

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Curso de Engenharia Civil

GUSTAVO EDUARDO RHEINHEIMER

**DIMENSIONAMENTO DA REDE PREDIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA
CONSIDERANDO A CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO DE APARELHOS
SANITÁRIOS**

Porto Alegre

2022

GUSTAVO EDUARDO RHEINHEIMER

**DIMENSIONAMENTO DE REDE PREDIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA
CONSIDERANDO A CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO DE APARELHOS
SANITÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil do Escola de Engenharia da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Orientador: Juan Martín Bravo.

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

Rheinheimer, Gustavo Eduardo

DIMENSIONAMENTO DE REDE PREDIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA CONSIDERANDO A CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO DE
APARELHOS SANITÁRIOS / Gustavo Eduardo Rheinheimer. --
2022.

94 f.

Orientador: Juan Martín Bravo.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre,
BR-RS, 2022.

1. Instalação hidráulica predial. 2. Método de
dimensionamento. 3. Hidrômetros. 4. Curva
característica. 5. NBR 5626. I. Bravo, Juan Martín,
orient. II. Título.

GUSTAVO EDUARDO RHEINHEIMER

**DIMENSIONAMENTO DE REDE PREDIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA
CONSIDERANDO A CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO DE APARELHOS
SANITÁRIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Orientador: Juan Martín Bravo

Aprovado em: Porto Alegre, 02 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Regina Wainberg Bohrer
Engenheira Civil pela PUCRS

Prof. Gino Roberto Gehling
Dr. em Ingeniaría Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya

Prof. Juan Martín Bravo
Engenheiro Civil, Dr. Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Dedico este trabalho a Deus, primeiramente, e também a meus familiares, amigos e à querida Quézia, que sempre foram compreensivos e me deram suporte e apoio necessários durante o período dedicado à minha graduação.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, saúde, força e sabedoria para chegar até aqui.

Aos meus familiares, meu pai Danilo, minha mãe Dolores, e a meus irmãos Marla, Ivan e Maico, pelo exemplo e apoio incondicional que me deram em todos os momentos da vida, e especialmente durante a formação acadêmica.

Ao Andrey Bonatto, irmão em Cristo e verdadeiro amigo, colega de curso, que sempre esteve por perto, estendeu a mão e ajudou-me em muitos momentos.

À Quézia, minha amada, motivo de grande alegria do meu dia, que sempre se fez presente apesar da distância física e acompanhou de perto todas as situações desafiadoras que enfrentamos juntos como um casal. Sou muito feliz em tê-la ao meu lado.

Ao prof. Juan, por ter aceitado o desafio de ser meu orientador, por sua disposição, instrução durante o desenvolvimento deste trabalho, pelos bons momentos de conversa e de troca de conhecimento e pela paciência até a finalização deste trabalho.

Ao prof. Gino, pelo conhecimento transmitido na disciplina de Sistemas de Água e Esgotos e pelas contribuições de grande relevância para lapidar este trabalho.

À Regina, por ter me transmitido muito conhecimento e experiência profissional ao longo de anos de convivência e pela parceria e amizade.

À ITEC Engenharia, por ter investido no meu potencial, pelo imenso apoio ao longo de muitos anos da graduação, por meio de horários flexíveis e também pela disponibilização de recursos computacionais de engenharia importantes para colocar em prática o conhecimento obtido na graduação.

Aos servidores da BIBENG, em especial ao Roberto e a Vera, por toda a ajuda que me prestaram durante o período da graduação. Carrego-os com carinho em meu coração.

Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda!

Mário Sergio Cortella

RESUMO

As instalações hidráulicas prediais são sistemas funcionais que compõem uma edificação, e é responsável por disponibilizar água aos seus usuários e/ou moradores, em condições adequadas para o consumo e desenvolvimento das atividades humanas. A maior conscientização quanto ao consumo de água potável fez, recentemente, com que os fabricantes de louças e metais sanitários desenvolvessem tecnologias mais eficientes para o uso racional de água. Por meio de ensaios laboratoriais, muitos fabricantes passaram a disponibilizar informações técnicas imprescindíveis para o desenvolvimento de projetos mais assertivos, como o consumo real de água dos aparelhos, sobretudo as curvas características de vazão em função da pressão, fundamentais para uso no dimensionamento de sistemas prediais de água e para o desenvolvimento de novos métodos a fim de considerar a vazão variável nos pontos de consumo. A NBR 5626 (1998) apresenta uma rotina de cálculo para verificação da pressão nos pontos de utilização amplamente utilizada pelos projetistas brasileiros, sendo esse processo realizado em apenas uma única etapa de verificação, adotando-se valores constantes de vazão nos aparelhos, recomendados pela referida norma. A NBR 5626 (2020), por outro lado, traz a novidade que a vazão de projeto da peça de utilização ou aparelho sanitário pode ser estimada ou obtida com o respectivo fabricante, devendo-se considerar, portanto, a vazão variável nos pontos de consumo. Tendo em vista atender a essa nova exigência da nova normativa brasileira e atualmente em vigor, este trabalho propôs uma nova rotina de cálculo, aos moldes da apresentada na norma anterior, contemplando a vazão variável nos pontos de consumo. Foi realizada uma pesquisa não-exaustiva junto a alguns fabricantes nacionais da curva característica de vários modelos de aparelhos, e selecionou-se uma curva de chuveiro para uso nas simulações do estudo de caso. Foi realizado o dimensionamento hidráulico da rede de distribuição de água potável de um edifício residencial multipavimentos para dois cenários possíveis, sendo um hipotético e outro realístico. O primeiro cenário, hipotético, considerou apenas a existência de pontos de chuveiro na edificação, todo com vazão variável. Foi escolhido esse aparelho por apresentar maior variação dos valores de vazão. O segundo cenário, realístico, considerou a existência de todos os aparelhos de um apartamento residencial, todos com vazão constante, exceto o chuveiro. Os resultados obtidos para os parâmetros de vazão, perda de carga e pressão disponível nos pontos foram, de um modo geral,

maiores para o primeiro cenário quando comparado com segundo cenário. Para o primeiro caso, observou-se ainda a necessidade do uso de hidrômetros de maior VN devido ao elevado aumento da vazão circulante nos ramais dos apartamentos. O diâmetro das tubulações obtido no cálculo pela nova rotina praticamente se manteve o mesmo quando comparado com os diâmetros obtidos usando a rotina da NBR 5626 (1998) para ambos os cenários.

Palavras-chave: Instalação hidráulica predial. Água fria. Método de dimensionamento. Rede de distribuição. Hidrômetros. Pontos de utilização. Chuveiro. Curva característica. Pressão. Vazão. Perda de carga. NBR 5626.

ABSTRACT

The building hydraulic installation is one of the several functional systems that make up a building, and is responsible for making water available to its users and/or residents, in adequate conditions for the consumption and development of human activities. The greater awareness of the consumption of potable water has recently led manufacturers of bathroom fixtures and fittings to develop more efficient technologies for the rational use of water. Through laboratory tests, many manufacturers started to provide essential technical information for the development of more assertive projects, such as the actual water consumption of the appliances, especially the flow characteristic curves as a function of pressure, fundamental for use in the dimensioning of building systems. of water and for the development of new methods in order to consider the variable flow at the points of consumption. NBR 5626 (1998) presents a calculation routine for checking the pressure at the points of use widely used by Brazilian designers, this process being carried out in just a single verification step, adopting constant flow values in the devices, recommended by the aforementioned standard. NBR 5626 (2020), on the other hand, brings the novelty that the design flow rate of the part of use or sanitary appliance can be estimated or obtained from the respective manufacturer, considering, therefore, the variable flow at the points of consumption. In order to meet this new requirement of the new Brazilian regulation and currently in force, this work proposed a new calculation routine, along the lines of the one presented in the previous regulation, contemplating the variable flow at the points of consumption. A non-exhaustive survey was carried out with some national manufacturers of the characteristic curve of various models of appliances, and a shower curve was selected for use in the case study simulations. The hydraulic design of the drinking water distribution network of a multi-storey residential building was carried out for two possible scenarios, one hypothetical and the other realistic. The first, hypothetical scenario, considered only the existence of shower points in the building, all with variable flow. This device was chosen because of the greater variation in flow values. The second, realistic scenario, considered the existence of all appliances in a residential apartment, all with constant flow, except the shower. The results obtained for the parameters of flow, pressure drop and available pressure at the points were, in general, higher for the first scenario when compared to the second scenario. For the first case, it was also observed the need to use water meters with

higher nominal flow due to the high increase in the circulating flow in the extensions of the apartments. The diameters of the pipes obtained in the calculation by the new routine practically remained the same when compared with the diameters obtained using the routine of NBR 5626 (1998) for both scenarios.

Keywords: Building hydraulic installation. Cold water. Scaling method. Distribution network. Hydrometers. Usage points. Shower. Characteristic curve. Pressure. Flow rate. Cargo loss.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de relacionamento das etapas de trabalho.....	20
Figura 2 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais.....	32
Figura 3 – Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização	32
Figura 4 – Vazão e pesos relativos nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização	33
Figura 5 - Comprimentos equivalentes de singularidades em metros de canalização de tubulação de PVC rígido ou cobre.....	38
Figura 6 – Quadrante do pavimento-tipo com indicação dos aparelhos sanitários em vermelho.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local	25
Tabela 2 – Estimativa de consumo diário de água por tipologia das edificações.....	26
Tabela 3 – Informações geométricas para tubos de PVC de fabricante de referência	30
Tabela 4 – Velocidade máxima de escoamento da água em tubulações de PVC rígido marrom.....	34
Tabela 5 - Rugosidade ϵ e coeficiente de atrito f para alguns materiais	36
Tabela 6 – Vazões em hidrômetros.....	39
Tabela 7 – Valores de vazão comparativos da NBR 5626 (1998) e de fabricante de referência	44
Tabela 7 – Valores de vazão para torneiras de tanques da NBR 5626 (1998) e de fabricante de referência.....	46
Tabela 8 – Passo-a-passo da rotina de dimensionamento proposta.....	47
Tabela 9 – Modelo de planilha para nova rotina de cálculo para dimensionamento da rede de distribuição de água	48
Tabela 10 – Relação de aparelhos sanitários por apartamento	49
Tabela 11 – Relação de aparelhos sanitários por CAF	50
Tabela 12 – Valor da perda de carga nos hidrômetros de cada pavimento por iteração	56
Tabela 13 – Valor da perda de carga nos hidrômetros de cada pavimento por iteração	63
Tabela 14 – Modelos de chuveiros e respectivas curvas características de vazão em função da pressão disponível.....	73
Tabela 15 – Modelos de caixa acoplada com acionamento duo e respectivos websites	79
Tabela 16 – Modelos de torneiras de mesa bica alta para lavatório e respectivos websites	79
Tabela 17 – Modelos de torneiras de parede para cozinha e respectivos websites..	80
Tabela 18 – Primeira verificação (rotina da NBR 5626 (1998)) da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo	81
Tabela 19 – Segunda verificação (primeira iteração) da pressão da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo	81

Tabela 20 – Nona verificação (oitava iteração) da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo	82
Tabela 21 – Primeira verificação (rotina da NBR 5626 (1998)) da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo	83
Tabela 22 – Segunda verificação (primeira iteração) da pressão da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo	83
Tabela 23 – Nona verificação (oitava iteração) da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAF	Coluna de água fria
Ch	Chuveiro
DIGSE	Dígitos significativos exatos
DI	Diâmetro interno
DE	Diâmetro externo
DN	Diâmetro nominal
Lv	Lavatório
m.c.a.	Metros de coluna d'água
MLL	Máquina de lavar louças
MLR	Máquina de lavar roupas
NBR	Norma Brasileira
RG	Registro de gaveta
RP	Registro de pressão
SPAF	Sistemas Prediais de Água Fria
Tq	Tanque de lavar
VN	Vazão nominal
Vs	Vaso ou bacia sanitária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	DIRETRIZES DA PESQUISA	18
2.1	QUESTÃO DA PESQUISA.....	18
2.2	OBJETIVOS	18
2.2.1	Objetivo principal	18
2.2.2	Objetivo secundário	18
2.3	PRESSUPOSTOS.....	18
2.4	PREMISSAS E HIPÓTESES.....	19
2.5	DELIMITAÇÕES.....	19
2.6	LIMITAÇÕES.....	19
2.7	DELINEAMENTO DA PESQUISA	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO.....	22
3.1.1	Sistema direto de distribuição	22
3.1.2	Sistema indireto de distribuição	22
3.1.2.1	Sistema indireto sem bombeamento	22
3.1.2.2	Sistema indireto com bombeamento	23
3.1.2.3	Sistema indireto hidropneumático	23
3.1.3	Sistema misto de distribuição	23
3.1.4	Sistema de distribuição com bombeamento direto	23
3.2	REDE DE DISTRIBUIÇÃO	23
3.3	RESERVA DE ÁGUA	24
3.3.1	Previsão do consumo predial e capacidade de reservação de água potável	24
3.3.2	Reservatórios	26
3.3.3	Tipos de reservatórios	27
3.3.3.1	Reservatórios moldados in loco.....	27
3.3.3.2	Reservatórios industrializados.....	27
3.4	MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA.....	28
3.5	MATERIAIS	28
3.5.1	Tubulações	28
3.5.1.1	Tubos de plástico	29

3.5.1.2	Tubos metálicos	30
3.5.2	Válvulas e registros	30
3.5.2.1	Válvulas de retenção	31
3.5.2.2	Válvulas de alívio ou redutoras de pressão	31
3.5.2.3	Registros de pressão	31
3.5.2.4	Registros de gaveta	31
3.6	DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	31
3.6.1	Demanda provável	33
3.6.2	Velocidade de escoamento	34
3.6.3	Perdas de carga	35
3.6.3.1	Perdas de carga linear	35
3.6.3.2	Perdas de carga localizadas	36
3.6.3.2.1	<i>Fórmula geral (ou universal) das perdas localizadas</i>	<i>37</i>
3.6.3.2.2	<i>Métodos dos comprimentos equivalentes ou virtuais</i>	<i>37</i>
3.6.3.3	Perdas de carga em hidrômetros	38
3.6.4	Pressão	39
4	METODOLOGIA	40
4.1	CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DOS APARELHOS SANITÁRIOS	40
4.1.1	BACIAS SANITÁRIAS	41
4.1.2	CHUVEIROS ELÉTRICOS	41
4.1.3	TORNEIRAS PARA LAVATÓRIOS	44
4.1.4	TORNEIRAS PARA PIA DE COZINHA.....	44
4.1.5	TORNEIRA PARA TANQUE DE LAVAR.....	45
4.2	PROPOSIÇÃO DE NOVA ROTINA DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA ...	46
5	ESTUDO DE CASO	49
5.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EDIFICAÇÃO	49
5.2	PREMISSAS DE PROJETO	50
5.3	PRIMEIRO CENÁRIO – SOMENTE CHUVEIROS COM VAZÃO VARIÁVEL	51
5.3.1	Considerações de projeto para o cálculo pela rotina da NBR 5626 (1998)	51
5.3.2	Considerações de projeto para o cálculo pela nova rotina proposta ..	51

5.4	SEGUNDO CENÁRIO – TODOS OS APARELHOS COM VAZÃO CONSTANTE E CHUVEIRO COM VAZÃO VARIÁVEL	52
5.4.1	Considerações de projeto para o cálculo pela rotina da NBR 5626 (1998)	52
5.4.2	Considerações de projeto para o cálculo pela nova rotina proposta ..	53
6	RESULTADOS.....	53
6.1	PRIMEIRO CENÁRIO – SOMENTE CHUVEIROS COM VAZÃO VARIÁVEL	53
6.1.1	Vazões.....	53
6.1.2	Perdas de carga e seleção dos hidrômetros	55
6.1.3	Pressões	59
6.2	SEGUNDO CENÁRIO – TODOS OS APARELHOS COM VAZÃO CONSTANTE E CHUVEIRO COM VAZÃO VARIÁVEL	61
6.2.1	Vazões.....	61
6.2.2	Perdas de carga e seleção dos hidrômetros	63
6.2.3	Pressões	66
7	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE A — CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE ENTRADA PARA CHUVEIROS.....	73
	APÊNDICE B — MODELOS DE APARELHOS SANITÁRIOS USADOS POR REFERÊNCIA	79
	APÊNDICE C — PLANILHAS DE ROTINA DE VERIFICAÇÃO DE PRESSÃO DISPONÍVEL DE PONTO DE CHUVEIRO EM PAVIMENTO TÉRREO – PRIMEIRO CENÁRIO	81
	APÊNDICE D — PLANILHAS DE ROTINA DE VERIFICAÇÃO DE PRESSÃO DISPONÍVEL DE PONTO DE CHUVEIRO EM PAVIMENTO TÉRREO – SEGUNDO CENÁRIO	83
	ANEXO A — MODELO DE PLANILHA PARA ROTINA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	85
	ANEXO B —ROTINA PARA DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES	85

1 INTRODUÇÃO

As instalações hidráulicas prediais compõem os diversos sistemas funcionais de uma edificação, e o “[...] uso da água fria potável nos prédios constitui condição indispensável para o atendimento das mais elementares condições de habitabilidade, higiene e conforto.” (MACINTYRE, 2010, p.1).

A conscientização quanto ao consumo de água potável fez com que, recentemente, os fabricantes de louças e metais sanitários desenvolvessem tecnologias mais eficientes do ponto de vista do uso racional de água.

Além disso, por meio de ensaios laboratoriais, muitos fabricantes passaram a disponibilizar informações técnicas imprescindíveis para o desenvolvimento de projetos mais assertivos, como o consumo de água real dos aparelhos, sobretudo as curvas características de vazão em função da pressão, fundamentais para simular a real demanda de água nos pontos de utilização e ao longo da rede de distribuição.

A NBR 5626 (1998) sugere uma rotina de cálculo para verificação da pressão nos pontos de utilização, sendo esse processo realizado em apenas uma única etapa para os valores recomendados de vazão e peso dos aparelhos.

Este trabalho, por sua vez, visa propor um método de cálculo alternativo, e abordar o dimensionamento hidráulico da rede de distribuição de água potável de um edifício residencial multipavimentos considerando a variação da vazão em função da pressão nos pontos de utilização.

Serão avaliados os pontos em que a variação da vazão é significativa, especialmente os de chuveiro, avaliando-se os resultados obtidos pelo método empírico de pesos da NBR 5626 (1998). Será verificado o desempenho da instalação frente aos parâmetros normativos, garantindo, assim, o conforto do usuário quando da utilização dos pontos hidráulicos.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão de pesquisa a ser respondida é: é possível determinar, de forma mais precisa, valores de vazões e pressões nos pontos hidráulicos? O que muda na rotina de cálculo quando se dimensiona a rede de água fria usando a curva característica de vazão dos aparelhos sanitários? O procedimento de cálculo proposto apresenta valores de vazão mais adequados quando comparado com os obtidos pelo procedimento da NBR 5626 (1998)?

2.2 OBJETIVOS

Os objetivos de pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

Determinar, com maior precisão, a vazão e a pressão nos pontos de utilização da rede de distribuição de água fria potável de uma edificação residencial multipavimentos, dada a curva característica de vazão dos aparelhos sanitários, como chuveiros, utilizando, para tanto, modelos comerciais de fabricantes de referência.

2.2.2 Objetivo secundário

Desenvolver um procedimento de cálculo mais preciso quando comparado ao da NBR 5626 (1998), que permita verificar o desempenho funcional da instalação hidráulica nos pontos de utilização atendendo aos parâmetros técnicos mínimos estabelecidos pela referida norma.

2.3 PRESSUPOSTOS

A NBR 5626 (1998) apresenta uma tabela de vazões recomendadas para diversos aparelhos sanitários que podem não representar adequadamente as reais vazões nos pontos de consumo e, conseqüentemente, nas tubulações e em equipamentos da instalação hidráulica predial. Tais valores desconsideram a interdependência entre os parâmetros de vazão e pressão nos pontos, bem como a possibilidade de maior economia de água proporcionada pelos

aparelhos sanitários modernos, capazes de racionalizar o consumo, dado à maior conscientização ambiental da sociedade e dos fabricantes nas últimas décadas.

2.4 PREMISSAS E HIPÓTESES

Considera-se que pressões acima do limiar que resultam em vazões maiores dos aparelhos em suas respectivas curvas características, na primeira verificação, quando comparado com os valores recomendados pela NBR 5626 (1998), provocam maiores consumos de água nestes pontos de consumo e na edificação de uma forma parcial ou geral, podendo implicar, em determinados casos, no aumento parcial ou total da bitola das canalizações em determinados trechos da rede predial de distribuição para compensar a perda de carga adicional gerada pelo aumento da vazão.

Da mesma forma, para pressões abaixo do limiar que resultam em vazões menores dos aparelhos em suas respectivas curvas características, na primeira verificação, quando comparado com os valores recomendados pela NBR 5626 (1998), há a redução do consumo nestes pontos e, conseqüentemente, redução parcial ou total no diâmetro das canalizações em determinados trechos da rede predial de distribuição para compensar a perda de carga reduzida gerada pela diminuição da vazão.

2.5 DELIMITAÇÕES

Este trabalho é delimitado pela rede predial de distribuição de água fria potável, empregando-se o método empírico dos pesos relativos nos pontos de utilização. Para tanto, adaptou-se a rotina de cálculo prescrita pela NBR 5626 (1998), incluindo a curva característica dos aparelhos sanitários para a determinação de vazões reais nos pontos.

2.6 LIMITAÇÕES

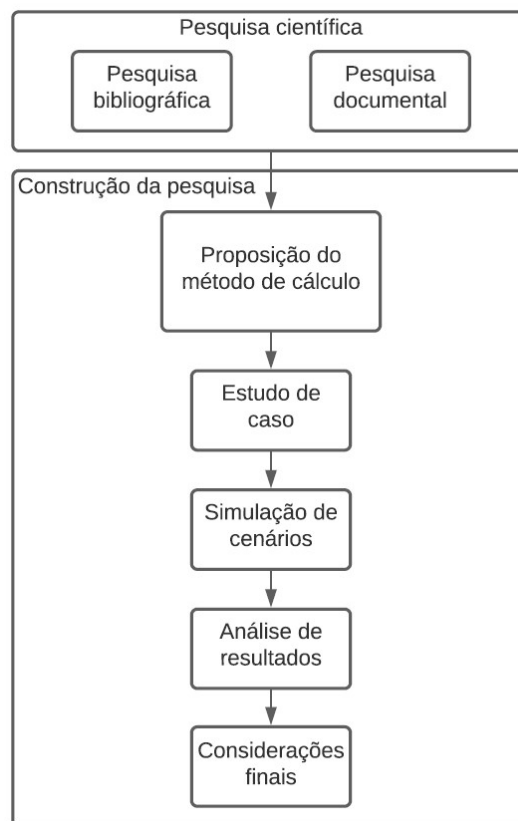
Escassez de bibliografia sobre o tema abordado, dificuldade em estruturar e relacionar a grande quantidade de dados obtidos, e inexistência de programa computacional para cálculo do procedimento iterativo, devendo-se, portanto, desenvolver planilha eletrônica própria.

2.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O trabalho foi realizado através das etapas elencadas abaixo, cuja interrelação é mostrada na Figura 1:

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Pesquisa documental;
- c) Proposição de método de cálculo;
- d) Estudo de caso;
- e) Simulação de cenários;
- f) Análise de resultados;
- g) Considerações finais.

