408.277	13.00						
15:10:00	80378.823	55.00	21:01:00	80408.284	7.00						
15:52:00	80379.968	-	21:02:00	80408.294	10.00						
15:53:00	80379.984	16.00	21:03:00	80408.305	11.00						
15:54:00	80380.013	29.00	21:04:00	80408.314	9.00						
15:55:00	80380.117	104.00	21:05:00	80408.324	10.00						
15:56:00	80380.186	69.00	21:06:00	80408.334	10.00						
15:57:00	80380.258	72.00	21:07:00	80408.343	9.00						
15:58:00	80380.287	29.00	21:08:00	80408.353	10.00						
15:59:00	80380.319	32.00	21:09:00	80408.364	11.00						
16:00:00	80380.337	18.00	21:10:00	80408.374	10.00						
16:01:00	80380.378	41.00	21:50:00	80408.798	-						

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
16:02:00	80380.427	49.00	21:51:00	80408.808	10.00						
16:03:00	80380.468	41.00	21:52:00	80408.818	10.00						
16:04:00	80380.496	28.00	21:53:00	80408.828	10.00						
16:05:00	80380.522	26.00	21:54:00	80408.838	10.00						
16:06:00	80380.541	19.00	21:55:00	80408.846	8.00						
16:07:00	80380.556	15.00	21:56:00	80408.856	10.00						
16:08:00	80380.581	25.00	21:57:00	80408.865	9.00						
16:09:00	80380.607	26.00	21:58:00	80408.877	12.00						
16:10:00	80380.628	21.00	21:59:00	80408.890	13.00						
16:11:00	80380.664	36.00	22:00:00	80408.899	9.00						
16:12:00	80380.694	30.00	22:01:00	80408.908	9.00						
16:51:00	80381.507	-	22:02:00	80408.917	9.00						
16:52:00	80381.527	20.00	22:03:00	80408.927	10.00						
16:53:00	80381.545	18.00	22:04:00	80408.937	10.00						
16:54:00	80381.566	21.00	22:05:00	80408.947	10.00						
16:55:00	80381.603	37.00	22:06:00	80408.957	10.00						
16:56:00	80381.615	12.00	22:07:00	80408.973	16.00						
16:57:00	80381.626	11.00	22:08:00	80408.983	10.00						
16:58:00	80381.640	14.00	22:09:00	80408.992	9.00						
16:59:00	80381.655	15.00	22:10:00	80409.001	9.00						
17:00:00	80381.671	16.00	22:50:00	80409.439	-						
17:01:00	80381.699	28.00	22:51:00	80409.447	8.00						
17:02:00	80381.713	14.00	22:52:00	80409.456	9.00						
17:03:00	80381.744	31.00	22:53:00	80409.468	12.00						
17:04:00	80381.762	18.00	22:54:00	80409.476	8.00						
17:05:00	80381.772	10.00	22:55:00	80409.485	9.00						
17:06:00	80381.804	32.00	22:56:00	80409.494	9.00						
17:07:00	80381.819	15.00	22:57:00	80409.503	9.00						
17:08:00	80381.848	29.00	22:58:00	80409.512	9.00						
17:09:00	80381.871	23.00	22:59:00	80409.522	10.00						
17:10:00	80381.881	10.00	23:00:00	80409.530	8.00						
17:50:00	80382.632	-	23:01:00	80409.534	4.00						
17:51:00	80382.648	16.00	23:02:00	80409.536	2.00						
17:52:00	80382.674	26.00	23:03:00	80409.543	7.00						
17:53:00	80382.697	23.00	23:04:00	80409.549	6.00						

