

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GIULIA ZANOL CARVALHO

**CADASTRO E MODELAGEM DAS REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
POTÁVEL DO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

CAXIAS DO SUL

2022

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GIULIA ZANOL CARVALHO

**CADASTRO E MODELAGEM DAS REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
POTÁVEL DO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
de Caxias do Sul, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheira Civil.
Orientador: Prof. MSc. Tiago Panizzon

CAXIAS DO SUL

2022

GIULIA ZANOL CARVALHO

**CADASTRO E MODELAGEM DAS REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
POTÁVEL DO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil da Universidade
de Caxias do Sul, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. MSc. Tiago Panizzon

Banca Examinadora

Prof. MSc. Tiago Panizzon

Prof. Juliano Rodrigues Gimenez

Eng^a Ambiental Roberta Elamarine Neimaier Graeff

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus familiares e amigos que, durante a elaboração deste trabalho, em uma etapa tão importante da minha vida não mediram esforços para me apoiarem e confiarem em mim.

Ao professor Tiago que durante todo ano me orientou com muita paciência e dedicação, de forma fundamental para o desenvolvimento do trabalho. Agradeço pelos conhecimentos passados e pela a contribuição durante todo o decorrer do curso.

Por fim, agradeço ao Seu Lucídio que, incansavelmente me apresentou todo o sistema de abastecimento de água do campus sede da Universidade de Caxias do Sul. A participação dele foi imprescindível para a realização deste trabalho, justamente por ser o colaborador com mais conhecimento nessa área da UCS. Muito obrigada!

RESUMO

O campus sede da Universidade de Caxias do Sul é um local onde as edificações foram construídas em períodos distintos, embora sejam integrantes do mesmo sistema de abastecimento de água, que não possuem um padrão de ocupação, apesar de que a maioria dos prédios sejam constituídos por salas de aula. Com essa construção em épocas diferentes ocorreram várias etapas de ampliação do campus, fazendo com que os projetos fossem adaptados de acordo com as necessidades da operação de cada bloco. O sistema de abastecimento de água do campus foi um dos sistemas que acabou sendo executado de acordo com a necessidade do abastecimento do prédio atrelado às adaptações em função das instalações já existentes nas áreas próximas ao bloco. Por inúmeras razões, surgiu a necessidade de um cadastramento das redes de abastecimento de água do campus sede. Em função disso, foi realizado um levantamento com análise visual das redes do sistema e foram coletadas informações tais como traçado, material e diâmetro de tubulações, ramais de abastecimento, reservatórios e válvulas redutoras de pressão foram coletadas. O levantamento paralelo a elaboração da planta baixa, constataram que a rede de abastecimento do campus possui 49.794,87 metros, divididos em tubulações de PVC-U com junta soldável em sua maioria e aproximadamente apenas 5% da extensão da rede em PEAD. Esses dados foram aplicados na planta baixa do campus e após foi possível criar um modelo hidráulico de todo sistema no Epanet 2.0. Para estimar o cálculo do consumo foram utilizados valores de consumo do DMAE (2016) juntamente com os dados disponibilizados pela UCS de alunos de cada bloco e valores estipulados. Nas simulações realizadas no software foram analisados parâmetros tais como pressão, velocidade, perda de carga e vazão. Constatou-se então que um dos problemas do sistema inicialmente era a falta de informação de dados, mas que fora resolvido na realização deste trabalho. E um dos maiores problemas ainda existentes é a questão da pressão em determinadas regiões da UCS justificados principalmente pelo alto desnível entre o reservatório e os pontos de consumo. Como medida corretiva sugeriu-se a realocação e configuração das duas VRPs no sistema, configuradas em 10 e 20 mca.

Palavras-chave: Consumo, Modelo hidráulico, Sistema de distribuição de água, Instituição de ensino.

ABSTRACT

The main campus of the University of Caxias do Sul is a place where the buildings were built in different periods, although they are part of the same water supply system, which do not have a pattern of occupation, despite the fact that most of the buildings are constituted by classrooms. With its construction at different times, there were several stages of expansion of the campus, causing the projects to be adapted according to the needs of the operation of each block. The campus water supply system was of the systems that was being implemented according to the need to supply the building linked to the adaptations due to the existing facilities in the areas close to the block. For numerous reasons, the need arose to register the main campus water supply networks has 49.794,87 meters, divided into PVC-U pipes with weldable joints in the majority and approximately only 5% of the network extension in HDPE. These data were applied to the campus floor plan and after that it was possible to create a hydraulic model of the entire system in Epanet 2.0. Consumption values from DMAE (2016) were used to calculate consumption, unified with data provided by UCS for students in each block and stipulated values. In the simulation carried out in the software, parameters such as pressure, velocity, head loss and flow were analyzed. It was then found that one of the system's problems was initially the lack of system data informativon, but that had been resolved during this work. And one of the biggest problems that still exists is the issue of pressure in certain regions of the UCS, justified mainly by the high difference in level between the reservoir and the points of consumption. As a corrective measure, it was suggested the relocation and configuration of two VRPs in the system, configured at 10 and 20 mca

Keywords: Consumption, Hydraulic model, Water distribution system, Educational institution.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ocupação dos blocos	40
Tabela 2 – Consumidores especiais pelo critério do DMAE.....	41
Tabela 3 – Válvulas redutoras de pressão	48
Tabela 4 – Inconsistências na rede pelo levantamento.....	49
Tabela 5 - Reservatórios individuais dos blocos	50
Tabela 6 - Extensão das tubulações em função de diâmetros.....	52
Tabela 7 – Válvulas redutoras de pressão	52
Tabela 8 – Diâmetros adotados	54
Tabela 9 - Consumo de água por nó	55
Tabela 10 - Pressão de saída das VRPs	58
Tabela 11 - Realocação VRPs	63
Tabela 12 - Perda de carga excessiva	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do campus sede da UCS.....	33
Figura 2 - Limites do Município de Caxias do Sul	34
Figura 3 – Localização das Bacias de Captação de Caxias do Sul.....	35
Figura 4 – Mapa ilustrativo dos blocos da UCS	36
Figura 5 – Filtros dos poços artesianos	37
Figura 6 – Local de início do levantamento	44
Figura 7 – Reservatório principal	44
Figura 8 - Saída das redes de distribuição secundárias	45
Figura 9 – Saída da rede de distribuição principal	45
Figura 10 - Reservatórios 2 e 3.....	46
Figura 11 - Boca de visita reservatório 2.....	47
Figura 12 – Saída reservatório 3.....	47
Figura 13 – Localização VRPs	48
Figura 14 – Caixa de inspeção com mais de um sistema	51
Figura 15 - Mapa de consumos	57
Figura 16 - Vazão da rede.....	59
Figura 17 – Cenário 1 (Pressão dinâmica mínima)	60
Figura 18 - Localização VRP nova 1.....	61
Figura 19 - Localização VRP nova (2ª).....	62
Figura 20 - Gráfico de isolinhas nova configuração das VRPs.....	64
Figura 21 - Cenário 2 (Pressão estática máxima)	65
Figura 22 – Velocidades do sistema	66
Figura 23 - Perda de carga nos "trechos"	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	DIRETRIZES DO TRABALHO.....	12
2.1.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	12
2.2.	TEMA	13
2.3.	OBJETIVOS	13
2.3.1.	Objetivo principal.....	13
2.3.2.	Objetivos específicos.....	13
2.4.	DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES	13
2.4.1.	Delimitações	14
2.4.2.	Limitações	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1.	SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL E REGIÃO.....	15
3.2.	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	17
3.3.	REDES DE ÁGUA	18
3.3.1.	Reservatórios.....	19
3.3.2.	Manutenção das redes e perdas de água	20
3.3.3.	Ligações prediais	22
3.3.4.	Medidores	23
3.3.5.	Materiais para redes de água	24
3.3.5.1.	<i>Tubos e conexões.....</i>	25
3.3.5.2.	<i>Equipamentos acessórios</i>	27
3.4.	ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO.....	29
3.5.	MODELAGEM HIDRÁULICA DE REDES DE ÁGUA.....	31
4	METODOLOGIA.....	33
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
4.1.1.	Redes de abastecimento de água da UCS	36

4.2.	LEVANTAMENTO DAS REDES DE ÁGUA.....	37
4.3.	MODELAGEM DAS REDES DE ÁGUA.....	39
5	RESULTADOS	43
5.1.	LEVANTAMENTO DA REDE DE ÁGUA	43
5.1.1.	Caracterização técnica	52
5.2.	MODELAGEM HIDRÁULICA.....	53
5.2.1.	Vazão	59
5.2.2.	Pressões estáticas máximas e dinâmicas mínimas	59
5.2.3.	Velocidades.....	65
5.2.4.	Perda de carga	66
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A água consiste em uma substância essencial para população e para o funcionamento das organizações em todo o mundo. Por ser uma necessidade e um direito básico, é importante que a distribuição de água seja feita com qualidade e quantidade. No Brasil, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do ano de 2020, 84,2% da população total residente possui atendimento com água por meio de rede geral de distribuição (SNIS, 2022).

Entretanto, as maiores deficiências observadas nos sistemas de abastecimento de água estão relacionadas com a deterioração de sistemas mais antigos, ou seja, tubulações e conexões que apresentam patologias de rompimentos e vazamentos (TSUTIYA, 2006). Essas deficiências são causadas principalmente pela falta de manutenção e rastreamento, ou ainda, por falhas durante a de implantação das redes. Em função de problemas como estes ocorre um desperdício de água muito grande, sendo estimado que 40,1% de toda água disponibilizada no Brasil e em 2020 seja perdida, entre perdas reais e aparentes (SNIS, 2022), o que em diversos casos poderia ser evitado se fosse realizada a manutenibilidade.

Um fator diretamente relacionado com os sistemas de abastecimento de água é o crescimento rápido e, de certa forma, desordenado dos centros urbanos, loteamentos e pequenas localidades. A necessidade de ampliação de redes devido à alta demanda gera uma série de adequações nas instalações existentes, que por vezes, poderiam ser executadas de forma mais estratégica, resultando em menores custos de operação e instalação. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) estima que, para que o Brasil possua segurança hídrica, até o ano de 2035 seria necessário um investimento de R\$ 110 bilhões (ANA, 2022). Esse valor seria utilizado em novas infraestruturas de produção e distribuição de água, bem como a reposição de ativos das infraestruturas existentes, controle de perdas do recurso, manutenções e ações voltadas para a gestão da segurança hídrica em todo o território nacional.

O campus central da Universidade de Caxias do Sul (UCS), localizado no Bairro Petrópolis, do município de Caxias do Sul, é atendido pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAMAE), que o abastece por meio de três pontos de tomada, mas apenas uma está ativa (rede do Marrecas), as outras ficam desativadas a menos que haja falha na distribuição pela rede principal. As três entradas conduzem a água até o reservatório elevado principal localizado em um dos pontos mais altos do campus, sendo responsável pela distribuição em todos os blocos.

Porém, em função da ampliação do campus em diversas etapas distintas, houve a perda de informações referentes às redes implantadas.

Portanto, o sistema de abastecimento de água da Universidade está parcialmente documentado, sendo que a maior parte da rede de água não possui os arquivos completos, o que faz com que existam inúmeras incógnitas referentes a localização e características das tubulações e aos principais componentes. Isso gera uma série de consequências, principalmente relacionadas à manutenção e preservação da rede, diagnóstico de patologias no sistema, e ainda limitações operacionais. Paralelamente, em função do desnível do reservatório principal com alguns blocos, o sistema apresenta problemas de excesso de pressão em determinados pontos das instalações.

Tendo em vista essa problemática, o presente trabalho tem como por objetivo realizar o levantamento e a modelagem computacional com o software Epanet das redes de água e estruturas auxiliares do sistema de abastecimento de água potável no campus sede da UCS, a fim de que sejam identificados os componentes implantados, bem como avaliar o funcionamento da rede. Com o sistema modelado, será possível realizar os reparos de maneira mais precisa, além de auxiliar na identificação de vazamentos e falhas. Também será possível identificar pontos que necessitem da implantação de válvulas de controle de pressão, bem como regular as válvulas redutoras de pressão (VRPs) existentes.

2 DIRETRIZES DO TRABALHO

Neste capítulo são apresentadas as justificativas da realização do presente trabalho envolvendo o sistema de abastecimento de água do campus sede da UCS e quais assuntos serão abordados. Estão também especificados os objetivos do trabalho e suas delimitações.

2.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O sistema de abastecimento e distribuição de água do campus sede da Universidade de Caxias do Sul foi implantando conforme foram feitas as ampliações e a construção de novas edificações. Sendo, desta forma, desenvolvidos em diversas etapas de execução, sem um planejamento completo do sistema de abastecimento de água. Com isso, o sistema foi sendo adaptado, comprometendo alguns trechos com falta e ou excesso de pressão, além disso, algumas das instalações não estão completamente documentadas, ou seja, faltam informações que caracterizam o sistema. A importância do levantamento das redes e da verificação de pressões se dá pela conservação, manutenção e ajustes necessários para que o sistema seja funcional e evite eventuais danos aos aparelhos instalados nas partes internas aos blocos.

A Gerência de Infraestrutura e Logística da UCS (GLOG), setor responsável, dentre outras funções, pela manutenção do campus, tem relatado uma série de dificuldades na operação do sistema. Em função da falta de dados e projetos arquivados, por vezes, o reparo de uma simples falha no sistema torna-se bastante complexa, tendo em vista que são desconhecidas as informações tais como a localização exata das tubulações, o material e o diâmetro em determinados trechos. Isso faz com que o sistema opere com menos êxito do que realmente seria possível, inclusive em questões financeiras.

Somando-se à falta de informações de projeto, existe uma questão referente às perdas reais e aparentes do sistema de distribuição da UCS. Pelo fato de que o sistema de abastecimento de água é relativamente extenso e complexo, podem ocorrer vazamentos que não são imediatamente identificados e corrigidos, fazendo com que as perdas de água possam ser significativas. Assim como as perdas, outra questão relevante no sistema é sobre o déficit da operação com as válvulas redutoras de pressão, pois apesar de inúmeros pontos apresentarem problemas de pressão, não se sabia onde instalar as VRPS bem como qual a configuração devia possuir. Além disso, os medidores instalados no decorrer das redes já são antigos e podem estar com erros de medição, o que dificulta o controle de consumo total.

2.2. TEMA

Sistemas de abastecimento e distribuição de água potável em uma Universidade.

2.3. OBJETIVOS

Neste item são apresentados os objetivos do trabalho. O objetivo principal é o propósito geral do plano de trabalho, se refere ao resultado que deve ser atingido com a realização do projeto. Os objetivos específicos, por sua vez, visam orientar o que será realizado de forma segmentada e que apresentarão resultados paralelos e relacionados ao objetivo principal.

2.3.1. Objetivo principal

Avaliar a rede de abastecimento de água e estruturas complementares, válvulas e pressões, bem como a identificação das tubulações em função das suas especificações e traçado, do Campus Central da Universidade de Caxias do Sul.

2.3.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos elencados para este projeto são:

- a) Realizar o levantamento das redes de abastecimento de água instaladas no campus sede;
- b) Cadastrar as redes em arquivo digital;
- c) Modelar hidráulicamente a rede de distribuição de água;
- d) Identificar e propor soluções para os problemas de pressão na rede.

2.4. DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES

Neste item são especificados quais os aspectos o projeto abrange e quais são suas delimitações e limitações. São apresentados os limites de temas e áreas do projeto para que os resultados estejam balizados dentro do que foi determinado neste capítulo.

2.4.1. Delimitações

O projeto abrange o sistema de abastecimento interno do campus central da UCS, iniciando no reservatório elevado principal até as entradas de água nos blocos. O levantamento das redes não contempla os trechos de estações elevatórias da Universidade bem como as redes de distribuição de água do Hospital Geral. Foram verificadas questões de acionamento e ligação com os três pontos de tomada com o Sistema Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE), principalmente com o abastecimento fornecido pelo Sistema de distribuição de água da Represa Marrecas, a principal ligação utilizada atualmente. O projeto também não contempla a avaliação sobre a instalação e capacidade dos reservatórios existentes.

2.4.2. Limitações

Apenas parte da rede de água da Universidade de Caxias do Sul está cadastrada. Para o levantamento não será utilizada nenhuma tecnologia de rastreamento das redes, como por exemplo, hastes de escuta ou geofones. O levantamento será baseado na memória de um dos funcionários da Instituição, que opera o sistema e tem um conhecimento maior em função das manutenções e adaptações da rede que realiza, além da inspeção visual através das caixas de inspeção da rede e pelos pontos onde a rede é visível. Em alguns pontos nos quais surgiram dúvidas, foram feitos testes para confirmar tanto a origem do abastecimento como a ligação dos ramais. Com isso, alguns pontos poderão ser considerados tais quais o levantamento original das redes de água, elaborado pela Gerência de Infraestrutura e Logística (GLOG), quanto às informações de materiais e diâmetros da tubulação.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os sistemas de abastecimento de água são constituídos de forma à satisfazer as necessidades da população considerando um razoável número de anos (SHAMMAS, 2018). Para a concepção do sistema de abastecimento de água são abordados inúmeros aspectos que fazem com que o projetista adote os parâmetros corretos para o desenvolvimento do projeto. Neste capítulo, são apresentados tópicos que influenciam o abastecimento bem como os elementos constituintes do sistema.

3.1. SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL E REGIÃO

O saneamento básico compreende os serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, limpeza urbana, coleta de resíduos, e drenagem e manejo das águas pluviais (ANA, 2022). No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal e é regularizado pela Lei Federal nº 11.445/2007.

O primeiro plano brasileiro de saneamento foi criado na década de 1970, conhecido como Plano Nacional de Saneamento (Planasa). Inicialmente, este plano proporcionou uma ampliação nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, porém não foram incluídas as metas para a drenagem urbana e o manejo de resíduos sólidos (PHILIPPI JÚNIOR, GALVÃO JÚNIOR, 2012). Entretanto, segundo Júnior (2012), em 1980 houve a extinção das instituições financeiras que incentivavam e fomentavam o plano, o que resultou no declínio das atividades e poucas metas foram cumpridas. Posteriormente ao Planasa, inúmeros municípios iniciaram os seus planos de saneamento fazendo menção, inclusive, à drenagem e limpeza urbana e ao manejo dos resíduos sólidos.

Em 2020, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), constatou-se de que 84,1% da população total brasileira possui atendimento com redes de água, porém, os índices de atendimento com redes de coleta de esgoto ainda são baixos, em torno de 55,0% da população total. A cobertura da coleta domiciliar dos resíduos, em 2020, foi de 90,5% da população, e ainda, apenas 50,8% do esgoto gerado foi tratado (SNIS, 2022). No Rio Grande do Sul, 86,7% da população total é atendida com redes de abastecimento de água, sendo maior que a média nacional. Porém, o atendimento com redes de esgoto é de apenas 33,5%, a coleta domiciliar de resíduos é de 92,5% e o sistema exclusivo de drenagem é de 48,8% da população total (SNIS, 2020).

No Rio Grande do Sul, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura, está desenvolvendo o Plano Estadual de Saneamento (PLANESAN-RS), que visa estabelecer as diretrizes, estratégias e ações para que o governo estadual possa atender as demandas em relação ao saneamento básico no estado. O objetivo do plano é, principalmente, promover melhorias na saúde pública, na qualidade de vida da população e ainda, a utilização dos recursos naturais de modo sustentável (SEMA, 2022).

O município de Caxias do Sul possui plano de saneamento básico desde 2018, instituído pela Lei Complementar nº 558 de 16 de maio de 2018 (CAXIAS DO SUL, 2018). Segundo um diagnóstico realizado nos anos de 2017 e 2018, 100% da população urbana caxiense possui abastecimento de água, sendo que em zonas rurais, a maioria dos consumidores possui fontes próprias de água (SAMAE, 2018).

Os sistemas de esgotamento sanitário também foram diagnosticados e, segundo o SNIS, até 31 de dezembro de 2020, a extensão das redes de separador absoluto era de 1.840,16 km. Em Caxias foram coletados 18.176,20 m³ de esgoto, dos quais apenas 9.340,53 m³ foram tratados (SNIS, 2021).

No eixo referente aos resíduos sólidos, o diagnóstico do município de Caxias do Sul apontou que as taxas de coleta de resíduos domiciliares e coleta seletiva são de 100% da população urbana. E ainda, a taxa de recuperação dos materiais recicláveis é de 12,68% em relação a quantidade de resíduos domiciliares e públicos (SEMMA, 2017).

Sobre a drenagem urbana do município, na área urbana, cabe destacar que o plano previa a implantação de 12 reservatórios de retenção com intuito de retardar o pico das enchentes para as chuvas de pouca duração, mas muita intensidade. Entretanto, devido a questões financeiras, foram construídos apenas 4 reservatórios e ainda, o volume ficou menor do que o previsto também em função das verbas (SMOSP, 2017).

No Ranking do Saneamento na edição de 2022, a cidade de Caxias do Sul está na 62ª posição, em 2021 estava na 54ª posição brasileira, e no ano de 2017 o Município já esteve na 37ª colocação. Neste ano, o relatório apontou que quase 35 milhões de pessoas não tem acesso à água tratada e 100 milhões de brasileiros não tem acesso à coleta de esgoto, o que reflete na hospitalização diária de pessoas com doenças de veiculação hídrica. (TRATA BRASIL, 2022). Esse ranking leva em consideração a análise dos indicadores do SNIS publicado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, onde são monitorados os dados dos cem maiores municípios brasileiros baseados na população.

3.2. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

“O sistema de abastecimento de água é o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a um determinado consumidor” (NETTO, 2015). O principal objetivo deste sistema é fornecer a água em qualidade e quantidade independente de qual seja o fim a ser utilizado, doméstico, residencial, comercial, industrial, hospitalar, entre outros.

O sistema é composto, basicamente, por oito subsistemas que ao funcionarem paralelamente possibilitam o cumprimento do objetivo. Segundo Netto (2015), esses subsistemas são o manancial, a captação, bombeamentos, a adução, o tratamento, a reservação, a distribuição e as estações de manobra. Os principais fatores determinantes para a definição do sistema de abastecimento de água são o manancial, a topografia da área a ser atendida bem como a população que irá recebê-la. Os sistemas podem ser com captação de água em mananciais superficiais, sendo em curso de água, represas ou em manancial de serra. Ou então, com a captação de água sendo realizada em mananciais subterrâneos, com a captação através de caixas de tomadas, drenos ou poços profundos.

São várias as normas da ABNT que regulamentam os projetos de sistemas de abastecimento, tais como NBR 12.211/1992, que trata sobre os estudos de concepção de sistema público de abastecimento de água (ABNT, 1992) e a NBR 12.218/2017 que normativa especificamente o projeto da rede de distribuição de água para o abastecimento público (ABNT, 2017), que serão as normas mais abordadas no presente projeto. Outras normas relevantes de serem citadas são a NBR 12.212/2017 para os poços de captação de água subterrânea (ABNT, 2017), NBR 12.213/1992 para os projetos de captação de água da superfície para abastecimento (ABNT, 1992), a NBR 12.214/2020 para o sistema de bombeamento (ABNT, 2020), a NBR 12.215/2017 para os projetos de adutoras (ABNT, 2017), a NBR 12.216/1992 para as estações de tratamento de água (ABNT, 1992) e a NBR 12.217/1994 que regulamenta os reservatórios de distribuição (ABNT, 1994). Além dessas são aplicáveis também as normas referentes aos materiais empregados no sistema.

Para a concepção ser escolhida é de suma importância que seja elaborado um diagnóstico de todo o sistema a ser implantando, onde sejam apresentados os estudos que envolvem toda a caracterização da área, perante as características físicas, uso e ocupação do solo, aspectos sociais e econômicos, e ainda o sistema de infraestrutura e condições sanitárias do local (TSUTIYA, 2006). Segundo o autor, é imprescindível que seja feita uma avaliação do sistema de abastecimento existente no local de estudo, a fim de que sejam conhecidas todas as

particularidades das implantações. O diagnóstico do sistema é fundamental para que sejam abordados todos os elementos que ainda estão conservados, a fim de reaproveitar o material das instalações existentes, bem como ficar ciente das dificuldades em relação ao desempenho, funcionalidade e operação. Além disso, nesse estudo é importante que sejam levantadas informações básicas para os projetos, tais como área e população atendidas, consumo, número de ligações, estimativa de perdas de água e a regularidade do sistema (TSUTIYA, 2006).

Para elaboração do projeto das redes de distribuição de água é necessário que seja estudada a demanda de água. Na determinação da demanda deve-se considerar o consumo das ligações medidas e não medidas, e ainda o volume das perdas do sistema (ABNT, 1992). É importante realizar uma análise de consumo e distribuição, conforme suas categorias, ou seja, residencial, pública, industrial ou especial. O consumo per capita pode ser determinado tendo como referência os valores medidos, mas realizando uma projeção deste parâmetro, ou então, caso essas informações não sejam acessíveis, é possível considerar os dados de comunidades semelhantes (TSUTIYA, 2006). A NBR 12.211/1992 estabelece também que, quando os dados disponíveis para estudo são de fontes confiáveis, então os valores de consumo médio devem ser iguais à média dos volumes diários, consumidos em um período de um ano, no mínimo (ABNT, 1992).

3.3. REDES DE ÁGUA

Conforme a NBR 12.218/2017, as redes de distribuição de água são a parte do sistema constituída por tubulações, componentes e equipamentos acessórios, destinadas à disponibilizar água potável aos consumidores (ABNT, 2017). É considerada a unidade do sistema de maior custo, compreendendo entre 50 e 75% do custo total de todas as obras do abastecimento (TSUTIYA, 2006).

Normalmente, os condutos de uma rede de distribuição de água são classificados entre principais e secundários. Segundo a NBR 12.218/2017, os condutores principais são aqueles que possuem o maior diâmetro na rede de distribuição e abastecem as canalizações secundárias. Os condutos secundários, por sua vez, possuem a função de abastecer os pontos de consumo do sistema, ou seja, as ligações prediais estão ligadas nessas tubulações secundárias (ABNT, 2017).

