UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

MODELAGEM DO CONSUMO DE ÁGUA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

MATHEUS CAVALCANTE CAPISTRANO

ORIENTADOR: ARTHUR TAVARES SCHLEICHER

COORIENTADOR: RENZO DE FREITAS DUSI

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

MODELAGEM DO CONSUMO DE ÁGUA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

MATHEUS CAVALCANTE CAPISTRANO

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)

_____

CLAUDIA MÁRCIA COUTINHO GURJÃO, DOUTORA, ENC/UnB

(EXAMINADORA EXTERNA)

_____

CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE ALVES, PhD, ENC/UnB

(EXAMINADORA INTERNA)

DATA: BRASÍLIA/DF, 20 DE DEZEMBRO DE 2023.

FICHA CATALOGRÁFICA

CAPISTRANO, MATHEUS CAVALCANTE

MODELAGEM DO CONSUMO DE ÁGUA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

xiii, 67 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2023)

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

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Consumo de água	2. Método de Monte Carlo
3. Pressão na rede	4. Instalações hidráulicas
I. ENC/FT/UnB	II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CAPISTRANO, M.C. (2023). *MODELAGEM DO CONSUMO DE ÁGUA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 82 p.

CESSÃO DE DIREITOS

MATHEUS CAVALCANTE CAPISTRANO

MODELAGEM DO CONSUMO DE ÁGUA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Bacharel em Engenharia Civil / 2023

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.

_____

MATHEUS CAVALCANTE CAPISTRANO

matheus.cavalcante.c@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Gratidão. Durante toda minha vida aprendi sobre gratidão. A gratidão estava em tudo. Gratidão era a minha família. Gratidão eram meus amigos. Gratidão era acordar. A gratidão pura da infância, leve e verdadeira. Gratidão era viver. Por anos vivi essa gratidão, mas, sem entender os motivos, o tempo a tirou de mim. Aos poucos gratidão começou a soar vazia, soava como um rito matinal, como um dever a ser cumprido, como um fardo que atormentava meus sonhos noturnos e diurnos. A gratidão se endureceu. Gratidão se tornou tristeza e, por fim, a gratidão se tornou raiva. Afinal, por que eu deveria ser grato?

Me considerei por muito tempo do tipo batalhador, já hoje, não sou. Depois de tantos esforços, aprendi que lutar não é a melhor opção. Deixar-se levar pela correnteza é melhor do que remar contra ela. Desistir não é o mesmo que fraqueza, pelo contrário, requer coragem para renunciar seus desejos. Às vezes, é preciso chegar ao seu fim para começar um novo início.

Hoje, depois de 22 anos, juntamente com 5 anos de graduação, consigo sentir novamente a gratidão de minha infância. Os motivos dessa gratidão são inúmeros, afinal, percebi que, de alguma maneira, tudo coopera para o bem. Aceitar que o passado ainda é o passado e que nada pode ser mudado, me trouxe a paz. Assim, agradeço a Deus, já que sua graça me salvou.

Agradeço a minha mãe, Selma, por ser a pessoa mais forte que eu conheci e irei conhecer. Não sou capaz de expressar em palavras o tanto que te amo e te admiro, mas saiba que sua simples existência me carregou nos braços até aqui. Agradeço ao meu pai, Marcelo, que sempre me fez me sentir amado por todos seus gestos de carinho e seu coração imenso. Agradeço a minha irmã mais velha, Victória, por ser minha grande inspiração e amiga durante anos de minha vida. E, um agradecimento especial para minha irmã caçula, Isabella, que mudou o rumo de minha vida e trouxe uma alegria que nunca tinha sentido antes. Não consigo imaginar como consegui viver uma vida sem você. A beleza que você traz. Iluminação.

Agradeço os meus quatro grandes amigos que a universidade me deu, Bruna, Davi, Faruk e Isabela. Vocês foram presentes em minha vida e dedico a cada um de vocês um pedacinho

de minha graduação. Vocês não só fizeram parte da minha formação, mas, agora, são parte da minha história. Cinco anos de graduação parecia um desafio tão grande, mas, com vocês, se tornou leve e divertido. Muitas vezes me senti exausto, mas uma risada com vocês era o suficiente para me manter bem. Foram cinco anos que passaram tão depressa, curtir foi a prioridade.

Agradeço aos meus amigos reserva, Malu, Marden, Júlia, Rúben e agregados. Amigos que surgiram de forma inesperada e cômica. Jamais imaginaria que nos tornaríamos grandes amigos de vida e que essa amizade permaneceria até hoje. Sinto que posso contar com vocês para tudo.

Agradeço ao meu orientador, Arthur Schleicher, por me acompanhar e me auxiliar no último ano. Sua calma e paciência me salvaram nos meus momentos de ansiedade e sua parceira para qualquer hora me deixou seguro para construir um bom trabalho de conclusão de curso.

Agradeço ao Eng. Thiago Oliveira Fernandes, do setor de micromedição da CAESB, por todo apoio na coleta de dados desse trabalho.

Agradeço à Universidade de Brasília, por ter contribuído para o meu crescimento pessoal e profissional. Tenho orgulho de ter sido aluno dessa instituição que marcou minha vida.

Por fim, agradeço a mim mesmo. Acompanhar minha evolução em poucos anos de minha vida me deixa realizado. Hoje, sinto que consegui me tornar o que sonhei. Sinto-me seguro, corajoso e, acima de tudo, feliz. Matheus, você conseguiu! Você enfrentou seus medos e, hoje, você é livre.

RESUMO

É notável que as instalações hidráulicas da Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade de Brasília (UnB) apresentam inúmeros problemas, sendo, a maioria delas relacionadas às consequências de instalações antigas sem manutenção e à ausência de um reservatório intermediário para o amortecimento da água. Desse modo, a FT/UnB já foi alvo de alguns estudos, os quais tiveram como objetivo, compreender os padrões de consumo de água da unidade. Assim, buscou-se dar continuidade a esses estudos, de forma a proporcionar um melhor entendimento de forma mais aprofundada dos padrões de consumo de água da edificação, bem como aplicar métodos alternativos de previsão de consumo de água de maneira específica à FT/UnB, averiguando a sua eficácia. Partindo da análise dos padrões de consumo da FT/UnB, foram realizadas medições de vazão a cada minuto em um período de 23 dias consecutivos no mês de novembro de 2023, com um auxílio de um *data logger* de vazão instalado pela CAESB junto ao hidrômetro. Ademais, a fim de aprofundar o estudo, foram registradas as pressões em dois pontos distintos da edificação, no Laboratório de Hidráulica e Estruturas e no cavalete de entrada de água predial. No primeiro, foram registrados, com o uso de transdutor de pressão, dados em um período de 11 meses consecutivos (janeiro a novembro de 2023), já no segundo ponto, foram coletados dados de maneira mais específica, em um total de 31 dias no mês de novembro de 2023.

Além disso, foram aplicados métodos probabilísticos e teóricos para a previsão do consumo de água na FT/UnB. O primeiro método aplicado, o método de Monte Carlo, resultou em uma vazão média, embora próxima, elevada, quando comparada com o consumo real coletado da edificação, indicando uma superestimação da vazão de utilização das válvulas de descarga no método. Já os métodos teóricos utilizados, ambos divergiram dos valores de vazão média e total da FT/UnB.

Palavras-chave: Instalações hidráulicas, Vazão de consumo, pressão de água, previsão do consumo de água.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
2. OBJETIVOS 3
2.1 OBJETIVO GERAL 3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4
3.1 CONSUMO DE ÁGUA 4
3.2 PERDAS DE ÁGUA 9
3.2.1 Perdas reais 10
3.2.2 Perdas aparentes 12
3.3 MEDIÇÃO DE VAZÃO E PRESSÃO DE ÁGUA 14
3.3.1 Medição de consumo de água 14
3.3.2 Medição de pressão de água 18
3.4 MÉTODO DE MONTE CARLO 19
3.4.1 Simulação de Murakawa para consumo de água (MSWC) 21
3.5 HISTÓRICO DE ESTUDOS ANTERIORES 22
3.5.1 Barbosa *et. al* (2019) 22
3.5.2 Rodrigues (2022) 24
3.5.3 Dusi (2023) 27
4. METODOLOGIA 34
4.1 LOCAL DE ESTUDO 34
4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DE CONSUMO 37
4.3 OBTENÇÃO DOS DADOS DE PRESSÃO 39
4.4 CÁLCULO DO CONSUMO POR MÉTODOS TRADICIONAIS 43
4.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO MONTE CARLO 45
5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS 50
5.1 ANÁLISE DAS CURVAS DE VAZÃO 50
5.2 ANÁLISE DAS CURVAS DE PRESSÃO 53
5.3 RESULTADOS DO MÉTODO DE MONTE CARLO 60
5.4 RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA POR MÉTODOS TRADICIONAIS 63
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES 65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 67

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Curva de porcentagem provável de uso (Fonte: Creder, 2006) 8
Figura 3.2 - Tipos de vazamentos em rede e ramal (Fonte: Lambert e Thorton, 2002) 11
Figura 3.3 - Componentes do combate as perdas aparentes (Fonte: Thornton, 2002) 13
Figura 3.4 - Representação Esquemática de um hidrômetro com disco nutante (Fonte: Lipták,1995) 15
Figura 3.5 - Vista em corte típica de um hidrômetro de velocidade com turbina (Fonte: Lipták,1995) 16
Figura 3.6 - Representação Esquemática de um hidrômetro ultrassônico de tempo de trânsito (Fonte: Lipták,1995) 17
Figura 3.7 - Os principais tipos de elementos de medição flexíveis (Fonte: Lipták,1995) . 19
Figura 3.8 - Gráfico de consumo mensal médio para o ICC (Fonte: Barbosa *et al.*, 2019) 22
Figura 3.9 - Gráfico de consumo mensal médio para os demais edifícios (Fonte: Barbosa *et al.*, 2019) 23
Figura 3.10 - Indicadores de consumo FT (Fonte: Barbosa *et al.*, 2019) 23
Figura 3.11 - Curva de consumo da FT entre 2017 e 2022 (Fonte: Rodrigues, 2022) 24
Figura 3.12 - Pressões medidas a cada 5 minutos (Fonte: Rodrigues, 2022) 27
Figura 3.13 - Pressões medidas a cada 1 minuto (Fonte: Rodrigues, 2022) 27
Figura 3.14 - Gráfico de consumo obtido pelos dados da CAESB (Dusi, 2023) 28
Figura 3.15 - Caixa de proteção dos dispositivos de medição utilizada por Dusi (2023). .. 30
Figura 3.16 - Faixas de pressão em períodos de baixo consumo (Dusi, 2023) 31
Figura 3.17 - Indicativo de transitórios hidráulicos (Dusi, 2023) 31
Figura 3.18 - Pressão negativa no dia 07/02 (Dusi, 2023) 32
Figura 3.19 - Pressão negativa no dia 08/02 (Dusi, 2023) 32
Figura 4.1 - Localização da Faculdade de Tecnologia (Fonte: Rodrigues, 2022) 35
Figura 4.2 - Rede de distribuição de água do Campus Darcy Ribeiro (modificado - Martins, 2019) 36
Figura 4.3 - Cavalete de entrada da FT/UnB 36
Figura 4.4 - Hidrômetro posicionado no cavalete de entrada 37
Figura 4.5 - Equipamento de telemedição instalado pela CAESB 38
Figura 4.6 - Transdutor de pressão (Fonte: https://www.smartprojectsbrasil.com.br/sensor-transdutor-de-pressao-g14-16mpa-aco-inoxidavel) 39
Figura 4.7 - *Data Logger Shield* para Arduino (Fonte: https://www.autocorerobotica.com.br/shield-data-logger-com-rtc-ds1307) 40
Figura 4.8 - Relação entre unidades digitais e pressão (Fonte: Rodrigues, 2022) 41
Figura 4.9 - Escala de coleta dos dados de pressão do manômetro do cavalete de entrada. 42
Figura 4.10 - Conexão entre o manômetro e o computador. 42
Figura 4.11 - Modelo para previsão de consumo *per capita* para faculdade com menos de 100 bacias (modificado - Tsutiya, 2006) 43
Figura 4.12 - Polígonos das áreas de jardim da FT/UnB traçados no *Google Earth Pro.* .. 44
Figura 4.13 - Valor das áreas de jardim da FT/UnB. 44
Figura 4.14 - Interface do MiniTab Workspace. 46
Figura 4.15 - Dados de input para a simulação das bacias sanitárias 48
Figura 4.16 - Dados de input para a simulação dos lavatórios 49

Figura 5.1- Consumo de água do dia 09/11 51
Figura 5.2- Volume de consumo do dia 09/11 51
Figura 5.3 - Consumo anômalo do dia 07/11 52
Figura 5.4 - Consumo anômalo do dia 08/11 53
Figura 5.5 - Curva de pressões de janeiro a novembro de 2023. 55
Figura 5.6 - Curva de pressões de junho de 2023. 56
Figura 5.7 - Curva de pressões de julho de 2023. 56
Figura 5.8 - Curva de pressões de 5 de novembro de 2023 no cavalete de entrada. 57
Figura 5.9 - Curva de pressões de 7 de novembro de 2023 no cavalete de entrada. 57
Figura 5.10 - Curva de pressões de 20 de novembro de 2023 no laboratório. 58
Figura 5.11 - Curva de pressões de 20 de novembro de 2023 no cavalete de entrada. 59
Figura 5.12 - Curva de pressões de 8 de novembro de 2023 no cavalete de entrada. 59
Figura 5.13 - Curva de pressões de 8 de novembro de 2023 no laboratório. 60
Figura 5.14 - Resultado da simulação para as bacias sanitárias. 61
Figura 5.15 - Resultado da simulação para os lavatórios. 61
Figura 5.16 - Gráfico final da simulação para as bacias sanitárias. 61
Figura 5.17 - Gráfico final da simulação para lavatórios. 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Modelos para previsão de consumo *per capita* (Fonte: Tsutiya, 2006)..... 6
Tabela 3.2 - Vazões das peças de utilização (Fonte: Creder, 2006)..... 7
Tabela 3.3 - Causas das perdas de água (Fonte: Tsutiya, 2006, modificado)..... 10
Tabela 3.4 - Média dos consumos mensais em período letivo e de férias na FT (Fonte: Rodrigues, 2022) 25
Tabela 3.5 - Dia de coleta de dados de vazão *in loco* (Dusi, 2023)..... 29
Tabela 3.6 - Vazões noturnas a partir das medições in loco (Dusi, 2023) 33
Tabela 3.7 - Vazões noturnas dos dados fornecidos pela CAESB (Dusi, 2023)..... 33
Tabela 4.1 - Estimativa de alunos no FT/UnB no período matutino de uma terça-feira. 47
Tabela 4.2 - Estimativa de vazão e tempo de descarga para as peças de utilização da FT/UnB. 47
Tabela 5.1 - Consumo máximo possível dos pontos de consumo da FT/UnB. 63

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 3.1 4
Equação 3.2 4
Equação 3.3 5
Equação 3.4 7
Equação 4.1 48

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIAÇÕES

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
CODEPLAN	Companhia de Planejamento do Distrito Federal
DF	Distrito Federal
FT	Faculdade de Tecnologia
ICC	Instituto Central de Ciências
IWA	International Water Association
mca	Metro de coluna d'água
MSWC	Murakawa's Simulation for water consuption
NBR	Norma Brasileira
NT	Norma Técnica
ONU	Organização das Nações Unidas
PRC	Prefeitura do Campus
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
UnB	Universidade de Brasília
VRP	Válvula Redutora de Pressão

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2018), observa-se um aumento na demanda de água mundial a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano em consequência do aumento populacional, das alterações nos padrões de consumo de água e do desenvolvimento econômico. No Distrito Federal, a questão dos recursos hídricos é altamente delicada devido aos atributos naturais da região, resultando em escassez de água devido a períodos prolongados de seca. Ademais, o rápido crescimento populacional e o desenvolvimento urbano têm um impacto significativo nessa perspectiva, não somente aumentando a demanda por água, mas também afetando o meio ambiente e as mudanças no ciclo hidrológico causadas pela expansão urbana (CODEPLAN, 2018).

Nessa circunstância, há uma progressiva ênfase em garantir o dimensionamento apropriado das redes de distribuição de água, com o objetivo de assegurar uma operação eficiente e o suprimento adequado à população. Esse tópico é frequentemente discutido e está se tornando cada vez mais fundamental na promoção do consumo sustentável dos recursos hídricos.

A previsão do consumo de água é um dos principais desafios para um acompanhamento adequado de uma rede de abastecimento de água. Heller e Pádua (2010), afirmam que tal fato se dá devido à elevada mutabilidade e à presença de diversas variáveis que influenciam de maneira direta e indireta a demanda de uma edificação. Nessa perspectiva, modelos hidráulicos de caracterização de redes de distribuição de água, que englobem as variáveis de influência do consumo, podem se tornar aliados no acompanhamento do panorama das instalações de um local alvo.

A Universidade de Brasília já foi alvo de diversos estudos relativos às suas instalações hidráulicas prediais. Autores como Matos e Lopes (2016), Oliveira (2018) e Barbosa *et al*. (2019) concluíram que a rede de água fria da universidade apresenta inúmeros problemas, indicando pouca manutenção e monitoramento da rede. De maneira específica à Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, percebe-se uma recente preocupação em relação ao estudo das instalações hidráulicas desse local. Rodrigues (2022) e Dusi (2023) concluíram que a edificação apresenta complicações referentes a pressões de abastecimento inadequadas e elevadas perdas de água, similarmente ao restante das edificações da universidade. Desse modo, salienta-se a relevância de um acompanhamento periódico do consumo de água na FT/UnB, a fim de se obter um maior controle das condições hidráulicas prediais.

O presente trabalho tem seu foco nas instalações hidráulicas da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília e utilizou de modelos probabilísticos e teóricos para a previsão do consumo de água dessa edificação, a fim de dar sequência aos estudos anteriores no local de estudo, acompanhar a situação das instalações locais e propor melhorias.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma modelagem do consumo de água da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília com o uso de modelos de previsão, comparando-os com os valores efetivamente consumidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

i. Mensurar as vazões e pressões no abastecimento de água da FT/UnB;
ii. Avaliar a situação das instalações hidráulicas da FT/UnB;
iii. Realizar a previsão probabilística do consumo de água da FT/UnB utilizando o método de Monte Carlo;
iv. Prever o consumo de água da FT/UnB utilizando os métodos teóricos: consumo máximo provável, baseado na NBR 5626/2020 (ABNT, 2020), e o método de previsão proposto por Tsutiya (2006).

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSUMO DE ÁGUA

A delimitação do consumo *per capita* é fundamental para definir a capacidade de uma instalação de consumo de água. Heller e Pádua (2010) definem o consumo *per capit*a como a média diária de volume necessário para atender às demandas domésticas, comerciais, públicas e industriais, incluindo as perdas no sistema.

Tsutiya (2006) afirma que o consumo *per capita* de um local pode ser estipulado por meio de três métodos: micromedição, macromedição e estimativa de consumo. O método da micromedição consiste na leitura de hidrômetros em pontos diversos da rede. Tal método possibilita uma coleta maior de informações relativas ao consumo por tipo de economia, visto que abrange uma pluralidade de pontos de distribuição. Por meio dos dados obtidos, pode-se calcular o consumo *per capita* efetivo, no qual são desconsideradas as perdas, através da Equação 3.1.

$$Q_e = \frac{V_c}{NE * ND * NH/L} \qquad \text{Equação 3.1}$$

Sendo: Qe = consumo *per capita* efetivo [L/hab.dia];
Vc = volume medido pelos hidrômetros [L];
NE = número médio de economias [und];
ND = número de dias de medição [dia];
NH/L = número de habitantes por ligação.

A fim de calcular o consumo *per capita*, deve-se levar em consideração as perdas da rede de distribuição de água ao consumo *per capita* efetivo calculado. Assim, o consumo *per capita* pode ser calculado por meio da Equação 3.2.

$$q = \frac{Q_e}{1 - I} \qquad \text{Equação 3.2}$$

Sendo: q = consumo *per capita* de água [L/hab.dia];
Qe = consumo *per capita* efetivo [L/hab.dia];
I = índice de perdas [%].

O método de macromedição é realizado mediante leituras no ponto de saída do reservatório. Esse método, ao contrário da micromedição, despreza a divisão de consumo por tipo de economia. Nesse caso, o consumo *per capita* de água é obtido através da Equação 3.3.

$$q = \frac{V_c}{NH/L} \qquad \text{Equação 3.3}$$

Sendo: q = consumo *per capita* de água [L/hab.dia];
Vc = volume medido pelos hidrômetros [L];
NH/L = número de habitantes por ligação.

Por fim, o método de estimativa de consumo é realizado quando não são coletados dados medidos. Desse modo, o consumo *per capita* é definido de maneira estimada, comparando com sistemas que possuem características similares. A Tabela 3.1 apresenta alguns desses modelos para a previsão do consumo consoante à categoria de consumidores.

Tabela 3.1 - Modelos para previsão de consumo *per capita* (Fonte: Tsutiya, 2006)

Categoria de consumidor	Consumo médio (m^3/mês)
Condomínios residenciais (prédio de apartamentos)	–21,7 + 0,0177 x (área total construída) + 2,65 x (nº de banheiros) + 3,97 x (nº de dormitórios) – 50,2 x (nº de dormitórios > 3(sim/não))[1] + 46 x (nº vagas de garagem/apartamento) [1] Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há mais de 3 dormitórios por apartamento: 1; caso contrário:0)
Clubes esportivos (*)	26 x nº de chuveiros
Creches	5,96 x (área total construída)^{0,0417} x (nº de bacias x nº de vagas oferecidas)^{0,352}
Escolas pré, 1° e 2° graus	-28,1 + 0,0191 x (área total construída) + 2,85 x (nº de bacias) + 4,37 x (nº de duchas/ chuveiros) + 0,430 x (volume da(s) piscina(s)) + 1,05 x (nº de funcionários)
Edifícios comerciais	0,0615 x (área total construída)
Faculdades com mais de 100 bacias	-22,3 + 0,0247 x (área total do terreno) + 286 x (torres de resfriamento(sim/não))[1] + 608 x (número de bacias > 100(sim/não))[2] + 6,32 x (nº de mictórios) + 0,721 x (nº de funcionários) [1] Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há torres de resfriamento: 1, caso contrário: 0) [2] Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há mais de 100 bacias: 1; caso contrário: 0)
Faculdades com menos de 100 bacias	34,7 + 0,168 x (área de jardim) + 0,724 x (nº de vagas de estacionamento) + 0,0246 x (nº de vagas oferecidas) + 2,06 x (nº de bacias) + 0,368 x (nº de funcionários)
Hospitais	(2,9 x nº de funcionários) + (11,8 x nº de bacias) + (2,5 x nº de leitos) + 280
Hotéis de 1 a 3 estrelas	-29,8 + 0,0353 x (área total construída) + 2,99 x (nº de leitos ocupados)[1] + 48,9 x (bar(sim/não))[2] + 2,96 x (nº de vagas de estacionamento) + 5,43 x (volume de piscinas[3]) [1] estimativa de ocupação média [2] parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há bar: 1; caso contrário: 0) [3] para hotéis 3 estrelas
Hotéis de 4 a 5 estrelas	-46,2 + 1,97 x (área de jardim) + 2,19 x (nº de restaurantes/bares) x (capacidade total de restaurantes/bares) + 0,987 x (nº de vagas de estacionamento) + 6,6 x (nº de funcionários)
Lavanderias industriais	(0,02 x quantidade de roupas lavadas)
Motéis	(0,35 x área total construída)
Padarias	-6,8 + 3,48 x (nº de funcionários) + 43,4* (lanchonete(sim/não))[1] [1] Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há lanchonete: 1; caso contrário: 0)
Postos de gasolina	18,8 + 12,2 x (nº de funcionários) – 3,55 (nº de bicos para abastecimento)
Prontos socorros (**)	(10 x nº de funcionários) - 70
Restaurantes	(7,5 x nº de funcionários) + (8,4 x n de bacias)
Shopping centers	-1692 + 0,348 x (área bruta locável) – 0,0325 x (área total do terreno) + 0,0493 x (área total construída) – 468 x (nº salas de cinema)

(*) Estabelecimentos com quadra esportiva e/ou piscina e no mínimo 5 chuveiros.
(**) Estabelecimentos com mais de 20 funcionários.
Área construída, área do terreno, área de jardim, m^2.
Volume de piscina, m^3.

Creder (2006) também propõe dois métodos de cálculo do consumo de água de uma edificação: o consumo máximo provável e o consumo máximo possível. Os dois métodos são calculados conforme a Tabela 3.2, a qual especifica a vazão estimada de funcionamento, bem como os pesos relativos para cálculo das peças de utilização. O método do consumo máximo provável é utilizado quando há poucas peças de utilização na instalação, visto que considera a não simultaneidade de uso das peças de utilização. Esse método baseia-se na Equação 3.4 para estimar o consumo da edificação

.

Tabela 3.2 - Vazões das peças de utilização (Fonte: Creder, 2006)

Peça de Utilização	*Vazão (l/s)*	*Peso*
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,15	0,30
Bacia sanitária com válvula de descarga	1,90	40,0
Banheira	0,30	1,0
Bebedouro	0,05	0,1
Bidê	0,10	0,1
Chuveiro	0,20	0,5
Lavatório	0,20	0,5
Máquina de lavar prato ou roupa	0,30	1,0
Mictório auto-aspirante	0,50	2,8
Mictório de descarga contínua, por metro ou por aparelho	0,075	0,2
Mictório de descarga descontínua	0,15	0,3
Pia de despejo	0,30	1,0
Pia de cozinha	0,25	0,7
Tanque de lavar roupa	0,30	1,0

$$Q = C.\sqrt{\sum P} \qquad \text{Equação 3.4}$$

Sendo: Q = vazão total [L/s];
C = coeficiente de descarga = 0,3 [L/s];
P = peso das peças de utilização.

Caso a instalação apresente um número considerável de peças de utilização, recomenda-se o uso do método do consumo máximo possível. Esse método, utiliza o diagrama da Figura 3.1 para relacionar o consumo com a porcentagem máxima provável de uso.

Vale salientar que métodos de estimação do consumo demonstraram risco de superestimação devido ao caráter semiempírico de formulação dos métodos, o quais são baseados em padrões de similaridade entre edificações, sendo que o método apresentado por Tsutiya (2006) avalia o consumo em uma perspectiva das redes de abastecimento, já o método de Creder (2006) permite análises mais específicas da instalação predial de água. Ambos os métodos de estimativa serão utilizados no presente trabalho como meios de comparação entre os outros métodos adotados, conforme o item 4.4.

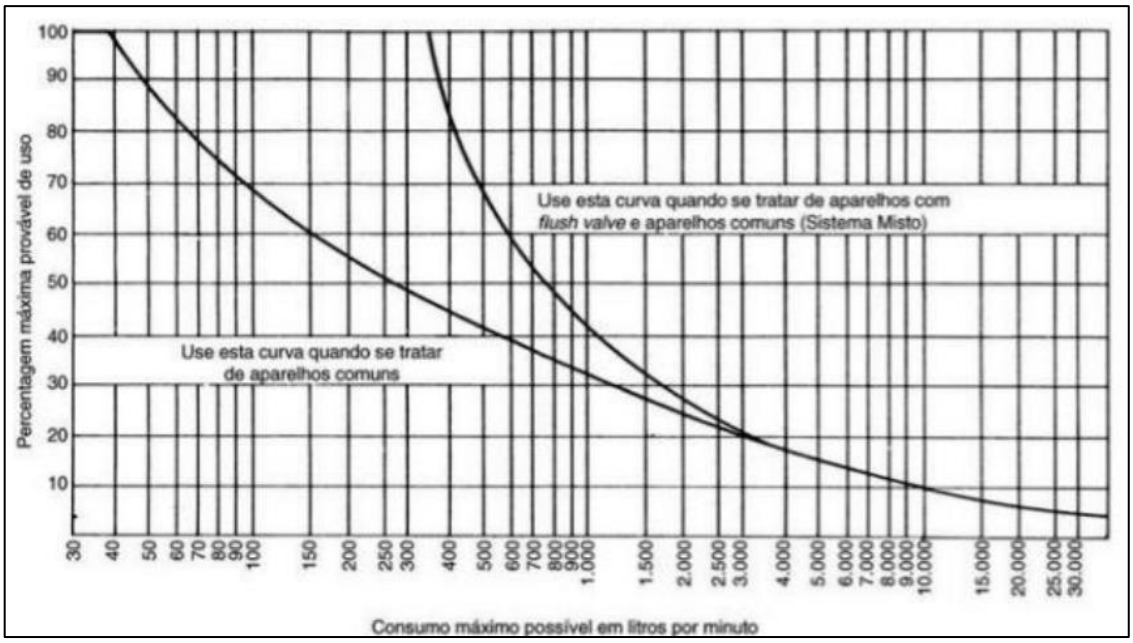


Figura 3.1 - Curva de porcentagem provável de uso (Fonte: Creder, 2006)

É notável a elevada variabilidade do consumo de água, posto que ele também é afetado por diversos fatores inerentes às características do abastecimento e do local da rede. Ademais, o consumo de água ainda é acometido de variações em função do tempo, ocorrendo no âmbito anual, mensal, diário e horário. Em universidades, local de análise do presente estudo, deve-se considerar elevadas variações temporais em virtude da vinculação da demanda de água com o fluxo de frequentadores do local, o qual é reduzido no período noturno, nos finais de semana e nos períodos de férias. Heller e Pádua (2010) apontam que os valores de estimação do consumo *per capita*, embora permitam uma estimativa do consumo por tipo de edificação, muitas vezes podem ser discutíveis A fim de uma análise mais precisa da demanda local, são necessários estudos que contemplem a influência dos outros diversos aspectos do sistema.

Segundo Heller e Pádua (2010), o consumo *per capita* ainda é influenciado por outros quatro principais fatores: nível socioeconômico da população, clima, características da cidade, e administração do sistema de abastecimento de água. O nível socioeconômico da cidade influi diretamente num elevado consumo de água, porquanto favorece atividades com um maior conforto e lazer, como no uso de máquinas de lavar, piscinas, duchas, lavagem de carros e rega de jardins.

A influência do clima do município no consumo *per capita* é intuitiva perante as questões de calor e disponibilidade hídrica de um local, visto que quanto maiores as temperaturas da cidade, maior será a tendência de consumo de água doméstico populacional.

Já as características da cidade possuem diversos fatores agregados que afetam o consumo *per capita*, como o porte da cidade, o grau de industrialização e o potencial turístico. Todos esses aspectos possuem características singulares, os quais interferem diferentemente no consumo *per capita*. Tsutiya (2006) destaca o aumento dos padrões de consumo de água de um município com base nas pressões da rede de distribuição. Heller e Pádua (2010), complementam que os padrões de topografia local podem proporcionar maiores pressões na rede da cidade, propiciando elevados consumos pela possibilidade de aumento das perdas físicas.

Por último, Heller e Pádua (2010) supõem que a administração do sistema de abastecimento de água pode regular o consumo de água com base na adoção de práticas de gestão na rede de distribuição de água, essas são: a não irregularidades no abastecimento, a qualidade da água distribuída e o controle de perdas no sistema.

3.2 PERDAS DE ÁGUA

O panorama das perdas de água no setor de saneamento no Brasil representa um relevante desafio. Em média, o país registra perdas de água em torno de 40%, considerando tanto as perdas reais quanto as aparentes. Entretanto, em algumas empresas de saneamento, essas perdas ultrapassam os 60% (ABES, 2015).

Segundo a EUROPEAN COMMISSION (2015), as perdas de água não se limitam apenas a ser um desafio técnico e econômico, restrito à área de atuação de uma operadora local ou regional. Essa questão possui implicações mais abrangentes que envolvem aspectos de cunho político, econômico, social, tecnológico, legal e ambiental.

Heller e Pádua (2010) afirmam que as perdas são definidas como a diferença entre o volume de água produzido e o volume entregue ao consumidor. Operacionalmente, as perdas em sistemas de abastecimento público correspondem aos volumes não contabilizados, podendo ser classificadas em perdas físicas e perdas não-físicas. De acordo com a nova nomenclatura da *International Water Association* (IWA), essas perdas são denominadas perdas reais e perdas aparentes.

Vale ressaltar que, para o presente estudo, serão levadas em conta as perdas nas instalações hidráulicas prediais de água fria da Faculdade de Tecnologia (FT), de forma que serão descartadas as perdas ocorridas na rede de distribuição de água anterior às instalações prediais da FT.

3.2.1 Perdas reais

Tardelli Filho (2006) afirma que as perdas reais representam a quantidade de água que não chega ao consumidor final, geralmente, devido à ocorrência de vazamentos em redes e ramais, vazamentos em adutoras e extravasamentos em reservatórios. A Tabela 3.3 especifica de forma mais detalhada as várias causas das perdas reais e aparentes.

Tabela 3.3 - Causas das perdas de água (Fonte: Tsutiya, 2006, modificado)

Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não-autorizado (fraudes e falhas de cadastro)
		Erros de medição (macro e micromedição)
	Perdas reais	Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento (quando aplicável)
		Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição
		Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição
		Vazamentos nos ramais (a montante do ponto de medição)

Os vazamentos no sistema de abastecimento podem ser classificados em vazamentos visíveis e vazamentos não-visíveis. Tsutiya (2006) defende que os vazamentos visíveis são aqueles mais facilmente percebidos pela população e pelos técnicos, visto que são aflorantes à superfície. Os vazamentos não-visíveis são aqueles que não possuem afloramento superficial, podendo ser divididos em vazamentos inerentes, os quais possuem baixa vazão

e são indetectáveis a métodos acústicos de pesquisa, e vazamentos detectáveis, identificados por métodos acústicos. A Figura 3.2 ilustra os tipos de vazamentos existentes.

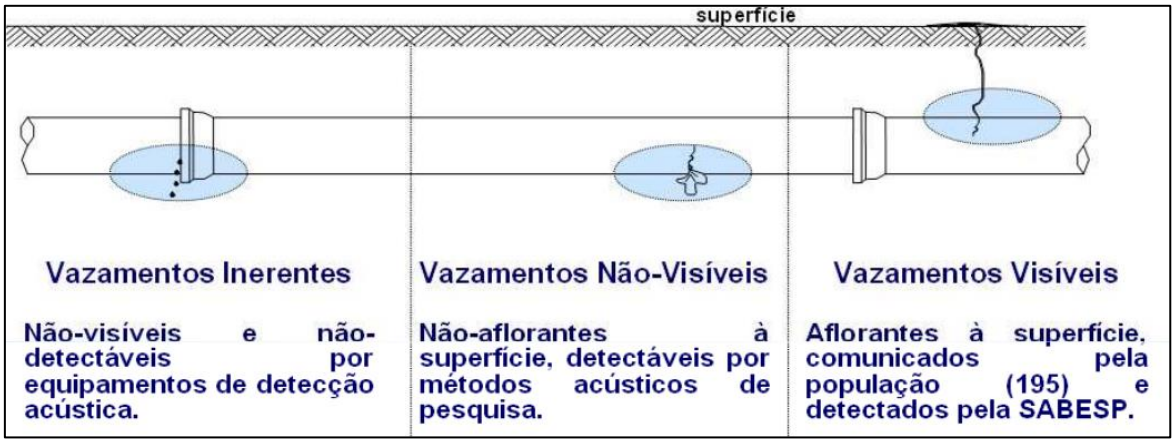


Figura 3.2 - Tipos de vazamentos em rede e ramal (Fonte: Lambert e Thorton, 2002)

As perdas reais são inerentes a qualquer sistema de abastecimento, sendo impossível sua eliminação completa até mesmo em redes recentes, visto que toda rede possui fissuras que causam perdas ao longo do seu trajeto. No entanto, a redução das perdas é essencial para um sistema de abastecimento saudável, possibilitando uma diminuição nos custos de produção. Tsutiya (2006) suporta que a redução das perdas auxilia na conservação das águas dos mananciais de abastecimento, em virtude de que quanto menor o volume perdido na rede, menor será a exigência de captação de maiores quantidades de água para o abastecimento. Ademais, de acordo com Martins (2001), a presença de vazamentos no sistema pode comprometer a saúde pública devido à possibilidade de entrada de patogênicos contaminadores nocivos à população.

Para um maior controle das perdas reais, a metodologia mais utilizada para a identificação de vazamentos é uso de equipamentos acústicos para vazamentos não-visíveis, já mencionados anteriormente. No caso dos vazamentos em reservatórios, a melhor forma de detecção são os testes de estanqueidade e técnicas com o uso de raios infravermelhos. Ademais, outra forma de se evitar as perdas de reais é a avaliação do controle da pressão, visto que elevadas pressões influenciam na quantidade e na vazão dos vazamentos do sistema. Para tal, deve-se avaliar a setorização do reservatório e a necessidade de implantação de válvulas redutoras de pressão (VRPs) e *boosters*.

Tsutiya (2006) afirma que, com o intuito de se encontrar os volumes relativos às perdas reais, são utilizados dois principais métodos: o Método do Balanço Hídrico e o Método das Vazões Mínimas noturnas.

O Método do Balanço Hídrico, os volumes perdidos são calculados com base nos dados de micromedição, macromedição e nas estimativas para se determinar os valores não-medidos que integram a matriz do balanço hídrico anual. As perdas aparentes são determinas por meio de hipóteses relativas ao volume perdido em ligações clandestinas e erros de medição. Desse modo, o método é aplicado realizando-se uma diferença entre o volume disponibilizado e volume autorizado e as perdas aparentes.

Já o Método das Vazões Mínimas noturnas avalia a variação dos consumos do sistema de abastecimento ao longo do dia. De acordo com Tsutiya (2006), o pico de consumo geralmente se dá entre 11:00 e 14:00 h, e o mínimo consumo normalmente se dá entre 3:00 e 4:00 h. A vazão correspondente a esse consumo mínimo é denominada "Vazão Mínima Noturna".

A aplicação da Vazão Mínima Noturna para a avaliação das Perdas Reais apresenta vantagens substantivas devido à condição em que ocorre, caracterizada por um baixo consumo e uma estabilidade das vazões. Além disso, uma parte significativa do valor obtido está relacionada às vazões provenientes de vazamentos. As vazões de vazamentos refletem os valores observados durante a hora em que o ensaio é realizado, momento em que as pressões do sistema alcançam o seu máximo. Devido à influência considerável da pressão na vazão dos vazamentos, o valor observado durante a hora de mínima noturna corresponde à vazão máxima diária dos vazamentos, supervalorizada caso multiplicássemos esse valor por 24 horas. A fim de solucionar essa supervalorização, é aplicado o "Fator Noite/Dia" (FND), o qual multiplicado pela vazão dos vazamentos resulta no volume médio diário dos vazamentos. O "Fator Noite/Dia" é dado em horas por dia e é determinado a partir de medições de pressão em um ponto médio representativo do subsetor.

3.2.2 Perdas aparentes

As perdas aparentes correspondem às parcelas de água que são consumidas, entretanto não são contabilizadas. As causas desse tipo de perda vão desde medições incorretas a fraudes e ligações clandestinas, como foi especificado na Tabela 3.3. Em comparação com as perdas reais, os efeitos das perdas aparentes são de ordem financeira e de gestão, atuando no faturamento da companhia, de modo a reduzir a geração de receita por consumo.

As ações para o controle das perdas aparentes envolvem a gestão das incertezas de macro e micromedição, o combate a fraudes, melhorias do cadastro comercial e qualificação de mão de obra. Tardelli Filho (2006) afirma que boas medições dos macromedidores estão diretamente relacionadas a manutenções periódicas e calibração dos medidores, entretanto, instalações inadequadas, dimensionamento incorreto e problemas com a transmissão de dados também influenciam veementemente em medições imprecisas, extrapolando a margem aceitável. Da mesma maneira, os micromedidores também sofrem das mesmas problemáticas de imprecisão que os macromedidores, acrescido do envelhecimento periódico dos hidrômetros, os quais necessitam serem trocados a fim de reduzir as perdas aparentes, e de inclinações incorretas de instalação que provocam erros de medição.

Thornton (2002) apresentou um conjunto de ações fundamentais para lidar com as perdas evidentes, conforme a Figura 3.3. O foco principal deve ser colocado nos erros de medição, os quais podem ser minimizados por meio de calibração ou substituição dos dispositivos de medição, quando necessário. Além disso, é essencial determinar o modelo adequado para a situação específica de consumo e fluxo no local.

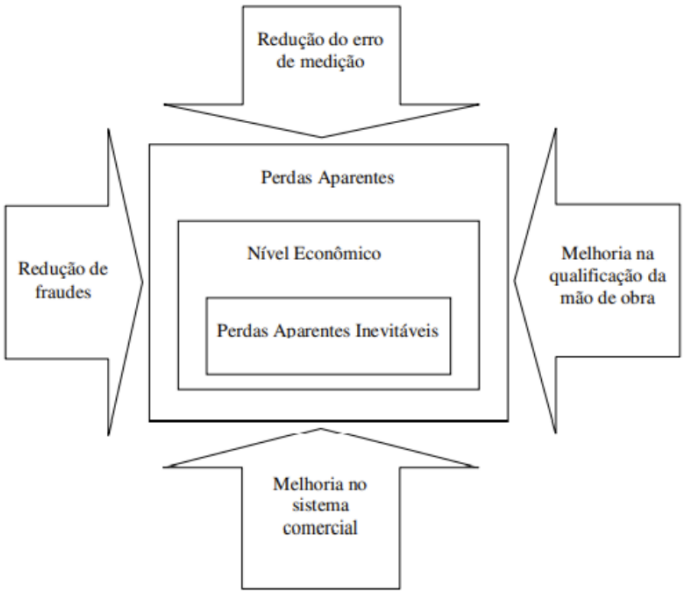


Figura 3.3 - Componentes do combate as perdas aparentes (Fonte: Thornton, 2002)

3.3 MEDIÇÃO DE VAZÃO E PRESSÃO DE ÁGUA

3.3.1 Medição de consumo de água

É indispensável possuir conhecimento acerca da vazão aduzida em múltiplos pontos de um sistema hidráulico, tanto em condutos forçados como em condutos livres. Nos sistemas de abastecimento de água, faz-se necessário mensurar a vazão em diversas etapas, abrangendo a captação, adução, tratamento, reservação e distribuição de água. A avaliação quantitativa da produção efetiva de água revela-se fundamental para garantir a operação e o gerenciamento apropriados do sistema de abastecimento. Nesse tópico, serão abordados medidores instalados em pontos individuais de consumo, ou seja, micro medidores.

Tsutiya (2006) define os hidrômetros como aparelhos capazes de medir e indicar a quantidade de água fornecida pela rede a uma instalação predial. Esses aparelhos geralmente dispõem de uma câmara de medição, um sistema de transmissão, e uma unidade de conversão/totalização que registra num mostrador os volumes escoados.

Os hidrômetros podem ser classificados em dois grandes grupos, de acordo com o princípio de funcionamento da câmara de medição, sendo eles: os hidrômetros de volume e os hidrômetros de velocidade.

Os hidrômetros de volume, ou hidrômetros de deslocamento positivo, possuem um princípio de medição direto no qual o volume de água que passa pelo equipamento é medido a partir de uma câmara de volume que enche e esvazia continuamente, juntamente com um sistema de conversão que totaliza a medição.

Tsutiya (2006) defende que os hidrômetros volumétricos são capazes de detectar baixas vazões e apresentam erros menores, mesmo com baixo escoamento. Sua principal desvantagem é sua sensibilidade a partículas em suspensão no fluido, as quais podem comprometer o funcionamento da câmara de medição, bloqueando a passagem de água.

Lipták (1995) complementa que esses medidores de vazão são especialmente úteis quando o fluido a ser medido está livre de quaisquer sólidos em arraste, sendo o desgaste nas peças a principal fonte de erros sobre a vida útil do medidor. Medidores de deslocamento positivo possuem uma manutenção simples e fácil, não sendo necessárias equipes treinadas ou instrumentos de calibração especiais. Por outro lado, devido às estreitas tolerâncias das peças móveis, a recalibração é necessária em intervalos frequentes. Os tipos mais comuns de

hidrômetros volumétricos são os de disco nutante e o de êmbolo anular rotativo. A Figura 3.4 apresenta uma representação esquemática de um hidrômetro com disco mutante.

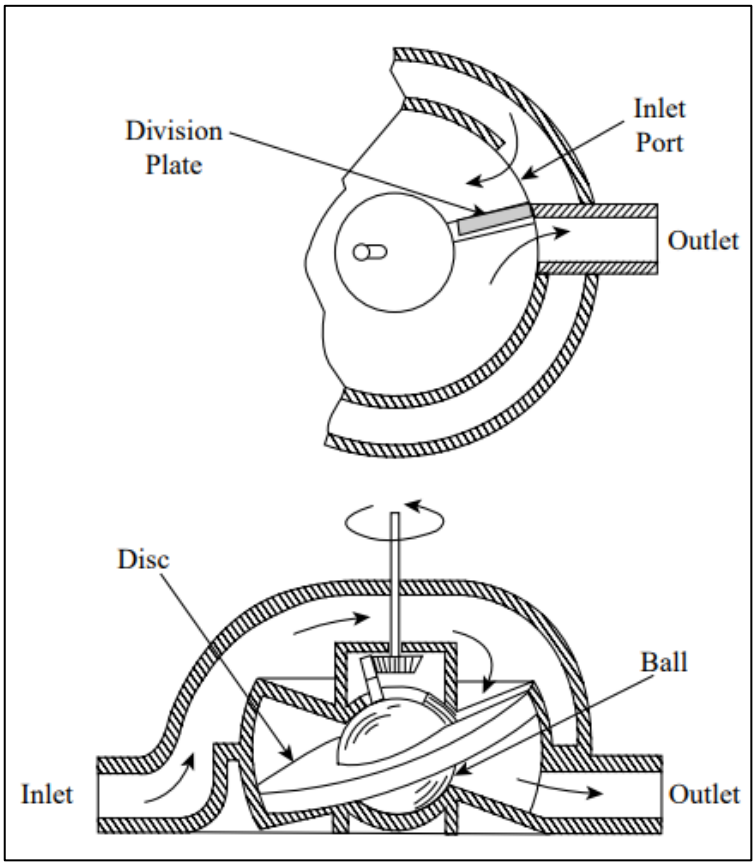


Figura 3.4 - Representação Esquemática de um hidrômetro com disco nutante (Fonte: Lipták,1995)

Os hidrômetros de velocidade, também chamados de hidrômetros taquimétricos ou de hidrômetros inferenciais, convertem a velocidade de escoamento da água em número de rotações de uma turbina ou hélice, de modo que a velocidade angular de rotação das turbinas é diretamente proporcional à vazão volumétrica. A velocidade de rotação é monitorada por uma bobina de captação eletromagnética, a qual é instalada externamente à carcaça do medidor. A Figura 3.5 ilustra uma vista em corte de um típico hidrômetro de velocidade com turbina.

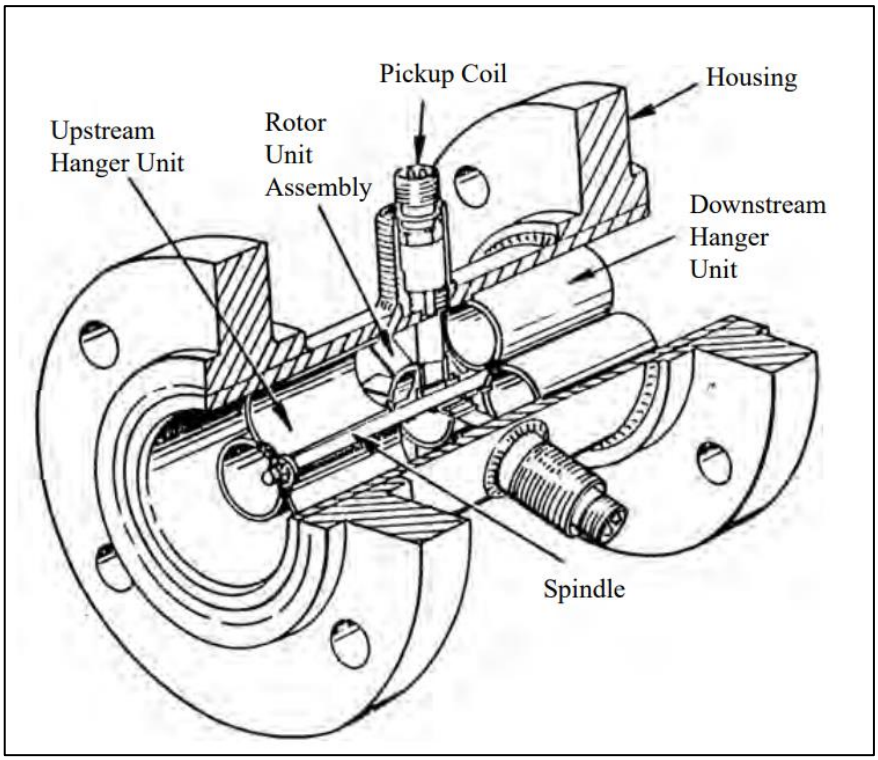


Figura 3.5 - Vista em corte típica de um hidrômetro de velocidade com turbina (Fonte: Lipták,1995)

Vale salientar que atualmente existem diversos modelos e tipos de hidrômetros com funcionalidades e aplicações variáveis. Outros modelos também utilizados são os medidores eletromagnéticos e os medidores ultrassônicos, ambos os medidores não implicam perdas de carga localizadas e isentam o contato com o fluido, de maneira que permite seu emprego na medição da vazão de fluidos com a presença de produtos químicos agressivos ao sistema de controle eletrônico. Ademais, vale ressaltar, as diversas novas tecnologias de medição que já estão sendo implementadas no mercado, como os hidrômetros com saída pulsada, hidrômetros eletrônicos, hidrômetros híbridos e hidrômetros sem partes móveis.

Segundo Heller e Pádua (2010), os medidores eletromagnéticos são aqueles que medem a vazão por meio de campos eletromagnéticos gerados por eletrodos em lados opostos do tubo. Assim, o fluido atua como um condutor e a tensão gerada está relacionada com a velocidade de escoamento do fluido e, portanto, com a vazão.

Já os medidores ultrassônicos usam a velocidade do som como meio auxiliar de medição. Esses tipos de medidores de vazão podem ser divididos em dois tipos principais, os medidores de tempo de trânsito (transmissão por impulsos por meio de dois emissores-

receptores de ultrassom fixados à parede externa do tubo) e os de efeito Doppler (transmissão contínua de ondas).

Os medidores ultrassônicos de tempo de trânsito, conforme sua denominação sugere, têm a função de mensurar o fluxo ao registrar o tempo necessário para a passagem de um pulso de energia ultrassônica através de uma seção de tubo, tanto na direção do fluxo do líquido quanto contra ele. Nesse caso, a área da seção transversal do tubo é conhecida, então o produto da área pela velocidade resultará na vazão volumétrica. Vale salientar que, para as medições de consumo do presente estudo, será utilizado um hidrômetro do tipo ultrassônico de tempo de trânsito. A Figura 3.6 apresenta um esquema de funcionamento interno desse tipo de medidor.

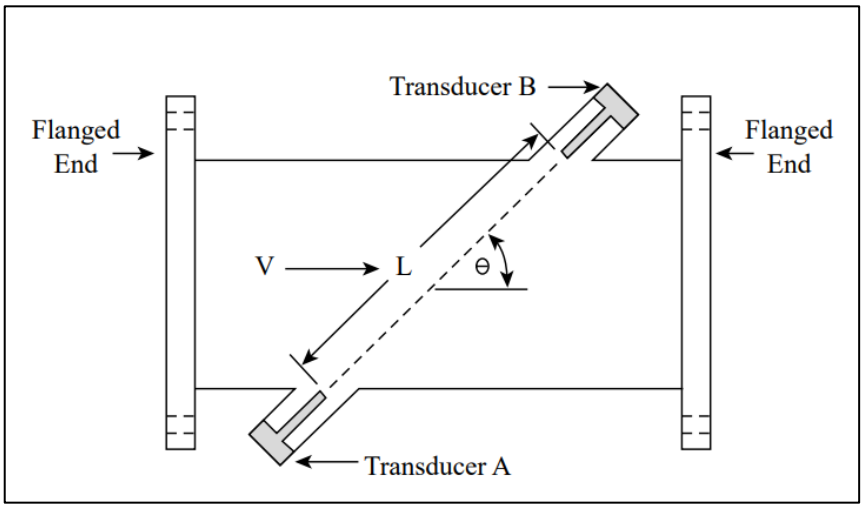


Figura 3.6 - Representação Esquemática de um hidrômetro ultrassônico de tempo de trânsito (Fonte: Lipták,1995)

No caso dos medidores ultrassônicos de efeito Doppler, os emissores emitem um feixe contínuo de ultrassom que é refletido por partículas presentes no fluido em movimento. Essas partículas alteram sua frequência de forma proporcional ao componente da velocidade delas na direção do feixe.

Devido a presença de inúmeros tipos de medidores de vazão, deve-se levar em conta diversos critérios de escolha dos hidrômetros que satisfaçam adequadamente as condições de uso e aplicação. Alguns desses critérios são: a qualidade da água, temperatura e pressão da água, condições de instalação, vazões de consumo.

O dimensionamento de um hidrômetro envolve a definição do tamanho ou vazão nominal do aparelho a ser instalado em uma conexão específica. Essa avaliação é necessária ao

instalar um medidor em uma nova conexão ou quando ocorrem problemas de dimensionamento inadequado ou mudanças no perfil de consumo estimado em uma conexão existente. De acordo com Tsutiya (2006), para um correto dimensionamento dos hidrômetros, deve-se baseá-lo nas restrições dos aparelhos utilizados, e deve ser realizado com base nos seguintes parâmetros: vazão máxima ou vazão de sobrecarga do sistema (Qs), vazão permanente ou nominal (Qn), vazão mínima (Qmín).

3.3.2 Medição de pressão de água

Os medidores de pressão são dispositivos que realizam a medição da pressão relativa, tomando como referência a pressão atmosférica como ponto de partida. Esses dispositivos podem ser classificados em três categorias principais:

1 - Os manômetros que empregam o princípio do equilíbrio de pressões, utilizando uma coluna de líquido com densidade conhecida para efetuar a medição de pressão. O tubo de Pitot é um exemplo de manômetro que segue esse princípio.

2 - Os manômetros em que a medição de pressão é realizada equilibrando a força gerada sobre uma área conhecida com uma força que pode ser medida.

3 - Os manômetros que utilizam o equilíbrio da força gerada em uma área conhecida com a tensão exercida em um meio elástico para realizar a medição de pressão.

Os manômetros com o funcionamento mais simples consistem em um tubo em formato de U, no qual um sensor de pressão é conectado, transmitindo um sinal para um elemento secundário. Todavia existem outros tipos de dispositivos muitos utilizados na manometria, como os manômetros de Bourdon e os manômetros do tipo fole.

Os elementos de pressão conhecidos como tubos Bourdon são empregados para detectar elevadas pressões, superiores a 200 kPa, uma vez que sua mola de gradiente não é suficiente para detectar pressões ou vácuos mais baixos. Lipták (1995) afirma que os tubos Bourdon são fabricados em diferentes formatos, como o formato C, helicoidal e espiral, conforme a Figura 3.7. O elemento C-Bourdon é criado enrolando um tubo circularmente para formar um segmento de um círculo, enquanto o elemento helicoidal é formado por várias voltas em uma hélice e o elemento espiral é composto por duas ou três voltas em espiral ao redor do mesmo eixo. Na parte inferior do tubo que serve como elemento elástico de medição, há uma conexão com o fluido a ser medido. O aumento da pressão dentro desse tubo causa

deformação, resultando no movimento de rotação do ponteiro, que está conectado à outra extremidade do tubo.

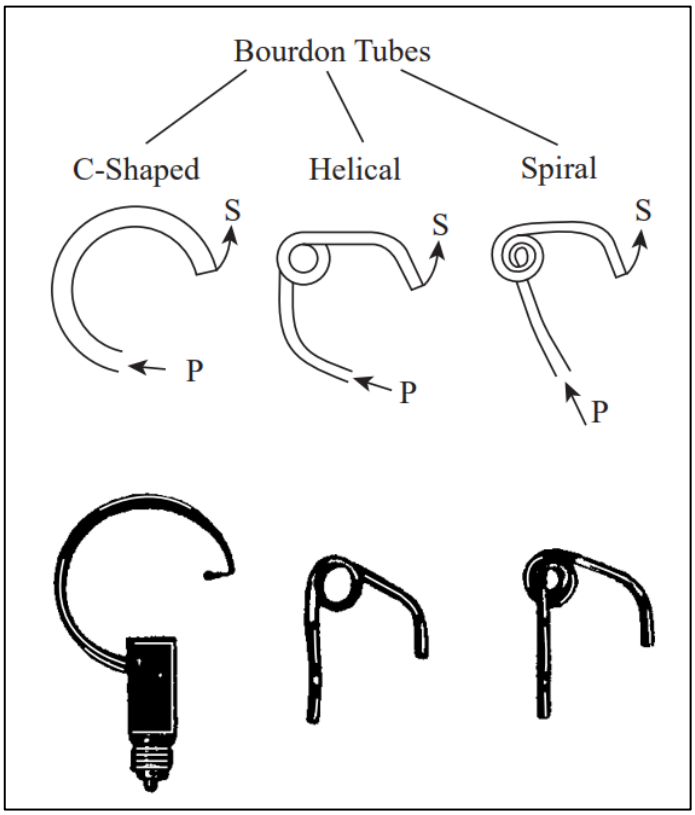


Figura 3.7 - Os principais tipos de elementos de medição flexíveis (Fonte: Lipták,1995)

Já os manômetros de fole são instrumentos utilizados para medir a pressão por meio do equilíbrio da força exercida em uma área conhecida com a tensão aplicada em um meio elástico. Nesse tipo de medidor, o elemento sensível é um fole, o qual pode ser interno ou externo. Segundo Lipták (1995), entre as suas restrições estão a sensibilidade aos impactos da temperatura ambiente, a rigidez, a deriva, o atrito e a histerese elástica. Em muitos casos, a ação elástica do fole é inadequada para uma medição precisa, sendo necessário adicionar uma mola para estabelecer de forma adequada a relação entre a força e o movimento.

3.4 MÉTODO DE MONTE CARLO

A Simulação de Monte Carlo, utilizada no trabalho para a previsão do consumo de água do local de estudo, consiste em uma técnica matemática empregada para a estimativa dos resultados possíveis de um evento incerto. Ao contrário de um modelo de previsão convencional, a Simulação de Monte Carlo realiza a previsão de um conjunto de resultados

com base em uma faixa de valores estimados em relação a um conjunto de valores de entrada fixos.

Valle e Norvell (2013) afirmam que a Simulação de Monte Carlo é um método que visa construir um modelo representativo dos resultados possíveis, substituindo valores de uma distribuição especificada para todas as variáveis de entrada. O modelo continua a recalcular os resultados usando um conjunto diferente de valores aleatórios da distribuição de probabilidade de cada variável definida pelo pesquisador. Em outras palavras, a Simulação de Monte Carlo estabelece um modelo de possíveis resultados, empregando uma distribuição de probabilidade, para qualquer variável que apresente incerteza intrínseca. Em seguida, ela recalcula os resultados de forma sucessiva, utilizando conjuntos diferentes de números aleatórios dentro dos limites mínimo e máximo.

Pegden e Shannon (1990) suportam que na técnica de Monte Carlo, os dados artificiais são gerados através do uso de um gerador de números aleatórios e de uma distribuição cumulativa de interesse. Embora vários métodos tenham sido usados no passado para gerar números aleatórios, hoje, o uso de algoritmos para gerar os números faz com que eles não sejam de fato aleatórios, sendo assim chamados de números pseudo-aleatórios. Isso significa que o que é produzido é de fato reproduzível e, portanto, não aleatório.

As projeções de longo prazo também são feitas utilizando-se simulações de Monte Carlo devido à sua acurácia. À medida que se dispõe de mais informações, o número de projeções também aumenta, possibilitando prever resultados mais distantes no tempo e com maior precisão.

Heizer e Render (2000) afirmam que a técnica de Monte Carlo pode ser dividida em cinco etapas: a definição das distribuições de probabilidade, a construção de uma distribuição de probabilidade cumulativa para cada variável, a definição de intervalos para os números aleatórios, a geração de números aleatórios e a simulação do experimento.

Na primeira etapa, é realizada a identificação da variável dependente a ser prevista, bem como das variáveis independentes, também conhecidas como variáveis de entrada, que conduzirão a simulação, conjuntamente, deve-se especificar a distribuição de probabilidade de cada variável independente. Essa especificação pode ser feita mediante o uso de dados históricos e avaliações subjetivas do analista para definir um intervalo de valores possíveis e atribuir pesos de probabilidade para cada um. A distribuição de probabilidade cumulativa para cada nível de demanda é obtida somando o valor na coluna de probabilidade à

probabilidade cumulativa anterior e o intervalo será um conjunto de números para representar cada valor possível ou resultado. Em seguida, números aleatórios podem ser gerados para simulação de duas maneiras.

Se o problema for grande e o processo em estudo envolve muitas tentativas de simulação, programas estão disponíveis para gerar os números aleatórios necessários. Se a simulação será feita à mão, os números podem ser selecionados a partir de uma tabela de dígitos aleatórios. Por fim, é possível simular os resultados de um experimento utilizando números aleatórios. Ao finalizar uma Simulação de Monte Carlo, são gerados diversos resultados possíveis, acompanhados de suas respectivas probabilidades de ocorrência.

As Simulações de Monte Carlo aplicam-se na avaliação do impacto do risco em diversos cenários do mundo real, abrangendo áreas como inteligência artificial, preços de ações, previsão de vendas, gerenciamento de projetos e precificação. Além disso, essas simulações oferecem várias vantagens em relação aos modelos preditivos com informações fixas, incluindo a capacidade de realizar análise de sensibilidade e calcular correlações entre as variáveis de entrada. Dito isso, esse estudo utilizou dessa técnica para a previsão do consumo de água da FT/UnB, conforme o item 4.5.

3.4.1 Simulação de Murakawa para consumo de água (MSWC)

A Simulação de Murakawa (2017) é uma ferramenta de simulação que permite prever a demanda de abastecimento de água em ordem cronológica usando a técnica de Monte Carlo.

Nesse método, variáveis independentes do cenário de estudo são acumuladas em diversas distribuições de probabilidade. As possíveis variáveis utilizadas nesse método são: frequência de uso, vazão de descarga, tempo de descarga dos equipamentos, temperatura da água a ser utilizada e tempo de ocupação dos usuários. Tais variáveis são definidas pelo autor em função das distribuições de Erlang, distribuição exponencial e distribuição hiper exponencial.

Após a inserção dos parâmetros das variáveis independentes, é possível calcular o consumo de água tanto no horário de pico, quanto de maneira diária ou horária, gerando números aleatórios e determinando o valor de cada condição com a técnica de Monte Carlo, mediante a inserção dos valores médios de cada variável em sua respectiva distribuição de probabilidade. Ademais, também são inseridos dados fixos subjetivos para cada edificação, como o número de peças hidrossanitárias em uso.

O procedimento de cálculo simplificado do consumo de água proposto por Murakawa (2017), no qual o processo é repetido diversas vezes com base em avaliações do tempo alvo da simulação a fim de gerar diversos perfis de consumo de água com suas respectivas probabilidades. O resultado final representa a previsão de consumo na edificação com maior número de ocorrências dentro das iterações realizadas

3.5 HISTÓRICO DE ESTUDOS ANTERIORES

Nesse tópico, são abordados estudos prévios específicos sobre a Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT), local de estudo do presente trabalho. O objetivo é obter uma perspectiva mais abrangente para uma melhor obtenção de resultados.

3.5.1 Barbosa *et. al* (2019)

Barbosa *et al.* (2019) elaboraram um estudo no qual foi possível identificar o consumo médio mensal para diversos edifícios da UnB. Esses dados foram obtidos por meio de micromedições na rede hidráulica local, sendo reduzida nos períodos de março a dezembro e de julho a agosto, devido ao período de férias da universidade. As Figuras 3.8 e 3.9 abordam os resultados de consumo médio mensal para o Instituto Central de Ciências (ICC) e para os outros edifícios da UnB.