Figura 1 – Diagrama de relacionamento das etapas de trabalho



Fonte: elaborado pelo autor

A pesquisa bibliográfica, ou também conhecida como o estado da arte, de acordo com Fonseca (2002, p. 31), é:

[...] feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. [...] O pesquisador tem de ter o cuidado de selecionar e analisar cuidadosamente os documentos a pesquisar de modo a evitar comprometer a qualidade da pesquisa com erros resultantes de dados coletados ou processados de forma equivocada.”

A pesquisa documental utiliza fontes mais diversificadas e dispersas quando comparada com a pesquisa bibliográfica, sendo sem tratamento analítico. (FONSECA, 2002). Neste trabalho, usou-se gráficos da curva característica de vazão em função da pressão de diversos modelos de aparelhos sanitários de fabricantes de referência.

A proposição do método de cálculo foi realizada utilizando por base os métodos levantados por meio da pesquisa bibliográfica. O estudo de caso é:

[...] um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o seu “como” e os seus “porquês”, evidenciando a sua unidade e identidade próprias. É uma investigação que se assume como particularística, isto é, que se debruça deliberadamente sobre uma situação específica que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir a que há nela de mais essencial e característico. Fonseca (2002, p. 33)

Nesse sentido, aplicou-se um novo procedimento de cálculo na rede de distribuição de água fria de um edifício residencial multipavimentos, gerando-se relatórios de cálculo para posterior análise.

A simulação de diferentes cenários do mesmo estudo de caso visa a explorar diferentes aspectos do problema em questão, de modo a ter-se resultados comparativos numericamente para uma melhor compreensão do fenômeno estudado.

A etapa de análise de resultados visa a verificar se os resultados observados correspondem aos resultados esperados pelas hipóteses da questão da pesquisa. Fonseca (2002, p. 60). Sendo assim, os resultados numéricos obtidos em cada cenário proposto foram analisados individualmente e, posteriormente, comparados entre si para extrair deles entendimento e compreensão do fenômeno estudado.

As considerações finais ou conclusão do trabalho é a etapa em que são feitas sínteses das grandes linhas de pesquisa, aportes ao conhecimento a ser produzido neste trabalho, e também as perspectivas práticas de aplicação do conhecimento gerado. (GERHARD; SILVEIRA, 2009).

3 REVISÃO DE LITERATURA

Um sistema predial de água fria (doravante SPAF) é um sistema hidráulico composto por redes de abastecimento e de distribuição, em que tubulações, conexões, válvulas, registros, hidrômetros, bombas hidráulicas e reservatórios, principalmente, são responsáveis por atender à demanda de água potável de uma ou mais edificações supridas por esse sistema.

Há diferentes sistemas de abastecimento e de distribuição de água, dentre eles o sistema direto (item 3.1.1), sistema indireto (item 3.1.2) e sistema misto (item 3.1.3), conforme Macintyre (2010).

3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

Existem três sistemas de abastecimento da rede predial de distribuição: direto, indireto e misto. (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 33).

3.1.1 Sistema direto de distribuição

Esse sistema possui a alimentação da rede interna de distribuição de água feita diretamente pelo ramal predial. Uma vez que não possui reserva de água, esse sistema depende que o abastecimento público seja contínuo, abundante e com pressão mínima suficiente para uso das peças dos aparelhos sanitários (MACINTYRE, 2010, p. 4).

Esse sistema normalmente é pouco empregado no Brasil ou, quando utilizado, é feito considerando o sistema misto, tendo em vista que as condições mínimas supracitadas não serem satisfatoriamente garantidas, principalmente pelas frequentes interrupções no abastecimento e/ou pressão insuficiente em prédios de múltiplos pavimentos.

3.1.2 Sistema indireto de distribuição

Segundo Macyntire (2010), esse sistema é vantajoso pois adota reservatórios para contornar a intermitência ou irregularidades no abastecimento de água, assim como elimina a variação da pressão disponível da rede pública.

Segundo Carvalho Júnior (2013), três configurações são possíveis: sem bombeamento, com bombeamento e hidropneumático.

3.1.2.1 Sistema indireto sem bombeamento

Segundo Carvalho Júnior (2013, p. 34), essa configuração é adotada quando “[...] a pressão na rede pública é suficiente para alimentar o reservatório superior”, cuja distribuição, a partir desse reservatório, normalmente é feita por gravidade até os pontos de consumo.

3.1.2.2 Sistema indireto com bombeamento

Sistema usado quando a pressão da rede pública é insuficiente para alimentar diretamente o reservatório superior, normalmente em edificações acima de três pavimentos. Nesse caso, adota-se um reservatório inferior, a partir do qual a água é bombeada até o reservatório superior por meio de sistema de recalque. O reservatório superior, por sua vez, alimenta a rede de distribuição predial por gravidade. (CARVALHO JÚNIOR, 2013)

3.1.2.3 Sistema indireto hidropneumático

Sistema necessita de equipamento de pressurização da água devido à insuficiência de pressão disponível em um ou mais pontos da rede. Como desvantagem, esse sistema exige manutenção periódica e pode ficar inoperante caso haja interrupção no fornecimento de energia elétrica na edificação.

3.1.3 Sistema misto de distribuição

O sistema misto é uma combinação dos dois sistemas mencionados anteriormente nos itens 3.1.1e 3.1.2, de forma que “parte da instalação é ligada diretamente à rede pública, enquanto a outra é ligada ao reservatório predial.”. (MACINTYRE, 2010. p. 7).

3.1.4 Sistema de distribuição com bombeamento direto

Segundo Macyntire (2010, p. 8), esse sistema não está previsto na NBR 5626, mas é amplamente empregado em edificações nos Estados Unidos e já comumente usado em prédios hoteleiros no Brasil.

Trata-se de um sistema de distribuição interna de água fria, sob pressão constante graças à ação de bombas e à atuação de válvulas automáticas de pressão constante, sem o emprego de reservatório superior e sem utilização do reservatório pneumático. O sistema consiste no bombeamento da água de um reservatório inferior diretamente em um barrilete, do qual saem colunas ou ramais de alimentação, que distribuem a água sob pressão constante, independentemente do consumo dos aparelhos da rede interna. (MACINTYRE, 2010. p. 8).

3.2 REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Segundo Carvalho Júnior (2013, p. 52), “a rede de distribuição de água fria é constituída pelo conjunto de canalizações que interligam os pontos de consumo ao reservatório da edificação”.

As tubulações que compõem a distribuição podem ser subdivididas em barrilete, colunas, ramais e sub-ramais.

“Barrilete é um o conjunto de tubulações que se origina no reservatório e do qual se derivam as colunas de distribuição. O barrilete pode ser: concentrado ou ramificado. (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 52).

As colunas de distribuição de água fria derivam do barrilete, descem na posição vertical e alimentam os ramais nos pavimentos que, por sua vez, alimentam os sub-ramais das peças de utilização. (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 53).

3.3 RESERVA DE ÁGUA

3.3.1 Previsão do consumo predial e capacidade de reservação de água potável

O consumo de água de uma edificação depende de sua tipologia, isto é, de sua finalidade de uso, como edifícios residencial, comercial, industrial, hospitalar, hoteleiro, de ensino, instituições públicas e outras, cada qual com características de uso peculiares por parte de seus usuários.

A NBR 5626 (2020) estabelece que:

O volume total de água reservado deve atender no mínimo 24 h de consumo normal no edifício e deve considerar eventual volume adicional de água para combate a incêndio quando este estiver armazenado conjuntamente. O volume total de água potável armazenada no reservatório deve ser limitado a um valor que assegure a sua potabilidade dentro do período de detenção médio, sob utilização normal, de modo a evitar redução excessiva da ação residual do agente desinfetante. Na impossibilidade de determinar o volume máximo permissível, recomenda-se limitar o volume total ao valor que corresponda a três dias de consumo diário ou prever meios que assegurem a preservação das características da água potável.

Sendo assim, a reserva de água de uma edificação fica limitada entre um e três consumos diários já considerando o volume da reserva técnica de combate a incêndio (doravante RTI) no mesmo reservatório. Em alguns casos, quando a RTI é muito grande e não é possível atender ao parâmetro normativo, são destinados reservatórios específicos para cada tipo de demanda de água, isto é, reservatórios independentes para o consumo predial e para RTI.

Carvalho Júnior (2013) mostra que o consumo diário de água nas edificações é determinado pela Equação (1):

$$CD = P \cdot q \quad (1)$$

Onde:

CD: consumo diário, em litros/dia;

P : população;

q : consumo *per capita*, em litros/dia;

As Tabela 1 e Tabela 2 apresentam parâmetros para determinação da população e do consumo per capita:

Tabela 1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local

Natureza do local	Taxa de ocupação
Prédios de apartamentos	Duas pessoas por dormitórios e 200 a 250 l/pessoa/dia
Prédios de escritórios de	
– uma só entidade locadora	Uma pessoa por 7 m ² de área
– mais de uma entidade locadora	Uma pessoa por 5 m ² de área
– segundo o Código de Obras do RJ	6 litros por m ² de área útil
Restaurantes	Uma pessoa por 1,5 m ² de área
Teatros e cinemas	Uma cadeira para cada 0,70 m ² de área
Lojas (pavimento térreo)	Uma pessoa por 2,5 m ² de área
Lojas (pavimentos superiores)	Uma pessoa por 5,0 m ² de área
Supermercados	Uma pessoa por 2,5 m ² de área
Shopping centers	Uma pessoa por 5,0 m ² de área
Salões de hotéis	Uma pessoa por 5,5 m ² de área
Museus	Uma pessoa por 5,5 m ² de área

(MACINTYRE, 2010. p. 11).

Tabela 2 – Estimativa de consumo diário de água por tipologia das edificações

Tipo do prédio	Unidade	Consumo l/dia
1. Serviço doméstico		
Apartamentos	<i>per capita</i>	200
Apartamentos de luxo	por dormitório	300 a 400
	por quarto de empregada	200
Residência de luxo	<i>per capita</i>	300 a 400
Residência de médio valor	<i>per capita</i>	150
Residências populares	<i>per capita</i>	120 a 150
Alojamentos provisórios de obra	<i>per capita</i>	80
Apartamento de zelador		600 a 1.000
2. Serviço público		
Edifícios de escritórios	por ocupante efetivo	50 a 80
Escolas, internatos	<i>per capita</i>	150
Escolas, externatos	por aluno	50
Escolas, semi-internato	por aluno	100
Hospitais e casas de saúde	por leito	250
Hotéis com coz. e lavanderia	por hóspede	250 a 350
Hotéis sem coz. e lavanderia	por hóspede	120
Lavanderias	por kg de roupa seca	30
Quartéis	por soldado	150
Cavalariças	por cavalo	100
Restaurantes	por refeição	25
Mercados	por m ² de área	5
Garagens e postos de serviço para automóveis	por automóvel	100
	por caminhão	150
Rega de jardins	por m ² de área	1,5
Cinemas, teatros	por lugar	2
Igrejas	por lugar	2
Ambulatórios	<i>per capita</i>	25
Creches	<i>per capita</i>	50
3. Serviço Industrial		
Fábricas (uso pessoal)	por operário	70 a 80
Fábrica com restaurante	por operário	100
Usinas de leite	por litro de leite	5
Matadouros	(de grande porte) por animal abatido	300
Matadouros	idem de pequeno porte	150

Fonte (MACINTYRE, 2010. p. 9-10).

3.3.2 Reservatórios

Os reservatórios são equipamentos de armazenamento do volume de água de reservação, e, para cumprirem bem sua função, devem seguir algumas exigências e recomendações conforme Macintyre (2010):

- a) Devem ser instalados em local de fácil acesso à inspeção exceto em interior de cozinhas ou compartimentos destinados às instalações de esgotos;
- b) Capacidades superiores a 4.000 litros devem ser divididos em dois compartimentos iguais, com comunicação por meio de “barrilete” provido de válvulas de manobra, tipo gaveta, para facilitar a limpeza ou conserto de qualquer um dos repartimentos;
- c) Devem possuir obrigatoriamente válvulas de flutuador, também chamadas de torneiras de boia, na tubulação de entrada quando alimentados por gravidade;

Ainda, a NBR 5626 (2020, p. 16) estabelece que:

- d) Devem ser dotados de tubulação de limpeza para permitir o seu esvaziamento;
- e) Reservatórios atmosféricos de água fria devem ser providos de extravasor, isto é, tubulação que permita a extravasão do volume de água em excesso em seu interior, caso o nível ultrapasse a cota operacional prevista;

3.3.3 Tipos de reservatórios

3.3.3.1 Reservatórios moldados in loco

Segundo Carvalho Júnior (2013), são reservatórios executados na própria obra, podendo ser de concreto armado, alvenaria ou de outro material premoldado. São, normalmente, utilizados para grande capacidade de reserva e construídos de acordo com a estrutura da edificação. São executados, em sua grande maioria, nos formatos cilíndrico e paralelepípedo.

3.3.3.2 Reservatórios industrializados

Atualmente, há várias opções de reservatórios pré-fabricados no mercado, “(...) basicamente de fibrocimento, metal, polietileno ou fibra de vidro.” (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Segundo Carvalho Júnior (2013), os mais comumente usados são reservatórios de fibra de vidro e de PVC devido a algumas vantagens como: mais higiênicos, mais leves; encaixes mais precisos; facilidade de transporte instalação e manutenção; possuem médias e grandes reservas que ocupam menos espaço que os menores convencionais.

3.4 MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

A medição do consumo deve ser individualizada, conforme a Lei Federal 13.312 (2016). Ainda assim, pode-se instalar um hidrômetro geral em nicho com dimensões adequadas e voltado para o passeio público de modo que a leitura seja facilitada para quem esteja no lado externo do imóvel. (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Quando usada a medição individualizada, existe um hidrômetro geral e hidrômetros individuais que são instalados no “[...] ramal de alimentação de cada unidade habitacional, [...] com a finalidade de racionalizar o seu uso e fazer a cobrança proporcional ao volume consumido.” (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 30).

A motivação para a preferência ao uso da medição individualizada, segundo Carvalho (2013), se dá:

[...] por várias razões, dentre as quais, destacam-se: redução do desperdício de água e, conseqüentemente, do volume efluente de esgotos; economia de energia elétrica devido à redução do volume bombeado para o reservatório superior; redução do índice de inadimplência; identificação de vazamentos de difícil percepção.

Segundo Macyntire (2010), podem ser empregados dois tipos: volumétricos ou taquimétricos. Hidrômetros volumétricos, normalmente usados para pequenas vazões e na ausência de detritos na água.

Hidrômetros taquimétricos ou de velocidade, por sua vez, são construtivamente mais simples e baratos quando comparado ao tipo anterior, por isso também comumente mais empregados.

3.5 MATERIAIS

3.5.1 Tubulações

Carvalho Júnior (2013, p. 56) afirma que “uma escolha adequada dos materiais, dispositivos e peças de utilização é condição básica para o bom funcionamento das instalações” ainda que o projeto tenha sido bem elaborado, pois a etapa de execução pode “(...) comprometer a qualidade da construção”.

Nesse sentido, Carvalho Júnior (2013) afirma ainda que é de suma importância que o projetista conheça a tecnologia utilizada na instalação predial de modo a adequá-la ao sistema construtivo escolhido para a edificação.

Por outro lado, a NBR 5626 (2020, p.11) estabelece requisitos mínimos sobre os materiais e componentes do sistema, como:

- a) Não podem alterar o padrão de potabilidade, transmitir gosto, cor, odor ou toxicidade à água, nem promover ou favorecer o crescimento de micro-organismos;
- b) A água potável e o meio ambiente devem manter o desempenho dos materiais e componentes;
- c) Os materiais e componentes devem ter desempenho adequado às solicitações mecânicas quando em uso.

Ainda, segundo a NBR 5626 (2020, p. 46):

Os SPAFAQ devem ser projetados, executados e utilizados de modo a evitar ou minimizar problemas de corrosão de materiais metálicos e degradação de materiais plásticos, com vistas a aumentar a sua durabilidade, considerando a natureza do meio e condições de exposição dos seus componentes, para atingir a vida útil de projeto.

Sendo assim, há diversos materiais que podem ser empregados no SPAF, sendo comumente empregadas tubulações de plástico ou tubulações metálicas.

3.5.1.1 Tubos de plástico

Na categoria de tubulações de plástico para água fria, encontram-se o PVC rígido, PEAD e PPR principalmente.

Segundo Carvalho Júnior (2013, p. 56), as tubulações de plástico (PVC) são imunes à corrosão, e as “principais vantagens dos tubos e conexões de PVC em relação aos outros materiais são: leveza e facilidade de transporte e manuseio; durabilidade ilimitada; resistência à corrosão; facilidade de instalação; baixo custo e menor perda de carga.”

Como desvantagens, que são poucas, Carvalho Júnior (2013, p. 56) pontua a “(...) baixa resistência ao calor e degradação por exposição prolongada ao sol”.

A Tabela 3 mostra diâmetros nominais e respectivas informações geométricas de tubos comerciais de plástico em policloreto de vinila (PVC) rígido, popularmente conhecidos como PVC marrom, de um fabricante de referência, comumente empregados em instalações de água fria.

Tabela 3 – Informações geométricas para tubos de PVC de fabricante de referência

DN (mm)	DE [mm]	e [mm]	DI (mm)	AI (mm ²)
20	20	1,5	17,0	226,98
25	25	1,7	21,6	366,44
32	32	2,1	27,8	606,99
40	40	2,4	35,2	973,14
50	50	3,0	44,0	1520,53
60	60	3,3	53,4	2239,61
75	75	4,2	66,6	3483,68
85	85	4,7	75,6	4488,83
110	110	6,1	97,8	7512,21

Fonte: site da Amanco (adaptado)

Quanto às classes de pressão, que indicam a resistência máxima das canalizações frente às solicitações de serviço a que estão submetidas, podemos encontrá-las nas classes 12 (6 kgf/cm² ou 60 m.c.a.), 15 (7,5 kgf/cm² ou 75 m.c.a.) e 20 (10 kgf/cm² ou 10 m.c.a.), conforme catálogo do fabricante Tigre para a linha PBS, sendo comumente empregada a classe 15 para as instalações internas prediais.

Ainda, há outros materiais de plástico empregados, como CPVC, PEX (polietileno reticulado), PPR (polipropileno copolímero Random tipo 3), esses empregados em redes de água quente, mas que podem ser usados também em água fria.

3.5.1.2 Tubos metálicos

Na categoria de tubulações metálicas para água fria, tem-se o cobre e o aço galvanizado.

Como vantagens, Carvalho Júnior (2013, p. 56) aponta a “(...) maior resistência mecânica; menor deformação; resistência a altas temperaturas (não entram em combustão nas temperaturas usuais de incêndio)”.

Como desvantagens, apresentam suscetibilidade à corrosão, possibilidade de alteração das características físico-químicas da água pelo processo de corrosão e de outros resíduos, maior transmissão de ruídos ao longo dos tubos e maior perda de pressão. (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Além disso, Carvalho Júnior (2013, p. 56) afirma que “(...) as tubulações de cobre proporcionam menores diâmetros no dimensionamento, entretanto seu custo é maior que as de PVC”.

3.5.2 Válvulas e registros

Válvulas e registros são dispositivos controladores de fluxo “(...) destinados a controlar, interromper e estabelecer o fornecimento da água nas tubulações e nos aparelhos sanitários.

Normalmente, são confeccionados em bronze, ferro fundido, latão e PVC (...). (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 57).

3.5.2.1 Válvulas de retenção

As válvulas de retenção são “(...) utilizadas para que a água flua somente em um determinado sentido na tubulação (...)”. (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 57).

3.5.2.2 Válvulas de alívio ou redutoras de pressão

As válvulas de alívio são “(...) mantêm constante a pressão de saída na tubulação, já reduzida a valores adequados (...)”. (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 57).

3.5.2.3 Registros de pressão

Os registros de pressão são “(...) utilizados em pontos onde se necessita de regulagem de vazão, como chuveiros, duchas, torneiras etc.”. (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 57).

3.5.2.4 Registros de gaveta

Os registros de gaveta “(...) permitem a abertura ou fechamento de passagem de água por tubulações (...)” (CARVALHO JÚNIOR, 2013, p. 57), e são empregados nas saídas de reservatórios, em barriletes, colunas e ramais de distribuição (NBR 5626, 1998, p. 11), imediatamente antes de hidrômetros e para a setorização de ambientes visando a manutenção da rede de distribuição de água.

3.6 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

O dimensionamento da rede de distribuição predial segue a seguinte ordem: sub-ramais, ramais, colunas de alimentação e barrilete. (MACINTYRE, 2010).

Os sub-ramais, que atendem exclusivamente a uma única peça de utilização, são dimensionados “(...) segundo tabelas que foram elaboradas através de resultados obtidos em ensaios realizados com os mesmos. Em geral, os fabricantes dos aparelhos fornecem em seus catálogos os diâmetros que recomendam para os sub-ramais.” (MACINTYRE, 2010, p. 46).

Para a estimativa de vazões nos ramais, colunas de alimentação e barriletes, podem ser aplicados dois critérios diferentes: o consumo simultâneo máximo possível ou o consumo simultâneo máximo provável. (MACINTYRE, 2010).

O critério mais adequado irá depender do padrão de uso dos aparelhos e dos valores máximos da demanda. (NBR 5626, 1998).

Figura 2 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais

Peças de utilização	Diâmetro nominal	
	DN (diâmetro nominal)	(Referência)
	(mm)	(pol.)
Aquecedor de baixa pressão	20	3/4
Aquecedor de alta pressão	15	1/2
Bacia sanitária com caixa de descarga	15	1/2
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 20 mm (3/4)	32	1 1/4
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 25 mm (1)	32	1 1/4
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 32 mm (1 1/4)	40	1 1/2
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 38 mm (1 1/2)	40	1 1/2
Banheira	15-20	1/2-3/4
Bebedouro	15	1/2
Bidê	15	1/2
Chuveiro	20	3/4
Filtro de pressão	15	1/2
Lavatório	15	1/2
Máquina de lavar pratos	20	3/4
Máquina de lavar roupa	20	3/4
Mictório de descarga contínua por metro ou por aparelho	15	1/2
Mictório autoaspirante	20	3/4
Pia de cozinha	20	3/4
Pia de despejo	20	3/4
Tanque de lavar roupa	20	3/4

Fonte: (MACINTYRE, 2010, p.47).

Figura 3 – Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20

Fonte: (NBR 5626, p. 13)

3.6.1 Demanda provável

A NBR 5626 (1998, p. 28) afirma que “por razões de economia, é usual estabelecer como provável uma demanda simultânea de água menor do que a máxima possível (...)”, configurando um uso provável dos aparelhos sanitários.

Segundo a NBR 5626 (2020), “(...) a vazão de cálculo em cada trecho deve ser estabelecida mediante adoção de um método reconhecido ou devidamente fundamentado, seja ele empírico ou probabilístico”.

A NBR 5626 (1998) apresenta um procedimento de cálculo para estimativa da demanda de água baseado no método de pesos relativos (empírico).

Esse método atribui unidades de carga ou pesos relativos para diversos aparelhos sanitários de modo que se possa estimar a vazão em cada trecho, aplicando os valores da Figura 4 na Equação (2) em cada trecho da rede de distribuição.

$$Q = 0,3\sqrt{\Sigma P} \quad (2)$$

Onde:

Q : vazão estimada na seção considerada, em L/s;

ΣP : soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada, adimensional

Figura 4 – Vazão e pesos relativos nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: (NBR 5626, 1998)

3.6.2 Velocidade de escoamento

A NBR 5626 (2020) determina que:

As tubulações devem ser dimensionadas de modo a limitar a velocidade de escoamento a valores que evitem a geração e propagação de ruídos em níveis que excedam os valores descritos na ABNT NBR 10152. (...) que evitem golpes de aríete com intensidades prejudiciais aos componentes.