Outra classificação das redes de distribuição diz respeito ao posicionamento dessas, se são redes simples ou redes duplas. As redes simples são instaladas usualmente no terço superior

da faixa carroçável, já as redes duplas implantadas uma em cada passeio público. A NBR 12.218 (ABNT, 2017) prevê que sejam utilizadas redes duplas quando o estudo técnico considerar que essa seja a opção mais indicada em função em operação, manutenção e aspectos econômicos, e ainda, quando as características geométricas das vias em que serão executadas exigirem tal demanda. Usualmente, essa classificação é definida pelas empresas de abastecimento locais, o Samae, por exemplo, utiliza redes duplas nas redes de abastecimento de água (SAMAE, 2018).

Em relação à disposição e ao traçado, a rede pode ser classificada como ramificada, malhada ou mista. A rede ramificada ou espinha de peixe é utilizada, normalmente, nas áreas em que as ruas não se conectam em si por questões topográficas ou do próprio traçado urbano, desenvolvendo um formato linear (HELLER, 2010). A rede malhada, por sua vez, é típica em regiões onde as ruas formam malhas viárias, que permitem que a tubulação seja interligada pelas extremidades. Heller (2010) afirma que as redes malhadas além de apresentarem vantagens no escoamento hidráulico, é também vantajosa no quesito de qualidade de água tendo em vista que é possível permitir o fluxo de água nos dois sentidos, evitando pontas mortas nas tubulações.

As redes malhadas, por sua vez, possuem tubulações principais que unidas foram anéis ou blocos, fazendo que o abastecimento de água possa ocorrer por mais de um caminho. Isso facilita a manutenção da rede, pois com a flexibilidade de sentidos de fornecimento de água, a necessidade de interromper inúmeras ligações reduz uma vez que é possível isolar o sistema em áreas menores. As redes malhadas em anéis são os casos mais comuns nas cidades, devido ao bom funcionamento quando dimensionada corretamente (TSUTIYA, 2006). Para calcular as redes malhadas é comum adotar o método do seccionamento fictício, onde as malhas são decompostas em ramificações fazendo com que a questão seja hidráulicamente determinada. Porém é um método arbitrário e impreciso, aplicável apenas às redes pequenas e tubulações secundárias (NETTO, 2015).

3.3.1. Reservatórios

Ao instalar um reservatório no conjunto das redes de água, a finalidade é de que esse possa regularizar a vazão, garantir segurança ao abastecimento, possuir uma reserva de água para casos de incêndios e regularizar as pressões (TSUTYIA, 2006). Existem diversos modelos de reservatórios que podem ser classificados de acordo com critérios de localização no sistema e no terreno, quanto à sua forma bem como seus materiais de construção (TSUTIYA, 2006).

A NBR 12.217 (ABNT, 1994) orienta as condições para a elaboração dos projetos de reservatório de distribuição de água potável para o abastecimento público. São definidos por essa norma quatro tipos de reservatório: de distribuição, elevados, de montante e de jusante. Os reservatórios de distribuição são um dos elementos da rede responsáveis pela regularização das variações de vazões, tanto de adução como de distribuição, e pode também condicionar as pressões para a rede de distribuição. Os reservatórios elevados possuem como função principal o condicionamento das pressões nas áreas cujas cotas topográficas são mais altas que não podem ser abastecidas pelo reservatório principal. Por fim, os reservatórios de montante que fornecem a água para a rede de distribuição e o reservatório de jusante, ou de sobra, que pode fornecer ou receber água da rede (ABNT, 1994).

Para Netto (2015), na construção dos reservatórios é importante evitar que os reservatórios sejam construídos com cantos ou arestas vivas. Esse cuidado poderá aumentar a longevidade da estrutura e ainda contribuir com as condições de proteção sanitária. Ao construir, por exemplo, reservatórios em concreto armado com os cantos chanfrados elimina-se a possibilidade de acúmulo de impurezas e o crescimento de bactérias, o que pode contaminar a água reservada. Outra providência importante é analisar a classe de agressividade em relação ao concreto para que não haja patologias estruturais. E ainda, para evitar a poluição externa, os reservatórios devem estar cobertos e totalmente protegidos (NETTO, 2015).

3.3.2. Manutenção das redes e perdas de água

As redes de distribuição de água são componentes que possuem uma vasta extensão dentro do sistema (TSUTIYA, 2006). Em 2022, no município de Caxias do Sul, por exemplo, a extensão da rede de água é de 2.101,63 km enquanto que em Porto Alegre as redes de abastecimento de água possuem 4.186,62 km (SNIS, 2022).

Para Tsutyia (2006), em função de que as redes são enterradas sob o passeio público ou então, como na maioria dos casos, sob o leito carroçável, o acesso às tubulações torna-se complexo. Isso faz com que o monitoramento de anormalidades na rede seja menor do que nos outros componentes do sistema, tais como as obras de captação e adução de água, que possuem um controle mais ativo, por exemplo. Porém, essas redes são uma parte do sistema muito próxima ao consumidor, o que faz com que haja necessidade de controle principalmente quanto à qualidade e quantidade de água (TSUTIYA, 2006).

Na NBR 12.218/2017, nos itens 3.76 e 3.77, são descritos o setor de manobra e a setorização operacional, respectivamente. O setor de manobra é a menor subdivisão da rede de distribuição, onde o fluxo de água pode ser isolado ou redirecionando afim de que possam ser feitas as manutenções ou intervenções sem afetar o abastecimento do restante da rede. Já a setorização operacional é aquela divisão da rede em setores menores, que consideram as condições topológicas e operacionais. Essas divisões visam otimizar a gestão de todo sistema (ABNT, 2017). Os setores de manobra em paralelo com os equipamentos de medição individuais possibilitam um eficaz controle de perdas de água, por isso é importante que sua operação esteja de acordo com os setores comerciais e cadastrais das concessionárias (HELLER, 2010).

No sistema de abastecimento e distribuição, desde a captação de água até a entrega ao consumidor final podem ocorrer perdas de vários tipos, que em geral são causadas por operação e manutenção deficientes das tubulações, ou então gestão inadequadas das companhias de saneamento (TSUTIYA, 2006). As perdas aparentes são um volume de água consumido, porém não contabilizado, enquanto as perdas reais são uma quantidade de água produzida, mas não é entregue até o consumidor final, sendo que as perdas totais consistem na soma das perdas aparentes e perdas reais (ABNT, 2017).

As perdas são uma parcela relevante da demanda de água para o abastecimento, independentemente do tipo de consumidor. As perdas de água nos sistemas podem ser classificadas como perdas reais ou como perdas aparentes (HELLER, 2010). Para Tsutiya (2006), as perdas reais também podem ser chamadas de perdas físicas em função de diversos fatores tais como vazamentos nas adutoras, nas redes de distribuição ou reservatórios, bem como extravasamentos em setores. As perdas aparentes, chamadas de perdas não-físicas, são causadas por erros de medição em hidrômetros e medidores, fraudes, ligações clandestinas ou falhas no cadastro. Ou seja, a água é de fato consumida, mas não contabilizada/faturada. Segundo Heller (2010) vários são os fatores que influenciam no índice de perdas, tais como a eficiência da administração para a detecção e resolução de vazamentos, a qualidade da operação das unidades, o controle de ligações irregulares bem como a funcionalidade dos dispositivos de medição (aferição e calibração de hidrômetros).

Um dos parâmetros fundamentais para os projetos de redes de distribuição de água é a rugosidade, que influencia diretamente no diâmetro interno da tubulação. Uma avaliação realizada em amostras de tubos de PVC DN 50, 75 e 100 com amostras novas e extraídas de campo com 10 e 34 anos de uso apontou que a diferença da rugosidade influencia diretamente na determinação da perda de carga. Para as tubulações com baixa rugosidade relativa, a

rugosidade absoluta acaba perdendo a importância na determinação da perda de carga de pressão, destacando-se principalmente as regiões de turbulência (KELLNER, AKUTSU, REIS, 2016).

Ou seja, cabe avaliar o funcionamento do sistema se está de acordo com a perspectiva de operação. Em fase de projeto, a vida útil é considerada em torno de 50 anos, porém nem sempre as companhias de saneamento realizam a atualização das redes uma vez que o remanejamento das tubulações é uma intervenção cara. Usualmente, o remanejamento é realizado apenas quando todas as outras hipóteses de solução para eventuais problemas não tenham sido suficientes (TSUTIYA, 2006).

3.3.3. Ligações prediais

As ligações prediais são um trecho do sistema de distribuição de água cujo objetivo é abastecer os usuários, compreendido a partir da tomada de água na rede até a unidade de medição de consumo (NBR 12.218/2017). É um conjunto de tubulações, estrutura de medição e conexões para que seja estabelecida uma comunicação hidráulica entre a rede pública de distribuição e a instalação predial (TSUTIYA, 2006).

De acordo com Heller (2010), existem quatro principais soluções de abastecimento de água segundo a modalidade, abrangência e distribuição. A Solução Individual cuja distribuição é desprovida de rede, por exemplo, por poços, a Solução Alternativa com Abrangência Coletiva desprovida de rede, outra Solução Alternativa também Coletiva, mas com distribuição pela rede e o próprio Sistema de Abastecimento Convencional com distribuição de rede. Independentemente da forma da ligação predial é necessário garantir que todos os usuários, ou seja, famílias, organizações e instituições, têm direito a um mesmo nível de qualidade em seu abastecimento. Devem ser assegurados também o direito de fornecimento de água canalizada, fornecimento ininterrupto, quantidade superior ao mínimo para a realização de necessidades básicas e em acordo com padrões de potabilidade (HELLER, 2010).

Basicamente, a ligação predial é constituída pelo dispositivo de tomada, pelo ramal predial e pela estrutura de medição. O dispositivo de tomada é a parte do sistema que permite a conexão entre o ramal predial e a tubulação da rede pública. Existem três tipos de dispositivos de tomada, o sistema de tomada direta, o sistema de tomada com colar e o sistema de tomada com ferrule. O ramal predial é a tubulação que faz a ligação entre o dispositivo de tomada e a medição da água. O material mais utilizado para esse trecho são os tubos de polietileno de alta

densidade (PEAD) pois são capazes de reduzir as perdas de água nessas regiões. E por fim, as estruturas de medição, que podem ser com torneira livre, com restrição de vazão ou com medidores (NETTO, 2015).

O SAMAE Caxias do Sul orienta que, para as ligações prediais do município de Caxias do Sul, o diâmetro do ramal predial é definido pelo órgão, que leva em consideração as características de consumo da edificação de acordo com o projeto hidrossanitário que foi aprovado. Dentre outras exigências, é solicitado que seja instalado um cavalete na testa do imóvel, o ramal predial deve ser perpendicular à rede pública do abastecimento, o hidrômetro, o abrigo de proteção do cavalete e conforme o diâmetro, um alimentador predial com registro de esfera (SAMAE, 2022).

3.3.4. Medidores

As medições de água são uma etapa de extrema importância na parte comercial e técnica, sendo possível instalar equipamentos que possibilitem visualizar quantitativos de uso. Com os dados provenientes de medidores é possível otimizar estruturas, coibir desperdícios, regular ofertas e ainda racionalizar a distribuição. Para que seja possível efetuar a medição de consumo, sejam lidas no local ou então à distância, é feita uma superposição de técnicas mecânicas e eletroeletrônicas, chamadas também de instrumentação (NETTO, 2015).

Segundo a NBR 12.218/2017 a macromedição se refere à medição, estimação e monitoramento em pontos de controle dos sistemas de abastecimento de água com vazão, pressão e nível, podendo ter sua instalação permanente ou não. Já a micromedição é uma medição de consumo realizada no abastecimento de água de um usuário. É a medição do volume de água consumido, cujo registro é periódico com o objetivo de medir o consumo e contribuir com o controle das perdas totais (ABNT, 2017).

Os hidrômetros são equipamentos necessários nas ligações prediais com o objetivo de medir e indicar a quantidade de água que está sendo fornecida pela concessionária para determinada instalação. Esses dispositivos podem ser classificados de diversas maneiras, tais como o princípio de funcionamento da câmara de medição, de acordo com a disposição do sistema de transmissão, segundo a disposição dos mecanismos e ainda conforme o tipo de mostrador (TSUTIYA, 2006).

A ANA desenvolveu um manual orientativo para os sistemas de medição de água em condutos forçados. O objetivo deste documento é orientar sobre os princípios básicos

envolvidos na medição de vazão de fluídos, em parceria com as diretrizes de medição de água bruta e serviços de gestão metrológica (OLIVEIRA et al, 2019). São abordados aspectos referentes ao dimensionamento, projeto, construção, instalação e operação dos sistemas de medição de vazão, seleção de medidores, que são fiscalizados pelos órgãos que gerenciam o uso dos recursos hídricos, conforme apresentado na Resolução nº 16/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) bem como as resoluções da ANA que regulamentam a Declaração Anual de Uso de Recursos Hídricos (DAURH). Segundo o manual, o intuito do sistema de medição é que forneça as medidas de vazão de forma consistente, confiável e representativas. Para Oliveira (2019) é fundamental que seja realizada a correta instalação e eficiente operação dos sistemas de medição para que o controle e a gestão dos recursos hídricos tenham aptidão na resolução de problemas, principalmente em função da alta demanda e baixa disponibilidade hídrica.

3.3.5. Materiais para redes de água

As redes de distribuição de água são constituídas por elementos que precisam ter resistência suficiente para suportar as pressões internas estáticas, bem como os esforços atuantes nas peças, variações de pressão e golpe de aríete. Para a escolha de materiais é utilizada uma seleção de critérios que garantirá ao projeto e à execução, a melhor opção. Esses critérios são a durabilidade dos materiais, o material da superfície interna e externa e o processo de instalação desse material. Além disso, é interessante que sejam avaliadas o peso das peças que serão instaladas, os tipos de juntas, o diâmetro das tubulações e qual será a facilidade em fazer as interligações entre as tubulações (TSUTIYA, 2006).

O SAMAE Caxias do Sul não prevê nas suas orientações técnicas qual o material a ser utilizado nas redes de água, porém, muitas empresas de saneamento especificam o que deve ser utilizado, ou então, o que não deve ser utilizado. A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) prescreve, por exemplo, na NTS 194 que não devem ser implantados materiais reprocessados ou reciclados na fabricação (SABESP, 2022). Já a CORSAN prescreve que sejam utilizados tubos de PVC para tubulações com DN 50, DN 75 e DN 100, já para redes de DN 150 a DN 300 devem ser empregados tubulações de PVC DEFOFO. E ainda, deve ser utilizado o PEAD para fazer a interligação da rede de distribuição com a ligação predial (CORSAN, 2016).

3.3.5.1. Tubos e conexões

A NBR 12.218/2017 define que as conexões são acessórios com a função de união, mudança de direção, tamponamento, derivações ou reparos que devem ser executados nas tubulações (ABNT, 2017). De acordo com Tsutiya, os principais materiais utilizados em tubos e conexões são tubos de ferro fundido, tubos de policloreto de vinila (PVC), tubos de polietileno (PE) e de fibrocimento. Em termos de extensão de redes, os mais aplicados são o ferro fundido e o PVC, sendo que o fibrocimento não é mais utilizado em novas redes (TSUTIYA, 2006).

As tubulações de ferro fundido são normatizadas pelas NBR 7.560/2012 e NBR 7.675/2005, ambas normas da ABNT. São produzidos por processo de centrifugação nas classes K7 e K9, ou então para instalação com flanges (soldados ou roscados), com diâmetros que podem variar de 80 mm até 1200 mm. As juntas das tubulações podem ser do tipo elástica (JGS), junta travada interna (JTI), travada externa (JTE) ou junta mecânica (JM) (TSUTIYA, 2006).

Os materiais em PVC são produzidos de acordo com as normas NBR 5.647/2021 e NBR 7.665/2020. Os tubos e conexões em PBA (Ponta-Bolsa-Anel) devem ser fabricados na cor marrom, com juntas elásticas, diâmetros nominais de 50 a 100 mm, nas classes 12, 15 e 20, normalmente produzidas em barras de 6 metros. Já os tubos de PVC DEFOFO são produzidos na cor azul, também em barras de 6 metros, porém as juntas podem ser tanto elásticas (JE) como juntas elásticas integradas (JEI), com a variação de diâmetro de 100 a 500 mm. A principal vantagem dos tubos MPVC DEFOFO é de que o diâmetro externo é compatível com o diâmetro externo dos tubos de ferro fundido, o que viabiliza as conexões entre os dois materiais. (TSUTIYA, 2006).

As tubulações de polietileno de alta densidade (PEAD) são caracterizados pelo diâmetro externo, produzidos normalmente na cor preta, podendo serem fabricados em várias classes de pressão. Os diâmetros variam entre 20 mm e 1600 mm. Devem atender a classificação PE 80 ou PE 100, que tem relação com a tensão hidrostática de longa duração, chamado também de LHTS. Ou seja, quando a tubulação é PE 80, isso significa que o LHTS deve ser entre 8 e 10 MPa, sendo então um tubo mais flexível, e quando a tubulação é classificada com PE 100, então o LHTS deve ser igual ou maior que 10 MPa. Por ser um material flexível, em alguns trechos é dispensado o uso de conexões, o que diminui a perda de carga, porque o material permite esses ajustes. As conexões, por sua vez, podem ser elaboradas por injeção ou a partir de segmentos de tubos, união de conexões mecânicas, solda de topo (termofusão) ou solda por eletrofusão (TSUTIYA, 2006). A norma NBR 15.802/2010 regulamenta os tubos quanto ao

Standard Dimensional Ratio (SDR), que é uma relação entre o diâmetro externo nominal e a espessura mínima da parede. Conforme a norma, as tubulações utilizadas em redes de água devem possuir SDR menor ou igual a 17 (ABNT, 2010).

Um estudo realizado numa região do litoral do Estado de São Paulo apresentou um método para o dimensionamento otimizado das redes de abastecimento de água malhadas, através do critério de custo global. As tubulações que foram levadas em consideração são de PEAD, PVC e Ferro Fundido (FoFo) e o tráfego foi avaliado em três critérios: leve, médio e pesado. Para a determinação do custo global foram somados os custos de implantação e de operação, adotando os valores apresentados pelo SINAPI do ano de 2011 e do Estado do local de estudo. Com isso, obteve-se a conclusão de que os custos mais representativos são da tubulação e da pressurização. Quanto ao material, foi concluído que o custo referencial unitário para as redes em PVC é o mais baixo, enquanto em PEAD é um custo intermediário e o ferro fundido é o mais oneroso (FURUSAWA, 2011).

Segundo Marcondes (2019), o crescimento das extensões das redes de abastecimento de água em PEAD acompanha o decréscimo dos índices de perda total e ainda, na diminuição de reclamações sobre a qualidade da água. As tubulações em PEAD são uma grande aliada das concessionárias uma vez que a rede fica mais eficiente, e o controle de perdas é maior (MARCONDES, 2019).

Outro estudo, desta vez realizado com três concessionárias de fornecimento de água (SABESP (SP), DMAE (RS) e Águas de Limeira (SP)), abordou o uso do PEAD nos sistemas de abastecimento. A SABESP relatou que conta com máquinas apropriadas de termofusão e eletrofusão para as instalações, porém um dos aspectos apontados pelas equipes é justamente a falta de prática no manuseio, por ser um material diferente do PVC, que é o mais usual e as equipes tem um melhor domínio. Em relação às perdas, o DMAE apresentou dados positivos a respeito do índice de perdas totais, passando de 46% para 26% entre os anos de 1990 e 2013, período que iniciaram as instalações em PEAD. Na SABESP, no ano de 2012 foi realizado a troca de tubulação de ferro dúctil por PEAD em 14 quadras em um bairro da cidade de São Paulo, e então nos anos posteriores, 2013 e 2014 observou-se uma diminuição considerável nas ocorrências de vazamentos. Na concessionária Águas de Limeira, desde 1996 estão sendo implantadas as redes em PEAD e o índice de perdas totais também teve queda, passando de 45% em 1994 para 17% em 2014.

3.3.5.2. Equipamentos acessórios

Os principais equipamentos acessórios utilizados nas redes de distribuição de água são as válvulas de manobra, de descarga, redutora de pressão, sustentadora de pressão, ventosas e em alguns sistemas, os hidrantes (TSUTIYA, 2006). As válvulas são acessórios operacionais que se destinam a abrir, fechar ou regular a passagem da água pelas tubulações, podendo estar instalada em várias posições da rede. Podem ter acionamento manual, dispositivos elétricos, comandos hidráulicos ou pneumáticos e ainda, as auto operadas, causadas pela passagem do próprio líquido (NETTO, 2015). Existem diversos modelos de válvulas com funções distintas que viabilizam a operação do sistema.

As válvulas de manobra são peças cuja função é a interrupção ou controle do fluxo de água nas tubulações. Heller (2010) afirma que, usualmente, nas redes de distribuição de água são instalados os registros gaveta para desempenhar tal demanda. O acionamento desses registros pode ser realizado através de um dispositivo com comando a distância, telemetria, por haste de manobra ou através de um volante. A utilização dessas válvulas é para auxiliar aos setores de manobra e de medição, e possibilitar o isolamento de trechos e devem ser instaladas em caixas com facilidade de operação e manutenção (HELLER, 2010).

As descargas são válvulas localizadas nos pontos mais baixos das tubulações, e o objetivo da sua instalação é permitir o esvaziamento e a limpeza das redes. Usualmente, são empregadas válvulas do tipo borboleta ou gaveta e para redes cuja pressão é elevada deve-se instalar válvulas de disco ou de agulha. A água que é eliminada da rede, na maioria dos projetos, é encaminhada para as redes de drenagem (NETTO, 2015). A NBR 12.218/2017 prevê que o diâmetro mínimo das válvulas de descarga seja de 50 mm para tubulações com diâmetro igual ou inferior a 100 mm e seja de 100 mm para diâmetros de tubulações igual ou maior que 100 mm (ABNT, 2017).

As válvulas redutoras de pressão (VRP) são previstas nas redes de água com o intuito de reduzir a pressão em situações que estiver muito elevada, podendo ajustar então, aos valores preestabelecidos. O emprego da VRP é feito principalmente em regiões com topografia muito acidentada que gera a superação da pressão máxima, cuja faixa de variação é determinada por norma e pela concessionária (HELLER, 2010). A NBR 12.218/2017 especifica que a pressão estática máxima das tubulações de distribuição de água seja de 400 kPa, podendo chegar a 500 kPa em situações com a topografia acidentada, e que a pressão dinâmica mínima seja de 100 kPa, ambas referenciadas no nível do terreno (ABNT, 2017). O SAMAE, atendendo ao mesmo critério, orienta que deve ser prevista em projeto válvulas redutoras de pressão ou então as

estações elevatórias quando a pressão estática máxima seja maior que 50 mca, e a pressão dinâmica mínima seja menor que 10 mca, respectivamente (SAMAE, 2018).

Conforme estudo realizado em um sistema de abastecimento de água setorizado visava otimizar as redes de forma hidroenergética, por meio de controle das VRPs com a aplicação da ferramenta fuzzy, com intuito de minimizar as perdas reais das tubulações e diminuir o desperdício de energia elétrica (DE SOUSA, 2017). Foram efetuados o estudo do comportamento hidráulico dos setores do sistema, a avaliação dos parâmetros hidráulicos com e sem sistema de controle e avaliação a questão energética. De Sousa (2017) concluiu que por meio de um sistema supervisorio localizado no centro de controle operacional, pode-se observar que as válvulas redutoras de pressão foram eficazes ao equilibrar os setores energeticamente, e ainda foi possível reduzir o volume de água perdido por vazamentos nas tubulações. A eficiência energética se deu pois, ao controlar a pressão a jusante de uma VRP em um dos setores, foi possível transferir a energia de um setor ao outro, reduzindo em 8,93% o consumo de energia pois a VRP evitou que um dos setores trabalhasse com a pressão máxima (DE SOUSA, 2017).

As válvulas ventosas, também chamadas de válvulas de expulsão ou admissão de ar, são dispositivos que permitem que o ar entre ou saia das tubulações sob pressão. São acionadas, principalmente, quando é necessário realizar o esvaziamento e enchimento da canalização. Normalmente estão instaladas nos pontos mais altos da rede (NETTO, 2015). Quando ocorre o acúmulo de ar nas tubulações pode restringir a seção do escoamento, fazendo com que ocorra o aumento da perda de carga que acarretará na diminuição da vazão. A necessidade da instalação das ventosas se dá em todos os pontos altos das redes de água, em pontos onde ocorre uma mudança de inclinação acentuada, em pontos iniciais e finais de trechos horizontais bem como em pontos iniciais e finais de trechos que são paralelos à linha piezométrica (HELLER, 2010).

Na NBR 12.218 está prescrito que caso a demanda total seja inferior a 50 L/s, é possível dispensar a instalação dos hidrantes na reserva, mas deve existir um ponto de tomada junto ao reservatório para que, em casos de incêndio, seja possível abastecer os carros-pipa. Já para demandas superiores a 50 L/s é necessário que seja instalado um sistema de hidrantes e com o apoio do Corpo de Bombeiros serão definidas as áreas com maior risco de incêndio. Nos sistemas de hidrantes orienta-se de que sejam instalados com uma distância máxima de 600 m. Para zonas residenciais e áreas de pouco risco de incêndio a capacidade dos hidrantes deve ser de 10 L/s e para áreas comerciais, industriais, edifícios públicos e de uso público, a capacidade deve ser de 10 L/s (ABNT, 2017).