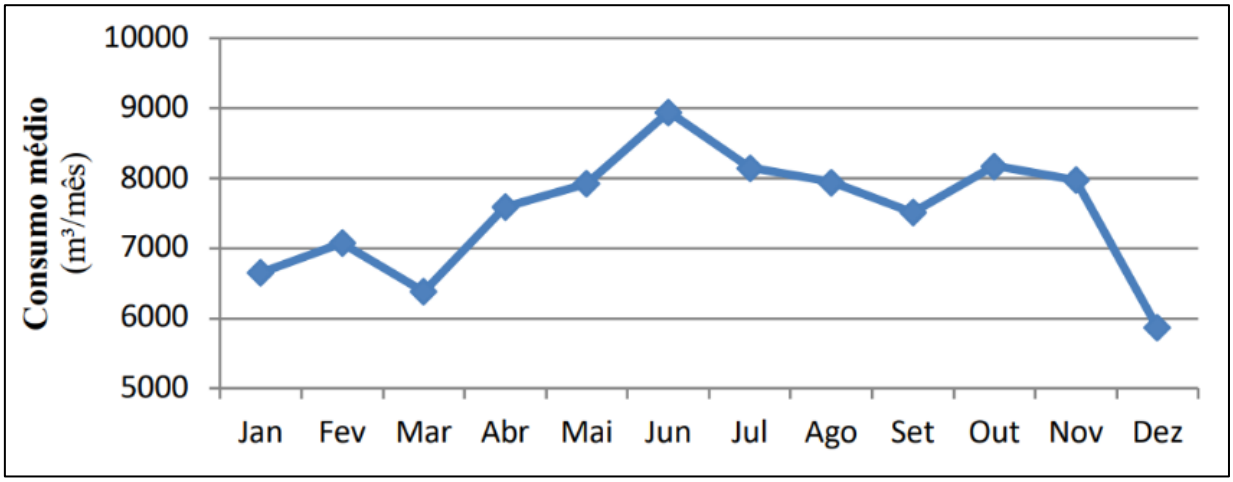


Figura 3.8 - Gráfico de consumo mensal médio para o ICC (Fonte: Barbosa *et al.*, 2019)

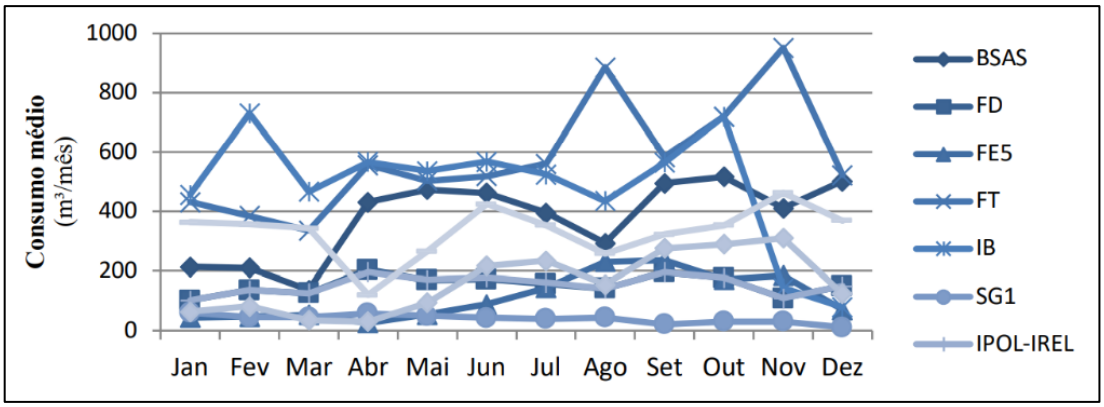


Figura 3.9 - Gráfico de consumo mensal médio para os demais edifícios (Fonte: Barbosa *et al.*, 2019)

Barbosa *et al*. (2019) também obtiveram dados acerca dos consumos médios anuais e diários e o consumo *per capita* por edificação da UnB, bem como outros indicadores de consumo por uso-final da água. Esses dados foram medidos mediante entrevistas aos consumidores dos locais, os quais proveram dados acerca da frequência de uso e consumo. A Figura 3.10 apresenta os resultados obtidos especificamente para a Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT), local de análise do presente estudo. Na Figura 3.10, *Iest* representa o indicador de consumo para determinado uso-final de água, *Dest* é a demanda estimada do respectivo uso-final, já *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*

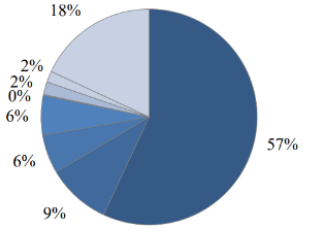


Figura 3.10 - Indicadores de consumo FT (Fonte: Barbosa *et al.*, 2019)

Barbosa *et al.* (2019) chegam à conclusão de que as descargas sanitárias representam o uso-final com o maior consumo de água na UnB, com um total de 68% a 28% do consumo predial. Ademais, notou-se a presença de elevados índices de vazamentos, os quais acarretam uma perda de 116 m^3 diários de água no Instituto Central de Ciências (ICC).

3.5.2 Rodrigues (2022)

Rodrigues (2022) teve como objetivo realizar medições e análise da pressão e do consumo de água nas instalações prediais da FT/UnB, com o intuito de identificar possíveis desperdícios de água e sugerir a implementação de melhorias no sistema.

3.5.2.1 Análise do consumo de água da FT

Para a análise do consumo de água, o autor coletou dados referentes aos anos de 2017 a 2022 disponibilizados pela Prefeitura do Campus (PRC) da Universidade de Brasília. Ademais, Rodrigues (2022) realizou medições presenciais no hidrômetro no período de uma semana em horários estabelecidos. O hidrômetro em que foram realizadas as medições era da marca Diehl, modelo Hydrus, com as seguintes especificações: diâmetro de 20mm (3/4”), 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. Os dados históricos obtidos foram utilizados para gerar o gráfico conforme mostra a Figura 3.11.

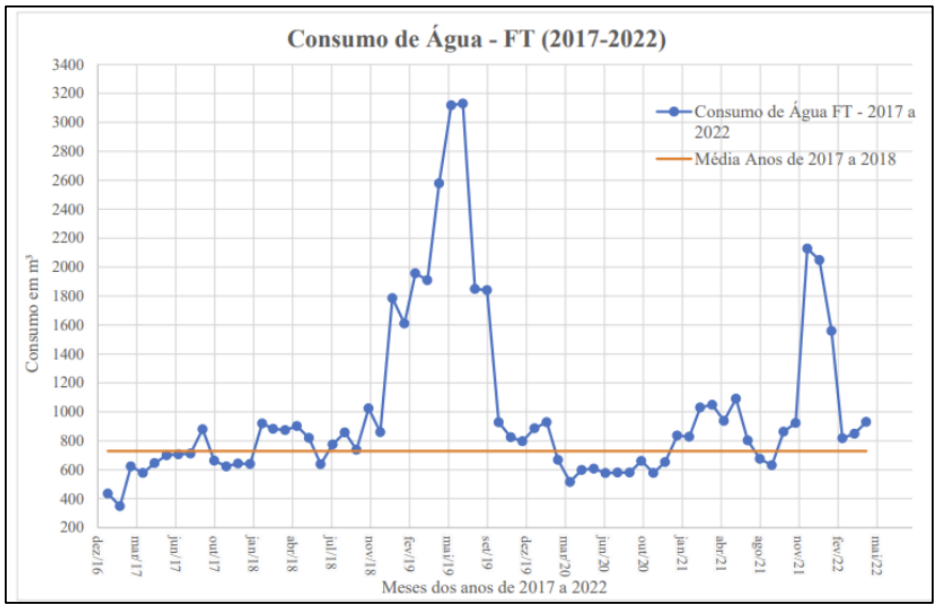


Figura 3.11 - Curva de consumo da FT entre 2017 e 2022 (Fonte: Rodrigues, 2022)

A partir dos dados históricos de consumo de água, Rodrigues (2022) obteve os consumos médios mensais, de acordo com a classificações referente à períodos letivos de aula e período afetados pela pandemia de Covid-19, a qual alterou o funcionamento da Universidade de Brasília. A Tabela 3.4 apresenta os resultados obtidos pelo autor.

Tabela 3.4 - Média dos consumos mensais em período letivo e de férias na FT (Fonte: Rodrigues, 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)

Com base na Tabela 3.4, é perceptível um aumento súbito do consumo na edificação entre os anos de 2018 e 2019, sendo esse aumento recorrente até o mês de setembro de 2019. Tal crescimento repentino pode indicar elevadas perdas na água nas instalações de distribuição de água, interrompido apenas após uma manutenção das instalações hidráulicas em decorrência de um rompimento de tubulação com água aflorante. Essa situação acarretou um gasto de aproximadamente R$283.000,00, reforçando a necessidade de um acompanhando do consumo mensal da edificação.

3.5.2.2 Análise das perdas de água

A fim de realizar uma mensuração das perdas de água nas instalações da edificação, Rodrigues (2022) mediu de forma presencial as vazões acumuladas do hidrômetro em um período de uma semana, nos horários em que a pressão se encontrava a 20 mca (ajuste da

pressão noturna pela VRP da rede de abastecimento). Após a coleta de dados, o autor aferiu que a vazão noturna atingia taxas de aproximadamente 6 L/min, quando a VRP estava com a pressão ajustada para o valor noturno.

Nos períodos em que a VRP estava com o ajuste de pressão para o dia (40 mca), o autor obteve o resultado de 9,73L/min, também por medições presenciais no hidrômetro. Já nos períodos de consumo elevado o autor estimou uma perda de 7495,2 L, baseado numa ponderação das 17 horas de análise (6:00 às 23:00). Baseado nos valores obtidos, Rodrigues (2022) concluiu que as perdas médias representavam cerca de 33% no período de segunda a sexta-feira.

3.5.2.3 Análise das curvas de pressão

A fim de se obter as curvas de pressão, Rodrigues (2022) empregou um sistema composto por um transdutor de pressão, Arduino e *data logger* para efetuar a medição das pressões, os quais também serão utilizados no presente trabalho. O transdutor de pressão é responsável por medir a pressão e traduzir a informação em sinais elétricos, já o *data logger* atua no armazenamento dos dados de pressão medidos.

O autor escolheu o Laboratório de Hidráulica e Estruturas para efetuar as medições de pressão, visto que se destacou, após testes realizados pelo autor, como um local com baixas pressões e elevadas perdas de carga. O local foi definido com base em testes preliminares realizados com um manômetro da marca Zürich, modelo Z.10.B.

Rodrigues (2022) realizou medições a cada 5 minutos e medições intervaladas em 1 minuto, conforme mostram as Figuras 3.12 e 3.13, sendo 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. Após a medições, o autor observou que a faixa de pressão ultrapassa os valores permitidos por norma (40 mca) de forma recorrente, com destaque aos fins de semana, os quais mantinham uma pressão de cerca 45 mca.

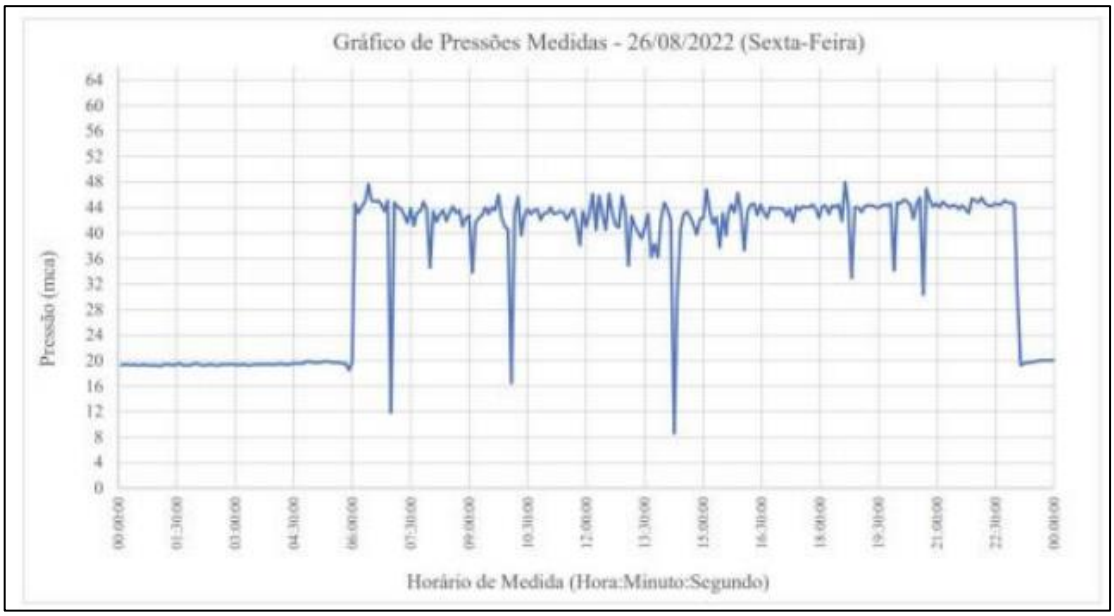


Figura 3.12 - Pressões medidas a cada 5 minutos (Fonte: Rodrigues, 2022)

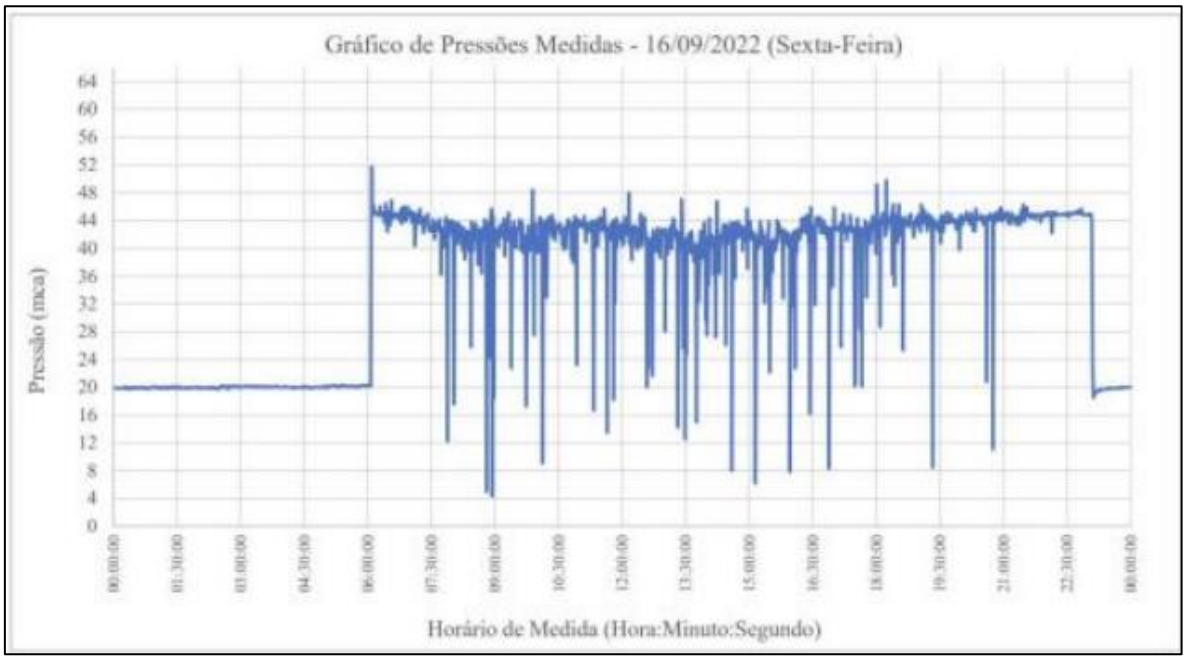


Figura 3.13 - Pressões medidas a cada 1 minuto (Fonte: Rodrigues, 2022)

3.5.3 Dusi (2023)

Dusi (2023) teve como objetivo analisar os padrões de consumo, pressão e situação das perdas de água do sistema de abastecimento da água da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília a fim de propor um sistema de reservação de água potável para essa edificação.

3.5.3.1 Análise das curvas de vazão

Para a obtenção da curva de consumo do local de estudo, Dusi (2023) reuniu dados mensais de consumo fornecidos pela CAESB. Esses dados foram coletados por meio de um hidrômetro instalado no cavalete de alimentação de água potável do edifício, sendo o hidrômetro da marca Diehl, modelo Hydrus, com as seguintes especificações: diâmetro de 20mm (3/4”), 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. Os dados tiveram seu início de registro no dia 30 de janeiro de 2023 (segunda-feira) às 11h00 e foram coletados pela CAESB novamente no dia 03 de fevereiro (sexta-feira) de 2023 às 17h09. A Figura 3.14 apresenta o gráfico de consumo obtido pelo autor por meio dos dados da CAESB.

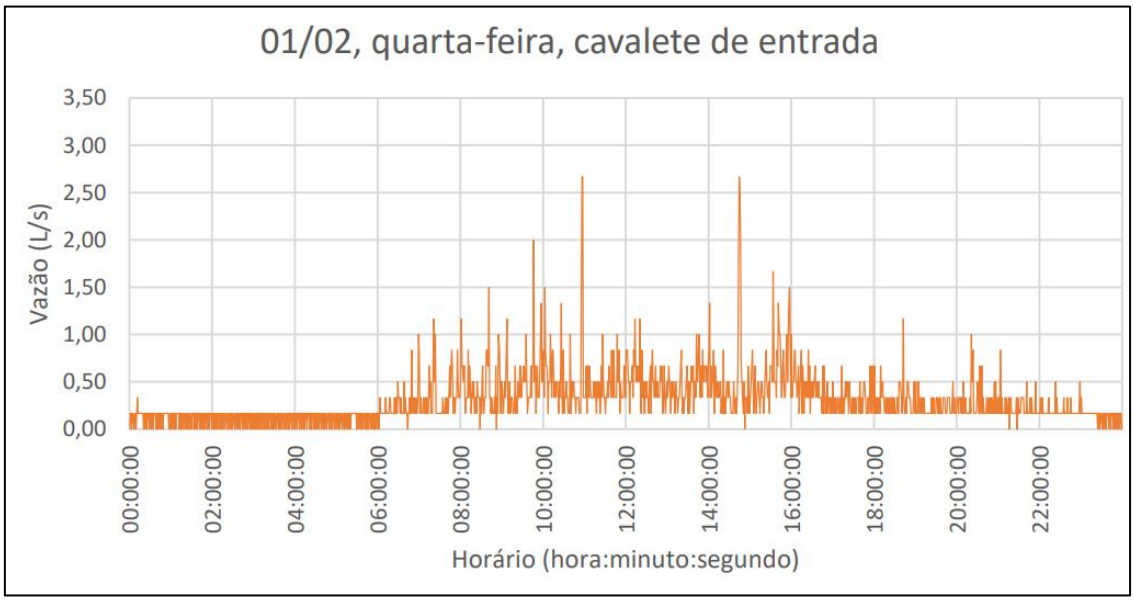


Figura 3.14 - Gráfico de consumo obtido pelos dados da CAESB (Dusi, 2023)

Devido a defeitos na saída pulsada do hidrômetro, foi necessária uma medida presencial dos valores de vazão acumulada detectadas pelo novo hidrômetro instalado. O novo hidrômetro possuía o mesmo modelo do anterior, porém com diâmetro nominal de 25mm (1”), vazão nominal de 10 m³/h, vazão de sobrecarga de 12 m³/h, vazão de transição de 80 L/h e vazão mínima de 50 L/h. A medição foi realizada de 23 de janeiro de 2023 a 27 de janeiro de 2023 das 7:00 às 20:00. Ademais, também foram coletados dados após a instalação, pela CAESB, de um *data logger* no local de medição, sendo esse capaz de armazenar até 22 dias de dados

registrando vazões a cada minuto. A Tabela 3.5 apresenta os dados coletados *in loco* pelo autor no dia 25 de janeiro de 2023.

Tabela 3.5 - Dia de coleta de dados de vazão *in loco* (Dusi, 2023)

Data	Horário	Intervalo	Tempo (h)	Volume lido (m^3)	Volume total (m^3)	Vazão média (m^3/h)
25/jan	07:00	10:56	10,93	17,903	28,053	0,545
	08:08	01:08	1,13	19,856		1,723
	08:59	00:51	0,85	22,236		2,800
	10:01	01:02	1,03	25,944		3,588
	11:05	01:04	1,07	28,247		2,159
	12:00	00:55	0,92	29,808		1,703
	13:03	01:03	1,05	34,158		4,143
	14:14	01:11	1,18	36,507		1,985
	15:05	00:51	0,85	38,388		2,213
	15:59	00:54	0,90	40,345		2,174
	16:59	01:00	1,00	41,96		1,615
	18:03	01:04	1,07	43,639		1,574
	19:06	01:03	1,05	45,036		1,330
	20:00	00:54	0,90	45,956		1,022

A partir dos dados coletados, Dusi (2023) concluiu que a vazões medidas e os consumos diários, tanto *in loco*, quanto obtidas pelo *data logger* da CAESB apresentaram coerência dentro dos limites possíveis, sendo estimado um consumo diário de 22,715 m^3. Ao se comparar com Rodrigues (2022), a desconfiança de que ocorria submedição nos períodos de maior consumo continuou presente.

3.5.3.2 Análise das curvas de pressão

Para a obtenção das curvas de pressão, Dusi (2023) realizou medições de pressão em dois locais da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília: o cavalete de entrada, a fim de analisar as pressões de início de rede, e o Laboratório de Hidráulica e Estruturas. Para tal, O equipamento usado no laboratório foi composto por três componentes principais: um transdutor de pressão, que realiza a medição da pressão e converte essa informação em sinais elétricos; um circuito compatível com o Arduino UNO, que recebe e interpreta os dados do transdutor; e, por fim, um sistema de registro de dados, responsável por armazenar as informações das pressões medidas.

Já para o cavalete de entrada, o autor utilizou um manômetro da marca Zürich, modelo Z.10.B, com capacidade de medição de 0 a 100 mca. Esse dispositivo funciona a base de 4 pilhas AAA, não necessitando de energia elétrica para seu funcionamento. Dusi (2023) utilizou o *software Datalogger* V2.2.1, o qual torna possível a conexão entre um computador e o manômetro Zürich. O manômetro foi configurado no *Datalogger* V2.2.1 para que faça leituras em intervalos de 1 minuto, sendo capaz de armazenar 60 horas de dados com essa frequência de coleta. Ademais, o autor utilizou um abrigo de proteção contra intempéries para o manômetro instalado, conforme mostra a Figura 3.15.



Figura 3.15 - Caixa de proteção dos dispositivos de medição utilizada por Dusi (2023).

O autor constatou, de acordo com a Figura 3.16, selecionada por apresentar um dia de consumo mínimo na UnB, uma pressão diurna registrada de aproximadamente 42,5 mca, conforme esperado. No entanto, durante o período noturno, quando a pressão da VRP está limitada a 20 mca, a pressão medida é inferior a esse valor, em torno de 17,5 mca, o que indica uma possível desregulação nas pressões da VRP. Ademais, foram observadas pressões acima de 55 mca em diversos dias no período de abertura das válvulas, extrapolando a limite imposto pela norma e sendo nocivas para a rede e instalações hidráulicas prediais que utilizem o sistema de abastecimento direto de água. A Figura 3.17 apresenta a curva de pressões do dia 26 de janeiro de 2023, na qual podem ser observadas as elevações de pressão.

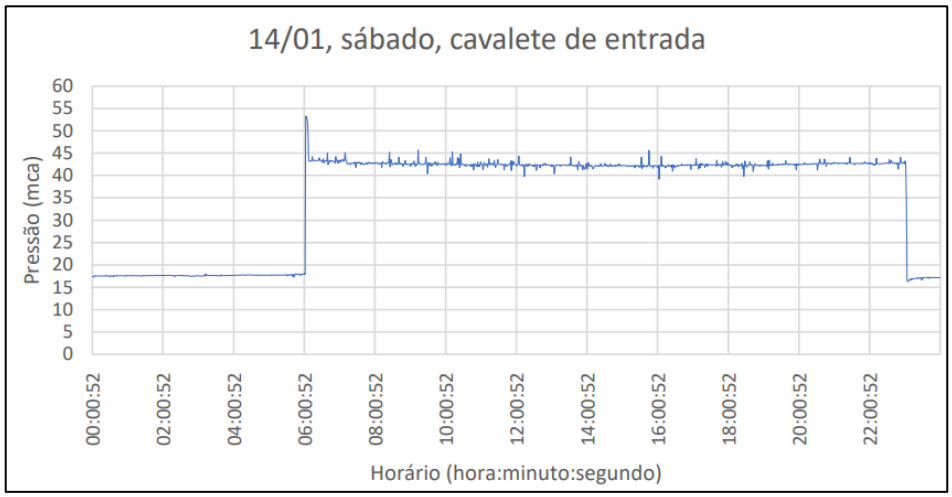


Figura 3.16 - Faixas de pressão em períodos de baixo consumo (Dusi, 2023)

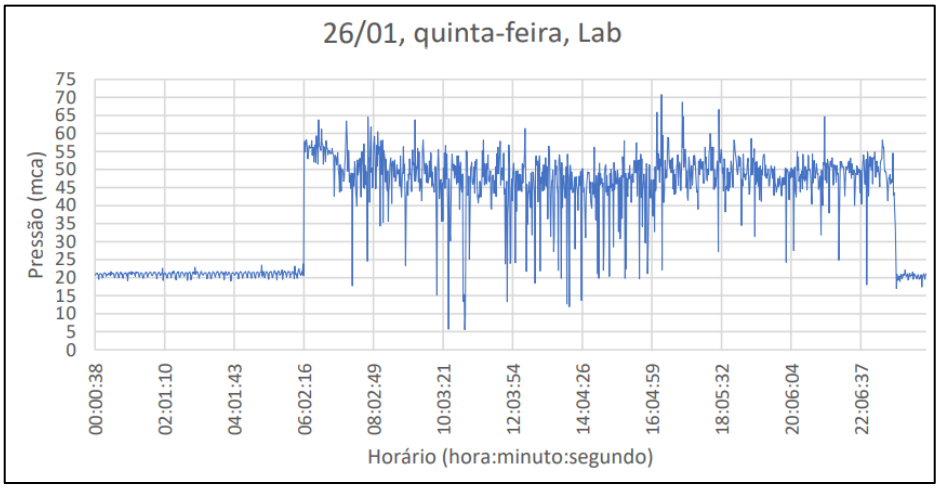


Figura 3.17 - Indicativo de transitórios hidráulicos (Dusi, 2023)

Dusi (2023) também registrou casos de pressões negativas no sistema, como mostram as Figuras 3.18 e 3.19, nas quais foram observadas pressões de -1,40 mca e -0,34 mca. Uma explicação plausível para essas leituras de dados é a ocorrência de momentos em que o consumo em pontos específicos excedeu o padrão observado, resultando em grandes volumes de água sendo deslocados da rede do Laboratório de Hidráulica e Estruturas (ponto extremo da instalação hidráulica predial) para outros pontos de consumo da instalação predial.

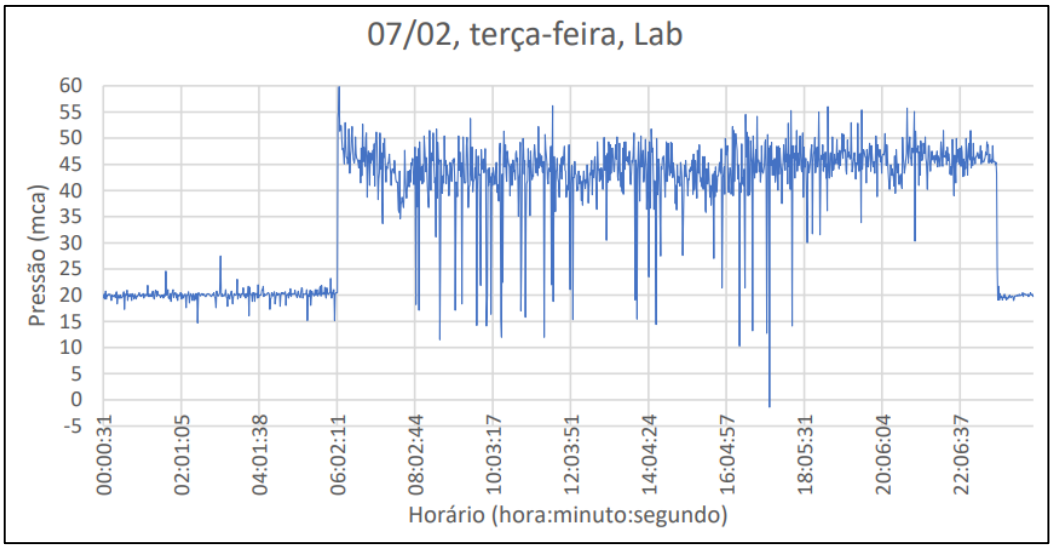


Figura 3.18 - Pressão negativa no dia 07/02 (Dusi, 2023)

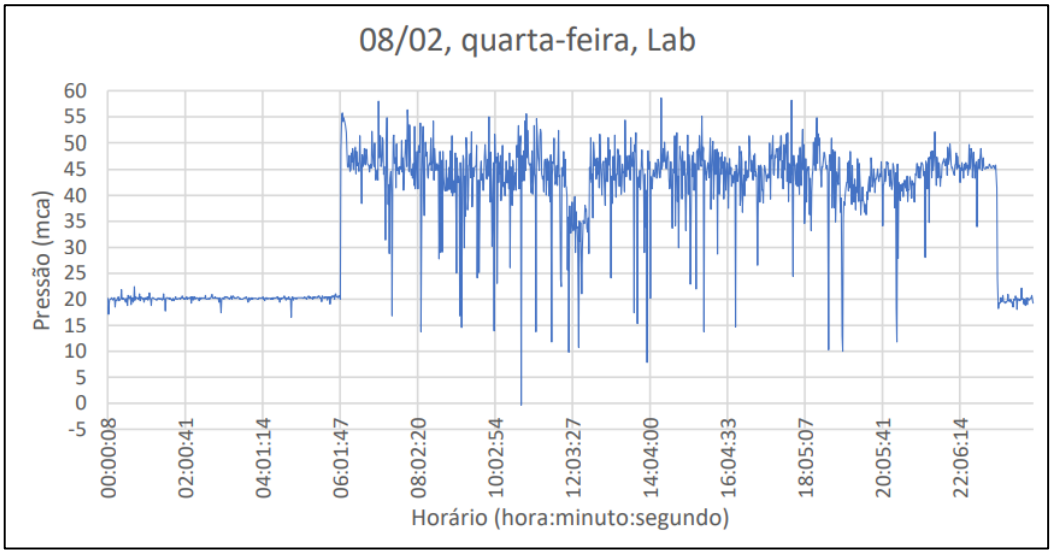


Figura 3.19 - Pressão negativa no dia 08/02 (Dusi, 2023)

3.5.3.3 Estimativa de perdas de água nas instalações prediais

Para essa análise, o autor também utilizou os dados de vazão fornecidos pela CAESB e o dados coletados *in loco*, de forma que o primeiro possibilitou a análise precisa das vazões noturnas. As Tabelas 3.6 e 3.7 apresentam os dados obtidos por Dusi (2023), referente às vazões noturnas.

Tabela 3.6 - Vazões noturnas a partir das medições in loco (Dusi, 2023)

Noite	Volume noturno (m^3)	Vazão média (m^3/h)
23/01 para 24/01	6,109	0,55
24/01 para 25/01	5,961	0,55
25/01 para 26/01	6,599	0,60
26/01 para 27/01	7,184	0,65

Tabela 3.7 - Vazões noturnas dos dados fornecidos pela CAESB (Dusi, 2023)

Noite	Volume noturno (m^3)	Vazão média (m^3/h)
30/01 para 31/01	3,48	0,50
31/01 para 01/02	2,83	0,40
01/02 para 02/02	2,93	0,42
02/02 para 03/02	3,26	0,47

Ambos os métodos apresentaram resultados semelhantes, considerando a expectativa de que os dados coletados no local estariam um pouco acima, devido à inclusão de horários noturnos nos quais ainda havia usuários no prédio. O autor comparou os dados de vazões noturnas em dias de aula com os obtidos por Rodrigues (2022) a fim de entender o aumento ou diminuição dos vazamentos na edificação. Dessa forma, todos os dias medidos apresentaram uma vazão noturna maior do que a média calculada por Rodrigues (2022), sugerindo um aumento na intensidade dos vazamentos ao longo de alguns meses, variando entre 0,40 m^3/h e 0,50 m^3/h.

Após uma análise da base teórica abordada e do estudo de trabalhos prévios conduzidos na FT, o presente estudo encaminha-se para a etapa da metodologia do projeto. Nesse tópico, serão delineados os métodos a serem empregados para coletar dados e analisar os resultados obtidos.

4. METODOLOGIA

A motivação do presente trabalho residiu em verificar a aderência dos padrões de consumo de água da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília ao método estatístico de Monte Carlo para consumo de água. Para tal, em síntese, foram coletados dados de vazão através do hidrômetro do ramal predial de água fria do local de estudo e, paralelamente, realizadas tanto a simulação com o método de Monte Carlo, quanto a obtenção do cálculo do consumo por meio de métodos tradicionais da Norma Brasileira. Em sequência, foram comparados os dois resultados, mediante as curvas de consumo obtidas, a fim de averiguar a precisão dos métodos utilizados para o local de estudo. Ademais, também foram extraídos valores relativos às pressões da rede de análise por intermédio de medidores instalados em pontos estratégicos, a fim de se obter um diagnóstico mais concreto do funcionamento das instalações prediais, paralelo aos dados de consumo da edificação.

4.1 LOCAL DE ESTUDO

A estudo foi conduzido na Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade de Brasília (UnB). O edifício que abriga a FT/UnB foi construído entre 1974 e 1976 e conta com cerca de 4055 estudantes matriculados nos cursos de graduação e 1122 estudantes nos programas de pós-graduação, segundo o Anuário Estatístico da Universidade de Brasília de 2021. O conjunto da Faculdade é composto pelo prédio principal, formado por blocos intercalados de jardins, e blocos independentes: o Laboratório de Termociência e Metrologia Dinâmica, o Laboratório de Hidráulica e Estruturas, o Departamento de Engenharia Florestal e o Unidade de Laboratórios de Ensino de Graduação, além dos blocos de serviço geral (SGs) 9, 11 e 12. A Faculdade de Tecnologia comporta cinco departamentos (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Mecânica e Departamento de Engenharia de Produção) e dez cursos de graduação. Está localizada na Asa Norte, Brasília, DF, mais especificamente no Setor Centro do Campus Universitário Darcy Ribeiro. Seu acesso mais próximo é realizado mediante a via L3 Norte, como indica o Figura 4.1.

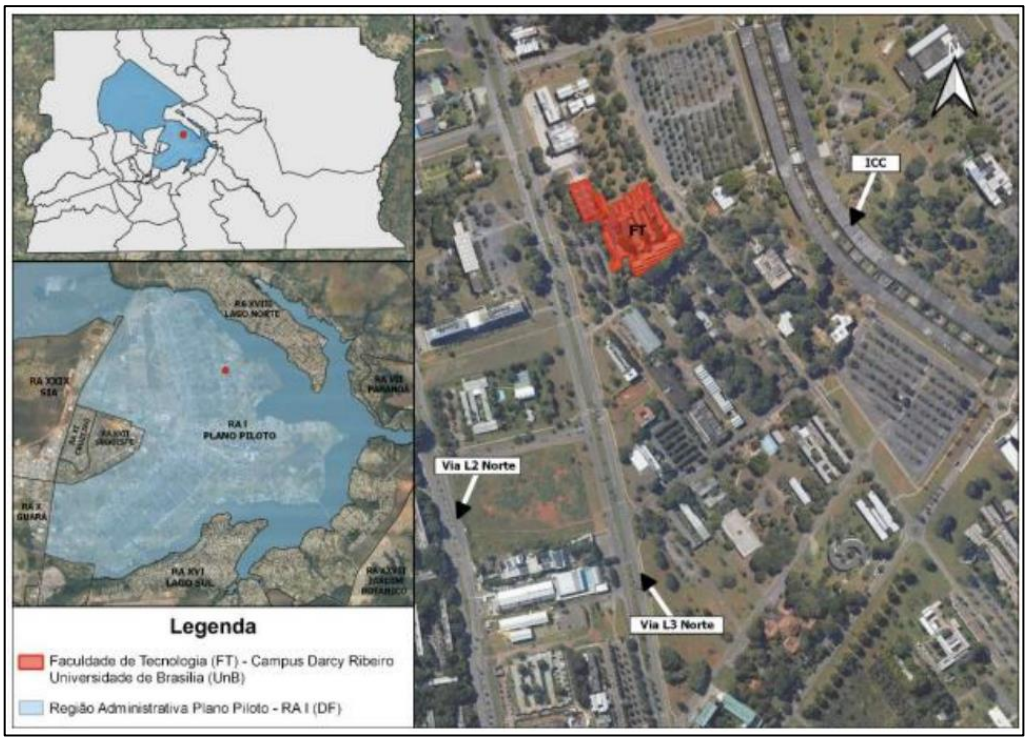


Figura 4.1 - Localização da Faculdade de Tecnologia (Fonte: Rodrigues, 2022)

O abastecimento da FT/UnB é realizado por abastecimento direto, ou seja, não conta com um reservatório para o armazenamento e amortecimento prévio da água. A rede que abastece o edifício de estudo provém da entrada do Castelo d'água, conforme a Figura 4.2, e conta com um medidor de vazão individual, localizado no cavalete de entrada do edifício. A Figura 4.3 apresenta a disposição desse cavalete na entrada da edificação. Vale lembrar que o reservatório Castelo d'água encontra-se desativado, a entrada pontuada refere-se apenas à sua localização.

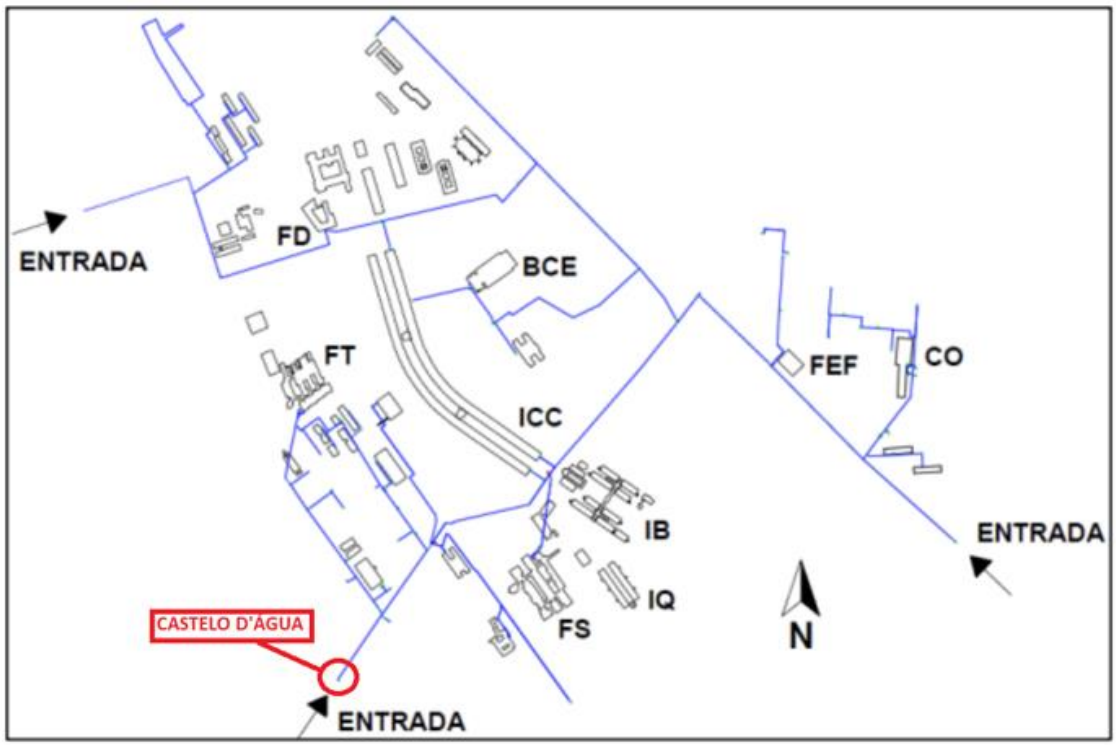


Figura 4.2 - Rede de distribuição de água do Campus Darcy Ribeiro (modificado - Martins, 2019)



Figura 4.3 - Cavalete de entrada da FT/UnB

4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DE CONSUMO

Como foi anteriormente destacado, os dados de consumo da Faculdade de Tecnologia são registrados mediante um hidrômetro localizado no cavalete de entrada do edifício. Tal hidrômetro é do tipo ultrassônico de tempo de trânsito, ou seja, conforme explicado no item 3.3.1, mensuraram o fluxo ao registrar o tempo necessário para a passagem de um pulso de energia ultrassônica através de uma seção de tubo, tanto na direção do fluxo do líquido quanto contra ele. Nesse caso, a área da seção transversal do tubo é conhecida, então o produto da área pela velocidade resultará na vazão volumétrica.

O hidrômetro mais recente instalado na unidade é da marca Diehl, modelo Hydrus, possuindo diâmetro nominal de 25mm (1”), vazão nominal de 10 m³/h, vazão de sobrecarga de 12 m³/h, vazão de transição de 80 L/h e vazão mínima de 50 L/h, conforme a Figura 4.4.

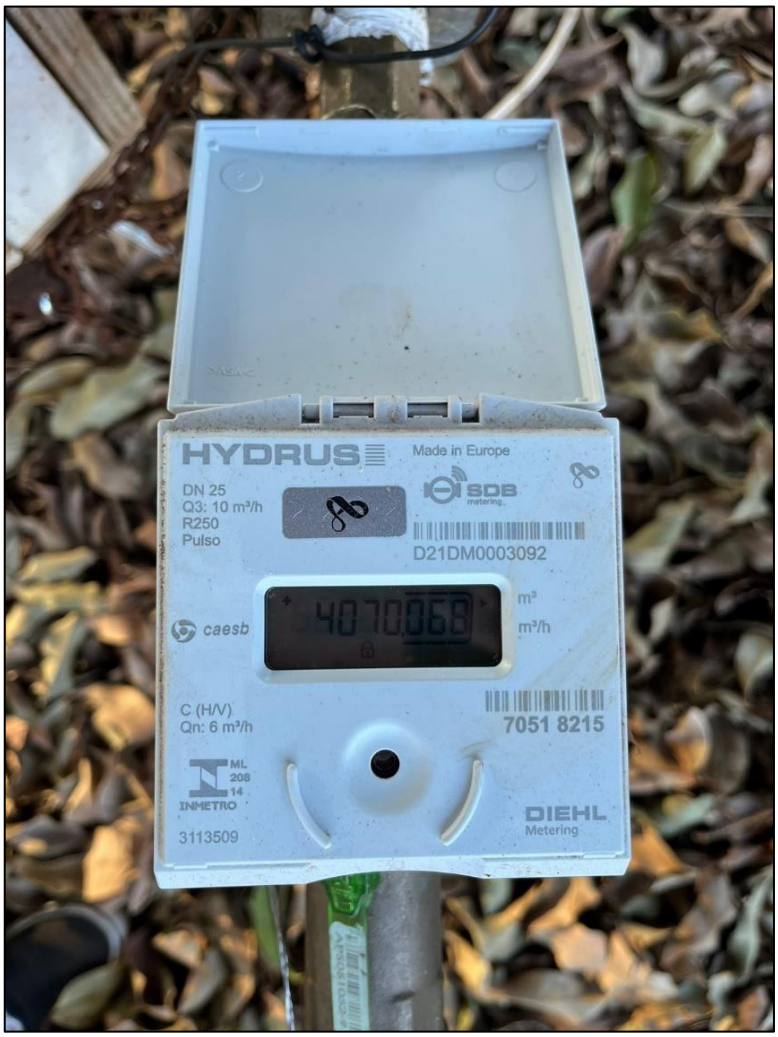


Figura 4.4 - Hidrômetro posicionado no cavalete de entrada

Juntamente ao hidrômetro, a CAESB instalou, em novembro de 2023, um equipamento de telemedição, conforme a Figura 3.5, no qual torna-se possível registrar localmente até 32000 dados de vazão. O aparelho foi programado para registrar os dados de vazão a cada minuto, resultando 45 dias de dados. No dia 23 de novembro de 2023 foram coletados os dados registrados, totalizando 23 dias de medição. Vale salientar que a coleta de dados ficou sujeita à disponibilidade da equipe técnica e dos aparelhos cedidos pela CAESB, pois exigia equipamentos e acessos restritos à Companhia para descarregamento dos dados.

A partir dos dados de vazão obtidos foi possível se obter as curvas de consumo reais da FT/UnB e realizar os comparativos com os outros métodos de previsão do consumo utilizados no presente estudo, além de se realizar análises sobre os padrões de consumo da edificação.



Figura 4.5 - Equipamento de telemedição instalado pela CAESB

4.3 OBTENÇÃO DOS DADOS DE PRESSÃO

Os dados de pressão foram obtidos através de medições realizadas no cavalete de entrada do edifício e em uma torneira do Laboratório de Hidráulica e Estruturas da FT/UnB, posto escolhido estrategicamente por apresentar baixas pressões e elevadas perdas de carga, conforme testado por Rodrigues (2022) e mencionado no item 3.5.2.

As medições no Laboratório de Hidráulica e Estruturas foram realizadas mediante um sistema Arduino, também desenvolvido por Rodrigues (2022). O sistema é composto por um transdutor de pressão, um circuito compatível com Arduino UNO e um sistema *data logger* com módulo de data e hora, além de conexão do cartão SD.

O transdutor de pressão é responsável por medir a pressão e traduzir a informação em sinais elétricos. O dispositivo utilizado no projeto é do modelo G1/4, marca Seeed Studio, conforme a Figura 4.6, suas pressões de serviço são de 0 a 122,37 mca, sendo capaz de suportar até o dobro do valor máximo de serviço. Esse dispositivo trabalha entre as temperaturas de -20 e 150 °C, possuindo um tempo de resposta menor que 2 ms e precisão de ±1,5% e com uma tensão de funcionamento de 0,5 a 4,5 V.



Figura 4.6 - Transdutor de pressão (Fonte: https://www.smartprojectsbrasil.com.br/sensor-transdutor-de-pressao-g14-16mpa-aco-inoxidavel)

O *data logger* atua no armazenamento dos dados de pressão medidos. O modelo utilizado para o estudo foi o Data Logger Shield para Arduino, visto que é um componente prático, compacto e de fácil manuseio. Esse dispositivo é composto por 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, conforme a Figura 4.7.



Figura 4.7 - *Data Logger Shield* para Arduino (Fonte: https://www.autocorerobotica.com.br/shield-data-logger-com-rtc-ds1307)

Rodrigues (2022) elaborou um código de programação no Arduino Software (IDE) e realizou o *upload* do programa para a placa eletrônica do sistema, conforme detalhado no projeto do autor. O código foi configurado de modo que a leitura ocorra em intervalos de um minuto, registrando simultaneamente a data, hora, minuto e segundo dessa leitura. Dito isso, foi possível extrair os dados registrados pelo *data logger* do sistema para a obtenção da curva de pressão para a análise no presente estudo. O sistema foi ativado em janeiro de 2023, sendo capaz de registrar dados de 11 meses de medição.

É relevante notar que o Arduino converte as tensões medidas para uma escala de 10 bits, correspondente a 1024 unidades. Diante da necessidade de transformar essa escala em valores reais de pressão, foi essencial realizar uma regressão linear. Rodrigues (2022) desenvolveu um gráfico, ilustrado na Figura 4.8, que apresenta a equação utilizada no processo de conversão.

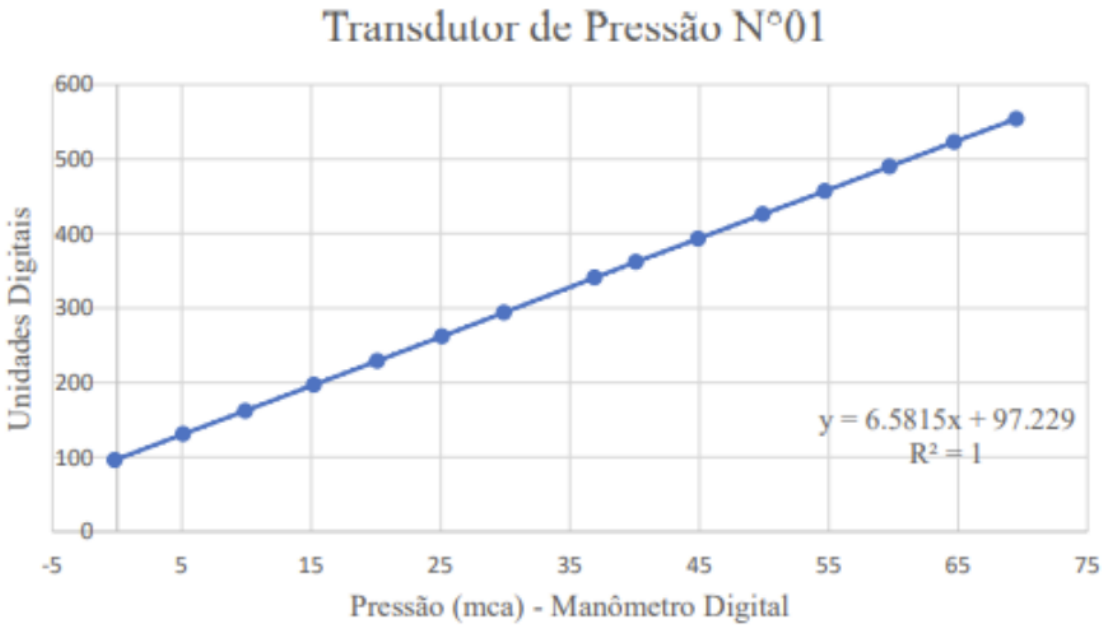
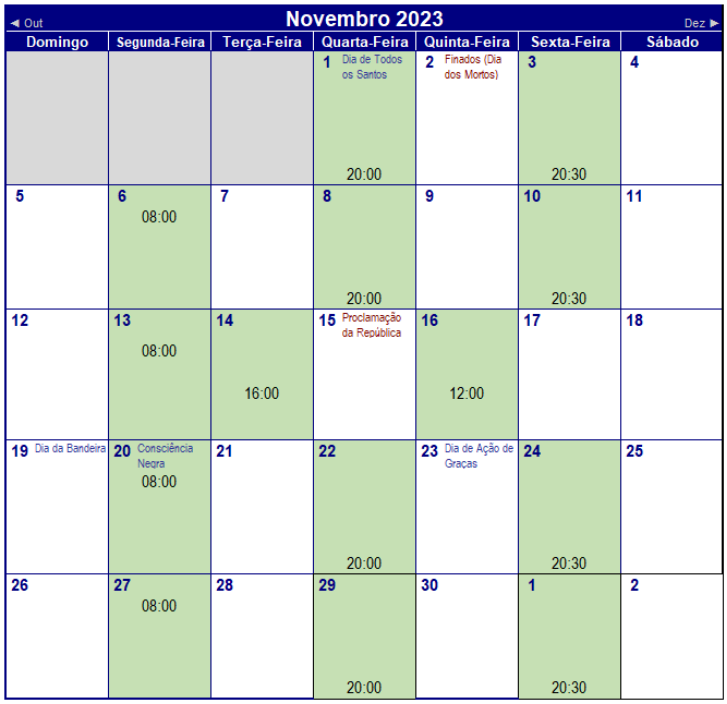


Figura 4.8 - Relação entre unidades digitais e pressão (Fonte: Rodrigues, 2022)

Para as medições no cavalete de entrada, foi utilizado o sistema montado por Dusi (2023), assim como descrito no item 3.5.3.2 desse trabalho. O manômetro instalado é da marca Zürich, modelo Z.10.B, com capacidade de medição de 0 a 100 mca. Esse dispositivo funciona a base de 4 pilhas AAA, não necessitando de energia elétrica para seu funcionamento.

O sistema desenvolvido foi programado para realizar leituras em intervalos de 1 minuto, sendo capaz de armazenar 60 horas de dados. Assim, foi-se necessário realizar um descarregamento conforme uma escala de coleta a fim de garantir uma coleta contínua de dados, conforme a Figura 4.9, na qual são apresentados os dias e horários de coleta realizados no mês de novembro, totalizando 1 mês de dados. Vale salientar que, devido a problemas operacionais com a bateria do manômetro, houve uma interrupção da coleta de dados das 16:00 do dia 25 de novembro de 2023 às 18:00 do dia 28 do mesmo mês.



◄ Out	Novembro 2023					Dez ►
Domingo	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado
			1 Dia de Todos os Santos 20:00	2 Finados (Dia dos Mortos)	3 20:30	4
5	6 08:00	7	8 20:00	9	10 20:30	11
12	13 08:00	14 16:00	15 Proclamação da República	16 12:00	17	18
19 Dia da Bandeira	20 Consciência Negra 08:00	21	22 20:00	23 Dia de Ação de Graças	24 20:30	25
26	27 08:00	28	29 20:00	30	1 20:30	2

Figura 4.9 - Escala de coleta dos dados de pressão do manômetro do cavalete de entrada.

Para realizar a coleta de dados, foi empregado o programa Datalogger V2.2.1, que viabiliza a conexão entre um computador e o manômetro Zürich, por meio de um cabo, cujo procedimento é ilustrado na Figura 4.10.



Figura 4.10 - Conexão entre o manômetro e o computador.

A obtenção dos dados de pressão possibilitou a elaboração das curvas de pressão da edificação e as consequentes análises no comparativo com as curvas de consumo obtidas, a fim de se obter um panorama das instalações hidráulicas da edificação.

4.4 CÁLCULO DO CONSUMO POR MÉTODOS TRADICIONAIS

A fim de se realizar análises comparativas com os dados de consumo obtidos, foram realizadas previsões do consumo de água baseadas no método proposto pela norma NBR 5626/2020 (ABNT, 2020) e defendido por Creder (2006), explicados no item 3.1.1. Esse método possibilita o cálculo dos consumos máximos provável e possível de uma edificação, levando em conta a vazão estimada de funcionamento das peças de utilização, conforme a Tabela 3.3. Como explicando anteriormente, devido à grande quantidade de peças de utilização da edificação de estudo, foi calculado o consumo máximo possível por meio da Equação 3.4, a qual leva em consideração o somatório dos pesos de cada peça de utilização da edificação.

A fim de se encontrar a quantidade de peças de utilização na FT/UnB, foi realizada uma contagem presencial dos principais pontos de consumo da edificação. No item 5.4 é apresentado o resultado da contagem realizada.

Também foi calculado, para fins comparativos, o consumo *per capita* da edificação de análise pelo método de estimação proposto por Tsutiya (2006), de acordo a equação relativa a faculdades com menos de 100 bacias sanitárias, na qual se enquadra a FT/UnB, como mostra a Figura 4.11.Vale salientar que o método defendido por Tsutiya (2006) avalia o consumo em uma perspectiva das redes de abastecimento, já o método de Creder (2006) permite análises mais específicas da instalação predial.

Faculdades com menos de 100 bacias	34,7 + 0,168 x (área de jardim) + 0,724 x (nº de vagas de estacionamento) + 0,0246 x (nº de vagas oferecidas) + 2,06 x (nº de bacias) + 0,368 x (nº de funcionários)

Figura 4.11 - Modelo para previsão de consumo *per capita* para faculdade com menos de 100 bacias (modificado - Tsutiya, 2006)

O cálculo para a previsão do consumo envolve as variáveis: área de jardim, número de vagas de estacionamento, número de vagas oferecidas, números de bacias e número de funcionários. A área de jardim foi calculada utilizando-se o programa *Google Earth Pro*, no qual foram traçados os polígonos de cada área de jardim da FT/UnB pela sua vista superior, conforme a Figura 4.12. A Figura 4.13 apresenta o valor da área de cada jardim com sua respectiva legenda.



Figura 4.12 - Polígonos das áreas de jardim da FT/UnB traçados no *Google Earth Pro*.

Áreas de Jardim		
Legenda	**Nº do Jardim**	**Área (m^2)**
	Jardim 1	934,85
	Jardim 2	543,54
	Jardim 3	531,10
	Jardim 4	197,25
	Jardim 5	101,05
	Jardim 6	117,00
	Total	**2424,79**

Figura 4.13 - Valor das áreas de jardim da FT/UnB.

O número de vagas de estacionamento foi estimado utilizando-se, também, o *Google Earth Pro*, no qual foi encontrado, através da vista superior um valor de cerca de 200 vagas de estacionamento disponibilizadas no prédio da FT/UnB. Para se definir o número de vagas oferecidas e o número de funcionários, foi consultado o Anuário Estatístico da Universidade de Brasília de 2021, encontrando-se um total de 280 vagas oferecidas por semestre e 79 funcionários ativos. Para fins de cálculo foi considero um total de 46 bacias sanitárias na edificação. Vale salientar que esse número representa o número de bacias sanitárias em funcionamento na FT/UnB, visto que muitas delas estão não utilizáveis, conforme conferência em campo.

4.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO MONTE CARLO

Para a previsão do consumo de água na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, foi utilizado o Método Probabilístico de Monte Carlo, técnica matemática empregada para a estimativa dos resultados possíveis de um evento incerto, de forma que recalcula os resultados de forma sucessiva, utilizando conjuntos diferentes de números aleatórios dentro dos limites mínimo e máximo. Esse método é descrito detalhadamente no item 3.4 do presente trabalho.

A aplicação do Método de Monte Carlo foi baseada na Simulação de Murakawa (2017), aplicação específica do método para o consumo de água em edificações, conforme explicado no item 3.4.1. O método proposto pelo autor conta com a inserção de: variáveis independentes, valor médio das variáveis e dados fixos específicos da edificação, como o número de peças hidrossanitárias em uso.

A simulação foi aplicada para os principais pontos de consumo da FT/UnB, os banheiros, levando em conta lavatórios e bacias sanitárias com válvula de descarga como as peças de utilização da unidade. Ademais foi escolhido o intervalo das 8:00 às 12:00 de uma terça-feira para a aplicação do método, período no qual há uma intensa movimentação na edificação, facilitando as comparações com o consumo real na edificação.

Para a aplicação do método, foi escolhido o *software* Minitab Workspace, programa estatístico de gerenciamento, o qual possui um conjunto abrangente de ferramentas visuais, formulários e gráficos, incluindo um modelo simplificado da simulação de Monte Carlo.

A interface do programa, conforme a Figura 4.14, conta com células de inserção das variáveis independentes, juntamente com suas respetivas distribuições, valor médio e taxa.

A inserção da variável dependente, a qual representará o resultado da simulação, ocorre por meio de uma equação que relaciona todas as variáveis independentes e dependente.

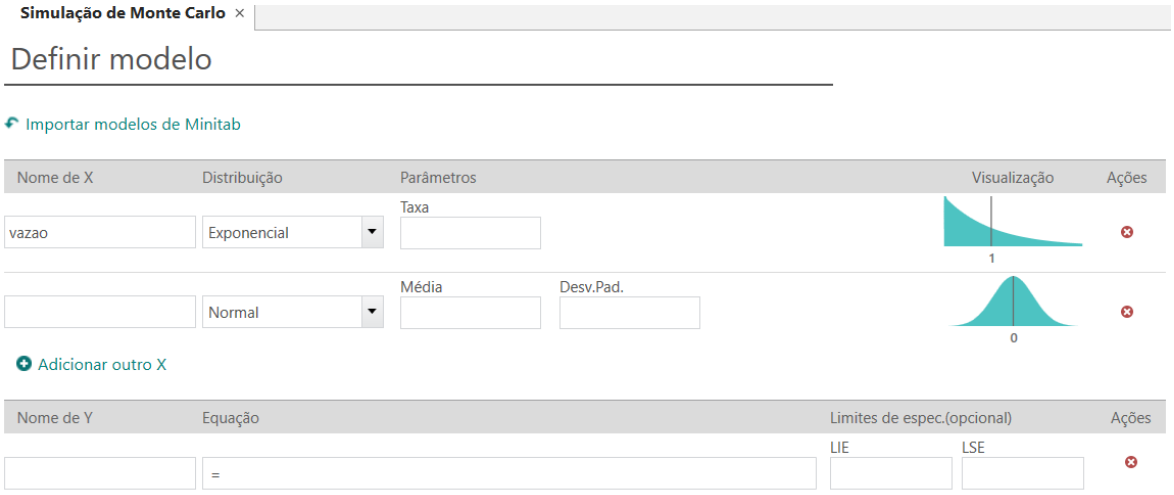


Figura 4.14 - Interface do MiniTab Workspace.

No vigente estudo, foram levadas em conta as seguintes variáveis independentes: frequência de uso, tempo de descarga e vazão de descarga, as quais, de acordo Murakawa (2017), seguem as seguintes distribuições: Poisson, Exponencial e Erlang. Entretando, devido às limitações do *software*, o qual não conta com distribuição de Erlang para a realização da análise, foi utilizada a distribuição exponencial para a variável relativa à vazão de descarga, visto que são distribuições similares. Ademais, para uma simplificação na análise, foi inserido uma taxa fixa de frequência de uso, sem uma distribuição associada a ela.

Os valores médios e taxas de cada variável foram definidos de maneira empírica e semiempírica, particular para cada variável. Para a definição da frequência de uso, foi contabilizado o número de pessoas que frequentam a unidade no período matutino às terças-feiras, por meio da contagem do número de alunos matriculados nas turmas no intervalo de análise, através do site Sigaa, para os três departamentos que ofertam matérias na FT/UnB no horário estipulado: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Engenharia Elétrica e Departamento de Engenharia Mecânica, conforme a Tabela 4.1, resultando em um valor de 806 alunos no intervalo de tempo. Desse modo, para se determinar a frequência de uso, foi-se considerado que um aluno utiliza o banheiro em média de 2 vezes por manhã, resultando em 1612 usos nas 4 horas de análise, ou seja 0,112 usos por segundo.

Tabela 4.1 - Estimativa de alunos no FT/UnB no período matutino de uma terça-feira.

	3M12	3M34	Total
ENM	75	115	190
ENE	166	201	367
ENC	117	132	249
			806

A taxa referente ao tempo de descarga foi determinada mediante análises presenciais de algumas peças de utilização do banheiro masculino central do Departamento de Engenharia Mecânica Tais análises foram realizadas cronometrando a vazão de descarga média de lavatórios e válvulas de descarga. No caso dos lavatórios, visto que todos as peças da edificação são de fechamento automático, foi cronometrado o tempo de uma pressionada no botão de ativação da peça. Assim, obteve-se o valor médio de 8,678 segundos. Já no caso das bacias sanitárias, obteve-se uma média de 11,5 segundos, também para uma pressionada, conforme a Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Estimativa de vazão e tempo de descarga para as peças de utilização da FT/UnB.

	Lavatórios			VD
	Tempo (s)	Volume (L)	Vazão (L/s)	Tempo (s)
Lavatório 1 - 1ª pressionada	6,97	0,95	0,136	15
Lavatório 1 - 2ª pressionada	7,81	1	0,128	14
Lavatório 1 - 3ª pressionada	7,67	1,1	0,143	15
Lavatório 2 - 1ª pressionada	11,59	1,15	0,099	8
Lavatório 2 - 2ª pressionada	11,45	0,7	0,061	8
Lavatório 2 - 3ª pressionada	11,37	1,25	0,110	9
Lavatório 3 - 1ª pressionada	6,56	0,8	0,122	
Lavatório 3 - 2ª pressionada	7,27	0,85	0,117	
Lavatório 3 - 3ª pressionada	7,41	0,575	0,078	
Média	8,678	0,9306	0,1105	11,5

Por último, a média da vazão de descarga das peças, no caso dos lavatórios, foi estimada por meio de análises presenciais de algumas peças de utilização escolhidas, assim como para o

tempo de descarga. Nesse caso, foram medidos, com auxílio de um *becker*, os volumes de uma pressionada, repetindo os processos três vezes para cada lavatório escolhido, conforme a Tabela 4.2. Assim, com base nos tempos de descarga medidos previamente, foram calculadas as vazões para cada teste, resultando em um valor médio de vazão de 0,1105 L/s. Já para as bacias sanitárias, é mais complexo definir a vazão média de descarga de forma empírica, assim, foi utilizado um valor teórico conforme a norma NBR 5626/2020 (ABNT, 2020) de 1,9 L/s.

Ao se possuir os valores médios de cada variável independente, foi possível realizar as simulações no *software* mediante a inserção da variável independente com base na Equação 4.1. Assim, foram realizadas duas simulações, uma para as bacias sanitárias e outra para os lavatórios. As Figuras 4.15 e 4.16 apresentam os dados de *input* das duas simulações realizadas. Vale salientar que foi configurado o *software* para a realização de um total de 1000 iterações e que os dados inseridos para as distribuições exponenciais representam o inverso do seu valor real, devido à configurações do *software*.

$$Qt = Q * t * u \qquad \text{Equação 4.1}$$

Sendo: Qt = vazão total [L/s];
Q = vazão de descarga [L/s];
t = tempo de descarga [s];
u = número de usos.

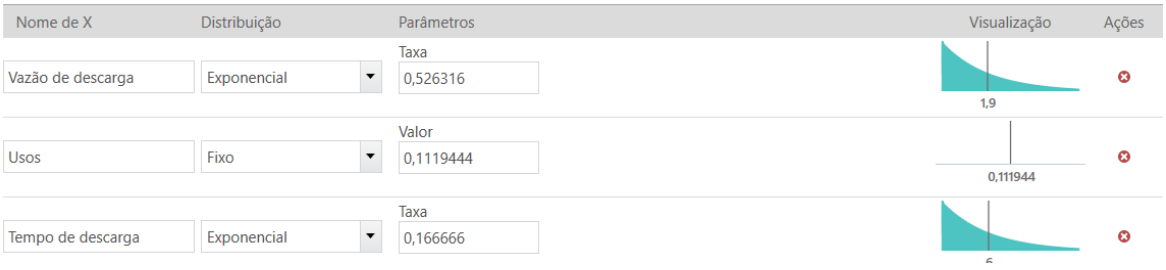


Figura 4.15 - Dados de input para a simulação das bacias sanitárias

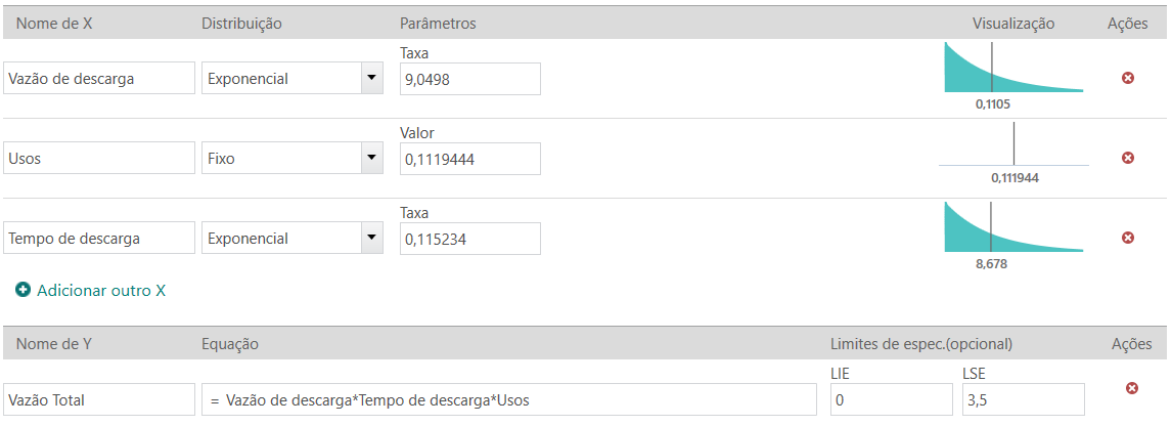


Figura 4.16 - Dados de input para a simulação dos lavatórios

Após a inserção das variáveis e processamento da simulação, foi possível se obter a vazão máxima e a vazão média no intervalo de análise, para, assim realizar-se comparações com o consumo real da FT/UnB, validando ou não as simulações realizadas.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DAS CURVAS DE VAZÃO

A fim de se realizar as análises das curvas de vazão, foram utilizados os dados de vazão fornecidos pela CAESB. Os dados em questão foram registrados com auxílio de um hidrômetro pulsado, o qual emite pulsos conforme um determinado volume que atravessa o aparelho. Dessa maneira, baseado na quantidade de pulsos registrados em um intervalo de tempo, é possível obter-se a vazão naquele período.