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
17:54:00	80382.711	14.00
17:55:00	80382.730	19.00
17:56:00	80382.760	30.00
17:57:00	80382.790	30.00
17:58:00	80382.820	30.00
17:59:00	80382.844	24.00
18:00:00	80382.863	19.00
18:01:00	80382.874	11.00
18:02:00	80382.888	14.00
18:03:00	80382.905	17.00
18:04:00	80382.922	17.00
18:05:00	80382.942	20.00
18:06:00	80382.952	10.00
18:07:00	80382.968	16.00
18:08:00	80382.980	12.00
18:09:00	80382.996	16.00
18:10:00	80383.010	14.00
19:00:00	80383.838	-
19:52:00	80384.594	-
19:53:00	80384.611	17.00
19:54:00	80384.630	19.00
19:55:00	80384.644	14.00
19:56:00	80384.658	14.00
19:57:00	80384.668	10.00
19:58:00	80384.679	11.00
19:59:00	80384.687	8.00
20:00:00	80384.699	12.00
20:01:00	80384.711	12.00
20:02:00	80384.720	9.00
20:03:00	80384.731	11.00
20:04:00	80384.742	11.00
20:05:00	80384.752	10.00
20:06:00	80384.765	13.00
20:07:00	80384.778	13.00
20:08:00	80384.789	11.00

QUARTA-FEIRA (14/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
23:05:00	80409.555	6.00
23:06:00	80409.561	6.00
23:07:00	80409.567	6.00
23:08:00	80409.573	6.00
23:09:00	80409.579	6.00
23:10:00	80409.585	6.00
23:53:00	80409.848	-
23:54:00	80409.854	6.00
23:55:00	80409.860	6.00
23:56:00	80409.866	6.00
23:57:00	80409.872	6.00
23:58:00	80409.877	5.00
23:59:00	80409.883	6.00
24:00:00	80409.889	6.00

QUINTA-FEIRA (15/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)

SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
20:09:00	80384.802	13.00									
20:10:00	80384.812	10.00									
20:49:00	80385.299	-									
20:50:00	80385.311	12.00									
20:51:00	80385.323	12.00									
20:52:00	80385.334	11.00									
20:53:00	80385.348	14.00									
20:54:00	80385.360	12.00									
20:55:00	80385.369	9.00									
20:56:00	80385.379	10.00									
20:57:00	80385.394	15.00									
20:58:00	80385.403	9.00									
20:59:00	80385.414	11.00									
21:00:00	80385.426	12.00									
21:01:00	80385.435	9.00									
21:02:00	80385.444	9.00									
21:03:00	80385.454	10.00									
21:04:00	80385.476	22.00									
21:05:00	NÃO MEDIDO	-									
21:06:00	80385.508	-									
21:07:00	80385.518	10.00									
21:08:00	80385.527	9.00									
21:09:00	80385.537	10.00									
21:10:00	80385.545	8.00									
21:50:00	80386.009	-									
21:51:00	80386.019	10.00									
21:52:00	80386.029	10.00									
21:53:00	80386.039	10.00									
21:54:00	80386.048	9.00									
21:55:00	80386.059	11.00									
21:56:00	80386.071	12.00									
21:57:00	80386.087	16.00									
21:58:00	80386.097	10.00									
21:59:00	80386.118	21.00									
22:00:00	80386.128	10.00									

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
22:01:00	80386.137	9.00									
22:02:00	80386.147	10.00									
22:03:00	80386.156	9.00									
22:04:00	80386.166	10.00									
22:05:00	80386.199	33.00									
22:06:00	80386.208	9.00									
22:07:00	80386.218	10.00									
22:08:00	80386.227	9.00									
22:09:00	80386.237	10.00									
22:10:00	80386.246	9.00									
22:44:00	80386.414	-									
22:45:00	80386.414	0.00									
22:46:00	80386.414	0.00									
22:47:00	80386.414	0.00									
22:48:00	80386.414	0.00									
22:49:00	80386.414	0.00									
22:50:00	80386.414	0.00									
22:51:00	80386.414	0.00									
22:52:00	80386.414	0.00									
22:53:00	80386.414	0.00									
22:54:00	80386.414	0.00									
22:55:00	80386.414	0.00									
22:56:00	80386.414	0.00									
22:57:00	80386.414	0.00									
22:58:00	80386.414	0.00									
22:59:00	80386.414	0.00									
23:00:00	80386.414	0.00									
23:01:00	80386.472	58.00									
23:02:00	80386.552	80.00									
23:03:00	80386.591	39.00									
23:04:00	80386.602	11.00									
23:05:00	80386.608	6.00									
23:06:00	80386.615	7.00									
23:07:00	80386.621	6.00									
23:08:00	80386.627	6.00									