3.4. ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

As Instituições de Ensino Superior (IES) possuem uma estrutura diversificada em função de todas as atividades que desenvolvem como ensino, pesquisa e extensão. Nessas instalações como salas de aulas, laboratórios e oficinas, por exemplo, frequentemente ocorrem desperdícios de água, principalmente nas salas laboratoriais (DE CARLI, DE CONTO, BEAL, 2013). A fim de promover o uso racional da água, podem ser feitas ações em níveis macro (bacias hidrográficas), meso (sistemas públicos de abastecimento de água e coleta de esgotamento sanitário) e a nível micro (sistemas prediais) (OLIVEIRA, 1999).

Dantas (2018) aponta que a gestão de águas em universidades é uma prática de suma relevância para o desenvolvimento sustentável. Além de ser tratada como uma questão ambiental, a redução e o controle de consumo de água é um aspecto que engloba a esfera econômica uma vez que a demanda de água, normalmente é alta e ainda, as tarifas de serviços de abastecimento em muitos países são bastante dispendiosas (DANTAS, 2018).

Nas instituições de ensino, predominantemente, seriam ações de nível micro a serem aplicadas que resultariam no uso racional e na conservação da água. Conforme Oliveira (1999), as ações operacionais aplicáveis são atuação e o controle do sistema, e na conservação da água.

Para que possa ser desenvolvido um planejamento e gerenciamento do sistema de abastecimento de água, com foco tanto na melhoria da operação das redes existentes, como no uso racional e conservação da água, segundo Tsutiya (2006) a previsão do consumo de água é um fator fundamental. Usualmente, as prestadoras de serviços de saneamento e concessionárias classificam os consumidores em quatro categorias: doméstica, comercial, industrial e pública. Essa divisão se dá por serem consumos visivelmente distintos e ainda, as cobranças são diferenciadas para os grupos (TSUTIYA, 2006). As instituições de ensino são classificadas, predominantemente como uso comercial, porém conforme a instituição e a legislação municipal podem existir outras classificações.

Diversos autores recomendam valores de consumo de água para instituições de ensino. Tsutiya aponta que o consumo por pessoas para escolas-externato é de 50 L/dia (TSUTIYA, 2006). O mesmo consumo de 50 L/dia por pessoa é mencionado também por Carvalho Júnior (2018). Da mesma forma, para Macintyre (2020) o consumo para escolas externatos é também de 50 l/dia por aluno, já para escolas consideradas semi-internatos, o consumo passa pra 100 L/dia, e escolas internatos o consumo considerado deixa de ser por aluno e passa a ser 150 L/dia per capita.

Já a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) menciona que a estimativa de consumo médio diário a ser considerada nos projetos seja de 35 a 55 L/dia per capita para escolas de período integral, 17 a 27 L/dia per capita para escolas por período, ou ainda para edifícios públicos ou comerciais o consumo seja de 30 a 50 L/dia per capita (SABESP, 2004). O Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre também estabelece os valores mínimos para os consumidores especiais. Para escolas externatos o valor a ser considerado é de 50 L/dia per capita, escolas internato adota-se o valor de 200 L/dia per capita, e para escolas semi-internato ou creches adota-se o valor de 100 L/dia per capita (DMAE, 2016).

Outra pesquisa, realizada na Universidade Federal do Alagoas (UFAL), em Maceió, identificou que a demanda per capita, para 33.504 usuários, considerando 22 dias úteis, resultou em 33 e 35 L/usuário/dia. Para o cálculo dos usuários foi aplicado o método da população consumidora equivalente, que atribui pesos diferentes para os usuários da UFAL, por exemplo, os funcionários possuíam peso 1,0, enquanto alunos de mestrado possuíam peso de 0,375, alunos de turno integral 0,75, entre outros. Após a determinação dos usuários, foram calculados por dois métodos o consumo per capita. Inicialmente, com o apoio do histórico do consumo diário de água dos meses de setembro/2016 a abril/2017 foi calculada uma média de 33,14 l/usuário/dia, e o outro método se deu de acordo com a área construída e o número de bacias sanitárias, resultando em um consumo de 34,81 L/usuário/dia. Esses valores se referem a uma instituição de ensino que possui atividades e serviços em auditórios, clínicas médicas e odontológicas, instalações esportivas, lanchonetes, restaurantes e laboratórios de ensino e pesquisa (SILVA JÚNIOR, FERREIRA E BARBOZA, 2018).

Uma pesquisa realizada em uma IES no Estado do Piauí teve como por objetivo caracterizar o consumo de água da instituição. O método aplicado para obtenção de dados foi uma caracterização quali-quantitativa com levantamento do sistema hidrossanitário predial de água fria, identificação de vazamentos perceptíveis, análise das demandas pelos serviços de manutenção do sistema e, por fim, a estimativa de consumo de água na instituição (CAMPELO, CAMPELO, NOBRE, 2017). Entretanto, essa IES é independente da concessionária local, pois a fonte de captação é em águas subterrâneas por intermédio de dezenove poços tubulares. Devido a este fato, não existe nenhuma forma de medição do consumo de água, o que dificulta o monitoramento dos dados.

Para analisar o consumo de água, os autores utilizaram o valor médio de 50 L/dia.hab e a população total da instituição. Levando em consideração que existem 2561 usuários, entre discentes, docentes, servidores terceirizados e técnicos administrativos, a demanda diária

estimada foi de 128 m³. Esse valor é considerado alto, tendo em vista que representa aproximadamente um terço do reservatório que abastece a unidade, que por sua vez abastece mais três unidades de ensino e repartições. Constatou-se então, da urgente necessidade da instalação de hidrômetros e medidores, bem como a substituição de alguns aparelhos sanitários que possam reduzir o consumo (CAMPELO, CAMPELO E NOBRE, 2017).

3.5. MODELAGEM HIDRÁULICA DE REDES DE ÁGUA

O modelo hidráulico é uma ferramenta que auxilia na compreensão da dinâmica real do sistema e na localização de problemas cadastrais, evitando escavações ou outras ações inconvenientes em campo. Essa modelagem aplica as Leis da Hidráulica, Lei da Conservação de Massa nos nós e na Conservação de Energia nas malhas, nas tubulações e condições de contorno, com informações de como a água entra e sai de reservatórios, por exemplo. Além disso, a solução de possíveis problemas na rede também envolve resoluções numéricas manuais ou eletrônicas, e métodos como Hardy-Cross e Linearização (MANZI, 2020).

Um dos softwares utilizados para a modelagem das redes de água é o EPANET. É um programa que possibilita que sejam elaboradas simulações estáticas ou dinâmicas do comportamento hidráulico e da qualidade da água para redes pressurizadas de distribuição. As ferramentas do software permitem que sejam obtidos valores de vazão das tubulações, pressão nos nós, altura de água em reservatórios e ainda o rastreamento da origem da água em qualquer um dos pontos da rede (LENHS, 2020). O EPANET foi desenvolvido pela United States Environmental Protection Agency (EPA) com o objetivo de entender o movimento e o destino final da água em um sistema de distribuição.

É um software utilizado para projetar e dimensionar novas infraestruturas de água, além de modernizar as infraestruturas mais antigas, podendo inclusive, otimizar a operação de equipamentos, tais como tanques e bombas. Com o uso do EPANET é possível investigar possíveis ameaças de contaminação da água, de segurança ou então de desastres naturais (EPA, 2020). O EPANET foi traduzido para a língua portuguesa pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Manzi (2020) afirma que o EPANET é um dos programas mais utilizados no mundo para a modelagem de redes de água, mas que a principal diferença entre outros softwares é a forma de entrada e integração dos dados, e ainda a forma de como são apresentados os

resultados. É importante ressaltar que mesmo que os cadastros não estejam completos e que haja incertezas de alguns pontos, como as regras de operação e de tubulações, a modelagem é capaz de trazer resultados satisfatórios para busca de falhas na rede (MANZI, 2020). Em suma o EPANET é um software que possui uma série de ferramentas de cálculo que auxiliam a simulação hidráulica, principalmente quando a rede está caracterizada de forma completa sem que haja simplificações (LENHS, 2020).

A EPA (2020) informa que o programa não tem limites do número de componentes da rede que está sendo analisada, com isso permite que seja modelado um sistema hidráulico totalmente confiável. O funcionamento do EPANET se dá pelo cálculo da carga hidráulica nos nós e a vazão em cada trecho para um conjunto fixo de níveis nos referenciais, altura de reservatórios de nível variável, e a possibilidade de consumo para uma sucessão de pontos ao longo do tempo. Para cada intervalo do cálculo, tanto os níveis de água nos reservatórios como os consumos em cada nó são atualizados, enquanto a altura de água no reservatório de nível variável é atualizada em função de uma vazão de saída (EPA, 2020).

A determinação da carga hidráulica e da vazão é obtida com a resolução da equação da continuidade (conservação da massa) para cada nó e a equação da conservação da energia para cada um dos trechos da rede (LENHS, 2020). Para o cálculo da perda de carga, o EPANET utiliza as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning, e ainda é capaz de considerar as perdas de cargas singulares em curvas, alargamentos ou estreitamentos. É possível estabelecer ainda uma modelagem para bombas de velocidade, para os principais tipos de válvulas, modelagem da relação entre pressão e vazão efluente (EPA, 2020).

Outro software utilizado na modelagem e na análise operacional das redes de distribuição de água é o Open Flows Water GEMS. É uma ferramenta que possibilita que seja avaliado o comportamento do sistema existente e permite que seja visualizada como a rede deverá atender ao crescimento da população e a demanda de água (BENTLEY, 2022). Esse programa foi desenvolvido pela Bentley Systems, que oferece ferramentas de planejamento inteligente para confiabilidade e operações para eficiência do sistema.

O PRÓ-Saneamento também é um software utilizado para projetos de saneamento, abastecimento de água e drenagem pluvial. Permite que seja realizada a modelagem das redes e possui um sistema automatizado para extração de dados, tais como comprimento, inclinações, diâmetros e poços de visitas nas redes de esgoto. O software reconhece as curvas de níveis, facilitando no projeto das redes em função de fluxo, indicando as estações elevatórias e válvulas redutoras de pressão. O PRÓ-Saneamento disponibiliza tanto planilhas com os cálculos de pressões, perdas de cargas e vazões, bem como a lista de materiais (MULTIPLUS, 2019).

4 METODOLOGIA

Neste item será apresentada a caracterização do local de estudo e os métodos adotados para o desenvolvimento do presente trabalho. A primeira etapa consistiu no levantamento das redes de distribuição de água e após foi elaborada a modelagem das redes presentes no levantamento no campus sede da Universidade de Caxias do Sul através do software Epanet.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Universidade de Caxias do Sul foi fundada em 1967 e atualmente possui unidades em nove cidades distintas, presente em Caxias do Sul, Bento Gonçalves, Vacaria, São Sebastião do Caí, Canela, Farroupilha, Guaporé, Nova Prata e Torres (UCS, 2019). O campus sede está localizado na cidade de Caxias do Sul, na Rua Francisco Getúlio Vargas, nº 1130, entre o Bairro Presidente Vargas e o Bairro Petrópolis, dentro do perímetro urbano. Na Figura 1 está apresentada a localização do campus sede.

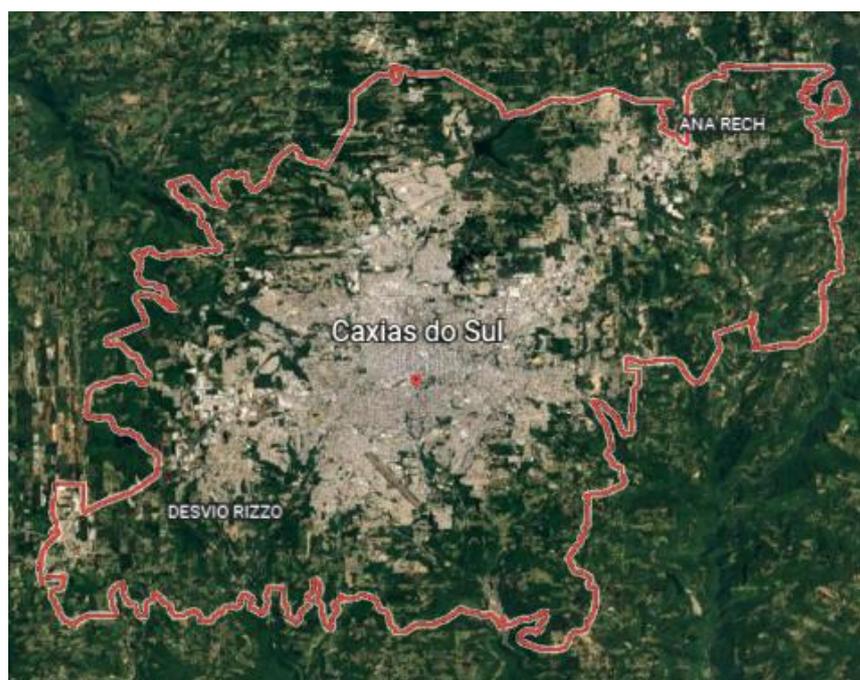
Figura 1 – Localização do campus sede da UCS



Fonte: GeoCaxias (2018).

O município de Caxias do Sul está localizado no nordeste do estado Rio Grande do Sul, presente na região metropolitana da Serra Gaúcha. De acordo com o último censo do IBGE (2010) a população era de 435.564 habitantes, com uma densidade demográfica de 264,89 hab/km², já a população estimada para o ano de 2021 era de 523.7126 pessoas. A área de Caxias do Sul era de 1.652,308 km², tendo predominância de um bioma Mata Atlântica (IBGE, 2010). Na Figura 2 está apresentado, na cor vermelha, o limite do Município de Caxias do Sul.

Figura 2 - Limites do Município de Caxias do Sul



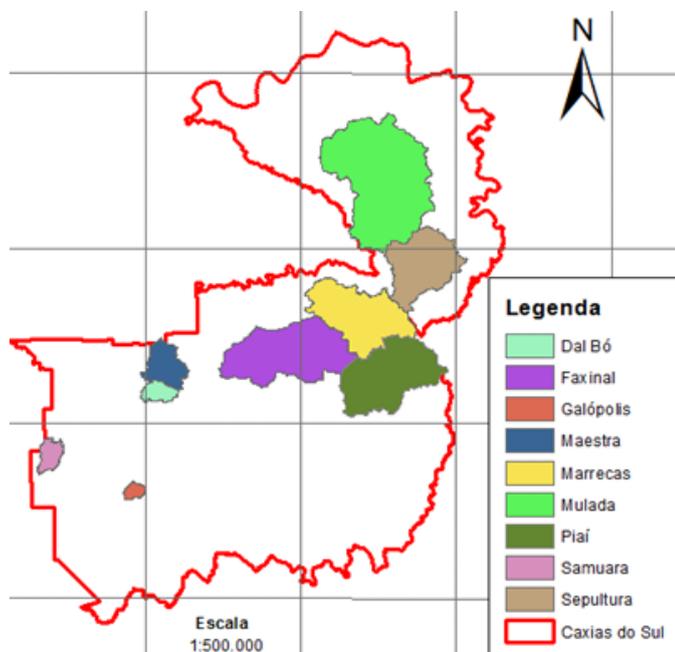
Fonte: Google Earth (2022).

O município de Caxias do Sul é abastecido por nove bacias de captação, e o uso e parcelamento do solo nas áreas das bacias é regulamento pela Zona das Águas (ZA) conforme Lei Complementar Municipal nº 246 (CAXIAS DO SUL, 2005). As bacias do Dal Bó, do Samuara e da Maestra possuem o zoneamento em função das fragilidades ambientais da região.

Já o zoneamento e uso do solo para as bacias do Faxinal, de Galópolis, Marrecas, Sepultura, Mulada e Piaí é realizado de acordo com a 1ª e 2ª categoria, correspondentes às áreas com preservação de corpos hídricos superficiais. Essas categorias são de acordo com as áreas de preservação, na 1ª categoria estão incluídas as áreas com maiores restrições quanto ao uso do local, por exemplo, áreas muito próximas das bacias, enquanto na 2ª categoria estão as áreas com menos restrições (CAXIAS DO SUL, 2005).

Na Figura 3 está apresentada localização de cada uma das bacias de captação do Município.

Figura 3 – Localização das Bacias de Captação de Caxias do Sul



Fonte: SAMAE (2022).

O campus sede é um Setor Especial do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) do município de Caxias do Sul, regido pela Lei Complementar nº 589 de 19 de novembro de 2019 (CAXIAS DO SUL, 2019). De acordo com o zoneamento do Plano Diretor, o campus sede está inserido na Zona Especial de Interesse Social 1 e na Zona de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia (ZEITEC). Essa zona do empreendedorismo destina-se a um ponto de convergência entre as bases de ciência, tecnologia e empresarial, tornando-a um setor ambiental, científico, tecnológico, sociocomunitário, de conhecimento e serviços prestados à comunidade.

A UCS é uma instituição composta por inúmeras atividades e serviços, tanto para os alunos e funcionários como para a própria comunidade caxiense. No campus sede, são oferecidos os serviços de ensino de graduação, mestrado, doutorado, ensino fundamental, ensino médio e técnico. Na área da pesquisa e extensão, a infraestrutura oferece recursos com institutos de pesquisa com laboratórios químicos, da construção civil e de informática, e biblioteca. Existem também os serviços fornecidos com o apoio dos cursos, tais como centro clínico médico e de fisioterapia, clínica odontológica, clínica veterinária, livraria, farmácia e vila poliesportiva (quadras de esporte, piscinas, academia, campo de futebol).

Neste campus estão instaladas as áreas do conhecimento de Ciências da Vida, Ciências Exatas e Engenharias, Humanidades, Ciências Sociais e Jurídicas, dispostas em mais de 30 blocos. Além disso, existe toda uma estrutura de apoio administrativo e de convivência, com atividades de bancos, salas comerciais, auditórios, teatros, restaurantes, museus, cinema, reitoria, entre outras atividades. Em cada um dos blocos, parcialmente divididos pelas áreas do conhecimento, estão instalados os recursos que competem ao setor. Na Figura 4 está apresentado o mapa ilustrativo com a disposição do campus.

Figura 4 – Mapa ilustrativo dos blocos da UCS



Fonte: UCS (s.d.).

4.1.1. Redes de abastecimento de água da UCS

No campus sede da UCS existem 3 entradas de água da empresa de abastecimento. Duas delas abastece de forma direta até o reservatório principal, a segunda rede abastece um reservatório de concreto, pulmão de água armazenada do campus, e a terceira abastece 2 reservatórios externos, também utilizados como pulmões. As redes com estação elevatória distribuem água proveniente da Represa do Faxinal, e os pontos de tomada estão localizados na Rua Travessão Solferino, próximo ao bloco 57, no lado Leste do campus e na Rua Josfina Corseti, na região Sul do campus.

Atualmente, a rede mais utilizada pertence ao sistema Marrecas, que possui ligação direta, sem necessidade de estações elevatórias. Isso faz com as redes com estações elevatórias permaneçam desativadas na maior parte do tempo, gerando economia de energia elétrica.

Entretanto, existem situações em que a rede do Marrecas não possui pressão suficiente para chegar até o reservatório principal e sendo nestes casos ativadas as redes secundárias.

Anteriormente às redes de água do SAMAE, o abastecimento de água do campus era feito com a captação de água em poços artesianos. A água era captada dos poços e bombeada até a base do reservatório principal onde era filtrada. Na Figura 5 estão apresentados os filtros que eram utilizados.

Figura 5 – Filtros dos poços artesianos



Fonte: Autora (2022).

Após a água ser filtrada, era armazenada no reservatório principal e distribuída aos blocos. Estas redes de abastecimento até o reservatório principal, que transportavam a água captada nos poços artesianos estão desativadas, entretanto em algumas caixas de inspeção é possível visualizar as tubulações mais antigas.

Cabe ressaltar que se esse sistema ainda estivesse operacionalmente ativo, se enquadraria como uma ilegalidade e irregularidades tendo em vista as legislações vigentes, tal como o código sanitário do Rio Grande do Sul e a Lei Federal de Saneamento. Isso porquê, tanto sob o ponto de vista de abastecimento humano por via alternativa, quando é disponibilizada uma rede pública, quanto em função da mistura da água do poço artesianos com água potável pública, incorrendo em riscos sanitários que atinjam a sociedade.

4.2. LEVANTAMENTO DAS REDES DE ÁGUA

O levantamento das redes de água implantadas no campus sede, com exceção da região do Hospital Geral e da antiga Estação de Tratamento de Esgoto da UCS, as quais não serão abordadas neste projeto, foi realizado nos dias 13 de abril, 27 de abril e 24 de maio de 2022. Essa atividade foi efetuada pela Autora do projeto e pelo funcionário responsável pela manutenção das redes de água da UCS, o qual atua na Instituição há mais de 30 anos.

O objetivo dessa etapa foi conhecer as redes de água que abastecem os blocos de todo o campus sede para que fosse identificado o material, o diâmetro, o traçado e por fim, o comprimento de cada trecho. Para o desenvolvimento do levantamento das redes de água, a GLOG disponibilizou a planta baixa parcial das redes de água do campus sede.

Essa planta baixa parcial disponibilizada foi elaborada por um estudante egresso da Universidade para a realização de um estudo em uma disciplina de estágio. No entanto, o traçado das redes de abastecimento e distribuição de água não estava completo e atualizado ou então em alguns trechos haviam incoerências. Nessa planta, as tubulações não continham informações para caracterizar a rede, tais como diâmetro, comprimento e material, estavam desenhados o traçado da rede de água e a localização dos reservatórios de água tanto para consumo como para incêndio.

O novo levantamento desenvolvido neste trabalho teve início no reservatório principal, localizado próximo ao bloco E, e em seguida foram levantadas informações de todos os blocos que estavam incluídos neste trabalho. Foram analisadas as entradas de águas, os trajetos que as tubulações estão instaladas, nos trechos que possuíam caixas que permitissem visualizar os ramais de água, bem como o diâmetro e o material. Em trechos nos quais não existiam caixas para visualização ou nas quais não foi possível realizar a abertura, considerou-se as informações que o funcionário que acompanhou recordava.

Cabe ressaltar que este levantamento se baseou na memória e em todo o conhecimento do funcionário da manutenção que acompanhou o desenvolvimento dessa etapa. Não foi utilizado nenhum equipamento ou acessório para a investigação das redes implantadas. Por este motivo, foi realizada uma interpretação de resultados, com a finalidade de avaliar se as redes possuem problemas de concepção de projeto ou execução. Essa análise teve como objetivo apontar a falta de peças essenciais em determinados trechos, tais como ventosas e descargas, verificou-se sobre a utilização de determinados materiais de tubulações, para avaliar se era o material ideal para ser utilizado no local e se existiam pontos da setorização que poderiam apresentar melhorias na operação.

O levantamento resultou em uma planta baixa do campus sede da UCS com a marcação das redes e suas principais características. A base em que foi elaborada o projeto é de acordo

com o material disponibilizado pelo GeoCaxias e pela GLOG com a disposição dos blocos. Nesta planta estão contidas as informações para caracterizar as redes de distribuição água, tais como comprimento, diâmetro, cotas, materiais. A planta baixa foi elaborada com o padrão gráfico da concessionária Corsan, uma vez que o Samae não possui diretriz de representação gráfica, adotando as simbologias para a topografia, unidades operacionais do abastecimento de água, redes e peças especiais, bem como as mesmas conexões.

4.3. MODELAGEM DAS REDES DE ÁGUA

Tendo por base o levantamento, conforme descrito no item 5.1, foi realizada a modelagem das redes de água do campus sede da UCS. Inicialmente, foram desenhadas todas as informações pertinentes ao sistema de abastecimento de água coletadas no levantamento. Após, foram apresentadas informações tais como materiais (PVC-U com junta soldável, PEAD, ferro fundido, dentre outros), comprimento dos trechos, diâmetro das tubulações, válvulas e registros.

Foram obtidas as curvas de níveis da região no formato “.dwg” pela Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, esses dados são disponibilizados pela Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAN) e pela Diretoria de Informações Geoespaciais (DIGEO). Estes arquivos são extraídos do mapa público do município, chamado de GeoCaxias (SEPLAN, 2017), que possui dados georreferenciados e permite que sejam feitos downloads dos quadrantes da área em anexo.

Com isso, a planta baixa e as curvas de níveis foram utilizadas para o desenvolvimento da modelagem no software Epanet 2.0, onde foi possível visualizar a situação do campus de maneira mais didática. A entrada de dados fidedignos no software é de extrema importância para que as simulações realizadas tenham resultados condizentes com a realidade do local de estudo. Para os cálculos, foi determinado que seriam realizados através da fórmula de Hazen-Williams. Através da modelagem hidráulica foram obtidos os principais parâmetros hidráulicos, como a pressão, a carga hidráulica nos nós e a vazão e velocidade nos trechos, de acordo com o consumo nos pontos. P

Em suma, a elaboração do modelo no software foi desenvolvida, basicamente, em três etapas. A primeira etapa diz respeito ao preparo dos dados, onde foi necessário que o software tivesse acesso às informações geográficas, características físicas do próprio sistema, dados de operação (controle, presença de bombas, vazões da entrada de água) e os dados de consumo.

A UCS disponibilizou os dados de ocupação dos blocos, considerando apenas os alunos da Instituição, ou seja, não estavam contabilizados os funcionários dos blocos, mas foi elaborada uma estimativa que incluiu os demais usuários de cada edificação.

Para o cálculo de consumo em cada trecho foram adotados os critérios especificados na diretriz técnica NP011 do DMAE (DMAE, 2016), uma vez que o SAMAE não aborda valor de consumo diário para consumidores especiais em sua diretriz técnica. Na Tabela 1 está apresentada a ocupação dos blocos. Nesta tabela, a primeira coluna indica a qual bloco está se referindo, a segunda coluna condiz com o número de alunos no turno de pico do 1º semestre de 2022, ou seja, o turno com mais alunos presentes. Na terceira coluna está apresentada a capacidade de alunos em função do Plano de Prevenção Contra Incêndio da UCS durante a pandemia e na quarta coluna está a ocupação máxima do bloco, ou seja, o maior número de alunos possíveis presentes comparando a segunda e terceira coluna.