A partir dos dados obtidos foram construídas curvas de vazão diária para um período de 23 dias seguidos no mês de novembro de 2023, evidenciando o valor de vazão registrado a cada minuto em um período de 24 horas para cada curva. Ademais, também foram construídas curvas referentes ao volume total registrado para cada dia de análise, obtidas multiplicando-se a vazão média por minuto por 60 segundos, sendo este valor o intervalo entre cada registro, e acumulando-se os dados corridos. Todos os perfis gerados estão disponibilizados no Apêndice A.

Os perfis de vazão em dias úteis da semana seguem um padrão de baixo consumo estável em períodos noturnos, provavelmente devidos a vazamentos nas instalações prediais de água, e períodos diurnos com consumo elevado conforme o horário de funcionamento da edificação. Vale salientar que nos períodos diurnos o perfil de consumo varia baseado em horários de pico de utilização dos usuários da unidade. Outro fator de importância é a presença de picos de consumo pontuais acima da média diária gerados pelas válvulas de descarga da edificação, os quais quando colocados em comparação com os perfis de pressão, encontram-se dentro da normalidade esperada. As Figura 5.1 e 5.2 apresentam os perfis de consumo de um dia de movimento intenso da unidade, exemplificando os picos de consumo e o padrão apresentado.

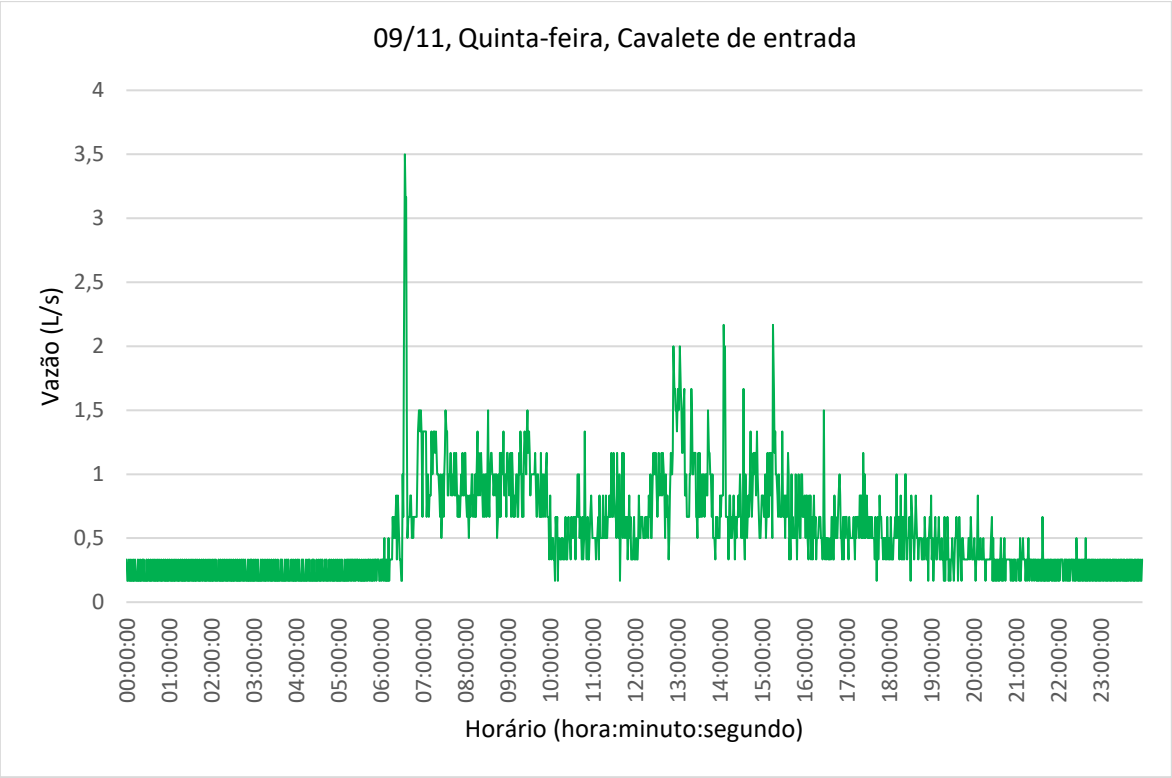


Figura 5.1- Consumo de água do dia 09/11

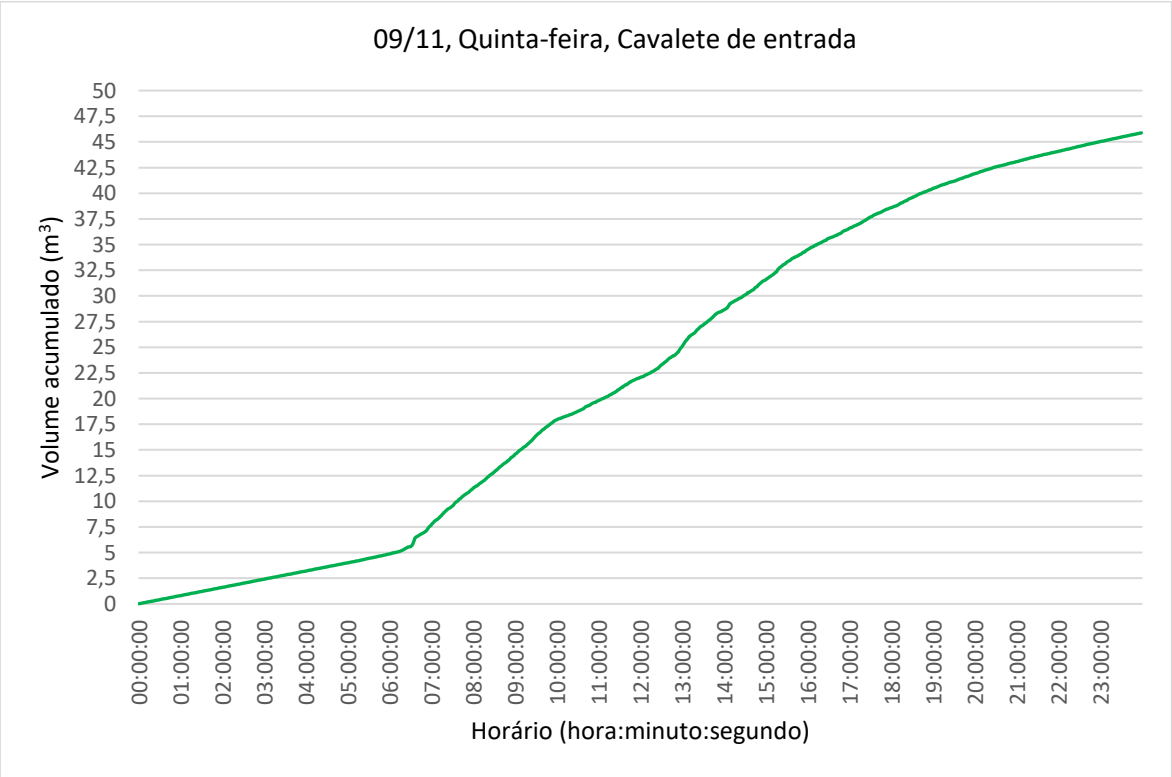


Figura 5.2- Volume de consumo de água do dia 09/11

Vale salientar que a variabilidade dos perfis de consumo é afetada não somente em escala horária, mas também em escala diária, visto que, aos finais de semana e feriados ocorre uma queda do movimento na unidade. Dessa maneira, em dias de movimento elevado o volume diário de consumo encontra-se aproximadamente em 45 m^3, enquanto em dias de pouco movimento a média é de aproximadamente 27,5 m^3. Ademais, quando comparado com os volumes de consumo obtidos por Dusi (2023) referentes ao dia 02 de fevereiro de 2023, percebe-se um aumento considerável do valor diário, correspondendo a aproximadamente 35 m^3 em dias de elevado movimento.

Outro ponto a ser levado em conta na análise dos perfis de consumo é a ocorrência de consumos anômalos de água na edificação. As Figura 5.3 e 5.4 apresentam um consumo anômalo ocorrido na madrugada entre os dias 07 e 08 de novembro, nos quais sucede um consumo noturno constante entre as 23:00 do dia 07 e 01:00 do dia 08, bem como às 19:00 desse mesmo dia, não constado nos outros dias de análise. Tal fato pode ser explicado por um possível mal funcionamento de válvulas de descarga da edificação, visto que se dá de maneira constante e em poucas horas de ocorrência.

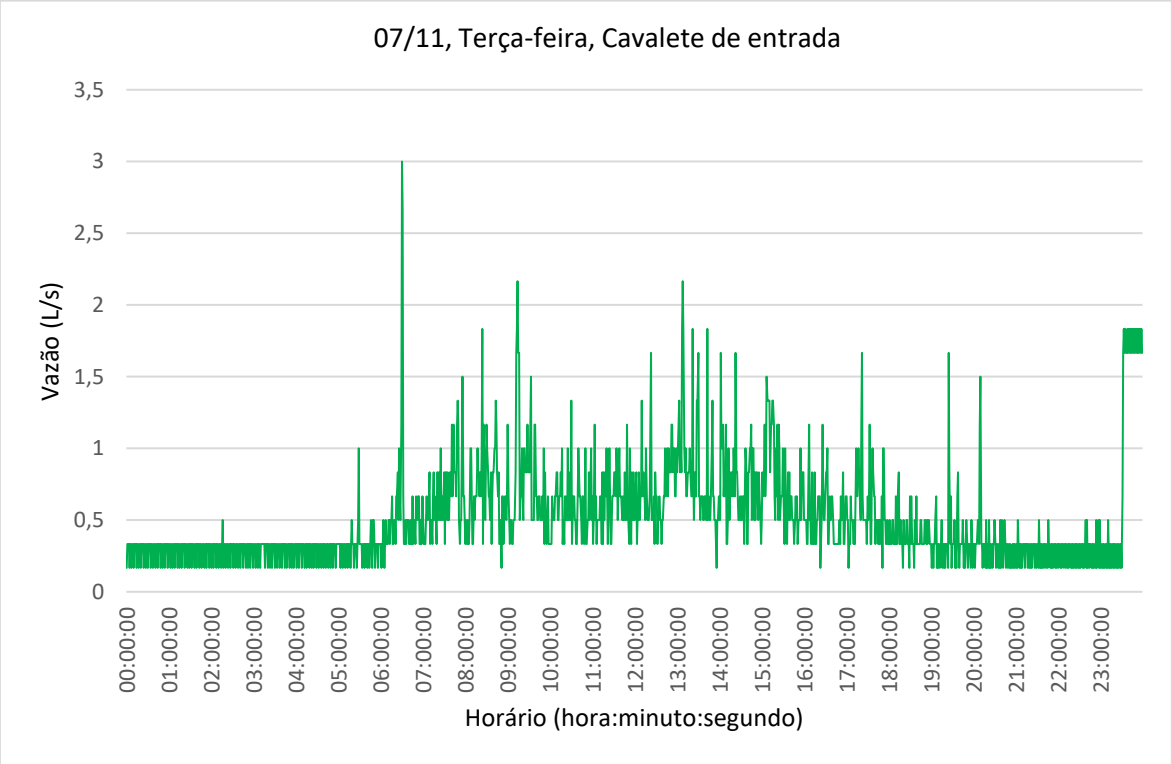


Figura 5.3 - Consumo anômalo do dia 07/11

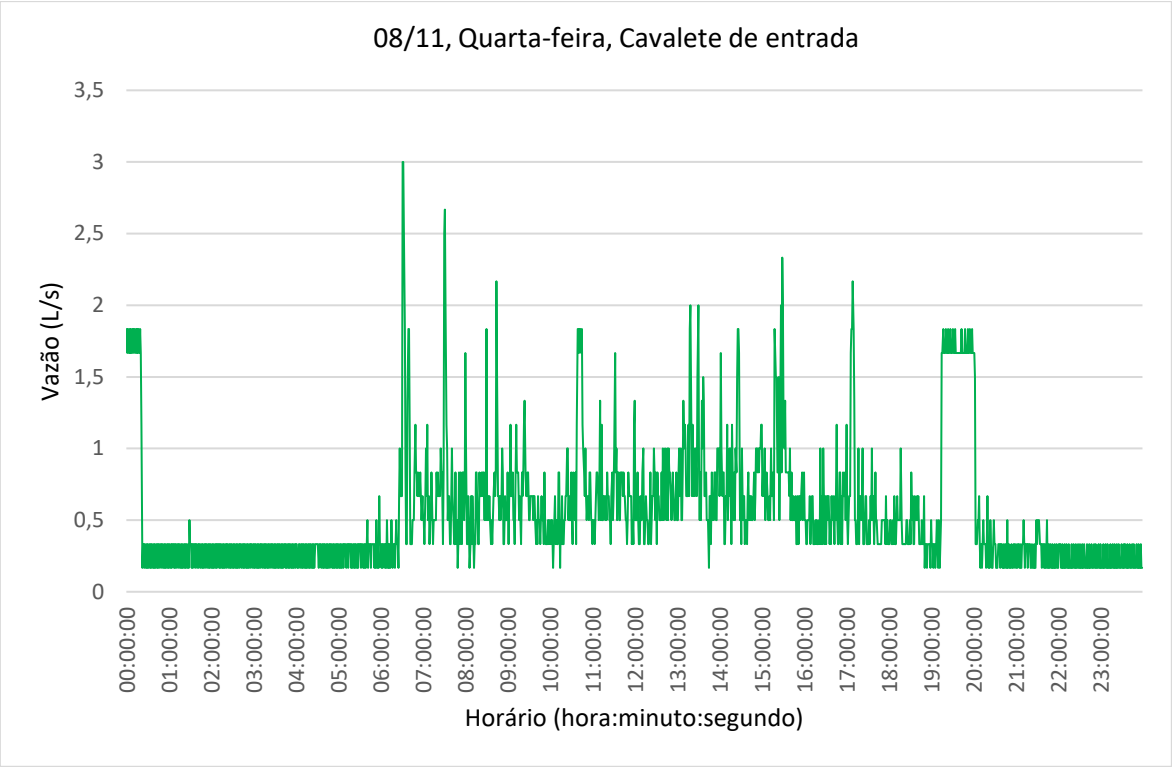


Figura 5.4 - Consumo anômalo do dia 08/11

5.2 ANÁLISE DAS CURVAS DE PRESSÃO

Como dito anteriormente, para a análise das curvas de pressão da FT/UnB, foram coletados dados de dois pontos distintos da rede de água da edificação, o cavalete de entrada e o Laboratório de Hidráulica e Estruturas, sendo a coleta no primeiro realizada do dia 01/11/2023 ao dia 01/12/2023 e, referente ao segundo local, dados de janeiro a novembro de 2023, totalizando 11 meses de registros.

Primeiramente, vale salientar a presença de uma VRP, localizada no Castelo D'água, ponto com uma altura topográfica superior à FT/UnB. O funcionamento previsto para essa válvula encontrar-se com menor pressão de saída nos períodos de 23:00 e 7:00, limitando a pressão em 20 mca no período noturno, e maior pressão de saída de 40 mca no período diurno. Dessa maneira, devido à elevação da válvula em relação aos manômetros, era esperado que as pressões registradas nos pontos escolhidos fossem ligeiramente superiores à estabelecida na saída da válvula.

Ao se avaliar os dados coletados no Laboratório de Hidráulica e Estruturas foram construídas curvas do período completo de análise, curvas mensais e curvas diárias referentes ao mês de novembro de 2023. Todas as curvas estão disponibilizadas no Apêndice B.

No primeiro caso, relativo às curvas do período completo de coleta de dados e curvas mensais, a fim de uma melhor visualização dos resultados obtidos, devido à elevada quantidade de dados, foi inserida uma linha de tendência conforme média móvel para um período de 20 minutos para a curva total (janeiro-novembro) e 10 minutos para as curvas mensais.

Segundo a Figura 5.5, é possível notar uma elevada variação dos padrões de pressão ao longo do ano, ultrapassando, em muitos momentos a regulagem estabelecida pela VRP. Dessa maneira, analisando-se a linha de tendência, percebe-se que dos meses de janeiro a maio as pressões diurnas se mantiveram entre 40 e 50 mca e as pressões noturnas em torno de 20 mca, dentro do esperado e regulado pela VRP. A partir do final do mês de maio até o período correspondente à metade do mês de junho, nota-se uma elevação das pressões médias registradas, mantendo-se em torno de 60 mca nos períodos diurnos, sendo estabilizada ao final do mês, de acordo com a Figura 5.6. Tais ocorrências de variação de pressão ao longo dos meses caracteriza fortes indícios de uma desregulagem da VRP, a qual é estabilizada e desestabilizada repetidas vezes ao longo do ano. Tal fator pode apontar para manutenção da válvula apenas esporádica.

Outros momentos que são válidos de destaque são: o final do mês de julho e os meses de outubro e novembro. No primeiro caso, consoante a Figura 5.7 ao longo da última semana do mês de julho, são alcançados os picos de pressão registrados no ano todo. Nesse período, a média diurna registrada foi de 80 mca com seu pico em 91,73 mca e média noturna de 60 mca, triplo da média de regulagem noturna de 20 mca. Já no segundo momento, referente aos meses de outubro e novembro, as pressões elevadas mantêm-se ao logo de todo o período até o final dos registros de dados. Vale salientar que pressões elevadas são extremamente danosas para as instalações hidráulicas, já que as peças hidráulicas são projetadas, consoante a norma NBR 5626/2020 (ABNT, 2020), para pressões de serviço de 40 mca. Há também elevação nas vazões de vazamentos da instalação conforme a pressão de trabalho aumenta.

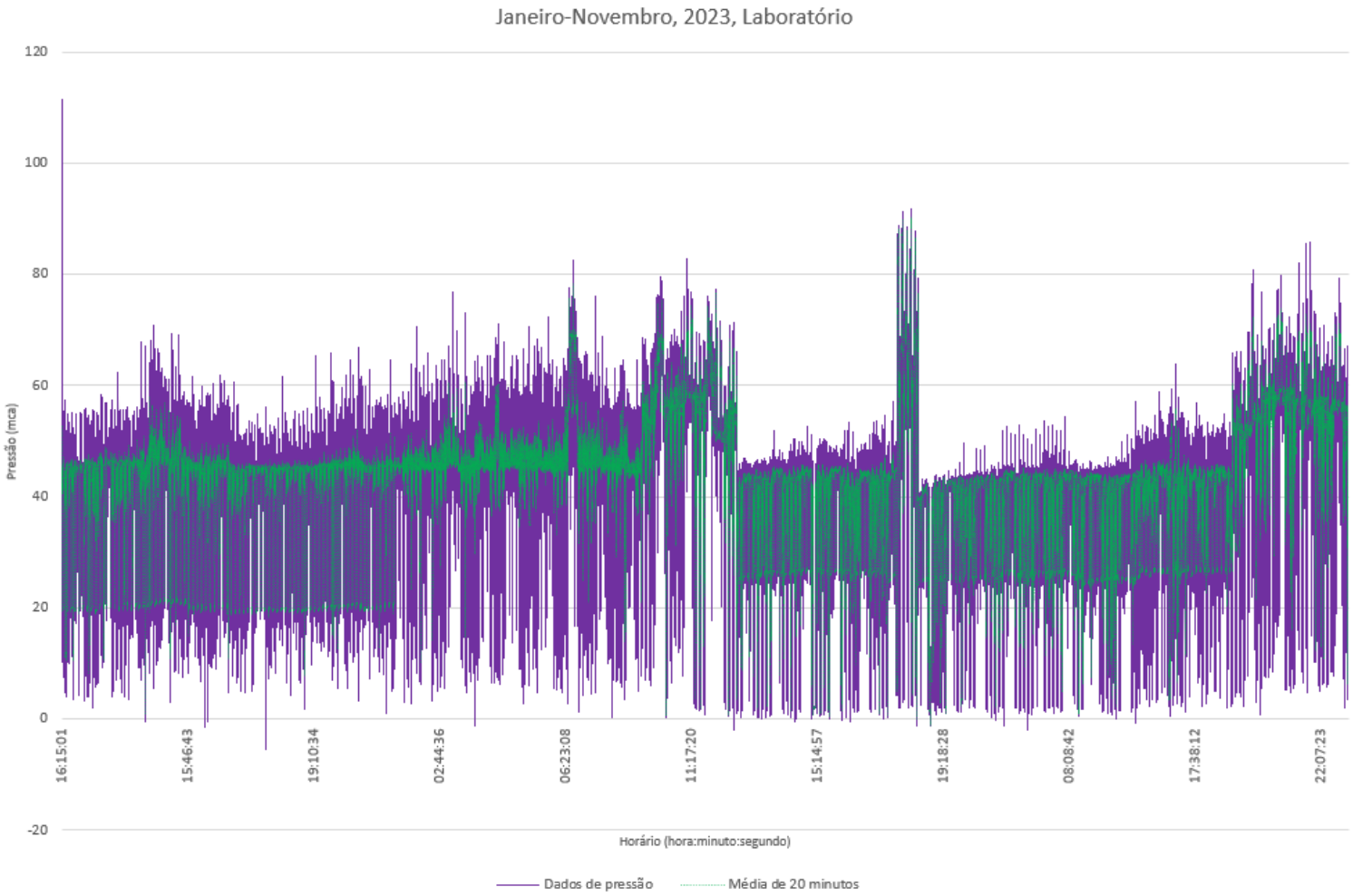


Figura 5.5 - Curva de pressões de janeiro a novembro de 2023.

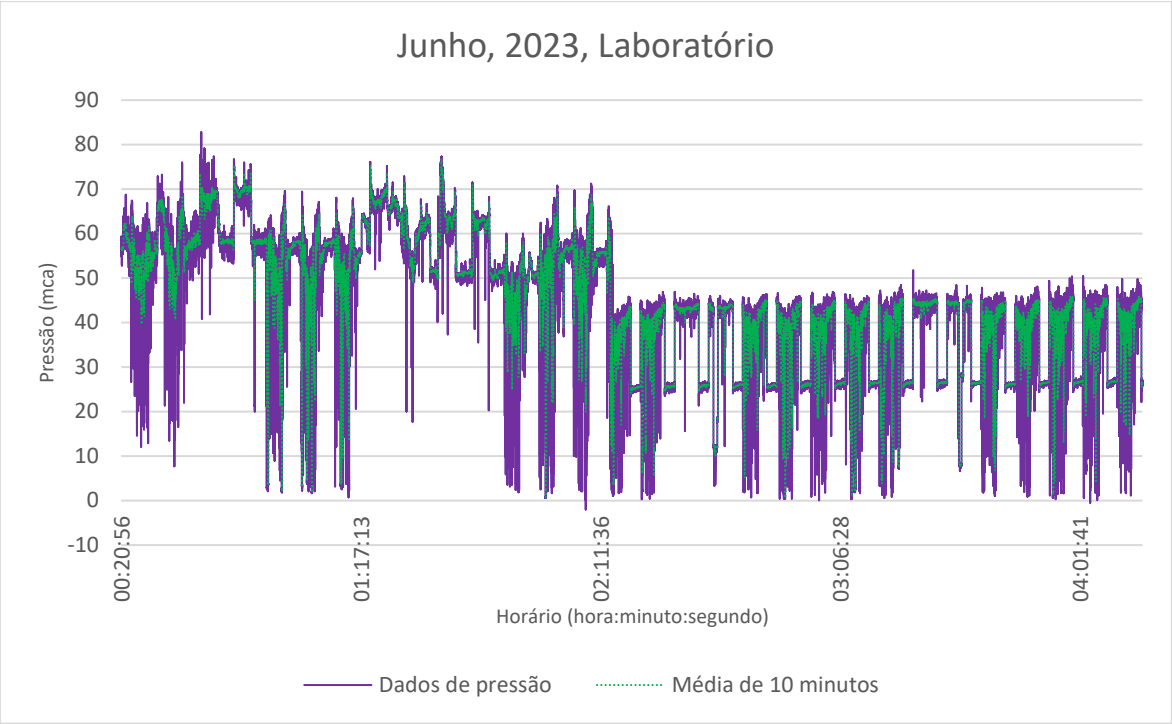


Figura 5.6 - Curva de pressões de junho de 2023.

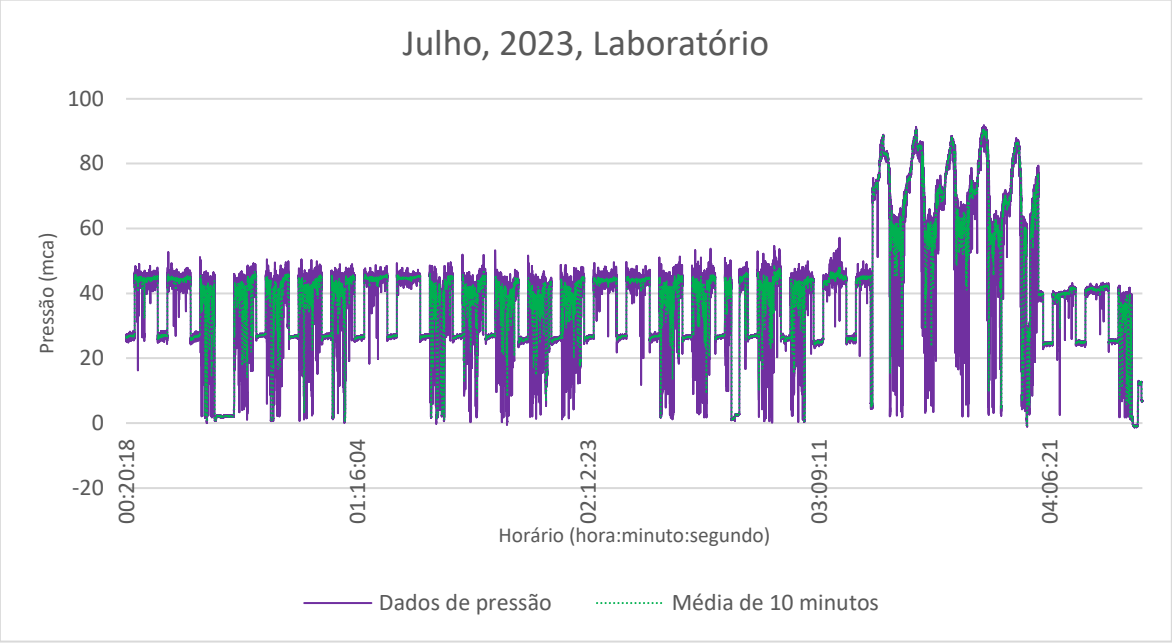


Figura 5.7 - Curva de pressões de julho de 2023.

Ainda referente ao mês de novembro, mês no qual a coleta de dados nos dois pontos de análise de pressões coincide, foram realizadas curvas diárias a fim de se realizar uma análise mais profunda das pressões da edificação. Dito isso, ao se analisar um dia de baixo consumo da FT/UnB, segundo a Figura 5.8, percebe-se uma média de pressões diurnas por volta de 65 mca e 50 mca para períodos noturnos, extremamente elevadas conforme analisado anteriormente. Já em dias de elevado consumo de água na edificação, conforme a Figura 5.9, a média diurna se deu entre 50 e 60 mca, também elevadas, reiterando a desregulagem na VRP.

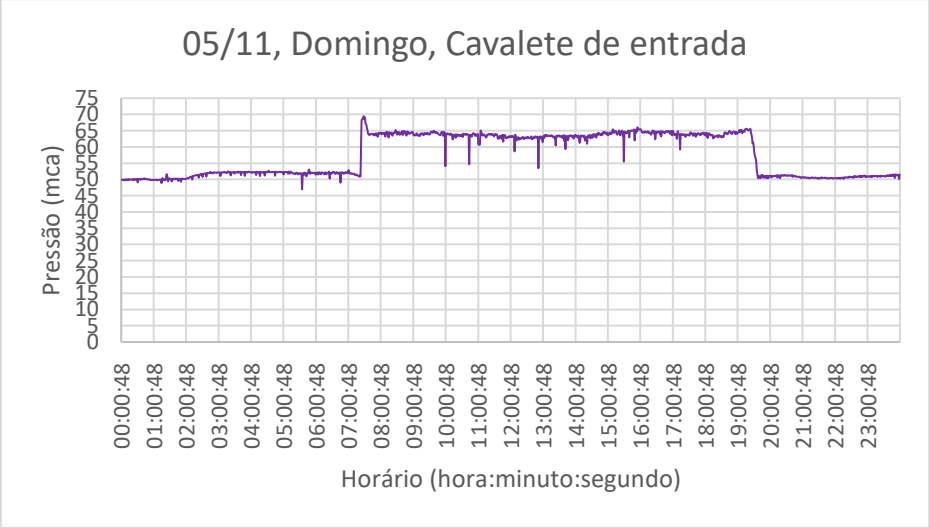


Figura 5.8 - Curva de pressões de 5 de novembro de 2023 no cavalete de entrada.

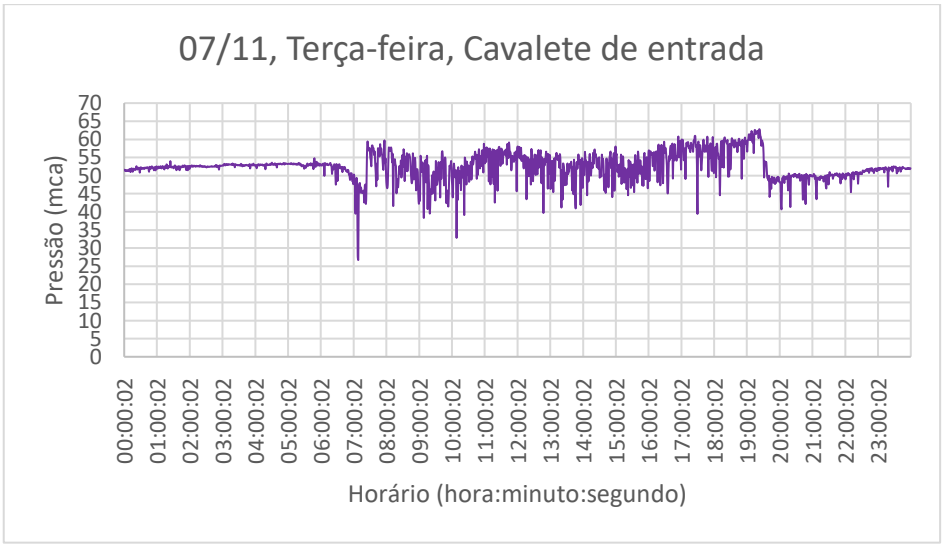


Figura 5.9 - Curva de pressões de 7 de novembro de 2023 no cavalete de entrada.

Outro ponto a ser levado em consideração são as quedas bruscas de pressões notadas nas curvas relativas aos dados obtidos no laboratório, como mostra a Figura 5.10. Ao se analisar as curvas de vazão no mesmo horário das quedas de pressão percebe-se que essas ocorrem nos momentos de picos de consumo da edificação, em contrapartida, nas curvas referentes aos dados do cavalete de entrada, de acordo com a Figura 5.11, não são constadas baixas de pressão tão intensas. Tal fenômeno ocorre devido ao fato de que o Laboratório de Estruturas e Hidráulica de FT/UnB está localizado em um ponto de final de rede, provocando elevados deslocamentos de água para os pontos de consumo. Desse modo, percebe-se de maneira muito mais expressiva os efeitos de variações de pressão no manômetro instalado no laboratório.

Vale salientar também que diferença de cota dos pontos de instalação dos manômetros influencia nas pressões registradas nos dois locais. Nas Figuras 5.10 e 5.11 é evidente a diferença de pressão registrada no período noturno, visto que no laboratório as pressões encontram-se por volta de 55 mca, já no cavalete encontram-se pouco acima de 50 mca.

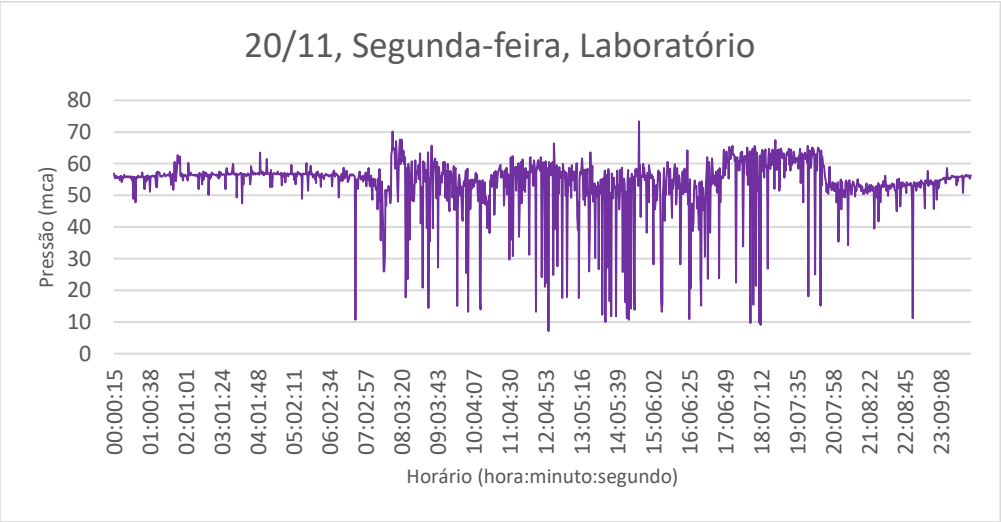


Figura 5.10 - Curva de pressões de 20 de novembro de 2023 no laboratório.

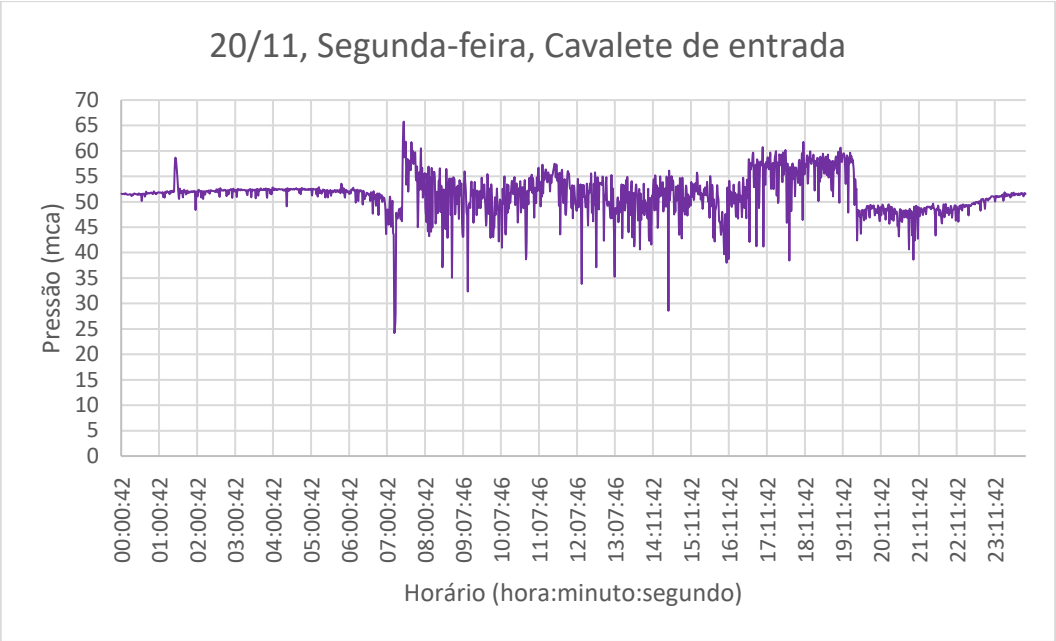


Figura 5.11 - Curva de pressões de 20 de novembro de 2023 no cavalete de entrada.

Sobre os consumos anômalos citados no item 5.1, é possível notar nas Figuras 5.12 e 5.13, patamares de queda de pressão nos mesmos horários das altas de consumo observadas, evidenciando o caráter inversamente proporcional das duas grandezas, sendo essa queda de pressão mais intensa no manômetro do laboratório, como explicado anteriormente.

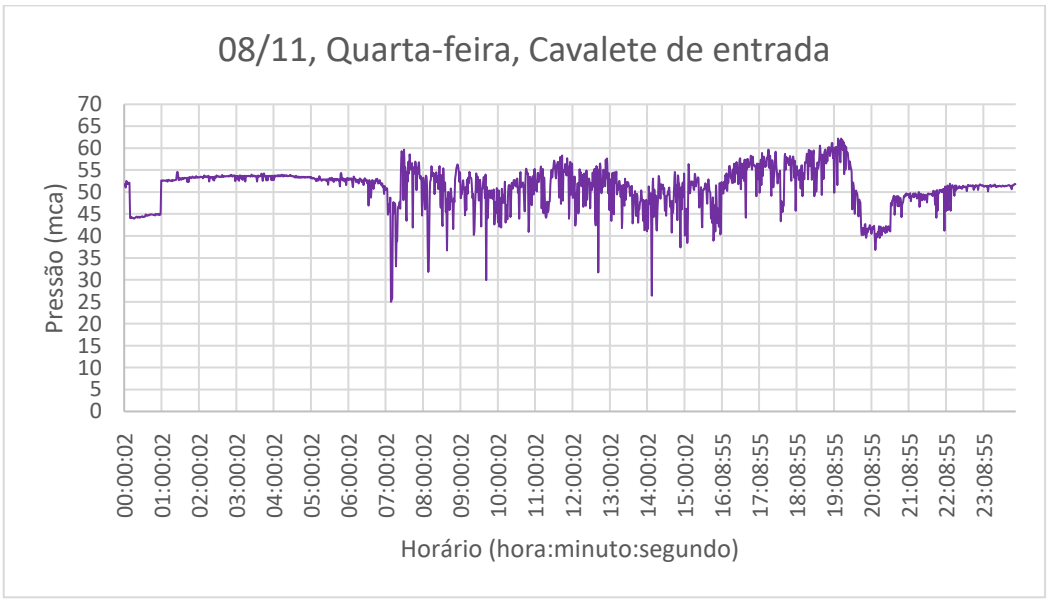


Figura 5.12 - Curva de pressões de 8 de novembro de 2023 no cavalete de entrada.

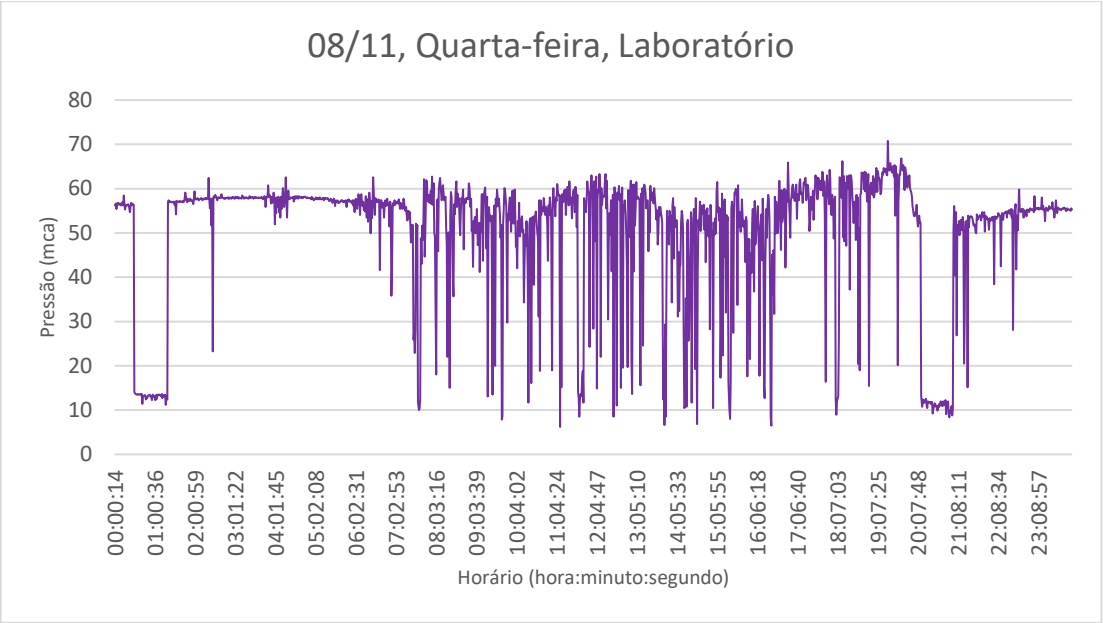


Figura 5.13 - Curva de pressões de 8 de novembro de 2023 no laboratório.

Por último, vale deixar claro que a curvas de pressão do dia 01/11, bem como a do dia 01/12 encontram-se incompletas, visto que representam o dia de início e término da coleta de dados. Ademais, devido a problemas técnicos relacionados à bateria do manômetro do cavalete de entrada, foi necessário realizar uma interrupção das 16:00 do dia 25 de novembro de 2023 às 18:00 do dia 28 do mesmo mês, justificando a ausência de curva de pressão para esses dias.

5.3 RESULTADOS DO MÉTODO DE MONTE CARLO

As simulações realizadas no *software* MiniTab Workspace resultaram em duas grandezas para a análise: a vazão média e a vazão máxima para o período de análise, tanto para as bacias sanitárias, quantos para da edificação, conforme as Figuras 5.14 e 5.15 Ademais, são apresentados os gráficos resultantes da simulação, de acordo com as Figuras 5.16 e 5.17, em que o eixo X representa todos os resultados gerados de vazão da simulação e o Y representa o número de ocorrência de determinado intervalo para as 1000 iterações.

Estatísticas Resumo	
N	1000
Média	1,2211
Desvio Padrão	1,8986
Mínimo	0,000005
Mediana	0,462936
Máximo	16,4099

Figura 5.14 - Resultado da simulação para as bacias sanitárias.

Estatísticas Resumo	
N	1000
Média	0,10801
Desvio Padrão	0,186443
Mínimo	0,000007
Mediana	0,041826
Máximo	2,3559

Figura 5.15 - Resultado da simulação para os lavatórios.

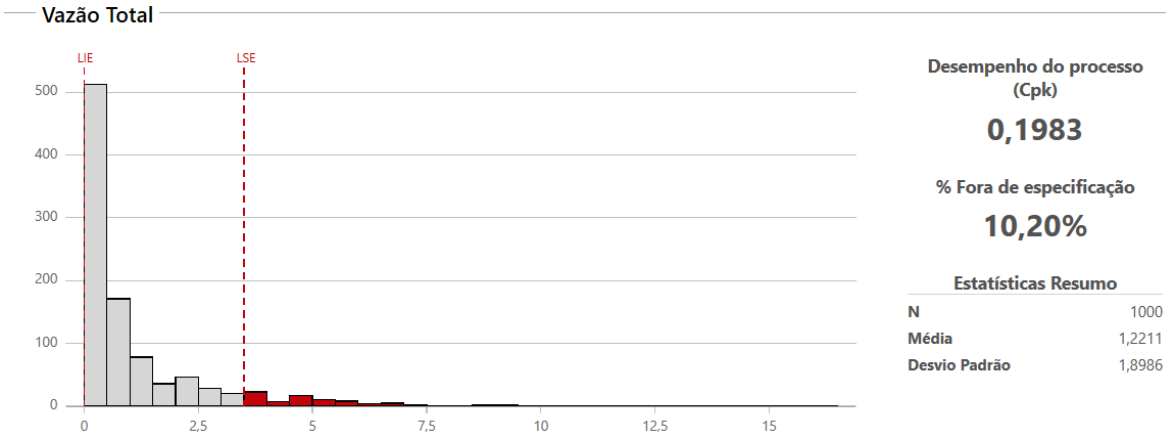


Figura 5.16 - Gráfico final da simulação para as bacias sanitárias.

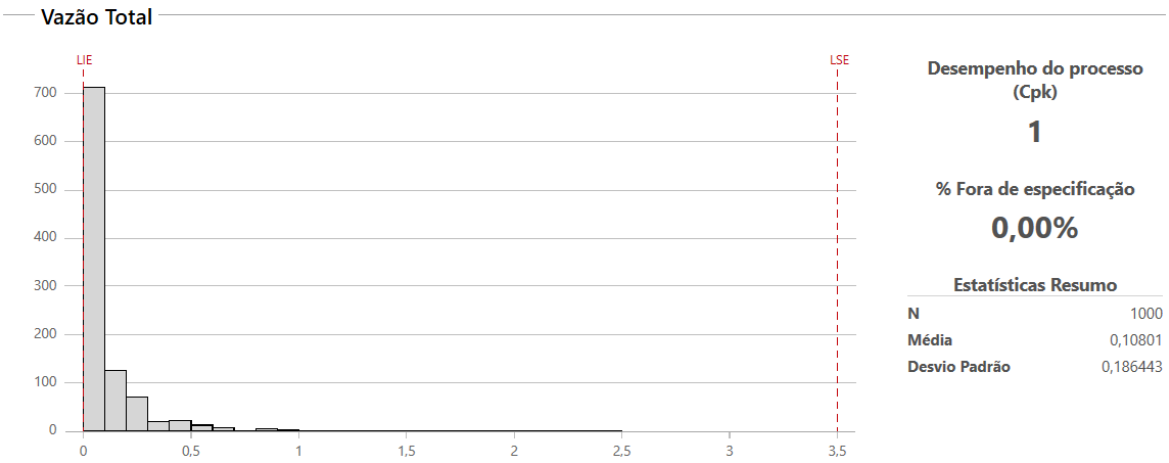


Figura 5.17 - Gráfico final da simulação para lavatórios.

Ao se analisar os resultados obtidos, nota-se que a vazão média da simulação referente às bacias sanitárias é bem maior do que a encontrada para os lavatórios, sendo esse valor igual a 1,22 L/s, enquanto para os lavatórios igual a 0,11 L/s. Desse modo, é perceptível que a simulação seguiu o esperado, visto que, de acordo com a norma NBR 5626/2020 (ABNT, 2020), a vazão de descarga das bacias sanitárias com válvula de descarga é realmente muito superior à vazão dos lavatórios, com um valor de 1,9 L/s.

Quanto à vazão máxima, percebe-se que essa vazão relativa às bacias sanitárias é muito elevada, resultando em 16,4 L/s, de forma que não corresponde com o consumo real esperado da FT/UnB. Entretanto, foi estipulado um limite comparativo de 3,5 L/s à simulação, valor limite de registros do hidrômetro do cavalete de entrada da edificação, assim, a partir desse limite, a simulação resultou em apenas 10% fora do especificado para 90% dentro, ou seja, abaixo de 3,5 L/s. Já para a simulação dos lavatórios, a vazão máxima resultante foi de 2,36 L/s, com uma taxa de 100% dentro do limite especificado.

A fim de se realizar uma análise comparativa, foi efetuado um somatório dos resultados de vazão média obtidos entre as duas simulações, encontrando, assim, o valor de vazão média total de 1,32 L/s. Dessa maneira, ao se avaliar os valores reais de consumo do dia 07/11, terça-feira ordinária como um parâmetro de comparação, assim como pré-definido, tem-se uma vazão média de 0,56 L/s das 8:00 às 12:00. Assim, é notável que o consumo obtido na simulação é superior ao valor real, todavia, os padrões de consumo do dia avaliado atingem, em vários momentos, o valor encontrado de acordo com a Figura 5.3.

As divergências encontradas se deram, possivelmente, devido às aproximações realizadas nas distribuições escolhidos, visto que foi utilizada a distribuição exponencial em duas

variáveis ao invés da distribuição de Erlang. Outro fator que pode ter levado a resultados diferentes foram as estimativas empíricas realizadas presencialmente das vazões e tempos de descarga das peças de utilização, porquanto podem ter sido sujeitas à erros de medição e observacionais, devido à elevada variabilidade do funcionamento das peças. Ademais, a adoção de uma vazão teórica de descarga para as bacias sanitárias pode ter levado à superestimação da vazão média, visto que essa vazão é tipicamente elevada.

5.4 RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA POR MÉTODOS TRADICIONAIS

Primeiramente, em relação ao método de previsão de consumo baseado na norma NBR 5626/2020 (ABNT, 2020), como dito anteriormente, foi realizada uma contagem presencial das peças de utilização dos principais pontos de consumo de FT/UnB. Em seguida, conforme a Tabela 3.3, a qual apresenta a vazão de utilização das peças, foi realizado o cálculo do consumo máximo possível da edificação. A Tabela 5.1 apresenta o resultado da contagem, do cálculo do consumo de cada ponto de consumo e do consumo total da edificação.

Tabela 5.1 - Consumo máximo possível dos pontos de consumo da FT/UnB.

Banheiros Centrais - Térreo			
ENC			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	2	0,2	0,4
Soma			6,1
Masculino	Interditado		
PNE	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	1	1,9	1,9
Lavatório	1	0,2	0,2
Soma			2,1
Outros	Qtd.	Vazão	Total
Bebedouro	1	0,05	0,05
Soma			0,05
ENE			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	3	0,2	0,6
Soma			6,3
Masculino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	2	1,9	3,8
Lavatório	3	0,2	0,6
Mictório com VD	2	0,5	1
Soma			5,4
PNE	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	1	1,9	1,9
Lavatório	1	0,2	0,2
Soma			2,1
Outros	Qtd.	Vazão	Total
Bebedouro	1	0,05	0,05
Soma			0,05
ENM			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	2	0,2	0,4
Soma			6,1
Masculino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	2	1,9	3,8
Lavatório	3	0,2	0,6
Mictório com VD	0	0,5	0
Soma			4,4
PNE	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	1	1,9	1,9
Lavatório	1	0,2	0,2
Soma			2,1
Outros	Qtd.	Vazão	Total
Bebedouro	1	0,05	0,05
Torneira de Jardim	1	0,2	0,2
Soma			0,25

Banheiros Laterais			
ENC - Térreo			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	2	1,9	3,8
Lavatório	2	0,2	0,4
Soma			4,2
Masculino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	1	1,9	1,9
Lavatório	2	0,2	0,4
Mictório com VD	3	0,5	1,5
Soma			3,8
Outros	Qtd.	Vazão	Total
Bebedouro	1	0,05	0,05
Soma			0,05
ENC - Pavimento Superior			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	1	0,2	0,2
Soma			5,9
Masculino	Interditado		
Outros	Qtd.	Vazão	Total
Bebedouro	1	0,05	0,05
Soma			0,05
Mecatrônica			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	2	0,2	0,4
Soma			6,1
Masculino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	3	0,2	0,6
Mictório com VD	3	0,5	1,5
Soma			7,8
Outros	Qtd.	Vazão	Total
Bebedouro	1	0,05	0,05
Torneira de Jardim	1	0,2	0,2
Soma			0,25

Outros			
Lab. Hid e Est	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com CD	3	0,15	0,45
Lavatório	5	0,2	1
Mictório com VD	2	0,5	1
Pia	1	0,25	0,25
Bebedouro	1	0,05	0,05
Chuveiro	1	0,2	0,2
Torneira de Jardim	1	0,2	0,2
Soma			3,15

Banheiros Centrais - Professores			
ENC			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	3	0,2	0,6
Soma			6,3
Masculino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	2	1,9	3,8
Lavatório	3	0,2	0,6
Mictório com VD	2	0,5	1
Soma			5,4
ENE			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	3	0,2	0,6
Soma			6,3
Masculino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	2	1,9	3,8
Lavatório	3	0,2	0,6
Mictório com VD	2	0,5	1
Soma			5,4
ENM			
Feminino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	3	1,9	5,7
Lavatório	3	0,2	0,6
Soma			6,3
Masculino	Qtd.	Vazão	Total
Bacia sanitário com VD	2	1,9	3,8
Lavatório	3	0,2	0,6
Mictório com VD	2	0,5	1
Soma			5,4

SOMA TOTAL	99,25 L/s

A partir da Tabela 5.1, nota-se que o consumo total possível da edificação resultou em 99,25 L/s ou 5955 L/minuto. Conforme a curva de porcentagem provável de uso da Figura 3.1, foi determinado a probabilidade de uso simultâneo das peças de utilização, resultando em um valor de aproximadamente 15%. Aplicando a probabilidade ao consumo máximo possível foi encontrado o valor de 14,9 L/s.

Ao se realizar uma análise de forma comparativa, percebe-se que o valor obtido no cálculo teórico encontrado foi muito elevado em relação aos dados de consumo real obtidos, os quais flutuam em torno de 1 a 3,5 L/s. Dessa maneira, percebe-se que o método teórico de previsão de consumo defendido por Creder (2006) proporciona um superdimensionamento da rede ao ser utilizado, dentro do esperado devido ao caráter semiempírico do método.

Vale salientar que, apesar de o valor encontrado ser bem acima da média dos valores reais, a hipótese de que em algum momento a vazão de consumo tenha atingido valor próximos ao calculado não é descartada, visto que o *data logger* utilizado registra os pulsos em 60 segundos, apresentando, ao final, um valor médio dos valores nesse intervalo. Assim, não é possível identificar os valores instantâneos de vazão mediante os equipamentos utilizados. Ademais, o hidrômetro pulsado utilizado possui uma frequência limite de pulsos que é capaz de emitir, registrando no máximo 3,5 L/s. Dessa maneira, por esses motivos, é cabível a existência de valores de vazão superiores aos registados.

Em relação ao método de previsão proposto por Tsutiya (2006), após a aplicação da equação da Figura 4.11 com os dados dispostos no item 4.4, foi obtido um consumo de 753,78 m3/mês. Ao se considerar que mês possui 30 dias e realizar a divisão do resultado por esse valor, encontra-se um resultado de 25,13 m^3/dia.

A fim de se averiguar o método, foi realizada um média dos volumes acumulados entre todos os dias registrados pelo hidrômetro, obtendo-se um valor de 35,83 m^3/dia. Dessa maneira, percebe-se que o consumo previsto pelo método de Tsutiya (2006) subdimensionaria as instalações da FT/UnB. Entretanto, o valor encontrado situa-se próximo à média de dias de baixo consumo na unidade, de aproximadamente 27,5 m^3/dia.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Primeiramente, sobre as medições de vazão, os resultados encontrados mantiveram-se dentro do esperado, com volumes de consumo superiores, em dias úteis semanais, e inferiores, aos finais de semana e feriados. Entretanto, ao se comparar com as medições realizadas por Dusi (2023) no dia 02 de fevereiro de 2023, percebe-se um aumento considerável do consumo diário, podendo ser justificado, possivelmente, pela influência da sazonalidade no consumo de água e eventuais perdas volumétricas nas instalações, acentuadas pelo aumento observado na pressão média de operação nas instalações.

Para as medições de pressão, o sistema instalado do Laboratório de Hidráulica e Estruturas manteve um bom funcionamento, visto que foram coletados dados de 11 meses de consumo e os resultados do medidor permaneceram compatíveis com os registrados com o auxílio do manômetro do cavalete de entrada da FT/UnB. Ademais, os registros coletados dos dois equipamentos foram coerentes, dentro do previsto, visto que diagnosticaram os efeitos do consumo de água quando comparado com as curvas de vazão. Além de diagnosticar quedas de pressões pontuais e pressões muito elevadas em grande parte do tempo.

A simulação realizada utilizando o método de Monte Carlo para a previsão do consumo da FT/UnB se mostrou eficaz para prever uma estimativa dos valores média e máximo, entretanto, contou com resultados que divergiram do consumo real da edificação. A fim de se obter um resultado mais aproximado, recomenda-se uma maior coleta de dados para a estimativa dos valores médios de tempos e vazão de descarga, a fim de se encontrar uma distribuição mais precisa das variáveis independentes da simulação.

Quanto aos consumos teóricos, verificou-se que os dois métodos se divergiram do consumo real da FT/UnB, entretanto, o método proposto por Tsutiya (2006) resultou em valores mais próximos do que o método de consumo máximo provável, o qual sucedeu um consumo muito elevado em relação ao consumo real.

A partir dos dados coletados, foram identificadas diversas complicações nas instalações da edificação, como pressões muito elevadas, tanto no período diurno quanto no noturno, nos quais atingiram-se picos de aproximadamente 85 mca, em vários momentos, apontando uma desregulagem na VRP da rede de abastecimento. Também foi notada uma média de consumo diária acima do esperado, além de consumos anômalos em períodos de baixo movimento na

edificação, indicando uma possível desregulagem nas válvulas de descarga das instalações hidráulicas da edificação.

Por fim, a fim de se propor melhorias na rede hidráulica da FT/UnB, recomenda-se uma melhor regulagem e manutenção de rotina da VRP localizada no Castelo D'água, visto que foram registradas pressões muito elevadas. Desse modo, ao manterem-se as pressões dentro da normalidade, as instalações hidráulicas prediais estariam consideravelmente protegidas de danos e também proporcionaria uma redução dos vazamentos ativos na rede. Ademais, é recomendado checar as válvulas de descarga da edificação, porquanto, em dias específicos, percebeu-se consumos anômalos em períodos de baixo consumo, provocando gastos desnecessários de água na edificação.

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: 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

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.

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

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

DUSI, R. F. Estudo para implantação de reservatório de água na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2023.

EUROPEAN COMMISSION - Good Practices on Leakage Management - EU Reference Document, 2015

HEIZER, J.; RENDER B. Operation Management. Prentice Hall, New Jersey, 2000.

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

LAMBERT, A.; THORTON, J. Avaliação de perdas reais. São Paulo: Consultoria à Sabesp, 2002.

LIPTÁK, B. Instrument Engineer’s Handbook. 4ª ed. Florida, US. 1995.

MATOS, C.; LOPES, T. Consumo de água no camputs Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília – Estudo de medidas para redução de perdas. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2016.

MARTINS, G. Impacto do Saneamento Básico na Saúde Pública. Tese de Doutoramento apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2001.

MURAKAWA, S.; SAKAUE, K.; WU, G. Verification of Calculation Method Using Monte Carlo Method for Water Supply Demands of Office Building. Hiroshima University, 2017.

OLIVEIRA, R. D. S. Estudo de Reservatórios e Redução de Perdas de Água na Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2018.

ONU, Organização das Nações Unidas. 2018. The United Nations World Water Development Report 2018: nature-based solutions for water. Disponível em: http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf. Acesso em: julho de 2023.

PEGDEN C.; SHANNON R. Introduction to Simulation Using Siman, Mcgraw-Hill, New York, 1990.

RODRIGUES, G. W. A. Análise de consumo e pressão de água na Faculdade de Tecnologia. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2022.

SEZEN, K.; SENARAS, A.; TUZUNTURK, S. MURAKAWA, S.; SAKAUE, K.; WU, G. Forecasting water demand by using Monte Carlo Simulation. Universidade de Uludağ, 2015.

TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3. Ed. São Paulo, 2006.

THORNTON, J. *et al.* Water Loss Control. 2ª. Ed, McGraw Hill. 2008.

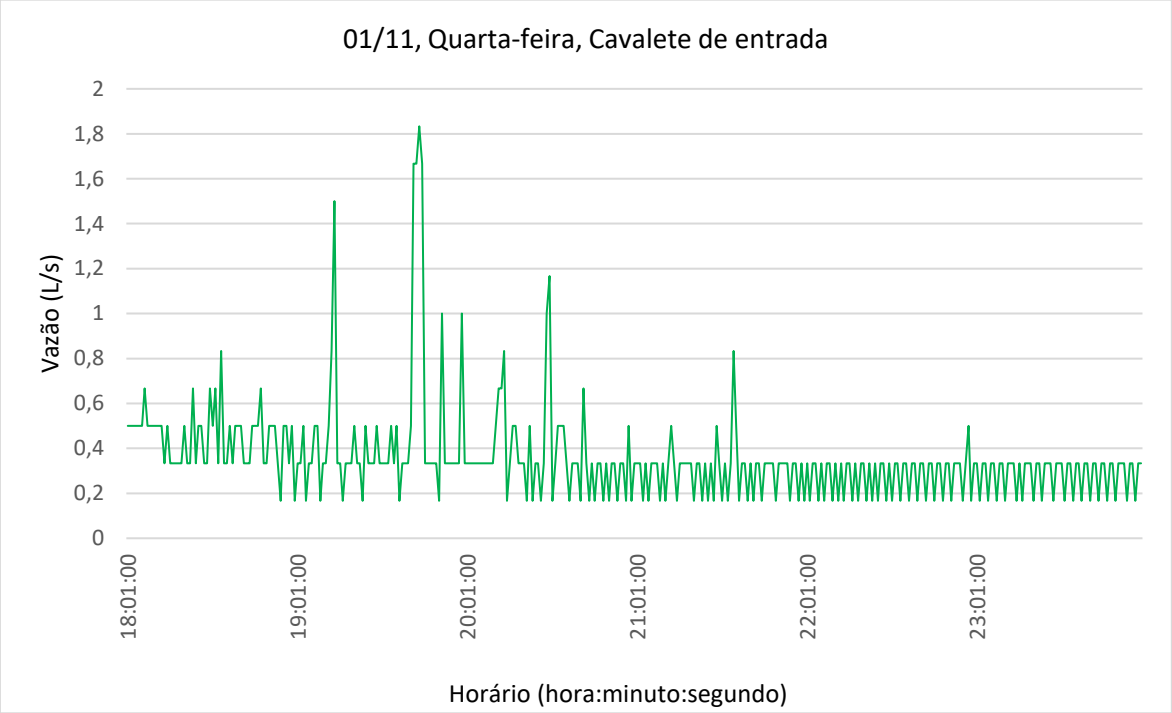
TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3ª. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

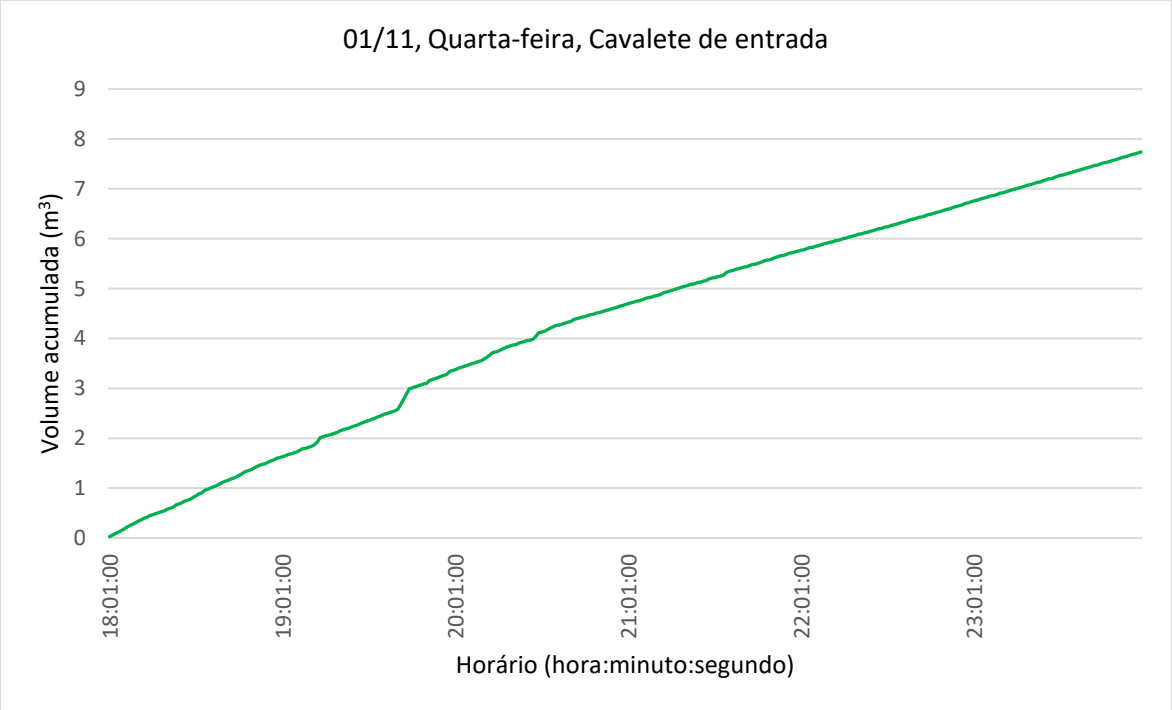
UnB/FT – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília: Sobre a FT. Disponível em < http://ft.unb.br/>. Acesso em: julho de 2023.