A NBR 5626 (2020, p. 21) salienta ainda que “(...) O dimensionamento da tubulação assumindo um limite máximo de velocidade média da água de 3 m/s não evita a ocorrência de golpe de aríete, mas limita a magnitude dos picos de sobrepressão.”.

Creder (2006) e Macyntire (2010) recomendam, contudo, limitar a velocidade máxima a 2,5 m/s ou a valores menores conforme a equação (3):

$$V_{m\acute{a}x.} = 14\sqrt{D_{int}} \quad (3)$$

Onde:

$V_{m\acute{a}x.}$: velocidade máxima de escoamento na tubulação, em m/s;

D_{int} : diâmetro interno da tubulação, em m.

Para tubulações de PVC rígido classe 15, cujos diâmetros internos foram extraídos do fabricante de referência Amanco, temos as velocidades máximas determinadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Velocidade máxima de escoamento da água em tubulações de PVC rígido marrom

DN	DI (mm)	Velocidade máxima [m/s]
20	17,0	1,83
25	21,6	2,06
32	27,8	2,33
40	35,2	2,50
50	44,0	2,50
60	53,4	2,50
75	66,6	2,50
85	75,6	2,50
110	97,8	2,50

Fonte: elaborado pelo autor.

A velocidade de escoamento da água nas tubulações é determinada pela equação (4):

$$V = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot Q \cdot \sqrt{D_{int}}}{\pi} \quad (4)$$

Onde:

V : velocidade de escoamento da água na tubulação, em m/s;

Q : vazão estimada, em L/s.

D_{int} : diâmetro interno da tubulação, em mm.

Cabe salientar que não existe limitação para a velocidade mínima.

3.6.3 Perdas de carga

A perda de carga consiste na perda de energia que o fluido perde ao escoar pela rede de distribuição até chegar no ponto de consumo, conforme comportamento do fluido descrito por Macintyre (2010, p. 17):

A perda de carga, ou de energia, resulta do atrito interno do líquido, isto é, de sua viscosidade, da resistência oferecida pelas paredes em virtude de sua rugosidade e das alterações nas trajetórias das partículas líquidas impostas pelas peças e dispositivos intercalados na tubulação.

A NBR 5626 (2020, p. 28) estabelece que “(...) a determinação das perdas de carga nas tubulações e o cálculo das pressões dinâmicas nos pontos de utilização devem ser feitos mediante o emprego de equações pertinentes”, e ressalta que “(...) equação universal de perda de carga é a mais indicada”. Contudo, em “(...) caso de utilização de equações empíricas, convém adotar a mais adequada para o material e o diâmetro do trecho de tubulação considerado”.

3.6.3.1 Perdas de carga linear

A NBR 5626 (1998, p. 29) afirma que “a perda de carga ao longo de um tubo depende do seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e da vazão.”

Para a determinação da perda de carga unitária, podem ser utilizadas as equações empíricas de Fair-Whipple-Hsiao, que são “(...) usadas para tubos de pequenos diâmetros, até 4” (100 mm)”, segundo Macintyre (2010, p. 19).

Para tubos rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não):

$$J = 20,2 \times 10^6 \cdot Q^{1,88} \cdot d^{-4,88} \quad (5)$$

Para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre):

$$J = 8,69 \times 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad (6)$$

Onde:

J : é a perda de carga unitária, em kPa/m;

Q : é a vazão estimada na seção considerada, em L/s;

d : é o diâmetro interno do tubo, em mm.

A equação geral (ou universal) da perda de carga para um fluido, por sua vez, foi desenvolvida por Darcy e Weisbach, é descrita pelo método racional:

$$J = f \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

onde:

J : perda de carga unitária, em m/m;

f : fator de resistência ou coeficiente de atrito, adimensional;

l : comprimento da tubulação, em m;

v : velocidade de escoamento, em m/s;

d : diâmetro interno da tubulação, em m;

g : aceleração da gravidade, em m/s².

A equação universal é preferencialmente recomendada pela NBR 5626 (2020) para o cálculo do valor da perda de carga em tubos e conexões.

“Para as condições normais da água fria potável, podemos adotar para a rugosidade ϵ e o coeficiente de atrito f os valores indicados (...)” na Tabela 5. (MACINTYRE, 2010, p. 18).

Tabela 5 - Rugosidade ϵ e coeficiente de atrito f para alguns materiais

Material do tubo	Rugosidade ϵ (mm)	Coeficiente de atrito f
Aço galvanizado novo		
– com costura	0,15 a 0,20	0,012 a 0,06
– sem costura	0,06 a 0,15	0,009 a 0,012
Ferro fundido		
– revestido com asfalto	0,3 a 0,9	0,014 a 0,10
– revestido com cimento	0,05 a 0,15	0,012 a 0,06
– usado (sem revestimento)	0,40 a 12,0	0,02 a 1,5
PVC e cobre	0,015	0,009 a 0,050

Fonte: Adaptado de (MACINTYRE, 2010, p. 18)

3.6.3.2 Perdas de carga localizadas

Macintyre (2010, p. 21) explica que:

Além da perda de energia ocorrida ao longo da tubulação, as peças especiais, conexões, válvulas etc. também são responsáveis por perdas de energia, por causarem turbulência, alterarem a velocidade, mudarem a direção dos filetes, aumentarem o atrito e provocarem choques das partículas líquidas.

Sendo assim, deve-se adicionar as perdas de carga correspondentes às peças, conexões e válvulas à perda de carga ocorrida ao longo das tubulações para o cálculo da perda de carga global. (MACINTYRE, 2010).

Para tanto, é possível usar dois métodos distintos, isto é, a fórmula geral (ou universal) das perdas localizadas ou o método dos comprimentos equivalentes ou virtuais. (MACINTYRE, 2010).

3.6.3.2.1 *Fórmula geral (ou universal) das perdas localizadas*

Este método emprega uma equação geral para determinação da perda localizada, dispondo de valores tabelados para cada tipo de singularidade.

Fórmula geral (ou universal) das perdas localizadas

$$J = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Onde:

J : perda de carga, em m.c.a.

K : coeficiente de perdas localizadas

v : velocidade de escoamento, em m/s;

g : aceleração da gravidade local, em m/s²;

Vale lembrar que equação universal é preferencialmente recomendada pela NBR 5626 (2020) para o cálculo do valor da perda de carga em conexões.

















3.6.3.2.2 *Métodos dos comprimentos equivalentes ou virtuais*

Esse método baseia-se em estabelecer para cada singularidade (peça, conexão ou válvula) um valor de perda de carga equivalente a determinado comprimento de tubulação do mesmo diâmetro das singularidades. Esses valores equivalentes de tubulação são adicionados ao comprimento real de tubulação do trecho considerado, obtendo-se assim o comprimento total. (MACINTYRE, 2010).

Para aplicar esse método, é possível usar o ábaco da *Crane Corporation* ou uma tabela de comprimentos equivalentes, sendo essa última a mais empregada.

Vale ressaltar que existem tabelas diferentes dependendo do material escolhido. Para o PVC, empregam-se os valores informados na Figura 5.

Figura 5 - Comprimentos equivalentes de singularidades em metros de canalização de tubulação de PVC rígido ou cobre

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pol.)																
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: (MACINTYRE, 2010, p. 23)

A versão anterior da NBR 5626 (1998, p. 29) propunha que “(...) a perda de carga em conexões deve ser expressa em termos de comprimentos equivalentes desses tubos”. Sendo assim, é de praxe a utilização desse método por parte dos projetistas hidráulicos, o qual será aplicado neste trabalho também.

3.6.3.3 Perdas de carga em hidrômetros

Segundo a NBR 5626 (1998), a perda de carga em hidrômetros pode ser estimada usando a equação (9):

$$\Delta h = \frac{(36 \cdot Q)^2}{Q_{m\acute{a}x}^2} \quad (9)$$

Onde:

Δh : a perda de carga no hidrômetro, em quilopascal;

Q : a vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo;

$Q_{m\acute{a}x}$: é a vazão máxima especificada para o hidrômetro, em metros cúbicos por hora.

A Tabela 6 apresenta valores de vazões nominais usuais comercialmente, e respectivas vazões máximas.

Tabela 6 – Vazões em hidrômetros

Vazão nominal [m ³ /h]	Vazão máxima [m ³ /h]
0,75	1,5
1,5	3,0
2,5	5,0
3,5	7,0
5,0	10,0
10,0	20,0
15,0	30,0

Fonte: elaborada pelo autor

Tendo em vista minimizar perdas de carga neste equipamento, recomenda-se a seleção de hidrômetros cuja vazão nominal seja igual ou imediatamente superior à vazão circulante na tubulação, de modo a “assegurar as condições adequadas para o funcionamento do medidor.” (AMORIM; CAMPOS, 2021, p. 407).

3.6.4 Pressão

Há vários conceitos para a pressão existente na rede hidráulica, como as pressões estática, dinâmica, disponível, de trabalho, de serviço e manométrica. Abordaremos aqui apenas as três primeiras, fundamentais para o dimensionamento da rede de água fria.

A pressão estática é a “(...) carga de pressão ou carga piezométrica (energia de pressão por unidade de peso de água) atuante em determinada seção de tubulação **sob carga, porém sem escoamento**, considerada em sua linha de eixo”. (NBR 5626, 2020, p. 5, grifo do autor).

A NBR 5626 (2020, p. 22) determina ainda que a “(...) pressão estática nos pontos de utilização não pode superar 400 kPa (40 m.c.a.).”

A pressão dinâmica é a “(...) carga de pressão ou carga piezométrica (energia de pressão por unidade de peso de água) atuante em determinada seção de tubulação **sob escoamento**, considerada em sua linha de eixo”. (NBR 5626, 2020, p. 5, grifo do autor).

A pressão disponível é a:

pressão dinâmica atuante em determinada seção de tubulação, considerada em sua linha de eixo, depois de **descontados ou adicionados a perda de carga e o desnível geométrico** de um valor conhecido de pressão dinâmica atuante em uma outra seção desta tubulação, respectivamente, a jusante e a montante. (NBR 5626, 2020, p. 5-6, grifo do autor).

No sistema de tipo de abastecimento indireto, a pressão disponível inicial é usualmente considerada a partir da saída do reservatório, conforme este procedimento:

Cada trecho de tubulação entre dois nós ou entre um nó e uma extremidade da rede predial de distribuição deve ser dimensionado na base de tentativa e erro, começando

pelo primeiro trecho junto ao reservatório. A pressão disponível residual no ponto de utilização é obtida subtraindo-se da pressão inicial os valores de perda de carga determinados para os tubos, conexões, registros e outras singularidades. Se a pressão residual for negativa ou menor que a pressão requerida para o ponto, ou ainda se tubos de diâmetros impraticáveis forem determinados, os diâmetros dos tubos dos trechos antecedentes devem ser majorados e a rotina de cálculo repetida (...). NBR 5626 (1998, p. 30)

Segundo a NBR 5626 (2020, p. 22):

A pressão dinâmica requerida para o adequado funcionamento da peça de utilização ou do correspondente aparelho sanitário operando com vazão de projeto pode ser obtida junto ao respectivo fabricante ou responsável pela colocação do produto no mercado nacional, ou à especificação técnica do componente. (...) Em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa (1 m.c.a.).

Nos demais trechos da rede, a NBR 5626 (2020, p. 22, grifo do autor) afirma que:

Em qualquer ponto da rede predial de distribuição, a pressão dinâmica da água não pode ser inferior a 5 kPa (0,5 m.c.a.), **excetuados os trechos verticais de tomada d'água nas saídas de reservatórios elevados para os respectivos barriletes em sistemas indiretos**, em que a pressão dinâmica mínima em cada ponto é dada pelo correspondente desnível geométrico ao nível d'água de cota mais baixa no reservatório, descontada a perda de carga até o ponto considerado.

4 METODOLOGIA

4.1 CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DOS APARELHOS SANITÁRIOS

A NBR 5626 (2020, p. 22) afirma que:

A pressão dinâmica requerida para o adequado funcionamento da peça de utilização ou do correspondente aparelho sanitário operando com vazão de projeto pode ser obtida junto ao respectivo fabricante ou responsável pela colocação do produto no mercado nacional, ou à especificação técnica do componente.

Sendo assim, procurou-se fabricantes nacionais de referência, como Deca e Lorenzetti, para colher informações hidráulicas relevantes para este estudo, como as pressões mínima e máxima de funcionamento, e a curva característica de vazão em função da pressão disponível nas peças de utilização dos aparelhos sanitários, como bacias sanitárias, chuveiros, torneira de de lavatório, de pias de cozinha, de tanque de lavar, e para equipamentos como máquinas de lavar roupas e louças principalmente.

4.1.1 BACIAS SANITÁRIAS

Foram coletadas informações de parâmetros hidráulicos referente a bacias sanitárias com caixa acoplada do fabricante Deca (vide website <https://www.deca.com.br/>).

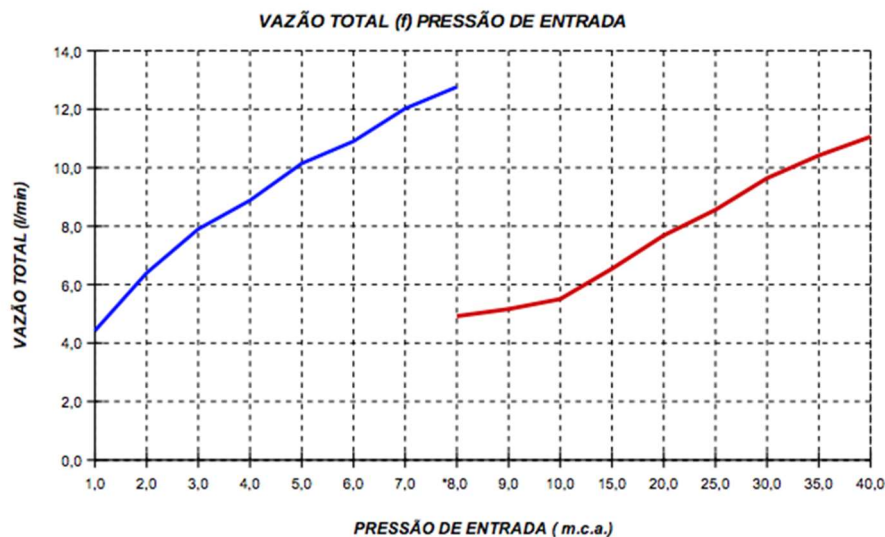
Observou-se que esses aparelhos possuem, para uma amostra de dez modelos consultados (vide modelos na Tabela 16 do APÊNDICE B), pressão mínima de funcionamento igual a 2 m.c.a. e pressão máxima de funcionamento de 40 m.c.a.. Não foi informado, contudo, as vazões mínima e máxima.

Sendo assim, adotou-se, para fins de projeto, considerou-se a vazão recomendada igual a 0,15 L/s, conforme apresentado na Figura 4.

4.1.2 CHUVEIROS ELÉTRICOS

Da análise de diversas curvas para chuveiros, observou-se um comportamento aproximadamente linear e crescente na maioria dos casos, conforme exemplo apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Curva característica de vazão para modelo de chuveiro Acqua Jet Ultra da Lorenzetti



* Com pressão de entrada de 8,0 m.c.a. foram realizadas medições com e sem redutor de pressão.

Fonte: Lorenzetti

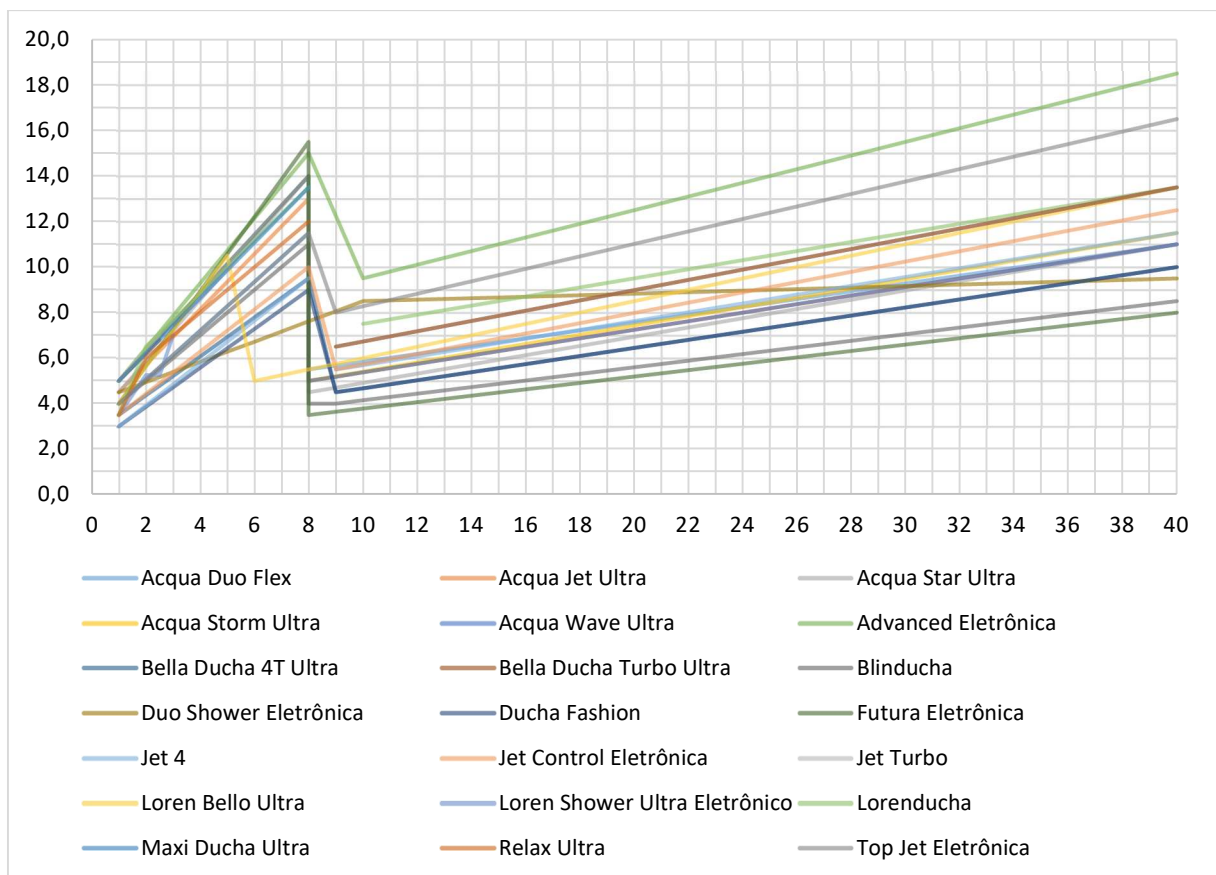
É possível observar que à medida que a pressão aumenta, a vazão cresce proporcionalmente, havendo apenas uma descontinuidade na pressão de 8 m.c.a. para a maioria dos modelos analisados no Gráfico 2, devido à introdução de redutor de pressão para vazões

superiores a 8 m.c.a. (curva vermelha), conforme observa o próprio fabricante em nota apresentada no próprio Gráfico 1. A curva em azul é desconsidera o uso do redutor de pressão.

Sendo assim, adotou-se uma simplificação para as curvas pesquisadas, considerando-as em regressão linear, conforme apresentado no Gráfico 2. Entremente, as curvas originais do fabricante podem ser consultadas no APÊNDICE A.

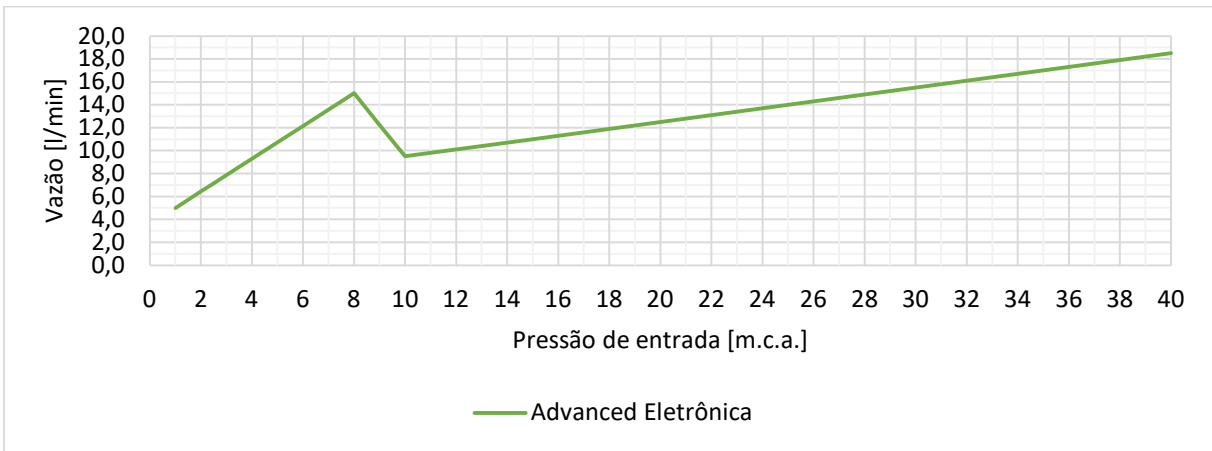
No Gráfico 2 é apresentada a regressão linear para as curvas de vários modelos de chuveiros do fabricante de referência escolhido. Para isso, utilizou-se os pontos inicial e final de cada trecho contínuo, obtendo-se, assim, trechos lineares.