Em alguns blocos, é possível perceber que o número de alunos no turno de pico é maior que a capacidade apresentada. Isso ocorre em função de que quando foi elaborado/atualizado o de PPCI era época de pandemia, e o protocolo sanitário ainda exigia o distanciamento mínimo entre alunos, o que fez com que a capacidade fosse reduzida.

Tabela 1 – Ocupação dos blocos

Bloco	Alunos no turno	Capacidade máx.	Ocupação
Anatômico	227	209	227
Bloco 15	-	75	75
Bloco 47	-	32	32
Bloco 56	-	35	35
Bloco 57	161	200	200
Bloco 58	733	616	733
Bloco 64	-	30	30
Bloco 70	145	213	213
Bloco 71	457	-	457
Bloco 74	301	242	301
Bloco B	-	50	50
Bloco C	115	134	134
Bloco D	40	81	81
Bloco E	671	556	671
Bloco F	543	597	597
Bloco G	240	201	240
Bloco H	-	251	251
Bloco J	390	338	390
Bloco K	110	308	308
Bloco L	32	252	252
Bloco M	188	299	299
Bloco S	213	226	226

Bloco T (Cetel)	145	93	145
Bloco U	-	7	7
Bloco V	347	387	387
Ginásio 2	31	0	31
Total			6372

Fonte: UCS (2022).

Nos blocos em que a atividade predominante são aulas, foram considerados valores estimados de consumo para escolas (externatos) de 50 l/dia per capita (DMAE, 2016). Nos blocos em que a atividade principal não são aulas, também foram adotados os valores indicados pelo DMAE, de acordo com a atividade exercida, conforme apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumidores especiais pelo critério do DMAE

Bloco	Uso	Critério DMAE	Consumo (l/dia)
A	Reitoria	Escritórios e lojas	50 per capita
59	Restaurante universitário	Restaurantes e similares	25 por refeição
46	Instituto Hospitalar Veterinário	Hospitais	250/leito
Q	Centro de convivência	Escritórios e lojas	50 per capita
N	Museu	Escritórios e lojas	50 per capita
P	Casa do Professor	Apartamentos e residências	200 per capita
72	Laboratório de análise e pesquisa de alimentos	Escritórios e lojas	50 per capita
37/ 38	Laboratório de controle biológico e estresse oxidativo	Escritórios e lojas	50 per capita
63	Administração	Escritórios e lojas	50 per capita
39	Laboratório de Biotecnologia	Escritórios e lojas	50 per capita
34	Galeria	Restaurantes e similares	25 por refeição
R	Biblioteca	Escritórios e lojas	50 per capita
44	Comércio e restaurantes	Escritórios e lojas	50 per capita

Fonte: Autora, com base no DMAE, (2022).

Na segunda etapa procedeu-se para a construção do modelo e elaborada a digitalização da topologia do sistema. A topologia do sistema consistiu na criação dos nós e dos trechos e na aplicação dos parâmetros e atributos utilizados.

Neste projeto, o coeficiente C foi adotado de acordo com o material das tubulações, ou seja, para as tubulações de PVC-U com junta soldável considerou-se que a rugosidade era de 132,5, já para os trechos em PEAD foi considerada uma rugosidade de 135, que são valores usuais para 20 anos segundo Netto (2015). O coeficiente de máxima vazão diária adotado foi

de 1,2 ($k_1 = 1,2$) e o coeficiente de máxima vazão horária foi de 1,5 ($k_2 = 1,5$) (SAMAE, 2016). Nessa etapa, foi possível editar os dados inseridos nas etapas anteriores, a fim de fazer alguma correção ou então incrementar mais características para que o conjunto fique mais completo e realista.

Ao finalizar a modelagem, foi possível analisar as redes de distribuição de água da UCS. Isto é, foram analisadas as pressões dinâmicas mínimas e pressões estáticas máximas da rede em determinados pontos críticos, de acordo com os limites da NBR 12.218/2017 (ABNT, 2017). Foi avaliada a posição e a configuração das válvulas redutoras de pressão, bem como a necessidade de alteração de setorizações. Parâmetros como velocidade da rede, vazão e perda de carga unitária também foram observados. Em síntese, a modelagem estática elaborada no Epanet 2.0, teve o propósito de apresentar de forma mais fidedigna ao que está executado e como é operado no campus sede da UCS.

5 RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados obtidos em função da execução da metodologia abordada no capítulo anterior.

5.1. LEVANTAMENTO DA REDE DE ÁGUA

O levantamento das redes de distribuição de água no campus sede da UCS foi realizado de maneira íntegra dentro dos limites propostos no trabalho. Foram contempladas no levantamento as regiões do ambulatório, do bloco F e ademais, o Centro de Convivência, Biblioteca Central, Restaurante Universitário, a região do Bloco J, dos blocos 58, 70 e 71, região do bloco V que engloba toda a Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, bem como Cetec. Estavam inclusos no levantamento também a região dos blocos A e S, galpão, bloco U, região do bloco M e ademais, Cetel, Vila Olímpica e ginásios, região do bloco 46, zoológico, região das clínicas veterinárias, região do Instituto de Biologia e o bloco 74. Em suma, não foi contemplada a região do Hospital Geral e a região da antiga estação de tratamento de esgoto.

Essa atividade teve início no reservatório principal, que recebe as três redes adutoras de água e depois distribui através de seis saídas com hidrômetros. O reservatório possui, aproximadamente, 24 m de altura e está localizado na região topográfica mais alta da UCS, próximo ao bloco E. Na Figura 6 está apresentada a localização do reservatório principal e onde iniciou-se o levantamento.

Figura 6 – Local de início do levantamento



Fonte: Autora (2022).

Na Figura 7 está apresentado o reservatório principal.

Figura 7 – Reservatório principal



Fonte: Autora (2022).

Atualmente, existem seis saídas que possuem hidrômetros e redes distintas, porém, uma delas está desativada. Basicamente, as redes de distribuição menores atendem os blocos mais próximos ao reservatório: E, F, H (que é ramificada para o bloco L e para o ambulatório), bloco

do Serviço de Assistência Jurídica Gratuita (SAJU), e uma rede que atende uma das lancherias do início do Centro de Conveniência e o chafariz. Na Figura 8 estão apresentados os hidrômetros das redes de distribuição.

Figura 8 - Saída das redes de distribuição secundárias



Fonte: Autora (2022).

Na Figura 9 está apresentada a saída principal da rede de distribuição que é a rede que alimenta a maioria dos blocos e por consequência é a rede com maior diâmetro nominal (DN75). Essa tubulação é PVC-U com junta soldável para sistemas prediais de água fria, e é ramificada por todo o restante do campus da Universidade.

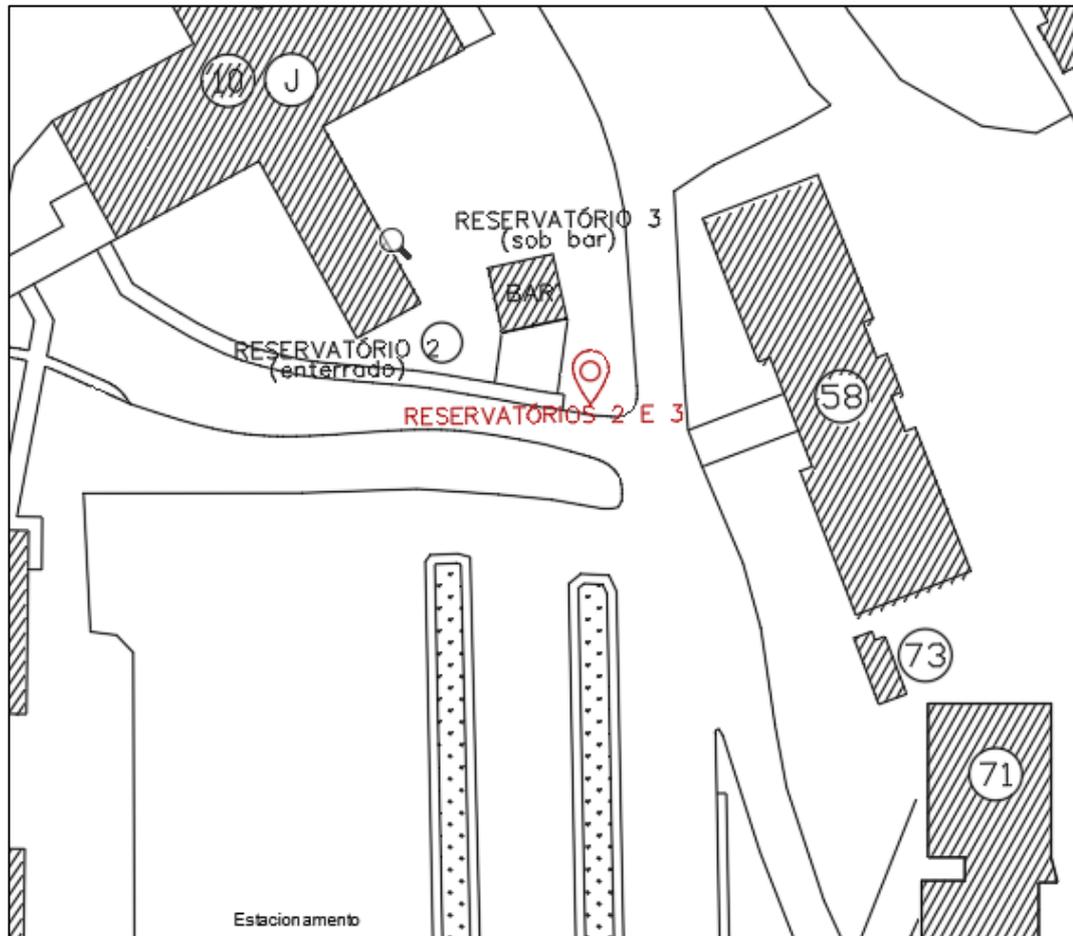
Figura 9 – Saída da rede de distribuição principal



Fonte: Autora (2022).

Além do reservatório principal, estão instalados no sistema mais dois reservatórios, sendo o reservatório 2, enterrado, com volume de 70 m³ e o reservatório 3 com volume de 400 m³, o qual foi construído em concreto armado e está localizado sob a lancheria próxima ao bloco 58. Na Figura 10 está ilustrada a localização dos reservatórios 2 e 3.

Figura 10 - Reservatórios 2 e 3



Fonte: Autora (2022).

Nas Figura 11 e Figura 12 estão apresentadas respectivamente a boca de visita e o registro de saída e entrada dos reservatórios 2 e 3.

Figura 11 - Boca de visita reservatório 2



Fonte: Autora (2022).

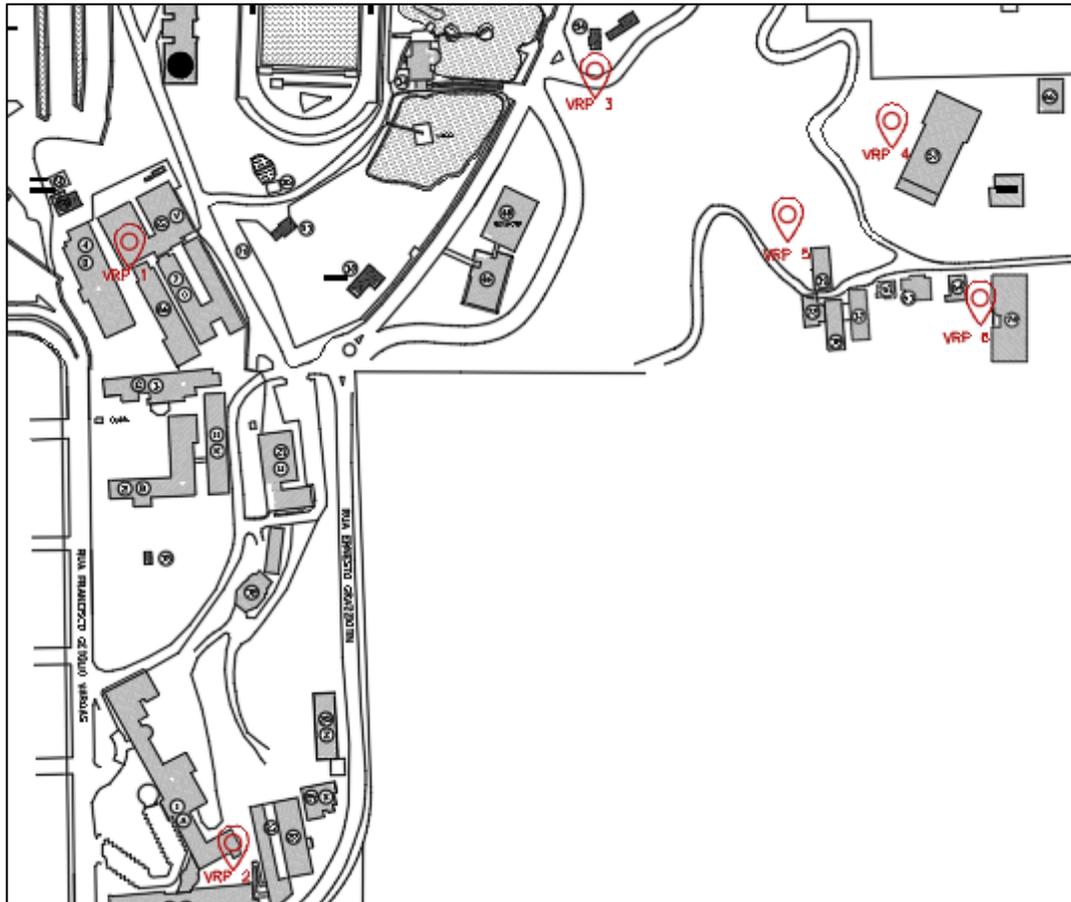
Figura 12 – Saída reservatório 3



Fonte: Autora (2022).

Em seis pontos distintos foram constatadas válvulas de redutoras de pressão instaladas nos ramais secundários da rede. Existem VRPs que influenciam apenas na entrada dos blocos, como é o caso da válvula instalada na entrada do bloco V e do bloco 74, e as outras 4 válvulas instaladas na rede geral que influenciam em mais de um bloco. Na Figura 13 está identificada a localização de cada uma das válvulas.

Figura 13 – Localização VRPs



Fonte: Autora (2022).

Na Tabela 3 estão descritas as válvulas redutoras de pressão instaladas no sistema.

Tabela 3 – Válvulas redutoras de pressão

VRP	Diâmetro interno (mm)	Localização
1	44	Entrada bloco V
2	35,2	Atrás do bloco S

VRP	Diâmetro interno (mm)	Localização
3	53,6	Descida para o bloco 57
4	53,4	Entrada bloco 57
5	44	Atrás do bloco 39
6	44	Entrada do bloco 74

Fonte: Autora (2022).

No decorrer do levantamento foram verificadas algumas inconsistências nas instalações, que possivelmente não foram executadas da forma como foram projetadas ou até mesmo não havia projeto do local. Por exemplo, em inúmeros pontos ocorre o aumento de diâmetro sem nenhuma razão identificada, que por vezes pode prejudicar a vazão no ponto abastecimento posteriormente a essa ampliação. Na Tabela 4 estão apresentadas as inconsistências que foram verificadas na rede.

Tabela 4 – Inconsistências na rede pelo levantamento

Bloco	Causa	Consequência
74	A alteração do diâmetro de DN 50 para DN75 ocorre no meio do trecho	Dificulta a manutenção
Descida para o 57	A alteração do diâmetro de DN 50 para DN60 ocorre no meio do trecho	Dificulta a manutenção
Descida para o 70	A alteração do diâmetro de DN 50 para DN 60 ocorre no meio do trecho	Diminui pressão e vazão
Próximo ao bloco M	Para alterar de DN75 para DN50 é necessário instalar no mínimo 2 reduções e ainda conexões que façam o contorno da instalação.	Aumenta perda de carga; perde pressão
Próximo à Casa do Professor	Troca de PEAD 63 para PVC-U DN60 - além da troca de material, a alteração de diâmetros exige a instalação de 2 reduções, adaptação de conexões	Aumenta perda de carga
Próximo ao bloco 71	Troca de PEAD 63 para PVC-U DN60 - troca de material, adaptação de conexões	Aumenta perda de carga
Poliesportivo	A alteração do diâmetro de DN50 para DN75 ocorre no meio do trecho	Dificulta a manutenção
55	A alteração do diâmetro de DN25 para DN32 ocorre no meio do trecho	Dificulta a manutenção

Fonte: Autora (2022).

Em alguns blocos observou-se também que o diâmetro da tubulação de entrada no bloco poderia ser diferente em função da ocupação ou então de uma estimativa de consumo baixa ou alta. Por exemplo, no prédio do ambulatório em que a rede que alimenta o bloco é de PVC-U com junta soldável DN25. Por ser um bloco em que a água não é utilizada apenas para abastecimento de banheiros, e sim para realização de procedimentos médicos e atividades que demandam uma quantidade maior que os outros blocos. Outra situação, é a alimentação no bloco 70, feita por uma rede DN60, ou seja, uma tubulação relativamente grande para um prédio que não tem um consumo muito alto.

Observou-se também que não são todos os blocos que possuem reservatório de água, e ainda, os blocos que têm a caixa d'água possuem capacidade de armazenamento distintas. O reservatório é um componente importante nos sistemas de água pois além de reservar uma determinada quantidade de água que pode ser utilizada em ocasiões que ocorram a interrupção de abastecimento de água, auxilia também na regulagem da pressão de água na distribuição interna. Na Tabela 5 estão apresentados os blocos e as quantidades de água armazenadas.

Tabela 5 - Reservatórios individuais dos blocos

Bloco	Capacidade de
Bloco D	20
Cetel	1
Bloco J	4
Bloco N	3
Vila Olímpica	4
Vila Olímpica	3
Bloco B	2
Casa do Professor	2
Bloco G	20
Restaurante do Lago	1
Bloco C	2
Biblioteca	2
Biblioteca	2
INBI	10
Bloco A - PRAD	40
Creche	3
Ambulatório Central	10
Bloco S	80
Bloco 46	2
Bloco 71	2
Clínica Veterinária	1
Total	214

Fonte: Autora (2022).

Durante todo o levantamento realizado foram abertas as caixas de inspeção que estavam no percurso das tubulações. Entretanto, constatou-se de que um dos problemas dessas caixas é a identificação delas. Algumas possuíam na tampa a qual sistema pertenciam, tais como “Elétrica”, “Incêndio” e “Hidráulica”, porém em muitas delas as tampas estavam trocadas, fazendo com que pudesse ocorrer uma perda de informações em caixas não identificadas que pudessem pertencer a determinados sistemas. E ainda, em diversas ocasiões analisou-se que na mesma caixa haviam instalações de sistema de água e elétrica, por exemplo, como está evidenciado na Figura 14.

Figura 14 – Caixa de inspeção com mais de um sistema



Fonte: Autora (2022).

Em alguns trechos do sistema onde não pode ser visto o exato traçado da rede, foi feita uma suposição dos locais em que as tubulações pudessem estar instaladas de acordo com a situação topográfica e lógica dos blocos.

Outra questão que pode ser observada no levantamento é que não foram verificadas a instalação de ventosas e descargas na rede.

5.1.1. Caracterização técnica

Todos os dados levantados em campo foram transcritos para a planta baixa, apresentada no Apêndice C. Inicialmente foi desenhada a tubulação da rede na planta baixa existente utilizando o software Autocad e após os trechos foram caracterizados. Na Tabela 6 está discriminada a extensão dos trechos em função do material e diâmetro em que são compostos, os quais totalizam 49.794,87 m.

Tabela 6 - Extensão das tubulações em função de diâmetros

Material	Diâmetro nominal	Extensão (m)
PVC-U junta soldável	25	11.572,53
PVC-U junta soldável	32	13.889,30
PVC-U junta soldável	40	3.510,69
PVC-U junta soldável	50	15.072,00
PVC-U junta soldável	60	2.291,94
PVC-U junta soldável	75	1.409,67
PEAD	63	2.017,21
	Total	49.794,87

Fonte: Autora (2022).

Na Tabela 7 está apresentada a localização das válvulas redutoras de pressão instaladas no sistema, bem como o diâmetro que foi considerado para cada uma delas.

Tabela 7 – Válvulas redutoras de pressão

VRP	Diâmetro interno (mm)	Localização
1	44	Entrada bloco V
2	35,2	Atrás do bloco S
3	53,6	Descida para o bloco 57
4	53,4	Entrada bloco 57

VRP	Diâmetro interno (mm)	Localização
5	44	Atrás do bloco 39
6	44	Entrada do bloco 74

Fonte: Autora (2022).

No levantamento não foram contabilizadas as peças como curvas e tês pois a maior parte das tubulações são enterradas e por isso não é possível visualizar e levantar a quantidade.

Com os resultados obtidos no levantamento foi possível realizar a atualização da planta baixa das redes de abastecimento de água do campus sede da UCS. Cabe ressaltar que a planta existente não contemplava as redes de todos os blocos e grande parte do traçado não estava correto. Além disso, na planta existente não havia informações sobre as características da rede, tais como diâmetro e material dos tubos.

5.2. MODELAGEM HIDRÁULICA

Conforme a metodologia apresentada, a modelagem foi realizada utilizando a planta levantada no item 5.1. Para exportar o arquivo .dwg da planta baixa, utilizou-se o software Epcad para converter em um arquivo .NET, para que fosse aberto no software Epanet 2.0. Nesta etapa, foram caracterizados todos os “trechos”, “nós”, reservatórios e válvulas redutoras de pressão do sistema.

No Epanet 2.0 existem duas divisões que precisam ser caracterizadas: os “nós” e os “trechos”. Os “nós” são os pontos de junção da rede, onde possuem as ramificações, os pontos de abastecimento. Já os “trechos” são a tubulação da rede, ou seja, são os fragmentos da rede unidos pelos “nós”.

A entrada de dados para os “trechos” consiste em informar o diâmetro da tubulação (em milímetros), a rugosidade do material e o comprimento (em metros). Ao todo, foram contabilizados 270 trechos em todo o sistema. Como o diâmetro nominal dos tubos de PVC e PEAD não são iguais ao diâmetro interno, foram inseridos os valores de diâmetro já descontados a espessura da parede. Na Tabela 8 estão descritos os valores adotados.

Tabela 8 – Diâmetros adotados

Diâmetro Nominal	Material	Diâmetro Externo	Espessura tubo	Diâmetro Interno
-	-	mm	mm	mm
25	PVC-U com junta soldável	25	1,7	21,6
32	PVC-U com junta soldável	32	2,1	27,8
40	PVC-U com junta soldável	40	2,4	35,2
50	PVC-U com junta soldável	50	3	44
60	PVC-U com junta soldável	60	3,3	53,4
63	PEAD (PE 80 – SDR 13,6)	63	4,7	53,6
75	PVC-U com junta soldável	75	4,2	66,6

Fonte: Autora (2022).

Para os “nós”, a caracterização individual foi realizada com a inserção de dados correspondentes ao consumo base de água (L/s) e cota natural do terreno em cada nó. O sistema de abastecimento do presente projeto é composto por 268 “nós”. A quantidade de “nós” é menor que a de tubos em função de que em diversos pontos do sistema, ocorre a ramificação da rede, ou seja, de alguns “nós” partem mais que um ramal de abastecimento de água.

Entretanto, a informação sobre o consumo de água é necessária apenas nos nós dos “consumidores finais”, ou seja, nas entradas dos blocos, edificações e pontos em que existe um consumo definido, ou pelo menos, uma estimativa de consumo. Sendo assim, foi necessário que 66 “nós” fossem caracterizados com tal dado. Para determinação desse consumo, foram utilizados dados disponibilizados pela Universidade e alguns parâmetros de empresas de abastecimento de água, apresentados na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

A UCS disponibilizou a quantidade de alunos de 25 blocos do campus. Com essa apuração, foi considerado a ocupação máxima cada bloco para a primeira simulação. Após isso, calculou-se o consumo do bloco utilizando o dado de 50 L/aluno (DMAE). Para os outros 45 pontos foi estimado qual seria o consumo diário e depois convertido para L/s/dia. Na Tabela 9 estão apresentados os valores de consumo nos “nós” do sistema.