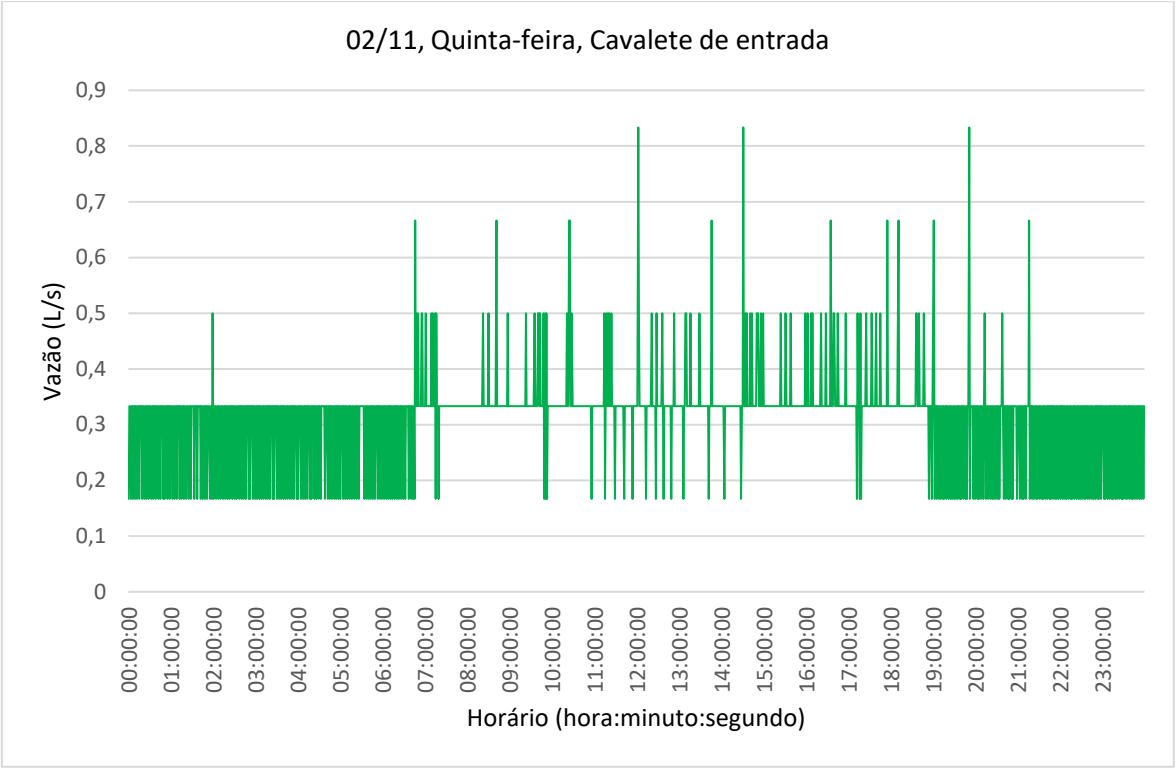
VALLE, M.; NORVELL, T. Using Monte Carlo Simulation to Teach Students about Forecast Uncertainty, Business Education Innovation Journal, Vol. 5, No. 2. 2013.

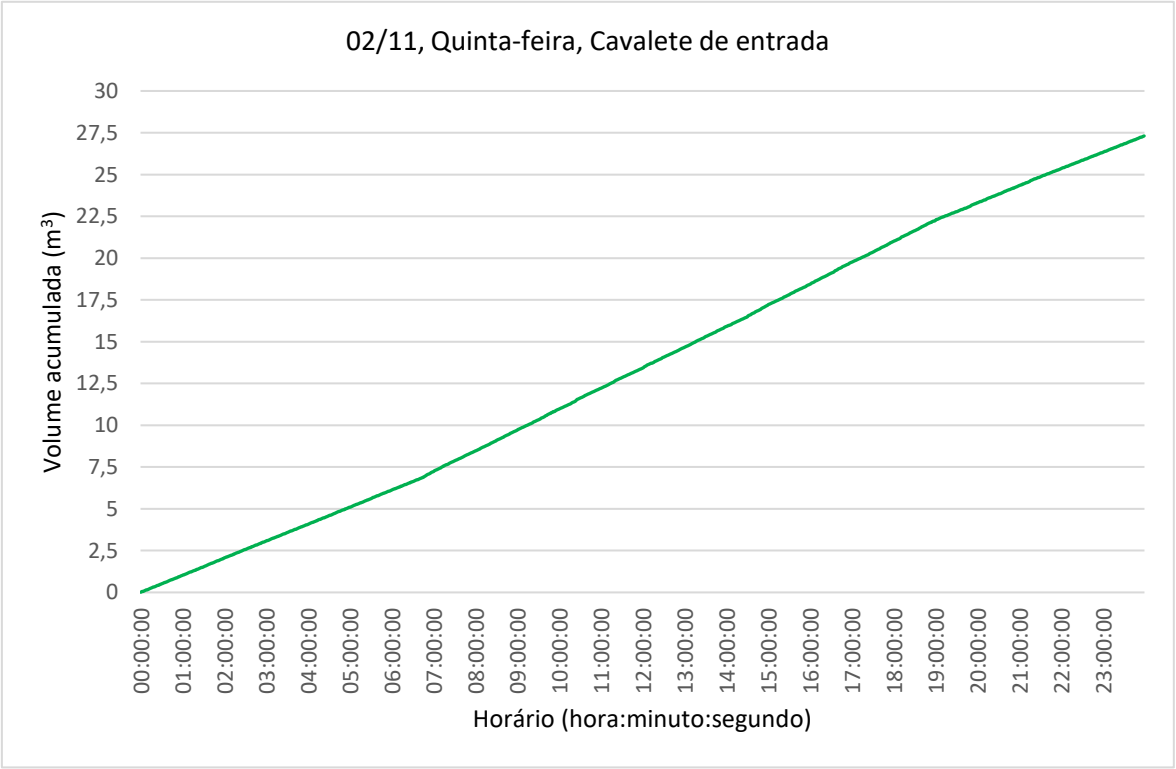
VICENTINI, L. P. Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2012

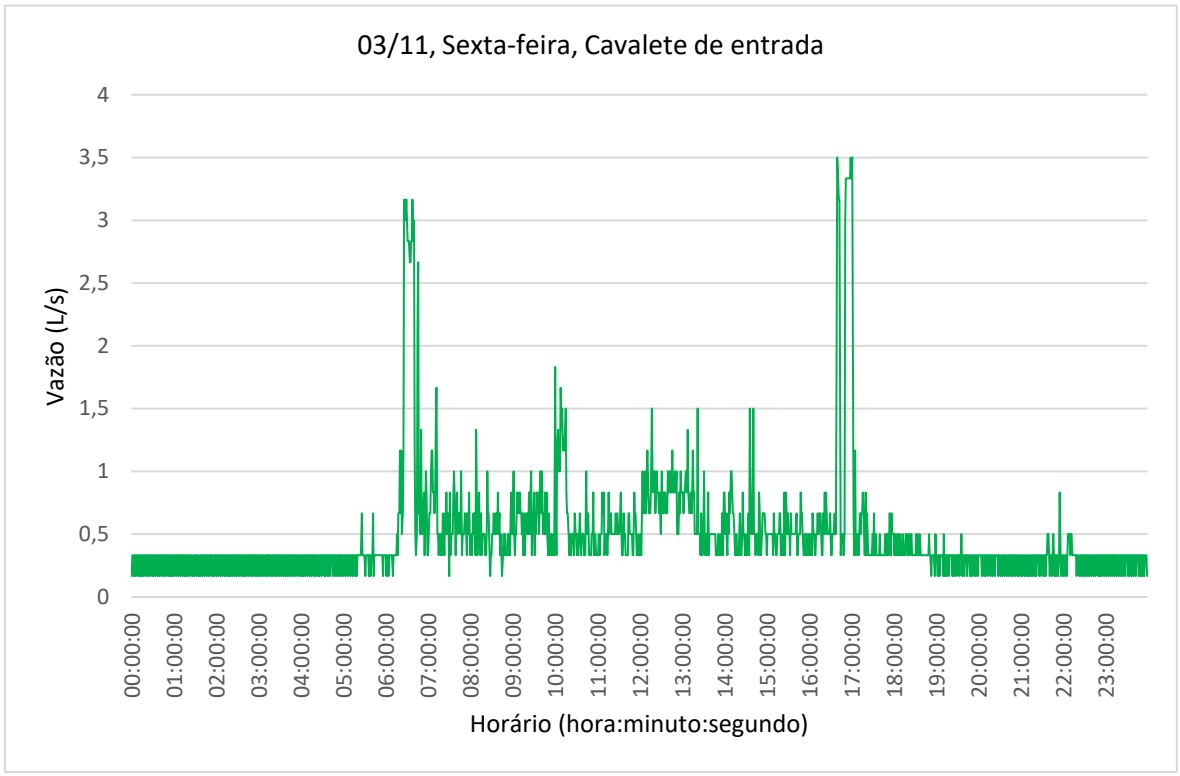
APÊNDICE A – GRÁFICOS DE VAZÃO E VOLUME GERADOS COM A MEDIÇÃO DA CAESB

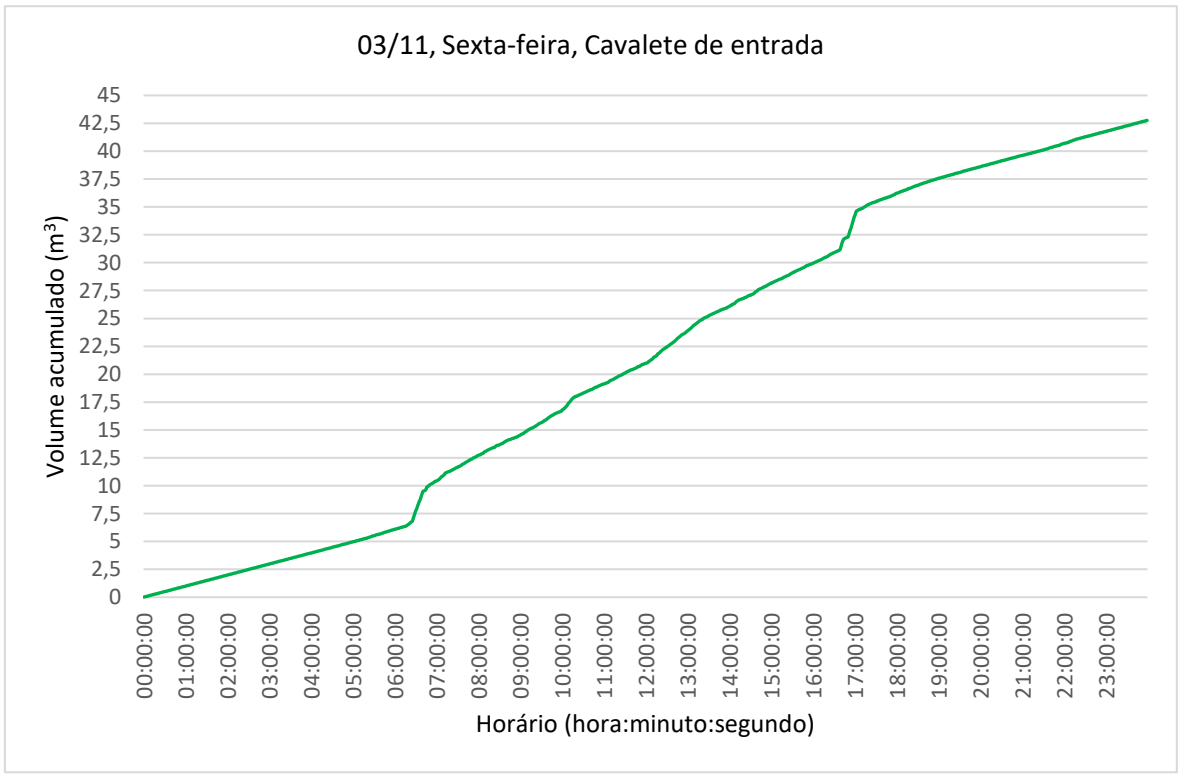


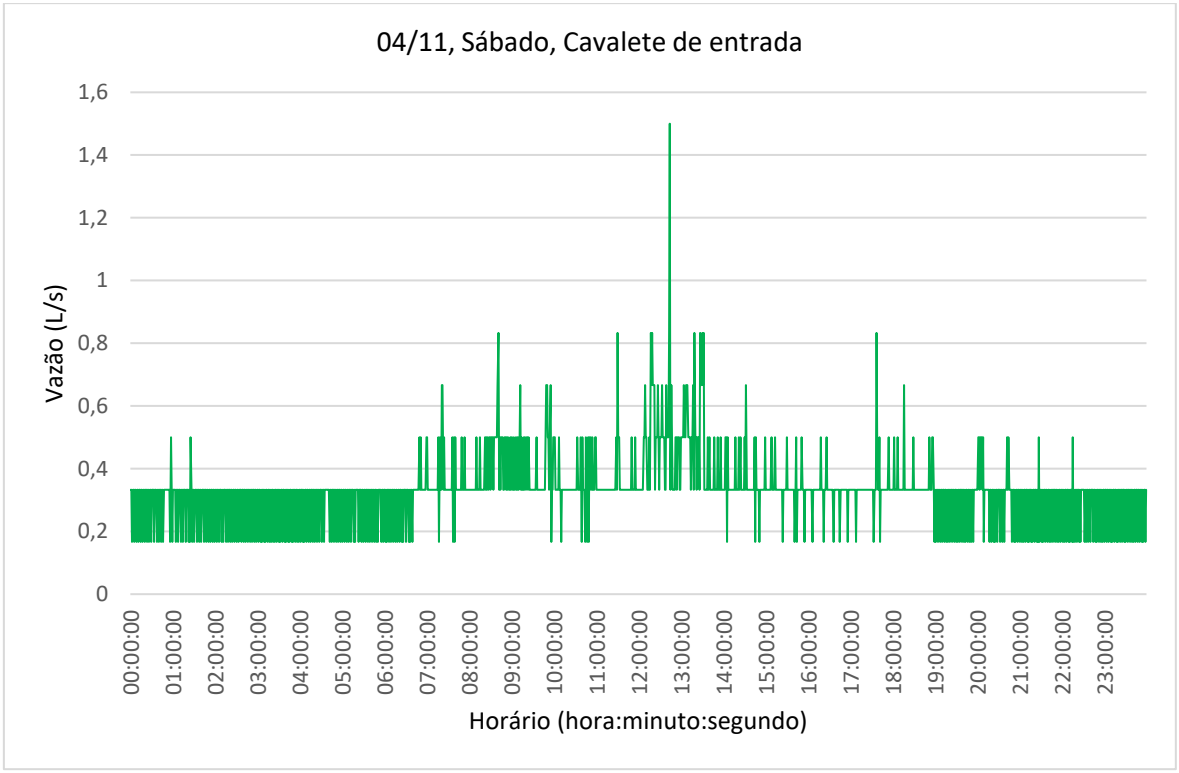


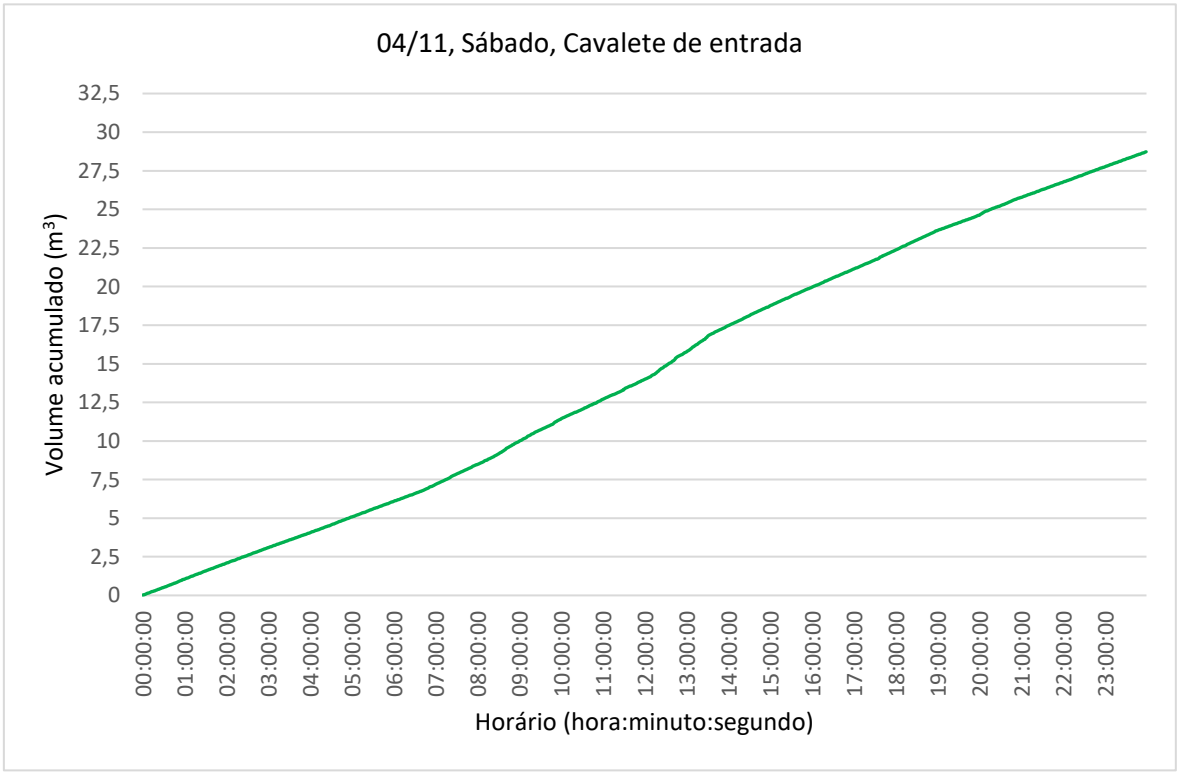

02/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

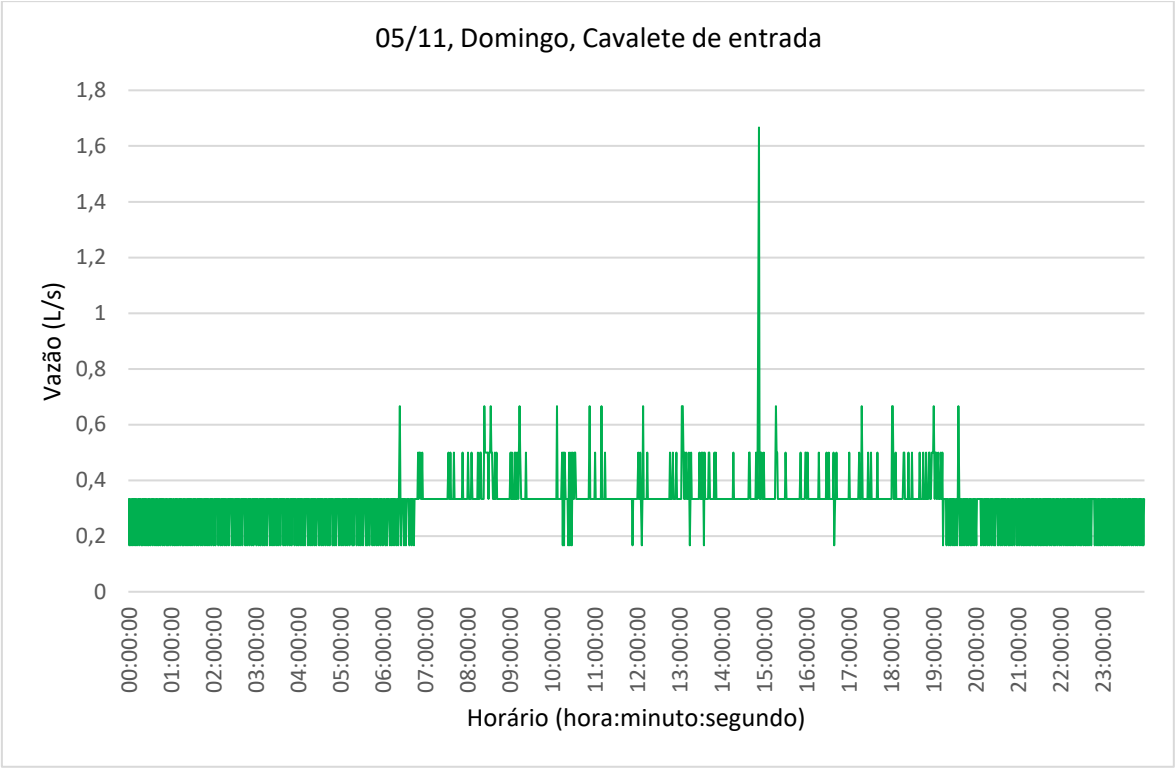

02/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulada (m³)
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

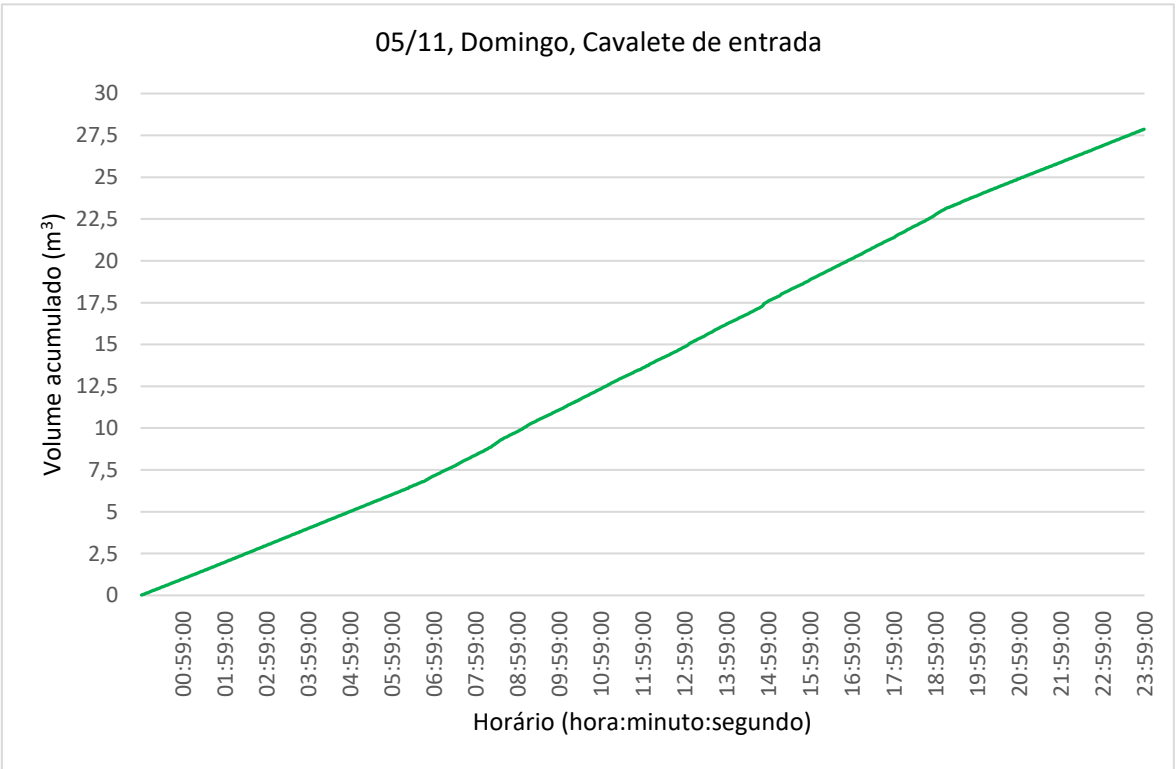

03/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

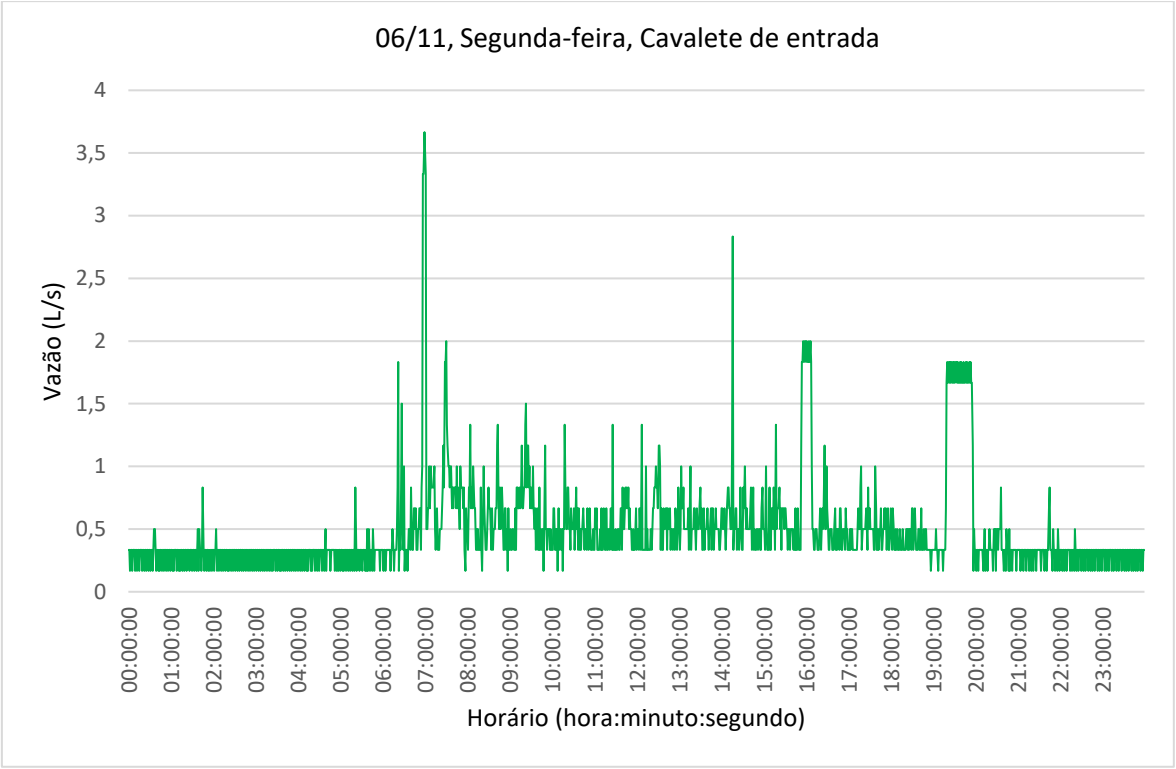

03/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

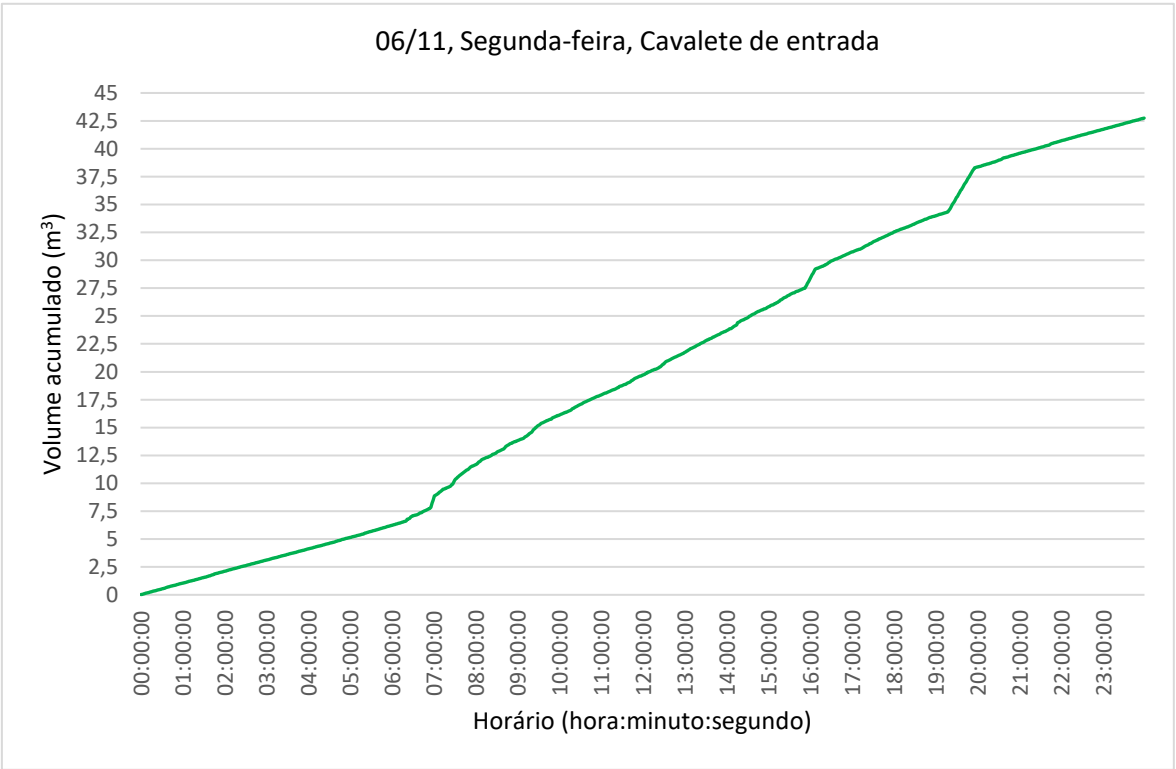

04/11, Sábado, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

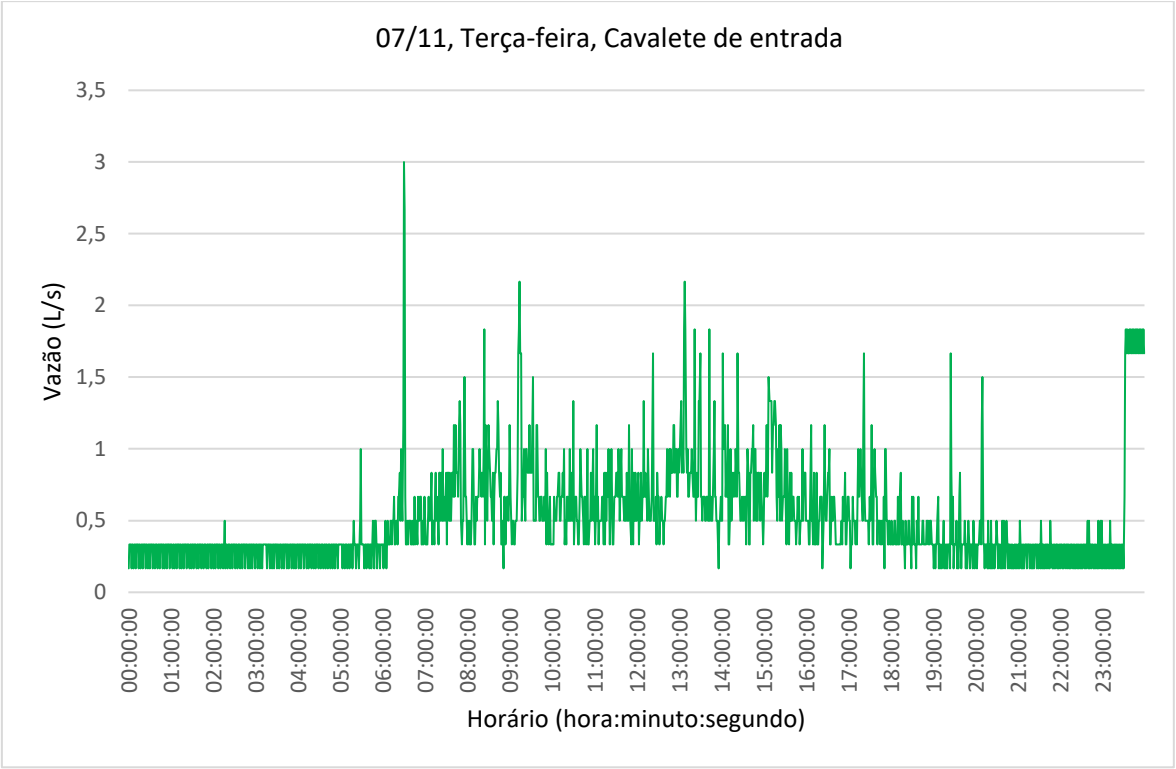

04/11, Sábado, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

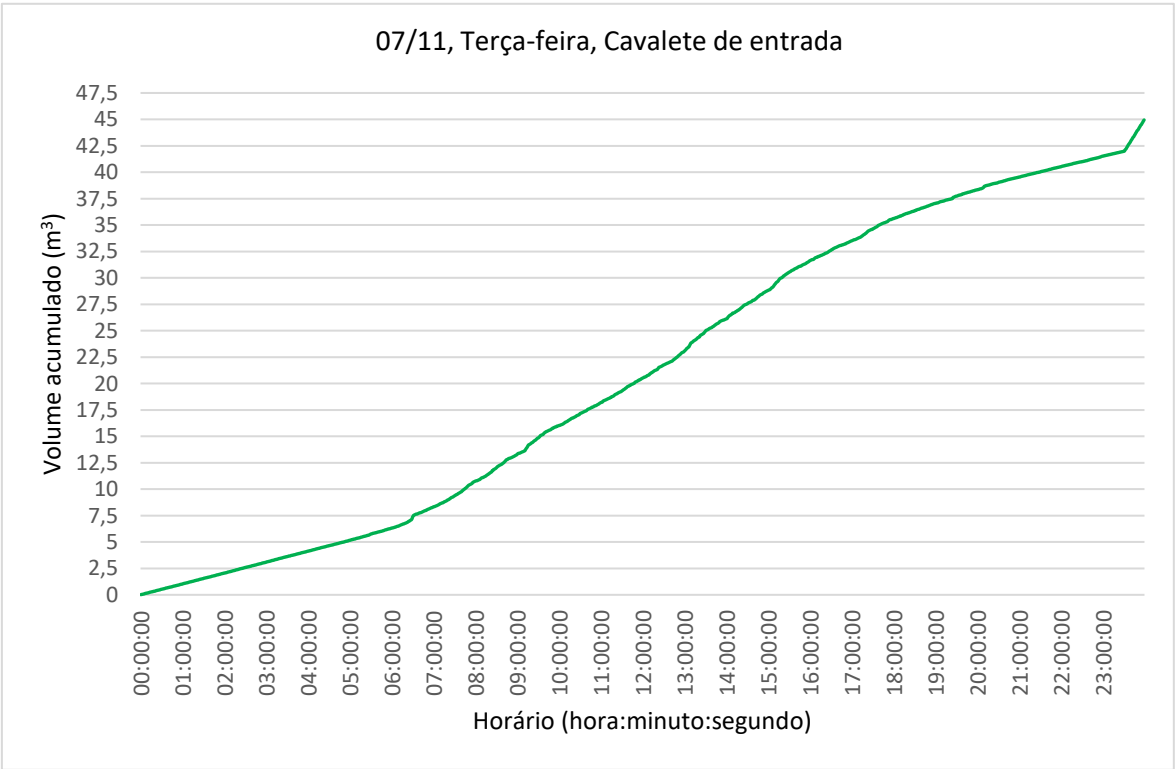

05/11, Domingo, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

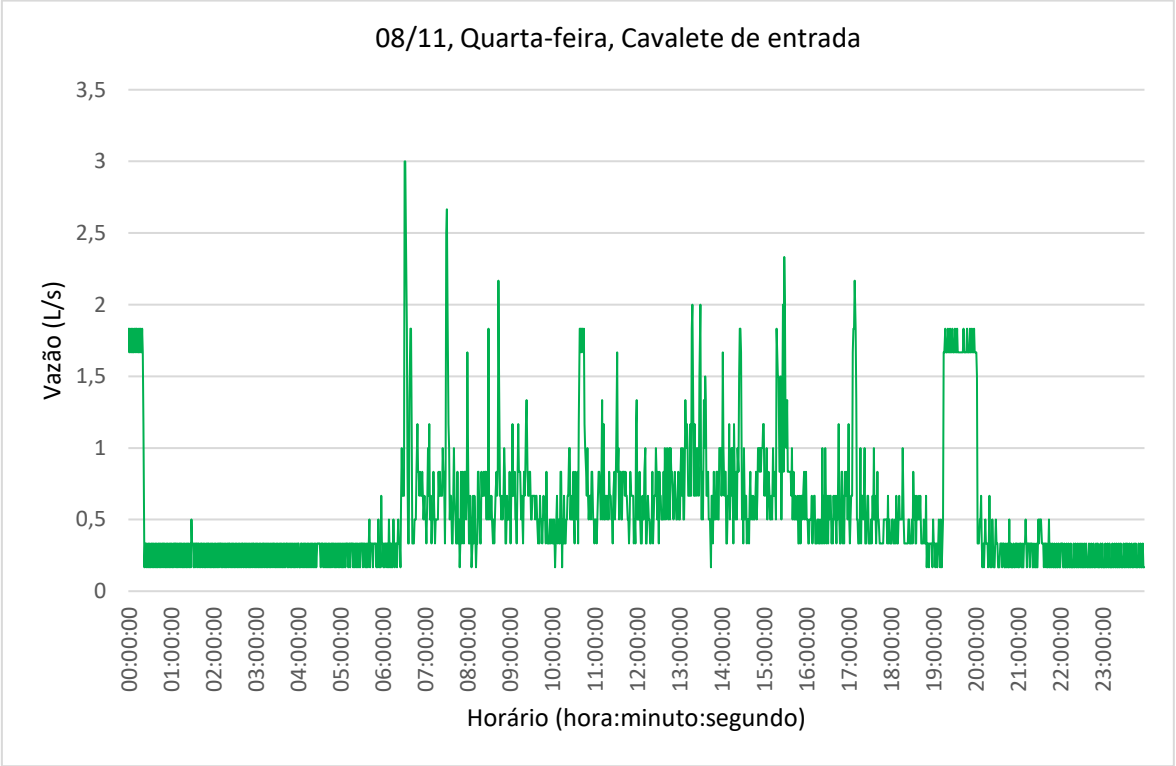

05/11, Domingo, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:59:00
01:59:00
02:59:00
03:59:00
04:59:00
05:59:00
06:59:00
07:59:00
08:59:00
09:59:00
10:59:00
11:59:00
12:59:00
13:59:00
14:59:00
15:59:00
16:59:00
17:59:00
18:59:00
19:59:00
20:59:00
21:59:00
22:59:00
23:59:00
Horário (hora:minuto:segundo)

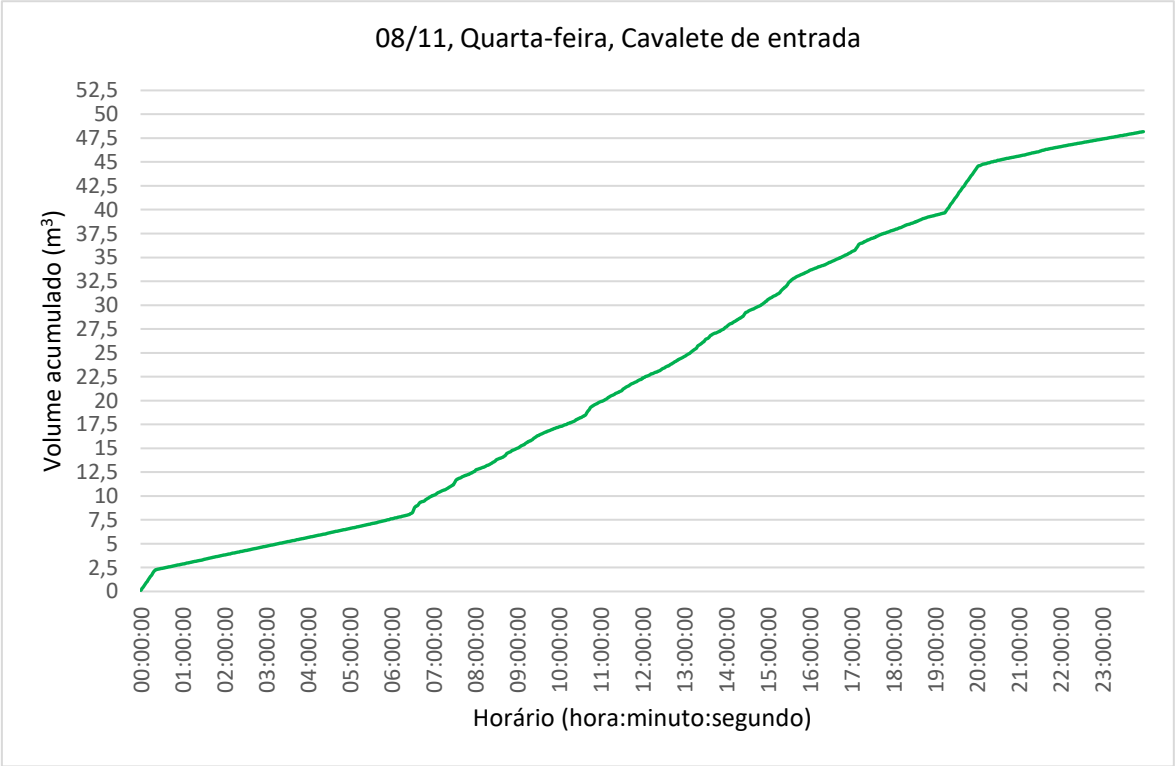

06/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

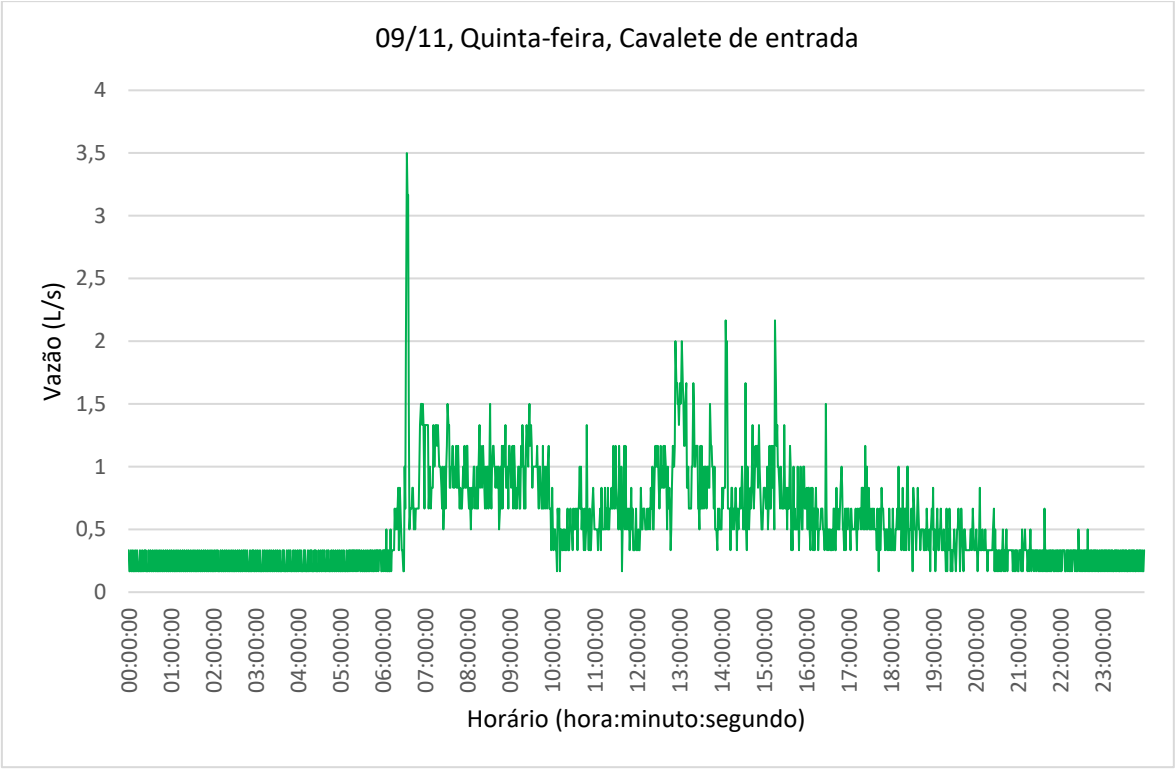

06/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

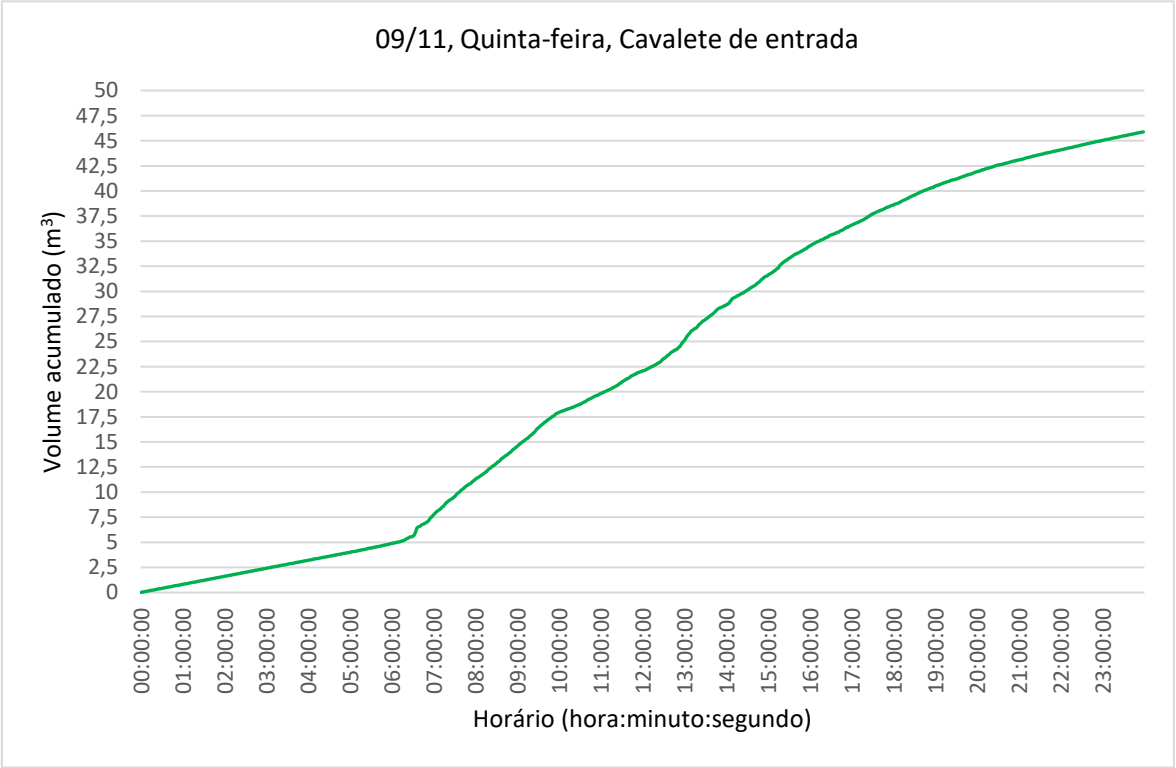

07/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

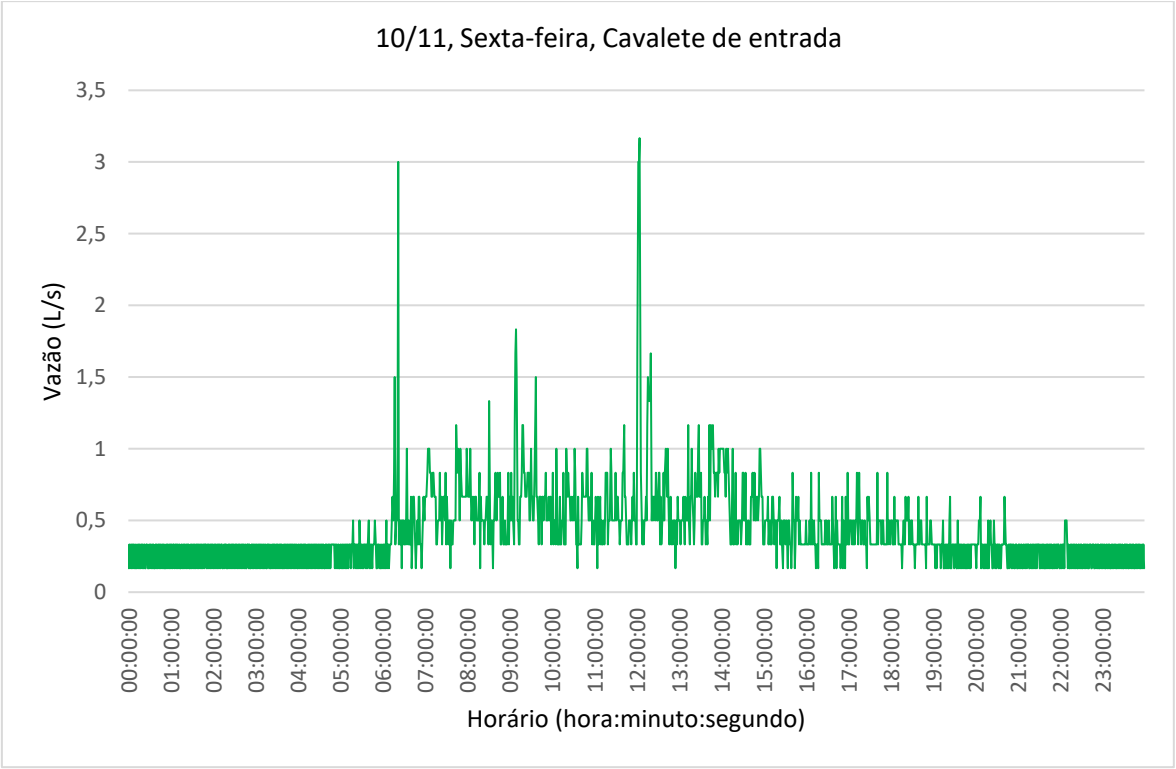

07/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
47,5
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

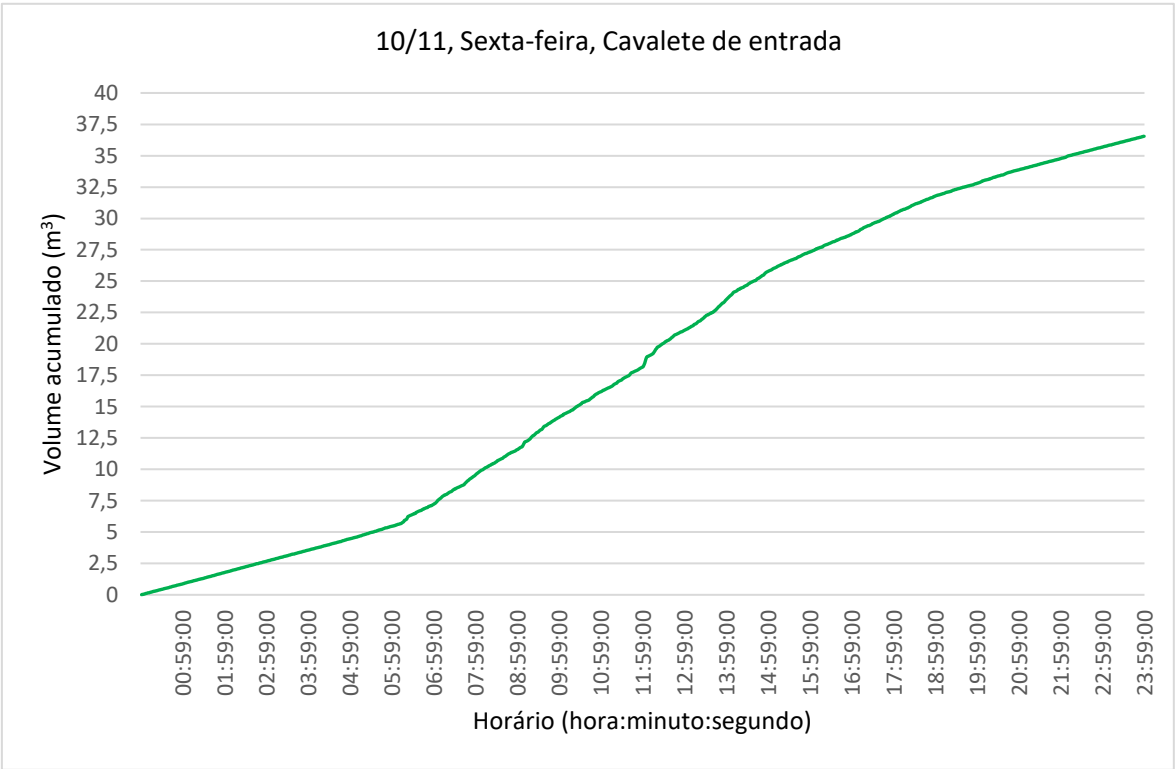

08/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

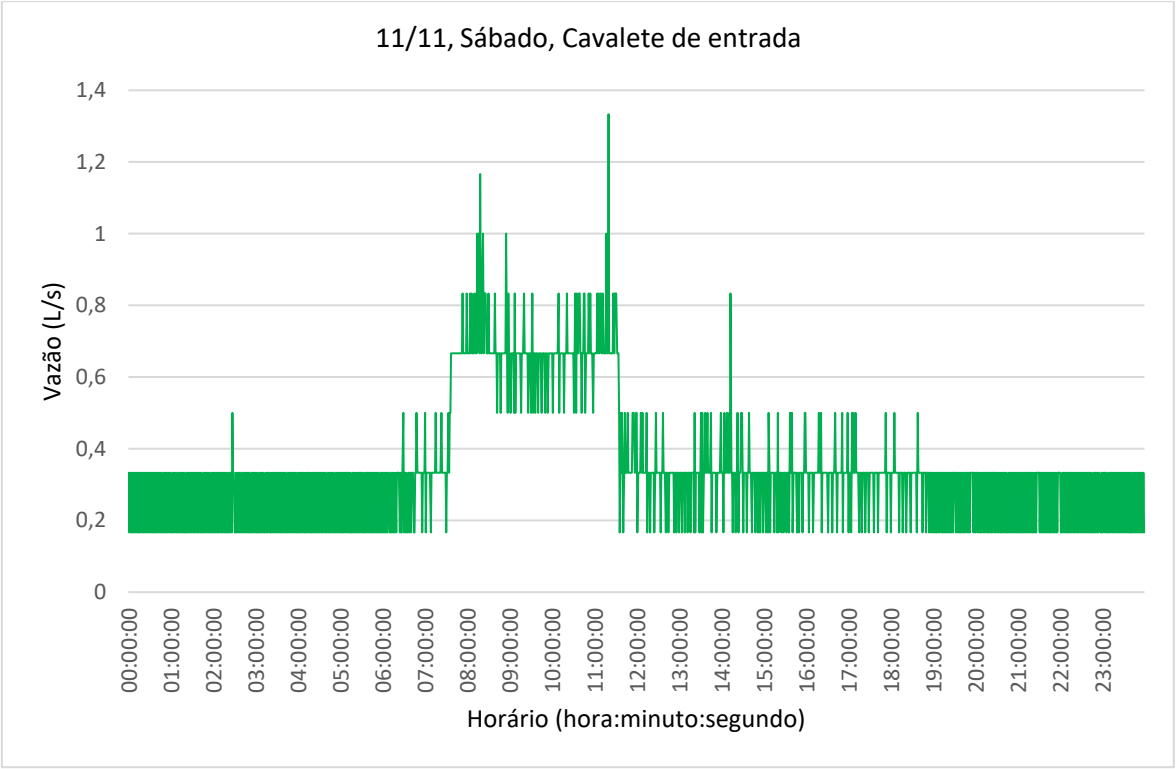

08/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
52,5
50
47,5
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

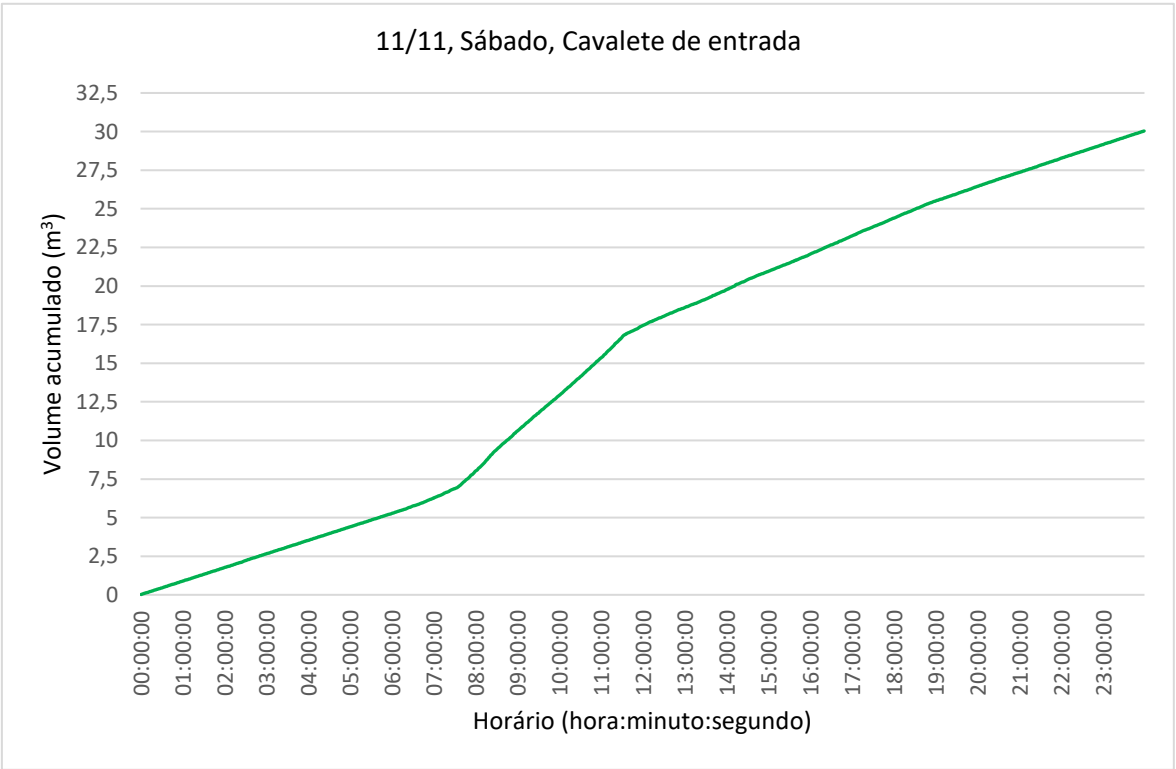

09/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

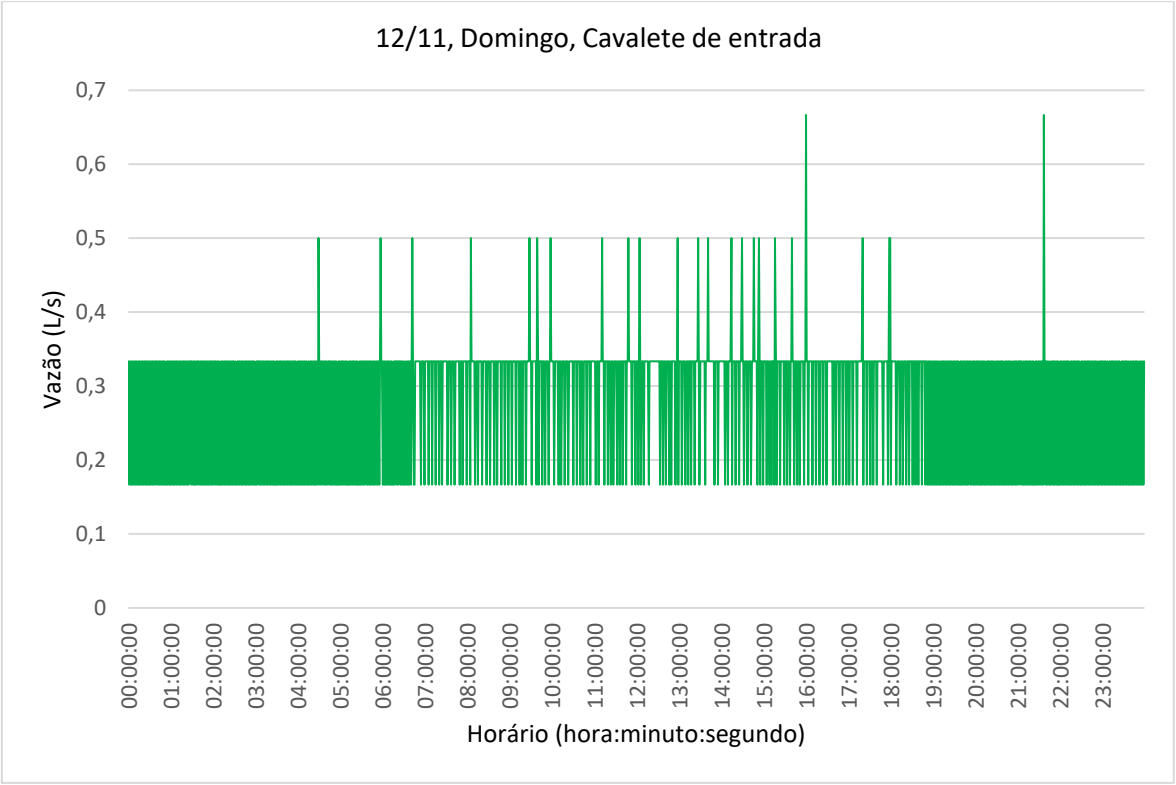

09/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
50
47,5
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

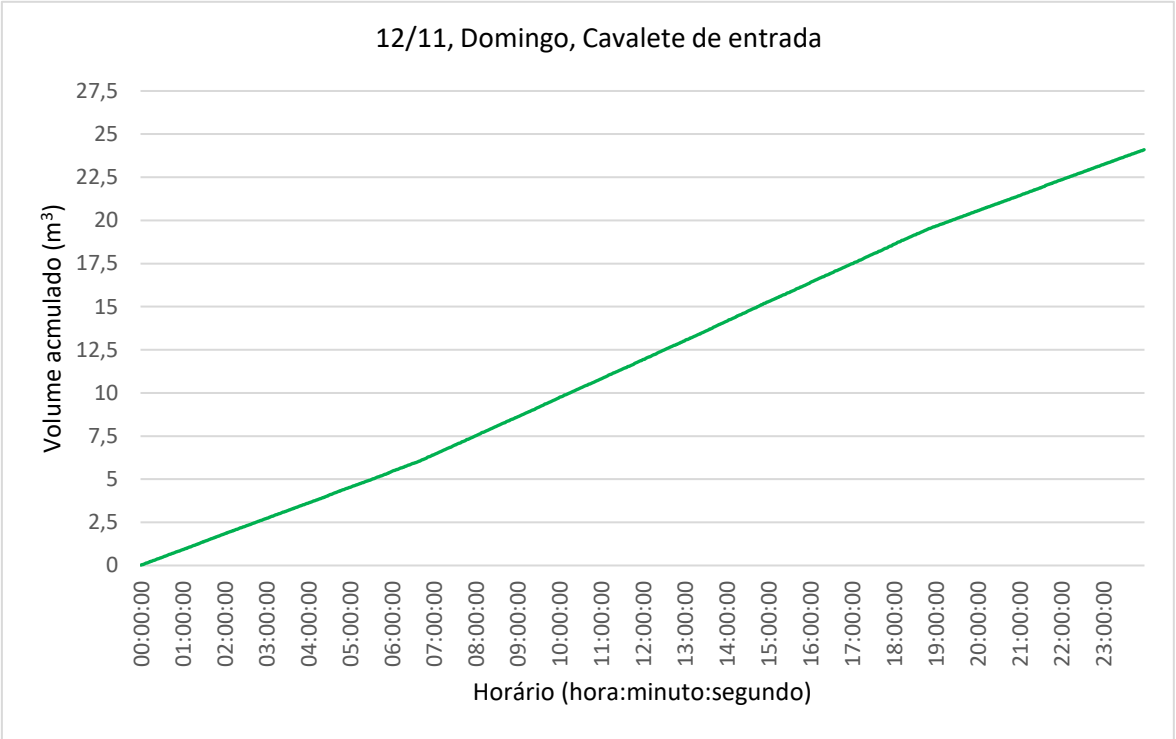

10/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

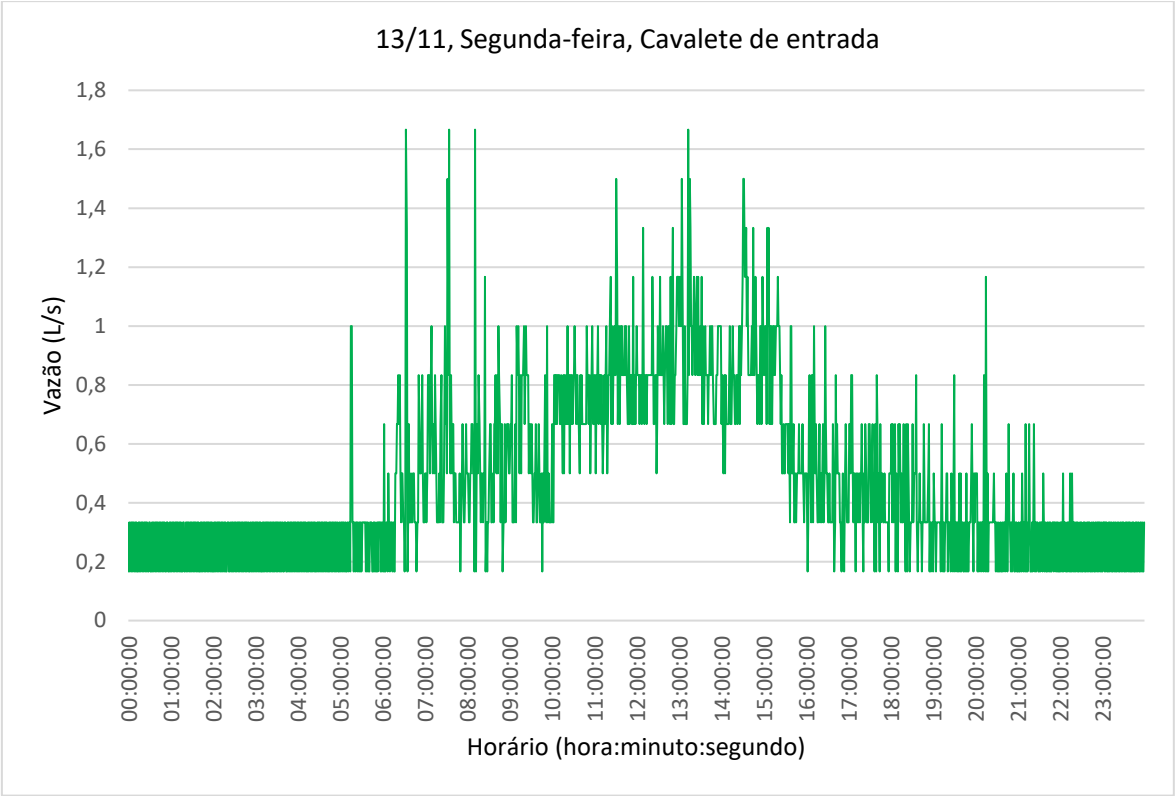

10/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:59:00
01:59:00
02:59:00
03:59:00
04:59:00
05:59:00
06:59:00
07:59:00
08:59:00
09:59:00
10:59:00
11:59:00
12:59:00
13:59:00
14:59:00
15:59:00
16:59:00
17:59:00
18:59:00
19:59:00
20:59:00
21:59:00
22:59:00
23:59:00
Horário (hora:minuto:segundo)