TERÇA-FEIRA (13/09/2022)			QUARTA-FEIRA (14/09/2022)			QUINTA-FEIRA (15/09/2022)			SEXTA-FEIRA (16/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
23:09:00	80386.633	6.00									
23:10:00	80386.638	5.00									
23:11:00	80386.644	6.00									
23:12:00	80386.650	6.00									
23:13:00	80386.656	6.00									
23:14:00	80386.662	6.00									
23:15:00	80386.668	6.00									
23:16:00	80386.674	6.00									
23:17:00	80386.680	6.00									
23:18:00	80386.686	6.00									
23:19:00	80386.692	6.00									
23:20:00	80386.698	6.00									
23:21:00	80386.703	5.00									
23:22:00	80386.709	6.00									
23:23:00	80386.715	6.00									
23:24:00	80386.721	6.00									
23:25:00	80386.727	6.00									
23:26:00	80386.733	6.00									
23:27:00	80386.739	6.00									
23:28:00	80386.745	6.00									
23:29:00	80386.751	6.00									
23:30:00	80386.757	6.00									

SÁBADO (17/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
05:55:00	80456.585	-
05:56:00	80456.591	6.00
05:57:00	80456.597	6.00
05:58:00	80456.603	6.00
05:59:00	80456.609	6.00
06:00:00	80456.615	6.00
06:01:00	80456.634	19.00
06:02:00	80456.643	9.00
06:03:00	80456.653	10.00
06:04:00	80456.662	9.00
06:05:00	80456.672	10.00
06:06:00	80456.682	10.00
06:07:00	80456.692	10.00
06:08:00	80456.702	10.00
06:09:00	80456.711	9.00
06:10:00	80456.721	10.00
06:50:00	80457.127	-
06:51:00	80457.137	10.00
06:52:00	80457.147	10.00
06:53:00	80457.157	10.00
06:54:00	80457.167	10.00
06:55:00	80457.176	9.00
06:56:00	80457.186	10.00
06:57:00	80457.195	9.00
06:58:00	80457.204	9.00
06:59:00	80457.214	10.00
07:00:00	80457.224	10.00
07:01:00	80457.234	10.00
07:02:00	80457.244	10.00
07:03:00	80457.253	9.00
07:04:00	80457.263	10.00
07:05:00	80457.273	10.00
07:06:00	80457.282	9.00
07:07:00	80457.292	10.00
07:08:00	80457.301	9.00
07:09:00	80457.311	10.00
07:10:00	80457.320	9.00
07:51:00	80457.757	-
07:52:00	80457.766	9.00
07:53:00	80457.775	9.00
07:54:00	80457.786	11.00
07:55:00	80457.796	10.00
07:56:00	80457.810	14.00
07:57:00	80457.829	19.00
07:58:00	80457.844	15.00
07:59:00	80457.854	10.00
08:00:00	80457.864	10.00
08:01:00	80457.874	10.00
08:02:00	80457.884	10.00
08:03:00	80457.899	15.00
08:04:00	80457.911	12.00
08:05:00	80457.921	10.00
08:06:00	80457.933	12.00
08:07:00	80457.948	15.00
08:08:00	80457.958	10.00
08:09:00	80457.976	18.00

DOMINGO (18/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
09:45:00	80472.266	-
09:46:00	80472.275	9.00
09:47:00	80472.285	10.00
09:48:00	80472.294	9.00
09:49:00	80472.303	9.00
09:50:00	80472.313	10.00
09:51:00	80472.323	10.00
09:52:00	80472.332	9.00
09:53:00	80472.342	10.00
09:54:00	80472.352	10.00
09:55:00	80472.362	10.00