Tabela 9 - Consumo de água por nó

Bloco	Ocupação Máxima	Consumo (L/s)	Observações
Bloco 23	227	0,2365	50 L/aluno
Bloco 15	75	0,0781	50 L/aluno
Bloco 47	32	0,0333	50 L/aluno
Bloco 56	35	0,0365	50 L/aluno
Bloco 57	200	0,2083	50 L/aluno
Bloco 58	733	0,7635	50 L/aluno
Bloco 64	30	0,0313	50 L/aluno
Bloco 70	213	0,2219	50 L/aluno
Bloco 71	457	0,4760	50 L/aluno
Bloco 74	301	0,3135	50 L/aluno - Metade para cada ponto do bloco
Bloco B	50	0,0521	50 L/aluno
Bloco C	134	0,1396	50 L/aluno
Bloco D	81	0,0844	50 L/aluno
Bloco E	671	0,6990	50 L/aluno
Bloco F	597	0,6219	50 L/aluno
Bloco G	240	0,2500	50 L/aluno
Bloco H	251	0,2615	50 L/aluno
Bloco J	390	0,4063	50 L/aluno - Metade para cada ponto do bloco
Bloco K	308	0,3208	50 L/aluno
Bloco L	252	0,2625	50 L/aluno
Bloco M	299	0,3115	50 L/aluno
Bloco S	226	0,2354	50 L/aluno
Bloco T (Cetel)	145	0,1510	50 L/aluno
Bloco U	7	0,0229	Consumo aumentado p/ 1000 L/DIA em função de laboratórios e funcionários
Bloco V	387	0,4031	50 L/aluno
Galpão	Ausente	0,0052	Estimado para banheiro e cozinha
Bloco A	Ausente	0,0469	45 funcionários – 50 L/funcionário
Restaurante do Lago	Ausente	0,0391	75 refeições/dia – 25 L/refeição (DMAE)
Bloco 63	Ausente	0,0208	5 funcionários - 2 banheiros - torneira jardim - cozinha
Bloco 61	Dado ausente	0,0208	5 funcionários - 2 banheiros - torneira jardim - cozinha
Depósito Biologia	Dado ausente	0,0104	Torneira jardim/banheiro
RU	Dado ausente	0,1042	25 L/refeição - 150 refeições
RU - WC feminino	Dado ausente	0,0208	Banheiro de uso geral + UCSTec

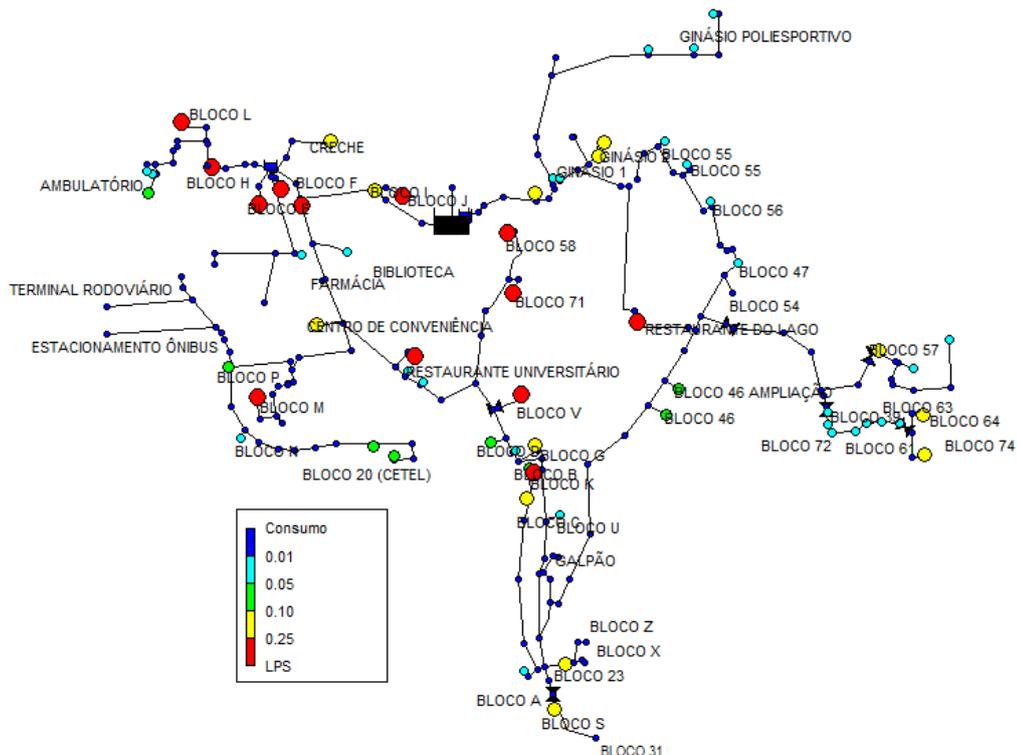
Bloco	Ocupação Máxima	Consumo (L/s)	Observações
RU - WC masculino	Dado ausente	0,0208	Banheiro de uso geral + UCSTec
Bloco Z	Dado ausente	0,0052	Torneira jardim/banheiro
Bloco X	Dado ausente	0,0052	Torneira jardim/banheiro
Bloco 31	Dado ausente	0,0021	Possivelmente 1 lavatório + bacia sanitária
Cantina G	Dado ausente	0,0313	60 refeições + limpeza – 2 5L/refeição
Farmácia	Dado ausente	0,0052	Banheiro/limpeza
Centro Conveniência	Dado ausente	0,1979	25 L/refeição * 300 refeições + banheiros
Museu	Dado ausente	0,0052	Banheiro/limpeza
Terminal Rodoviário	Dado ausente	0,0031	Torneira jardim
Estacionamento ônibus	Dado ausente	0,0031	Torneira jardim
Bloco P	Dado ausente	0,0500	200 L/pessoa * 2 banhos* 6 pessoas
Depósito (bloco M)	Dado ausente	0,0031	Banheiro/limpeza
Canteiro Central	Dado ausente	0,0052	Jardinagem canteiros
Quadras de tênis	Dado faltante	0,0021	Torneira jardim
Cantina L	Dado ausente	0,0208	25 L/refeição * 60 refeições
Creche	Dado ausente	0,1563	50 alunos – 50 L/aluno
Bloco I	Dado ausente	0,1042	Ocupação alunos
Biblioteca	Dado ausente	0,0313	Banheiro/limpeza
Bloco 55 1	Dado ausente	0,0417	Ocupação alunos + atendimentos
Bloco 55 2	Dado ausente	0,0417	Ocupação alunos + atendimentos
Jardim Vila	Dado ausente	0,0031	Torneira jardim/ducha
Galeria	Dado ausente	0,3073	2 5L/refeição * 450 refeições + banheiros (2*1000) + lojas (6 lojas *50 L*5funcionários)
INBI	Dado ausente	0,0417	Laboratório/banheiro/limpeza
Poliesportivo	Dado ausente	0,0781	2 5L/refeição *30 refeições + banheiros – Dividido em 3 entradas
Ginásio 1	Dado ausente	0,0833	Metade para cada ponto do bloco
Ginásio 2	Dado ausente	0,3125	300 l/banho * 50 banhos - Metade para cada ponto
Cozinha ginásio 1	Dado ausente	0,0052	Torneira jardim/banheiro/copa
Bloco 46	Dado ausente	0,1458	100 L/internação * 50 internações + 2000 banheiros - metade
Bloco 39	Dado ausente	0,0313	5 funcionários - 2 banheiros - torneira jardim - cozinha
Bloco 72	Dado ausente	0,0208	5 funcionários - 2 banheiros - torneira jardim - cozinha

Bloco	Ocupação Máxima	Consumo (L/s)	Observações
Bloco 38	Dado ausente	0,0208	5 funcionários - 2 banheiros - torneira jardim - cozinha
Bloco 37	Dado ausente	0,0208	5 funcionários - 2 banheiros - torneira jardim - cozinha
Bloco 54	Dado ausente	0,0052	Banheiro/torneira jardim
Cozinha J	Dado ausente	0,0052	Torneira jardim/banheiro/copa
Cantina Central	Dado ausente	0,0313	60 refeições + limpeza – 25 L/refeição
Bloco N	Dado ausente	0,0104	Renovação de água/banheiro/limpeza
Chafariz	Dado ausente	0,0052	Renovação de água
Total		8,7525	

Fonte: Autora (2022).

Na Figura 15 é possível verificar os “nós” de acordo com o consumo-base. Nos pontos vermelhos estão evidenciados os pontos com maior consumo no sistema, com valores maiores que 0,25 L/s, em amarelo os “nós” cujo consumo está entre 0,10 L/s e 0,25 L/s e assim sucessivamente. Os blocos que apresentaram maior consumo foram os dois restaurantes (Restaurante Universitário e Restaurante do Lago) com um consumo de 0,39 L/s, o bloco 58 por possuir um elevador de alunos concomitantemente com um consumo base de 0,76 L/s, assim como os blocos E, F, J, 71, M, L, bloco H e a entrada do Centro de Convivência.

Figura 15 - Mapa de consumos



Fonte: Autora (2022).

No sistema também foram cadastrados três reservatórios de nível fixo (RNF). Basicamente, os reservatórios também são “nós” do sistema, porém estes representam um volume de armazenamento de água com capacidade ilimitada e carga hidráulica constante. São estruturas externas a rede que não são afetadas em relação a carga hidráulica com o funcionamento do restante do sistema. Adotou-se esse modelo de reservatório principalmente pelo fato de que o objetivo do trabalho não era avaliar a capacidade dos reservatórios e ainda, não se tinham informações suficientes para o cadastro de reservatórios com nível variável.

Os reservatórios de nível variável dependem de mais informações tais como cota de fundo, diâmetro do reservatório, altura de água mínima, máxima e inicial para o cenário em que será efetuada a simulação e a qualidade de água. Na caracterização dos reservatórios no Epanet 2.0 foi necessário interligar as redes que eram abastecidas ou abasteciam os reservatórios e descrever qual o nível de água de cada um deles.

Por fim, foram inseridas as seis válvulas redutoras de pressão, entretanto, a única característica inserida em cada uma delas foi de que o diâmetro da peça era o mesmo que da tubulação. Para executar a simulação, foram estipulados os valores das pressões de saída das válvulas para que o sistema pudesse ser executado com pressões acima de 10 mca. Ou seja, esse valor de pressão de cada válvula não era conhecido e foi definido de acordo com os valores das pressões resultantes da simulação, seguindo o critério que a pressão mínima fosse de 10 mca, conforme estabelecido pela NBR 12.218 (ABNT, 2017). As pressões de saída adotadas em cada válvula estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Pressão de saída das VRPs

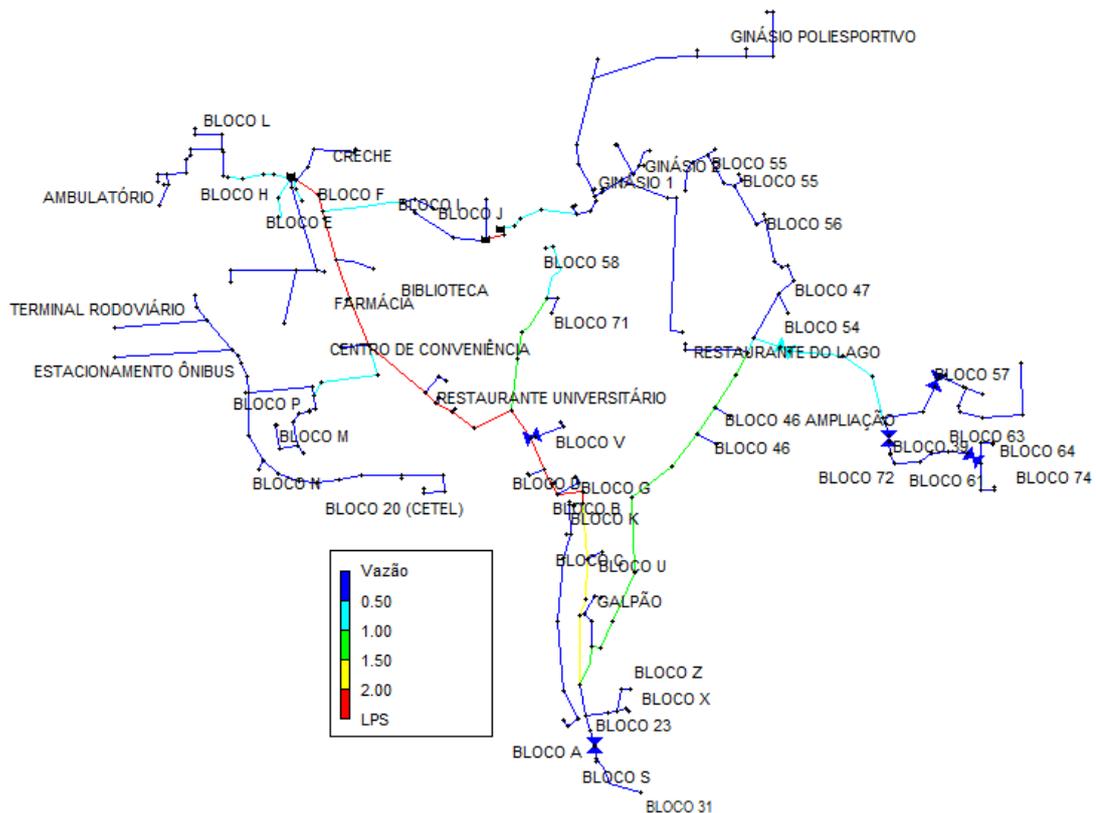
VRP	Pressão de saída (mca)	Localização
1	25	Entrada bloco V
2	25	Atrás do bloco S
3	10	Descida para o bloco 57
4	25	Entrada bloco 57
5	25	Atrás do bloco 39
6	30	Entrada do bloco 74

Fonte: Autora (2022).

5.2.1. Vazão

Com a simulação, ainda para o primeiro caso (pior cenário), foi possível verificar também a vazão nos “trechos”. Neste caso, observou-se que em diversos “trechos” a vazão calculada foi extremamente baixa, sendo inclusive até menor que o mínimo necessário para um abastecimento eficiente. A ramificação que apresentou a maior vazão foi a rede principal, DN75, a mesma em que apresentou altas velocidades e maiores perdas. A maior vazão calculada foi no “trecho” próximo ao bloco E, na rede principal, com 6,25 L/s. Na Figura 16 estão evidenciados os “trechos” em uma escala de cores, sendo vermelha a maior vazão e azul a menor vazão.

Figura 16 - Vazão da rede



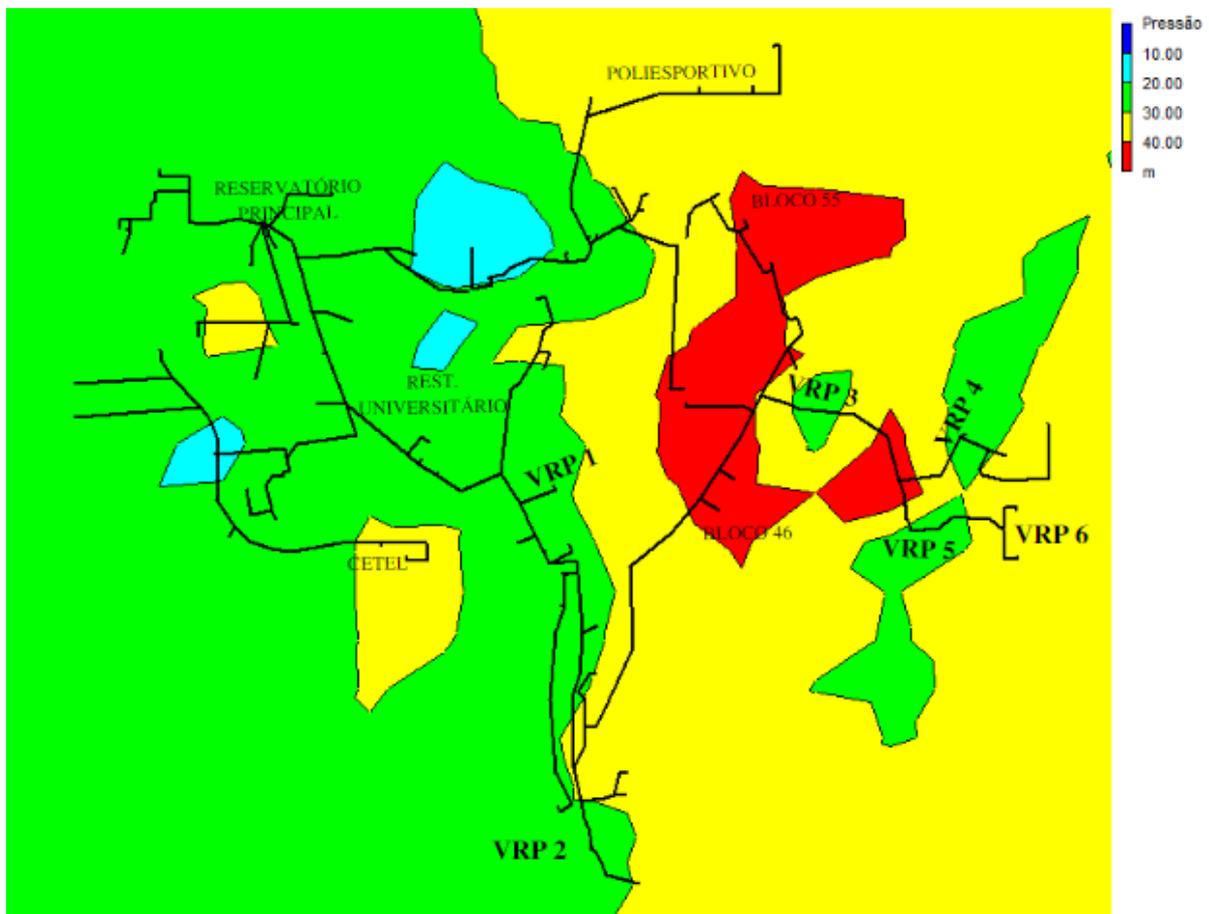
Fonte: Epanet 2.0 (2022).

5.2.2. Pressões estáticas máximas e dinâmicas mínimas

Após a configuração do sistema, foram realizadas duas simulações. O primeiro caso foi considerando a pressão dinâmica mínima da rede. Para isso, em todos os pontos de consumo utilizou-se o valor máximo de consumo, ou seja, a maior demanda de abastecimento concomitantemente. Sobre a pressão da rede, foi possível observar que mesmo com as válvulas redutoras de pressão reguladas existem pontos que excedem a pressão máxima de 400 kPa recomendada pela NBR 12.218 (ABNT, 2017).

Cabe ressaltar que alguns “trechos” que possuem pressão maior que 40 mca não são influenciados por nenhuma VRP atual, como é o caso da região dos blocos 55, 56, 47, 54 e 46. Na região do poliesportivo, as pressões ficaram entre 30 e 40 mca, o que é aceitável, embora o ideal é de que a pressão estática máxima esteja entre 25 e 30 mca para que as perdas reais não sejam tão elevadas (ABNT, 2017). Isso ocorreu também na região do bloco 23, X, Z, bloco 31, blocos 58 e 71 a pressão está elevada, próxima a 36 mca. Destaca-se também o bloco V, que mesmo com a VRP na entrada do bloco, a pressão ainda é de 33,72 mca. Na Figura 17 está apresentado o gráfico de isolinhas de pressões do sistema.

Figura 17 – Simulação da pressão dinâmica mínima

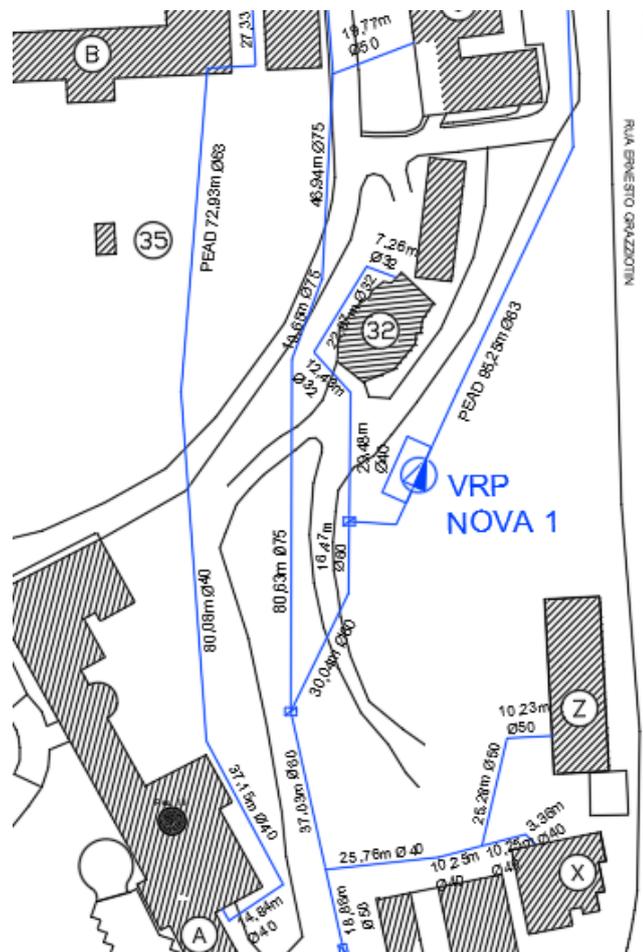


Fonte: Epanet 2.0 (2022).

Nessa simulação, pôde-se notar que a pressão da rede, em geral, é muito elevada uma vez que neste caso, onde foi considerado o pior cenário de consumo, ou seja, com todos os pontos demandando o máximo do abastecimento a pressão que resulta é a mínima. Uma justificativa para pressões tão elevadas é o alto desnível topográfico entre os reservatórios, tanto o principal, com os reservatórios 2 e 3 com os pontos de abastecimento. Isso se confirma ao verificar, por exemplo, a cota da saída do reservatório principal (837,78 m) com um dos pontos do bloco 74 (726,00 m), uma diferença de 111,78 m fazendo com que a pressão, mesmo desconsiderando as perdas do sistema seja muito elevada.

Referente às pressões que apresentaram valores fora da faixa recomendada (10 a 40 mca), principalmente pressões maiores, seria necessário que fossem feitas intervenções a fim de resolver tais excessos. Sugere-se que a primeira etapa seja instalar uma VRP com pressão de saída de 20 mca em uma das redes principais, localizada próxima ao Galpão (Bloco 32). Na Figura 18 está apresentado o local de instalação dessa VRP sugerida.

Figura 18 - Localização VRP nova 1

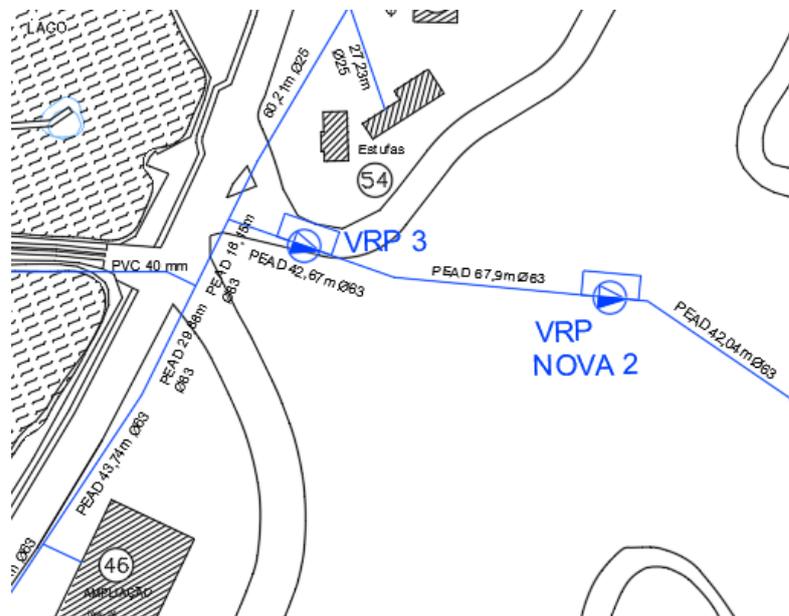


Fonte: Autora (2022).

Com a instalação dessa VRP, a região do bloco 46 que antes apresentava pressões próximas a 42 mca, passaram a possuir 25 mca. O mesmo pode ser observado nas regiões dos blocos 47, 55 e o Restaurante do Lago, que antes possuíam 38,90 m, 40,62 m e 41,10 m, passaram a apresentar 22 mca, 23 mca e 26 mca, respectivamente. Essa alteração faz com que a operação seja bem sucedida e pode diminuir a necessidade de manutenção de peças que, por ventura, estouravam em função do excesso de pressão.

Seguindo o mesmo critério, em função da alta pressão observada na descida para o bloco 57, onde já está instalada uma válvula no início alto do talude, poderia ser instalada na metade mais uma VRP. Essa nova válvula poderia possuir uma pressão de saída de 10 mca, fazendo com que as válvulas redutoras de pressão dos blocos 39, 57 e 74 pudessem ser desinstaladas. A pressão nesses blocos é reduzida para 25,74 mca, 23,18 mca e 35,42 mca, respectivamente. Eliminar essas três válvulas da rede facilita tanto na manutenção dos pontos, diminui as conexões entre a tubulação e rede que também geram perda de carga e ainda, ao regular a VRP é mais intuitivo porque são menos pontos a serem controlados. Na Figura 19 está apresentada a localização da segunda VRP.

Figura 19 - Localização VRP nova (2ª)



Fonte: Autora (2022).

Com a realocação das VRPs gerando essa nova configuração é possível verificar o gráfico de isolinhas de pressões do sistema, onde nenhuma pressão estática máxima superou o

valor de 40 mca. Na Tabela 11 está apresentado o resumo das válvulas redutoras de pressão com a inclusão das novas VRPs sugeridas.

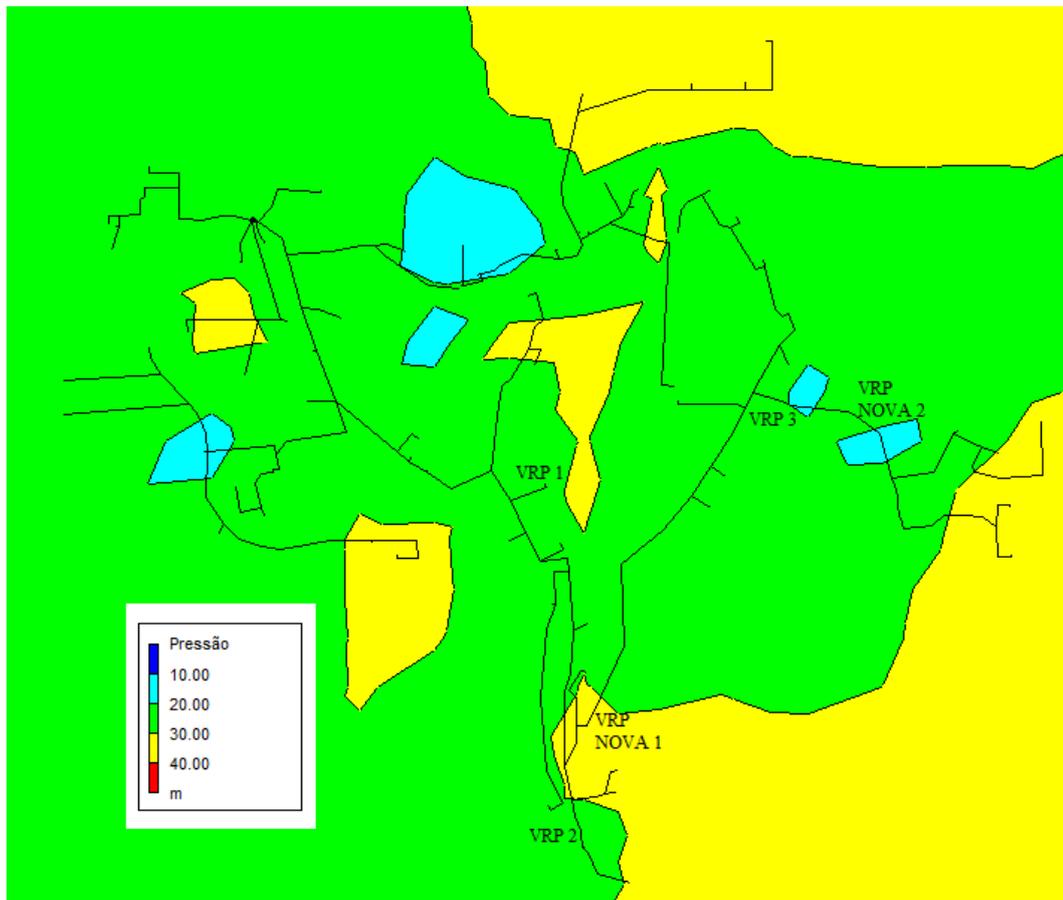
Tabela 11 - Realocação VRPs

VRP	Diâmetro interno (mm)	Pressão de saída (mca)	Localização
1	44	25	Entrada bloco V
2	35,2	25	Atrás do bloco S
3	53,6	10	Descida para o bloco 57
4	53,4	25	Entrada bloco 57
5	44	25	Atrás do bloco 39
6	44	30	Entrada do bloco 74
Nova 1	53,6	20	Atrás do bloco 32
Nova 2	53,6	10	Descida para o bloco 57

Fonte: Autora (2022).