Gráfico 2 – Curva característica adaptada de vazão em função da pressão disponível de diferentes modelos de chuveiros da marca Lorenzetti



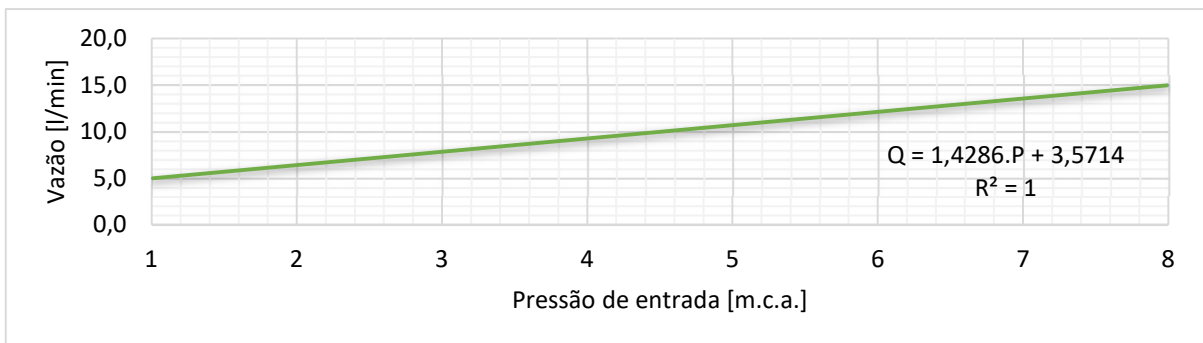
Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 3 - Curva característica adaptada de vazão em função da pressão disponível de chuveiro modelo Advanced Eletrônica da marca Lorenzetti



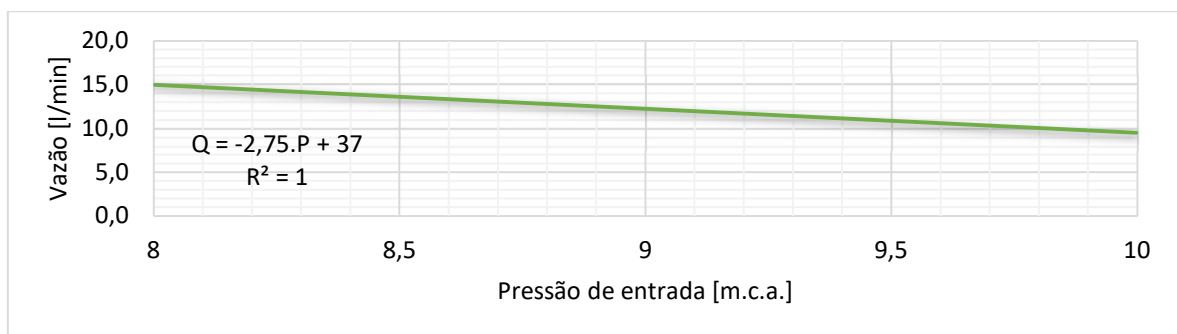
Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 4 – Curva Característica de Vazão em função da Pressão de Entrada para chuveiro modelo Advanced Eletrônica – Trecho com $P = [1; 8] mca$



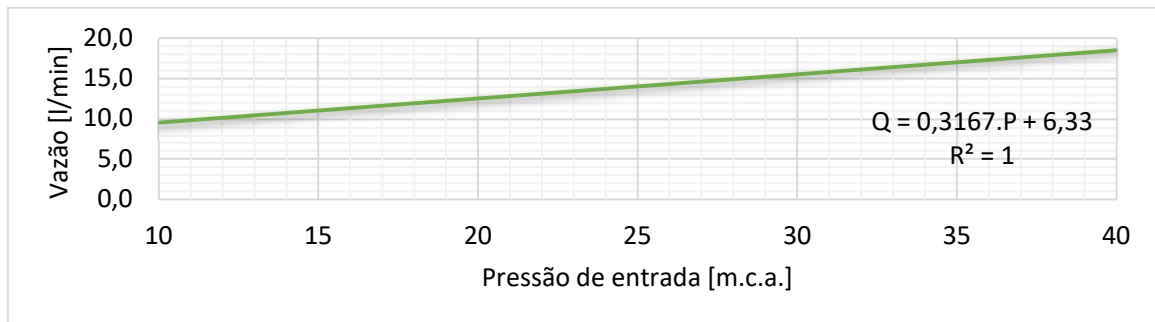
Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 5 – Curva Característica de Vazão em função da Pressão de Entrada para chuveiro modelo Advanced Eletrônica - Trecho com $P = [8; 10] mca$



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 6 – Curva Característica de Vazão em função da Pressão de Entrada para chuveiro modelo Advanced Eletrônica - Trecho com $P = [10; 40] \text{ mca}$



Fonte: elaborado pelo autor

4.1.3 TORNEIRAS PARA LAVATÓRIOS

Foram coletadas informações de parâmetros hidráulicos referente a torneiras de lavatórios do fabricante Deca (vide website <https://www.deca.com.br/>).

Observou-se que torneiras de mesa bica alta para lavatório possuem, para uma amostra de 20 modelos pesquisados (vide modelos na Tabela 17 do APÊNDICE B), pressão mínima de funcionamento igual a 2 m.c.a., e pressão máxima de funcionamento de 40 m.c.a.. Esses modelos possuem também, em sua maioria, vazão mínima igual a 4 L/min (ou aproximadamente 0,07 L/s) e vazão máxima igual a 6 L/min (ou 0,1 L/s).

Observa-se que há pouca variação da vazão em função da pressão para esse tipo de aparelho. A NBR 5626 (1998), por sua vez, apresenta um valor recomendado de 0,15 L/s para esse tipo de aparelho, superior ao valor máximo dos modelos pesquisados, implicando em superdimensionamento do sistema tendo em visto o maior consumo de água nesse tipo de aparelho.

Tabela 7 – Valores de vazão comparativos da NBR 5626 (1998) e de fabricante de referência

Referência	Valor mínimo [L/s]	Valor máximo [L/s]	Valor recomendado [L/s]
NBR 5626 (1998)	–	–	0,15
Deca	0,07	0,1	–

4.1.4 TORNEIRAS PARA PIA DE COZINHA

Foram coletadas informações de parâmetros hidráulicos referente a torneiras de lavatórios do fabricante Deca (vide website <https://www.deca.com.br/>).

Observou-se que torneiras de mesa bica alta para lavatório possuem, para uma amostra de 10 modelos pesquisados (vide modelos na Tabela 18 e Tabela 17 do APÊNDICE B), pressão

mínima de funcionamento igual a 2 m.c.a. e pressão máxima de funcionamento de 40 m.c.a.. Esses modelos possuem vazão mínima igual a 4 L/min (ou aproximadamente 0,07 L/s) e vazão máxima, em sua maioria, igual a 16 L/min (ou aproximadamente 0,27 L/s).

Observa-se uma variação considerável da vazão em função da pressão para esse tipo de aparelho. Entrementes, a NBR 5626 (1998) apresenta um valor recomendado de 0,25 L/s, muito próximo ao valor máximo dos modelos pesquisados, mas que, na maioria dos casos, pode não ser atingido, supervalorando o consumo de água nesse tipo de aparelho.

4.1.5 TORNEIRA PARA TANQUE DE LAVAR

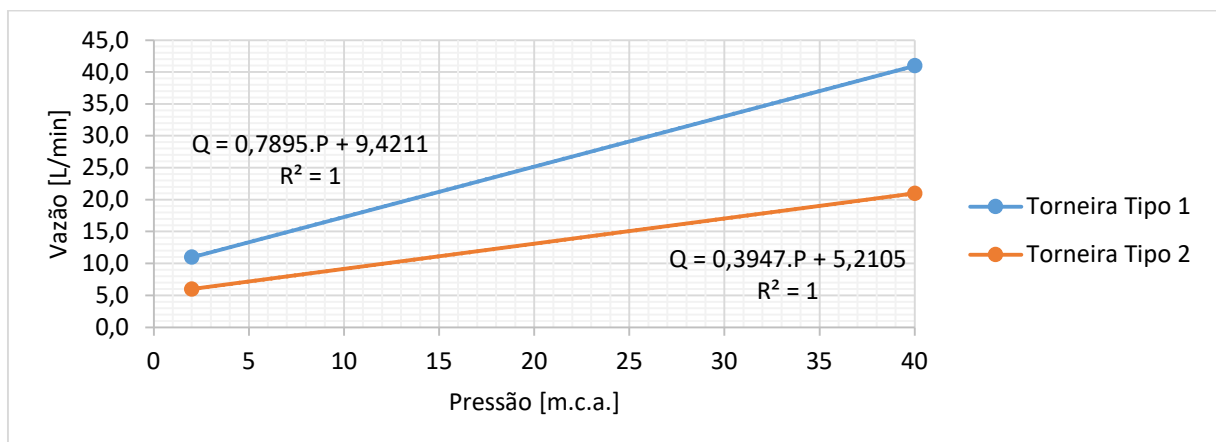
Foram coletadas informações de parâmetros hidráulicos referente a torneiras de tanques do fabricante Deca (vide website <https://www.deca.com.br/>).

Observa-se que todos os pontos com pressão mínima de funcionamento igual a 2 m.c.a.

As torneiras do Tipo 1¹ apresentaram valores de vazão mínima e máxima de 11 L/min (ou 0,18 L/s) e 41 L/min (ou 0,68 L/s) respectivamente, enquanto que o valor de referência da NBR 5626 (1998) sugere 0,25 L/s. O Gráfico 7 mostra, através da regressão linear da curva característica para esse tipo de torneira, que sempre que superar 7 m.c.a. de pressão, a vazão irá superar os 15 L/min (ou 0,25 L/s) da referida norma.

As torneiras Tipo 2², por sua vez, apresentaram valores de vazão mínima e máxima de 6 L/min (ou 0,1 L/s) e 21 L/min (ou 0,35 L/s) respectivamente. O Gráfico 7 mostra, através da regressão linear da curva característica para esse tipo de torneira, que sempre que a pressão superar 24,8 m.c.a., a vazão irá superar os 15 L/min (ou 0,25 L/s) da referida norma.

Gráfico 7 – Curva característica dos tipos de torneiras de tanque pesquisadas



Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 8 – Valores de vazão para torneiras de tanques da NBR 5626 (1998) e de fabricante de referência

Referência	Valor mínimo [l/min]	Valor máximo [l/min]	Valor recomendado [L/s]
NBR 5626 (1998)	–	–	0,25
Deca Tipo 1¹	11	41	–
Deca Tipo 2²	6	21	–

Fonte: elaborado pelo autor

4.2 PROPOSIÇÃO DE NOVA ROTINA DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA

O novo procedimento de cálculo sugerido é uma adaptação da rotina para dimensionamento de tubulações apresentada pela NBR 5626 (1998) (vide ANEXO A e ANEXO B), que aplica o método empírico dos pesos relativos para dimensionamento da rede de distribuição de água fria, usando para isso valores de vazão constantes tabelados para diversos aparelhos sanitários.

A nova rotina de cálculo aqui proposta sugere a inclusão da curva característica de vazão desses aparelhos sanitários, haja vista que a vazão é função da pressão disponível no ponto hidráulico. Sendo assim, conforme mostrado na Tabela 9, a nova rotina mostrada é similar à empregada pela NBR 5626 (1998), dispondo das mesmas equações e tabelas recomendadas.

Como aprimoramento do método da NBR 5626 (1998), foi acrescida a curva característica de vazão dos aparelhos sanitários no 14º passo, a conversão da vazão em peso no 16º passo, a atribuição das novas vazões circulantes em todos os trechos à montante dos pontos hidráulicos que sofreram alteração da vazão de operação e a verificação do erro relativo da vazão de operação em cada ponto em relação a sua vazão de operação anterior.

Esse novo procedimento resultou em um cálculo iterativo cujo término se dá quando as pressões e vazões dos pontos convergem para valores constantes, tidos então como vazões operantes finais.

Desse modo, é possível obter valores de vazão mais adequados nos pontos de consumo dado as pressões atuantes na rede de distribuição de água, prevendo também uma infraestrutura mais adequada para a rede de distribuição de água.

¹ Modelos Flex (1155.C20 e 1153.C20), Izy (1153.C37 e 1155.C37), Torneira Uso Restrito, Belle Epoque Light, Max (1153.C34), Standard (1155.C39 e 1153.C39) e Link.

² Modelos Max (referência 1154.C34), Standard (1154.C39) e Izy (1154.C37).

Tabela 9 – Passo-a-passo da rotina de dimensionamento proposta

Passo	Atividade	Coluna da planilha a preencher³
1°	Desenhar o traçado da rede de distribuição em esquema isométrico e numerar seqüencialmente cada nó ou ponto de utilização partindo do reservatório (à montante) até os pontos de consumo (à jusante)	–
2°	Identificar cada trecho da rede na planilha modelo de cálculo	1
3°	Determinar a soma dos pesos relativos de cada trecho, usando a Figura 4	2 e 3
4°	Calcula-se para cada trecho a vazão estimada com base na Equação (1)	4
5°	Partindo da origem de montante da rede, selecionam-se os diâmetros nominal e interno da tubulação de cada trecho, considerando que a velocidade da água não deva ser superior aos valores determinados na Tabela 4. Registrar o valor da velocidade e o valor da perda de carga unitária de cada trecho	5, 6, 7, 8 e 12
6°	Registrar o comprimento real do tubo que compõe cada trecho considerado	9
7°	Determinar o comprimento equivalente de cada trecho	10
8°	Determinar o comprimento total somando os comprimentos real e equivalente de cada trecho	11
9°	Determinar a perda de carga de cada trecho, multiplicando os valores das colunas 11 e 12 da planilha, e somando a perda de carga provocada por hidrômetro e/ou outras singularidades dos trechos caso aplicável	13
10°	Determinar a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário	13, 14 e 15
11°	Determinar a pressão disponível na saída de cada trecho, somando à pressão disponível residual na sua entrada o valor do produto da diferença de cota pelo peso específico da água (10 kN/m ³) e subtraindo a perda de carga (coluna 13), validando se atende a pressão mínima requerida. Caso não atenda, retornar ao 5° passo, aumentando a bitola das tubulações à montante do trecho analisado, e/ou adotar sistema de pressurização.	16, 17 e 18
13°	Com a pressão disponível residual na saída de cada ponto (coluna 17), determina-se a vazão de operação no ponto de utilização usando a curva característica do aparelho sanitário. ⁴	–
14°	Verificar o erro relativo da vazão de operação em relação à vazão de operação anterior. Se o erro relativo for diferente de zero com DIGSE 2, prossegue-se para o 15° passo. Senão, prossegue-se para 16° passo. ²	–
15°	Com a vazão de operação dos pontos determinada, calcula-se a equivalência em peso usando a Equação (2), explicitando-se o somatório de pesos, e repete-se os passos 4° ao 11°.	–
16°	Se a pressão residual for menor que a pressão requerida no ponto de utilização, repete-se os passos 5° ao 11°, selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação de cada trecho. Se a pressão residual for maior que a pressão requerida, encerra-se a rotina de cálculo.	–

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado da NBR 5626 (1998, p. 33)

A Tabela 10 apresenta um modelo de planilha segundo a nova rotina de cálculo proposta para o dimensionamento da rede de distribuição de água, que é muito similar à planilha extraída da NBR 5626 (1998), apresentada no ANEXO A.

³ Vide modelos de planilha de cálculo da rede de distribuição de água apresentadas na Tabela 10 e no ANEXO A.

⁴ Cálculo realizado em planilha auxiliar.

Tabela 10 – Modelo de planilha para nova rotina de cálculo para dimensionamento da rede de distribuição de água

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trecho	Pesos Parciais	Pesos Totais	Vazão (L/s)	DN	DI (mm)	Vproj. (m/s)	Vmáx. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)		
								Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante	Requerida
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: adaptado da NBR 5626 (1998, p. 33)

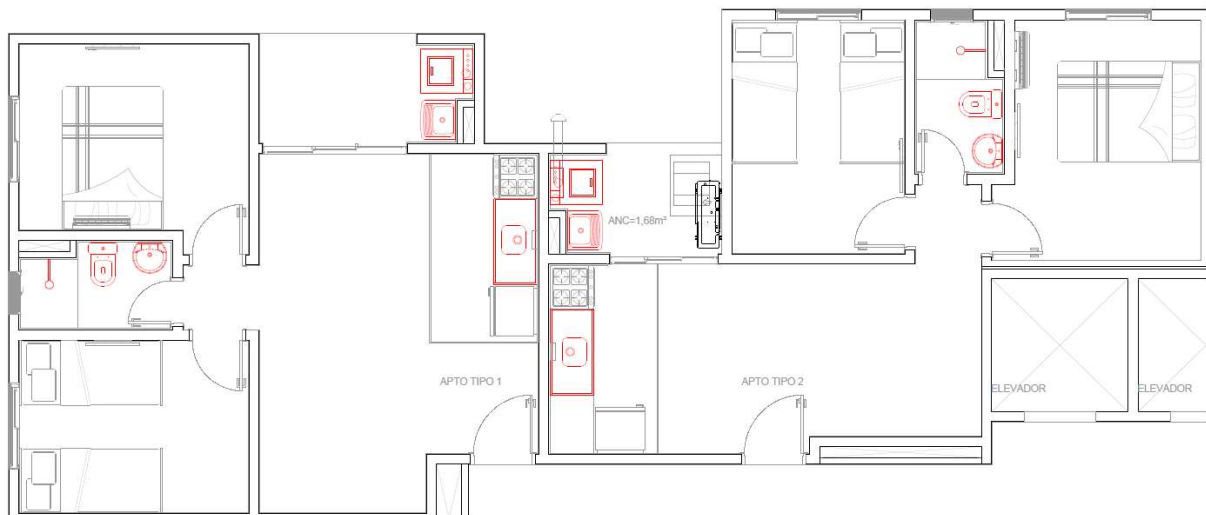
5 ESTUDO DE CASO

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EDIFICAÇÃO

O estudo de caso sugerido propõe-se a aplicar o procedimento de cálculo sugerido para uma rede de distribuição indireta de água fria de um edifício residencial multipavimentos, com dez pavimentos-tipo de oito apartamentos cada.

Cada pavimento é subdividido em quatro quadrantes tendo em vista setorizar a rede de distribuição, conforme plantas baixa do pavimento-tipo mostrado na Figura 6, extraído das pranchas ARQ-01 e ARQ-02 anexas ao final.

Figura 6 – Quadrante do pavimento-tipo com indicação dos aparelhos sanitários em vermelho



Fonte: elaborado pelo autor

Em vermelho, estão destacados os aparelhos sanitários, cuja relação de quantidade por apartamento e por CAF é apresentada nas Tabela 11 e Tabela 12

Tabela 11 – Relação de aparelhos sanitários por apartamento

Aparelhos sanitários	Quantidade
Bacia sanitária	1
Lavatório	1
Máquina de lavar roupas	1
Máquina de lavar louças	1
Pia de cozinha	1
Tanque de lavar	1

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 12 – Relação de aparelhos sanitários por CAF

Aparelhos sanitários	Quantidade
Bacia sanitária	20
Lavatório	20
Máquina de lavar roupas	20
Máquina de lavar louças	20
Pia de cozinha	20
Tanque de lavar	20

Fonte: elaborado pelo autor

5.2 PREMISSAS DE PROJETO

Para simplificar a análise do objeto de estudo, foram adotadas algumas premissas de projeto tendo em vista manter o foco no objeto de estudo, isto é, analisar os resultados obtidos através da nova rotina de cálculo, desconsiderando itens irrelevantes para tal finalidade e levando em conta simplificações que não interferem na qualidade dos resultados procurados.

Sendo assim, as premissas adotadas são:

- a) Desconsiderar a determinação de reserva de água, com a seleção de reservatórios para tal reserva;
- b) Desconsiderar a adoção de sistema hidropneumático para pressurização de um ou mais pontos de consumo que não são viáveis seu atendimento por meio do sistema de distribuição indireta por gravidade;
- c) Tomadas d'água independentes do reservatório superior para atendimento de cada quadrante do prédio;
- d) Reservatórios superiores de plástico, com tomadas d'água situadas em ponto inferior de suas paredes laterais;
- e) Nível d'água mínimo dentro do reservatório superior de plástico, isto é, considerando a pressão inicial igual a zero m.c.a.;
- f) A medição é individualizada, isto é, cada apartamento possui um hidrômetro;
- g) Simetria do traçado da rede de distribuição entre os quadrantes;
- h) Simetria do traçado da rede de distribuição entre os apartamentos de um mesmo quadrante;
- i) Adoção de registros em barrilete, coluna de distribuição, a montante do hidrômetro, e em ramais de cada ambiente dentro dos apartamentos, conforme recomendados pela NBR 5626 (2020);
- j) Material empregado é PVC rígido classe 15;
- k) Parâmetros de cálculo conforme estabelecido pela NBR 5626 (2020);

- l) Pressão mínima requerida nos pontos de consumo igual ao menor valor entre o estabelecido pela NBR 5626 (2020), e o valor recomendado pelo fabricante do(s) aparelho(s) selecionado(s);
- m) Ponto do chuveiro como sendo o ponto mais desfavorável hidráulicamente.

5.3 PRIMEIRO CENÁRIO – SOMENTE CHUVEIROS COM VAZÃO VARIÁVEL

O primeiro cenário estudado considerou apenas a existência de um número considerável de pontos de consumo de um mesmo aparelho cuja vazão varia significativamente.

Nesse sentido, o aparelho escolhido foi o chuveiro elétrico, pois, dentre as curvas características apresentadas nos APÊNDICE A, APÊNDICE B e APÊNDICE A, observa-se que é o ponto de consumo hidráulico cuja vazão é mais sensível a variações de pressão no sistema.

Primeiramente, realizou-se o dimensionamento pela rotina dada pela NBR 5626 (1998), e, a partir do resultado obtido quanto às pressões disponíveis nos diversos pontos de consumo, aplicou-se a nova rotina de cálculo proposta.

5.3.1 Considerações de projeto para o cálculo pela rotina da NBR 5626 (1998)

Abaixo estão listadas algumas definições de projeto adotadas:

- a) Saídas dos reservatórios, barrilete e CAF até primeira derivação no 10º pavimento em DN 40 mm;
- b) Demais trechos da CAF em DN 32 mm;
- c) Todos os ramais de alimentação dos apartamentos dos pavimentos até os pontos de consumo em DN 25 mm;
- d) Hidrômetro selecionado de VN 0,75 m³/h para todos os apartamentos;
- e) O ponto do chuveiro possui o valor de vazão unitária e peso igual ao da Figura 4;
- f) Planilha de cálculo apresentada detalhadamente na Tabela 19 do APÊNDICE C.

5.3.2 Considerações de projeto para o cálculo pela nova rotina proposta

- a) Saídas dos reservatórios, barrilete e CAF até primeira derivação no 10º pavimento em DN 40 mm;
- b) Demais trechos da CAF em DN 32 mm;

- c) Todos os ramais de alimentação dos apartamentos dos pavimentos até os pontos de consumo em DN 25 mm, exceto para o ramal de alimentação do 10º pavimento, que possui DN 32 mm da CAF até ramificar para cada apartamento;
- d) Hidrômetro selecionado de VN 1,5 m³/h para todos os apartamentos;
- e) O ponto do chuveiro seguiu possui curva característica de vazão em função da pressão do modelo selecionado Advanced Eletrônica;
- f) Planilha de cálculo apresentada detalhadamente nas Tabela 20 e Tabela 21 do APÊNDICE C.

5.4 SEGUNDO CENÁRIO – TODOS OS APARELHOS COM VAZÃO CONSTANTE E CHUVEIRO COM VAZÃO VARIÁVEL

O segundo cenário estudado considerou o abastecimento de água para apartamentos com diversos pontos de consumo hidráulicos, com bacia sanitária, lavatório, máquinas de lavar louças e roupas, pia de cozinha e tanque com vazões constantes, e apenas o chuveiro com vazão variável.

Primeiramente, foi realizado o dimensionamento dado pela rotina da NBR 5626 (1998) e, a partir do resultado obtido quanto às pressões disponíveis nos diversos pontos de consumo, aplicou-se a nova rotina de cálculo proposta.

5.4.1 Considerações de projeto para o cálculo pela rotina da NBR 5626 (1998)

Abaixo estão listadas algumas definições de projeto adotadas:

- a) Há duas redes de distribuição independentes para abastecimento predial de cada quadrante;
- b) Cada rede tem saídas independentes dos reservatórios, barrilete, CAF e ramais que atendem a distribuição predial, sendo uma por gravidade, do primeiro ao sétimo pavimentos, e outra com sistema hidropneumático, do oitavo ao décimo pavimentos;
- c) Dimensionamento realizado somente para a rede de distribuição de água por gravidade;
- d) Da saída do reservatório até primeira derivação da CAF no sétimo pavimento, adotou-se DN 50 mm;
- e) Da primeira derivação da CAF no sétimo pavimento até a derivação do quarto pavimento, adotou-se DN 40 mm;

- f) Da derivação da CAF no quarto pavimento até a derivação para cada ramal de apartamento no primeiro pavimento, adotou-se DN 32 mm;
- g) Todos os ramais de alimentação dos apartamentos dos pavimentos até os pontos de consumo em DN 25 mm;
- h) Hidrômetro selecionado de VN 2,5 m³/h para todos os apartamentos;
- i) Todos os pontos de consumo seguiram os valores de vazão unitária e pesos da Figura 4;
- j) Planilha de cálculo apresentada detalhadamente na Tabela 22 do APÊNDICE D.