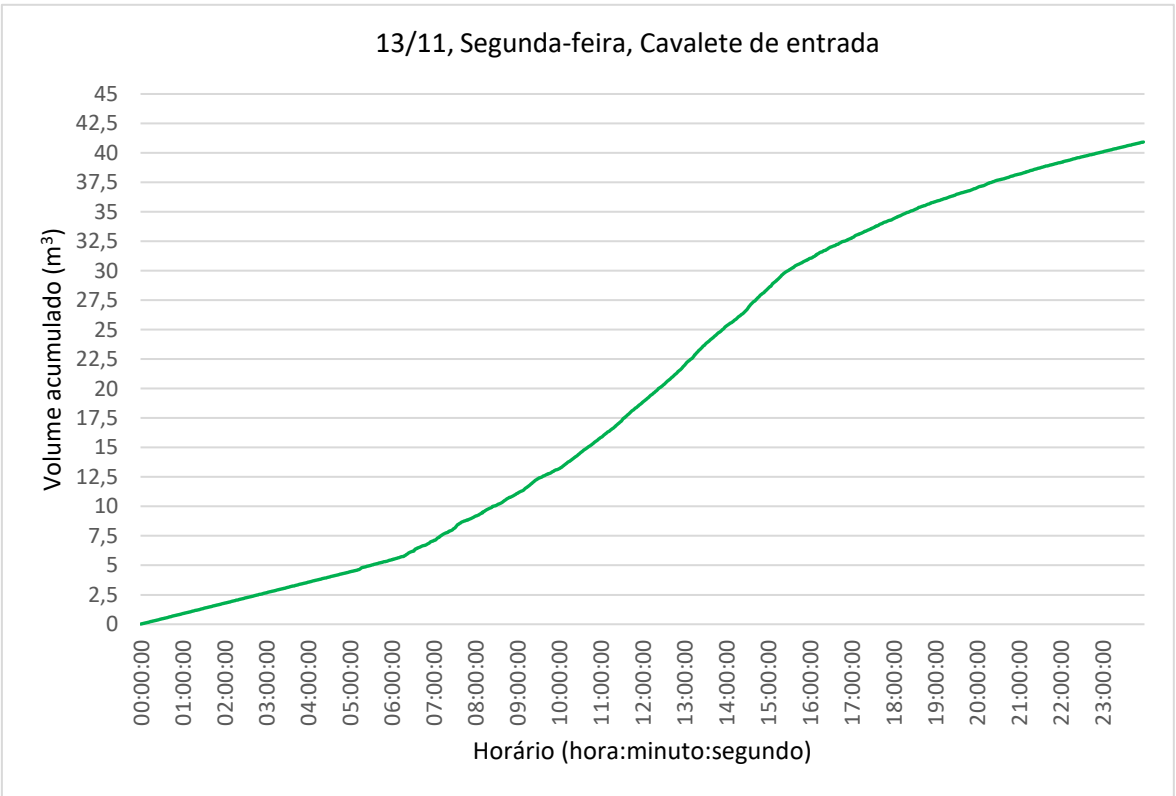

11/11, Sábado, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

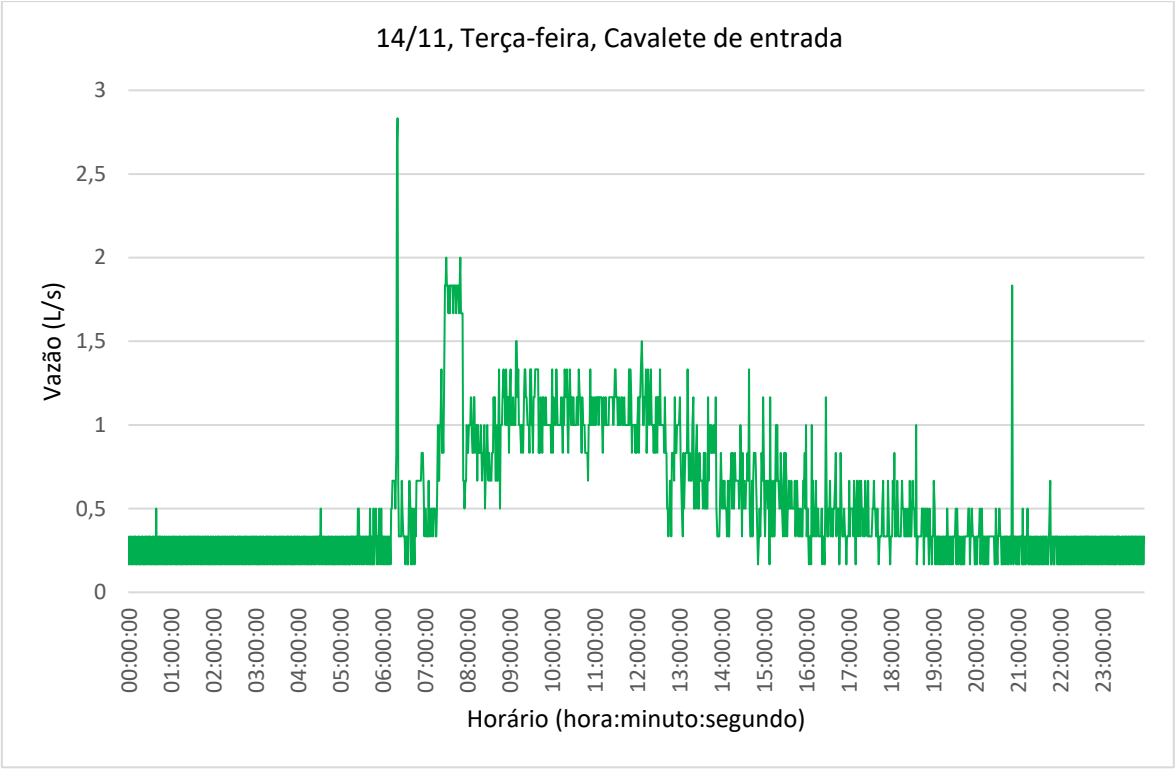

11/11, Sábado, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

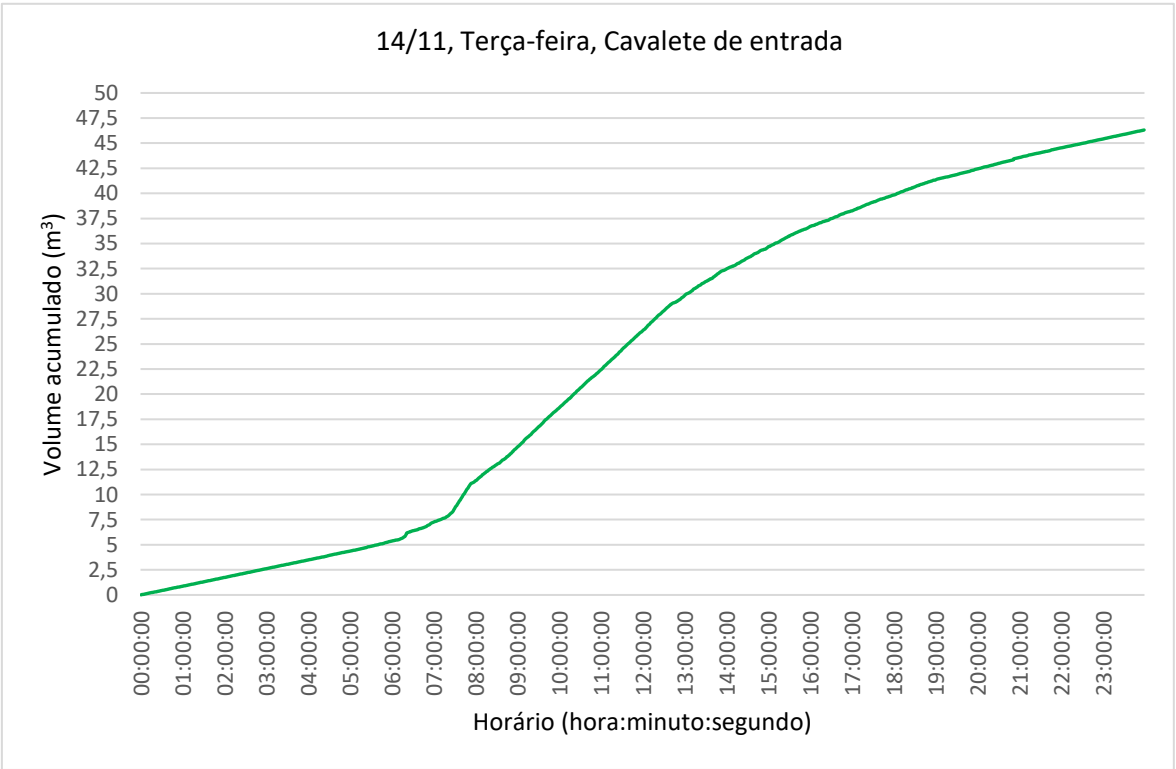

12/11, Domingo, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

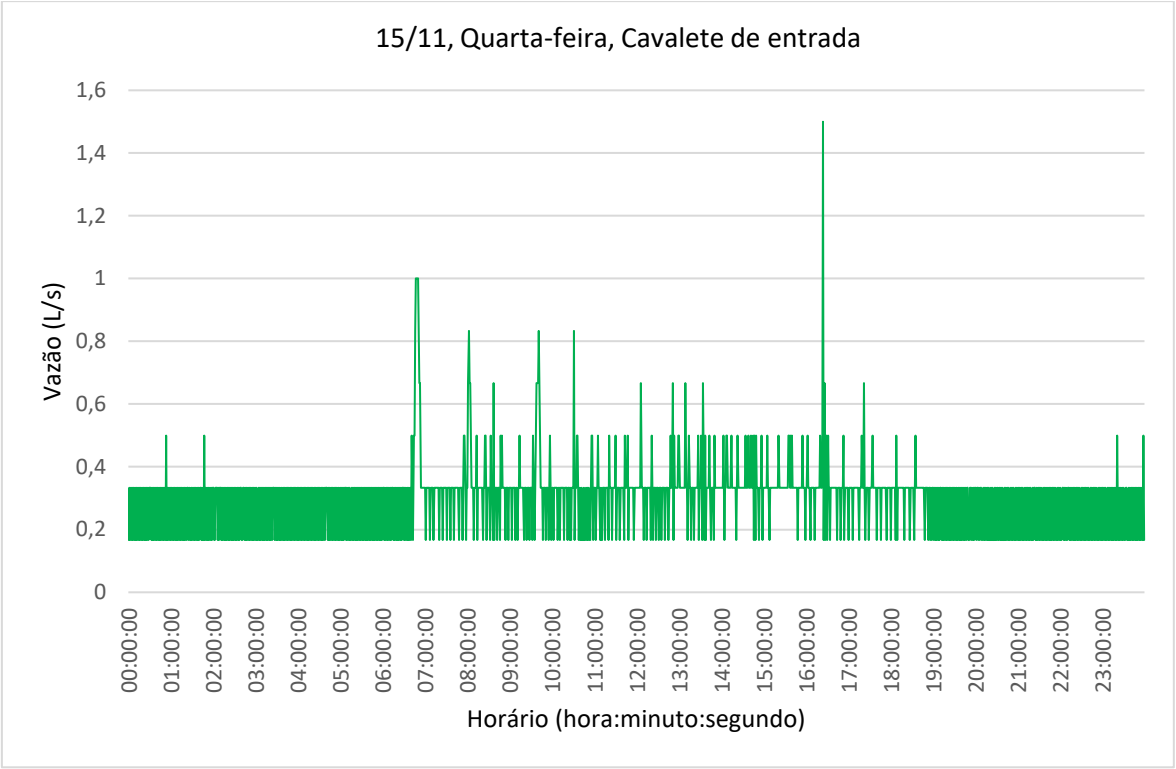

12/11, Domingo, Cavalete de entrada
Volume acmulado (m³)
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

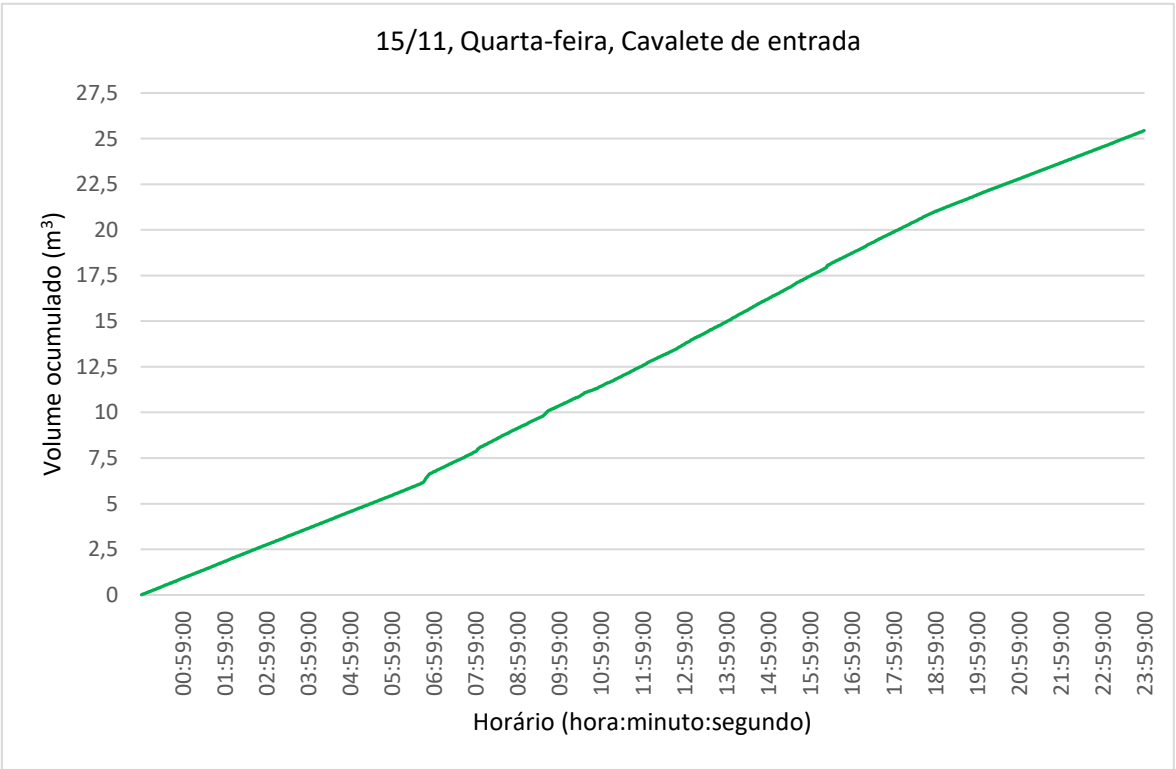

13/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

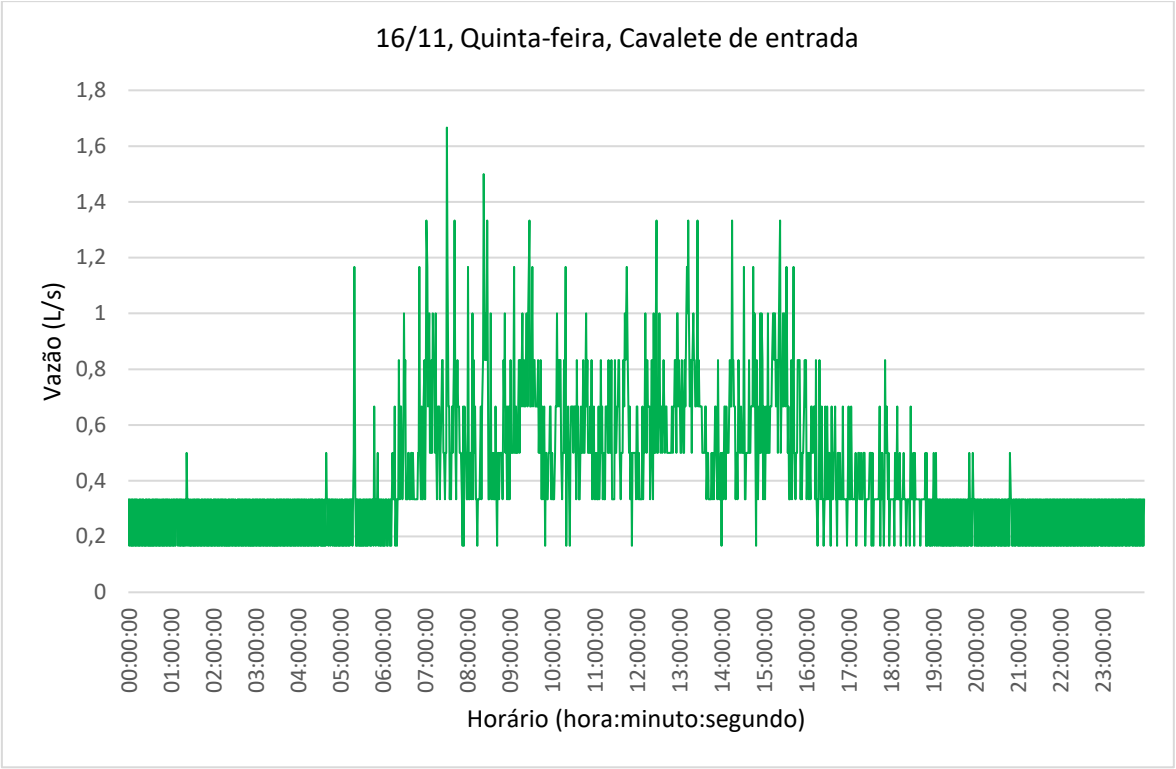

13/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

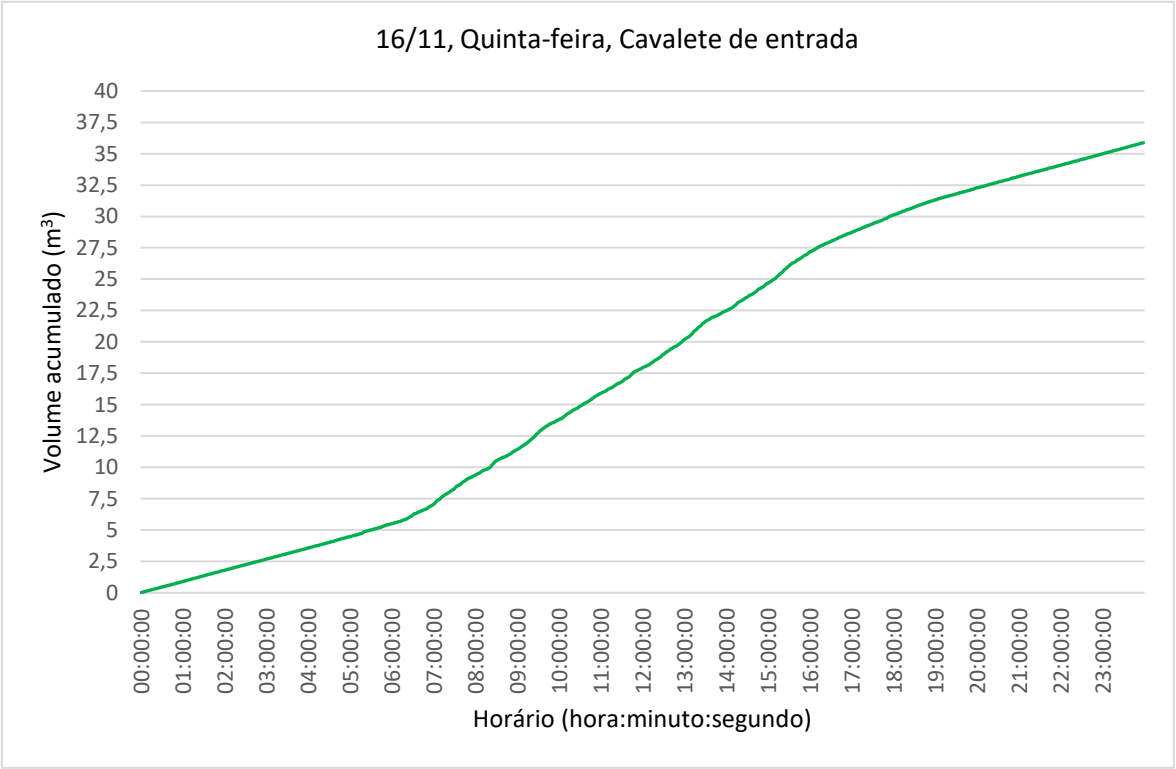

14/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

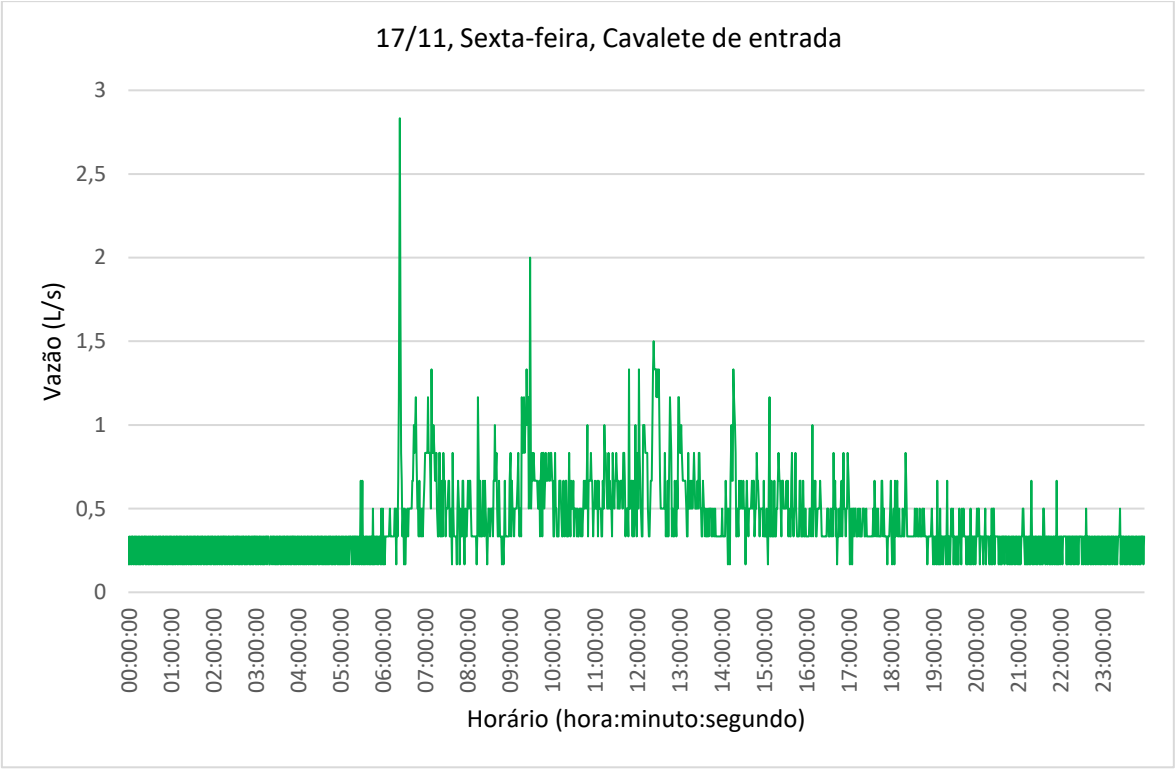

14/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
50
47,5
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

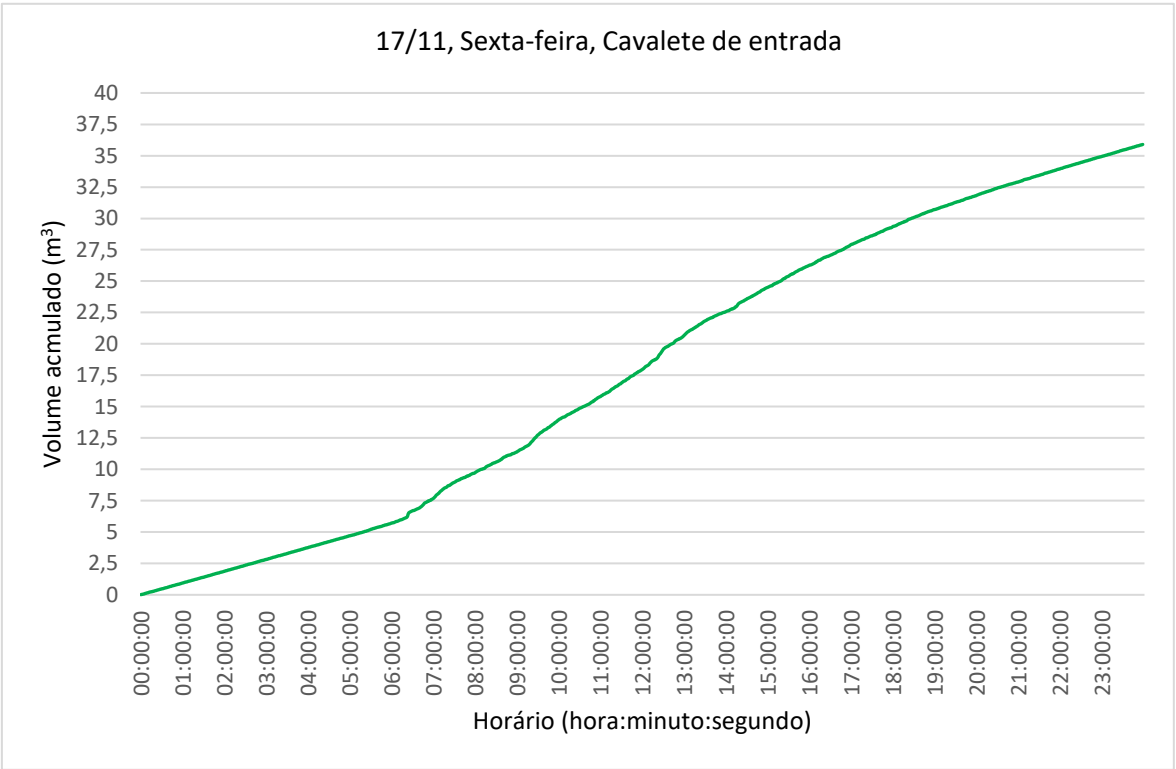

15/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

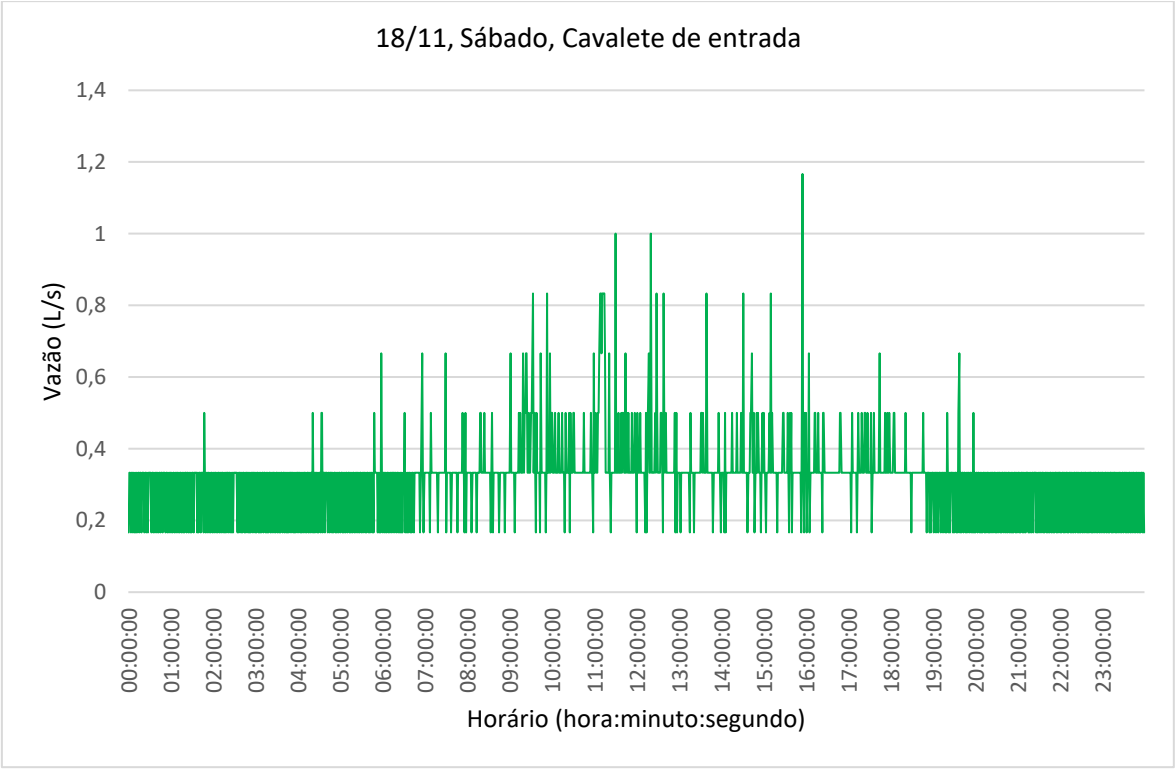

15/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Volume ocumulado (m³)
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:59:00
01:59:00
02:59:00
03:59:00
04:59:00
05:59:00
06:59:00
07:59:00
08:59:00
09:59:00
10:59:00
11:59:00
12:59:00
13:59:00
14:59:00
15:59:00
16:59:00
17:59:00
18:59:00
19:59:00
20:59:00
21:59:00
22:59:00
23:59:00
Horário (hora:minuto:segundo)

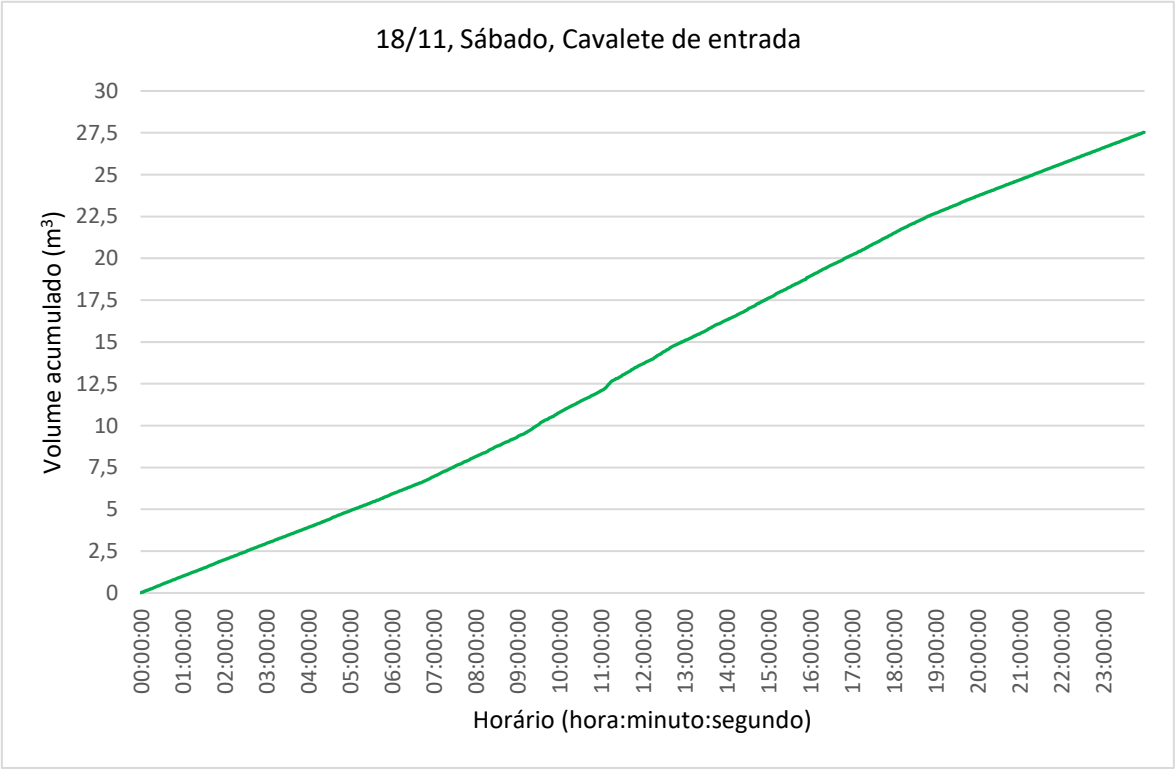

16/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

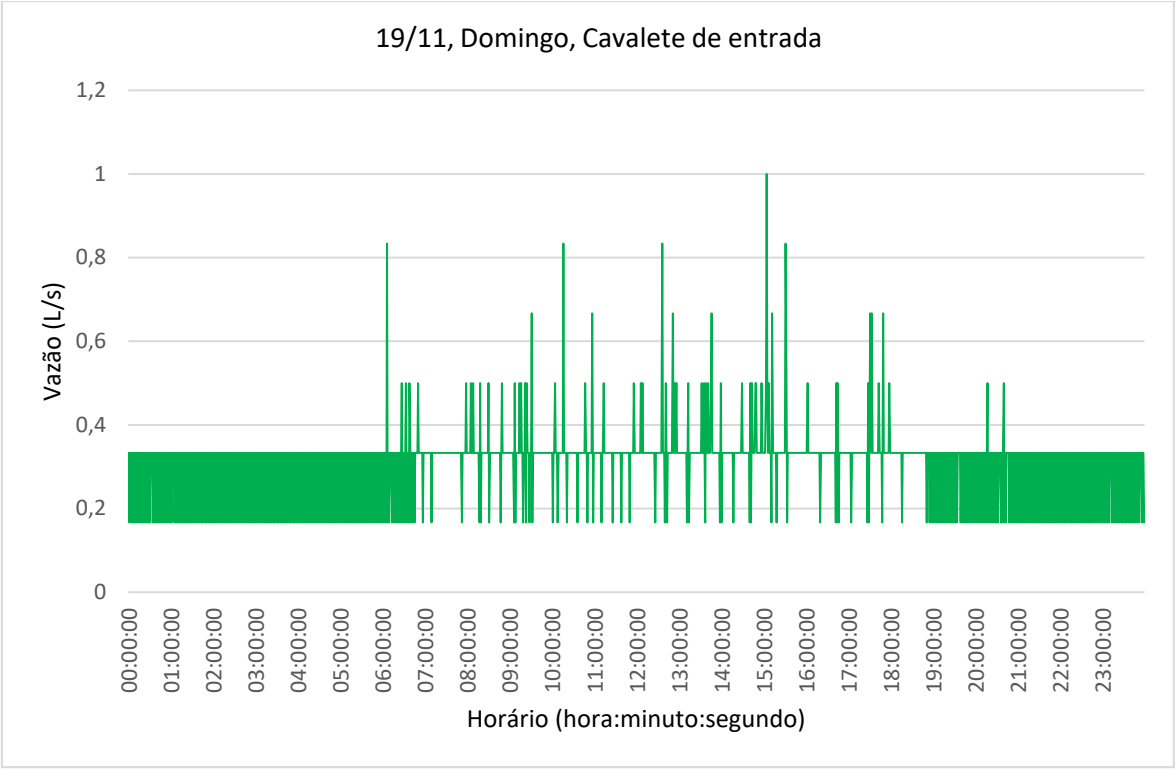

16/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

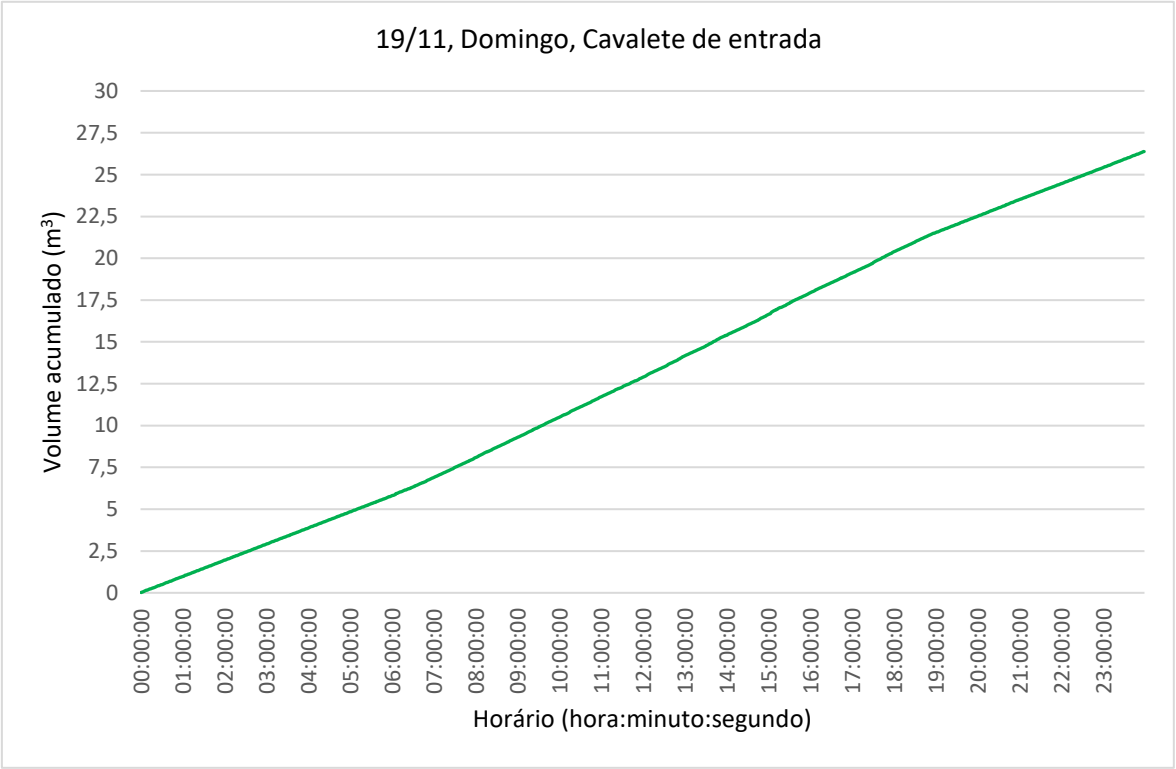

17/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

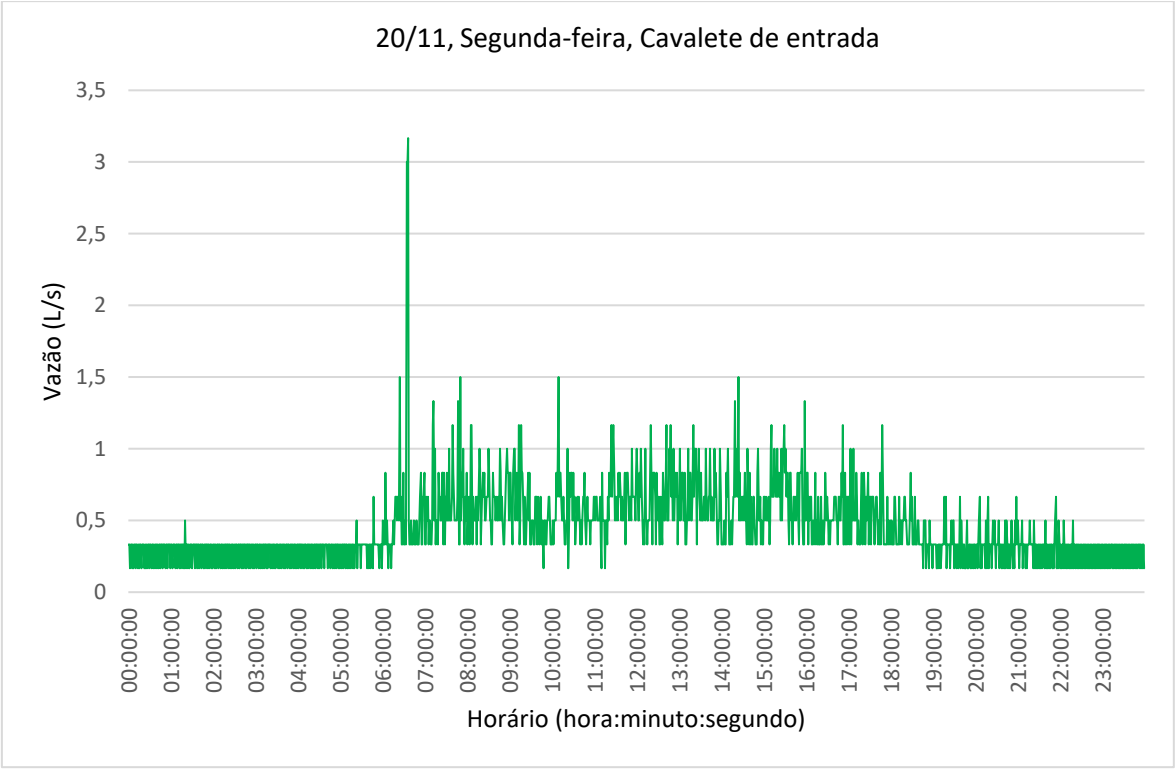

17/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Volume acmulado (m³)
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

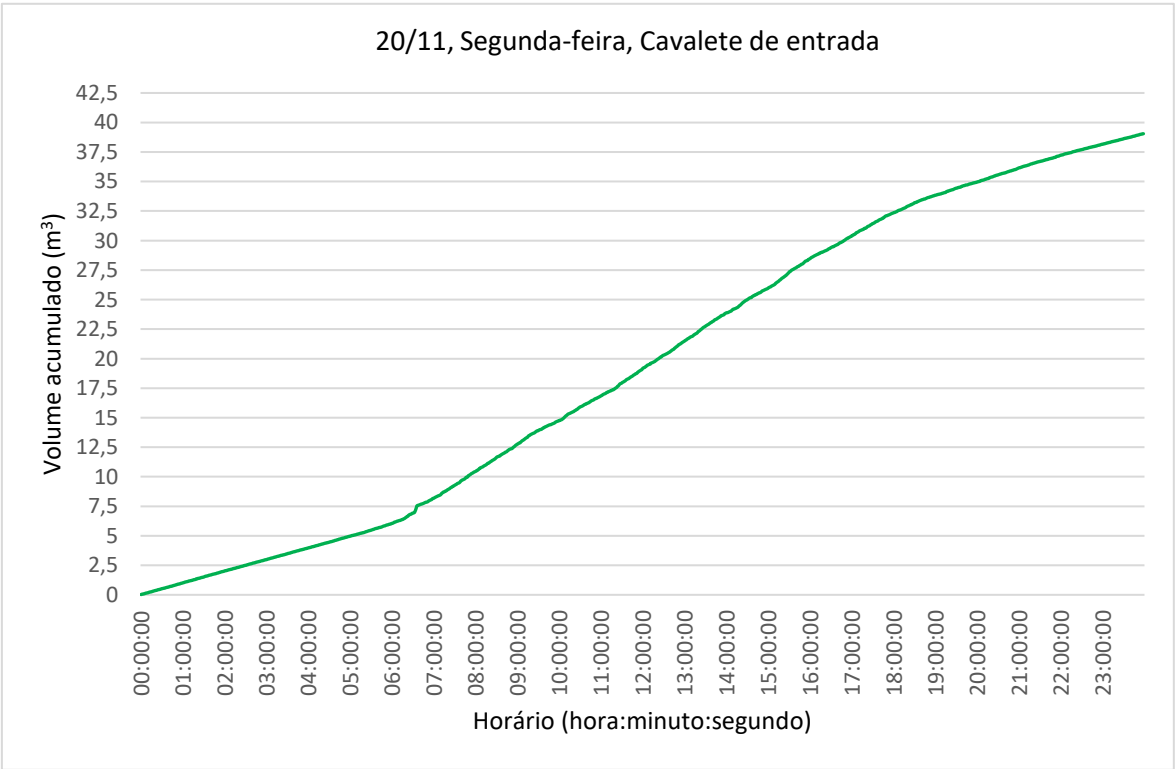

18/11, Sábado, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

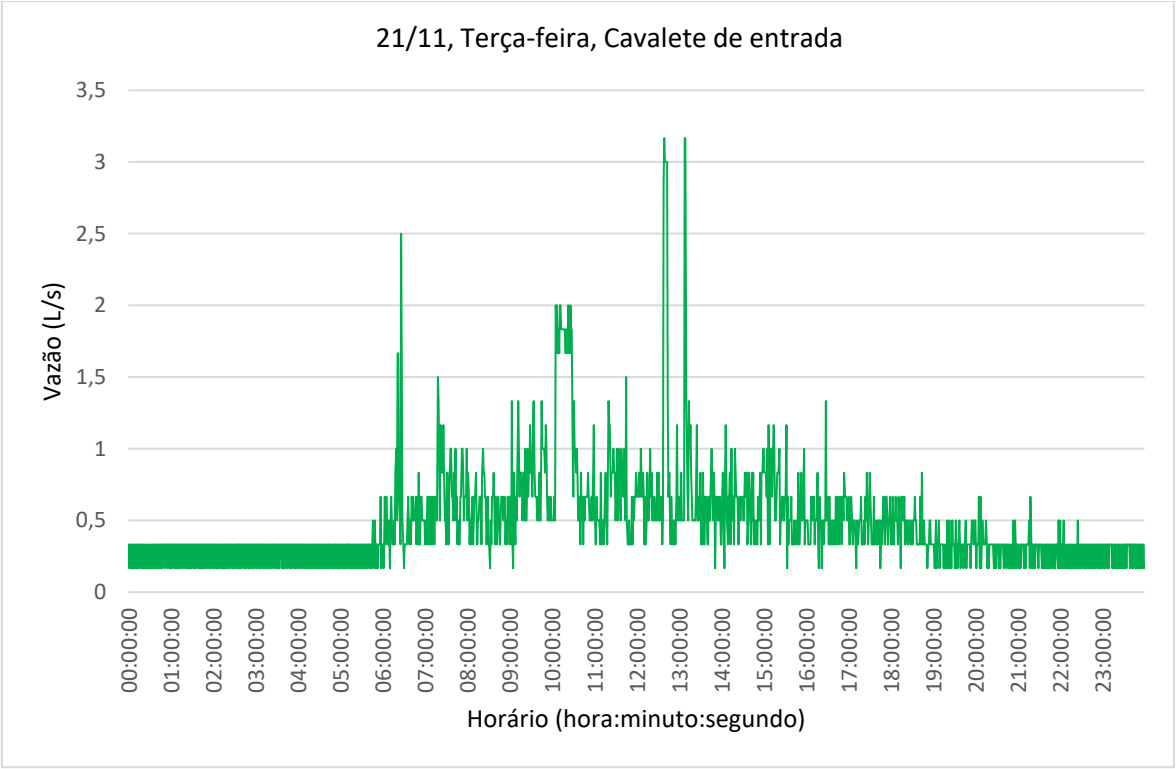

18/11, Sábado, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

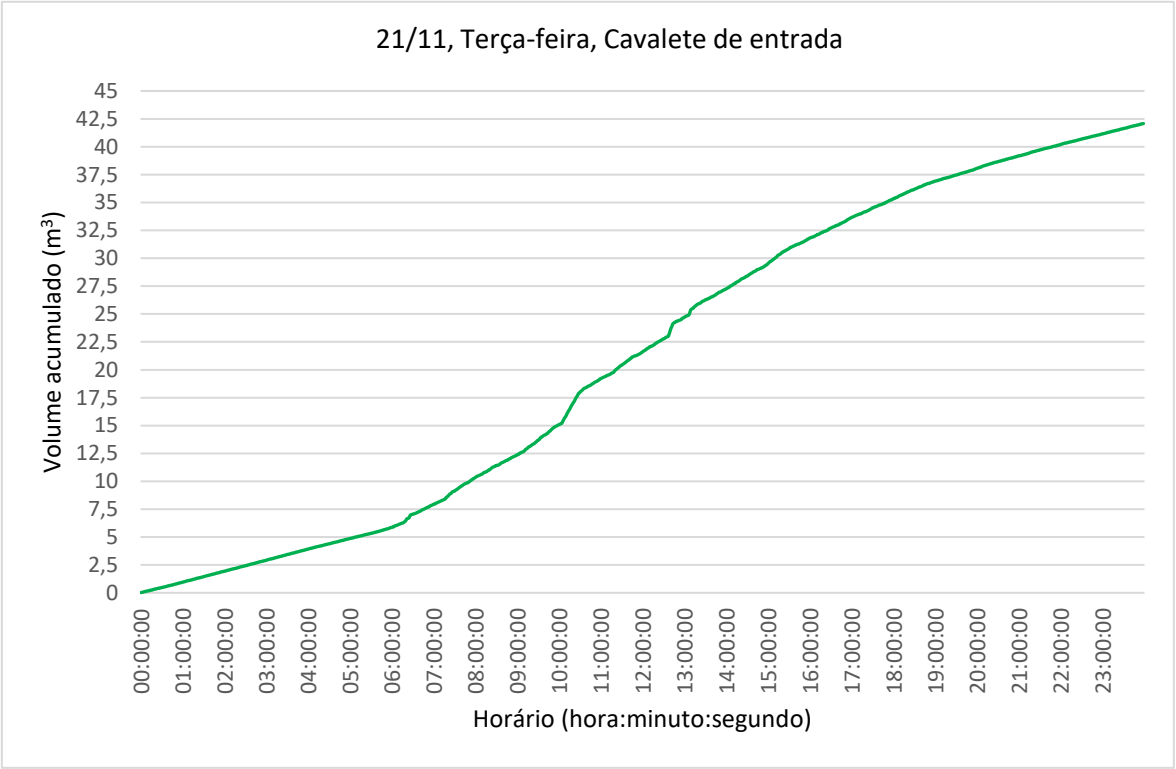

19/11, Domingo, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

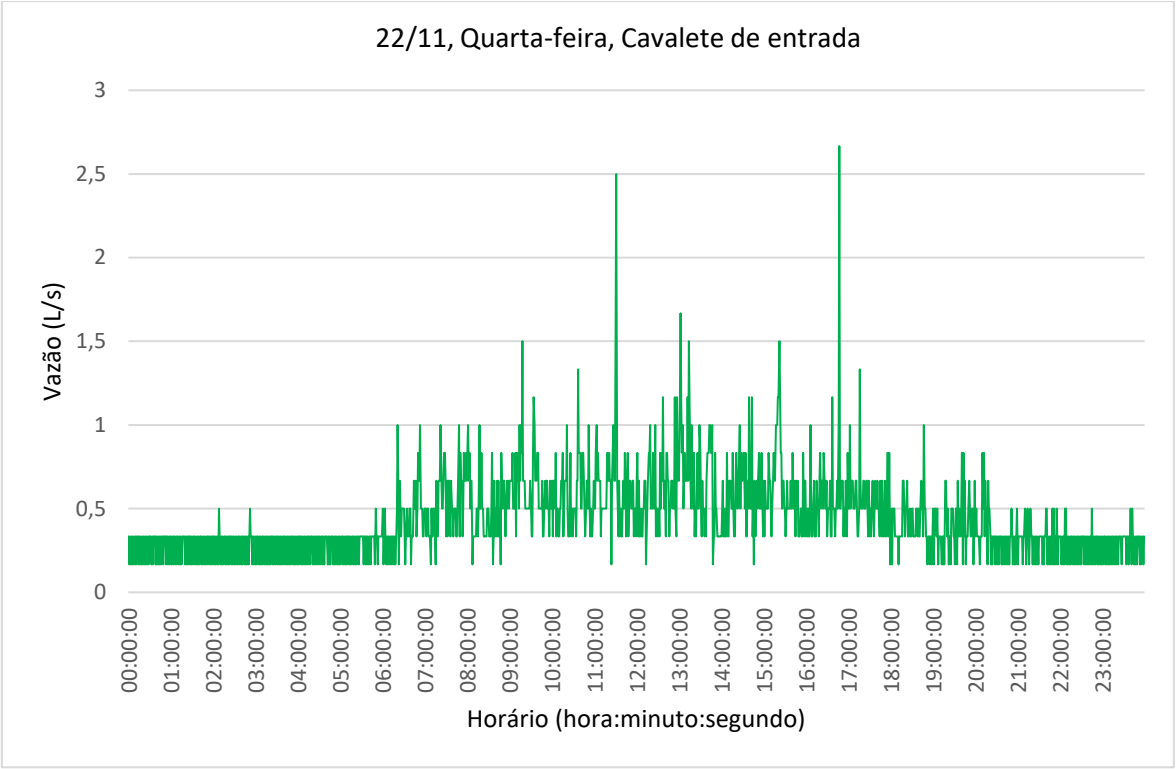

19/11, Domingo, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

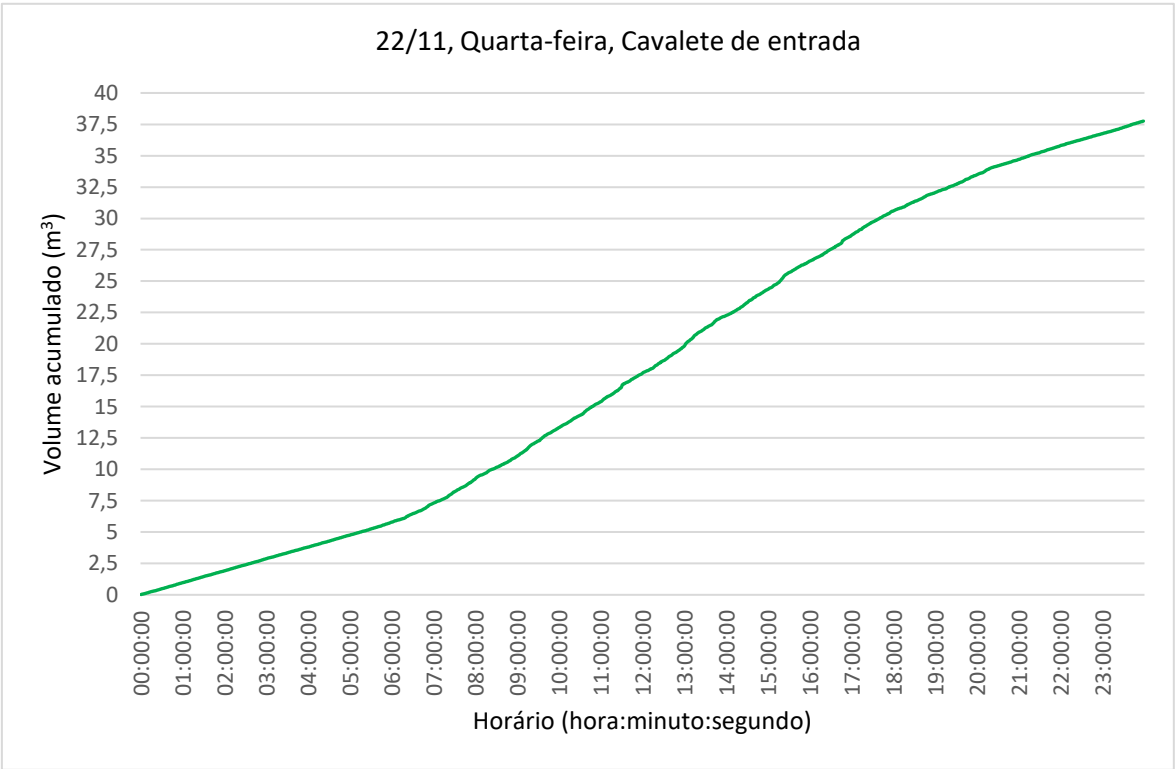

20/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)


20/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

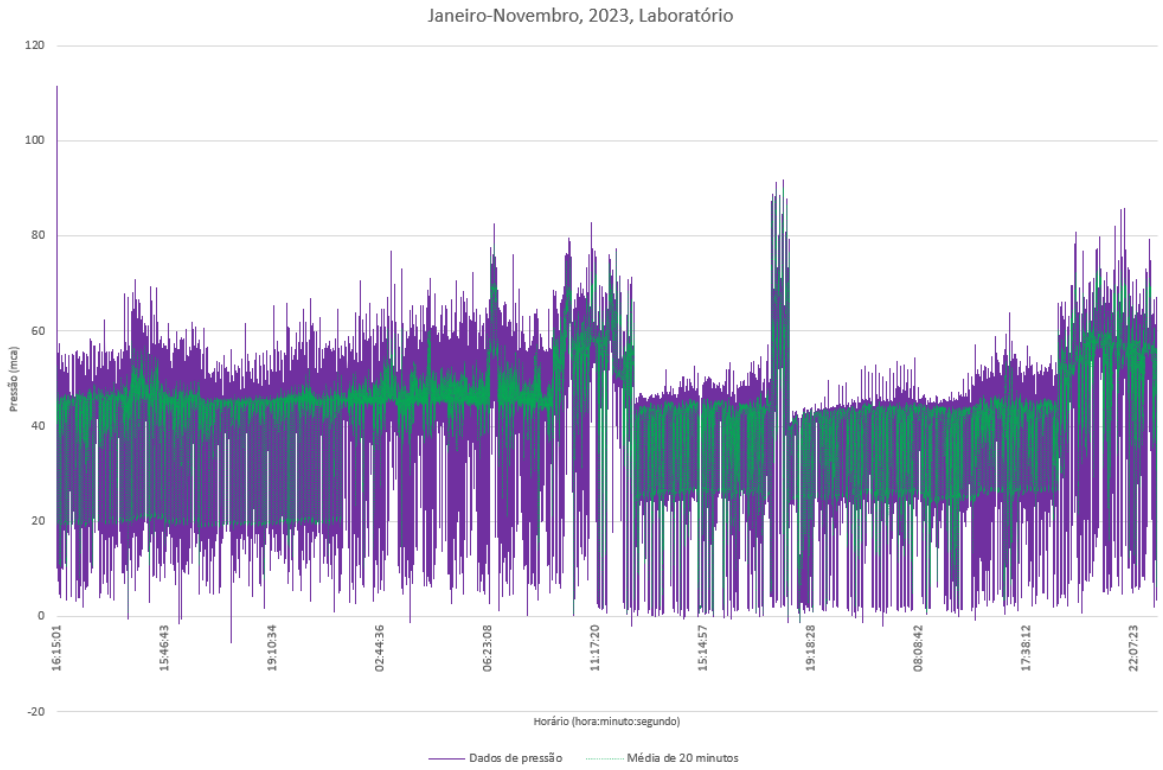

21/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

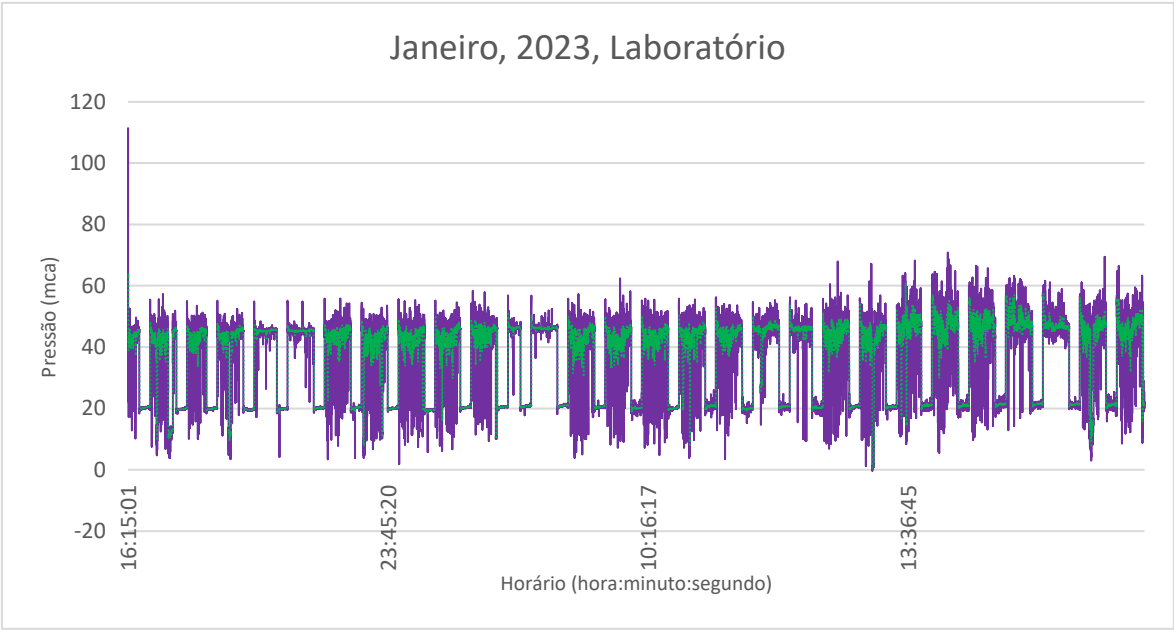

21/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
45
42,5
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

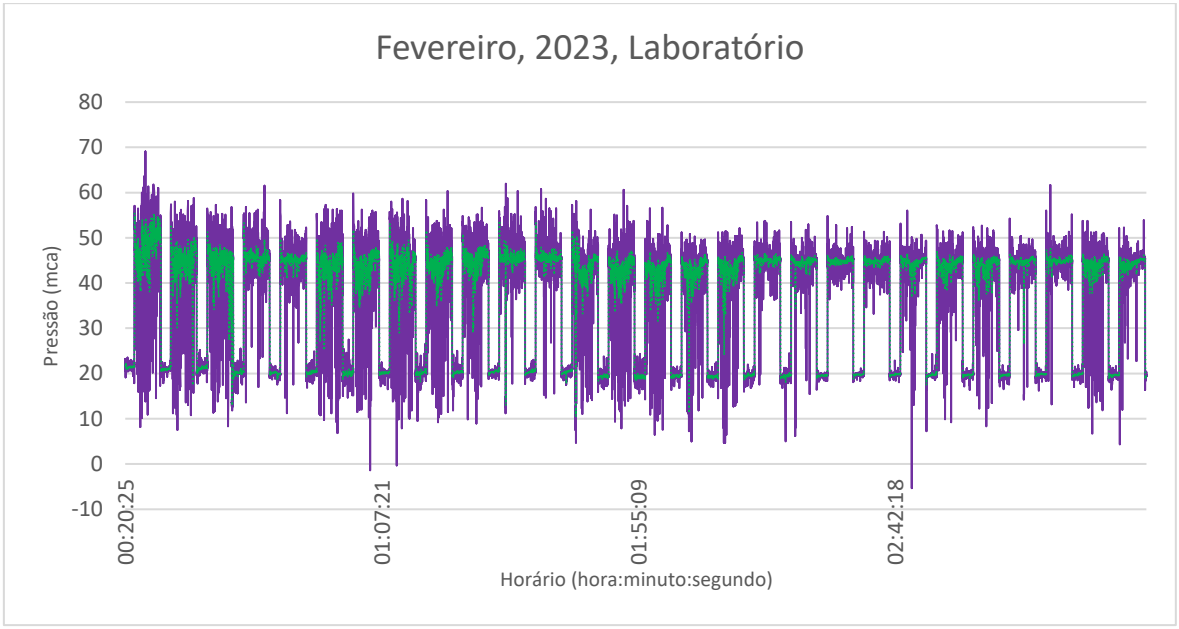

22/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Vazão (L/s)
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

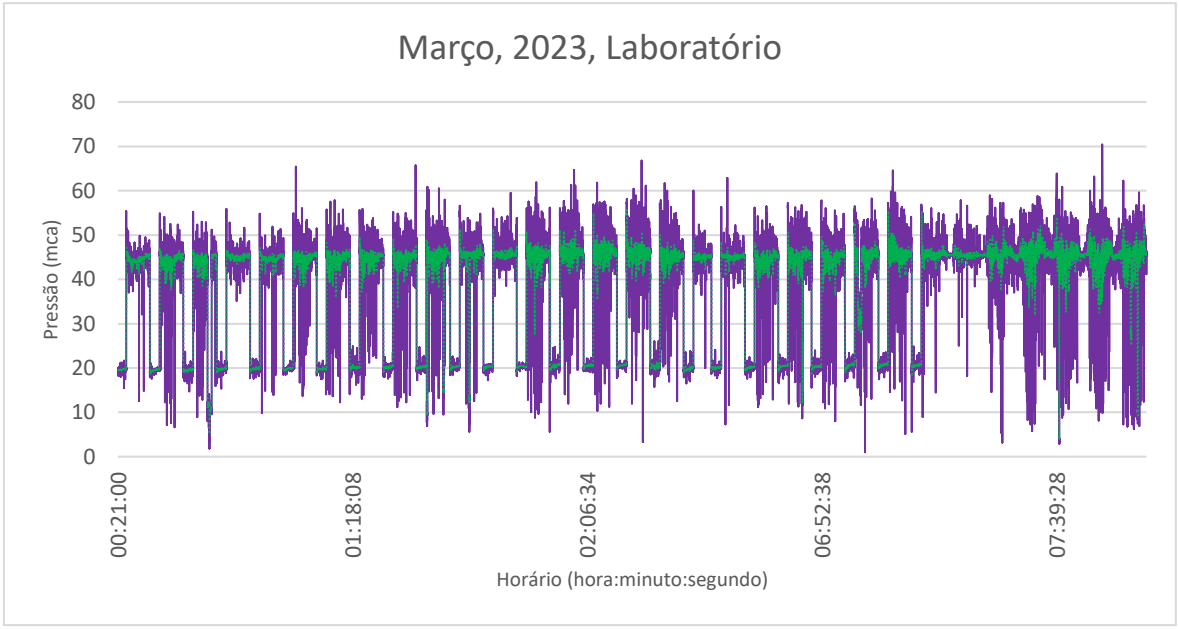

22/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Volume acumulado (m³)
40
37,5
35
32,5
30
27,5
25
22,5
20
17,5
15
12,5
10
7,5
5
2,5
0
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Horário (hora:minuto:segundo)