Na Figura 20 está apresentado o gráfico com as respectivas pressões.

Figura 20 - Gráfico de isolinhas da nova configuração das VRPs



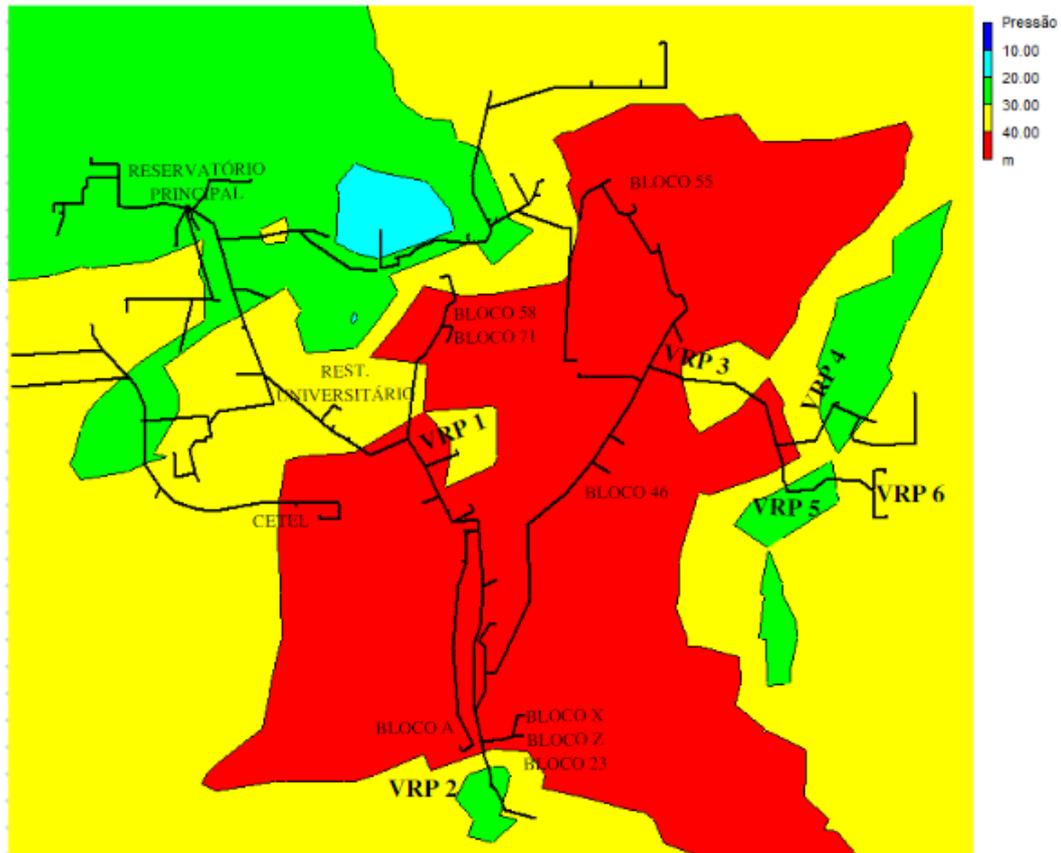
Fonte: Epanet 2.0 (2022).

Neste caso foram simuladas as pressões estáticas máximas. Assim, considerou-se que o consumo de todos os pontos estaria zerado. Embora a configuração das VRPs não tenha sido alterada, ou seja, o parâmetro de saída continuou o mesmo como apresentado na Tabela 10 notou-se uma grande diferença entre os dois cenários. Conforme já era esperado, todas as regiões que inicialmente já possuíam uma pressão maior que 40 mca continuaram com valores elevados. Outras regiões que antes não tinham a pressão elevada, passaram a ter, como é o caso do bloco V, que inclusive possui uma VRP na entrada do bloco.

Nos blocos 58 e 71, no Cetel, nos blocos X, Y e 23, bloco A, Restaurante do Lago e na região do Restaurante Universitário a pressão ficou acima do valor máximo estabelecido pela NBR 12.218 (ABNT, 2017) de 400 kPa. Em alguns pontos, essa pressão é praticamente 50% maior do recomendado, como por exemplo, próximo ao Restaurante do Lago onde, em um “nó” a pressão é de 67,63 m. Pressões tão elevadas são prejudiciais ao funcionamento da rede pois podem causar patologias em diferentes níveis ao sistema de abastecimento de água, seja o rompimento de tubulações, ruptura de peças e conexões, bem como danos mecânicos a

aparelhos, tais como bebedouros, boilers, torneiras e demais aparelhos sanitários que podem ser frágeis a pressões altas. Na Figura 21 está apresentado o gráfico de isolinhas com as pressões do sistema.

Figura 21 - Cenário 2 (Pressão estática máxima)

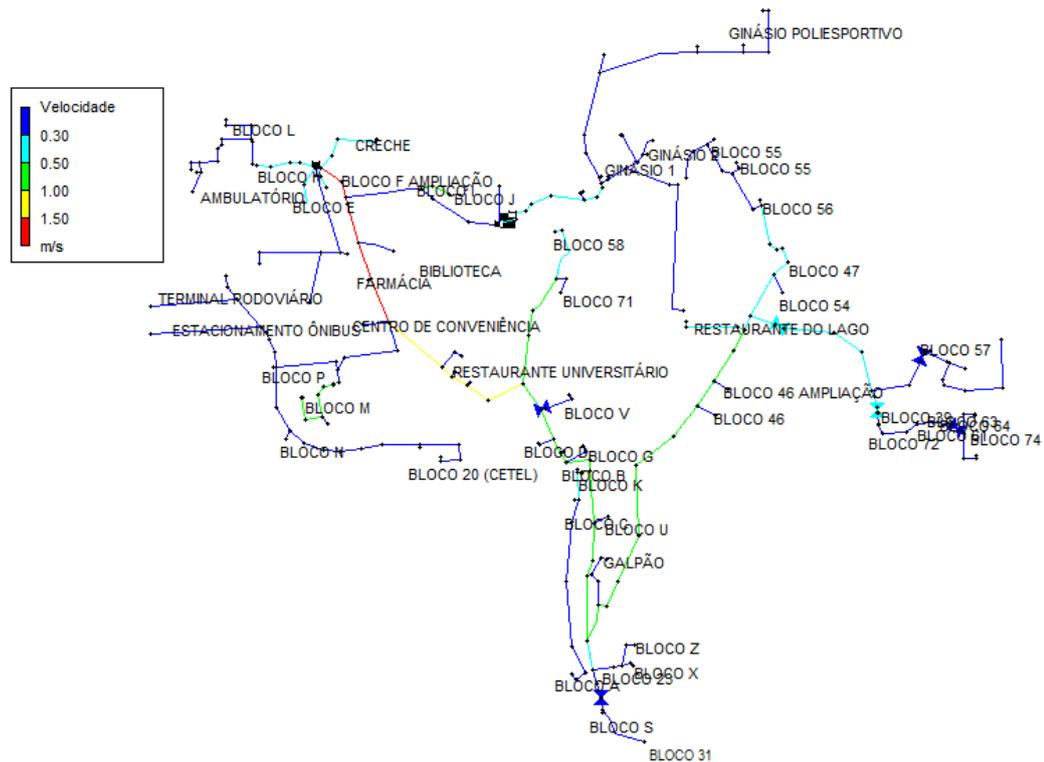


Fonte: Epanet 2.0 (2022)

5.2.3. Velocidades

Quanto às velocidades da rede, observou-se que está dentro dos parâmetros esperados, em sua maior parte. As únicas regiões que apresentaram a velocidade maior que o recomendado pelo SAMAE de 1,5 m/s (SAMAE, 2016) foi a tubulação que vai do reservatório principal até próximo ao centro de conveniência com 1,8 m/s e o trecho que conecta os reservatórios 2 e 3, com uma velocidade de 1,75 m/s. Esse trecho possui um diâmetro DN75 porque é a ramificação que abastece a maioria dos pontos do campus. Na Figura 22 está apresentada a modelagem com a identificação das velocidades em cores. Na cor vermelha, destacam-se os trechos com velocidade máxima maior que 1,5 m/s.

Figura 22 – Velocidades do sistema



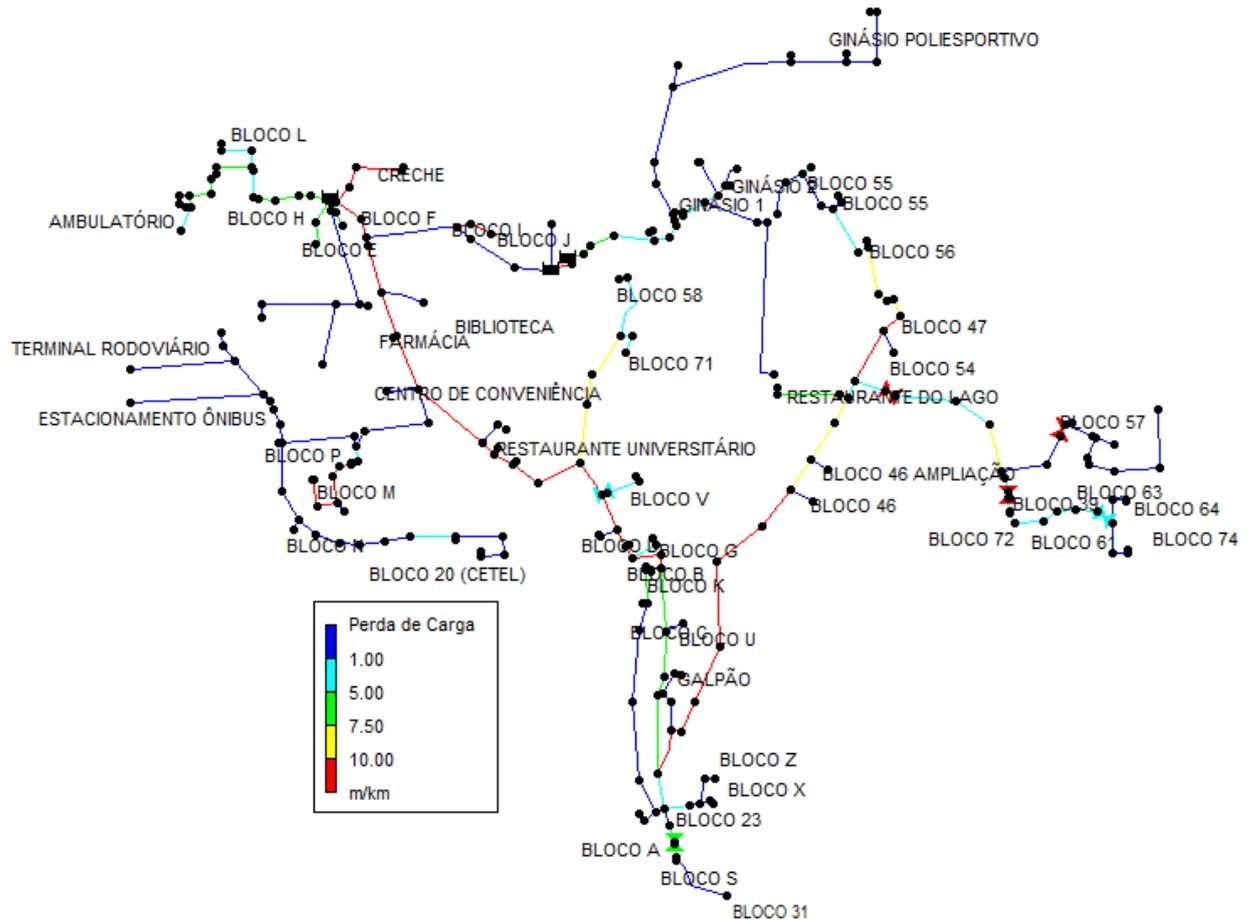
Fonte: Autora (2022).

Com a velocidade muito baixa, a vazão entregue nos pontos pode não ser a mínima necessária para o abastecimento e pode ocorrer acúmulo de impurezas na água. A NBR 12.218 orienta que devem ser evitadas velocidades inferiores a 0,40 m/s, e na fase de enchimento admite-se que a velocidade mínima seja de 0,30 m/s (ABNT, 2017).

5.2.4. Perda de carga

Simultaneamente, foi possível avaliar a perda de carga unitária nos “trechos” da rede. Observou-se que os maiores valores para perda de carga, calculados pela fórmula de Hazen-Williams, coincidem com os trechos cuja velocidade é mais alta, uma vez que são diretamente proporcionais. A maior perda de carga, de acordo com a simulação, é na saída no macromedidor para a rede principal, paralela ao bloco F, com 55,86 m/km. A perda de carga está relacionada também com o coeficiente de Hazen-Williams, diâmetro interno e quanto maior o “trecho” maior será a perda de carga. Na Figura 23 estão representadas por uma escala de cores a perda de carga nos “trechos”, sendo que em vermelho os trechos que ultrapassam o limite da norma.

Figura 23 - Perda de carga nos "trechos"



Fonte: Epanet 2.0 (2022).

Na Tabela 12 estão apresentados os trechos com a perda de carga com o valor acima do recomendado pela NBR 12218, de 10 m/km (ABNT, 2017).

Tabela 12 - Perda de carga excessiva

Identificação tubulação	Localização próxima	Perda de
		m/km
Tubulação p58	Reservatório	14,51
Tubulação p59	Reservatório	14,51
Tubulação p60	Reservatório	14,51
Tubulação p61	SAJU	24,44
Tubulação p176	Bloco E	47,39
Tubulação 114	Bloco E	55,86
Tubulação p198	Bloco I	24,91
Tubulação p200	Bloco J	24,91
Tubulação p221	RU	30,6

Tubulação p236	Bloco M	15,51
Tubulação p238	Bloco M	15,51
Tubulação p239	Bloco M	15,51
Tubulação p240	Bloco M	15,51
Tubulação p241	Bloco M	15,23
Tubulação p242	Bloco M	15,23
Tubulação 76	Bloco M	25,61
Tubulação 123	Descida para o RU	36,24
Tubulação 117	Banheiros RU	29,98
Tubulação 102	Banheiros RU	29,48
Tubulação 108	Banheiros RU	30,86
Tubulação 110	Banheiros RU	46,91
Tubulação 70	Bloco 47	14,52
Tubulação 1	Bloco C	14,26
Tubulação 88	Bloco V	16,9
Tubulação 90	Bloco D	13,25
Tubulação 91	Bloco D	12,54
Tubulação 92	Bloco B	12,28
Tubulação 97	Bloco G	10,3
Tubulação p151	Bloco K	10,3
Tubulação 121	Farmácia	46,84
Tubulação 128	Bloco S	10,85
Tubulação p180	Bloco 32 - galpão	10,77
Tubulação p181	Descida para bloco	10,22
Tubulação p182	Descida para bloco	10,22
Tubulação p183	Descida para bloco	10,22
Tubulação p184	Descida para bloco	10,22
Tubulação 4	Descida para bloco	10,22
Tubulação p188	Bloco 54	15,42

Fonte: Autora (2022)

Os resultados da modelagem hidráulica da rede para trechos e nós estão apresentados nos Apêndices A e B, respectivamente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento e análise de resultados do presente trabalho apontou-se inúmeros aspectos que precisariam de melhorias para elevar a qualidade do sistema de abastecimento de água do campus sede da UCS. Aspectos que relacionados tanto ao controle de consumo, como ao desempenho do abastecimento da água e questões técnico-financeiras.

Paralelo a isso, destaca-se a importância do arquivo dos documentos dos projetos e da consciência dos operadores da manutenção sobre as instalações de qualquer sistema em esferas de tamanhos distintos, por exemplo, tanto em uma Universidade como em loteamentos, centros urbanos e metrópoles. Todo o desenvolvimento do cadastramento surgiu com a necessidade da existência de um projeto atualizado das instalações do sistema. O resultado obtido aplicado na planta baixa da Universidade possibilita que sejam realizadas consultas de traçado de rede e diâmetros como demanda de manutenção, estudos de estratégias para novas ligações, identificação de vazamentos e peças que o sistema possui.

Quanto ao sistema instalado na Universidade, ressaltam-se duas questões. A primeira é referente ao material utilizado na maior parte do sistema feito de PVC-U com junta soldável. Por se tratar de um sistema de abastecimento de água, as tubulações são extensas, majoritariamente externas e enterradas. A extensão total da rede é de 49.794,87 m, sendo que apenas 4,05% das tubulações são em PEAD. Quanto ao diâmetro, o mais adotado é PVC-U com junta soldável DN50, totalizando 30,26% da rede. Observou-se, ainda, que haviam inúmeras inconsistências em determinados trechos, tais como o aumento ou redução de diâmetros, ramificações com dúvidas quanto à sua adoção, troca de materiais repentina.

Com isso, as inspeções tornam-se mais complicadas em função da operação de determinar qual o local será inspecionado, ou ainda, identificar onde estão ocorrendo as rupturas, são atividades que ficam ainda mais vulneráveis a erros quando o material não é adequado. Para instalações externas, recomenda-se que sejam materiais cuja manutenção seja mais simples, tais como PEAD ou PVC PBA. O PVC-U com junta soldável possui conexões mais frágeis, a manutenção demanda soldar uma peça na outra e ainda, por ser tubulações menores, as perdas de carga são elevadas, por isso não é um material indicado para tal função.

A segunda questão se trata sobre os diâmetros adotados e as válvulas redutoras de pressão. No sistema, foram observados trechos em que os diâmetros poderiam estar dimensionados de outra forma afim de atender a necessidade dos blocos. Ou seja, ao avaliar as perdas de carga e qual a vazão a água era recebida nos pontos, foi possível verificar em alguns pontos insuficiência e carga e outros pontos excesso de carga hidráulica. Isso se explica em

função das possíveis adequações que foram sendo feitas sem avaliação ou adoção de algum critério que se compatibiliza com o consumo e/ou vazão que o ponto necessitava. Quanto a pressão, em função do desnível topográfico que o campus possui, foi constatado que em inúmeros pontos a pressão estática máxima era maior que a recomendada pela NBR 12.218 (ABNT, 2017). Para solucionar tal patologia recomendou-se a instalação de duas VRPs, a primeira logo atrás do bloco 32 e a segunda logo abaixo do bloco 54, configuradas em 20 e 10 mca, respectivamente. Além disso, foi observado também sobre a ausência de ventosas e descargas na rede, que são peças necessárias nos casos de intervenção na rede, seja por manutenção ou questões técnicas, tais como a presença de ar na tubulação.

Como sugestões para continuidade deste trabalho a respeito do sistema de abastecimento do campus sede da Universidade de Caxias do Sul, indica-se o estudo e as projeções de novos métodos para controle de medição de consumo, tais como a instalação de hidrômetros e a setorização da rede. Isso justifica-se pela expansão das edificações, bem como o aumento de consumidores em blocos, tais como o bloco I, onde neste ano iniciaram as atividades de Escola de Ensino Infantil e Fundamental, e tendem aumentar a quantidade de alunos matriculados. Além disso, outra abordagem que este projeto demanda são os orçamentos para adequação ou substituição de peças e tubulações.

O orçamento e o estudo de impacto na operação são essenciais para o desenvolvimento do projeto dessa atividade atrelado ao estudo de viabilidade financeira. Inclui-se também como trabalho posterior ao realizado, um estudo de viabilidade para setorização ou individualização das medições de água tanto dos blocos, como das unidades menores, como laboratórios, lojas e lancherias dos centros de conveniência.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **ANA aponta ações e investimentos necessários em todas as cidades brasileiras para garantir abastecimento de água até 2035**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-aponta-acoes-e-investimentos-necessarios-em-todas-as-cidades-brasileiras-para-garantir-abastecimento-de-agua-ate-2035>. Acesso em 20 de março de 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217**. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.
- _____. **NBR 12218**. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.
- BENTLEY. **Software de Modelagem e Análise Operacional de Redes de Distribuição de Água**. Disponível em: <https://www.bentley.com/pt/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watergems>. Acesso em 05 de junho de 2022.
- CAMPELO, João P. Martins, CAMPELO, Ramom Marques, NOBRE, Mayra Fernandes. **Caracterização do consumo de água de uma instituição de ensino superior do estado do Piauí**. CONTECC. Belém, agosto, 2017.
- CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. São Paulo: Blucher, 2018.
- CAXIAS DO SUL. **Lei Complementar nº 589, de 19 de novembro de 2019. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) do Município de Caxias do Sul e dá outras providências**. Caxias do Sul: Câmara Municipal, 2019. Disponível em: <https://gcpstorage.caxias.rs.gov.br/documents/2019/11/c8fd1233-0a17-4256-adab-da821e94febd.pdf>. Acesso em 16 junho de 2022.
- CAXIAS DO SUL. Lei Complementar nº 246, de 6 de dezembro de 2005. **Estabelece conceitos e funções da Zona das Águas (ZA) - bacias de captação e acumulação de água para o abastecimento do município de Caxias do Sul, disciplina o uso e parcelamento do solo para estes espaços e dá outras providências**. Caxias do Sul: Câmara Municipal, 2005. Disponível em: <http://www.camaracaxias.rs.gov.br:81/controldoc.nsf/0/a50a2299e472a1df032570ea006e00f3>. Acesso em 18 de agosto de 2022.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Norma técnica SABESP NTS 181 – Dimensionamento de ramal predial de água e do hidrômetro – Procedimento**. São Paulo: dezembro, 2013.
- COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). **Manual de procedimentos para projeto e execução de parcelamento de solo**. Porto Alegre, 2013.
- CORREIA, Magaiver L. S. F.; ESPERIDIÃO, Fernanda; DE MELO, Ricardo L. **Evolução das políticas públicas de saneamento básico no Brasil, do PLANASA ao PAC-Saneamento**. Universidade Federal do Sergipe, 2018.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). Projetos de rede de água. Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://www.corsan.com.br/projetosderededeagua>. Acesso em 20 de agosto de 2022.

DANTAS, Thales E. Tavares; PINCELLI, Isabella Pimentel; SOARES, Sebastião. **Práticas de Gestão de Água em Campi Universitários – uma revisão bibliográfica**. ENGEMA. São Paulo, dezembro, 2018.

DE CARLI, Larissa Nardini, DE CONTO, Suzana Maria, BEAL, Lademir Luiz, PESSIN, Neide. **Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior – estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2013.

DE SOUSA, Renato. **Uso de válvulas redutoras de pressão na otimização de rede setorizada de distribuição de água**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: 2017.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS (DMAE). **NP011 Projeto de abastecimento de água em loteamentos**. Porto Alegre, 2016.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Epanet – Application for Modeling Drinking Water Distribution Systems**. US EPA. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/epan>. Acesso em 17 de maio de 2022.

FURUSAWA, Rubens Tadashi. **Contribuição ao dimensionamento de rede de distribuição de água por critério de custo global**. Dissertação. Universidade de São Paulo, 2011.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Volume 2. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades – Caxias do Sul**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/caxias-do-sul/panorama>. Acesso em 14 de junho de 2022.

KELLNER, Erich; AKUTSU, Jorge; REIS, Luisa Fernanda Ribeiro. **Avaliação da rugosidade relativa dos tubos de PVC com vistas ao dimensionamento das redes de distribuição de água**. São Paulo: EESC, 2016.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA EM SANEAMENTO (LNHS). **Epanet**. Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2020. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/lenhs/contents/menu/epanet>. Acesso em 15 de maio de 2022.

MACINTYRE, Archibald J. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2020. 9788521637370. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637370/>. Acesso em 17 de maio 2022.

MANZI, Daniel. **A hidráulica de todo dia no saneamento**. 1 ed. Curitiba: Appris, 2020.

MARCONDES, Ricardo Augusto de Castro. **Estudo do uso das tubulações de PEAD em sistemas de distribuição de água no Brasil**. USP. São Paulo, 2016.

MULTIPLUS. **PRÓ-Saneamento – Software para projetos de saneamento**. Disponível em: <https://multiplus.com/software/pro-saneamento/index.html>. Acesso em 05 de junho de 2022.