5.4.2 Considerações de projeto para o cálculo pela nova rotina proposta

- a) Saídas dos reservatórios, barrilete e CAF até primeira derivação no 10º pavimento em DN 40 mm;
- b) Demais trechos da CAF em DN 32 mm;
- c) Todos os ramais de alimentação dos apartamentos dos pavimentos até os pontos de consumo em DN 25 mm, exceto ramal de alimentação dos apartamentos
- d) Hidrômetro selecionado de VN 2,5 m³/h para todos os apartamentos;
- e) Todos os pontos de consumo, exceto o chuveiro, seguiram os valores de vazão unitária e pesos da Figura 4. O chuveiro possui curva característica de vazão em função da pressão.
- f) Planilha de cálculo apresentada detalhadamente nas Tabela 23 e Tabela 24 do APÊNDICE D.

6 RESULTADOS

6.1 PRIMEIRO CENÁRIO – SOMENTE CHUVEIROS COM VAZÃO VARIÁVEL

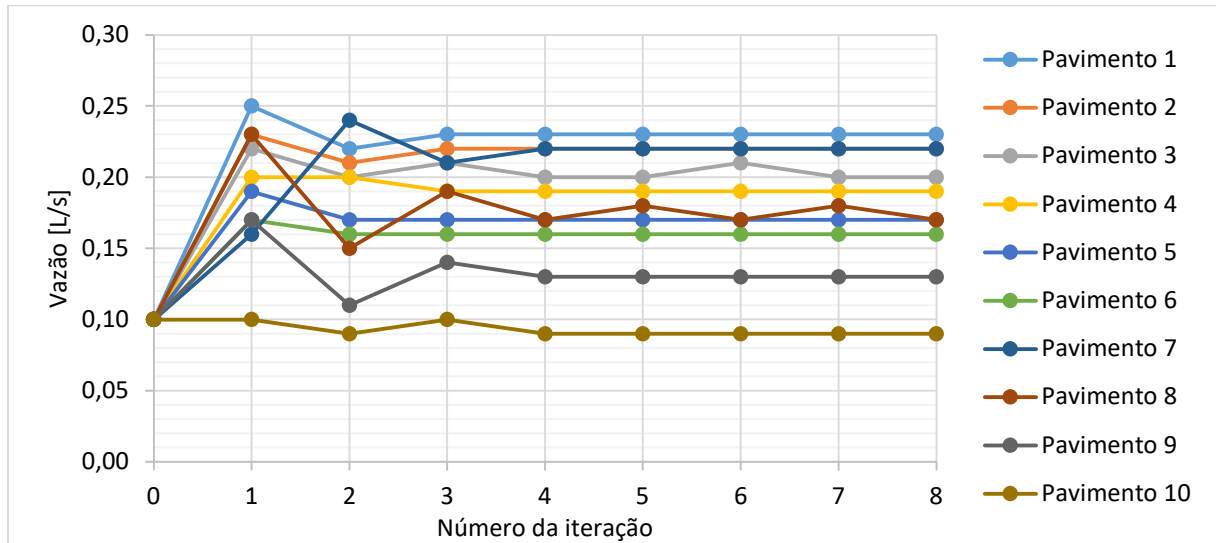
6.1.1 Vazões

Nos Gráfico 8 e Gráfico 9, é possível observar que, na maioria dos pavimentos e iterações, as vazões são maiores que a vazão tabelada da NBR 5626 (1998). A vazão só é menor para os pontos do 10º pavimento, quando a $P_{disp.} \leq 1,7 \text{ m.c.a.}$, conforme determinado pela equação $Q = 1,4286.P + 3,5714$ apresentada no Gráfico 4, usando $Q_{Ch} = 6 \text{ L/min}$.

Em todos os demais pavimentos, a vazões são bem maiores que o valor de referência, implicando também em maior perda de carga, conforme mostrado no item 6.1.2.

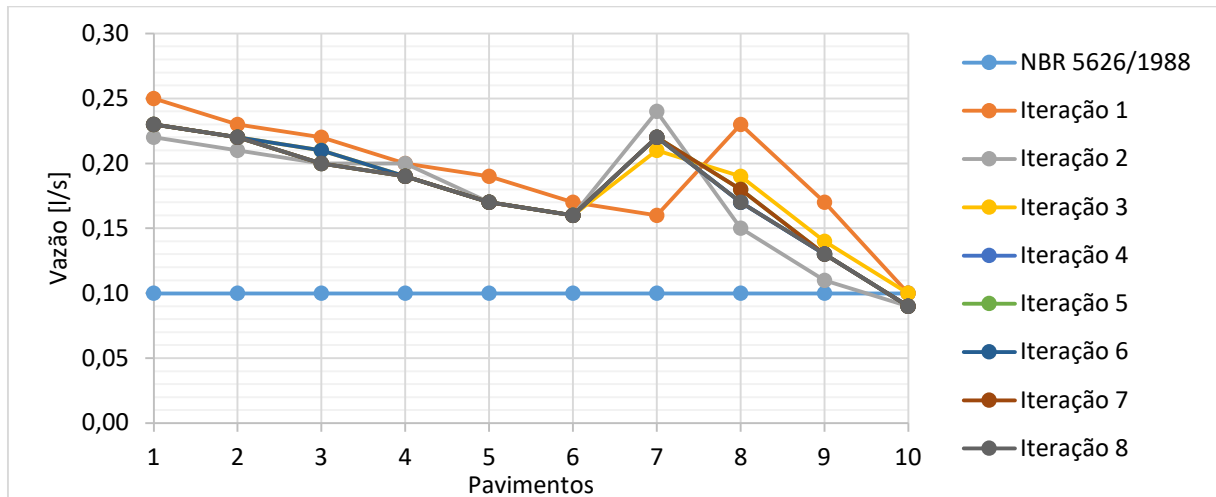
Observa-se ainda um pico das vazões do 7º pavimento para acima, caracterizando uma descontinuidade em todas as iterações. Esse fato está relacionado com os valores de pressão obtidos no cálculo hidráulico (vide Gráfico 18 e Gráfico 19), uma vez que os valores de vazão são obtidos a partir de outras equações da curva característica, conforme visto nos Gráfico 3, Gráfico 4, Gráfico 5 e Gráfico 6.

Gráfico 8 – Vazão nos pontos de cada pavimento por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

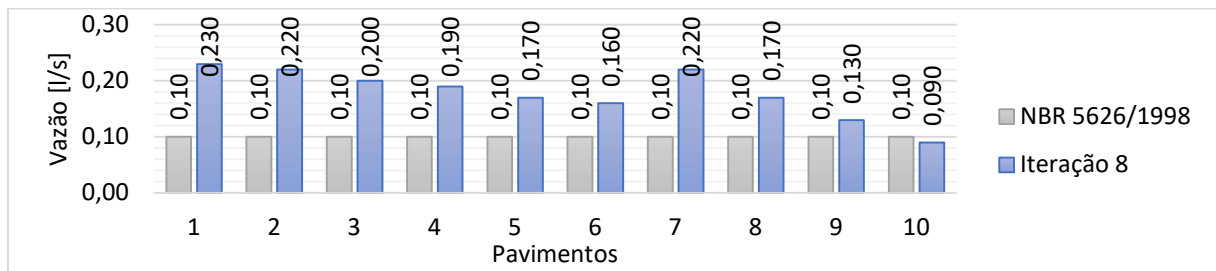
Gráfico 9 – Vazão no ponto de chuveiro por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 10 mostra um comparativo dos valores de vazão obtidos pela nova rotina proposta em comparação aos valores obtidos pela rotina da NBR 5626 (1998). Em todos os casos, exceto no 10º pavimento, os valores de vazão foram maiores que o valor tabela da referida norma.

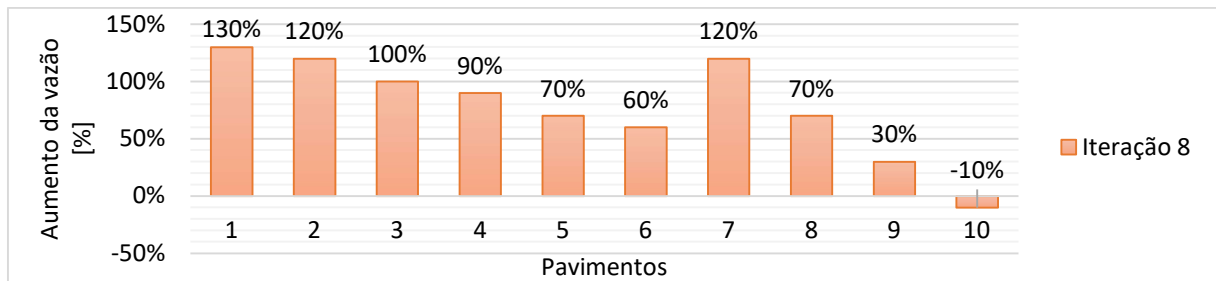
Gráfico 10 – Comparativo da vazão no ponto de chuveiro em cada pavimento das rotinas da NBR 5626 (1998) e nova rotina proposta



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 11, por sua vez, mostra o percentual de aumento das vazões comparativamente à rotina da NBR 5626 (1998). Com exceção do último pavimento, em todos os demais pavimentos a vazão resultou maior. Em três dos dez pavimentos, a vazão obtida mais que dobrou o valor; em um pavimento simplesmente dobrou o valor; a vazão apenas diminuiu 10% o valor no último pavimento. Portanto, pode-se inferir que, de uma forma geral, as vazões resultaram maiores que o valor tabelado da referida norma.

Gráfico 11 – Comparativo da variação percentual da vazão obtida pela nova rotina em relação à rotina da NBR 5626 (1998)



Fonte: elaborado pelo autor

6.1.2 Perdas de carga e seleção dos hidrômetros

Foi considerada a instalação de um hidrômetro por chuveiro. Na primeira verificação da pressão, utilizou-se VN 0,75 m³/h tendo em vista as vazões serem menores.

A partir da primeira iteração, usou-se a curva característica dos chuveiros, verificando que a vazão pode atingir valor máximo de 18,5 L/min, que é equivalente a 1,1 m³/h. Sendo assim, padronizou-se, portanto, a seleção de hidrômetros de VN 1,5 m³/h em todos os apartamentos.

A partir dos valores de vazão circulante mostrados no Gráfico 9, foram determinados os valores das perdas de carga nos hidrômetros, conforme mostrado na Tabela 13 e Gráfico 12.

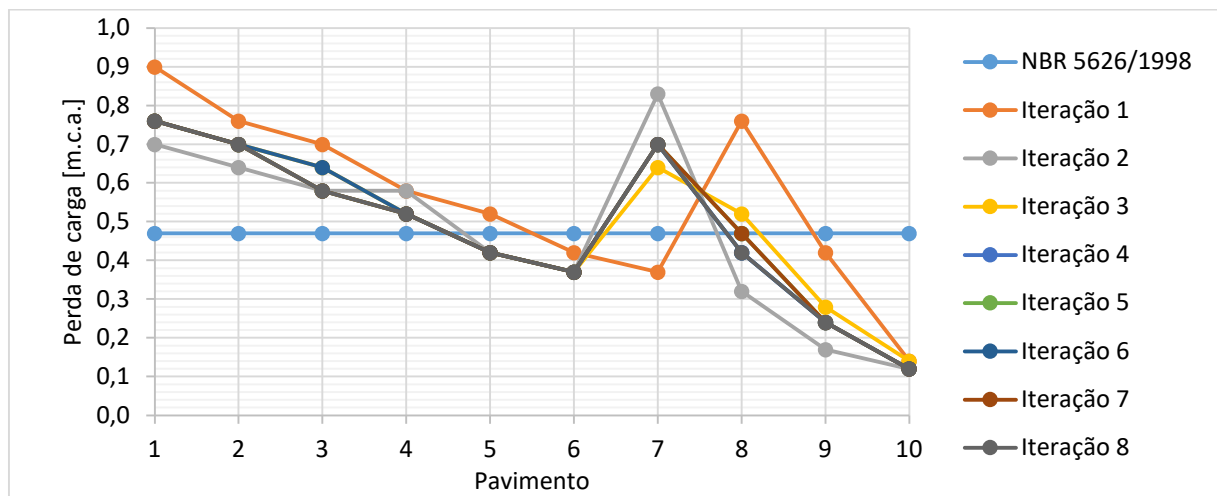
Essas tabelas mostram que o valor de perda de carga obtido pela rotina da NBR 5626 (1998) (segunda coluna) é muito próximo à média simples das perdas de carga em cada pavimento, especialmente com a média obtida na oitava iteração, quando há a convergência das vazões e pressões do sistema.

Tabela 13 – Valor da perda de carga nos hidrômetros de cada pavimento por iteração

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Perda de carga [m.c.a.]									
Pavimento	NBR 5626 (1998)	Iteração 1	Iteração 2	Iteração 3	Iteração 4	Iteração 5	Iteração 6	Iteração 7	Iteração 8
1	0,47	0,90	0,70	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
2	0,47	0,76	0,64	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3	0,47	0,70	0,58	0,64	0,58	0,58	0,64	0,58	0,58
4	0,47	0,58	0,58	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
5	0,47	0,52	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
6	0,47	0,42	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
7	0,47	0,37	0,83	0,64	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
8	0,47	0,76	0,32	0,52	0,42	0,47	0,42	0,47	0,42
9	0,47	0,42	0,17	0,28	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
10	0,47	0,14	0,12	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Média	0,47	0,56	0,47	0,50	0,48	0,49	0,49	0,49	0,48

Fonte: elaborado pelo autor

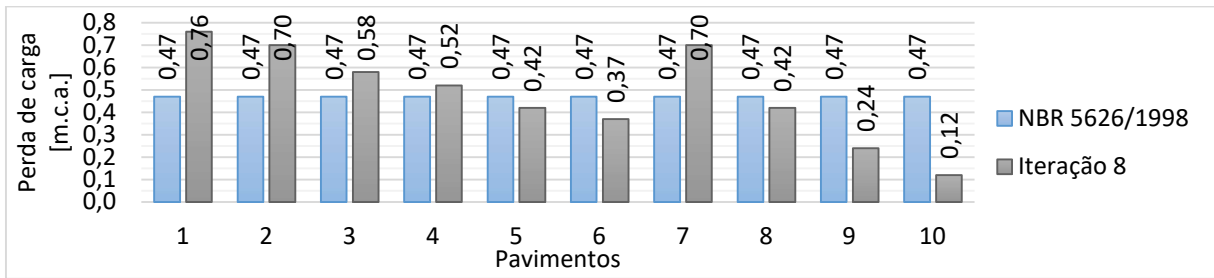
Gráfico 12 – Valor da perda de carga nos hidrômetros de cada pavimento por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 13 mostra um comparativo da perda de carga nos hidrômetros em cada pavimento entre a rotina da NBR 5626 (1998) e a nova rotina proposta, sendo os valores obtidos diretamente proporcionais aos valores de vazão circulante em cada pavimento (vide Gráfico 10), isto é, quanto maior a vazão, maior a perda de carga e vice-versa.

Gráfico 13 – Comparativo dos valores de perda de carga em hidrômetros em cada pavimento entre a rotina da NBR 5626 (1998) e da nova rotina proposta

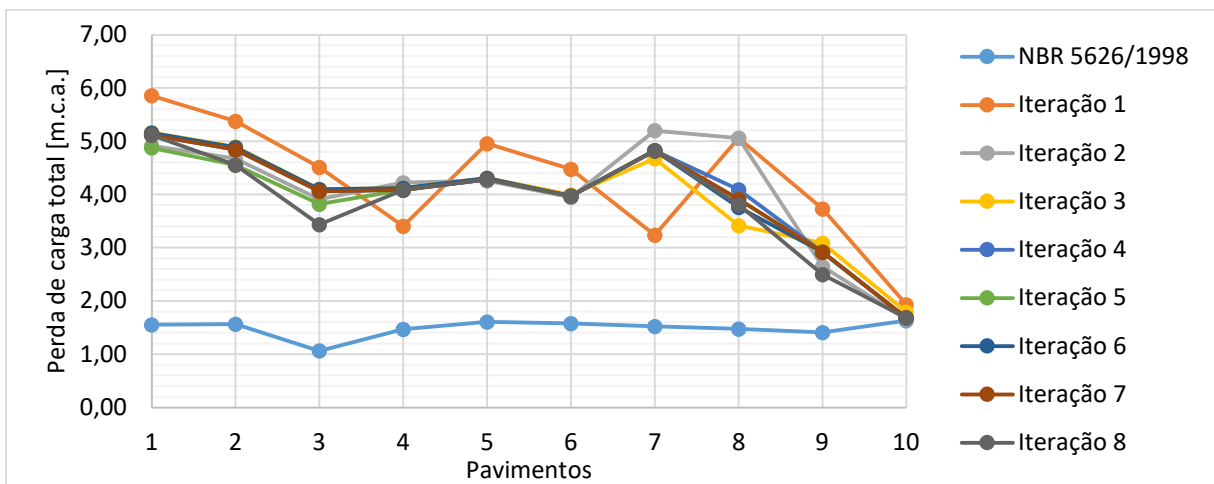


Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 14 mostra as perdas de carga totais por iteração, desde a saída do reservatório até o ponto do chuveiro no apartamento-tipo de cada pavimento. Observa-se que as perdas de carga totais na primeira verificação (NBR 5626/1988) apresentam valores bem inferiores na maioria dos pavimentos, exceto para o 10º pavimento, cujo valores são muito próximos em todas as iterações.

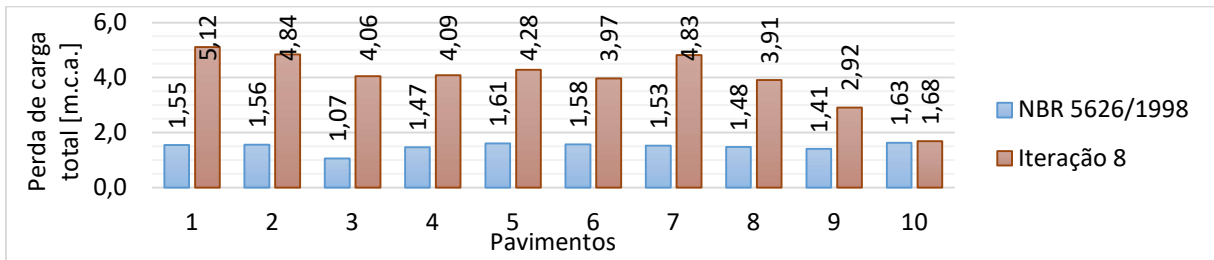
O Gráfico 15 mostra um comparativo da perda de carga total obtida no dimensionamento pela rotina da NBR 5626 (1998) e a nova rotina proposta. É notável que o valor das perdas de carga resultam maiores quando utilizado o novo método, uma vez que a vazão do sistema aumentou (vide item 6.1.1) devido às pressões disponíveis nos pontos de consumo (vide item 6.1.3) também terem sido maiores.

Gráfico 14 – Perda de carga total nos pavimentos por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 15 – Comparação da perda de carga total nos pavimentos dados pelo dimensionamento pela NBR 5626 (1998) e nova rotina proposta



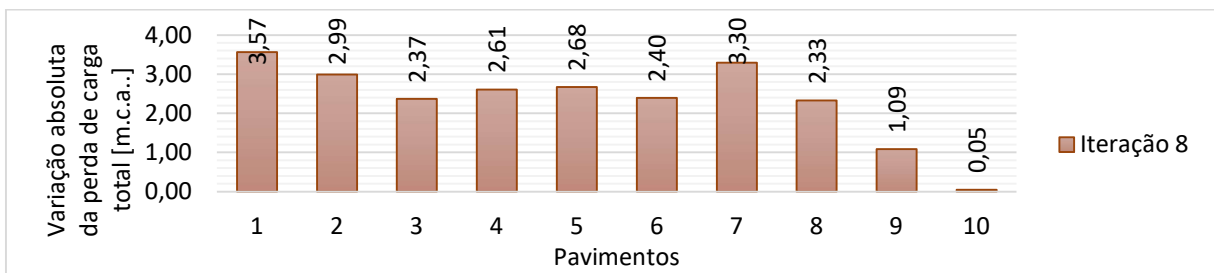
Fonte: elaborado pelo autor

Os Gráfico 16 e Gráfico 17 mostram as variações absolutas e relativas dos valores comparativos apresentados no Gráfico 15. Observa-se que todas as perdas de cargas totais são maiores na nova rotina e a maioria das variações são superiores a 100% quando comparado aos valores obtidos pela rotina da NBR 5626 (1998).

Em três dos nove casos, o aumento é superior a 200% e apenas o 10º pavimento possui uma variação muito pequena, com um aumento de cerca de 3,1%

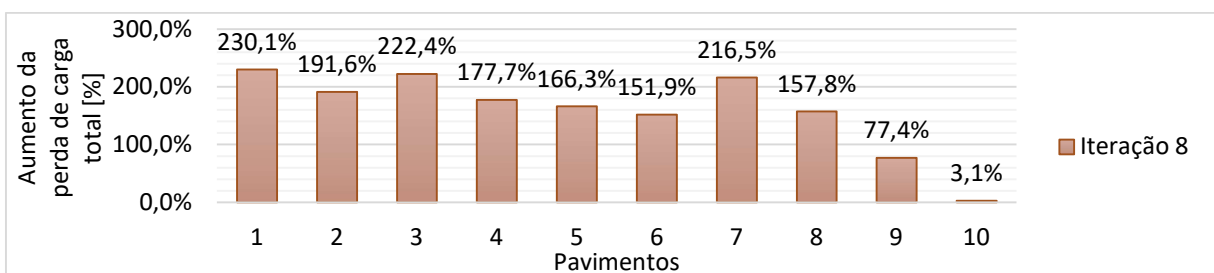
Observa-se ainda um comportamento não bem-definido dessas variações entre os pavimentos, haja vista as descontinuidades apresentadas pela curva característica do chuveiro selecionado, gerando resultados irregulares.