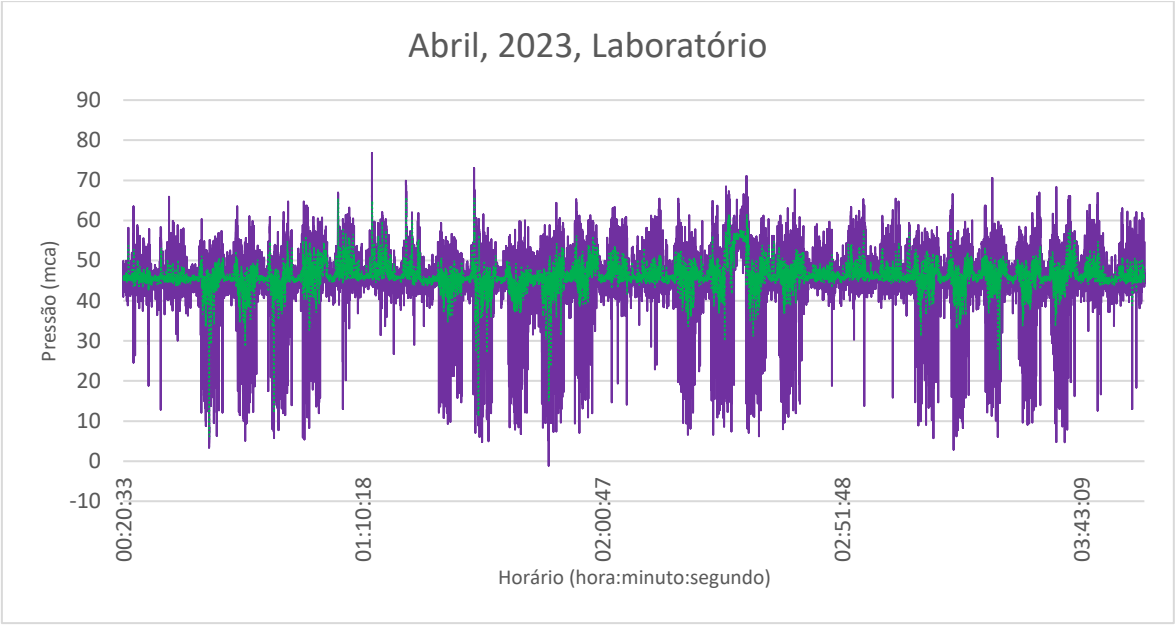
APÊNDICE B – GRÁFICOS DE PRESSÃO DO CAVALETE DE ENTRADA E DO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA E ESTRUTURAS

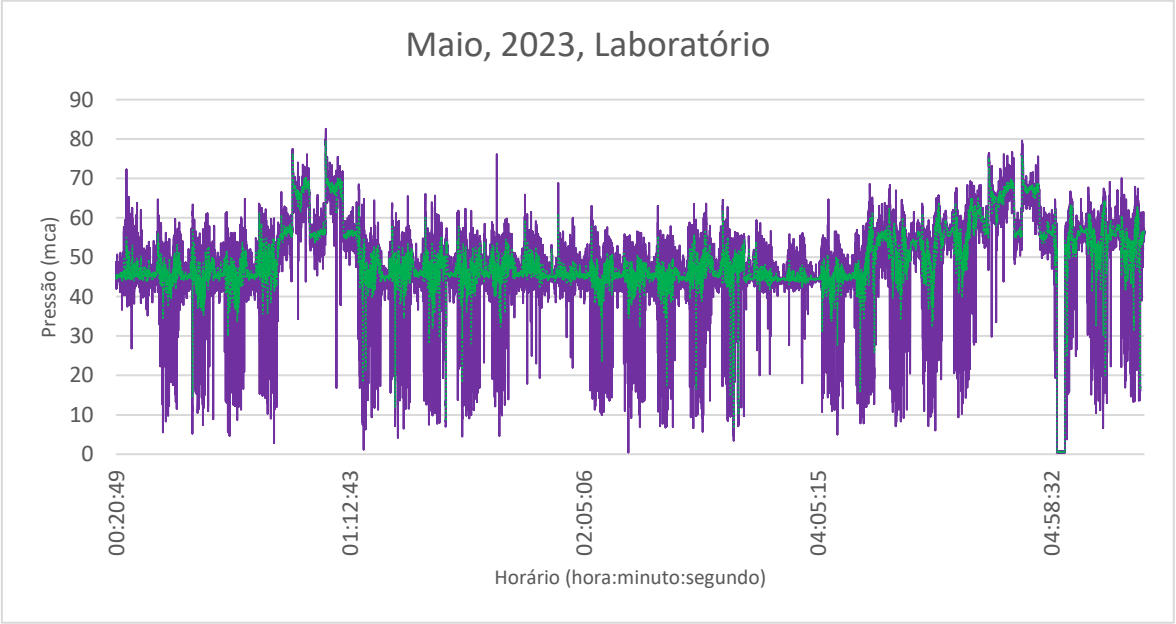


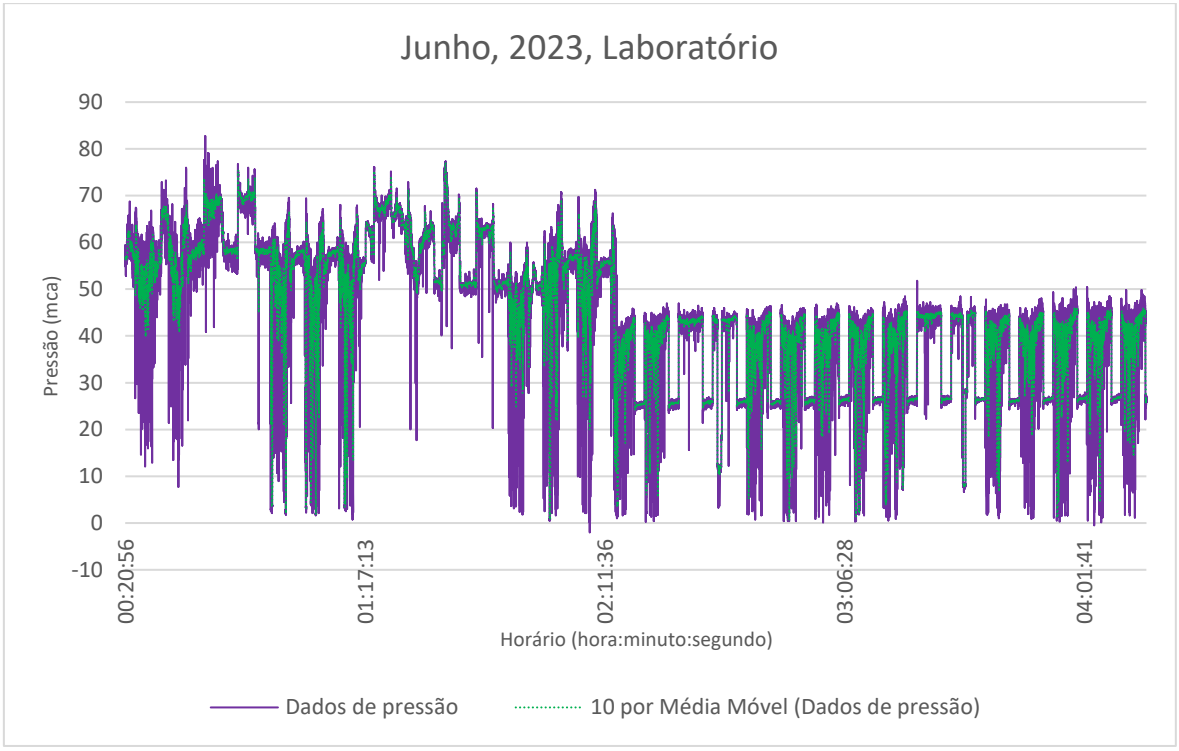


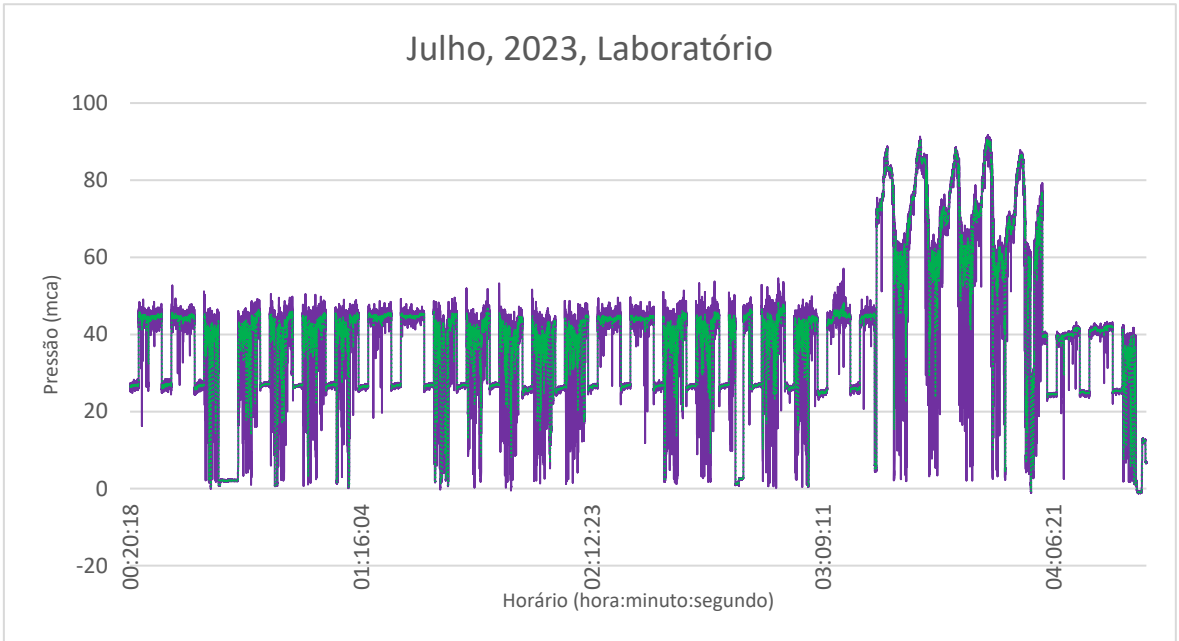

Fevereiro, 2023, Laboratório
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
Pressão (mca)
00:20:25
01:07:21
01:55:09
02:42:18
Horário (hora:minuto:segundo)

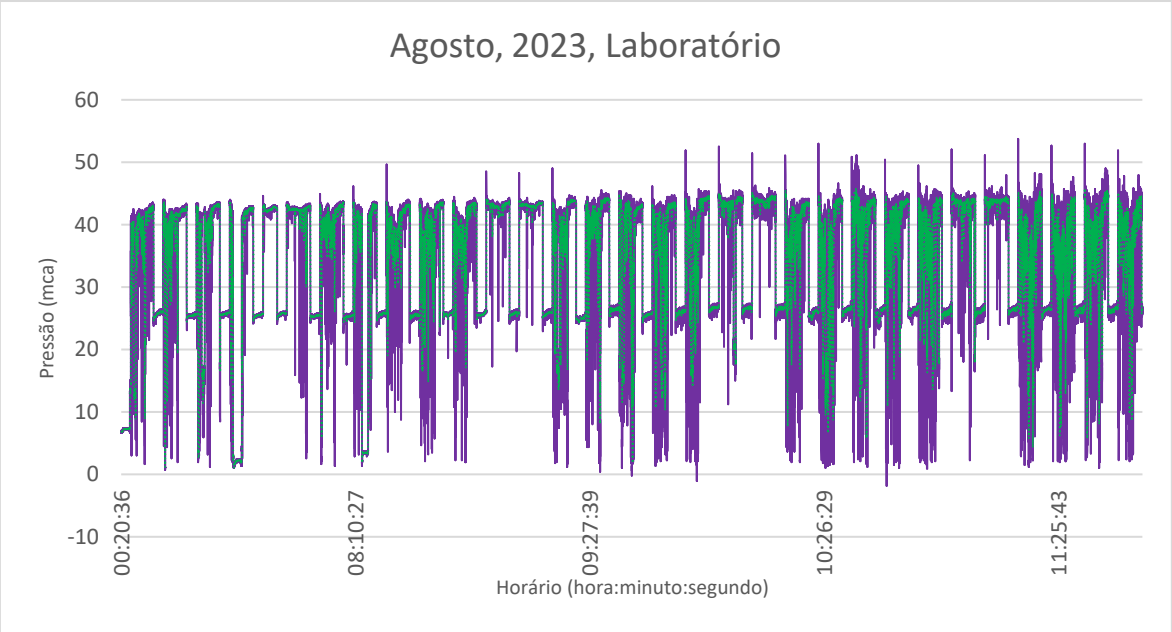

Março, 2023, Laboratório
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Pressão (mca)
00:21:00
01:18:08
02:06:34
06:52:38
07:39:28
Horário (hora:minuto:segundo)

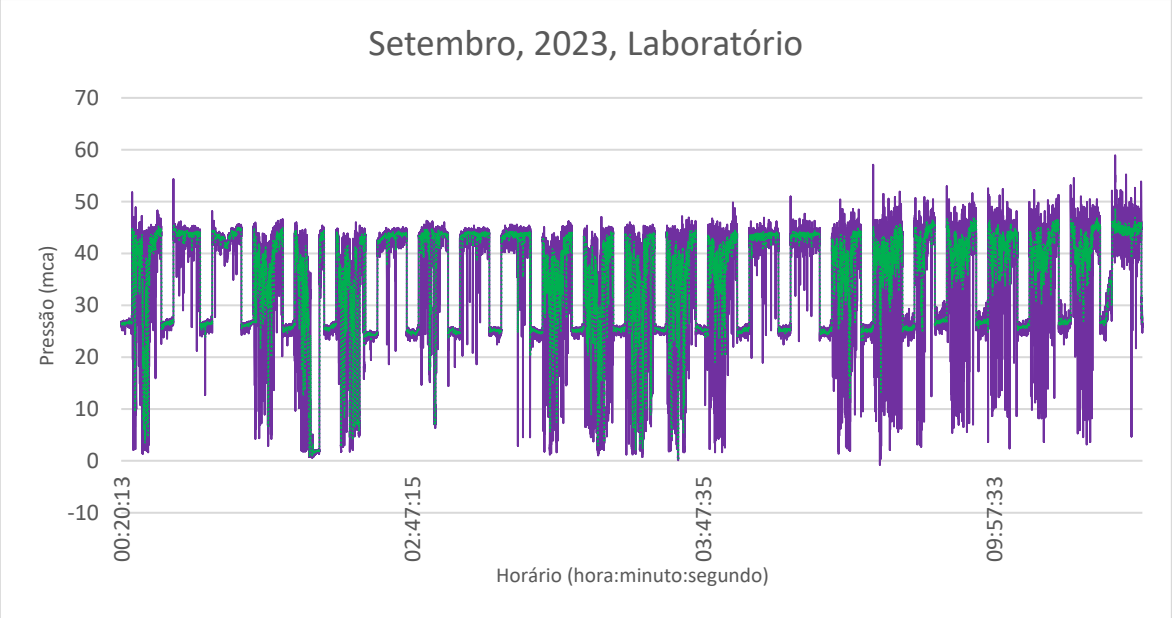

Abril, 2023, Laboratório
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
Pressão (mca)
00:20:33
01:10:18
02:00:47
02:51:48
03:43:09
Horário (hora:minuto:segundo)

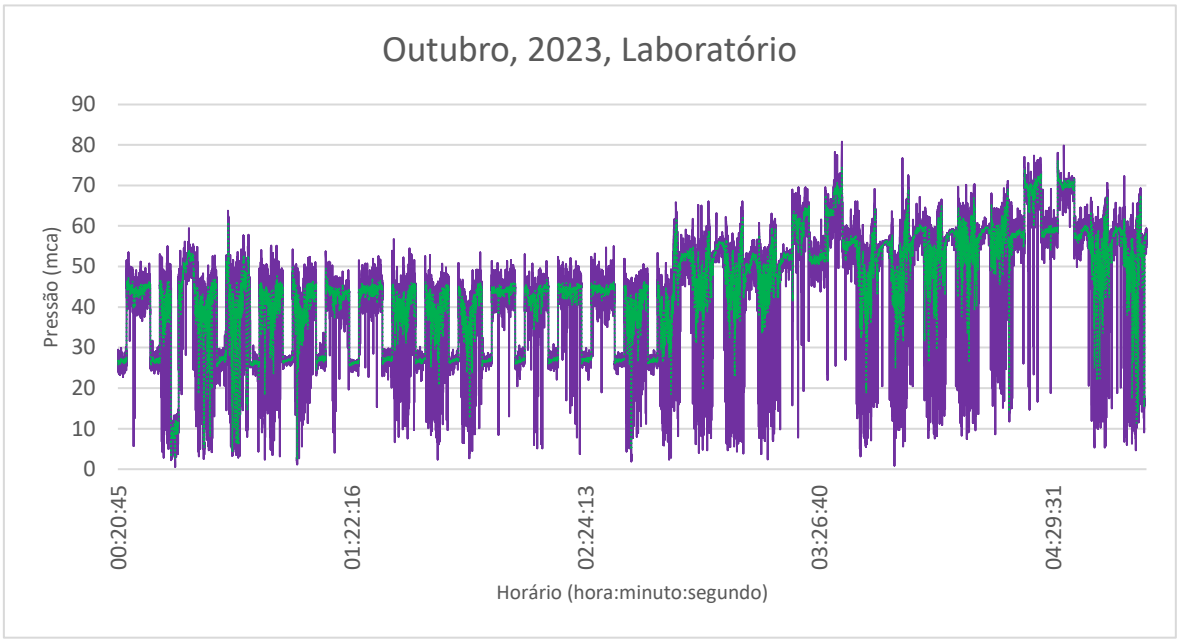

Maio, 2023, Laboratório
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Pressão (mca)
00:20:49
01:12:43
02:05:06
04:05:15
04:58:32
Horário (hora:minuto:segundo)

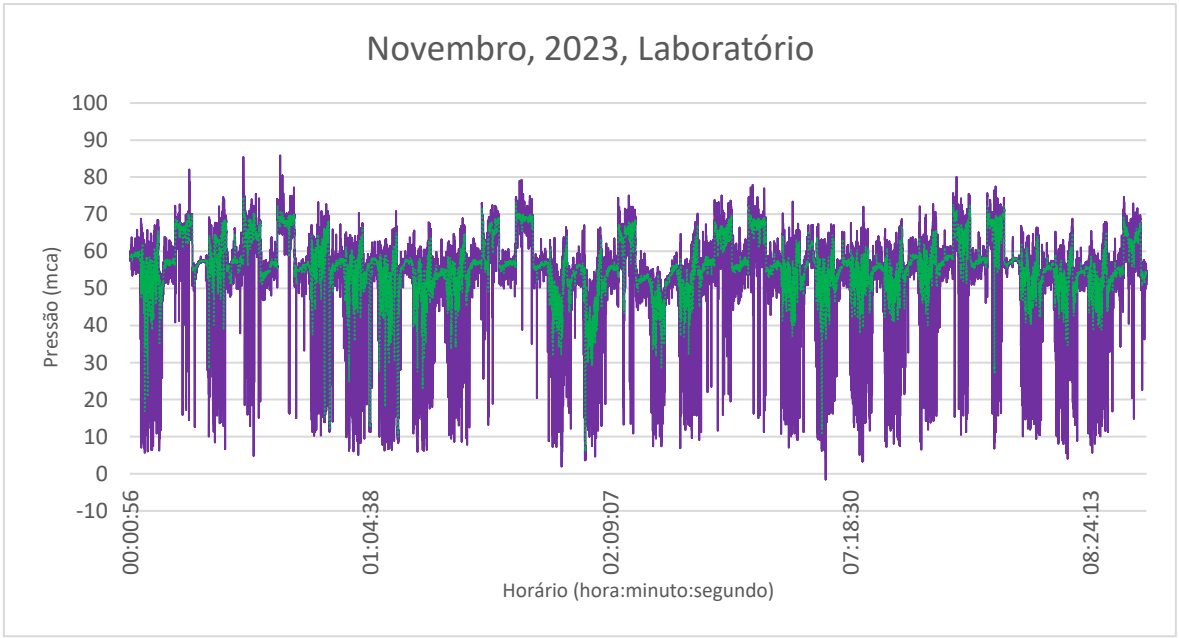

Junho, 2023, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
00:20:56
01:17:13
02:11:36
03:06:28
04:01:41
Horário (hora:minuto:segundo)
Dados de pressão
10 por Média Móvel (Dados de pressão)

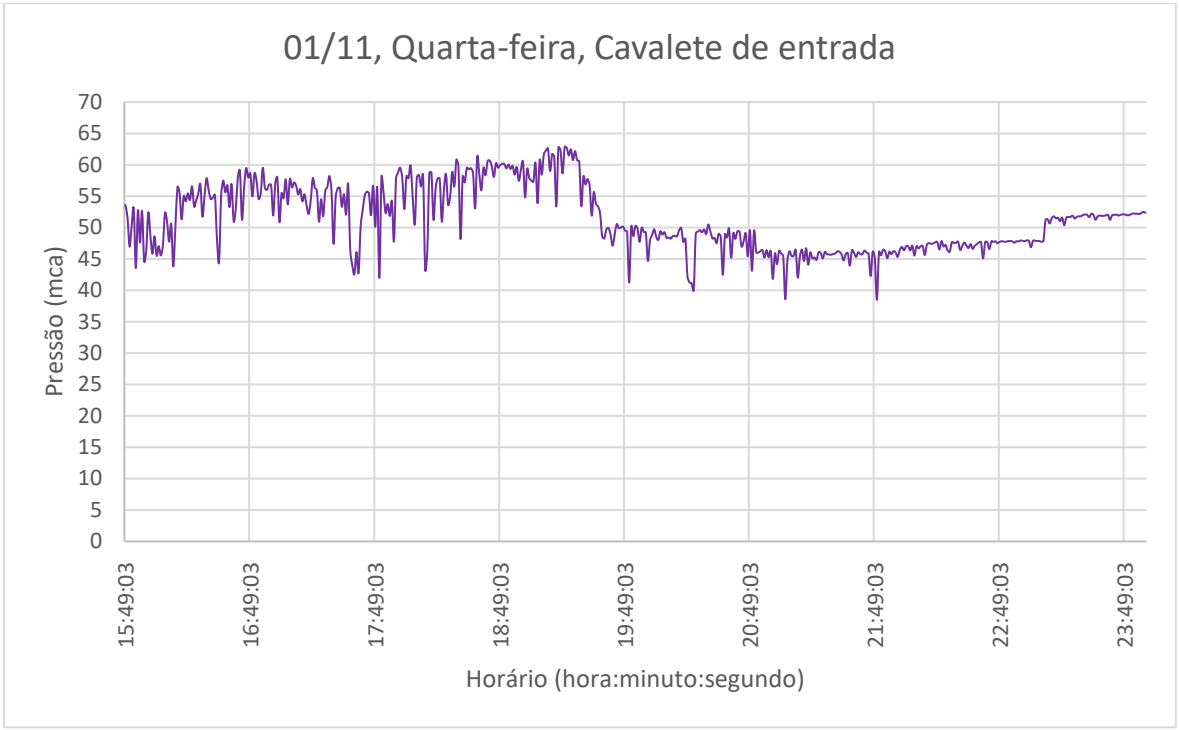

Julho, 2023, Laboratório
Pressão (mca)
100
80
60
40
20
0
-20
00:20:18
01:16:04
02:12:23
03:09:11
04:06:21
Horário (hora:minuto:segundo)

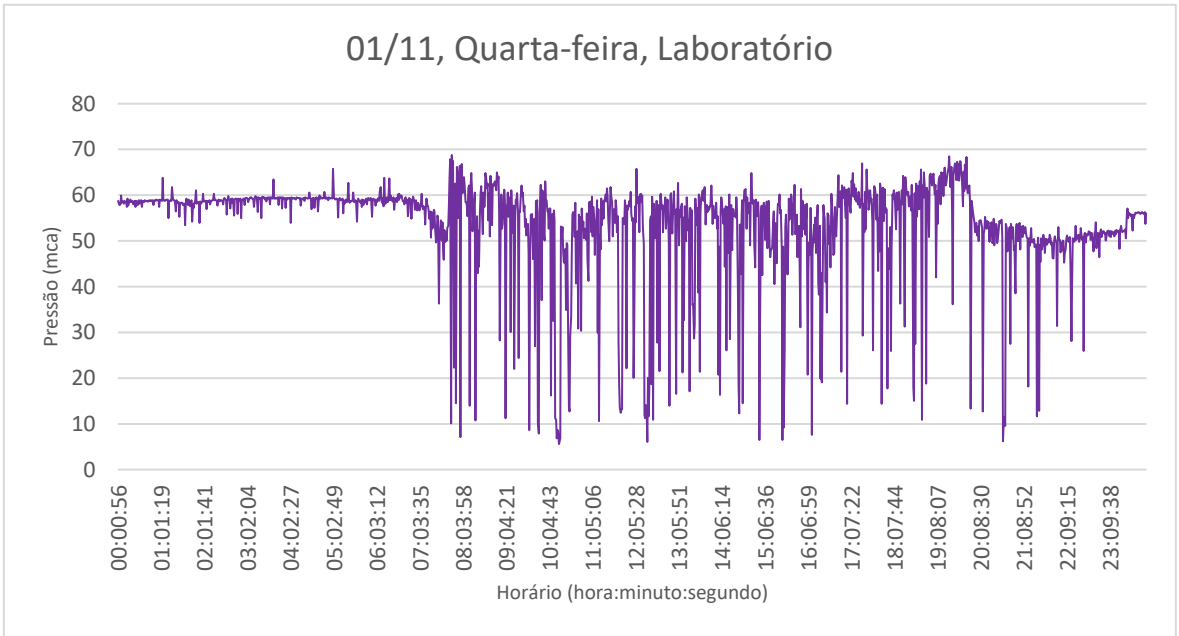

Agosto, 2023, Laboratório
60
50
40
30
20
10
0
-10
Pressão (mca)
00:20:36
08:10:27
09:27:39
10:26:29
11:25:43
Horário (hora:minuto:segundo)

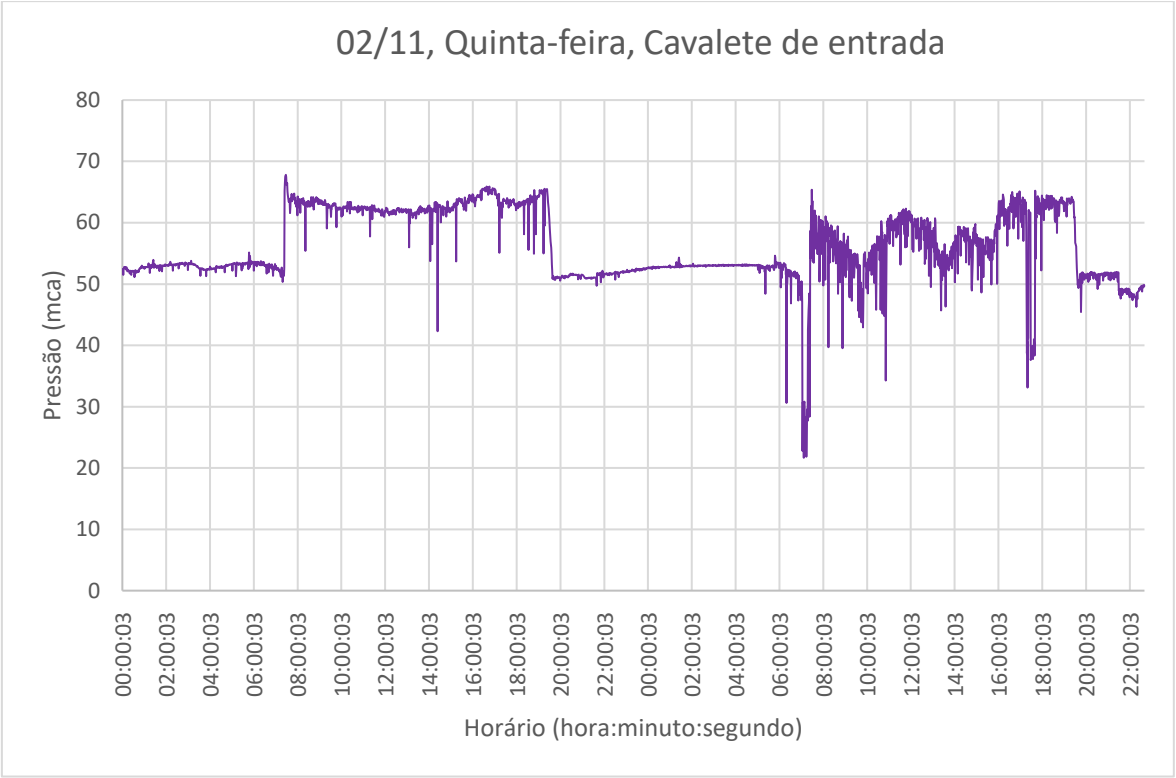

Setembro, 2023, Laboratório
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
Pressão (mca)
00:20:13
02:47:15
03:47:35
09:57:33
Horário (hora:minuto:segundo)

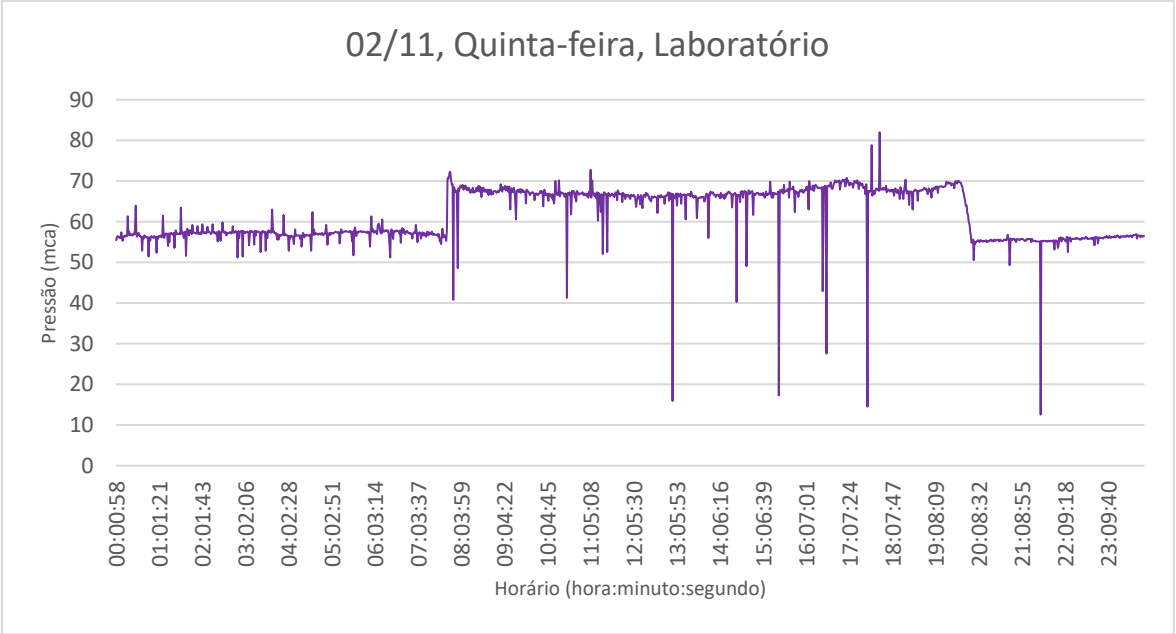

Outubro, 2023, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:20:45
01:22:16
02:24:13
03:26:40
04:29:31
Horário (hora:minuto:segundo)

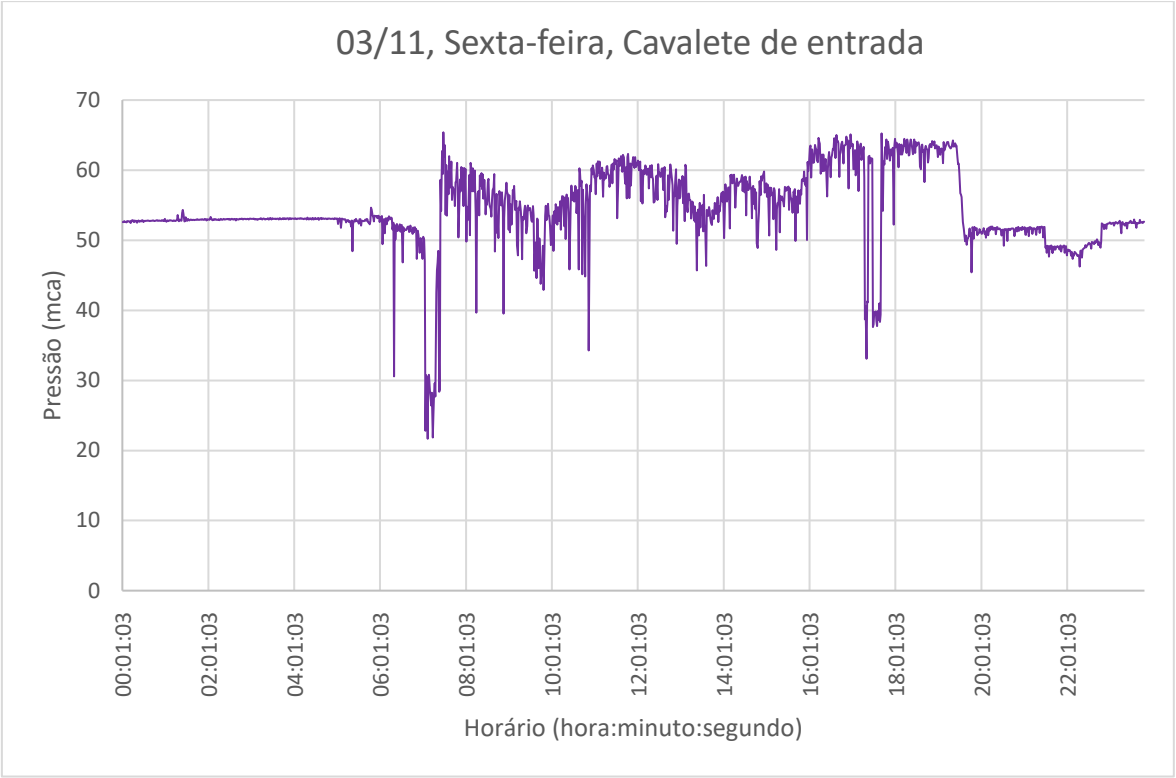

Novembro, 2023, Laboratório
Pressão (mca)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
00:00:56
01:04:38
02:09:07
07:18:30
08:24:13
Horário (hora:minuto:segundo)

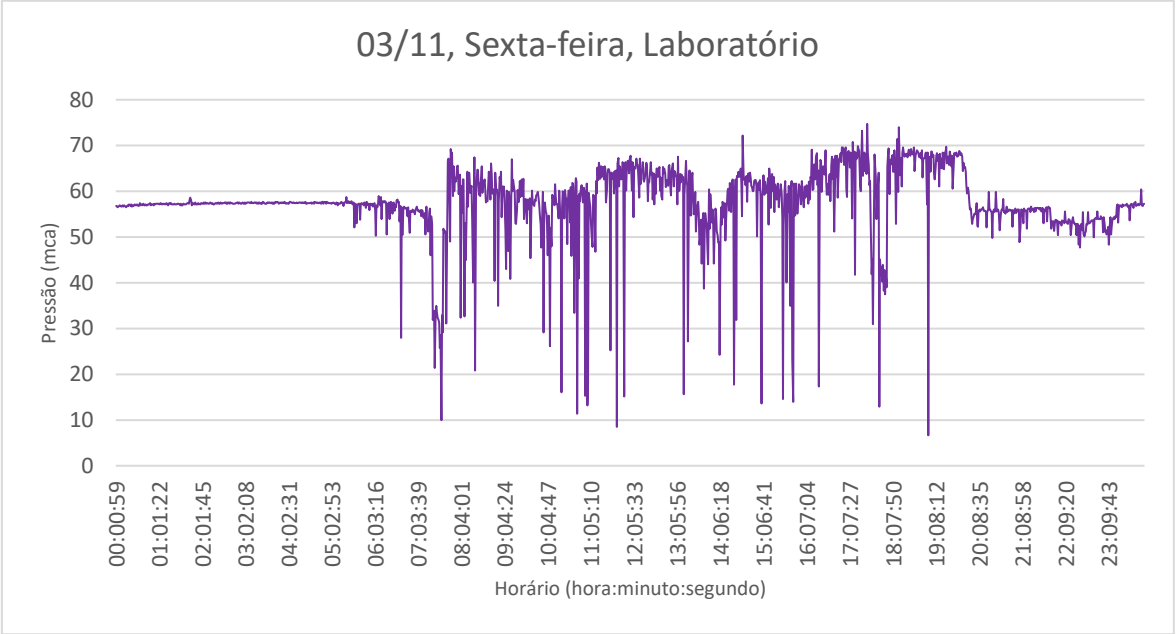

01/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
15:49:03
16:49:03
17:49:03
18:49:03
19:49:03
20:49:03
21:49:03
22:49:03
23:49:03
Horário (hora:minuto:segundo)

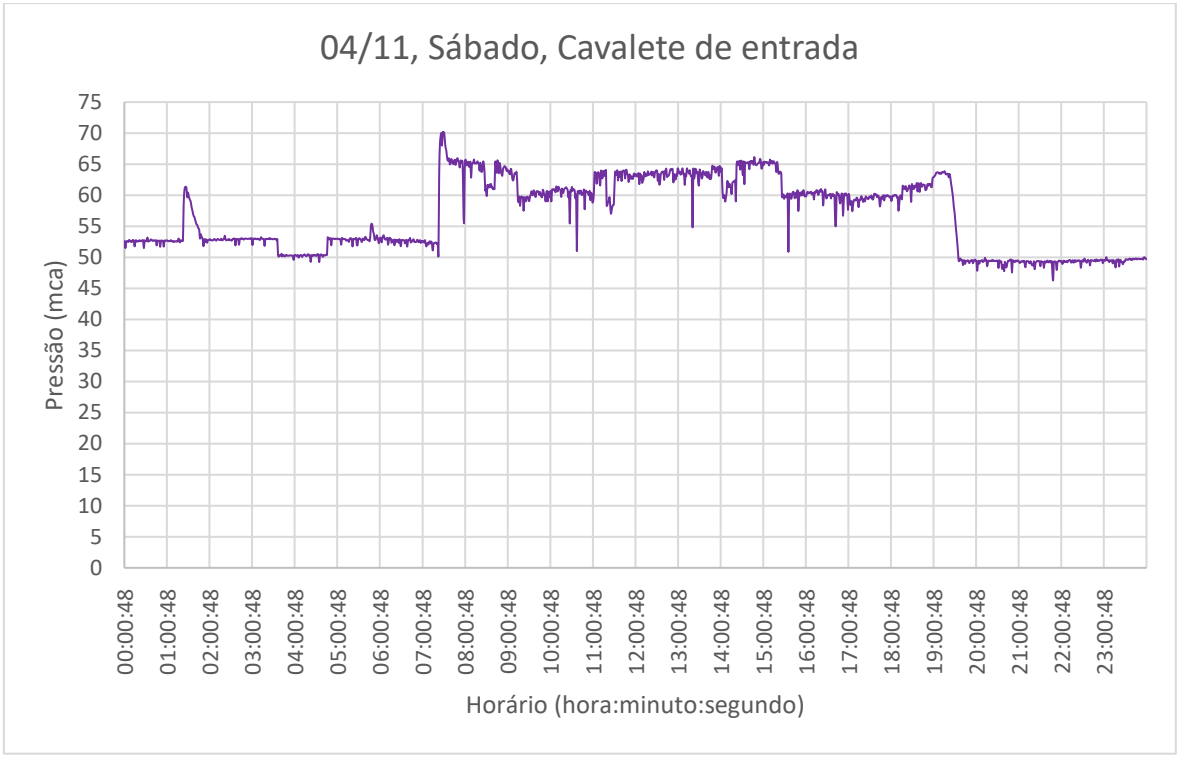

01/11, Quarta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:56
01:01:19
02:01:41
03:02:04
04:02:27
05:02:49
06:03:12
07:03:35
08:03:58
09:04:21
10:04:43
11:05:06
12:05:28
13:05:51
14:06:14
15:06:36
16:06:59
17:07:22
18:07:44
19:08:07
20:08:30
21:08:52
22:09:15
23:09:38
Horário (hora:minuto:segundo)

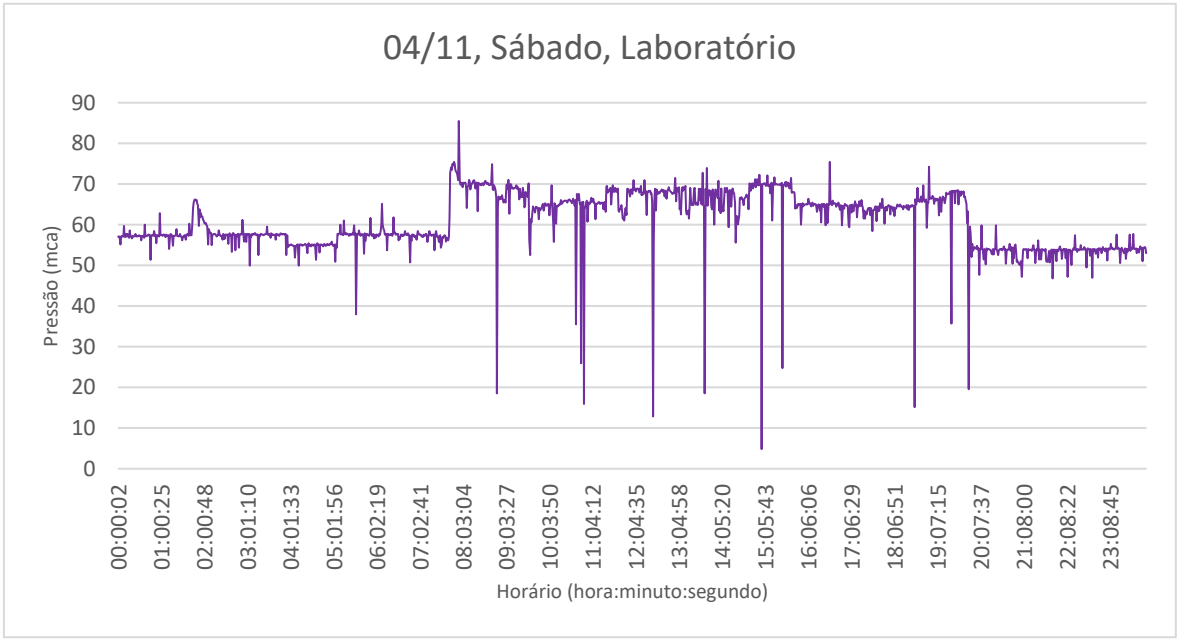

02/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:03
02:00:03
04:00:03
06:00:03
08:00:03
10:00:03
12:00:03
14:00:03
16:00:03
18:00:03
20:00:03
22:00:03
00:00:03
02:00:03
04:00:03
06:00:03
08:00:03
10:00:03
12:00:03
14:00:03
16:00:03
18:00:03
20:00:03
22:00:03
Horário (hora:minuto:segundo)

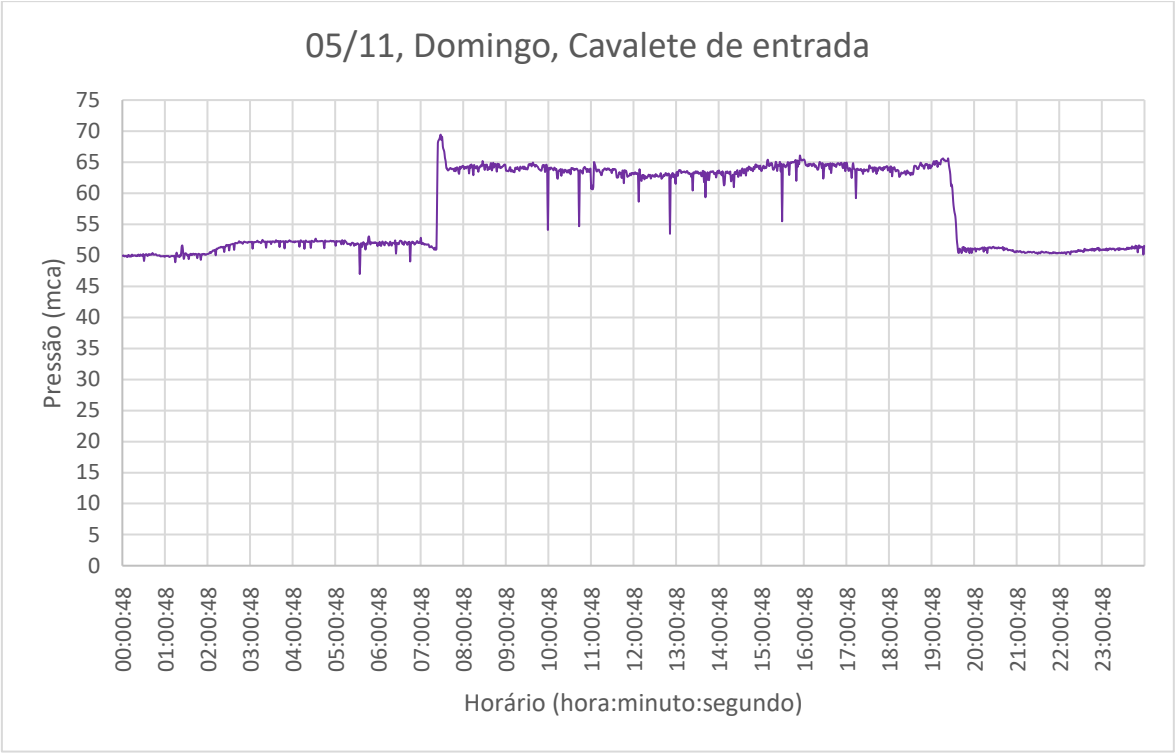

02/11, Quinta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:58
01:01:21
02:01:43
03:02:06
04:02:28
05:02:51
06:03:14
07:03:37
08:03:59
09:04:22
10:04:45
11:05:08
12:05:30
13:05:53
14:06:16
15:06:39
16:07:01
17:07:24
18:07:47
19:08:09
20:08:32
21:08:55
22:09:18
23:09:40
Horário (hora:minuto:segundo)

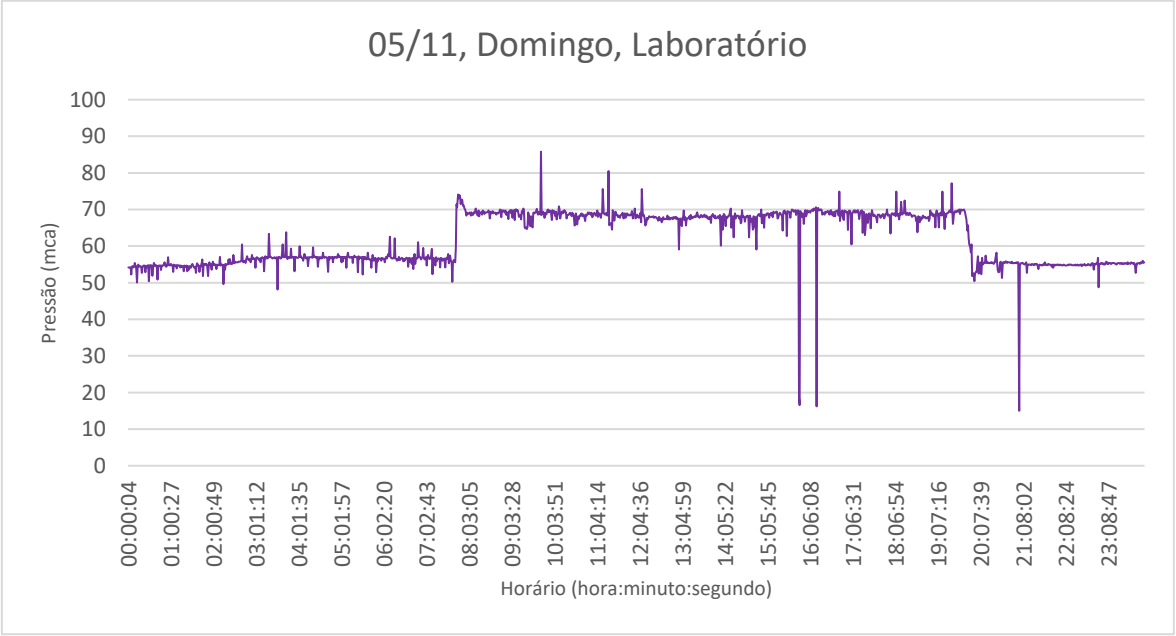

03/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
60
50
40
30
20
10
0
00:01:03
02:01:03
04:01:03
06:01:03
08:01:03
10:01:03
12:01:03
14:01:03
16:01:03
18:01:03
20:01:03
22:01:03
Horário (hora:minuto:segundo)

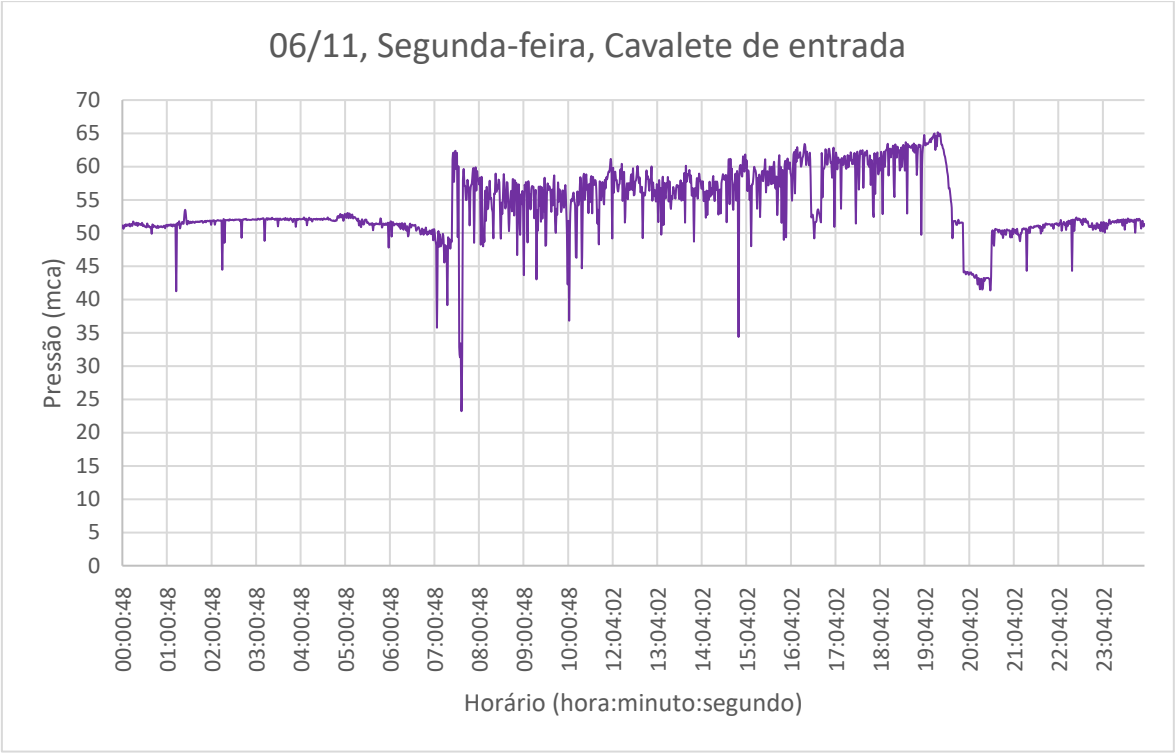

03/11, Sexta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:59
01:01:22
02:01:45
03:02:08
04:02:31
05:02:53
06:03:16
07:03:39
08:04:01
09:04:24
10:04:47
11:05:10
12:05:33
13:05:56
14:06:18
15:06:41
16:07:04
17:07:27
18:07:50
19:08:12
20:08:35
21:08:58
22:09:20
23:09:43
Horário (hora:minuto:segundo)

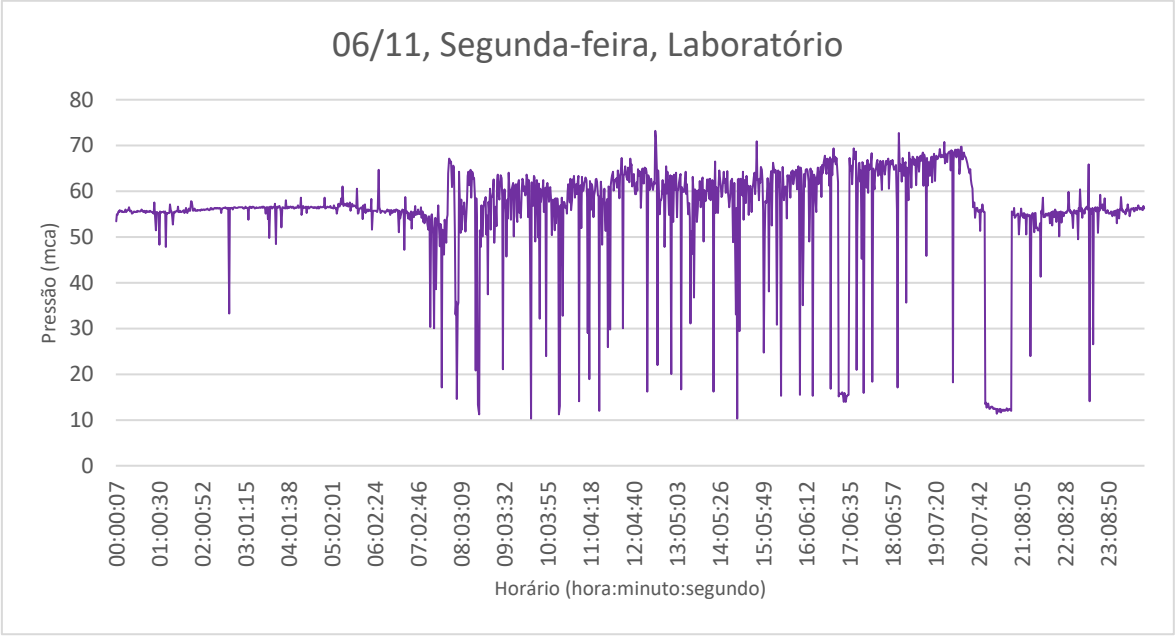

04/11, Sábado, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:48
01:00:48
02:00:48
03:00:48
04:00:48
05:00:48
06:00:48
07:00:48
08:00:48
09:00:48
10:00:48
11:00:48
12:00:48
13:00:48
14:00:48
15:00:48
16:00:48
17:00:48
18:00:48
19:00:48
20:00:48
21:00:48
22:00:48
23:00:48
Horário (hora:minuto:segundo)

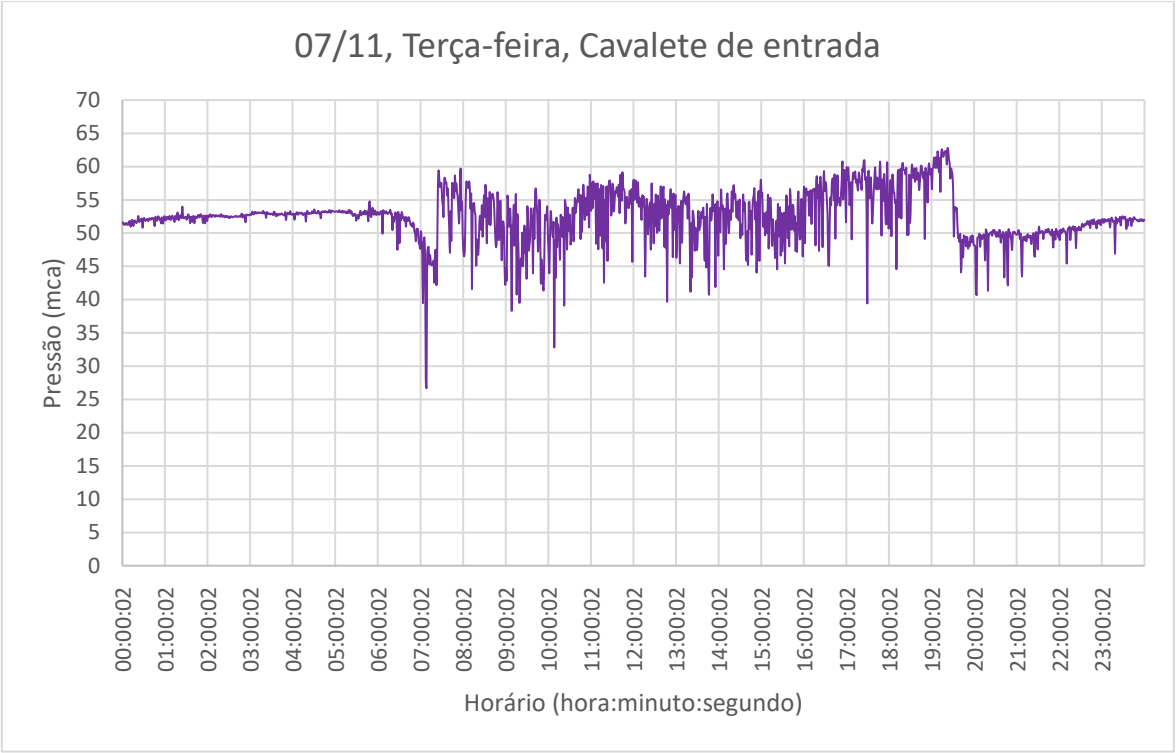

04/11, Sábado, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:02
01:00:25
02:00:48
03:01:10
04:01:33
05:01:56
06:02:19
07:02:41
08:03:04
09:03:27
10:03:50
11:04:12
12:04:35
13:04:58
14:05:20
15:05:43
16:06:06
17:06:29
18:06:51
19:07:15
20:07:37
21:08:00
22:08:22
23:08:45
Horário (hora:minuto:segundo)

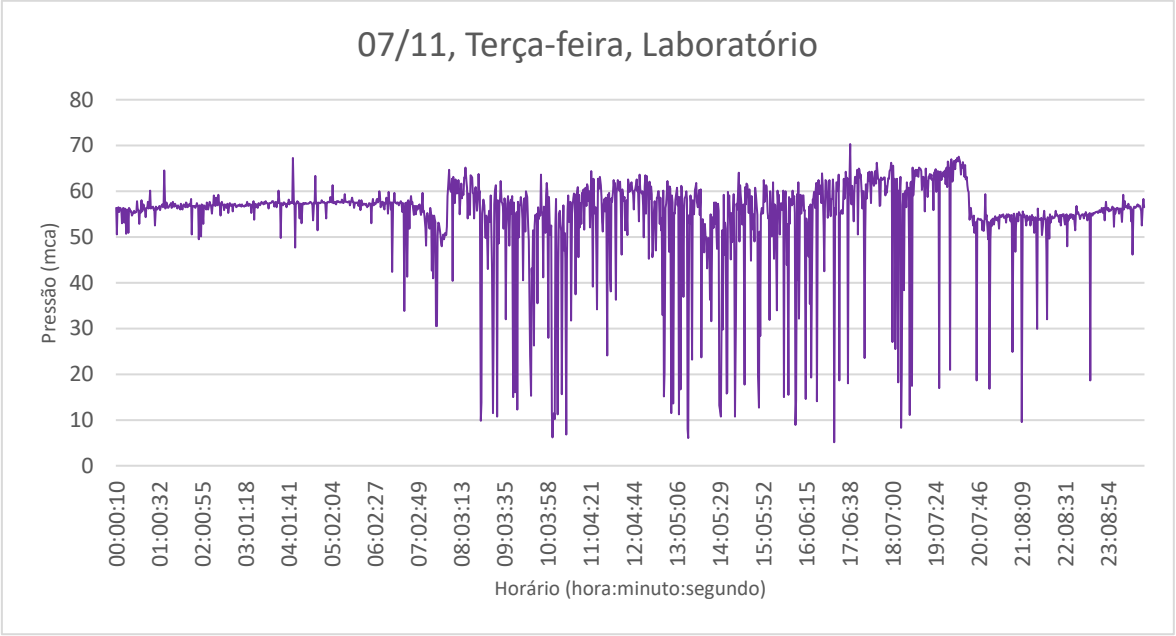

05/11, Domingo, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:48
01:00:48
02:00:48
03:00:48
04:00:48
05:00:48
06:00:48
07:00:48
08:00:48
09:00:48
10:00:48
11:00:48
12:00:48
13:00:48
14:00:48
15:00:48
16:00:48
17:00:48
18:00:48
19:00:48
20:00:48
21:00:48
22:00:48
23:00:48
Horário (hora:minuto:segundo)

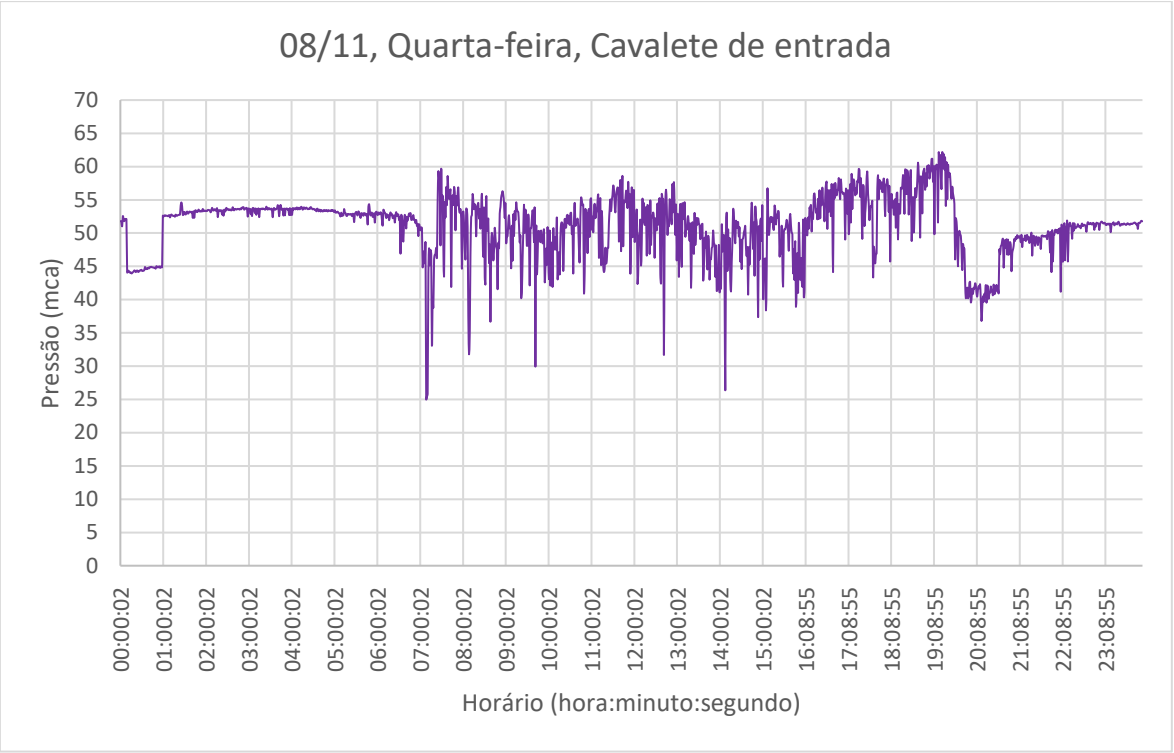

05/11, Domingo, Laboratório
Pressão (mca)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:04
01:00:27
02:00:49
03:01:12
04:01:35
05:01:57
06:02:20
07:02:43
08:03:05
09:03:28
10:03:51
11:04:14
12:04:36
13:04:59
14:05:22
15:05:45
16:06:08
17:06:31
18:06:54
19:07:16
20:07:39
21:08:02
22:08:24
23:08:47
Horário (hora:minuto:segundo)

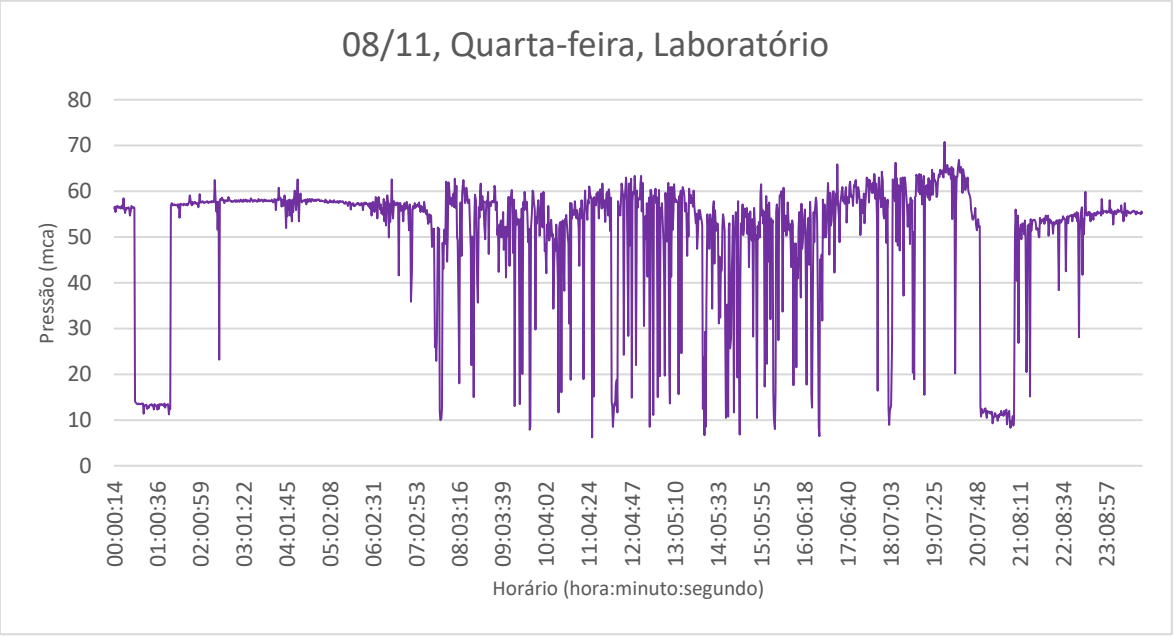

06/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:48
01:00:48
02:00:48
03:00:48
04:00:48
05:00:48
06:00:48
07:00:48
08:00:48
09:00:48
10:00:48
12:04:02
13:04:02
14:04:02
15:04:02
16:04:02
17:04:02
18:04:02
19:04:02
20:04:02
21:04:02
22:04:02
23:04:02
Horário (hora:minuto:segundo)