NETTO, José Martiniano de A.; FERNÁNDEZ, Miguel Fernández Y. **Manual de hidráulica**. 9 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

OLIVEIRA, Josimar Alves de; OLIVEIRA, Marcus Vinícius de Araújo Mello de; OLIVEIRA, Othon Fialho de; TELLES, Rubens Silva; RUIZ, Valmir; ALMEIDA, Rui Gomez Teixeira de. **Manual orientativo para sistemas de medição de vazão de água em condutos forçados**. Brasília: ANAN, 2019. 106 p.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Metodologia de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 1999.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; GALVÃO JÚNIOR, Alceu de Castro. **Gestão do Saneamento Básico: Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário**. São Paulo: Editora Manole, 2012.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA). **Plano estadual de Saneamento**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/planesan#:~:text=O%20Plano%20Estadual%20de%20Saneamento,o%20objetivo%20%C3%BAltimo%20de%20promover>. Acesso em 24 de abril de 2022.

SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS (SMOSP). **Diagnóstico do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais**. Disponível em: <https://gcpstorage.caxias.rs.gov.br/documents/2018/01/9a97d3cd-b07d-49b2-a509-cf687253e736.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2022.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO (SEPLAN). **GeoCaxias**. Versão 5. Caxias do Sul, 2017. Disponível em: <https://geopublico.caxias.rs.gov.br/geocaxias/inicio>. Acesso em 16 de junho de 2022.

SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE (SEMMA). **Diagnóstico resíduos sólidos urbanos – Caxias do Sul**. Disponível em: <https://gcpstorage.caxias.rs.gov.br/documents/2018/01/154586c2-7195-49da-bcb9-fc8f899f682d.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2022.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). **Diagnóstico do sistema de abastecimento de água**. Disponível em: <https://gcpstorage.caxias.rs.gov.br/documents/2018/01/831ebea7-6b03-48d8-8e2c-8349ea497c4e.pdf>. Acesso em 24 de abril de 2022.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). **Orientação para instalação unidade de medição (U.M.A)**. Disponível em: <https://samaecaxias.com.br/Upload/Paginas/Pagina/ca7f0189-80ba-48ba-bc56-a305c78dae18.pdf>. Acesso em 01 de maio de 2022.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). **Normas para elaboração de projeto e execução de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário**. Caxias do Sul, 2018. Disponível em:

<https://samaecaxias.com.br/Upload/Paginas/Pagina/c5db9356-1eee-4070-a33c-976d3d436821.pdf>. Acesso em 19 de agosto de 2022.

SHAMMAS, Nazih K.; WANG, Lawrence K. **Abastecimento de Água e Remoção de Resíduos, 3ª edição**. Rio de Janeiro: LCT, Grupo GEN, 2013.

SILVA JÚNIOR, José C. da; FERREIRA, Ivete Vasconcelos Lopes; BARBOZA, Marcio Gomes. **Consumo per capita de água em instituição de ensino superior: estudo de caso**. CONTECC. Maceió, agosto, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Painel abastecimento de água**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>. Acesso em 20 de março de 2022.

TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2022**. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Ranking_do_Saneamento_2022/Tabela_das_100_Cidades.pdf. Acesso em 30 de abril de 2022.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2006. xiii, 643 p.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL (UCS). **Universidade de Caxias do Sul – Uma Instituição Comunitária de Educação Superior (ICES)**. Caxias do Sul, 2019. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/institucional/>. Acesso em 18 de agosto de 2022

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – RESULTADOS MODELAGEM PARA TRECHOS (EPANET)

APÊNDICE B – RESULTADOS MODELAGEM PARA NÓS (EPANET)

APÊNDICE C – PEÇAS GRÁFICAS

APÊNDICE A – RESULTADOS MODELAGEM PARA TRECHOS (EPANET)

Parâmetro	Comprimento	Diâmetro interno	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
Identificador do Trecho	m	mm	L/s	m/s	m/km
Tubulação p9	17,93	66,6	0,54	0,15	0,59
Tubulação p12	12,33	44	0,01	0,01	0
Tubulação p23	2,08	44	0,04	0,03	0,07
Tubulação p24	94,29	66,6	0,51	0,15	0,54
Tubulação p28	1.802	44	0,62	0,41	5,86
Tubulação p29	6.468	21,6	-0,1	0,27	6,21
Tubulação p30	8,16	21,6	-0,1	0,27	6,22
Tubulação p31	36,66	21,6	-0,1	0,27	6,22
Tubulação p32	7.646	35,2	0,26	0,27	3,51
Tubulação p33	0,9997	35,2	0,26	0,27	3,5
Tubulação p34	1.802	44	-0,7	0,46	7,27
Tubulação p37	76,8	35,2	0,01	0,01	0
Tubulação p38	13,86	35,2	0,01	0,01	0
Tubulação p39	7.407	35,2	0,03	0,03	0,06
Tubulação p41	4.375	21,6	0,01	0,03	0,1
Tubulação p45	21,48	44	-2,66	1,75	86,27
Tubulação p46	8.505	44	-2,66	1,75	145,28
Tubulação p48	45,31	21,6	0,01	0,01	0,03
Tubulação p49	14,38	44	0,7	0,46	7,34
Tubulação p50	10,35	44	0,7	0,46	7,34
Tubulação p51	26,19	44	0,7	0,46	7,34
Tubulação p54	10,54	66,6	0,22	0,06	0,11
Tubulação p56	3.393	44	0,16	0,1	0,44
Tubulação p57	5,19	44	0,16	0,1	0,46
Tubulação p58	20,83	21,6	0,16	0,43	14,51
Tubulação p59	20,79	21,6	0,16	0,43	14,51
Tubulação p60	45,73	21,6	0,16	0,43	14,51
Tubulação p61	2.883	21,6	0,16	0,43	24,44
Tubulação p62	39,38	53,4	0,01	0	0
Tubulação p64	29,88	53,6	0,03	0,01	0
Tubulação p65	52,73	53,6	0,03	0,01	0,01
Tubulação p66	6.389	53,6	0,03	0,01	0
Tubulação p77	59,45	53,6	1,24	0,55	7,75
Tubulação p78	31,74	53,6	1,24	0,55	7,76

Parâmetro	Comprimento	Diâmetro interno	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
Tubulação p84	128,3	35,2	0,39	0,4	7,35
Tubulação p85	7.793	35,2	-0,39	0,4	7,35
Tubulação p86	9,97	21,6	0,09	0,24	4,85
Tubulação p87	51,89	21,6	0,09	0,24	4,85
Tubulação p88	10,91	27,8	0,04	0,07	0,37
Tubulação p90	11,44	27,8	0,04	0,07	0,42
Tubulação p91	37,4	27,8	0,04	0,07	0,42
Tubulação p97	55,99	21,6	0	0,01	0,01
Tubulação p100	10,6	21,6	0	0,01	0
Tubulação p102	71,65	21,6	0	0,01	0,01
Tubulação p103	25,76	35,2	0,25	0,25	3,13
Tubulação p106	25,28	44	0,01	0	0
Tubulação p109	13,11	44	0,48	0,32	3,62
Tubulação p111	24,11	66,6	0,16	0,04	0,06
Tubulação p112	13,09	66,6	0,16	0,04	0,06
Tubulação p114	32,02	66,6	0,16	0,04	0,06
Tubulação p115	14,64	66,6	0,16	0,04	0,06
Tubulação p119	61,9	53,6	0,74	0,33	2,99
Tubulação p120	42,04	53,6	0,74	0,33	2,99
Tubulação p129	18,61	44	0,08	0,06	0,14
Tubulação p131	26,68	44	0,25	0,16	1,08
Tubulação p134	50,73	53,4	0,16	0,07	0,19
Tubulação p135	33,35	53,4	0,16	0,07	0,19
Tubulação p136	23,12	53,4	0,15	0,07	0,16
Tubulação p137	24,55	53,6	0,15	0,07	0,15
Tubulação p138	20,61	53,6	0,15	0,07	0,16
Tubulação p139	27,63	53,6	0,15	0,07	0,16
Tubulação p140	26,17	53,6	0,15	0,07	0,16
Tubulação p142	19,78	35,2	0,08	0,08	0,35
Tubulação p143	22,61	35,2	0,08	0,08	0,35
Tubulação p145	74,3	53,6	0,05	0,02	0,02
Tubulação p146	80,08	53,6	0,05	0,02	0,02
Tubulação p147	37,15	35,2	0,05	0,05	0,14
Tubulação p148	14,84	35,2	0,05	0,05	0,15
Tubulação p151	28,89	66,6	2,51	0,72	10,3
Tubulação p153	46,9	66,6	1,93	0,55	6,32
Tubulação p154	19,65	66,6	1,93	0,55	6,32
Tubulação p155	80,63	66,6	1,93	0,55	6,32
Tubulação p157	19,8	35,2	0,24	0,24	2,92
Tubulação p159	17,1	21,6	0,1	0,27	6,22
Tubulação p160	23,06	21,6	0,1	0,27	6,22

Parâmetro	Comprimento	Diâmetro interno	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
Tubulação p161	9.813	21,6	0,01	0,03	0,1
Tubulação p162	9.505	21,6	0,01	0,03	0,09
Tubulação p163	18,89	44	0,62	0,41	5,87
Tubulação p164	11,23	44	0,62	0,41	5,87
Tubulação p165	24,2	44	0,62	0,41	5,87
Tubulação p166	17,89	44	0,62	0,41	5,87
Tubulação p167	5.404	44	0,36	0,24	2,13
Tubulação p168	28,91	44	0,36	0,24	2,14
Tubulação p169	3.404	44	0,36	0,24	2,14
Tubulação p170	16,53	44	0,26	0,17	1,18
Tubulação p171	30,96	35,2	0,26	0,27	3,51
Tubulação p172	14,65	44	0,62	0,41	5,85
Tubulação p173	15,17	44	0,62	0,41	5,86
Tubulação p174	34,14	66,6	6,25	1,8	55,86
Tubulação p176	49,45	66,6	5,44	1,56	43,09
Tubulação p180	10,7	53,4	1,44	0,64	10,78
Tubulação p181	33,62	53,6	1,44	0,64	10,22
Tubulação p182	61,63	53,6	1,44	0,64	10,22
Tubulação p183	88,17	53,6	1,44	0,64	10,22
Tubulação p184	58,93	53,6	1,44	0,64	10,22
Tubulação p188	44,28	21,6	0,16	0,44	15,42
Tubulação p191	6.373	21,6	0,12	0,34	9,32
Tubulação p192	11,71	21,6	0,12	0,34	9,31
Tubulação p195	32,49	44	0	0	0
Tubulação p196	54,78	44	0	0	0
Tubulação p197	17,04	44	0	0	0
Tubulação p198	13,05	27,8	0,41	0,67	24,91
Tubulação p200	22,58	27,8	0,41	0,67	24,91
Tubulação p201	40,27	53,4	0,7	0,31	2,86
Tubulação p202	16,36	44	0,48	0,32	3,63
Tubulação p203	13,78	44	0,48	0,32	3,63
Tubulação p205	34,88	66,6	0,08	0,02	0,02
Tubulação p206	22,22	66,6	0,08	0,02	0,02
Tubulação p208	4,294	35,2	0,05	0,05	0,29
Tubulação p209	22,14	35,2	0,04	0,04	0,12
Tubulação p210	7.338	35,2	0,04	0,04	0,19
Tubulação p211	26,43	35,2	0,04	0,04	0,12
Tubulação p212	46,3	35,2	0,04	0,04	0,12
Tubulação p214	12,43	66,6	0,01	0	0
Tubulação p215	22,97	66,6	0,01	0	0
Tubulação p217	35,72	66,6	0,54	0,15	0,59

Parâmetro	Comprimento	Diâmetro interno	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
Tubulação p218	65,45	66,6	0,54	0,15	0,59
Tubulação p221	47,73	66,6	4,52	1,3	30,6
Tubulação p222	12,02	44	0,04	0,03	0,04
Tubulação p223	100,6	44	0,04	0,03	0,04
Tubulação p224	24,01	35,2	0,01	0,01	0,01
Tubulação p225	62,87	35,2	0,01	0,01	0
Tubulação p227	16,69	44	0,01	0,01	0
Tubulação p228	9,337	44	0,01	0,01	0
Tubulação p232	45,52	53,4	0,26	0,12	0,45
Tubulação p233	45,84	53,4	0,26	0,12	0,45
Tubulação p235	15,72	44	0,31	0,21	1,66
Tubulação p236	6.623	27,8	0,31	0,52	15,51
Tubulação p237	1,815	66,6	0,31	0,04	0,04
Tubulação p238	12,67	27,8	0,31	0,52	15,51
Tubulação p239	11,48	27,8	0,31	0,52	15,51
Tubulação p240	27,92	27,8	0,31	0,52	15,51
Tubulação p241	22,48	27,8	0,31	0,51	15,23
Tubulação p242	27,49	27,8	0,31	0,51	15,23
Tubulação 2	2	53,6	-0,48	0,21	1,32
Tubulação 4	39,4	53,6	1,44	0,64	10,22
Tubulação 5	45,56	53,6	1,37	0,61	9,28
Tubulação 6	45,22	53,6	1,29	0,57	8,38
Tubulação 17	1	44	-2,65	1,75	144,74
Tubulação 20	2	200	8,4	0,27	0,48
Tubulação 21	2	44	0,62	0,41	5,84
Tubulação 22	1	44	0,16	0,1	0,45
Tubulação 23	1	44	0,62	0,41	5,88
Tubulação 24	1	44	0,7	0,46	7,22
Tubulação 25	1	44	0,04	0,03	0
Tubulação 26	2	66,6	6,25	1,8	55,85
Tubulação 27	1.325	44	3,36	2,21	133,22
Tubulação 8	10,35	44	0,07	0,05	0,11
Tubulação 9	18,51	44	0,07	0,05	0,11
Tubulação 10	5,261	27,8	0,14	0,23	3,44
Tubulação 11	2,675	35,2	0,05	0,05	0,17
Tubulação 12	127,8	44	0	0	0
Tubulação 18	1,6	35,2	0,32	0,33	5,07
Tubulação 28	6,61	53,4	0,76	0,34	3,33
Tubulação 29	125,44	44	0,08	0,05	0,13
Tubulação 30	57,19	44	0,05	0,03	0,06
Tubulação 31	5,9	44	0,03	0,02	0,01

Parâmetro	Comprimento	Diâmetro interno	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
Tubulação 32	13,81	66,6	0,31	0,09	0,22
Tubulação 33	16,94	66,6	0,16	0,04	0,06
Tubulação 34	2,03	44	0,03	0,02	0,04
Tubulação 35	1,6	44	0,45	0,3	5,4
Tubulação 37	117,84	27,8	0	0	0
Tubulação 41	11,65	21,6	0	0,01	0,01
Tubulação 42	1,47	27,8	0,01	0,01	0
Tubulação 43	1,767	53,4	0,22	0,1	0,34
Tubulação 44	16,97	53,4	0,1	0,05	0,08
Tubulação 45	1,27	53,6	0,03	0,01	0
Tubulação 47	3,3	53,4	0,02	0,01	0
Tubulação 48	3,04	35,2	0,08	0,08	0,34
Tubulação 49	4,32	66,6	0,16	0,04	0,07
Tubulação 50	5,04	35,2	0,39	0,4	7,35
Tubulação 51	8,176	27,8	0,04	0,07	0,36
Tubulação 53	33,37	27,8	0	0,01	0
Tubulação 54	3,72	44	0,04	0,03	0,04
Tubulação 55	20	27,8	0	0,01	0
Tubulação 56	2,5	21,32	0,04	0,12	1,34
Tubulação 57	1,21	44	0,03	0,02	0,06
Tubulação 58	22,91	35,2	0,01	0,01	0,01
Tubulação 59	2	66,6	0,16	0,04	0,07
Tubulação 60	1,5	66,6	0,16	0,04	0,1
Tubulação 61	19,77	44	0,02	0,02	0,01
Tubulação 62	10,23	44	0,01	0	0
Tubulação 63	3,36	35,2	0,01	0,01	0
Tubulação 64	2,77	44	0,08	0,06	0,24
Tubulação 65	5,95	44	0,03	0,02	0,03
Tubulação 66	7,3	44	0,25	0,16	1,08
Tubulação 67	2,75	44	0,4	0,27	2,6
Tubulação 68	2,4	35,2	0,08	0,08	0,34
Tubulação 69	3,11	35,2	0,05	0,05	0,14
Tubulação 70	20,68	21,6	0,16	0,43	14,51
Tubulação 71	20,23	21,6	0,12	0,34	9,31
Tubulação 72	26,96	21,6	0,01	0,01	0,03
Tubulação 73	7,2	27,8	0,01	0,01	0,01
Tubulação 74	65,45	35,2	0,04	0,04	0,12
Tubulação 75	12,1	44	0,01	0	0,01
Tubulação 76	1,61	27,8	0,31	0,51	25,65
Tubulação 77	15,24	53,6	0,48	0,21	1,32
Tubulação 78	47,94	21,6	0,12	0,34	9,31

Parâmetro	Comprimento	Diâmetro interno	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
Tubulação 79	2	21,6	0,04	0,1	0,97
Tubulação 80	3,68	53,4	0,21	0,09	0,3
Tubulação 81	22,95	53,4	0,05	0,02	0,02
Tubulação 82	12,43	44	0,43	0,28	2,93
Tubulação 83	25,95	44	0,41	0,27	2,67
Tubulação 84	15,38	44	0,39	0,25	2,42
Tubulação 85	24,34	44	0,37	0,24	2,19
Tubulação 86	24,34	44	0,34	0,23	1,96
Tubulação 1	11,02	35,2	0,56	0,57	14,27
Tubulação 3	4,85	35,2	0,24	0,25	2,95
Tubulação 7	39,5	27,8	0,19	0,31	5,89
Tubulação 14	27,3	27,8	0,05	0,08	0,46
Tubulação 36	42,67	53,6	0,74	0,33	2,99
Tubulação 87	50,07	21,6	0,03	0,09	0,74
Tubulação 88	42,23	66,6	3,28	0,94	16,9
Tubulação 90	35,5	66,6	2,88	0,83	13,25
Tubulação 91	18,7	66,6	2,79	0,8	12,54
Tubulação 92	12,6	66,6	2,76	0,79	12,28
Tubulação 93	26,26	44	0,7	0,46	7,27
Tubulação 94	17,59	44	0,7	0,46	7,27
Tubulação 95	16,38	21,6	0,09	0,24	5,06
Tubulação 96	25,04	21,6	0,08	0,22	4,54
Tubulação 98	9,293	53,4	0,22	0,1	0,34
Tubulação 100	3,3	53,4	0,02	0,01	0
Tubulação 102	30,84	66,6	4,52	1,3	29,47
Tubulação 103	10,8	44	0,36	0,24	2,14
Tubulação 104	25,42	44	0,32	0,21	1,71
Tubulação 105	15,45	44	0,32	0,21	1,69
Tubulação 13	29,88	53,6	1,29	0,57	8,39
Tubulação 15	18,15	53,6	0,9	0,4	4,3
Tubulação 19	14,84	35,2	0,24	0,24	2,92
Tubulação 38	1	35,2	0,24	0,24	2,83
Tubulação 39	10,25	44	0,01	0,01	0,01
Tubulação 40	10,25	44	0,01	0	0
Tubulação 106	14,5	44	0,45	0,3	3,2
Tubulação 108	22,38	66,6	4,54	1,3	30,86
Tubulação 110	31,23	66,6	5,41	1,55	42,63
Tubulação 111	3,78	21,6	0,01	0,01	0,04
Tubulação 113	18,45	66,6	6,25	1,8	55,86
Tubulação 114	6,3	66,6	5,74	1,65	47,71
Tubulação 116	24,29	53,4	0,1	0,05	0,08

Parâmetro	Comprimento	Diâmetro interno	Vazão	Velocidade	Perda de Carga
Tubulação 117	22,38	66,6	4,56	1,31	29,98
Tubulação 97	18,46	66,6	2,51	0,72	10,3
Tubulação 99	60,2	66,6	1,95	0,56	6,46
Tubulação 101	6,53	44	0,48	0,32	3,64
Tubulação 107	7,8	44	0,12	0,08	0,28
Tubulação 109	48,74	53,4	1,24	0,55	8,18
Tubulação 118	50,39	53,4	0,76	0,34	3,33
Tubulação 119	42,17	35,2	0,15	0,16	1,26
Tubulação 120	47,82	35,2	0,08	0,08	0,35
Tubulação 121	57,18	66,6	5,4	1,55	42,55
Tubulação 122	32,42	66,6	0,2	0,06	0,09
Tubulação 123	85,54	66,6	4,66	1,34	32,45
Tubulação 124	38,66	44	0,48	0,32	3,69
Tubulação 125	37,03	44	0,24	0,16	0,98
Tubulação 126	55,5	44	0,74	0,49	8,08
Tubulação 127	2,33	44	0,48	0,32	3,64
Tubulação 128	46,51	53,4	1,44	0,64	10,85
Tubulação 129	29,48	27,8	0,01	0,01	0,01
Tubulação 130	4,56	44	0,01	0,01	0,02
Tubulação 131	33,03	44	0,01	0,01	0
Tubulação 132	6,3	44	0,01	0	0
Tubulação 133	96,3	44	0	0	0
Tubulação 134	92,1	66,6	0,08	0,02	0,02
Tubulação 135	10,5	44	0	0	0
Tubulação 136	73,09	66,6	0,22	0,06	0,12
Tubulação 137	19,03	44	0,01	0,01	0
Tubulação 138	1,72	44	0,05	0,03	0,04
Tubulação 46	40,08	44	0,4	0,27	2,62
TOTAL (m)	49.794,87				

Fonte: Epanet 2.0 (2022).

APÊNDICE B – RESULTADOS MODELAGEM PARA NÓS (EPANET)

Parâmetro	Consumo-Base	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
Identificador do Nó	LPS	LPS	m	m
Nó n1	0	0	861,76	23,98
Nó n3	0	0	842,65	25,18
Nó n4	0	0	842,14	31,32
Nó n5	0	0	838,73	42,83
Nó n7	0	0	839,15	39,33
Nó n9	0	0	843,97	29,44
Nó n10	0	0	843,55	20,5
Nó n11	0	0	843,56	23,82
Nó n13	0	0	843,79	25,66
Nó n15	0	0	843,81	26,82
Nó n17	0	0	852,47	23,7
Nó n18	0	0	852,46	23,3
Nó n21	0	0	852,45	20,83
Nó n23	0	0	852,44	21,42
Nó n24	0,0104	0,01	852,44	21,88
Nó n27	0	0	844,75	30,5
Nó n29	0	0	826,85	32,05
Nó n31	0	0	826,76	31,16
Nó n40	0	0	844,19	33,74
Nó n41	0	0	844,61	24,56
Nó n43	0	0	763,95	25,25
Nó n45	0	0	826,85	27,25
Nó n46	0,0416	0,04	826,85	27,05
Nó n47	0	0	858,73	26,73
Nó n48	0,1042	0,1	858,68	27,25
Nó n49	0	0	826,78	29,43
Nó n55	0	0	861,77	23,99
Nó n56	0	0	861,76	23,98
Nó n57	0	0	860,94	26,53
Nó n58	0	0	860,98	26,81
Nó n59	0	0	861,03	26,89
Nó n60	0	0	861,26	27,26
Nó n61	0	0	861,13	27,13
Nó n62	0	0	861,1	28,72
Nó n63	0,2625	0,26	861,1	28,51
Nó n64	0	0	861,77	23,99
Nó n65	0	0	861,57	25,37
Nó n69	0	0	861,77	27,03

Parâmetro	Consumo-Base	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
Nó n70	0	0	861,77	32,83
Nó n71	0,0052	0,01	861,77	33,08
Nó n72	0	0	861,77	29,62
Nó n73	0,0313	0,03	861,77	29,78
Nó n75	0	0	860,61	26,16
Nó n76	0,0104	0,01	860,61	26,04
Nó n80	0	0	824,38	0,23
Nó n81	0	0	826,24	5,28
Nó n82	0	0	827,47	7,44
Nó n84	0,0052	0,01	824,38	6,93
Nó n85	0	0	827,37	10,15
Nó n86	0	0	827,29	12,5
Nó n87	0	0	827,1	14,46
Nó n90	0	0	851,53	19,54
Nó n92	0	0	852,46	22,7
Nó n94	0	0	861,78	24
Nó n95	0	0	861,78	24,78
Nó n96	0	0	861,77	24,77
Nó n97	0	0	861,47	24,57
Nó n98	0	0	861,17	27,71
Nó n99	0	0	860,51	28,1
Nó n100	0,1563	0,16	860,44	28,12
Nó n101	0	0	826,76	30,78
Nó n102	0	0	826,76	30,93
Nó n104	0	0	826,83	34,19
Nó n105	0	0	826,83	34,55
Nó n106	0	0	826,83	37,2
Nó n107	0	0	826,83	35,98
Nó n110	0	0	826,98	19,98
Nó n113	0	0	849,76	22,3
Nó n120	0	0	848,4	27,02
Nó n121	0	0	852,37	31,38
Nó n123	0	0	846,03	25,81
Nó n124	0	0	845,57	23,19
Nó n125	0	0	845,32	22,83
Nó n128	0	0	826,83	27,36
Nó n131	0	0	837,1	41,1
Nó n132	0	0	838,04	43,42
Nó n133	0	0	838,1	43,95
Nó n134	0	0	836,23	41,26
Nó n135	0	0	836,18	40,96