SÁBADO (17/09/2022)			DOMINGO (18/09/2022)		
Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)	Horário	Volume (m³)	Vazão (L/min)
08:10:00	80457.986	10.00			
08:11:00	80457.997	11.00			
09:00:00	80458.560	-			
09:01:00	80458.569	9.00			
09:02:00	80458.578	9.00			
09:03:00	80458.591	13.00			
09:04:00	80458.604	13.00			
09:05:00	80458.613	9.00			
09:06:00	80458.623	10.00			
09:07:00	80458.634	11.00			
09:08:00	80458.643	9.00			
09:09:00	80458.652	9.00			
09:10:00	80458.662	10.00			
09:50:00	80459.082	-			
09:51:00	80459.092	10.00			
09:52:00	80459.112	20.00			
09:53:00	80459.126	14.00			
09:54:00	80459.136	10.00			
09:55:00	80459.147	11.00			
09:56:00	80459.157	10.00			
09:57:00	80459.167	10.00			
09:58:00	80459.176	9.00			
09:59:00	80459.187	11.00			
10:00:00	80459.200	13.00			
10:01:00	80459.210	10.00			
10:02:00	80459.220	10.00			
10:03:00	80459.231	11.00			
10:04:00	80459.241	10.00			
10:05:00	80459.250	9.00			
10:06:00	80459.261	11.00			
10:07:00	80459.270	9.00			
10:08:00	80459.283	13.00			
10:09:00	80459.293	10.00			
10:10:00	80459.303	10.00			
10:50:00	80459.705	-			
10:51:00	80459.716	11.00			
10:52:00	80459.726	10.00			
10:53:00	80459.736	10.00			
10:54:00	80459.746	10.00			
10:55:00	80459.756	10.00			
10:56:00	80459.765	9.00			
10:57:00	80459.775	10.00			
10:58:00	80459.785	10.00			
10:59:00	80459.794	9.00			
11:00:00	80459.804	10.00			
11:01:00	80459.813	9.00			
11:02:00	80459.823	10.00			
11:03:00	80459.833	10.00			
11:04:00	80459.843	10.00			
11:05:00	80459.852	9.00			
11:06:00	80459.862	10.00			
11:07:00	80459.872	10.00			
11:08:00	80459.882	10.00			
11:09:00	80459.891	9.00			
11:10:00	80459.902	11.00			

APÊNDICE F - RELAÇÃO DE PESSOAS QUE FREQUENTAM A FACULDADE DE TECNOLOGIA

	QUANTITATIVO DE ALUNOS POR HORÁRIO DE AULA				
	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
00:00 às 01:00	0	0	0	0	0
01:00 às 02:00	0	0	0	0	0
02:00 às 03:00	0	0	0	0	0
03:00 às 04:00	0	0	0	0	0
04:00 às 05:00	0	0	0	0	0
05:00 às 06:00	0	0	0	0	0
06:00 às 07:00	0	0	0	0	0
07:00 às 08:00	0	0	0	0	0
08:00 às 09:00	173	341	237	328	234
09:00 às 10:00	173	341	237	328	234
10:00 às 11:00	223	367	284	354	136
11:00 às 12:00	223	367	284	354	136
12:00 às 13:00	0	3	0	3	0
13:00 às 14:00	0	3	0	3	0
14:00 às 15:00	251	262	250	266	0
15:00 às 16:00	251	262	250	266	0
16:00 às 17:00	203	139	256	142	67
17:00 às 18:00	203	139	256	142	67
18:00 às 19:00	45	123	31	132	0
19:00 às 20:00	180	210	168	330	45
20:00 às 21:00	149	97	137	198	45
21:00 às 22:00	178	139	144	128	116
22:00 às 23:00	173	139	144	128	116
23:00 às 24:00	0	0	0	0	0