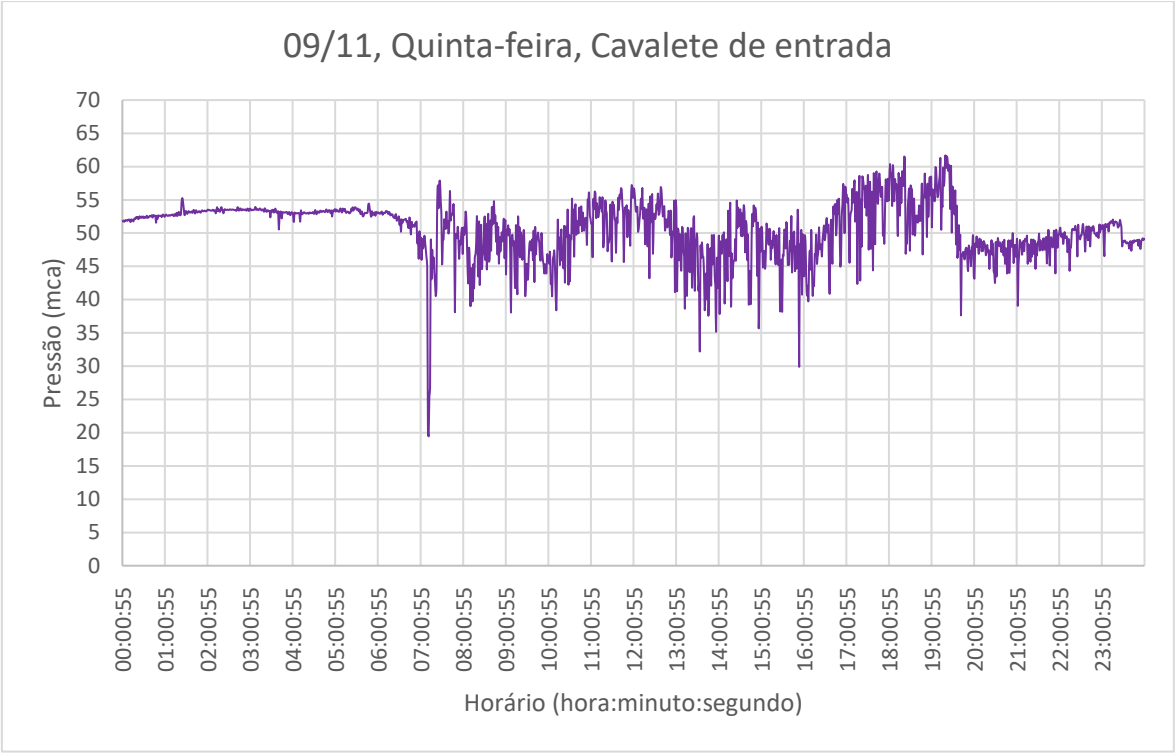

06/11, Segunda-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:07
01:00:30
02:00:52
03:01:15
04:01:38
05:02:01
06:02:24
07:02:46
08:03:09
09:03:32
10:03:55
11:04:18
12:04:40
13:05:03
14:05:26
15:05:49
16:06:12
17:06:35
18:06:57
19:07:20
20:07:42
21:08:05
22:08:28
23:08:50
Horário (hora:minuto:segundo)

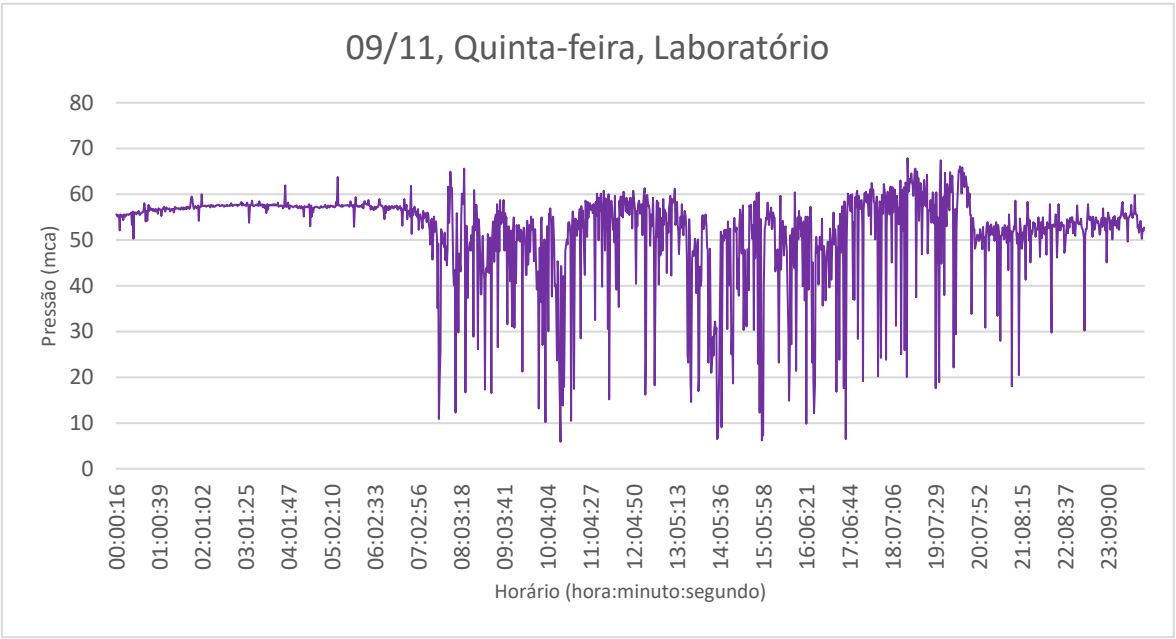

07/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:02
01:00:02
02:00:02
03:00:02
04:00:02
05:00:02
06:00:02
07:00:02
08:00:02
09:00:02
10:00:02
11:00:02
12:00:02
13:00:02
14:00:02
15:00:02
16:00:02
17:00:02
18:00:02
19:00:02
20:00:02
21:00:02
22:00:02
23:00:02
Horário (hora:minuto:segundo)

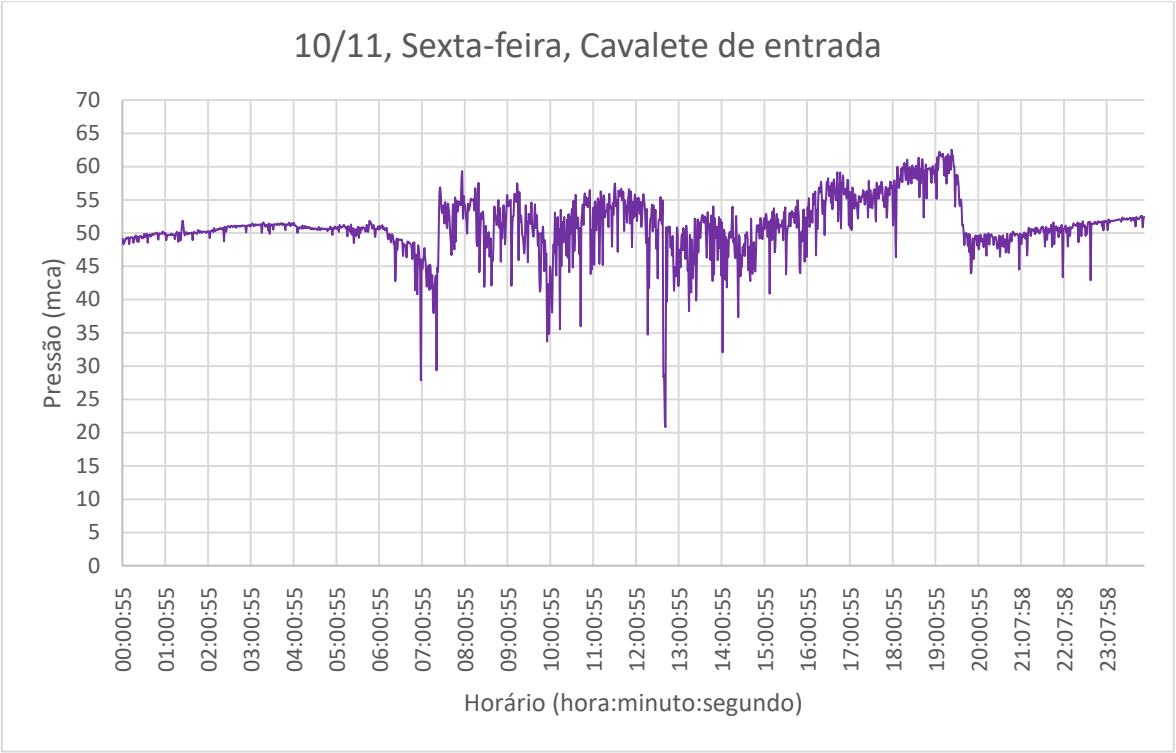

07/11, Terça-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:10
01:00:32
02:00:55
03:01:18
04:01:41
05:02:04
06:02:27
07:02:49
08:03:13
09:03:35
10:03:58
11:04:21
12:04:44
13:05:06
14:05:29
15:05:52
16:06:15
17:06:38
18:07:00
19:07:24
20:07:46
21:08:09
22:08:31
23:08:54
Horário (hora:minuto:segundo)

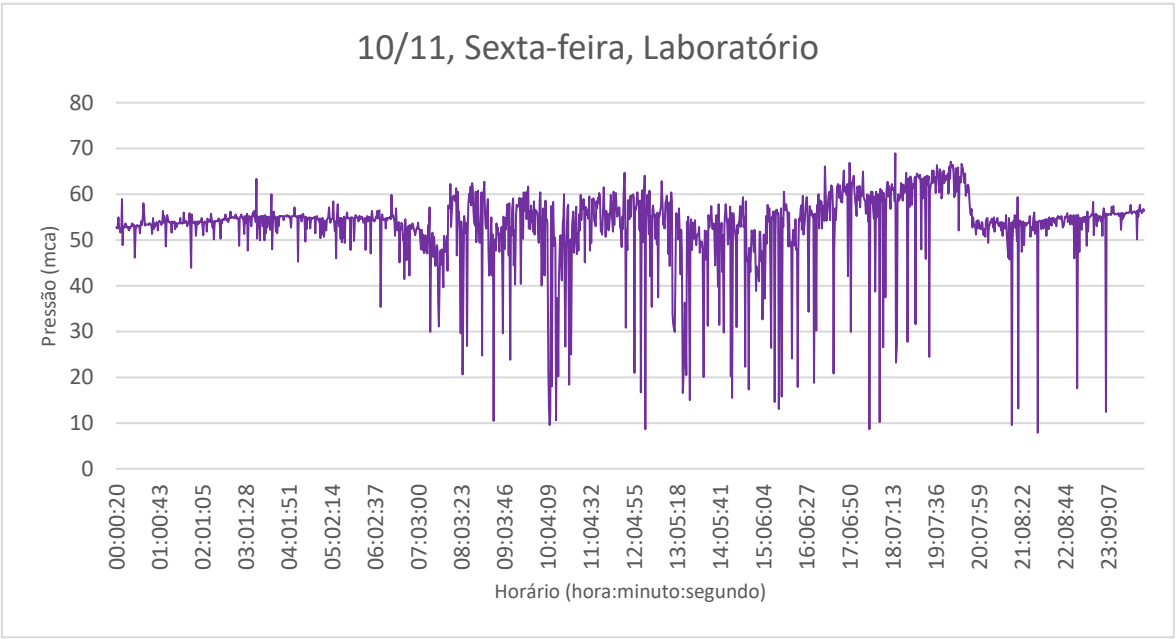

08/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:02
01:00:02
02:00:02
03:00:02
04:00:02
05:00:02
06:00:02
07:00:02
08:00:02
09:00:02
10:00:02
11:00:02
12:00:02
13:00:02
14:00:02
15:00:02
16:08:55
17:08:55
18:08:55
19:08:55
20:08:55
21:08:55
22:08:55
23:08:55
Horário (hora:minuto:segundo)

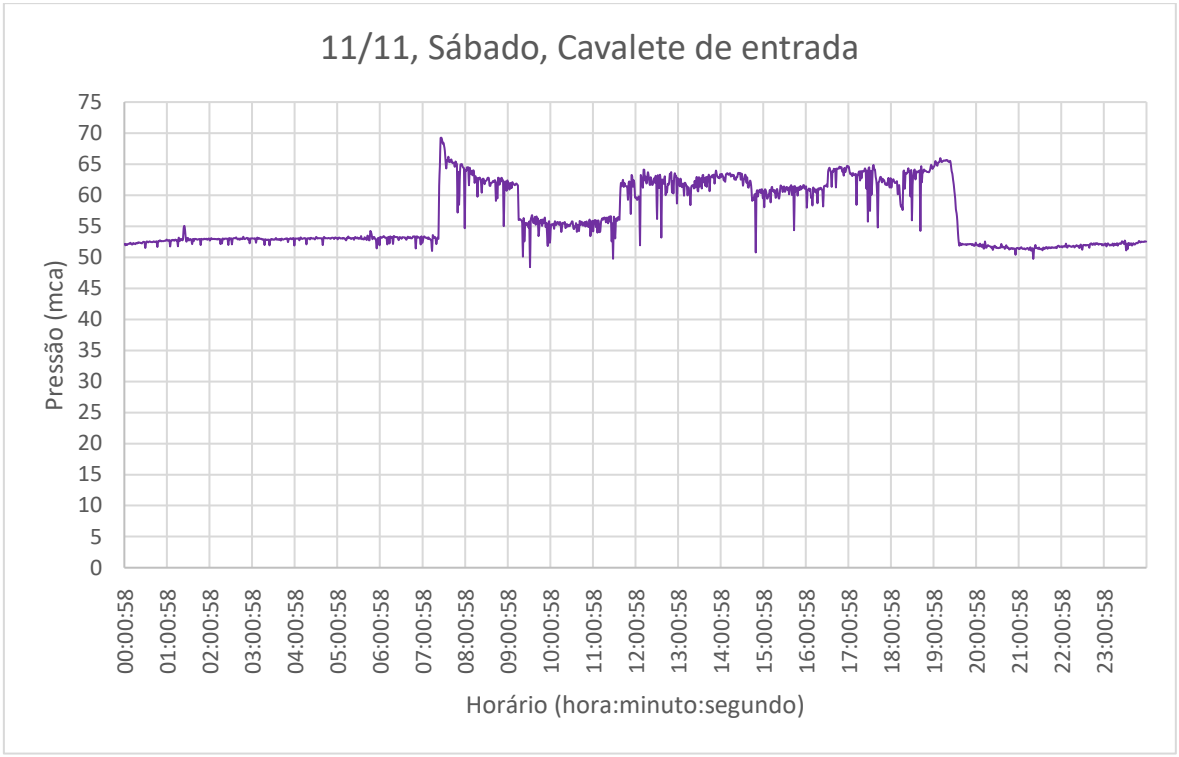

08/11, Quarta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:14
01:00:36
02:00:59
03:01:22
04:01:45
05:02:08
06:02:31
07:02:53
08:03:16
09:03:39
10:04:02
11:04:24
12:04:47
13:05:10
14:05:33
15:05:55
16:06:18
17:06:40
18:07:03
19:07:25
20:07:48
21:08:11
22:08:34
23:08:57
Horário (hora:minuto:segundo)

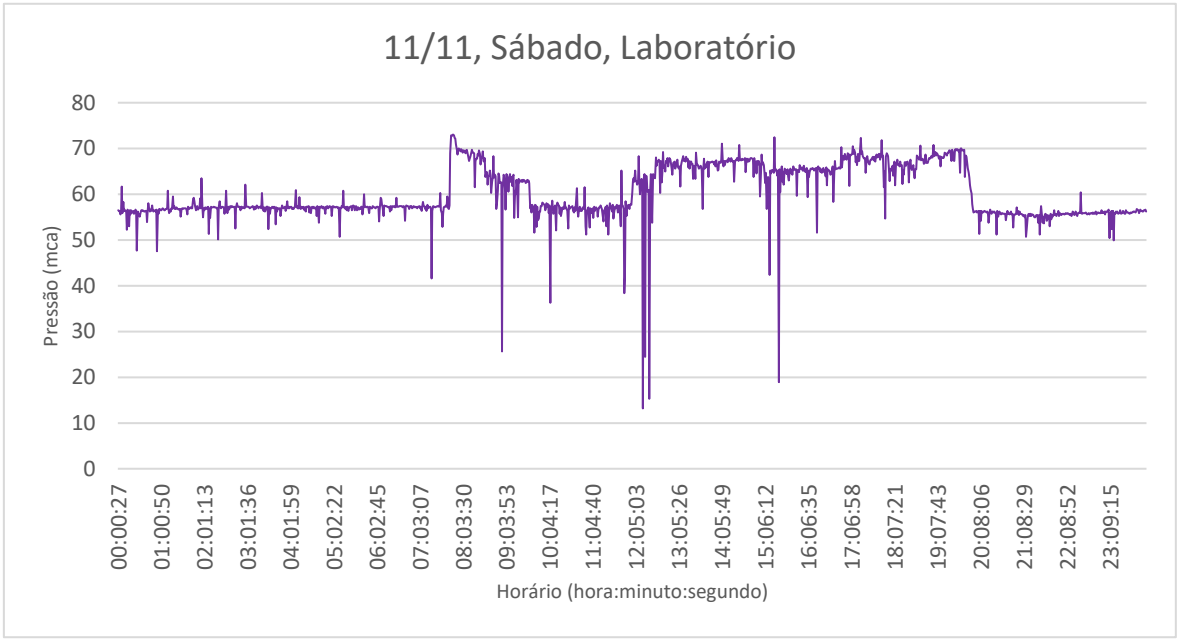

09/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:55
01:00:55
02:00:55
03:00:55
04:00:55
05:00:55
06:00:55
07:00:55
08:00:55
09:00:55
10:00:55
11:00:55
12:00:55
13:00:55
14:00:55
15:00:55
16:00:55
17:00:55
18:00:55
19:00:55
20:00:55
21:00:55
22:00:55
23:00:55
Horário (hora:minuto:segundo)

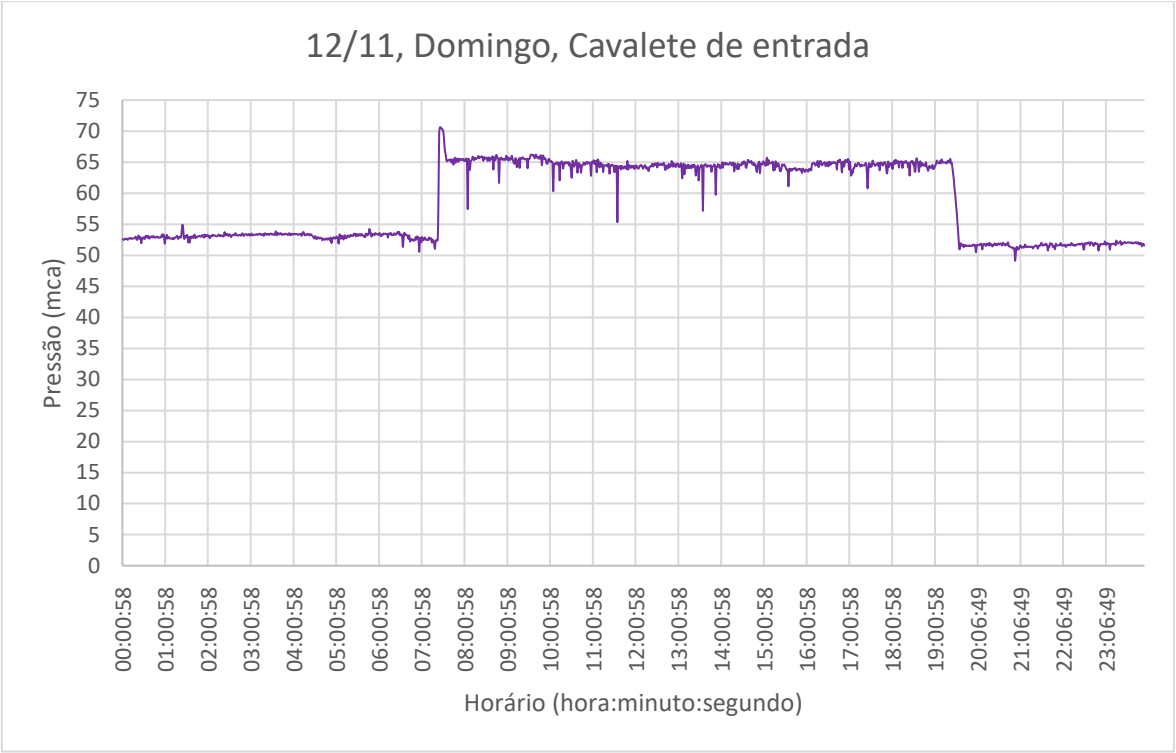

09/11, Quinta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:16
01:00:39
02:01:02
03:01:25
04:01:47
05:02:10
06:02:33
07:02:56
08:03:18
09:03:41
10:04:04
11:04:27
12:04:50
13:05:13
14:05:36
15:05:58
16:06:21
17:06:44
18:07:06
19:07:29
20:07:52
21:08:15
22:08:37
23:09:00
Horário (hora:minuto:segundo)

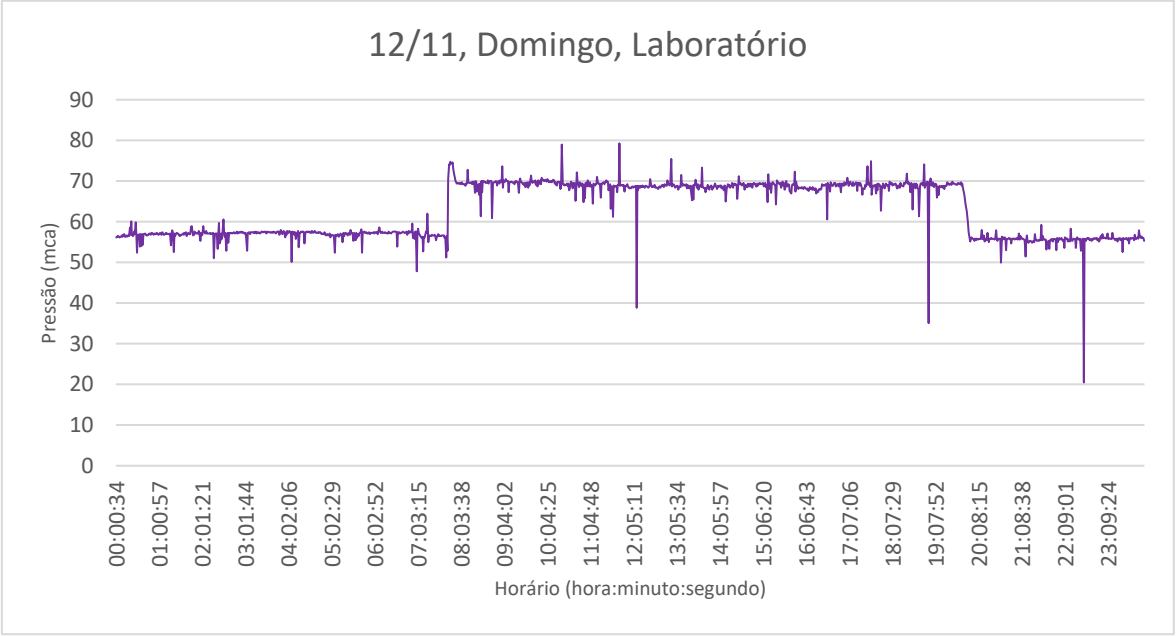

10/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:55
01:00:55
02:00:55
03:00:55
04:00:55
05:00:55
06:00:55
07:00:55
08:00:55
09:00:55
10:00:55
11:00:55
12:00:55
13:00:55
14:00:55
15:00:55
16:00:55
17:00:55
18:00:55
19:00:55
20:00:55
21:07:58
22:07:58
23:07:58
Horário (hora:minuto:segundo)

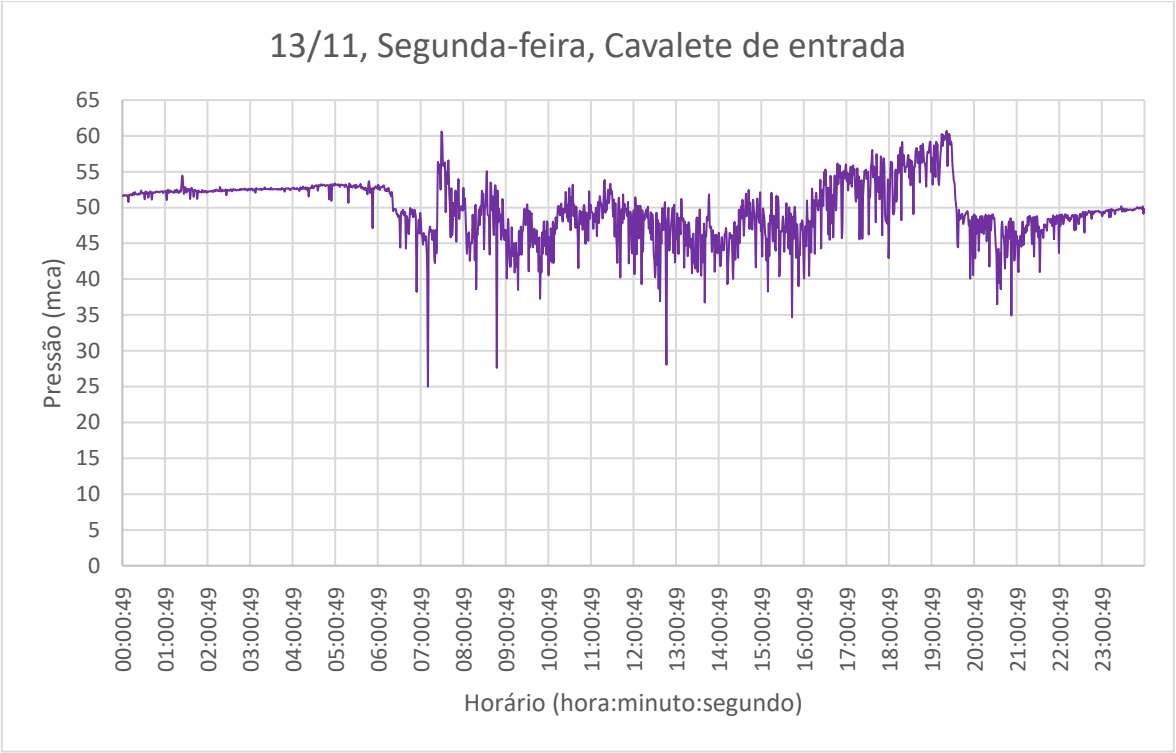

10/11, Sexta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:20
01:00:43
02:01:05
03:01:28
04:01:51
05:02:14
06:02:37
07:03:00
08:03:23
09:03:46
10:04:09
11:04:32
12:04:55
13:05:18
14:05:41
15:06:04
16:06:27
17:06:50
18:07:13
19:07:36
20:07:59
21:08:22
22:08:44
23:09:07
Horário (hora:minuto:segundo)

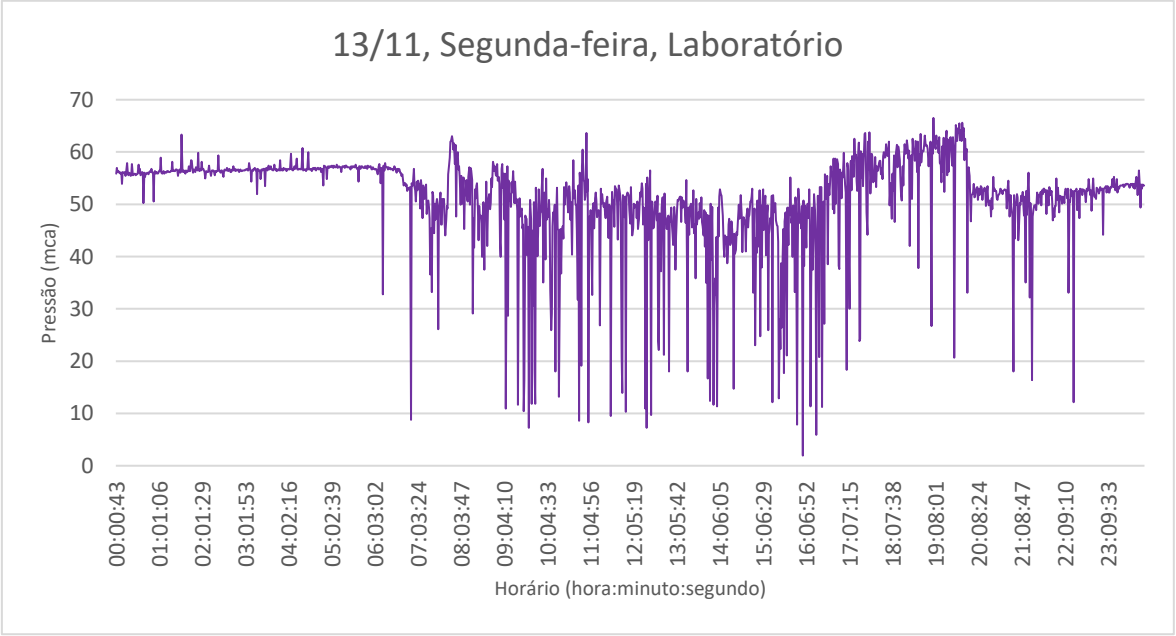

11/11, Sábado, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:58
01:00:58
02:00:58
03:00:58
04:00:58
05:00:58
06:00:58
07:00:58
08:00:58
09:00:58
10:00:58
11:00:58
12:00:58
13:00:58
14:00:58
15:00:58
16:00:58
17:00:58
18:00:58
19:00:58
20:00:58
21:00:58
22:00:58
23:00:58
Horário (hora:minuto:segundo)

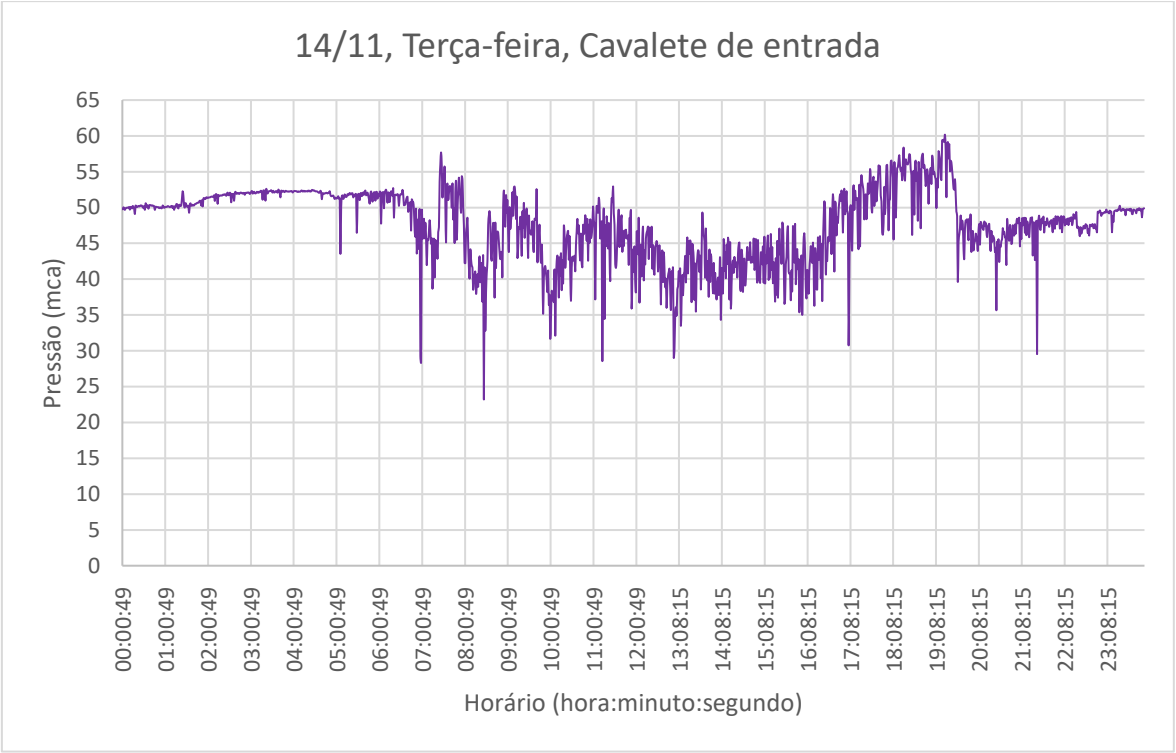

11/11, Sábado, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:27
01:00:50
02:01:13
03:01:36
04:01:59
05:02:22
06:02:45
07:03:07
08:03:30
09:03:53
10:04:17
11:04:40
12:05:03
13:05:26
14:05:49
15:06:12
16:06:35
17:06:58
18:07:21
19:07:43
20:08:06
21:08:29
22:08:52
23:09:15
Horário (hora:minuto:segundo)

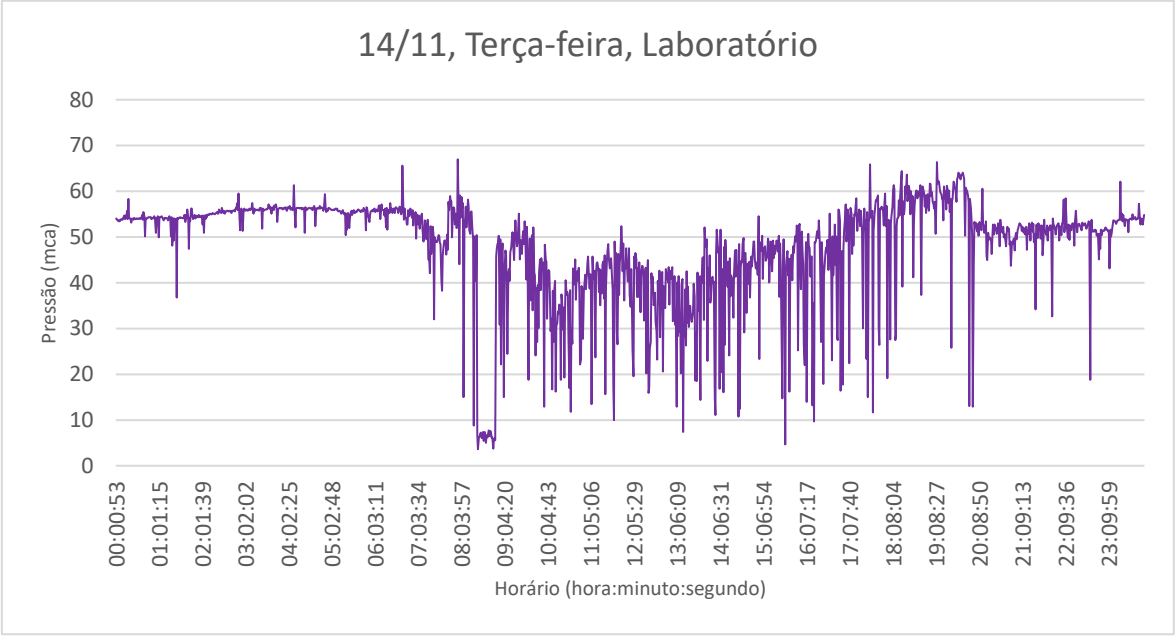

12/11, Domingo, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:58
01:00:58
02:00:58
03:00:58
04:00:58
05:00:58
06:00:58
07:00:58
08:00:58
09:00:58
10:00:58
11:00:58
12:00:58
13:00:58
14:00:58
15:00:58
16:00:58
17:00:58
18:00:58
19:00:58
20:06:49
21:06:49
22:06:49
23:06:49
Horário (hora:minuto:segundo)

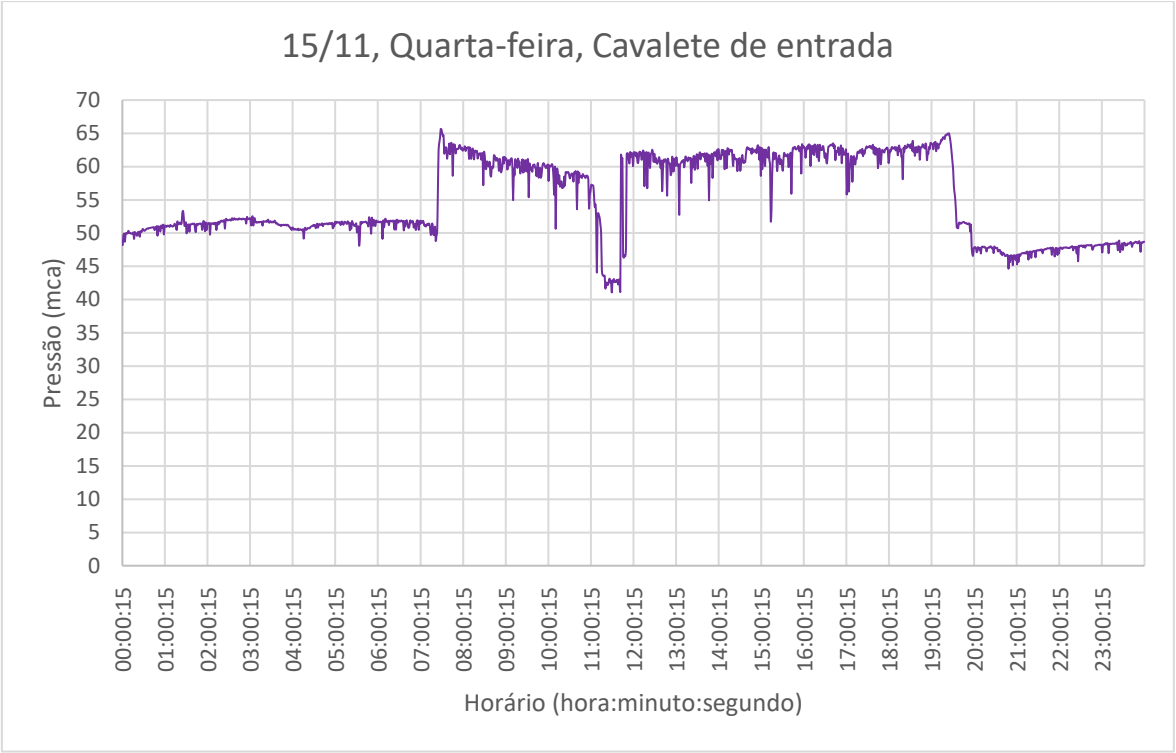

12/11, Domingo, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:34
01:00:57
02:01:21
03:01:44
04:02:06
05:02:29
06:02:52
07:03:15
08:03:38
09:04:02
10:04:25
11:04:48
12:05:11
13:05:34
14:05:57
15:06:20
16:06:43
17:07:06
18:07:29
19:07:52
20:08:15
21:08:38
22:09:01
23:09:24
Horário (hora:minuto:segundo)

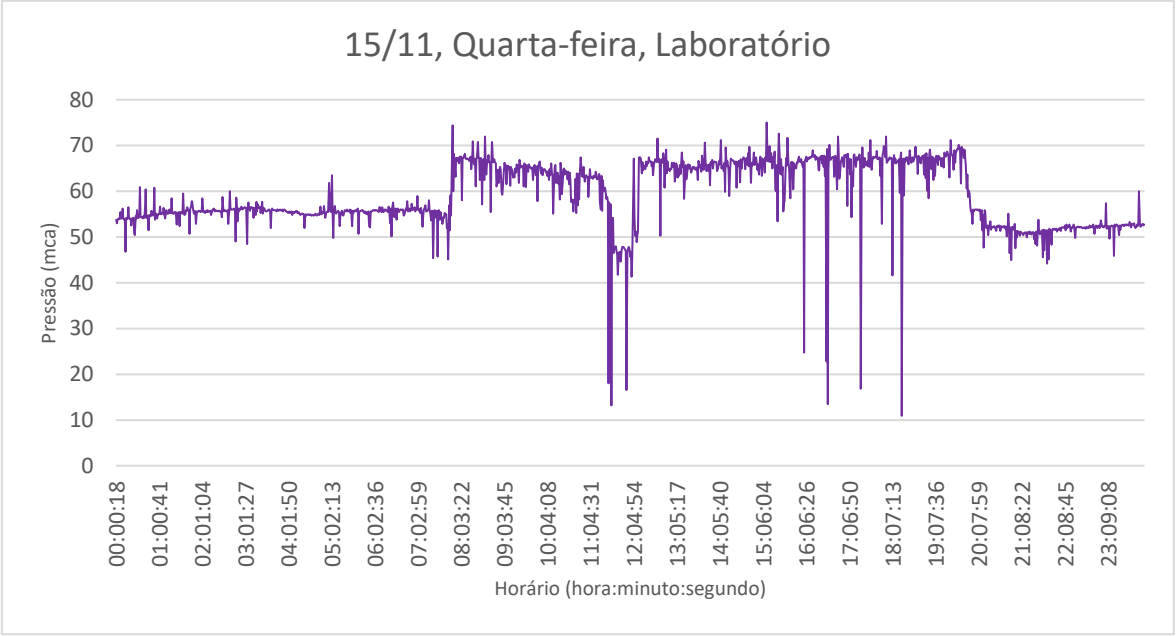

13/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:49
01:00:49
02:00:49
03:00:49
04:00:49
05:00:49
06:00:49
07:00:49
08:00:49
09:00:49
10:00:49
11:00:49
12:00:49
13:00:49
14:00:49
15:00:49
16:00:49
17:00:49
18:00:49
19:00:49
20:00:49
21:00:49
22:00:49
23:00:49
Horário (hora:minuto:segundo)

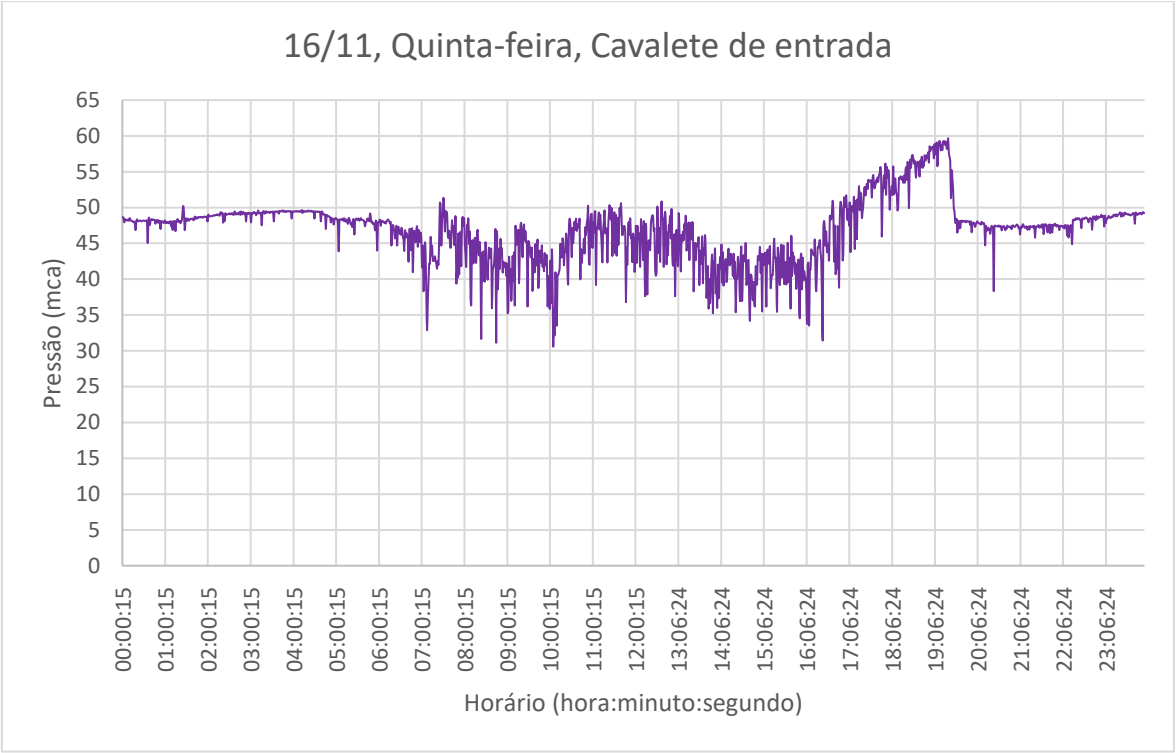

13/11, Segunda-feira, Laboratório
Pressão (mca)
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:43
01:01:06
02:01:29
03:01:53
04:02:16
05:02:39
06:03:02
07:03:24
08:03:47
09:04:10
10:04:33
11:04:56
12:05:19
13:05:42
14:06:05
15:06:29
16:06:52
17:07:15
18:07:38
19:08:01
20:08:24
21:08:47
22:09:10
23:09:33
Horário (hora:minuto:segundo)

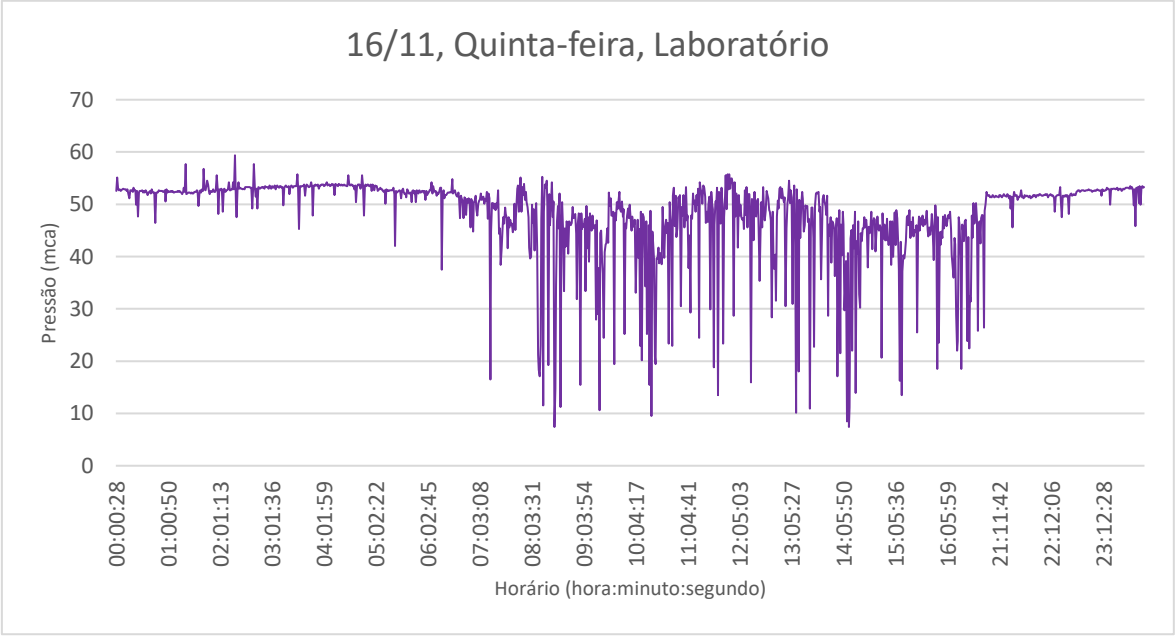

14/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:49
01:00:49
02:00:49
03:00:49
04:00:49
05:00:49
06:00:49
07:00:49
08:00:49
09:00:49
10:00:49
11:00:49
12:00:49
13:08:15
14:08:15
15:08:15
16:08:15
17:08:15
18:08:15
19:08:15
20:08:15
21:08:15
22:08:15
23:08:15
Horário (hora:minuto:segundo)

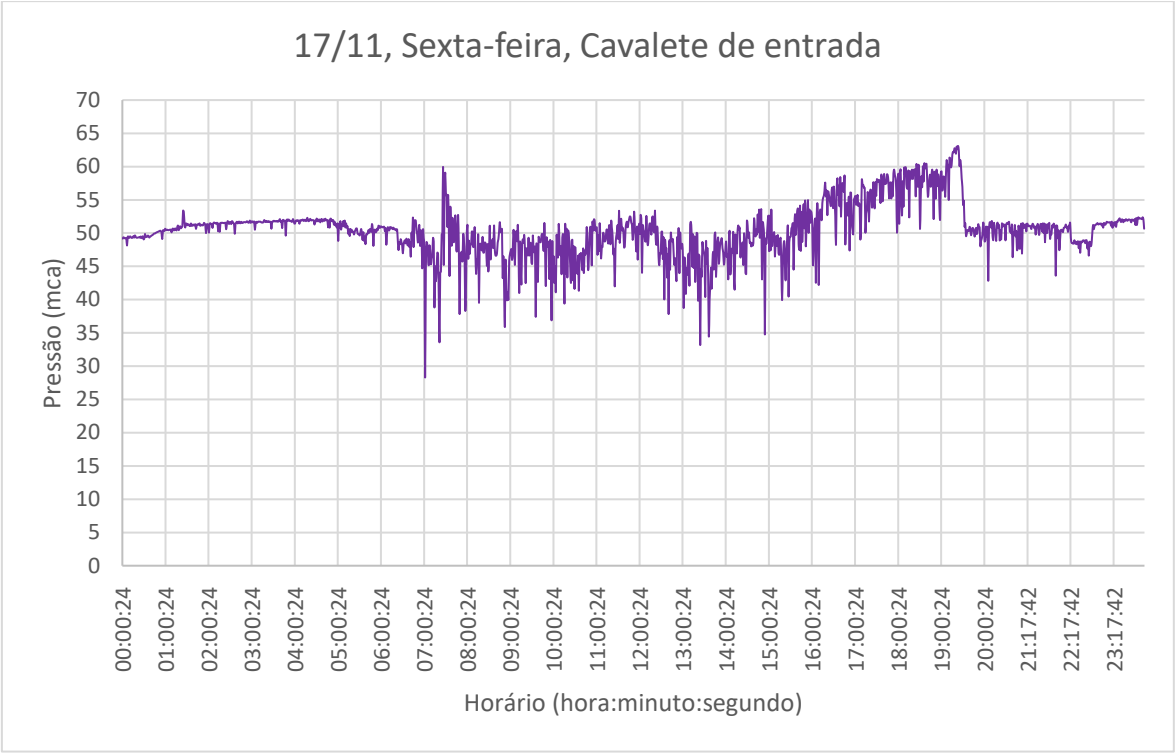

14/11, Terça-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:53
01:01:15
02:01:39
03:02:02
04:02:25
05:02:48
06:03:11
07:03:34
08:03:57
09:04:20
10:04:43
11:05:06
12:05:29
13:06:09
14:06:31
15:06:54
16:07:17
17:07:40
18:08:04
19:08:27
20:08:50
21:09:13
22:09:36
23:09:59
Horário (hora:minuto:segundo)

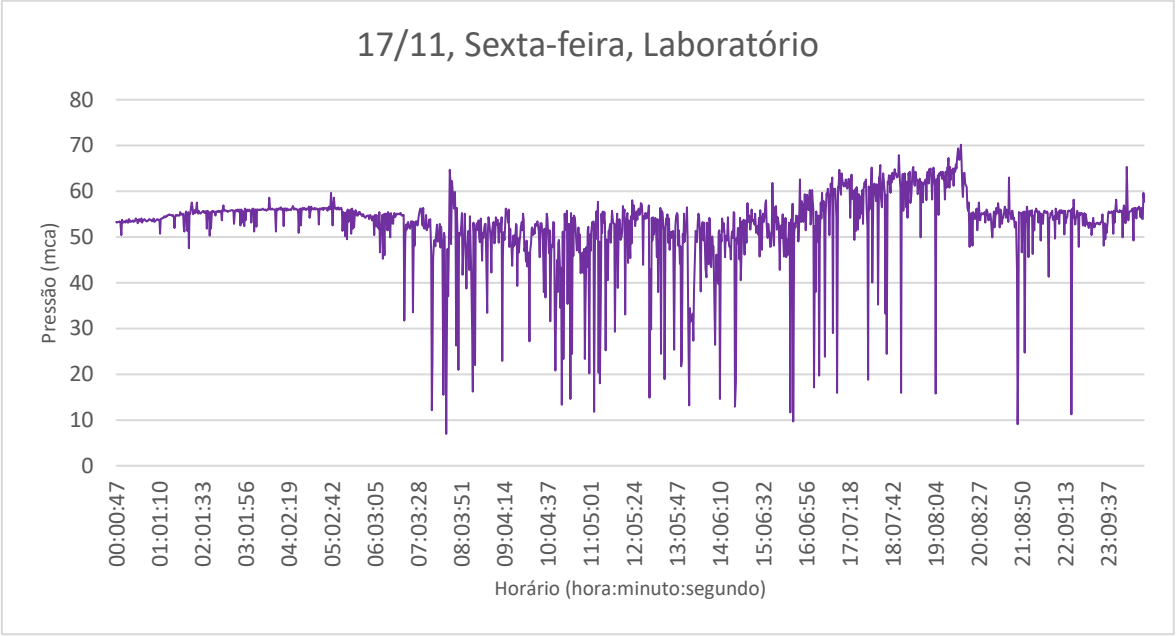

15/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:15
01:00:15
02:00:15
03:00:15
04:00:15
05:00:15
06:00:15
07:00:15
08:00:15
09:00:15
10:00:15
11:00:15
12:00:15
13:00:15
14:00:15
15:00:15
16:00:15
17:00:15
18:00:15
19:00:15
20:00:15
21:00:15
22:00:15
23:00:15
Horário (hora:minuto:segundo)

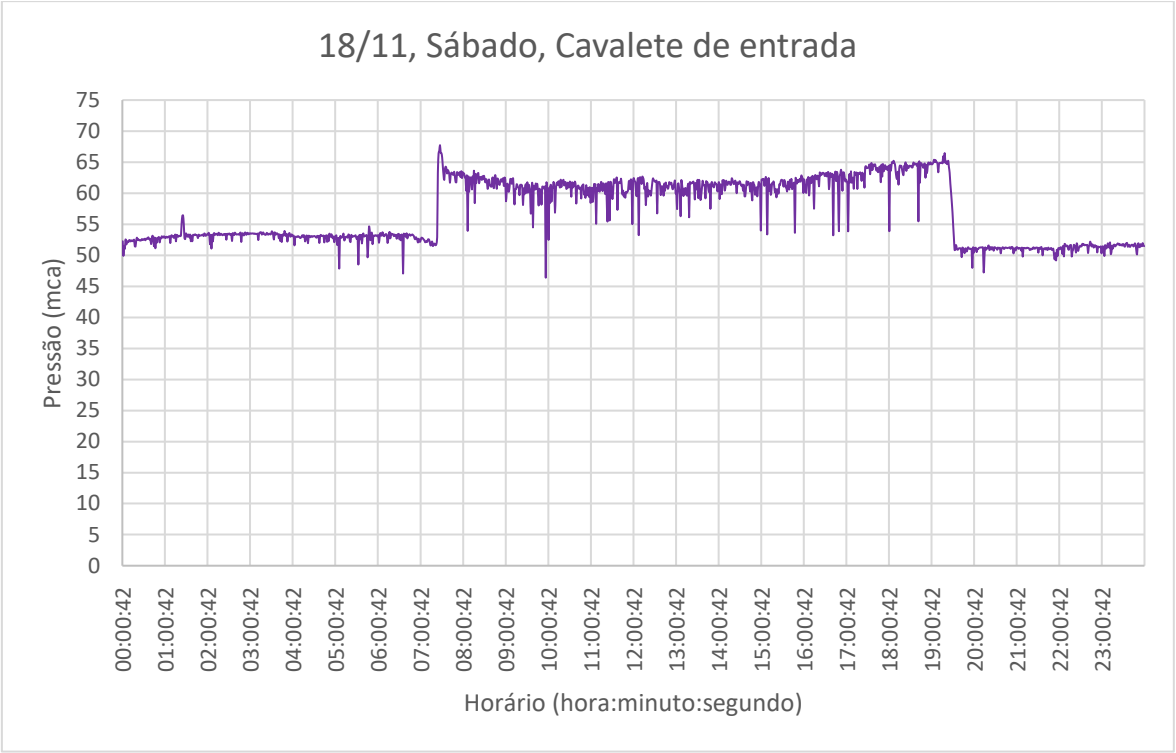

15/11, Quarta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:18
01:00:41
02:01:04
03:01:27
04:01:50
05:02:13
06:02:36
07:02:59
08:03:22
09:03:45
10:04:08
11:04:31
12:04:54
13:05:17
14:05:40
15:06:04
16:06:26
17:06:50
18:07:13
19:07:36
20:07:59
21:08:22
22:08:45
23:09:08
Horário (hora:minuto:segundo)

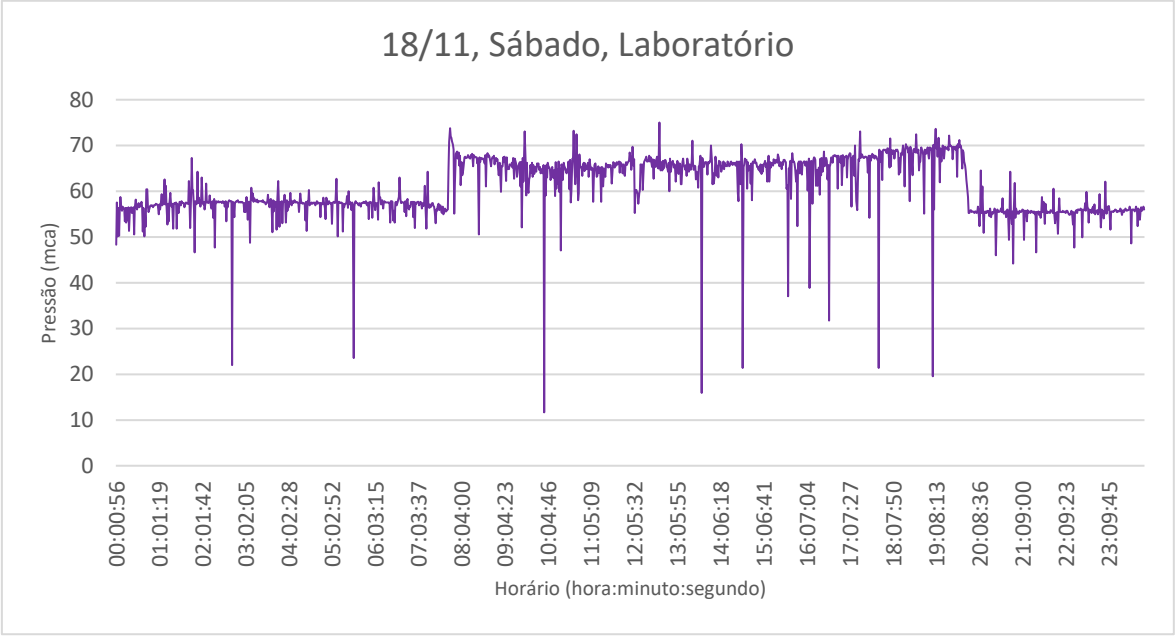

16/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:15
01:00:15
02:00:15
03:00:15
04:00:15
05:00:15
06:00:15
07:00:15
08:00:15
09:00:15
10:00:15
11:00:15
12:00:15
13:06:24
14:06:24
15:06:24
16:06:24
17:06:24
18:06:24
19:06:24
20:06:24
21:06:24
22:06:24
23:06:24
Horário (hora:minuto:segundo)

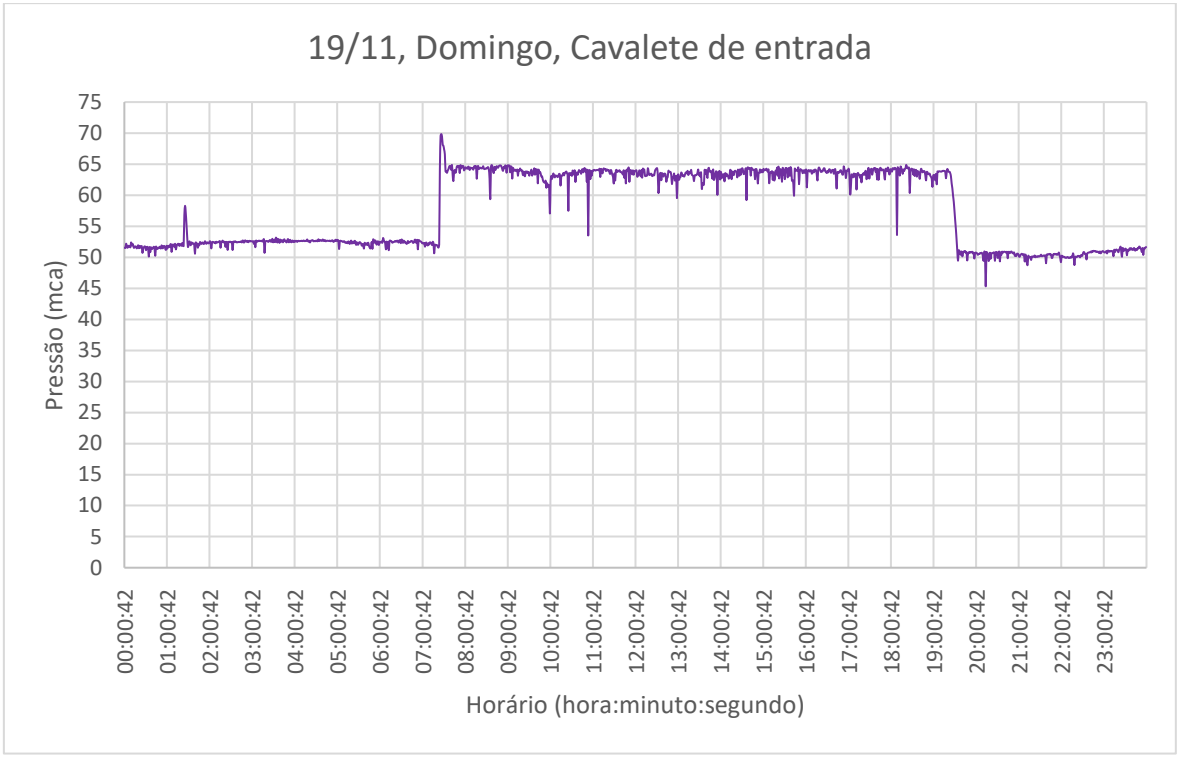

16/11, Quinta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:28
01:00:50
02:01:13
03:01:36
04:01:59
05:02:22
06:02:45
07:03:08
08:03:31
09:03:54
10:04:17
11:04:41
12:05:03
13:05:27
14:05:50
15:05:36
16:05:59
21:11:42
22:12:06
23:12:28
Horário (hora:minuto:segundo)

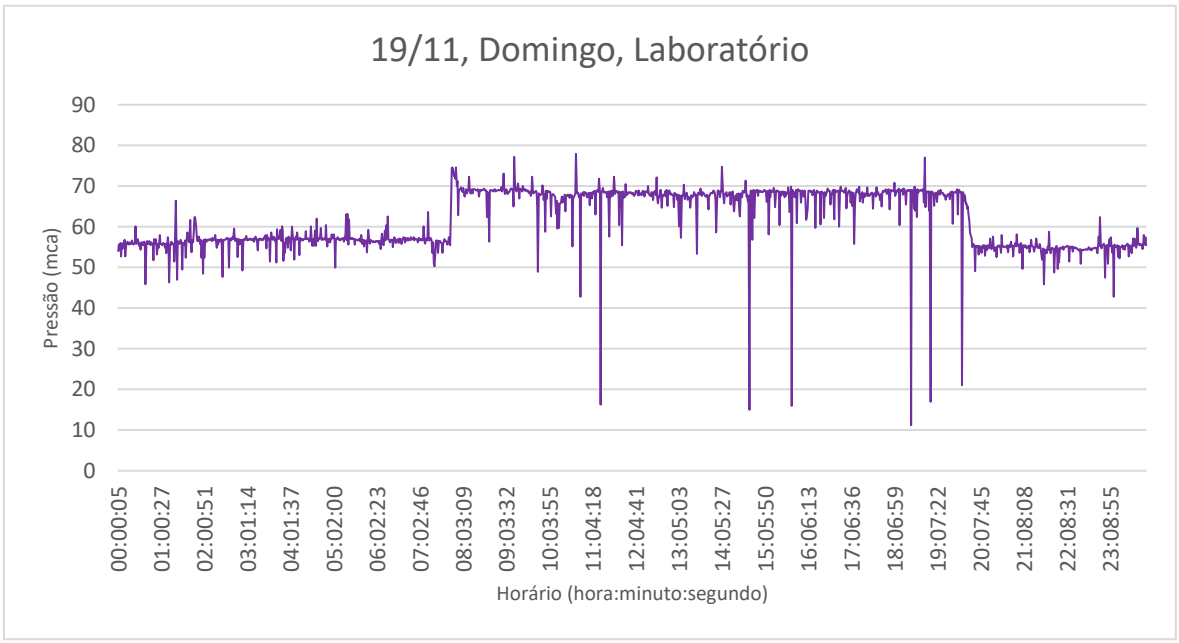

17/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:24
01:00:24
02:00:24
03:00:24
04:00:24
05:00:24
06:00:24
07:00:24
08:00:24
09:00:24
10:00:24
11:00:24
12:00:24
13:00:24
14:00:24
15:00:24
16:00:24
17:00:24
18:00:24
19:00:24
20:00:24
21:17:42
22:17:42
23:17:42
Horário (hora:minuto:segundo)