Parâmetro	Consumo-Base	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
Nó n136	0	0	835,93	40,62
Nó n137	0	0	835,93	41,16
Nó n139	0	0	835,93	39,99
Nó n140	0	0	835,91	41,91
Nó n141	0	0	852,45	18,36
Nó n148	0	0	826,78	30,8
Nó n149	0	0	826,78	30,79
Nó n151	0	0	835,91	41,9
Nó n153	0	0	837,33	39,74
Nó n155	0	0	837,28	25,19
Nó n156	0,0021	0	837,28	32,62
Nó n157	0	0	842,5	27,33
Nó n158	0,2365	0,24	842,42	35,15
Nó n159	0	0	842,42	35,36
Nó n161	0	0	842,42	34,96
Nó n162	0	0	842,42	36,41
Nó n164	0	0	791,56	50,25
Nó n165	0	0	792,02	43,61
Nó n166	0	0	791,51	51,13
Nó n167	0	0	758,99	30
Nó n168	0	0	758,99	31,89
Nó n169	0	0	758,99	31,96
Nó n171	0	0	758,99	31,98
Nó n172	0	0	758,99	32,89
Nó n175	0	0	843,58	28,87
Nó n177	0	0	792,33	10
Nó n178	0	0	792,15	36,37
Nó n179	0	0	766,99	29,27
Nó n181	0	0	764	25
Nó n186	0,0313	0,03	763,7	31,93
Nó n187	0	0	826,83	33,44
Nó n189	0	0	844,84	24,73
Nó n190	0	0	844,84	23,83
Nó n192	0	0	844,45	25,03
Nó n193	0	0	844,43	30,62
Nó n196	0	0	852,44	20,47
Nó n197	0	0	852,43	21,43
Nó n198	0	0	852,43	22,15
Nó n199	0	0	852,43	24,27
Nó n200	0	0	852,42	26,67
Nó n201	0	0	852,42	29,39

Parâmetro	Consumo-Base	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
Nó n202	0	0	852,35	31,35
Nó n203	0	0	852,34	32,2
Nó n204	0	0	852,33	32,33
Nó n206	0	0	843,55	23,08
Nó n207	0	0	843,55	23,01
Nó n208	0	0	843,54	24,31
Nó n209	0	0	843,54	22,5
Nó n211	0	0	844,16	29,18
Nó n212	0	0	843,28	29,3
Nó n213	0	0	843,16	29,33
Nó n214	0	0	842,47	29,34
Nó n215	0	0	837,32	25
Nó n216	0,2354	0,24	837,27	25,17
Nó n217	0	0	860,83	26,7
Nó n218	0	0	860,69	25,95
Nó n219	0	0	860,69	25,69
Nó n220	0,0104	0,01	860,69	26,28
Nó n221	0	0	861,65	25,06
Nó n222	0	0	861,59	26,19
Nó n223	0	0	861,44	27,38
Nó n224	0,2615	0,26	861,34	27,46
Nó n225	0	0	861,33	27,52
Nó n226	0	0	861,27	27,28
Nó n227	0	0	861,24	28,21
Nó n228	0	0	861,77	23,99
Nó n229	0	0	861,68	25,25
Nó n230	0,6219	0,62	861,59	28,61
Nó n231	0	0	861,67	23,89
Nó n232	0	0	859,76	27,36
Nó n233	0,3073	0,31	858,43	26,43
Nó n234	0	0	856,3	23,91
Nó n237	0,1979	0,2	852,53	24,27
Nó n238	0	0	842,14	32,14
Nó n239	0	0	842,03	34,19
Nó n240	0	0	841,68	37,87
Nó n241	0	0	841,05	36,78
Nó n242	0	0	840,15	36,37
Nó n243	0	0	839,55	38,4
Nó n245	0	0	838,35	43,47
Nó n246	0	0	838,02	43,33
Nó n248	0	0	836,85	38,85

Parâmetro	Consumo-Base	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
Nó n249	0	0	836,79	38,79
Nó n250	0	0	836,68	38,68
Nó n253	0	0	858,68	33,45
Nó n254	0	0	858,68	32,3
Nó n255	0	0	858,68	25,68
Nó n256	0	0	858,35	24,95
Nó n257	0,4063	0,41	857,79	24,41
Nó n258	0	0	826,98	21,38
Nó n259	0	0	826,93	27
Nó n260	0	0	826,88	27,05
Nó n261	0	0	826,85	27,09
Nó n262	0	0	826,85	27,85
Nó n263	0	0	826,85	32,32
Nó n264	0	0	766,99	25,99
Nó n265	0	0	766,99	28,26
Nó n266	0	0	766,98	30,34
Nó n267	0	0	766,98	37,26
Nó n268	0	0	766,98	38,84
Nó n270	0	0	842,14	28,93
Nó n271	0	0	842,14	29,01
Nó n273	0	0	852,53	24,86
Nó n274	0	0	852,51	28,73
Nó n276	0	0	849,76	27,38
Nó n277	0	0	847,49	26,33
Nó n278	0	0	861,78	24
Nó n279	0	0	861,78	24,82
Nó n280	0,0052	0,01	861,77	24,77
Nó n281	0	0	852,45	18,42
Nó n282	0	0	852,45	19,53
Nó n283	0	0	852,45	20,4
Nó n284	0	0	852,45	23,37
Nó n285	0	0	852,45	24,45
Nó n287	0	0	791,57	48,71
Nó n288	0	0	791,55	53,04
Nó n289	0	0	766,99	25
Nó n291	0	0	852,44	22,39
Nó n292	0	0	852,33	21,6
Nó n293	0	0	852,33	21,32
Nó n294	0	0	852,14	20,27
Nó n295	0	0	851,96	20,02
Nó n296	0	0	851,18	19,88

Parâmetro	Consumo-Base	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
Nó n297	0	0	850,77	18,79
Nó n299	0	0	826,85	27,09
Nó 2	0	0	844,92	30,67
Nó 3	0	0	843,6	36,48
Nó 1	0	0	861,78	24
Nó 6	0,0729	0,07	838,72	42,82
Nó 7	0,0729	0,07	839,15	40,09
Nó 8	0,1396	0,14	843,54	22,08
Nó 9	0,0521	0,05	843,79	14,85
Nó 10	0,0031	0	852,45	24,51
Nó 12	0,3208	0,32	843,8	26,48
Nó 14	0,7635	0,76	844,73	30,3
Nó 15	0,026	0,03	826,83	33,92
Nó 16	0,1562	0,16	826,75	31,48
Nó 17	0,0313	0,03	844,61	25,41
Nó 18	0,0208	0,02	763,95	25,02
Nó 19	0,0021	0	826,78	30,04
Nó 21	0,0781	0,08	860,49	26,49
Nó 22	0,0052	0,01	854,97	24,47
Nó 23	0,0031	0	851,53	18,53
Nó 24	0,0052	0,01	826,76	30,87
Nó 25	0,2219	0,22	826,98	20,01
Nó 26	0,1042	0,1	849,75	22,75
Nó 27	0,026	0,03	826,83	35,34
Nó 28	0,0208	0,02	849,09	27,12
Nó 29	0,0208	0,02	848,4	26,64
Nó 30	0,0755	0,08	852,36	31,54
Nó 31	0,1562	0,16	826,76	31,16
Nó 32	0,391	0,39	837,06	40,91
Nó 33	0,0417	0,04	835,92	41,22
Nó 34	0,05	0,05	852,45	17,84
Nó 35	0,0031	0	835,91	39,99
Nó 36	0,0416	0,04	826,83	27,31
Nó 37	0,0417	0,04	835,91	42,14
Nó 38	0,0313	0,03	764	25
Nó 39	0,0104	0,01	766,99	37,32
Nó 40	0,1567	0,16	758,99	32,99
Nó 41	0,1567	0,16	758,99	32,73
Nó 42	0,0229	0,02	843,58	31,78
Nó 43	0,0052	0,01	842,42	36,79
Nó 44	0,0052	0,01	842,42	35,42

Parâmetro	Consumo-Base	Consumo	Carga Hidráulica	Pressão
Nó 45	0,0844	0,08	844,84	23,82
Nó 46	0,026	0,03	826,83	33,24
Nó 47	0,25	0,25	844,42	30,18
Nó 48	0,4031	0,4	844,19	33,72
Nó 49	0,0755	0,08	852,33	32,17
Nó 50	0,0469	0,05	843,54	22,27
Nó 51	0,0333	0,03	837,03	39,34
Nó 52	0,0052	0,01	837,33	41,35
Nó 53	0,0052	0,01	842,14	31,09
Nó 54	0,0417	0,04	766,97	38,97
Nó 55	0,0052	0,01	852,45	24,45
Nó 56	0,3115	0,31	850,72	18,76
Nó 57	0,476	0,48	843,58	36,08
Nó 58	0,0365	0,04	836,23	41,28
Nó 60	0,2083	0,21	766,99	25,04
Nó 61	0,0208	0,02	763,91	26,3
Nó 62	0,0208	0,02	763,84	27,87
Nó 63	0,0208	0,02	763,8	29,19
Nó 64	0,0208	0,02	763,75	29,88
Nó 5	0,0313	0,03	856,26	21,3
Nó 11	0	0	845,31	24,69
Nó 13	0,699	0,7	861,44	26,44
Nó 20	0	0	849,09	27,42
Nó 4	0	0	854,97	24,08
Nó 59	0,0031	0	852,45	27,12
Nó 65	0	0	837,89	52,29
Nó 66	0	0	842,41	29,76
Nó 67	0	0	844,3	25

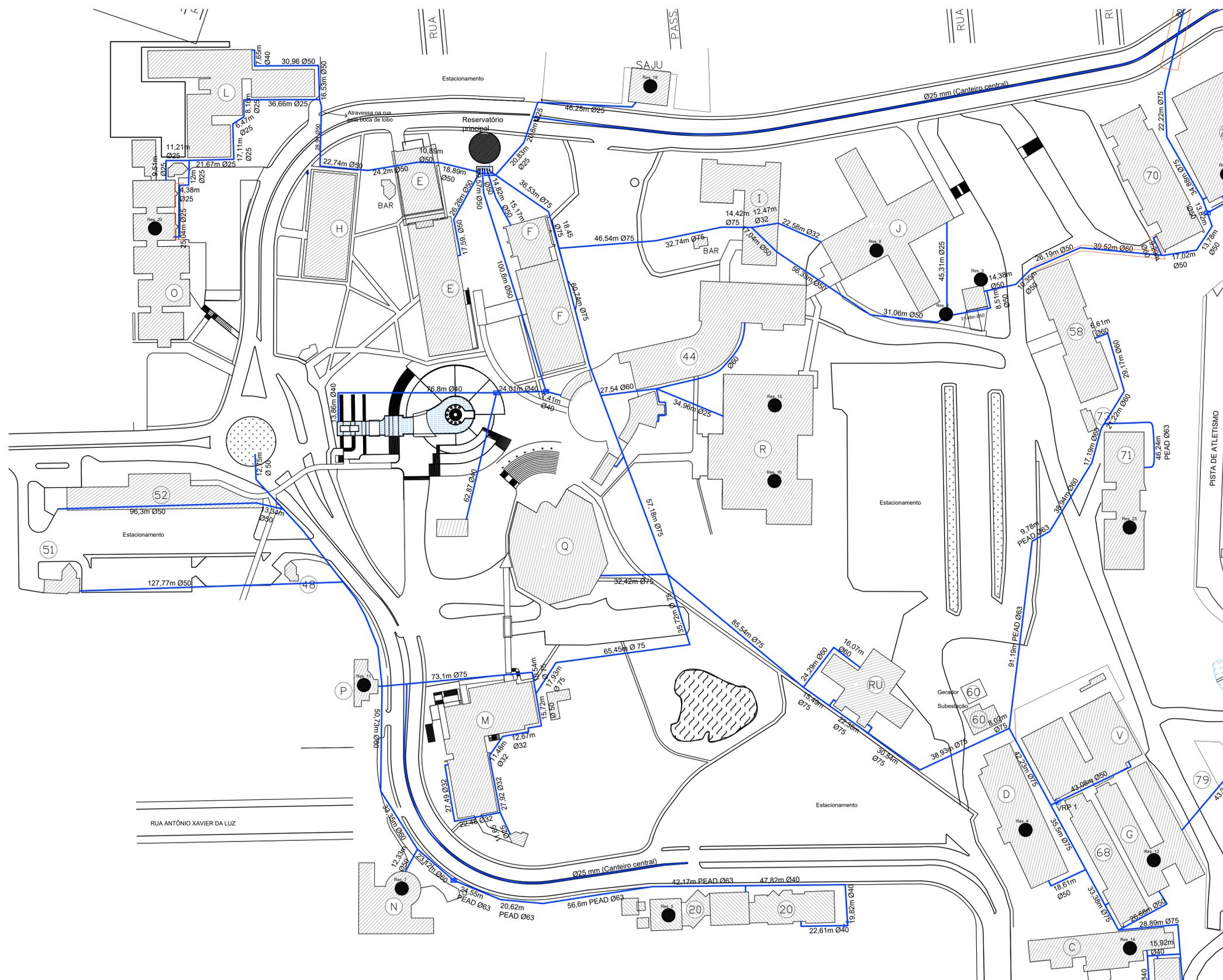
Fonte: Epanet 2.0 (2022).

APÊNDICE C – PEÇAS GRÁFICAS



NOTA: Onde não indicado na planta, o material da rede é PVC-U com junta soldável. Quando a tubulação possuir material diferente, estará identificado.

 UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL	
UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL ÁREA DO CONHECIMENTO DAS CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS	
CURSO	GRA000157G - Engenharia Civil
DISCIPLINA	Trabalho de Conclusão de Curso II
PROFESSOR	Tiago Panizzon
ACADÊMICA	Giulia Zanol Carvalho
TÍTULO	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
DATA	05/10/2022
REVISÃO	RV01
ESCALA	1:2000
PRANCHA	01/04

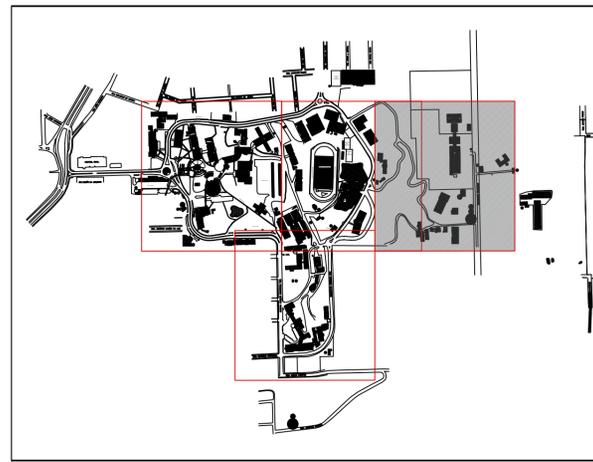
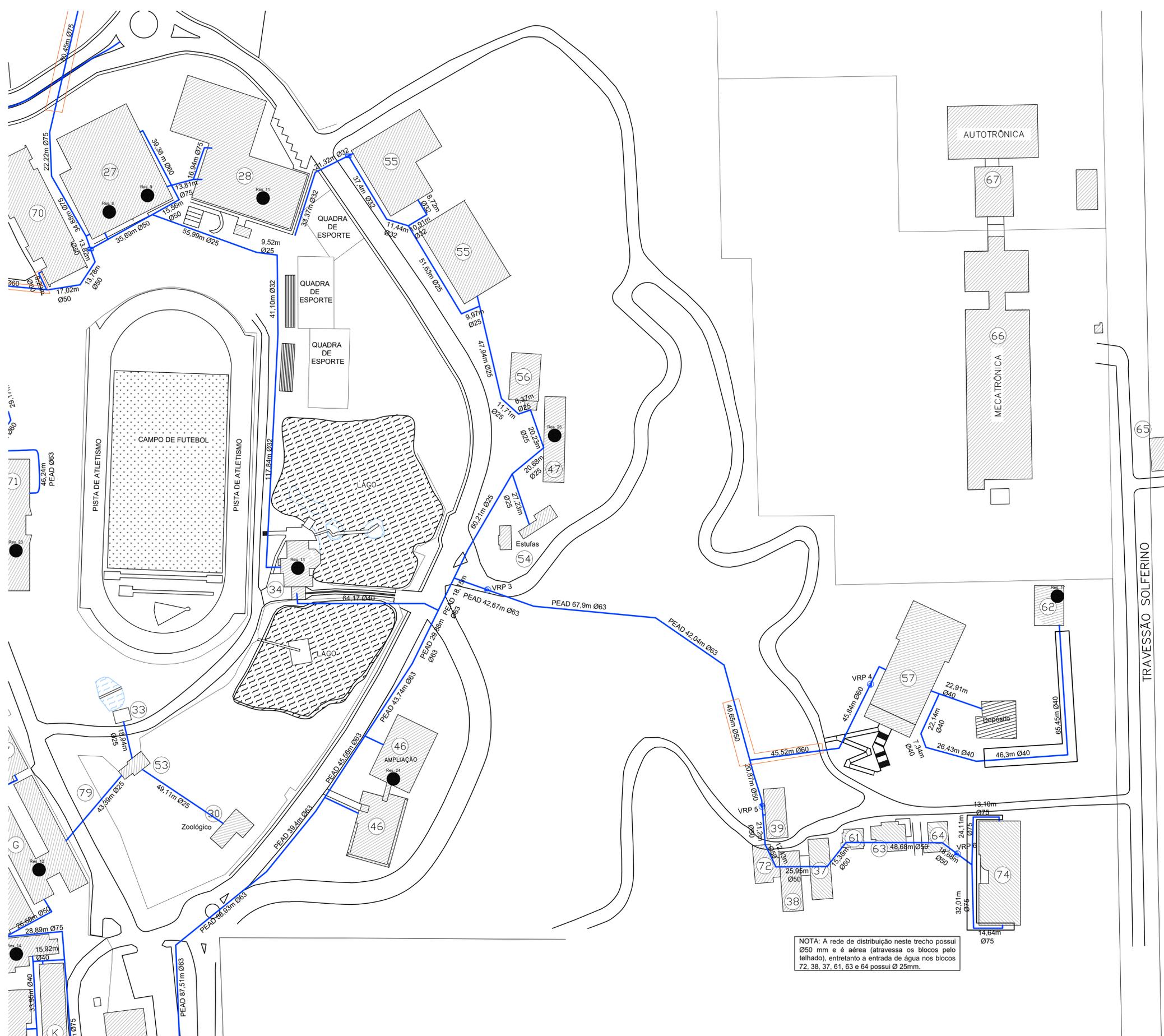


LEGENDA

- Redução
- Registro aberto
- Curva 22°
- Curva 45°
- Curva 90°
- Reservatório principal
- Reservatório
- Cruzeta
- Válvula controle de pressão
- Válvula redutora de pressão
- Seccionamento da rede
- Rede de água
- Caixa inspeção hidráulica
- Região com incertezas referente ao traçado da rede
- Região com inconsistências na rede

NOTA: Onde não indicado na planta, o material da rede é PVC-U com junta soldável. Quando a tubulação possuir material diferente, estará identificado.

 UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL <small>ÁREA DO CONHECIMENTO DAS CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS</small>	
CURSO	GRA000157G - Engenharia Civil
DISCIPLINA	Trabalho de Conclusão de Curso II
PROFESSOR	Tiago Panizzon
ACADÊMICA	Giulia Zanol Carvalho
TÍTULO	Planta Baixa Redes de Água - Ieste
DATA	05/10/2022
REVISÃO	RV01
ESCALA	1:1000
PRANCHA	02/04



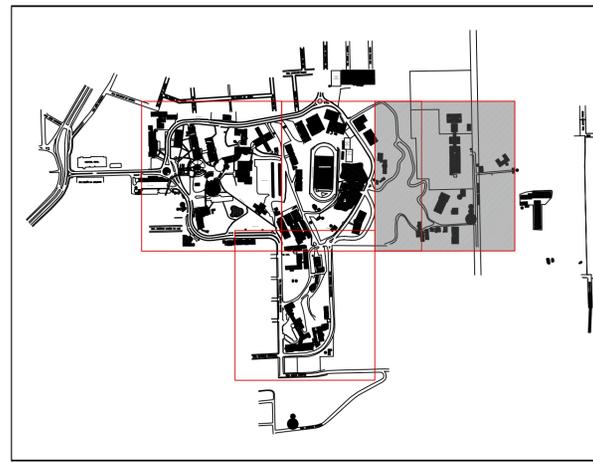
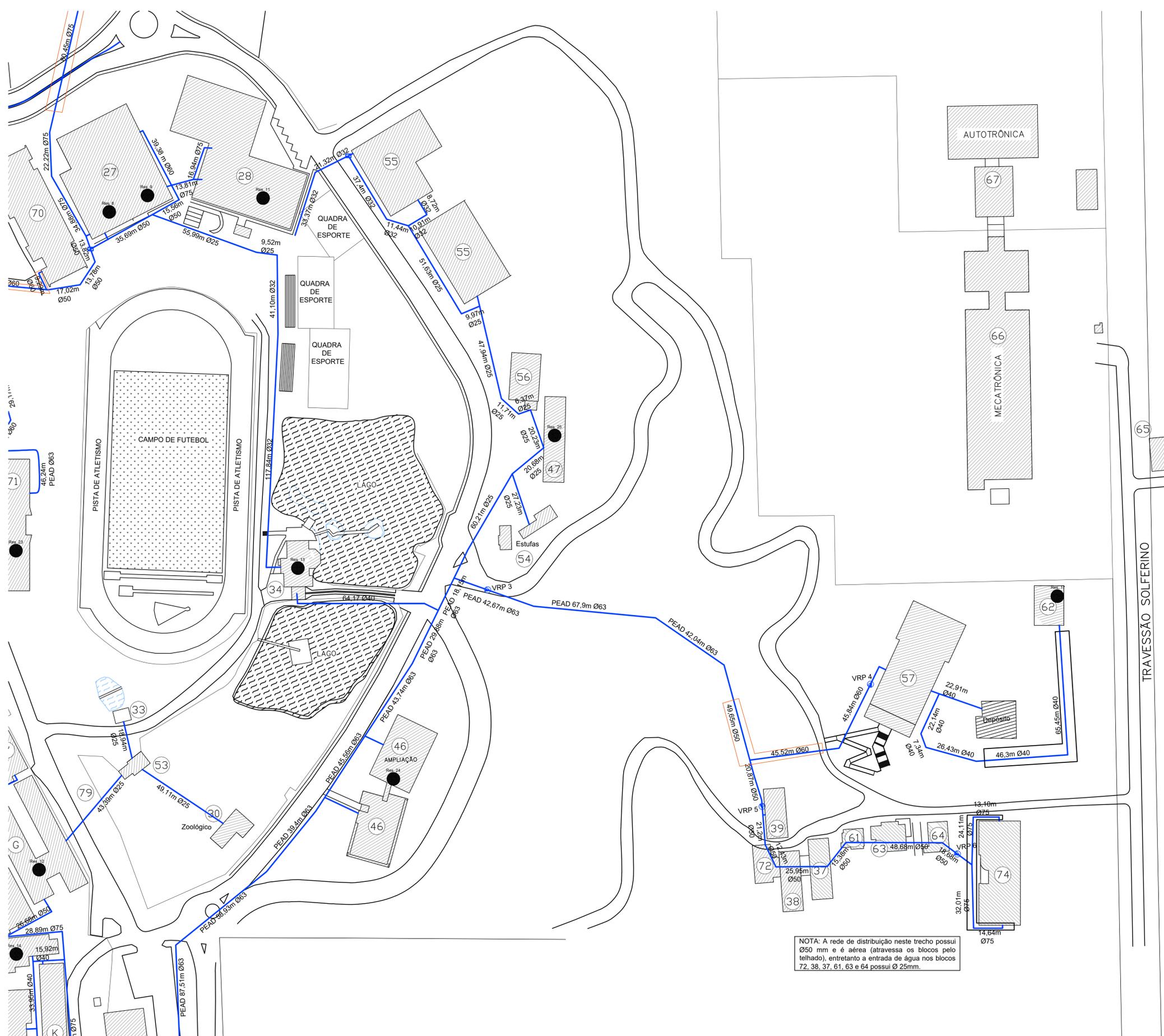
LEGENDA

- Redução
- Registro aberto
- Curva 22°
- Curva 45°
- Curva 90°
- Reservatório principal
- Reservatório
- Cruzeta
- Valvula controle de pressão
- Valvula redutora de pressão
- Seccionamento da rede
- Rede de água
- Caixa inspeção hidráulica
- Região com incertezas referente ao traçado da rede
- Região com inconsistências na rede

NOTA: Onde não indicado na planta, o material da rede é PVC-U com junta soldável. Quando a tubulação possuir material diferente, estará identificado.

NOTA: A rede de distribuição neste trecho possui Ø50 mm e é aérea (atravessa os blocos pelo telhado), entretanto a entrada de água nos blocos 72, 38, 37, 61, 63 e 64 possui Ø 25mm.

<p>UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL ÁREA DO CONHECIMENTO DAS CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS</p>	
CURSO	GRA000157G - Engenharia Civil
DISCIPLINA	Trabalho de Conclusão de Curso II
PROFESSOR	Tiago Panizzon
ACADÊMICA	Giulia Zanol Carvalho
TÍTULO	Planta Baixa Redes de Água - oeste
DATA	05/10/2022
REVISÃO	RV01
ESCALA	1:1000
PRANCHA	03/04



LEGENDA

	Redução		Cruzeta
	Registro aberto		Válvula controle de pressão
	Curva 22°		Válvula redutora de pressão
	Curva 45°		Secionamento da rede
	Curva 90°		Rede de água
	Reservatório principal		Caixa inspeção hidráulica
	Reservatório		

Região com incertezas referente ao traçado da rede

Região com inconsistências na rede

NOTA: Onde não indicado na planta, o material da rede é PVC-U com junta soldável. Quando a tubulação possuir material diferente, estará identificado.

NOTA: A rede de distribuição neste trecho possui Ø50 mm e é aérea (atravessa os blocos pelo telhado), entretanto a entrada de água nos blocos 72, 38, 37, 61, 63 e 64 possui Ø 25mm.

 UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL <small>ÁREA DO CONHECIMENTO DAS CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS</small>	
CURSO	GRA000157G - Engenharia Civil
DISCIPLINA	Trabalho de Conclusão de Curso II
PROFESSOR	Tiago Panizzon
ACADÊMICA	Giulia Zanol Carvalho
TÍTULO	Planta Baixa Redes de Água - oeste
DATA	05/10/2022
REVISÃO	RV01
ESCALA	1:1000
PRANCHA	03/04