	QUANTITATIVO DE PROFESSORES POR HORÁRIO DE AULA				
	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
00:00 às 01:00	0	0	0	0	0
01:00 às 02:00	0	0	0	0	0
02:00 às 03:00	0	0	0	0	0
03:00 às 04:00	0	0	0	0	0
04:00 às 05:00	0	0	0	0	0
05:00 às 06:00	0	0	0	0	0
06:00 às 07:00	0	0	0	0	0
07:00 às 08:00	0	0	0	0	0
08:00 às 09:00	8	15	12	14	10
09:00 às 10:00	8	15	12	14	10
10:00 às 11:00	11	16	14	15	8
11:00 às 12:00	11	16	14	15	8
12:00 às 13:00	0	1	0	1	0
13:00 às 14:00	0	1	0	1	0
14:00 às 15:00	15	16	15	16	0
15:00 às 16:00	15	16	15	16	0
16:00 às 17:00	10	9	11	8	1
17:00 às 18:00	10	9	11	8	1
18:00 às 19:00	4	7	2	7	0
19:00 às 20:00	7	9	9	12	2
20:00 às 21:00	5	3	7	5	2
21:00 às 22:00	6	5	6	4	3
22:00 às 23:00	5	5	6	4	3
23:00 às 24:00	0	0	0	0	0