Gráfico 16 – Variação absoluta da perda de carga total em cada pavimento da nova rotina proposta comparada aos valores da NBR 5626 (1998)



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 17 – Variação percentual da perda de carga em cada pavimento por iteração comparado ao valor da NBR 5626 (1998)

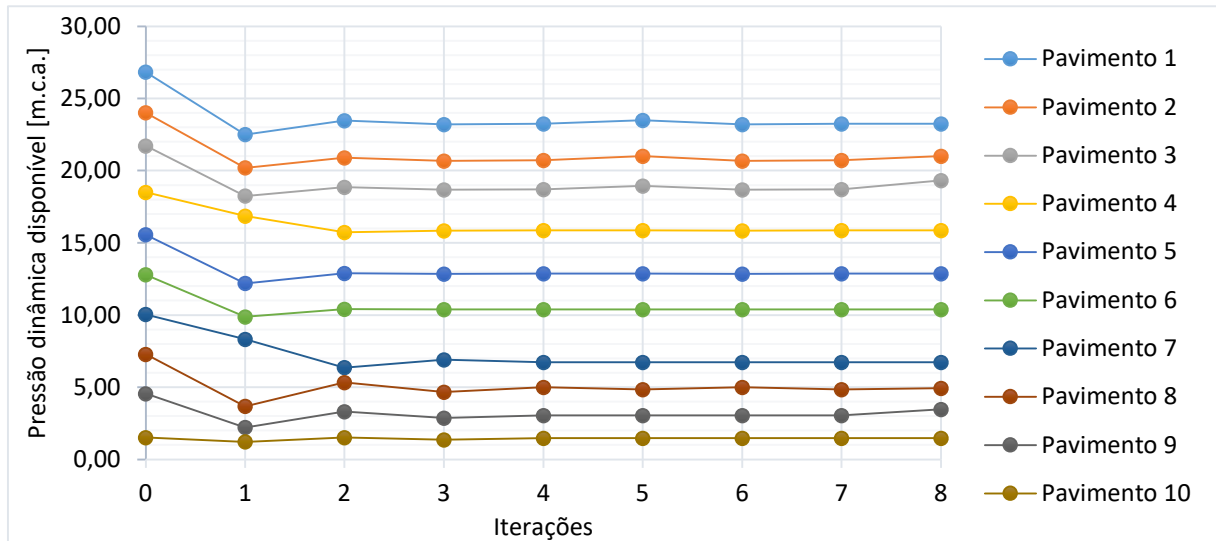


Fonte: elaborado pelo autor

6.1.3 Pressões

No Gráfico 18, é possível observar os valores de pressão dinâmica disponível para cada ponto de chuva em cada pavimento por iteração, sendo a primeira (de número zero) a obtida considerando a vazão dada pela NBR 5626 (1998).

Gráfico 18 – Pressão nos pontos de chuva nas iterações por pavimento



Fonte: elaborado pelo autor

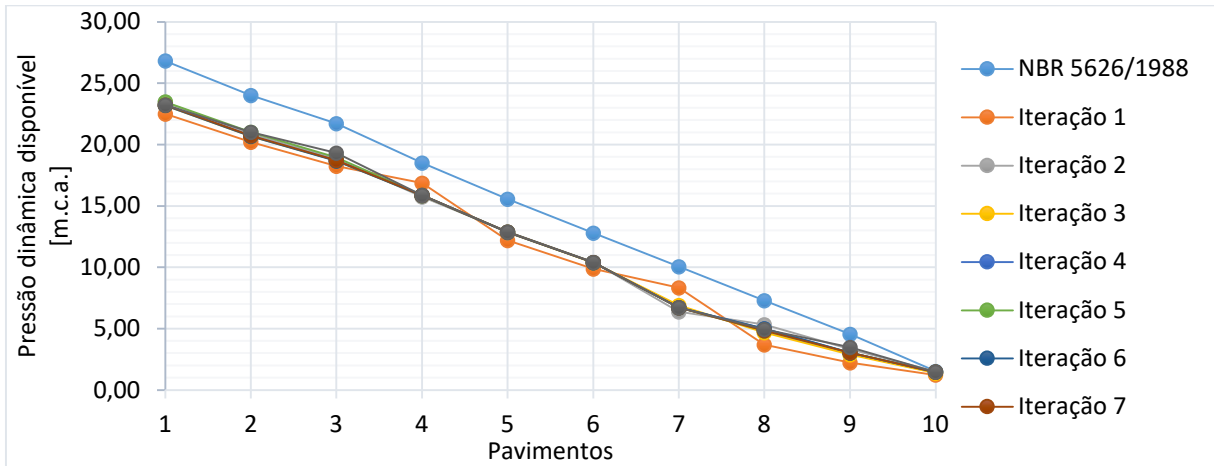
O Gráfico 19 mostra que os valores de pressão nos pontos de chuva crescem de cima para baixo, isto é, dos pavimentos mais superiores para os mais inferiores, como era esperado, tendo em vista que a distribuição de água se dá por gravidade a partir dos reservatórios superiores.

Observa-se ainda que o processo iterativo convergiu rapidamente, exigindo apenas 8 iterações para atingir valores constantes. Cabe salientar que a rápida convergência se deu pela adequada escolha das bitolas das tubulações, uma vez que bitolas menores provocam maior perda de carga na rede, sendo assim necessário um maior número de iterações devido a grandes variações das pressões no sistema.

Os Gráfico 19 e Gráfico 20 mostram que todos os valores de pressão disponível nos pontos de chuva foram menores quando comparado aos obtidos pelo procedimento da NBR 5626 (1998).

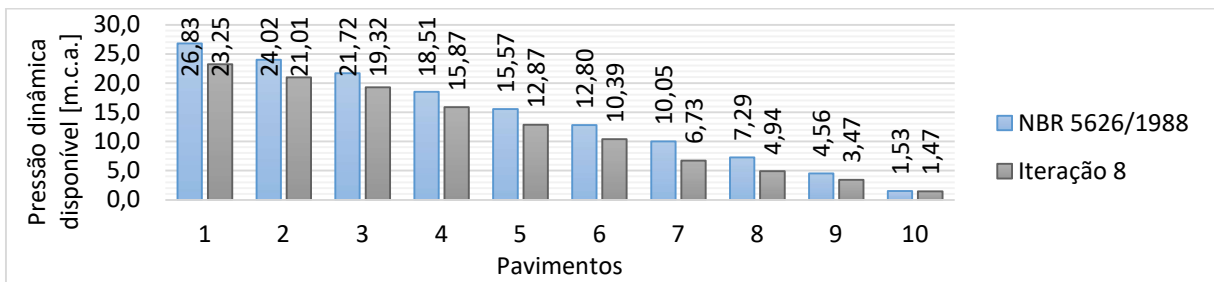
Esse comportamento ocorre pois os valores de vazão obtidos na curva característica são muito maiores (vide item 6.1) que o valor tabelado da referida norma, provocando, portanto, maior perda de carga total, conforme verificado nos gráficos supracitados.

Gráfico 19 – Pressão nos pontos de chuva nos pavimentos por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

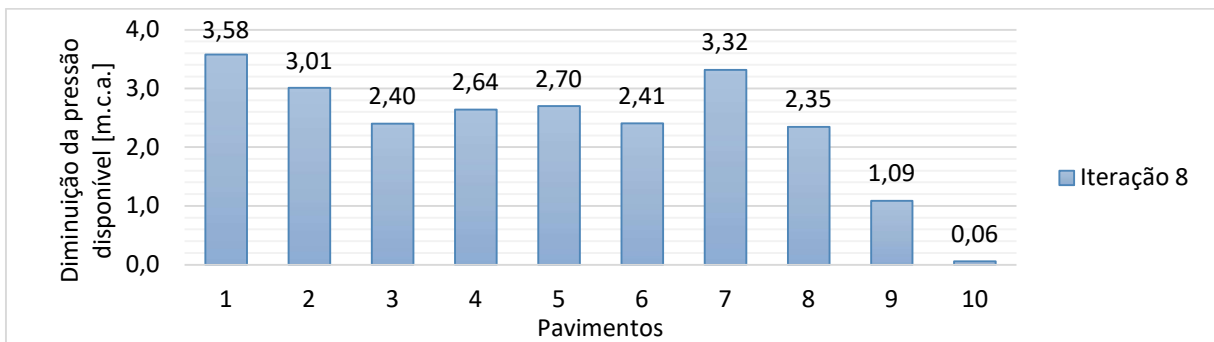
Gráfico 20 – Comparação da pressão disponível em cada pavimento dado pelo dimensionamento da NBR 5626 (1998) e da nova rotina proposta



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 21 apresenta a diminuição, em valores absolutos, da pressão nos pontos de chuva em cada pavimento. Observa-se que os três últimos pavimentos, oitavo ao décimo, apresentam os menores valores, enquanto que os demais não apresentam comportamento bem-definido tendo em vista oscilações provocadas pelas perdas de carga totais.

Gráfico 21 – Diminuição da pressão em cada pavimento na oitava iteração comparado ao valor da NBR 5626 (1998)

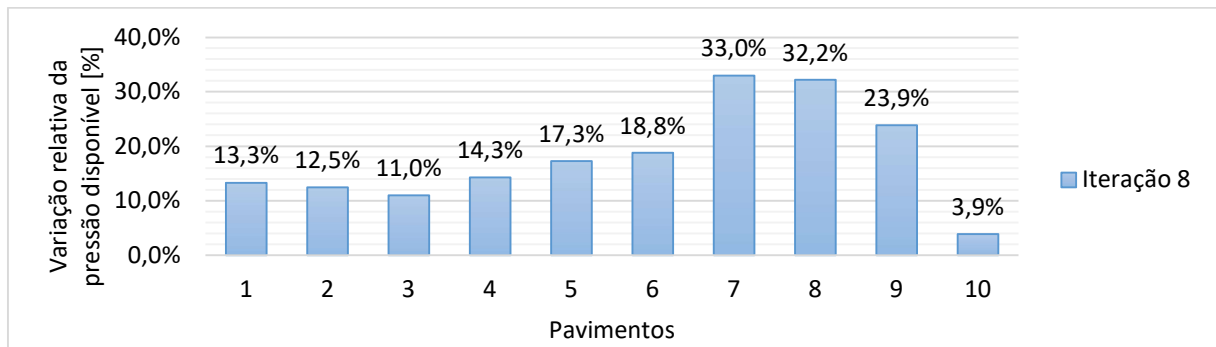


Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 22, por sua vez, mostra a diminuição relativa dos valores comparativos mostrados no Gráfico 20. É possível observar que as diminuições de pressão, do primeiro ao sexto pavimentos, ficam próximas a 15%, com tendência decrescente nos três primeiros e crescente no três últimos.

Os pavimentos sétimo ao nono possuem maiores diminuições da perda de carga, enquanto que o 10º pavimento possui o menor valor relativo de todos.

Gráfico 22 - Diminuição percentual da pressão em cada pavimento na oitava iteração comparado ao valor da NBR 5626 (1998)



Fonte: elaborado pelo autor

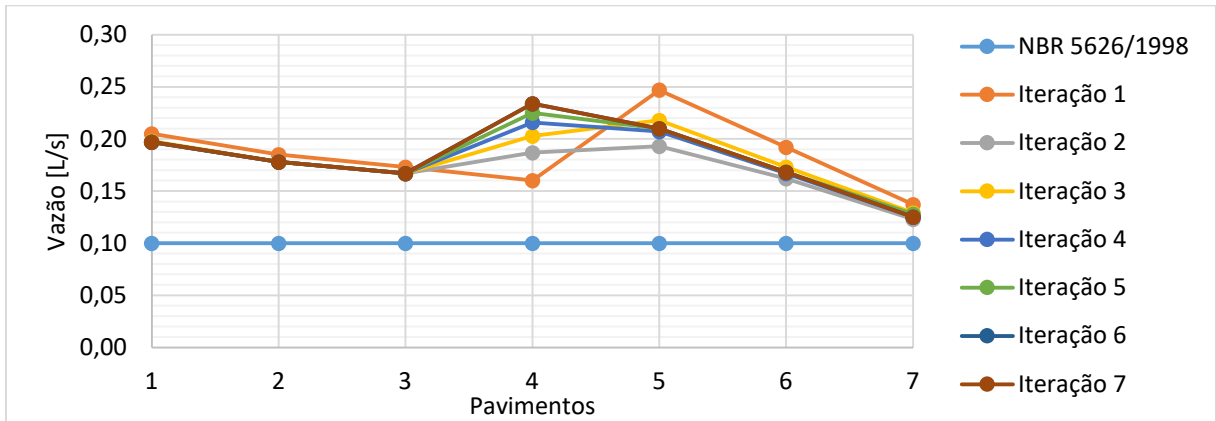
Maiores informações do dimensionamento apresentado nos gráficos e tabelas supracitados podem ser consultados no APÊNDICE C e nas pranchas de desenho C1-HID01, C1-HID02 e C1-HID03 anexas ao fim.

6.2 SEGUNDO CENÁRIO – TODOS OS APARELHOS COM VAZÃO CONSTANTE E CHUVEIRO COM VAZÃO VARIÁVEL

6.2.1 Vazões

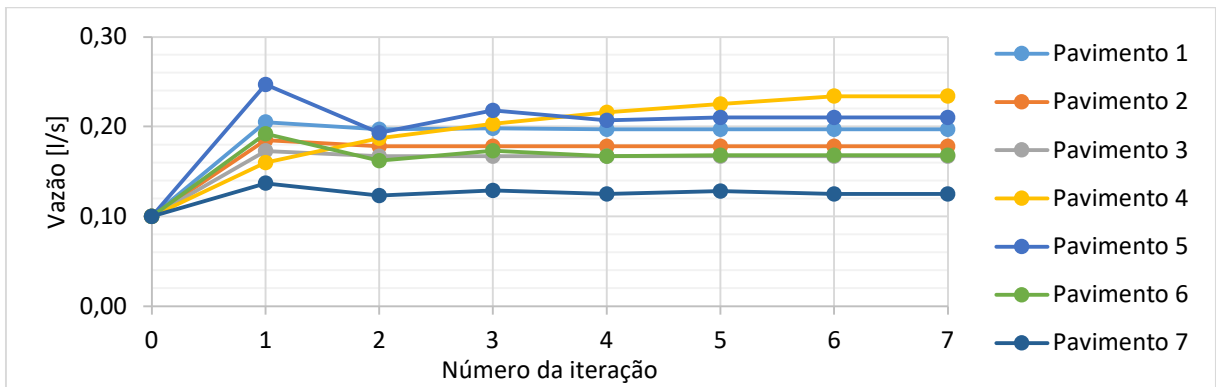
Nos Gráfico 23 e Gráfico 24, é possível observar que, para todos os pavimentos e iterações, as vazões são maiores que a vazão tabelada da NBR 5626 (1998), implicando em maior perda de carga, conforme mostrado no item 6.2.2, pois possuem relação direta segundo a equação (6).

Gráfico 23 – Vazão nos pontos de cada pavimento por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 24 – Vazão no ponto de chuva nas iterações por pavimento

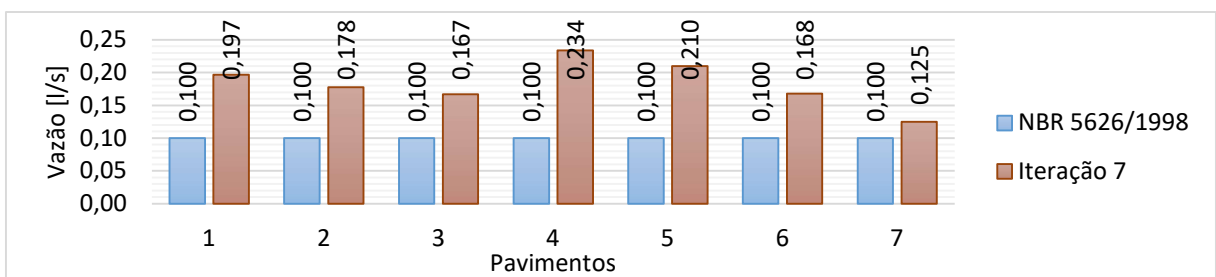


Fonte: elaborado pelo autor

No Gráfico 25 observa-se que as vazões caem até o terceiro pavimento, mas sobe no quarto pavimento, e volta a cair progressivamente até o sétimo pavimento. Esse comportamento pode ser explicado analisando os gráficos de pressão do sistema e da curva característica no item 6.2.3.

Quando as pressões estão em intervalos de diferentes curvas características, conforme mostrado nos Gráfico 3, Gráfico 4, Gráfico 5 e Gráfico 6, há uma descontinuidade na tendência das pressões e, conseqüentemente, nas vazões do sistema.

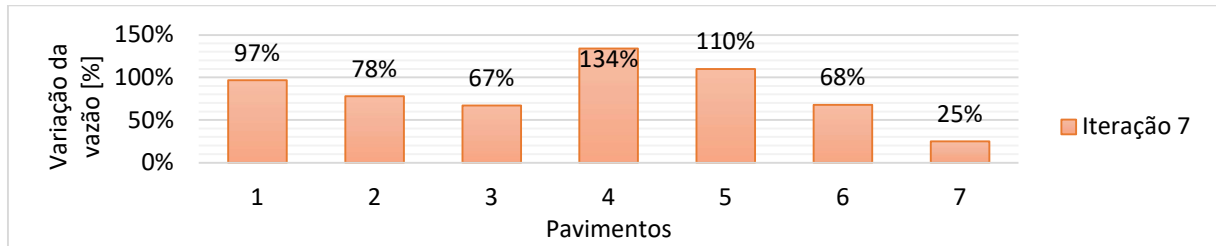
Gráfico 25 – Comparativo do resultado de vazão nos pontos de chuva em cada pavimento



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 26 mostra o percentual de aumento das vazões comparativamente à rotina da NBR 5626 (1998). As vazões resultaram maiores em todos os pavimentos, sendo que a vazão obtida mais que dobrou o valor em dois dos sete pavimentos; as vazões aumentaram mais que 50% em quatro deles; e apenas um teve aumento menor que 50%.

Gráfico 26 – Comparativo do valor relativo de vazão entre rotina da NBR 5626 (1998) e a nova rotina proposta



Fonte: elaborado pelo autor

6.2.2 Perdas de carga e seleção dos hidrômetros

Foi considerada a instalação de um hidrômetro individualizado para cada apartamento. Considerando os aparelhos existentes e sua quantidade em cada apartamento, conforme a Tabela 11, estimou-se 3,1 pesos, equivalente a 0,53 L/s ou 1,9 m³/h. Portanto, foram selecionados hidrômetros de VN 2,50 m³/h para o cálculo pela rotina da NBR 5626 (1998).

Para o cálculo usando a nova rotina proposta, observou-se que os novos valores de vazão obtidos no ponto do chuveiro (vide item 6.2.1) não variaram suficientemente para provocar uma mudança na especificação dos hidrômetros selecionados. Sendo assim, foram adotados também hidrômetros de VN 2,50 m³/h para o cálculo pela nova rotina.

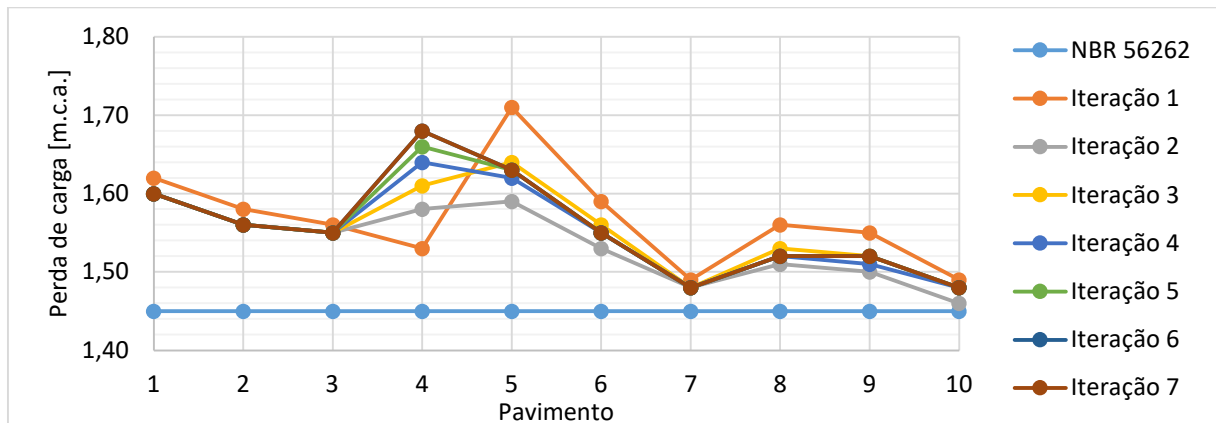
A partir dos valores de vazão circulante mostrados no Gráfico 24, foram determinados os valores das perdas de carga nos hidrômetros, conforme mostrado na Tabela 14 e Gráfico 27.

Tabela 14 – Valor da perda de carga nos hidrômetros de cada pavimento por iteração

1	Perda de carga [m.c.a.]								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pavimento	NBR 5626 (1998)	Iteração 1	Iteração 2	Iteração 3	Iteração 4	Iteração 5	Iteração 6	Iteração 7	Iteração 8
1	1,45	1,62	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
2	1,45	1,58	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
3	1,45	1,56	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
4	1,45	1,53	1,58	1,61	1,64	1,66	1,68	1,68	1,70
5	1,45	1,71	1,59	1,64	1,62	1,63	1,63	1,63	1,63
6	1,45	1,59	1,53	1,56	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
7	1,45	1,49	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
Média	1,45	1,58	1,56	1,57	1,57	1,58	1,58	1,58	1,58

Fonte: elaborado pelo autor

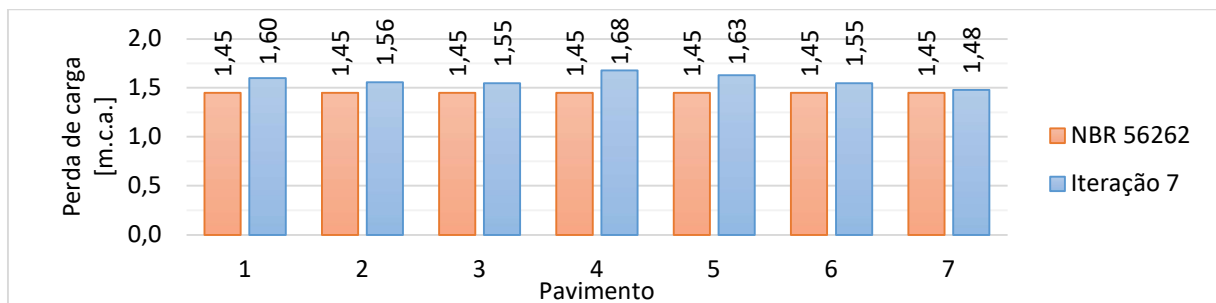
Gráfico 27 – Valor da perda de carga nos hidrômetros de cada pavimento por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 28 mostra um comparativo da perda de carga nos hidrômetros em cada pavimento entre a rotina da NBR 5626 (1998) e a nova rotina proposta, sendo os valores obtidos diretamente proporcionais aos valores de vazão circulante em cada pavimento (vide Gráfico 25), isto é, quanto maior a vazão, maior a perda de carga e vice-versa.

Gráfico 28 – Comparativo dos valores de perda de carga em hidrômetros em cada pavimento entre a rotina da NBR 5626 (1998) e da nova rotina proposta

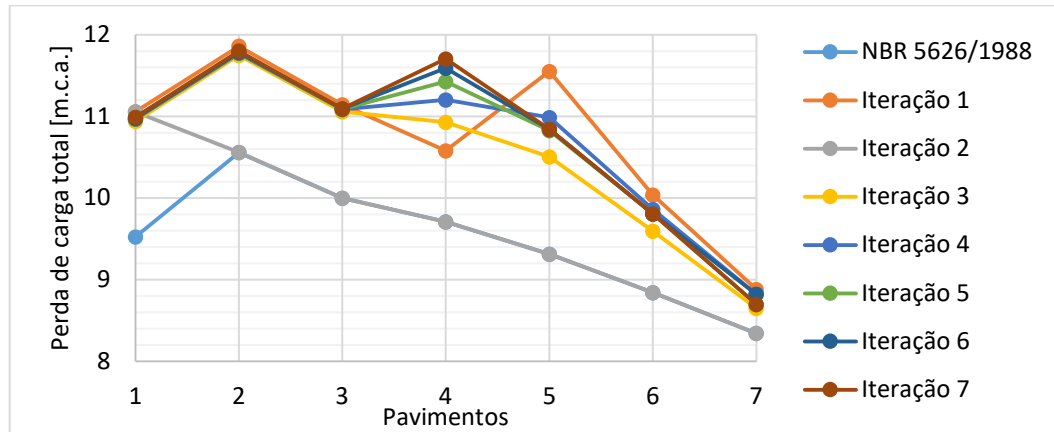


Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 29 mostra as perdas de carga totais nos pavimentos por iteração, desde a saída do reservatório até o ponto do chuveiro no apartamento-tipo de cada pavimento. Observa-se que as perdas de carga totais na primeira verificação pela rotina da NBR 5626/1988 apresentam valores bem inferiores em todos os pavimentos quando comparados às iterações, exceto a segunda, cujo valores são muito próximos aos da primeira verificação.