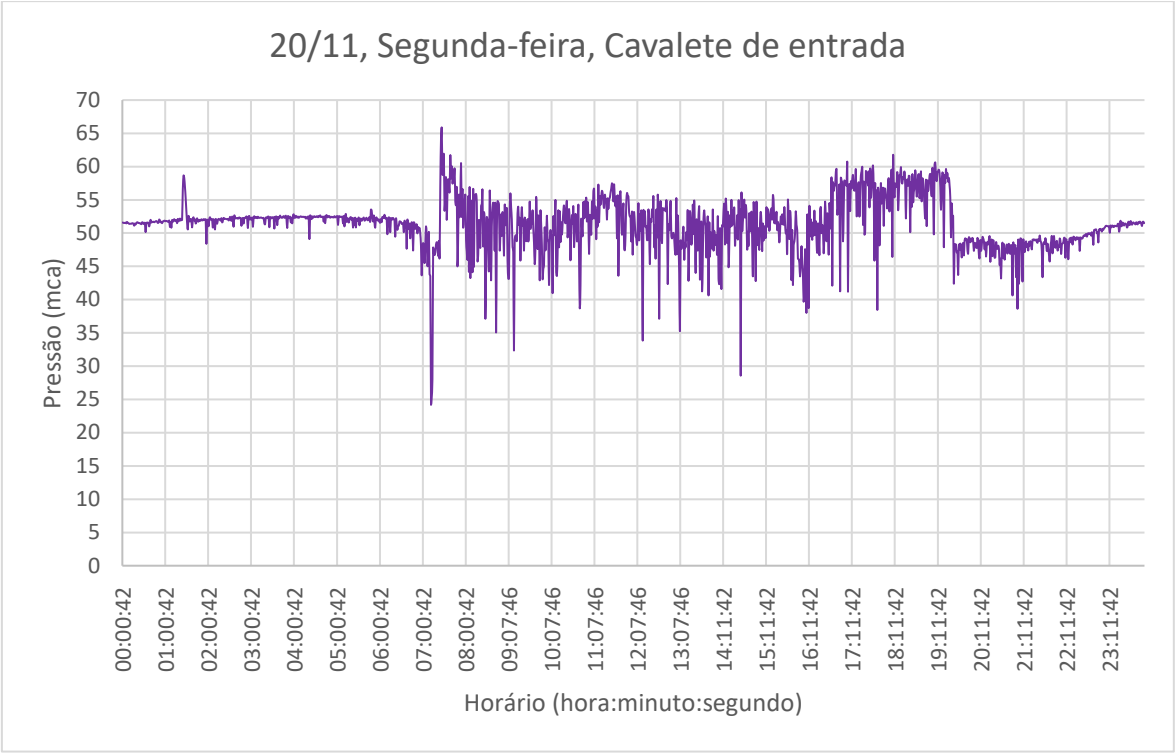

17/11, Sexta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:47
01:01:10
02:01:33
03:01:56
04:02:19
05:02:42
06:03:05
07:03:28
08:03:51
09:04:14
10:04:37
11:05:01
12:05:24
13:05:47
14:06:10
15:06:32
16:06:56
17:07:18
18:07:42
19:08:04
20:08:27
21:08:50
22:09:13
23:09:37
Horário (hora:minuto:segundo)

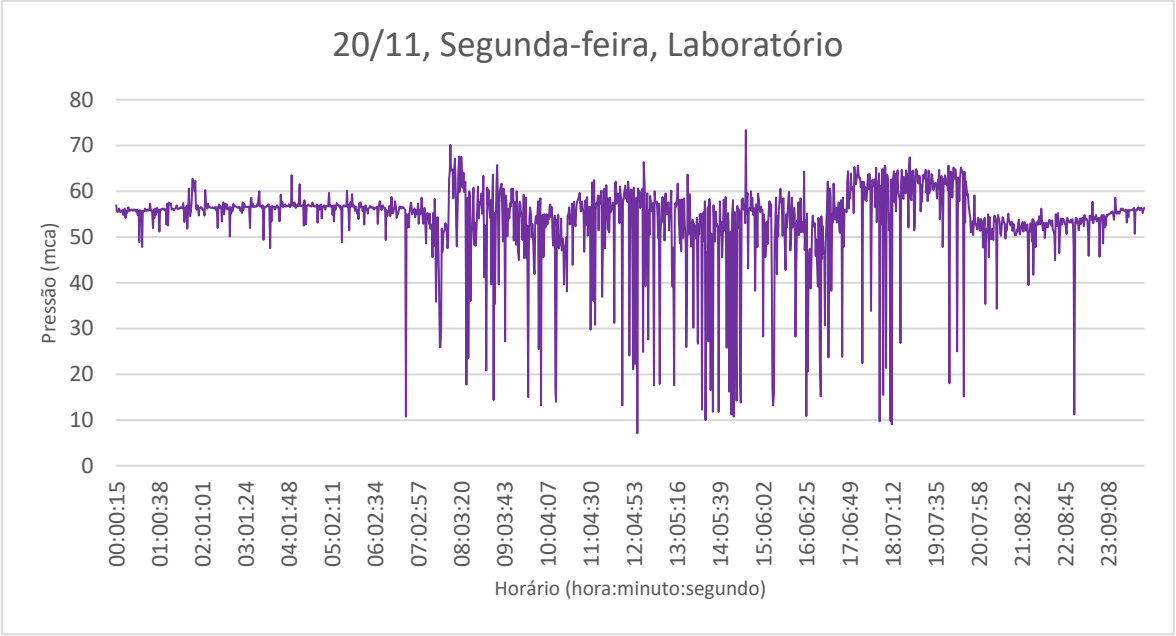

18/11, Sábado, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:42
01:00:42
02:00:42
03:00:42
04:00:42
05:00:42
06:00:42
07:00:42
08:00:42
09:00:42
10:00:42
11:00:42
12:00:42
13:00:42
14:00:42
15:00:42
16:00:42
17:00:42
18:00:42
19:00:42
20:00:42
21:00:42
22:00:42
23:00:42
Horário (hora:minuto:segundo)

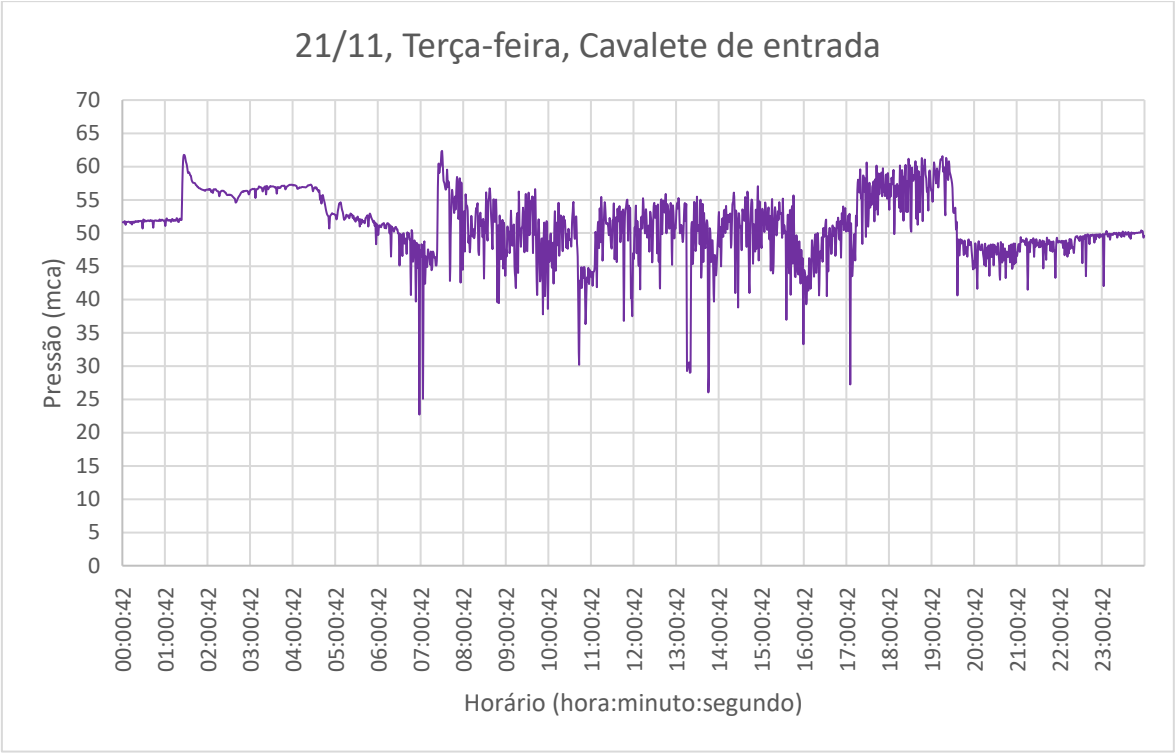

18/11, Sábado, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:56
01:01:19
02:01:42
03:02:05
04:02:28
05:02:52
06:03:15
07:03:37
08:04:00
09:04:23
10:04:46
11:05:09
12:05:32
13:05:55
14:06:18
15:06:41
16:07:04
17:07:27
18:07:50
19:08:13
20:08:36
21:09:00
22:09:23
23:09:45
Horário (hora:minuto:segundo)

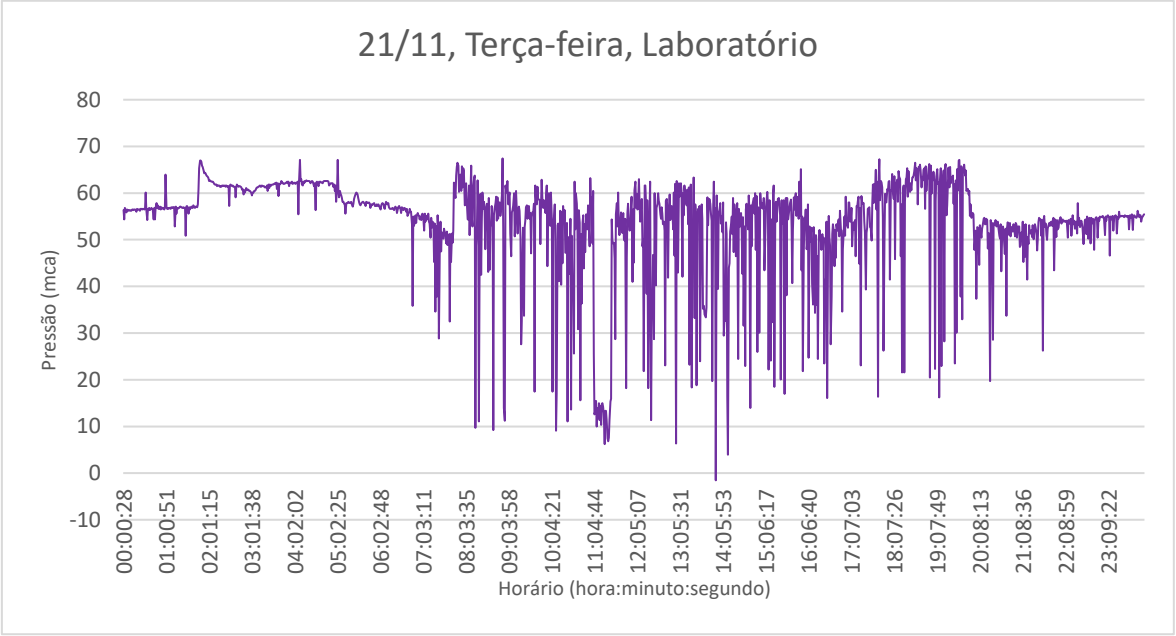

19/11, Domingo, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:42
01:00:42
02:00:42
03:00:42
04:00:42
05:00:42
06:00:42
07:00:42
08:00:42
09:00:42
10:00:42
11:00:42
12:00:42
13:00:42
14:00:42
15:00:42
16:00:42
17:00:42
18:00:42
19:00:42
20:00:42
21:00:42
22:00:42
23:00:42
Horário (hora:minuto:segundo)

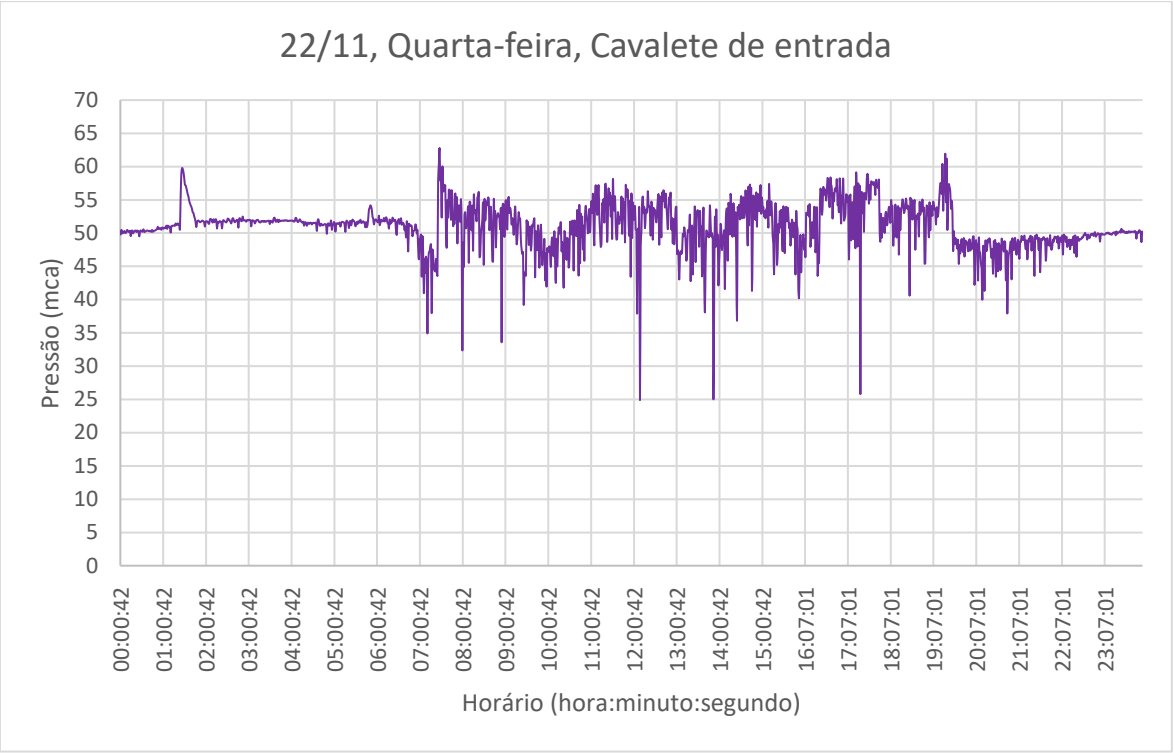

19/11, Domingo, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:05
01:00:27
02:00:51
03:01:14
04:01:37
05:02:00
06:02:23
07:02:46
08:03:09
09:03:32
10:03:55
11:04:18
12:04:41
13:05:03
14:05:27
15:05:50
16:06:13
17:06:36
18:06:59
19:07:22
20:07:45
21:08:08
22:08:31
23:08:55
Horário (hora:minuto:segundo)

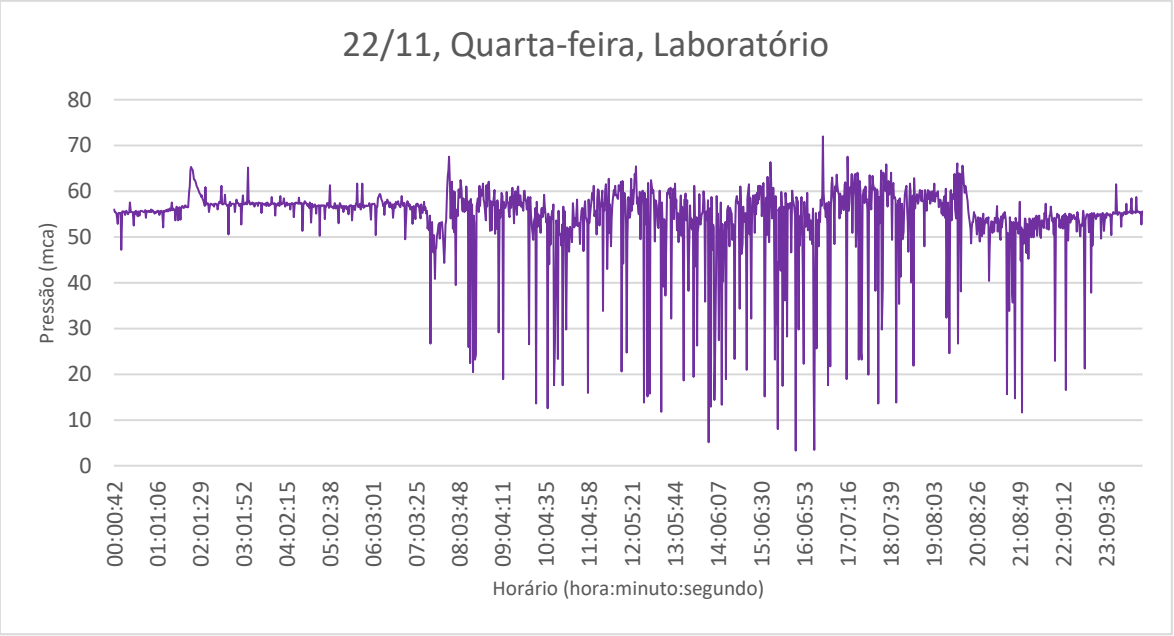

20/11, Segunda-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:42
01:00:42
02:00:42
03:00:42
04:00:42
05:00:42
06:00:42
07:00:42
08:00:42
09:07:46
10:07:46
11:07:46
12:07:46
13:07:46
14:11:42
15:11:42
16:11:42
17:11:42
18:11:42
19:11:42
20:11:42
21:11:42
22:11:42
23:11:42
Horário (hora:minuto:segundo)

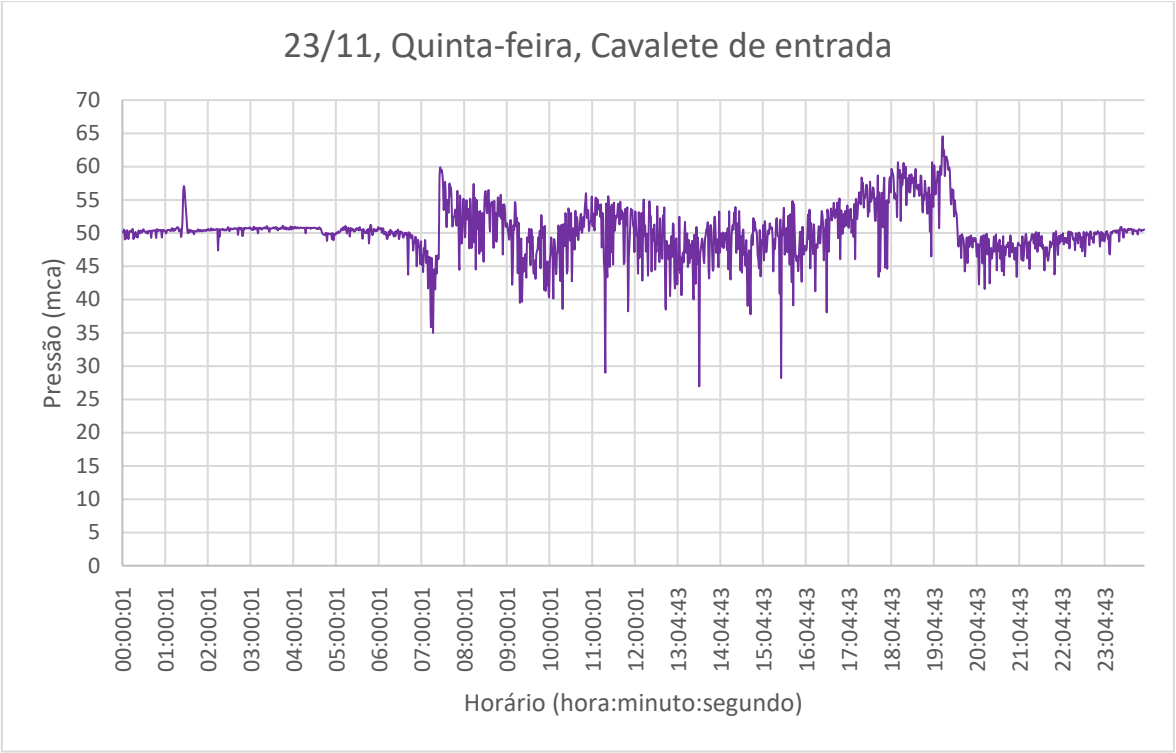

20/11, Segunda-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:15
01:00:38
02:01:01
03:01:24
04:01:48
05:02:11
06:02:34
07:02:57
08:03:20
09:03:43
10:04:07
11:04:30
12:04:53
13:05:16
14:05:39
15:06:02
16:06:25
17:06:49
18:07:12
19:07:35
20:07:58
21:08:22
22:08:45
23:09:08
Horário (hora:minuto:segundo)

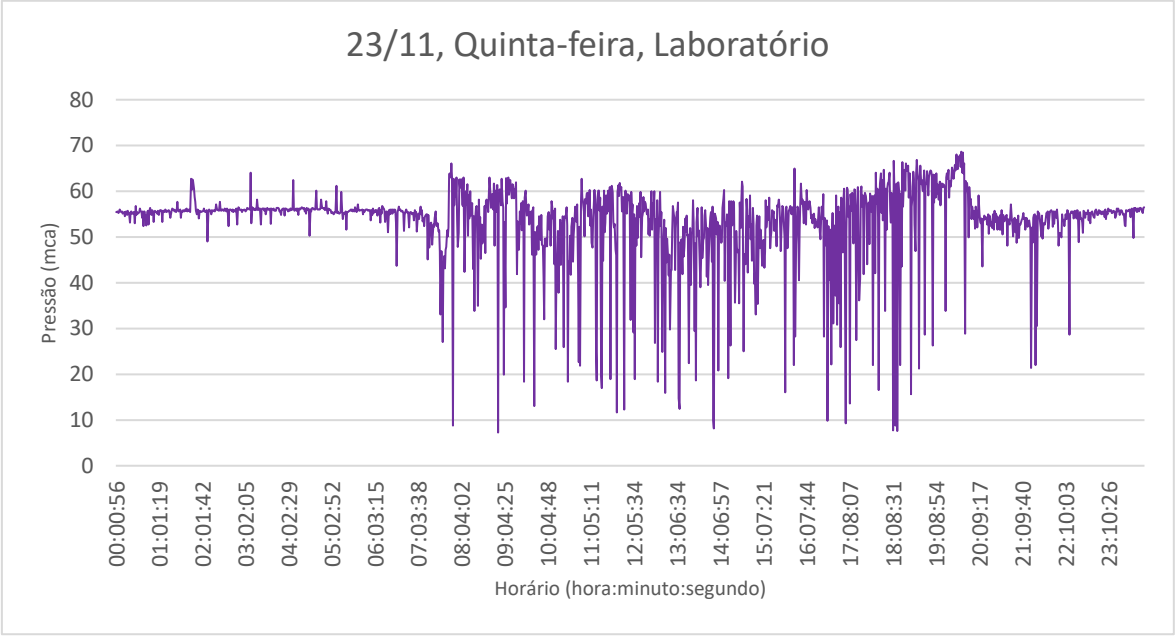

21/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:42
01:00:42
02:00:42
03:00:42
04:00:42
05:00:42
06:00:42
07:00:42
08:00:42
09:00:42
10:00:42
11:00:42
12:00:42
13:00:42
14:00:42
15:00:42
16:00:42
17:00:42
18:00:42
19:00:42
20:00:42
21:00:42
22:00:42
23:00:42
Horário (hora:minuto:segundo)

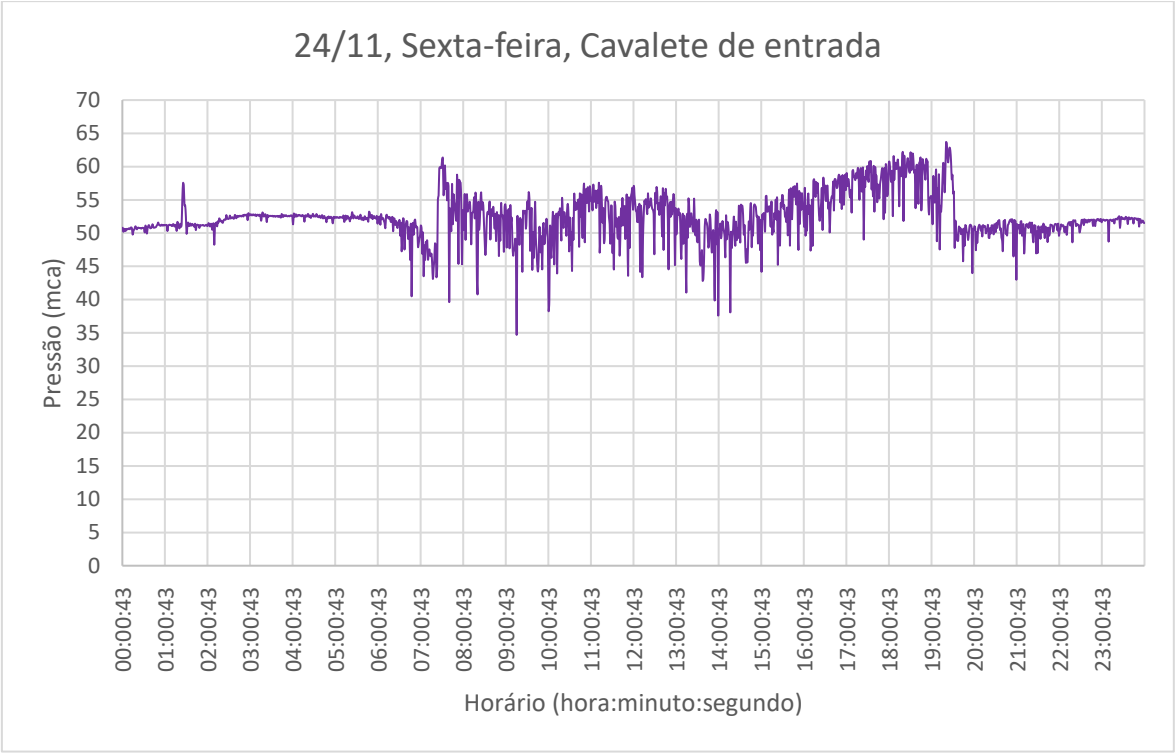

21/11, Terça-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
00:00:28
01:00:51
02:01:15
03:01:38
04:02:02
05:02:25
06:02:48
07:03:11
08:03:35
09:03:58
10:04:21
11:04:44
12:05:07
13:05:31
14:05:53
15:06:17
16:06:40
17:07:03
18:07:26
19:07:49
20:08:13
21:08:36
22:08:59
23:09:22
Horário (hora:minuto:segundo)

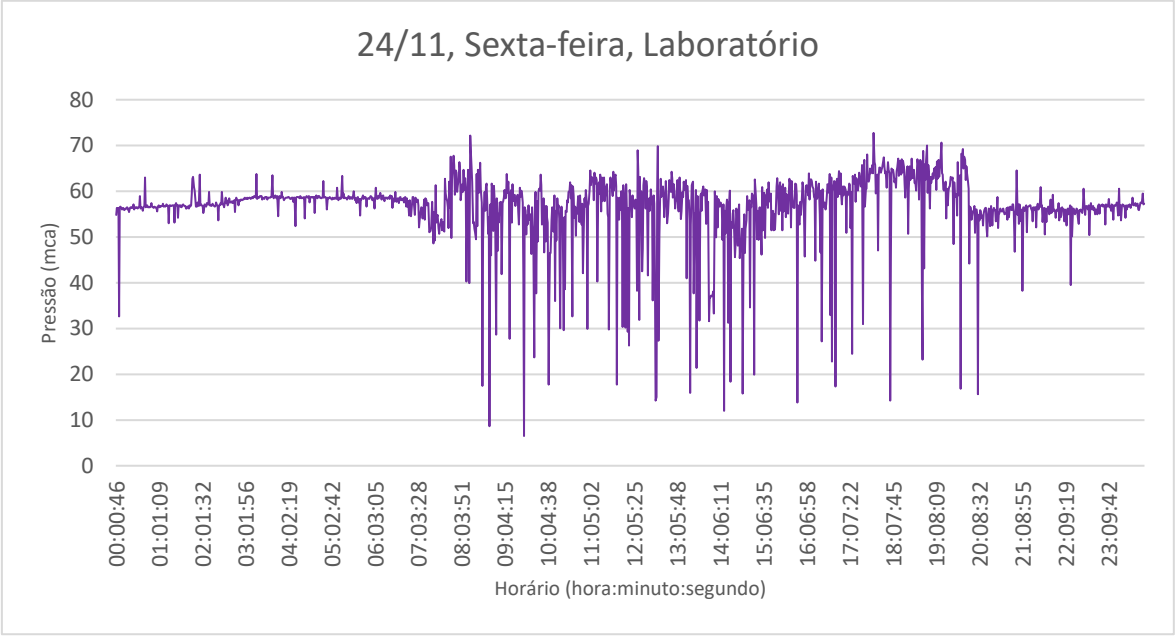

22/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:42
01:00:42
02:00:42
03:00:42
04:00:42
05:00:42
06:00:42
07:00:42
08:00:42
09:00:42
10:00:42
11:00:42
12:00:42
13:00:42
14:00:42
15:00:42
16:07:01
17:07:01
18:07:01
19:07:01
20:07:01
21:07:01
22:07:01
23:07:01
Horário (hora:minuto:segundo)

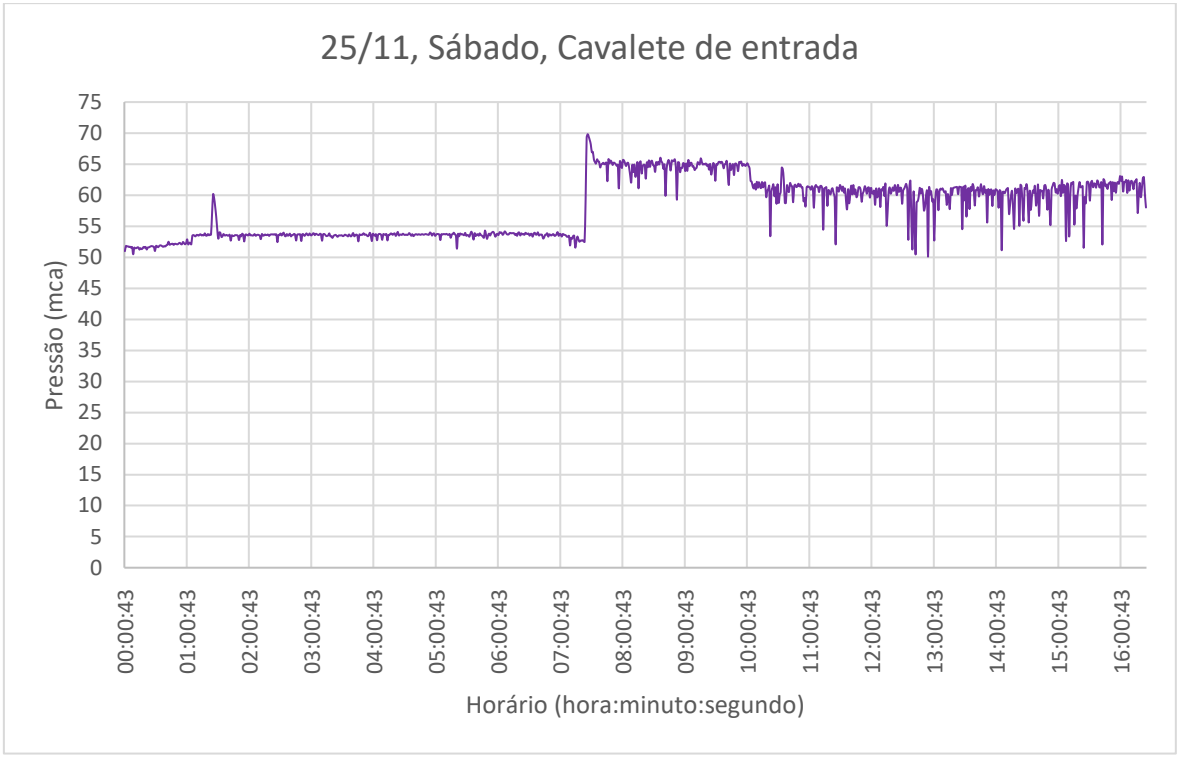

22/11, Quarta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:42
01:01:06
02:01:29
03:01:52
04:02:15
05:02:38
06:03:01
07:03:25
08:03:48
09:04:11
10:04:35
11:04:58
12:05:21
13:05:44
14:06:07
15:06:30
16:06:53
17:07:16
18:07:39
19:08:03
20:08:26
21:08:49
22:09:12
23:09:36
Horário (hora:minuto:segundo)

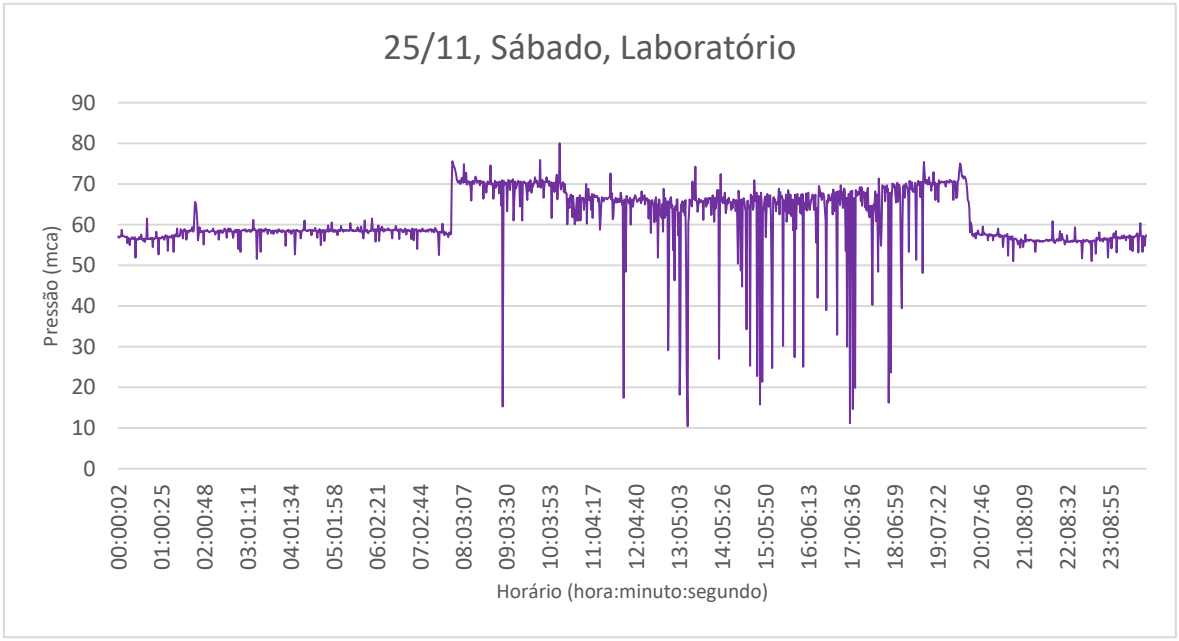

23/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:01
01:00:01
02:00:01
03:00:01
04:00:01
05:00:01
06:00:01
07:00:01
08:00:01
09:00:01
10:00:01
11:00:01
12:00:01
13:04:43
14:04:43
15:04:43
16:04:43
17:04:43
18:04:43
19:04:43
20:04:43
21:04:43
22:04:43
23:04:43
Horário (hora:minuto:segundo)

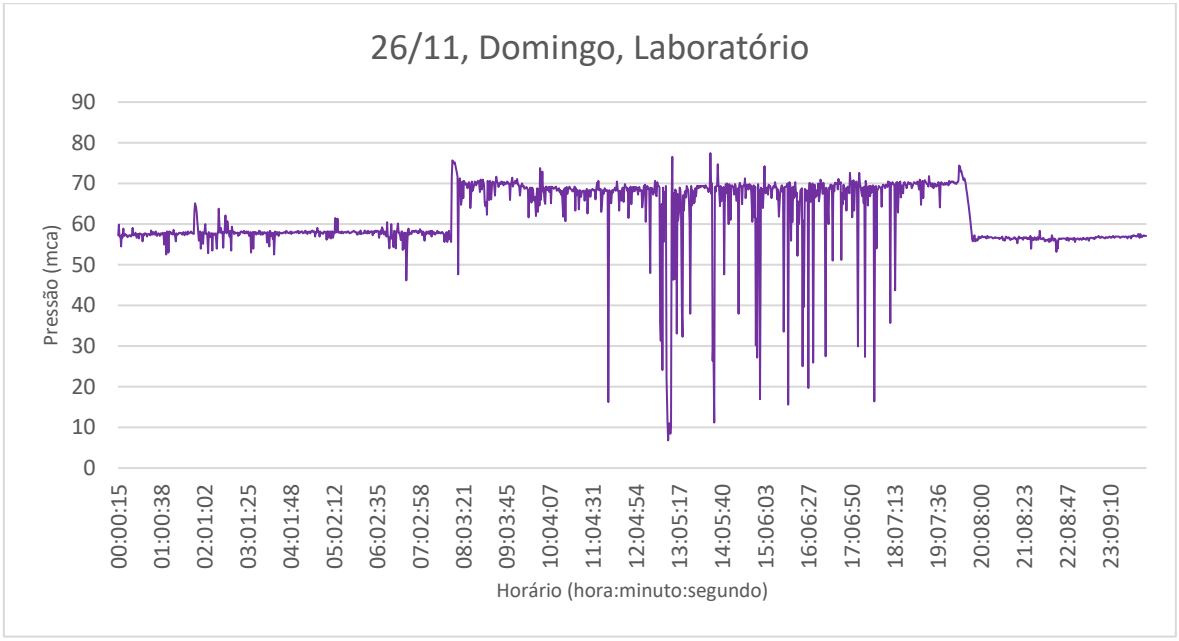

23/11, Quinta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:56
01:01:19
02:01:42
03:02:05
04:02:29
05:02:52
06:03:15
07:03:38
08:04:02
09:04:25
10:04:48
11:05:11
12:05:34
13:06:34
14:06:57
15:07:21
16:07:44
17:08:07
18:08:31
19:08:54
20:09:17
21:09:40
22:10:03
23:10:26
Horário (hora:minuto:segundo)

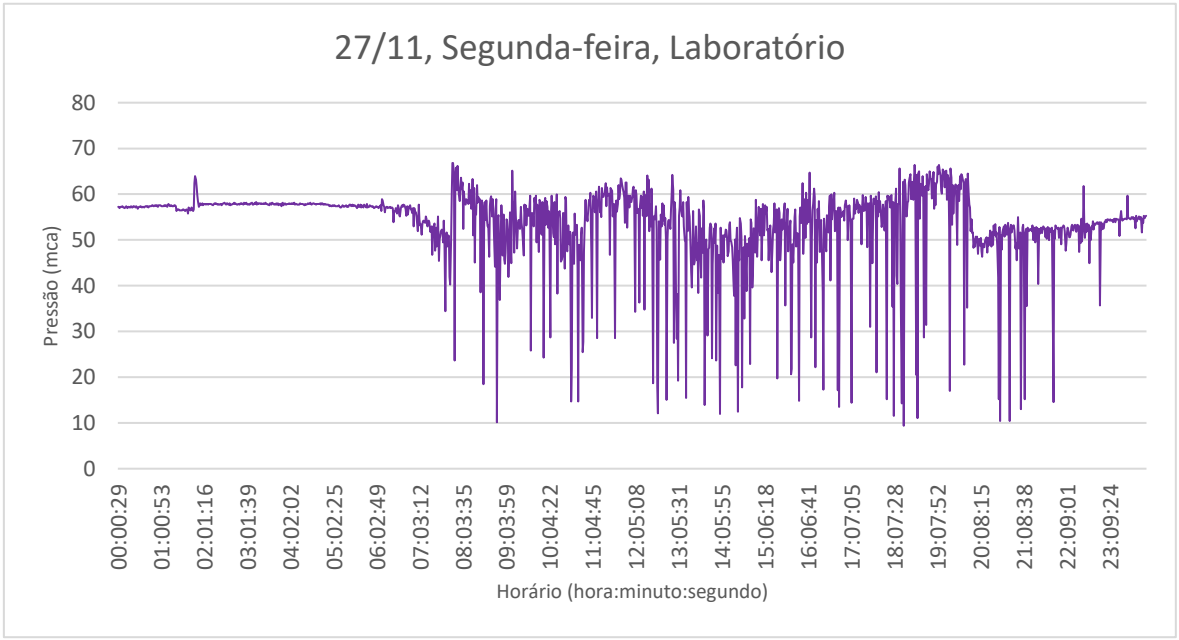

24/11, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:43
01:00:43
02:00:43
03:00:43
04:00:43
05:00:43
06:00:43
07:00:43
08:00:43
09:00:43
10:00:43
11:00:43
12:00:43
13:00:43
14:00:43
15:00:43
16:00:43
17:00:43
18:00:43
19:00:43
20:00:43
21:00:43
22:00:43
23:00:43
Horário (hora:minuto:segundo)

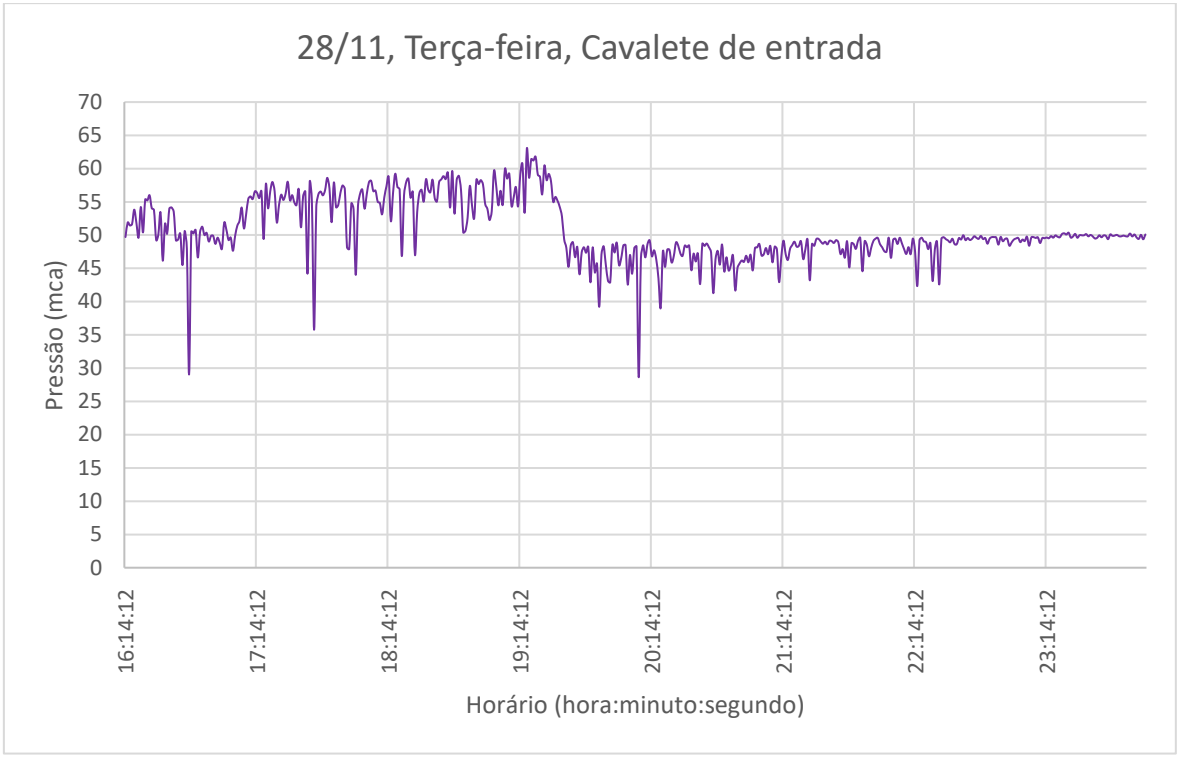

24/11, Sexta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:46
01:01:09
02:01:32
03:01:56
04:02:19
05:02:42
06:03:05
07:03:28
08:03:51
09:04:15
10:04:38
11:05:02
12:05:25
13:05:48
14:06:11
15:06:35
16:06:58
17:07:22
18:07:45
19:08:09
20:08:32
21:08:55
22:09:19
23:09:42
Horário (hora:minuto:segundo)

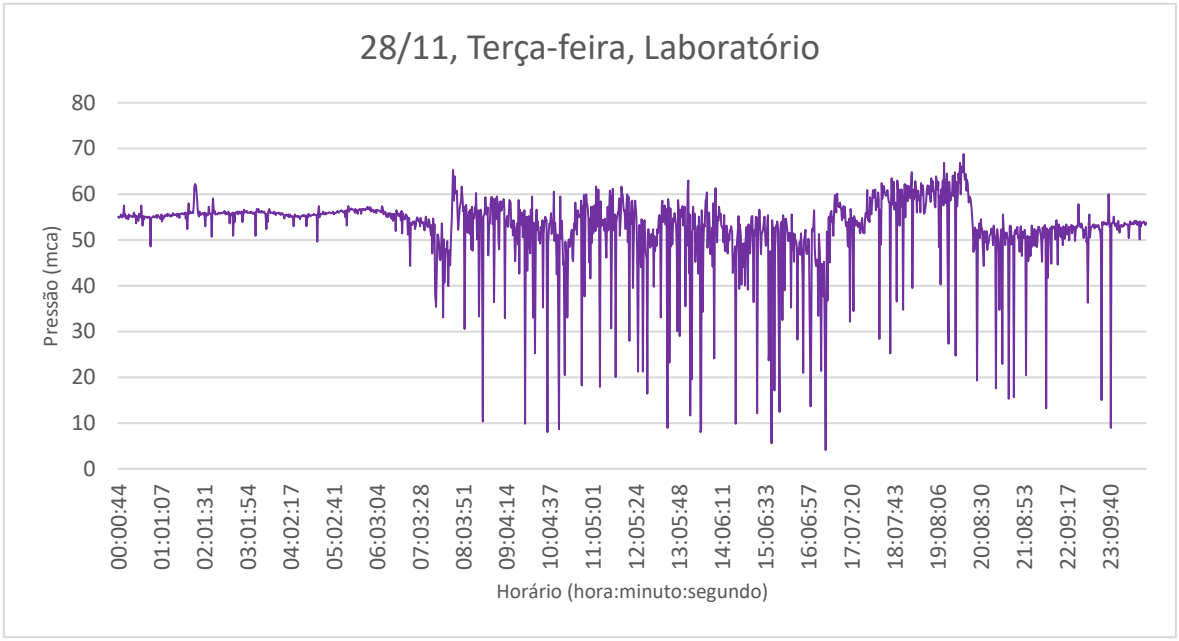

25/11, Sábado, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:43
01:00:43
02:00:43
03:00:43
04:00:43
05:00:43
06:00:43
07:00:43
08:00:43
09:00:43
10:00:43
11:00:43
12:00:43
13:00:43
14:00:43
15:00:43
16:00:43
Horário (hora:minuto:segundo)

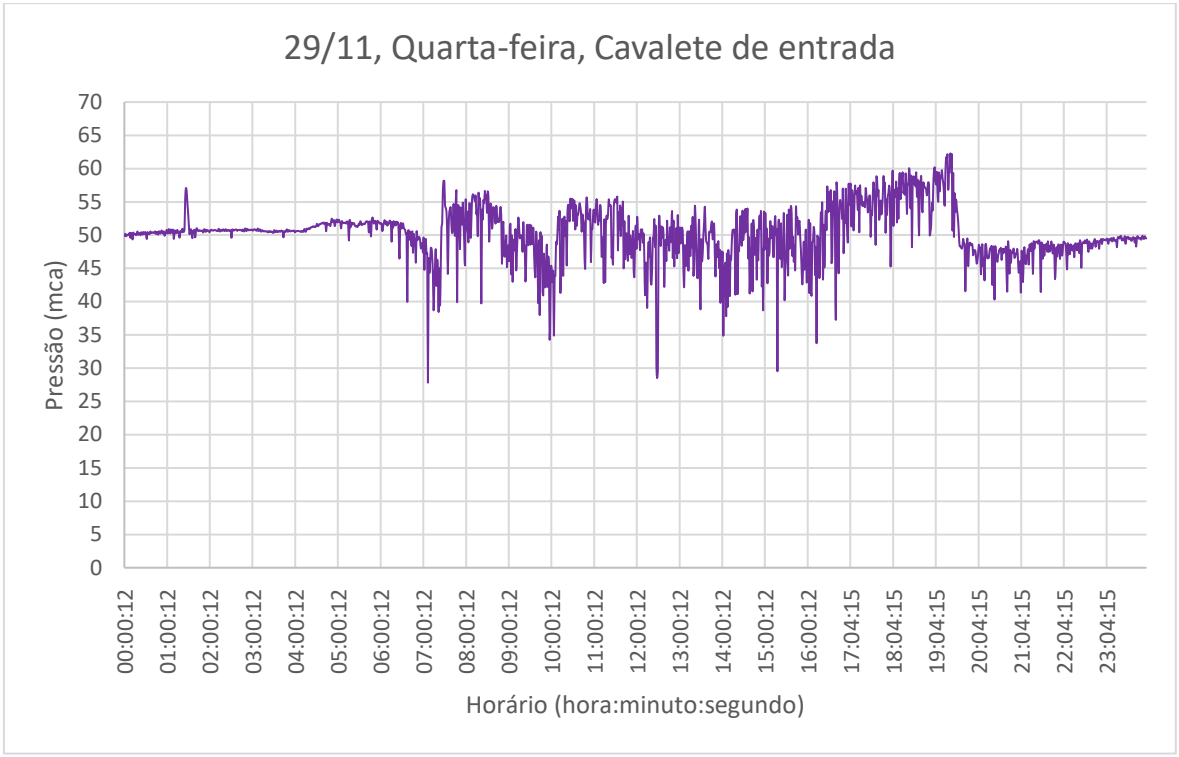

25/11, Sábado, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:02
01:00:25
02:00:48
03:01:11
04:01:34
05:01:58
06:02:21
07:02:44
08:03:07
09:03:30
10:03:53
11:04:17
12:04:40
13:05:03
14:05:26
15:05:50
16:06:13
17:06:36
18:06:59
19:07:22
20:07:46
21:08:09
22:08:32
23:08:55
Horário (hora:minuto:segundo)

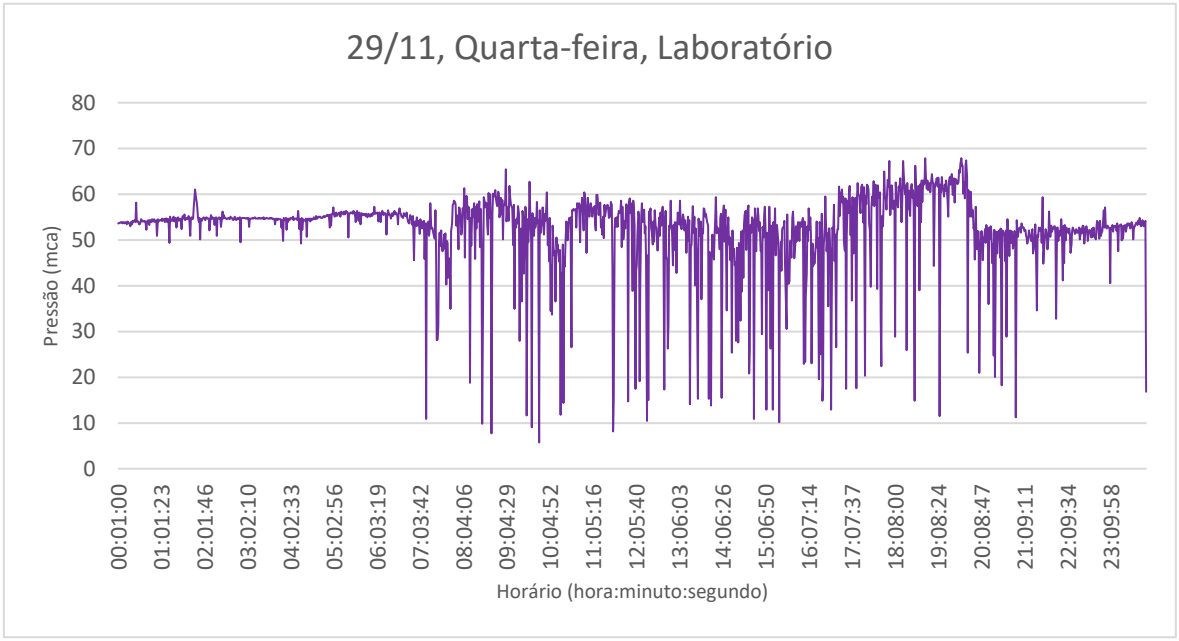

26/11, Domingo, Laboratório
Pressão (mca)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:15
01:00:38
02:01:02
03:01:25
04:01:48
05:02:12
06:02:35
07:02:58
08:03:21
09:03:45
10:04:07
11:04:31
12:04:54
13:05:17
14:05:40
15:06:03
16:06:27
17:06:50
18:07:13
19:07:36
20:08:00
21:08:23
22:08:47
23:09:10
Horário (hora:minuto:segundo)

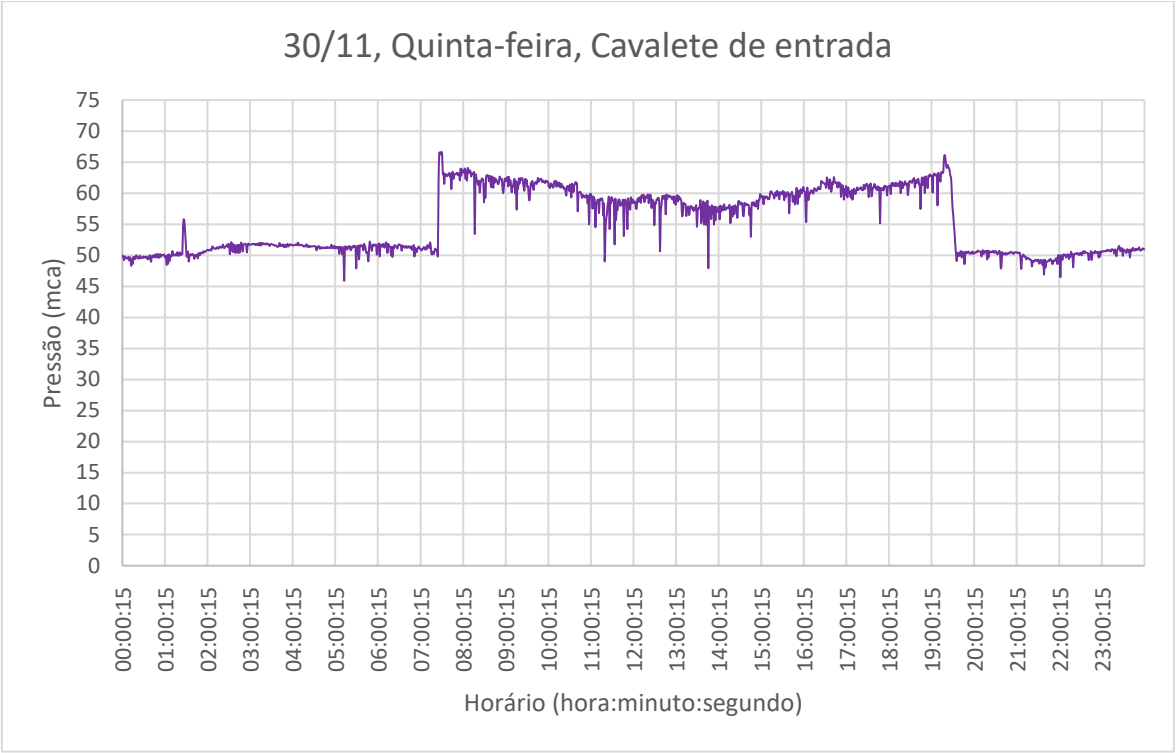

27/11, Segunda-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:29
01:00:53
02:01:16
03:01:39
04:02:02
05:02:25
06:02:49
07:03:12
08:03:35
09:03:59
10:04:22
11:04:45
12:05:08
13:05:31
14:05:55
15:06:18
16:06:41
17:07:05
18:07:28
19:07:52
20:08:15
21:08:38
22:09:01
23:09:24
Horário (hora:minuto:segundo)

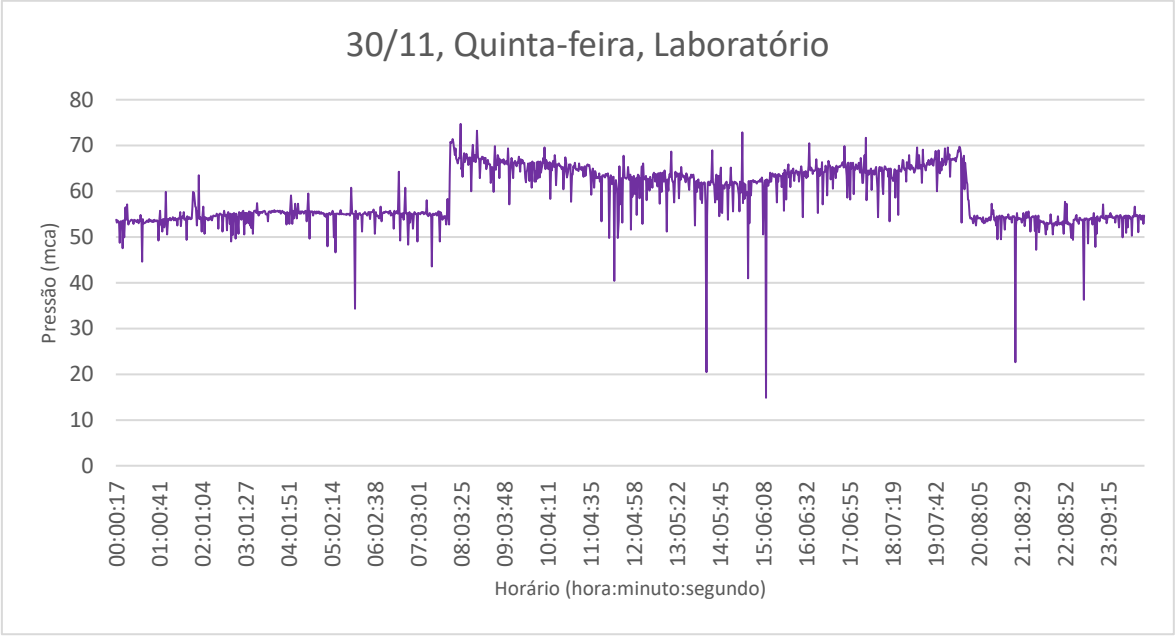

28/11, Terça-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
16:14:12
17:14:12
18:14:12
19:14:12
20:14:12
21:14:12
22:14:12
23:14:12
Horário (hora:minuto:segundo)

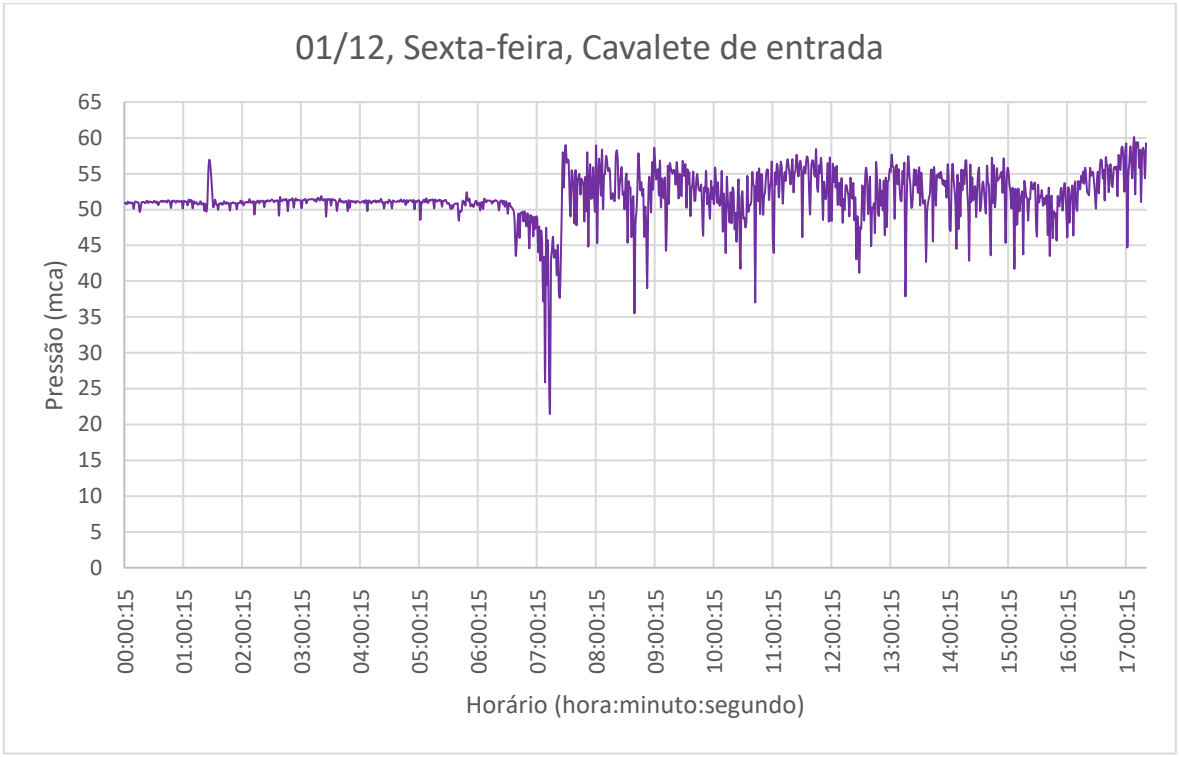

28/11, Terça-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:44
01:01:07
02:01:31
03:01:54
04:02:17
05:02:41
06:03:04
07:03:28
08:03:51
09:04:14
10:04:37
11:05:01
12:05:24
13:05:48
14:06:11
15:06:33
16:06:57
17:07:20
18:07:43
19:08:06
20:08:30
21:08:53
22:09:17
23:09:40
Horário (hora:minuto:segundo)

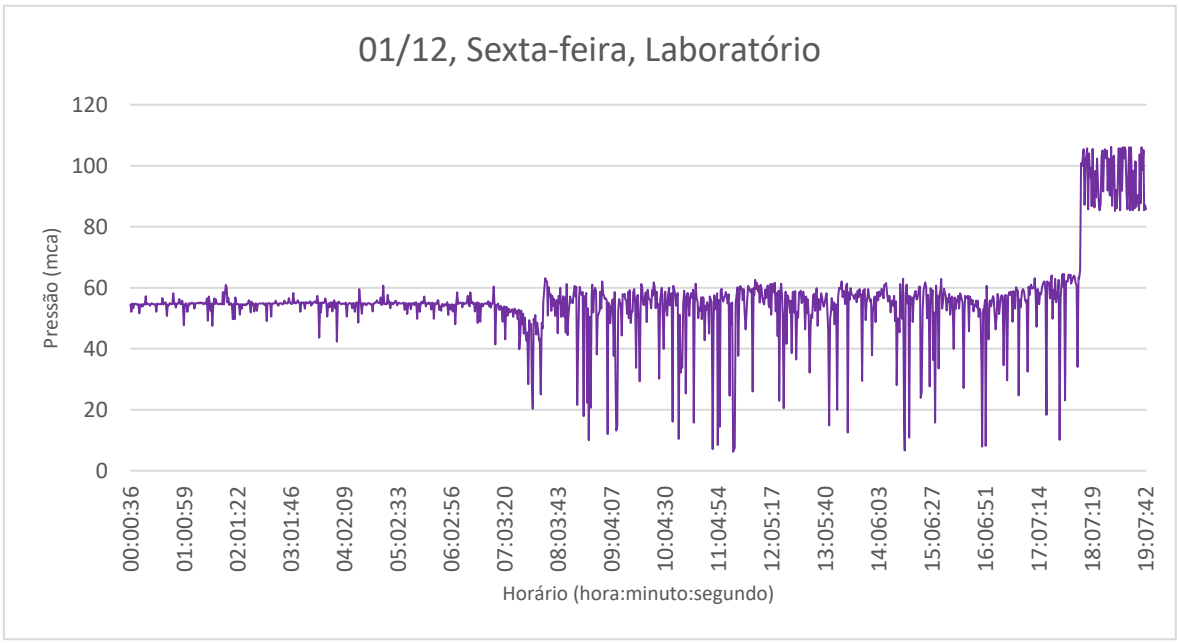

29/11, Quarta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:12
01:00:12
02:00:12
03:00:12
04:00:12
05:00:12
06:00:12
07:00:12
08:00:12
09:00:12
10:00:12
11:00:12
12:00:12
13:00:12
14:00:12
15:00:12
16:00:12
17:04:15
18:04:15
19:04:15
20:04:15
21:04:15
22:04:15
23:04:15
Horário (hora:minuto:segundo)


29/11, Quarta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:01:00
01:01:23
02:01:46
03:02:10
04:02:33
05:02:56
06:03:19
07:03:42
08:04:06
09:04:29
10:04:52
11:05:16
12:05:40
13:06:03
14:06:26
15:06:50
16:07:14
17:07:37
18:08:00
19:08:24
20:08:47
21:09:11
22:09:34
23:09:58
Horário (hora:minuto:segundo)


30/11, Quinta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:15
01:00:15
02:00:15
03:00:15
04:00:15
05:00:15
06:00:15
07:00:15
08:00:15
09:00:15
10:00:15
11:00:15
12:00:15
13:00:15
14:00:15
15:00:15
16:00:15
17:00:15
18:00:15
19:00:15
20:00:15
21:00:15
22:00:15
23:00:15
Horário (hora:minuto:segundo)


30/11, Quinta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
00:00:17
01:00:41
02:01:04
03:01:27
04:01:51
05:02:14
06:02:38
07:03:01
08:03:25
09:03:48
10:04:11
11:04:35
12:04:58
13:05:22
14:05:45
15:06:08
16:06:32
17:06:55
18:07:19
19:07:42
20:08:05
21:08:29
22:08:52
23:09:15
Horário (hora:minuto:segundo)


01/12, Sexta-feira, Cavalete de entrada
Pressão (mca)
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00:15
01:00:15
02:00:15
03:00:15
04:00:15
05:00:15
06:00:15
07:00:15
08:00:15
09:00:15
10:00:15
11:00:15
12:00:15
13:00:15
14:00:15
15:00:15
16:00:15
17:00:15
Horário (hora:minuto:segundo)


01/12, Sexta-feira, Laboratório
Pressão (mca)
120
100
80
60
40
20
0
00:00:36
01:00:59
02:01:22
03:01:46
04:02:09
05:02:33
06:02:56
07:03:20
08:03:43
09:04:07
10:04:30
11:04:54
12:05:17
13:05:40
14:06:03
15:06:27
16:06:51
17:07:14
18:07:19
19:07:42
Horário (hora:minuto:segundo)