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS	
ENG. CIVIL E ENG AMBIENTAL	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	3	
	08:00 às 09:00	3	
	09:00 às 10:00	3	
	10:00 às 11:00	3	
	11:00 às 12:00	3	
	12:00 às 13:00	3	
	13:00 às 14:00	3	
	14:00 às 15:00	3	
	15:00 às 16:00	3	
	16:00 às 17:00	3	
	17:00 às 18:00	3	
	18:00 às 19:00	3	
	19:00 às 20:00	3	
	20:00 às 21:00	0	
	21:00 às 22:00	0	
	22:00 às 23:00	0	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS	
ENG. MECÂNICA	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	2	
	08:00 às 09:00	3	
	09:00 às 10:00	4	
	10:00 às 11:00	4	
	11:00 às 12:00	4	
	12:00 às 13:00	4	
	13:00 às 14:00	4	
	14:00 às 15:00	4	
	15:00 às 16:00	3	
	16:00 às 17:00	3	
	17:00 às 18:00	2	
	18:00 às 19:00	2	
	19:00 às 20:00	0	
	20:00 às 21:00	0	
	21:00 às 22:00	0	
	22:00 às 23:00	0	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS	
ENG. DE PRODUÇÃO	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	0	
	08:00 às 09:00	0	
	09:00 às 10:00	0	
	10:00 às 11:00	2	
	11:00 às 12:00	2	
	12:00 às 13:00	2	
	13:00 às 14:00	2	
	14:00 às 15:00	2	
	15:00 às 16:00	2	
	16:00 às 17:00	2	
	17:00 às 18:00	2	
	18:00 às 19:00	2	
	19:00 às 20:00	2	
	20:00 às 21:00	2	
	21:00 às 22:00	2	
	22:00 às 23:00	2	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS	
ENG. ELÉTRICA	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	5	
	08:00 às 09:00	5	
	09:00 às 10:00	5	
	10:00 às 11:00	5	
	11:00 às 12:00	5	
	12:00 às 13:00	5	
	13:00 às 14:00	1	
	14:00 às 15:00	1	
	15:00 às 16:00	1	
	16:00 às 17:00	1	
	17:00 às 18:00	1	
	18:00 às 19:00	1	
	19:00 às 20:00	0	
	20:00 às 21:00	0	
	21:00 às 22:00	0	
	22:00 às 23:00	0	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS	
ENG. DE REDES	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	0	
	08:00 às 09:00	1	
	09:00 às 10:00	1	
	10:00 às 11:00	1	
	11:00 às 12:00	1	
	12:00 às 13:00	1	
	13:00 às 14:00	1	
	14:00 às 15:00	0	
	15:00 às 16:00	0	
	16:00 às 17:00	0	
	17:00 às 18:00	0	
	18:00 às 19:00	0	
	19:00 às 20:00	0	
	20:00 às 21:00	0	
	21:00 às 22:00	0	
	22:00 às 23:00	0	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS	
DIREÇÃO FT	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	0	
	08:00 às 09:00	15	
	09:00 às 10:00	15	
	10:00 às 11:00	15	
	11:00 às 12:00	15	
	12:00 às 13:00	15	
	13:00 às 14:00	13	
	14:00 às 15:00	13	
	15:00 às 16:00	13	
	16:00 às 17:00	13	
	17:00 às 18:00	13	
	18:00 às 19:00	0	
	19:00 às 20:00	0	
	20:00 às 21:00	0	
	21:00 às 22:00	0	
	22:00 às 23:00	0	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TRABALHADORES TERCEIRIZADOS	
CONSERVAÇÃO E LIMPEZA	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	11	
	08:00 às 09:00	11	
	09:00 às 10:00	11	
	10:00 às 11:00	11	
	11:00 às 12:00	11	
	12:00 às 13:00	11	
	13:00 às 14:00	11	
	14:00 às 15:00	11	
	15:00 às 16:00	11	
	16:00 às 17:00	11	
	17:00 às 18:00	0	
	18:00 às 19:00	0	
	19:00 às 20:00	0	
	20:00 às 21:00	0	
	21:00 às 22:00	0	
	22:00 às 23:00	0	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TRABALHADORES TERCEIRIZADOS	
PORTARIA	00:00 às 01:00	1	SEGUNDA-FEIRA A DOMINGO
	01:00 às 02:00	1	
	02:00 às 03:00	1	
	03:00 às 04:00	1	
	04:00 às 05:00	1	
	05:00 às 06:00	1	
	06:00 às 07:00	1	
	07:00 às 08:00	3	
	08:00 às 09:00	3	
	09:00 às 10:00	3	
	10:00 às 11:00	3	
	11:00 às 12:00	3	
	12:00 às 13:00	3	
	13:00 às 14:00	3	
	14:00 às 15:00	3	
	15:00 às 16:00	3	
	16:00 às 17:00	3	
	17:00 às 18:00	3	
	18:00 às 19:00	3	
	19:00 às 20:00	1	
	20:00 às 21:00	1	
	21:00 às 22:00	1	
	22:00 às 23:00	1	
	23:00 às 24:00	1	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TRABALHADORES TERCEIRIZADOS	
VIGILANTES	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	1	
	08:00 às 09:00	1	
	09:00 às 10:00	1	
	10:00 às 11:00	1	
	11:00 às 12:00	1	
	12:00 às 13:00	1	
	13:00 às 14:00	1	
	14:00 às 15:00	1	
	15:00 às 16:00	1	
	16:00 às 17:00	1	
	17:00 às 18:00	1	
	18:00 às 19:00	1	
	19:00 às 20:00	1	
	20:00 às 21:00	1	
	21:00 às 22:00	1	
	22:00 às 23:00	1	
	23:00 às 24:00	0	

SETOR	HORÁRIOS	Nº DE TRABALHADORES TERCEIRIZADOS	
CONTRATADOS E BOLSISTAS	00:00 às 01:00	0	SEGUNDA-FEIRA A SEXTA-FEIRA
	01:00 às 02:00	0	
	02:00 às 03:00	0	
	03:00 às 04:00	0	
	04:00 às 05:00	0	
	05:00 às 06:00	0	
	06:00 às 07:00	0	
	07:00 às 08:00	2	
	08:00 às 09:00	3	
	09:00 às 10:00	3	
	10:00 às 11:00	3	
	11:00 às 12:00	3	
	12:00 às 13:00	2	
	13:00 às 14:00	3	
	14:00 às 15:00	2	
	15:00 às 16:00	2	
	16:00 às 17:00	2	
	17:00 às 18:00	2	
	18:00 às 19:00	1	
	19:00 às 20:00	2	
	20:00 às 21:00	2	
	21:00 às 22:00	2	
	22:00 às 23:00	0	
	23:00 às 24:00	0	