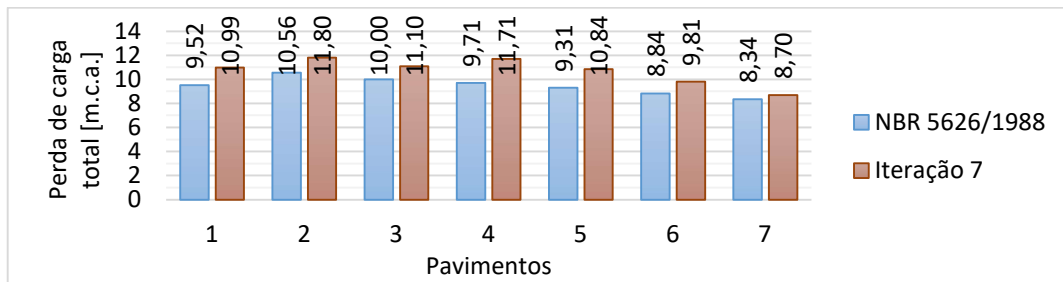
O Gráfico 30 mostra um comparativo da perda de carga total obtida no dimensionamento pela rotina da NBR 5626 (1998) e a nova rotina proposta. É notável que o valor das perdas de carga resultam maiores no novo método, uma vez que a vazão do sistema aumentou (vide item 6.2.1) devido às pressões disponíveis nos pontos de consumo (vide item 6.2.3) também terem sido maiores.

Gráfico 29 – Perda de carga total nos pavimentos por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 30 – Comparação da perda de carga total nos pavimentos dados pelo dimensionamento pela NBR 5626 (1998) e nova rotina proposta

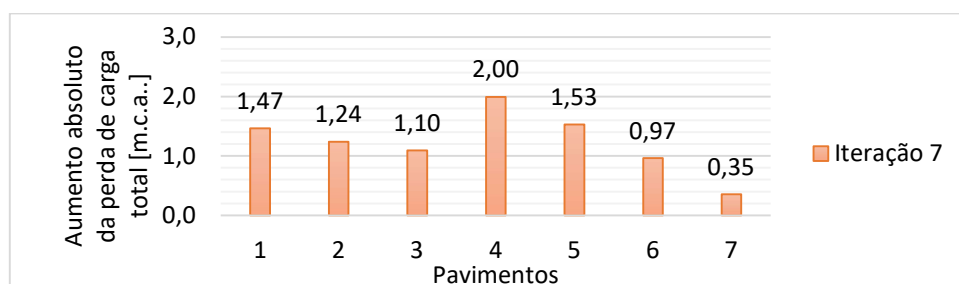


Fonte: elaborado pelo autor

Os Gráfico 31 e Gráfico 32 mostram, respectivamente, as variações absolutas e relativas dos valores comparativos apresentados no Gráfico 30. Observa-se que todas as perdas de carga totais são maiores na nova rotina, e todos os aumentos são inferiores a 25%.

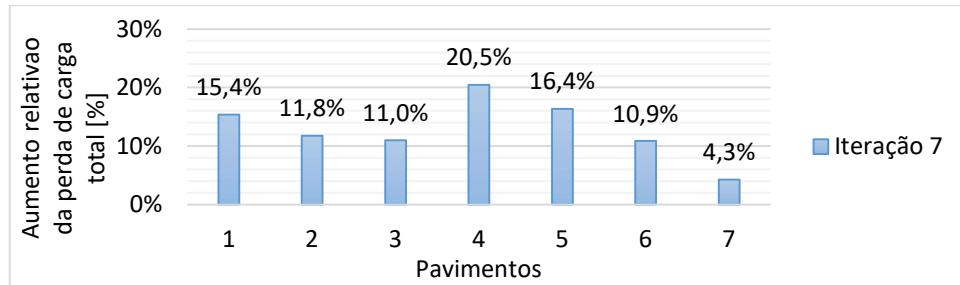
Observa-se ainda que há uma tendência decrescente dos valores do primeiro ao terceiro pavimento em ambos os gráficos. Há uma descontinuidade no quarto pavimento, em que o valor aumenta, mas permanece a tendência de queda até o sétimo pavimento. Esse comportamento é similar ao visto nos Gráfico 25, Gráfico 26 e Gráfico 30.

Gráfico 31 – Variação absoluta da perda de carga total em cada pavimento da nova rotina proposta comparada aos valores da NBR 5626 (1998)



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 32 – Variação percentual da perda de carga em cada pavimento por iteração comparado ao valor da NBR 5626 (1998)

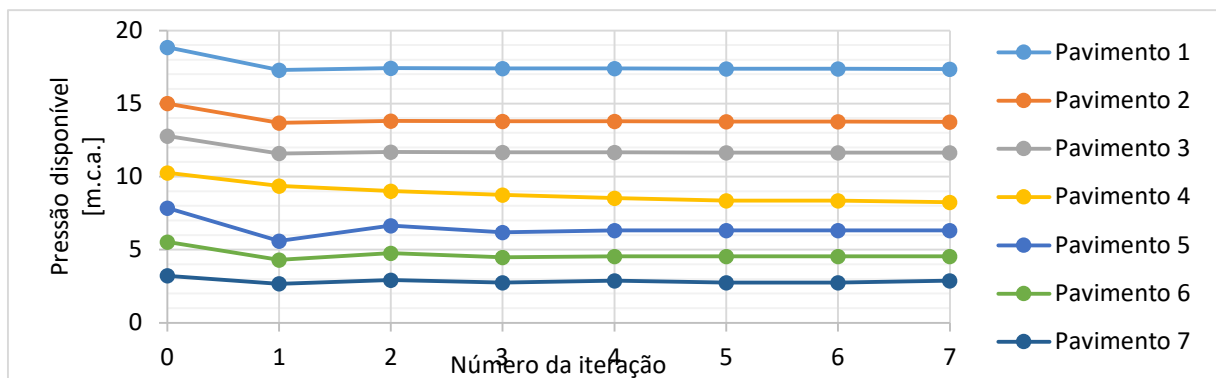


Fonte: elaborado pelo autor

6.2.3 Pressões

No Gráfico 33, é possível observar os valores de pressão dinâmica disponível para o ponto de chuveiro em cada pavimento a cada iteração, sendo a primeira (de número zero) a obtida considerando a vazão dada pela rotina da NBR 5626 (1998).

Gráfico 33 – Pressão nos pontos de chuveiro a cada iteração por pavimento



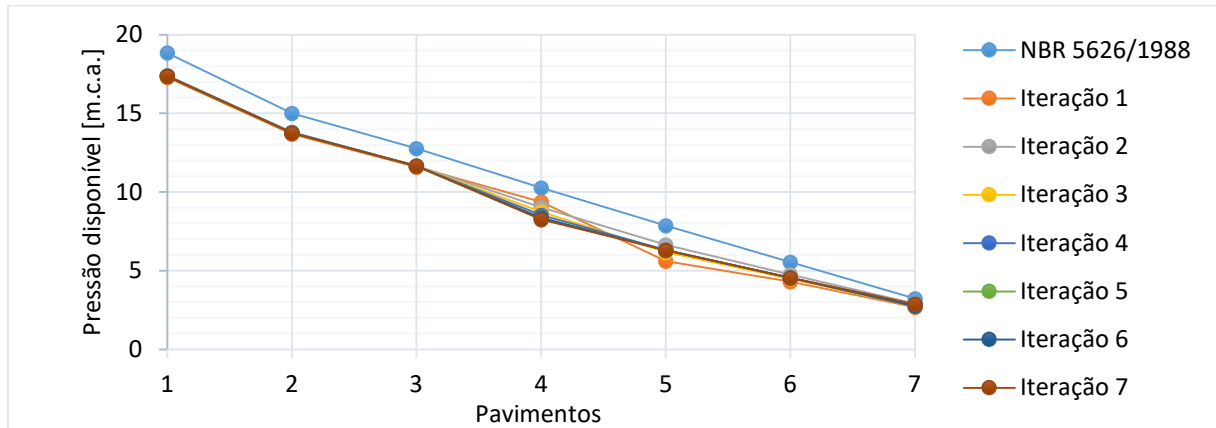
Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 34 mostra que os valores de pressão nos pontos de chuveiro crescem de cima para baixo, isto é, dos pavimentos mais superiores para os mais inferiores, dado que a distribuição de água se dá por gravidade a partir dos reservatórios superiores.

Observa-se ainda que o processo iterativo convergiu rapidamente, exigindo apenas 7 iterações para atingir valores constantes. Foi mais rápido, inclusive, que o primeiro cenário.

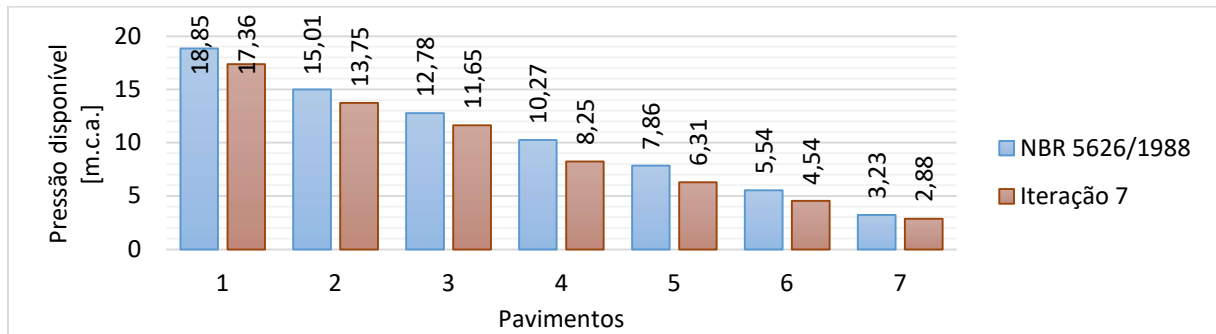
A rápida convergência se deu, assim como no primeiro cenário, pela adequada escolha das bitolas das tubulações, uma vez que bitolas menores provocam maior perda de carga na rede, acarretando em maior número de iterações para atingir o equilíbrio das pressões do sistema.

Gráfico 34 – Pressão nos pontos de chuva nos pavimentos por iteração



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 35 – Comparação da pressão disponível em cada pavimento dado pelo dimensionamento da NBR 5626 (1998) e da nova rotina proposta

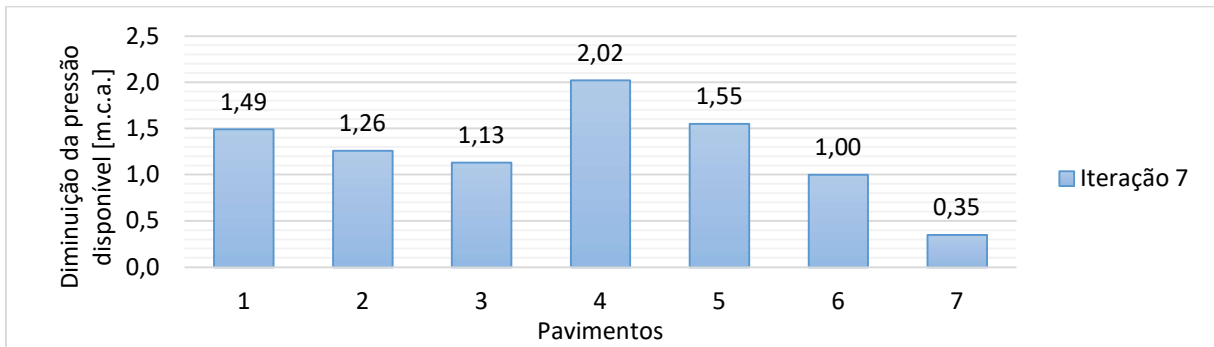


Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 36 apresenta a diminuição, em valores absolutos, da pressão nos pontos de chuva em cada pavimento. Observa-se que em todos os pavimentos há diminuição da pressão reflexo da maior perda de carga total do sistema, conforme visto nos Gráfico 30, Gráfico 31 e Gráfico 32.

Observa-se ainda uma tendência decrescente dos valores do primeiro ao terceiro pavimentos, mas sobe no quarto pavimento, mantendo a tendência de queda até o sétimo pavimento. Esse comportamento se repete nos resultados obtidos de vazões (vide Gráfico 25) e perdas de carga totais (vide Gráfico 31)

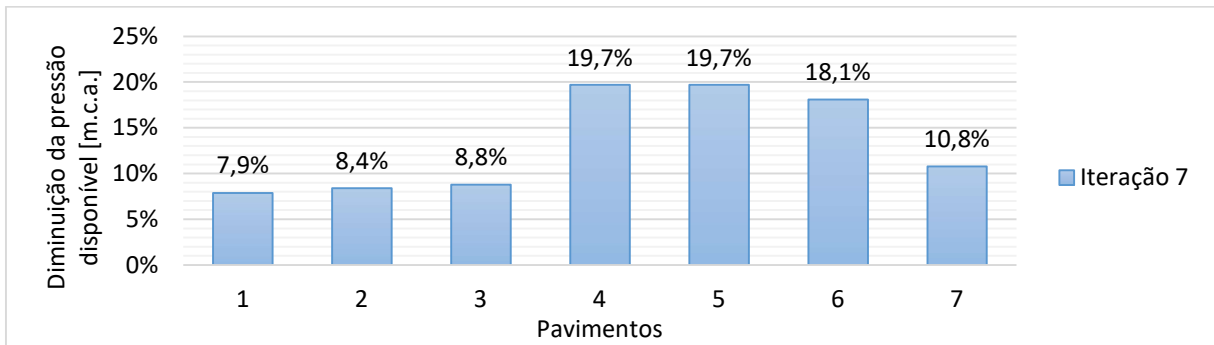
Gráfico 36 – Diminuição da pressão em cada pavimento na oitava iteração comparado ao valor da NBR 5626 (1998)



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 37, por sua vez, mostra a diminuição relativa, em termos absolutos, dos valores comparativos mostrados no Gráfico 35. É possível observar que as diminuições de pressão ficam próximas a 10% do primeiro ao terceiro e sétimo pavimentos, com tendência crescente. Por outro lado, as diminuições ficam próximas a 20% do quarto ao sexto pavimentos, mas com tendência decrescente.

Gráfico 37 - Diminuição percentual da pressão em cada pavimento na oitava iteração comparado ao valor da NBR 5626 (1998)



Fonte: elaborado pelo autor

Maiores informações do dimensionamento apresentado nos gráficos e tabelas supracitados podem ser consultados no APÊNDICE D e nas pranchas de desenho C2-HID01, C2-HID02 e C2-HID03 anexas ao fim.

7 CONCLUSÃO

O estudo realizado neste trabalho conseguiu, de maneira satisfatória, obter valores de vazão mais compatíveis com o real regime de funcionamento dos aparelhos sanitários de uma edificação residencial multipavimentos.

Vale lembrar que foi utilizado apenas o ponto de chuveiro com vazão variável, a título de exemplo, para demonstrar o uso e a aplicação das curvas características dos aparelhos sanitários, que de modo nenhum prejudica a obtenção dos resultados desejados em relação ao objeto de estudo.

Ainda assim, os valores de vazão obtidos só foram possíveis a partir da proposição de uma nova rotina de cálculo alternativa a da NBR 5626 (1998), uma vez que essa rotina não dá subsídios suficientes ao projetista hidráulico para considerar a vazão variável nos pontos de consumo, a fim de realizar um cálculo mais adequado da rede de distribuição predial.

A nova rotina proposta foi testada em dois cenários distintos, com o primeiro considerando uma situação hipotética só com chuveiros na edificação, todos com a vazão variável, regidos pela curva característica selecionada para este aparelho.

Esse primeiro cenário teve por intuito mostrar as grandes variações nas vazões, perdas de carga e pressões nos pontos considerados, de forma a deixar evidente, quando comparado com o segundo cenário, que os SPAF que possuam todos os aparelhos com grande variação da vazão em função da pressão no ponto podem apresentar consumos reais de água bem maiores dos valores recomendados pela NBR 5626 (1998), podendo ser selecionado hidrômetros de maior vazão nominal, isto é, com maior capacidade de vazão, se o critério for a vazão nominal imediatamente maior ou igual à vazão circulante no ramal onde será realizada a medição.

Ainda assim, a seleção do hidrômetro depende do critério adotado pelo projetista, segundo a boa prática da engenharia, uma vez que não há uma clara orientação normativa sobre isso.

O segundo cenário, por sua vez, simulou uma situação real da rede de distribuição predial, mantendo os chuveiros com vazão variável, mas contemplando os demais aparelhos existentes nos apartamentos da edificação – como lavatórios, pias de cozinha, tanques de lavar, máquinas de lavar roupas e louças e bacias sanitárias – à vazão constante pela NBR 5626 (1998).

Esse cenário teve por intuito mostrar que uma edificação com inúmeros aparelhos sanitários que apresentam vazões constantes em sua maioria e pequena quantidade de aparelhos de vazão variável a uma grande faixa de valores possíveis apresenta, quando comparado com o primeiro

cenário, menores variações absolutas e relativas quanto às vazões, perdas de carga e pressões de um modo geral.

Vale destacar que o segundo cenário precisou de uma iteração a menos até as vazões convergirem para valores constantes, justificado possivelmente pelas menores variações dos parâmetros supracitados.

No segundo cenário, o diâmetro das tubulações em todos os trechos permaneceu igual ao da primeira verificação pela NBR 5626 (1998). Para o primeiro cenário, os diâmetros também se mantiveram, exceto no ramal de alimentação dos apartamentos do 10º pavimento, em que foi necessário aumentar a bitola para uma imediatamente superior para atingir a pressão mínima no ponto do chuveiro desse pavimento.

Sendo assim, o impacto de considerar a vazão variável em ambos os cenários resultou em nenhuma a muito pouca alteração no diâmetro das canalizações, considerando os critérios adotados para o dimensionamento, especialmente para a seleção dos hidrômetros, uma vez que esses podem gerar impacto considerável nas perdas de carga na rede à jusante e, conseqüentemente, provocar a necessidade de aumento no diâmetro das canalizações.

No que tange às limitações encontradas, restringiu-se a poucos fabricantes de referência a coleta de informações relativas às fichas técnicas dos aparelhos sanitários.

A nova rotina proposta exigiu, por outro lado, relacionar inúmeros dados calculados em diversas iterações até obter-se os resultados de interesse. Essa complexidade envolvida no dimensionamento exigiu, portanto, a elaboração de uma planilha de cálculo mais robusta quando comparado à planilha aparentemente similar dada pela rotina da NBR 5626 (1998).

A implementação dessa planilha de cálculo exige maior esforço do projetista para que se tenha os dados bem organizados e bem relacionados, e, devido à grande quantidade de informações e falta de tempo hábil, não foi possível simular a vazão variável em todos os pontos.

Sugere-se, nesse sentido, que softwares de cálculo sejam implementados de forma a facilitar o trabalho do projetista e, principalmente, evitar que equívocos sejam cometidos ao relacionar os dados.

Como melhoria para este estudo, sugere-se realizar uma pesquisa mais abrangente, com diversos fabricantes de referência nacionais, com informações detalhadas quanto a curva característica e pressões de trabalho dos aparelhos sanitários comumente empregados nas instalações prediais.

Sugere-se também dimensionar a rede de distribuição usando-se a curva característica dos modelos de aparelhos mais usados nas instalações prediais brasileiras.

Recomenda-se, por fim, realizar estudo de outros cenários considerando hidrômetros de diferentes vazões nominais, analisando seu impacto na infraestrutura de canalizações, sobretudo no diâmetro das tubulações.

REFERÊNCIAS

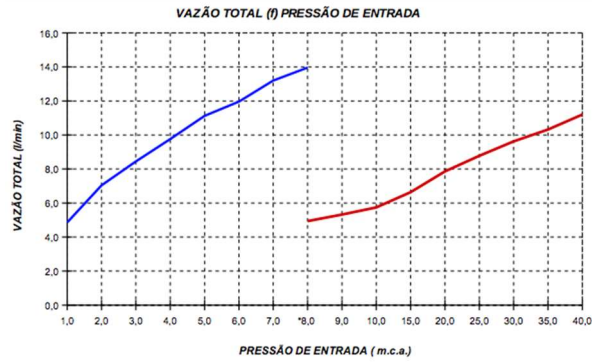
- AMORIM, M. M. L.; CAMPOS, M. A. S. **Determinação da vazão de projeto para a escolha dos hidrômetros de edificações residenciais com medição individualizada.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 403-420, jan./mar. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- BRAVO, J. M. **Capítulo 2 – Instalações Prediais de Água Fria (IPAF),** [s.d.].
- CARVALHO JÚNIOR, R. DE. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura.** 7. ed. São Paulo: Blücher, 2013.
- CREDER, H. Instalações Prediais de Água Potável. In: **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. p. 1–146.
- FONSECA, J. J. S. DA. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UECE, 2002.
- GERHARD, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa.** 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- ILHA, M. S. DE O.; OLIVEIRA, L. H. DE; GONÇALVES, O. M. **Sistemas de medição individualizada de água: como determinar as vazões de projeto para a especificação dos hidrômetros?** v. 15, n. 2, p. 177–186, jun. 2010.
- MACINTYRE, A. J. Instalações de Água Potável. In: **Instalações hidráulicas: prediais e industriais.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. p. 1–84.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei Nº 13.312,** 12 de Julho de 2016.

APÊNDICE A — CURVA CARACTERÍSTICA DE VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DE ENTRADA PARA CHUVEIROS

Tabela 15 – Modelos de chuveiros e respectivas curvas características de vazão em função da pressão disponível

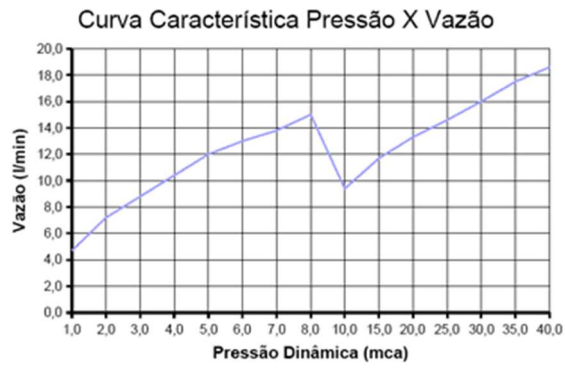
Modelo	Curva Característica de Vazão
Acqua Duo Flex	<p>CURVA CARACTERÍSTICA VAZÃO (f) PRESSÃO DE ENTRADA</p> <p style="text-align: center;">— Chuveiro — Duchá</p>
Acqua Jet Ultra	<p>VAZÃO TOTAL (f) PRESSÃO DE ENTRADA</p> <p style="text-align: center;">* Com pressão de entrada de 8,0 m.c.a. foram realizadas medições com e sem redutor de pressão.</p>
Acqua Star Ultra	<p>Curva Característica Vazão Total (f) Pressão de Entrada</p> <p style="text-align: center;">* A partir de 8,0 m.c.a. foi utilizado redutor de pressão (com 8,0 m.c.a. foram realizadas medições com e sem redutor)</p>
Acqua Storm Ultra	<p>Curva Característica Vazão Total (f) Pressão de Entrada</p> <p style="text-align: center;">* A partir de 8,0 m.c.a. foi utilizado redutor de pressão (com 8,0 m.c.a. foram realizadas medições com e sem redutor)</p>

Acqua Wave Ultra

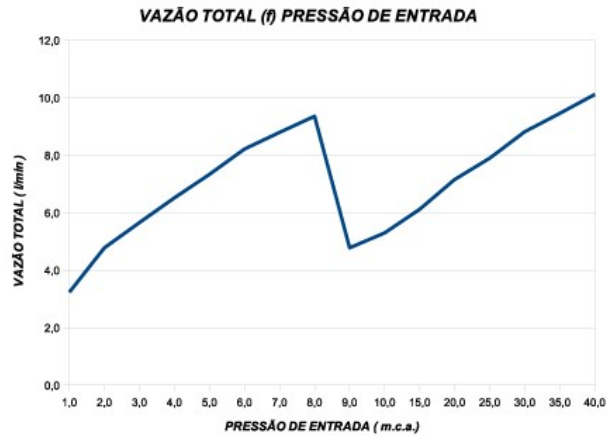


* Com pressão de entrada de 8,0 m.c.a. foram realizadas medições com e sem redutor de pressão.

Advanced Eletrônica

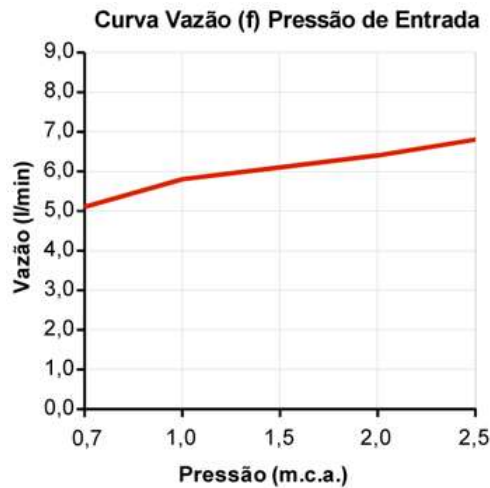


Bella Ducha 4T Ultra



Acima de 8,0 m.c.a. foi utilizado redutor de pressão

Bella Ducha Turbo Ultra

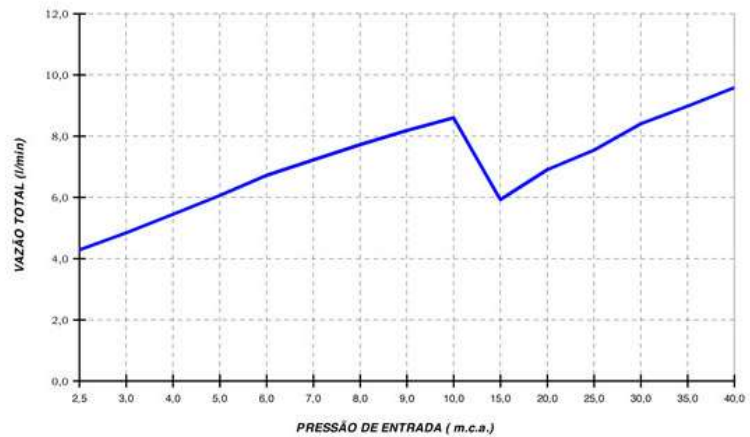


Curva de Vazão x Pressão da Ducha

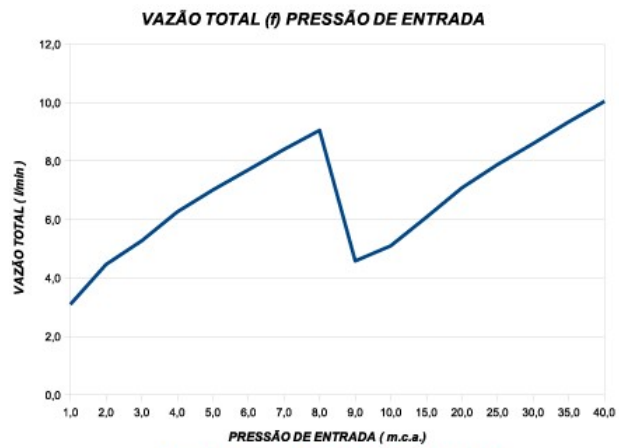
Blinducha



Duo Shower Eletrônica

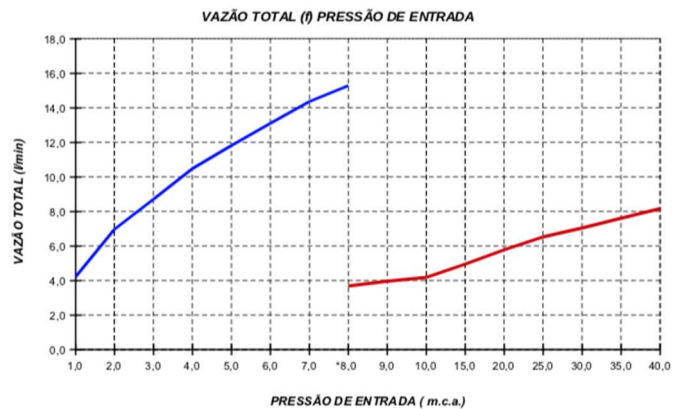


Ducha Fashion

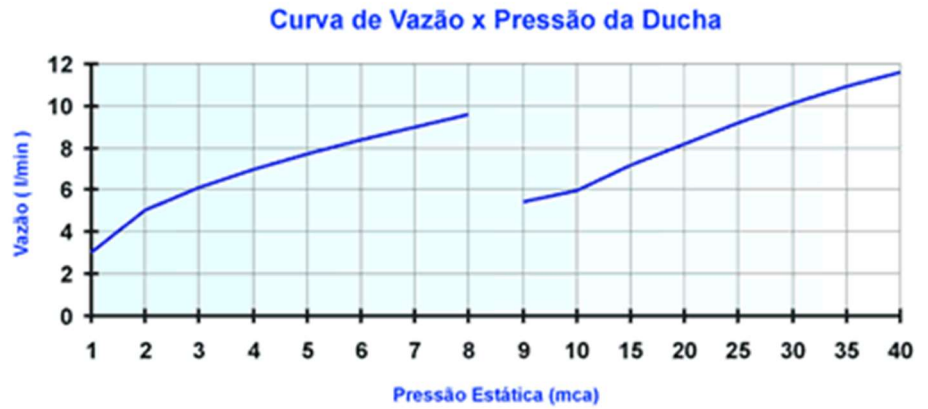


Acima de 8,0 m.c.a. foi utilizado redutor de pressão

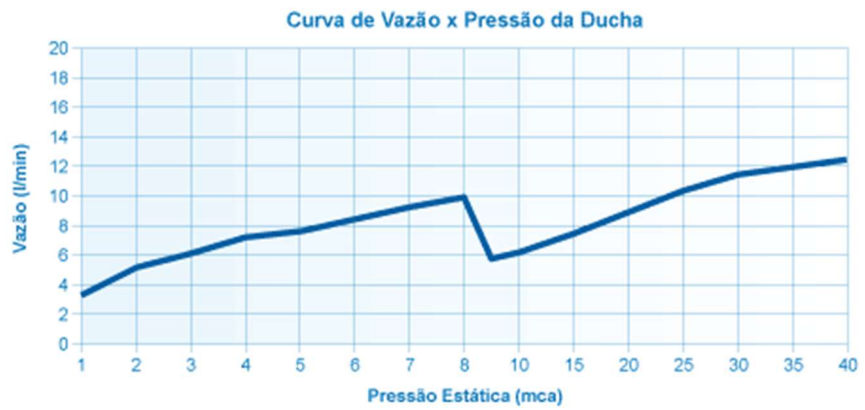
Futura Eletrônica



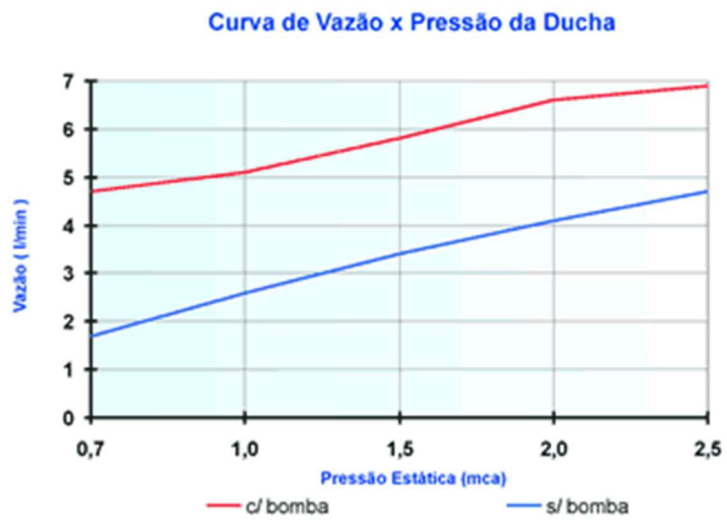
Jet 4



Jet Control Eletrônica



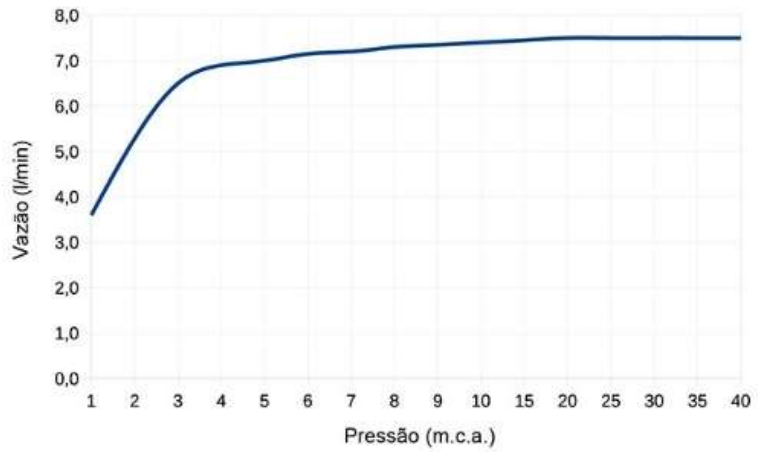
Jet Turbo



Loren Bello Ultra

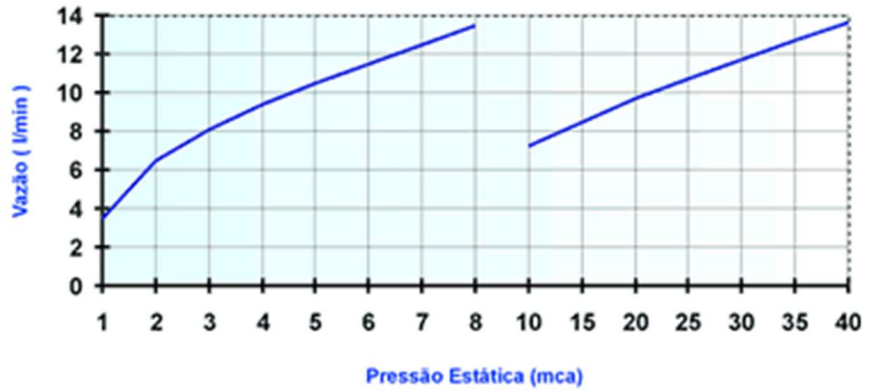


Loren Shower Ultra Eletrônico



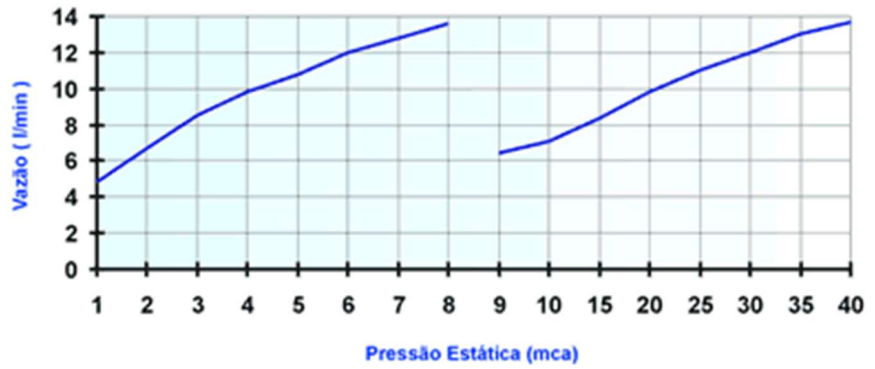
Curva de Vazão x Pressão da Ducha

Lorenducha



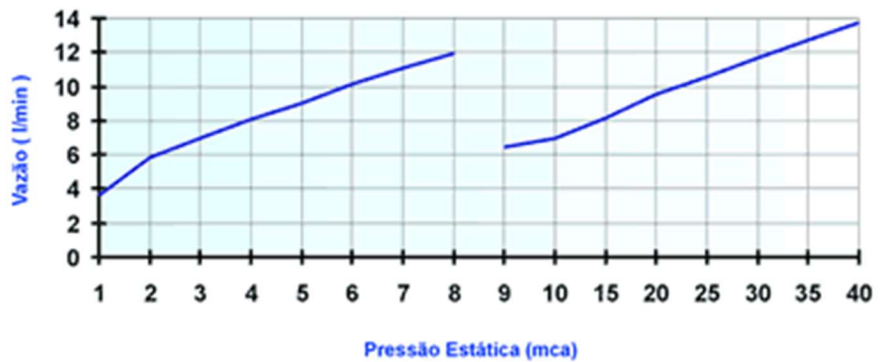
Curva de Vazão x Pressão da Ducha

Maxi Ducha Ultra

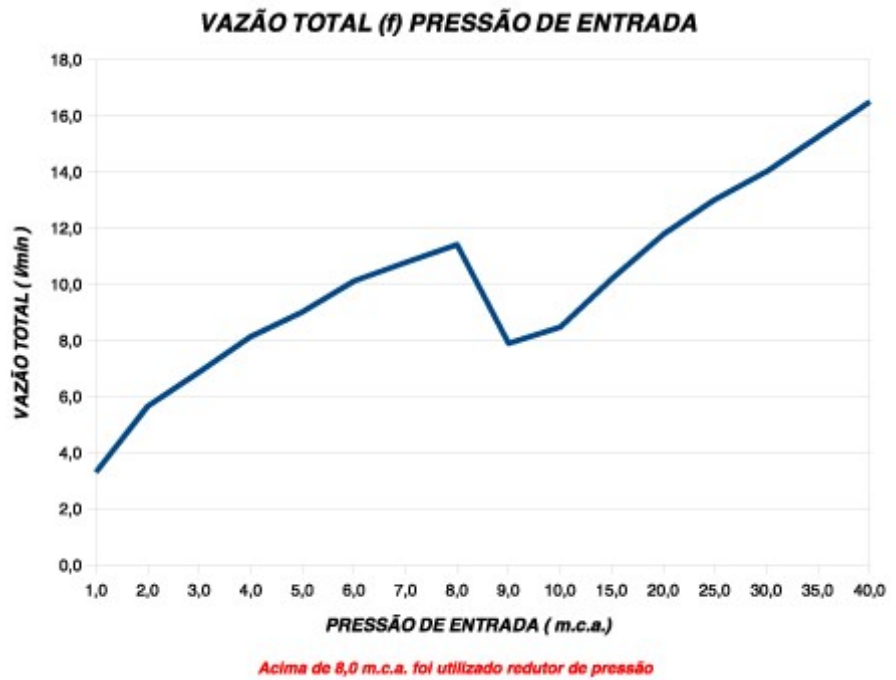


Curva de Vazão x Pressão da Ducha

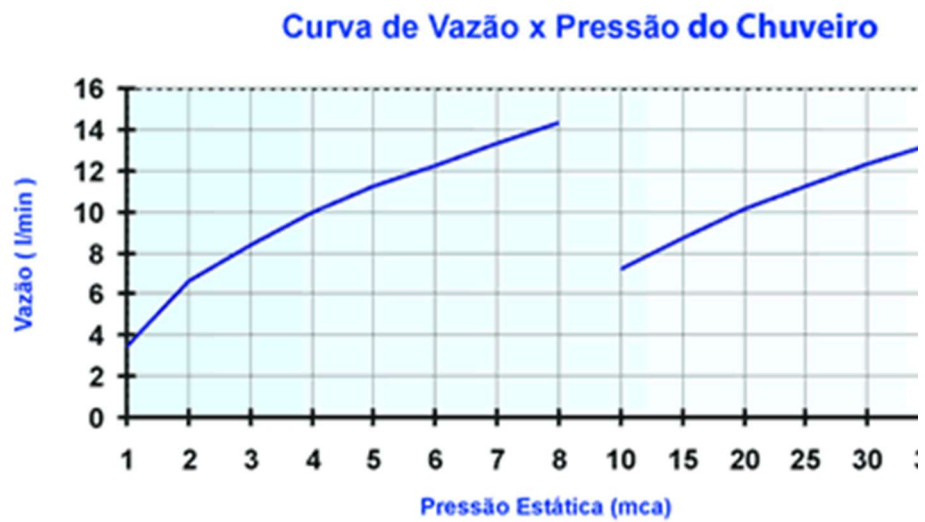
Relax Ultra



Top Jet Eletrônica



Tradição



Fonte: Lorenzetti

APÊNDICE B — MODELOS DE APARELHOS SANITÁRIOS USADOS POR REFERÊNCIA

A Tabela 16 apresenta modelos de caixas acopladas para bacias sanitárias do fabricante Deca, pesquisados para obtenção dos valores de pressão de funcionamento.

Tabela 16 – Modelos de caixa acoplada com acionamento duo e respectivos websites

Linha	Modelo	Website
Aspen/Izy/Ravena/Fast/Flex	CD.00F.87	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-cinza-cd00f87/
Axis/Living/Piano/Polo/Quadra/Unic	CD.21F.86	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-cinza-fosco-cd21f86/
Carrara/Nuova	CD.11F.GL.RD.17	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-branco-cd11fglrd17/
Carrara/Nuova	CD.11F.BL.MT.94	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-ebano-fosco-cd11fblmt94/
Lk	CD.23F.BL.NO.94	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-ebano-fosco-cd23fblno94/
Lk	CD.23F.22	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-marrom-fosco-cd23f22/
Lk	CD.23F.17	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-branco-cd23f17/
Axis/Living/Piano/Polo/Quadra/Unic	CD.21F.BL.MT.94	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-ebano-fosco-cd21fblmt94/
Monte Carlo/Vogue Plus/Level/Flex/Clean	CD.01.37	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-creme-cd0137/
Caixa acoplada com acionamento Duo	CD.21F.GL.RD.22	https://www.deca.com.br/produto/caixa-acoplada-com-acionamento-duo-marrom-fosco-cd21fglrd22/

Fonte: elaborado pelo autor

A Tabela 17 apresenta os modelos de torneiras de mesa bica alta para lavatório do fabricante Deca, pesquisados para obtenção dos valores de pressão de funcionamento e respectivas vazões.

Tabela 17 – Modelos de torneiras de mesa bica alta para lavatório e respectivos websites

Linha	Modelo	Website
Jader Almeida	1189.BL100.GL	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-black-matte-gold-1189b1100gl/
Tube	1198.C.TUB	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-cromado-1198ctub/
Duna Clássica	1198.BL64.MT	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-black-matte-1198bl64mt/
Izy	1198.C37	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-cromado-1198c37/
Duna Clássica	1198.GL64.RD	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-red-gold-1198gl64rd/
Link	1198.C.LNK	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-cromado-1198clnk/
Polo	1198.C33	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-cromado-1198c33/

Tube	1198.C33	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-gold-matte-1198glubmt/
Tube	1198.BL.TUB.NO	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-black-noir-1198blubno/
Aspen	1198.C35	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-baixa-para-lavatorio-cromado-1198c35/
Tube	1198.BL.TUB.MT	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-black-matte-1198blubmt/
Disco	1198.C.DSC	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-cromado-1198cdsc/
Polo	1198.BL33.NO	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-black-noir-1198bl33no/
Flex Plus	1198.C21	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-cromado-1198c21/
Link	1199.C.LNK	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-de-90-graus-para-lavatorio-cromado-1199clnk/
Izy Plus	1198.C24	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-cromado-1198c24/
Spot	1198.C43	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-baixa-para-lavatorio-cromado-1198c43/
Tube	1199.C.TUB.PSO	https://www.deca.com.br/produto/torneira-curva-de-piso-cromado-1199ctubps/
Tube	1198.GL.TUB	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-gold-1198glub/
Polo	1198.GL33	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-alta-para-lavatorio-gold-1198gl33/

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 18 – Modelos de torneiras de parede para cozinha e respectivos websites

Linha	Modelo	Website
Izy	1159.C37	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-parede-para-cozinha-cromado-1159c37/
Just	1167.C27	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-para-cozinha-cromado-1167c27/
Max	1159.C34	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-parede-para-cozinha-cromado-1159c34/
Targa	1168.C40.CR	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-parede-para-cozinha-cromado-1168c40cr/
Izy	1168.C37	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-parede-para-cozinha-cromado-1168c37/
Link	1167.C.LNK	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-para-cozinha-cromado-1167clnk/
Max	1167.C34	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-para-cozinha-cromado-1167c34/
Link	1166.C.LNK	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-para-cozinha-cromado-1166clnk/
Flex Plus	1168.C21	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-parede-para-cozinha-cromado-1168c21/
Flex	1167.C20	https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-para-cozinha-cromado-1167c20/

Fonte: elaborado pelo autor

**APÊNDICE C — PLANILHAS DE ROTINA DE VERIFICAÇÃO DE PRESSÃO DISPONÍVEL DE PONTO DE CHUVEIRO EM
PAVIMENTO TÉRREO – PRIMEIRO CENÁRIO**

Tabela 19 – Primeira verificação (rotina da NBR 5626 (1998)) da pressão de ponto de chuva em pavimento térreo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trecho	Pesos Parciais	Pesos Totais	Vazão (L/s)	DN	DI (mm)	Vproj. (m/s)	Vmáx. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)		
								Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante	Requerida
1-2	0,00	2,00	0,42	40	35,2	0,43	2,50	9,16	12,80	21,96	0,0086	0,189	30,46	3,46	0,00	3,27	0,00
2-3	0,20	2,00	0,42	40	35,2	0,43	2,50	2,80	2,20	5,00	0,0086	0,043	27,00	2,80	3,27	6,03	0,00
3-4	0,20	1,80	0,40	32	27,8	0,66	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0242	0,104	24,20	2,80	6,03	8,73	0,00
4-5	0,20	1,60	0,38	32	27,8	0,63	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0221	0,095	21,40	2,80	8,73	11,44	0,50
5-6	0,20	1,40	0,35	32	27,8	0,58	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0191	0,082	18,60	2,80	11,44	14,16	0,50
6-7	0,20	1,20	0,33	32	27,8	0,54	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0173	0,074	15,80	2,80	14,16	16,89	0,50
7-8	0,20	1,00	0,30	32	27,8	0,49	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0146	0,063	13,00	2,80	16,89	19,63	0,50
8-9	0,20	0,80	0,27	32	27,8	0,44	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0122	0,052	10,20	2,80	19,63	22,38	0,50
9-10	0,20	0,60	0,23	32	27,8	0,38	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0092	0,040	7,40	2,80	22,38	25,14	0,50
10-11	0,30	0,40	0,19	32	27,8	0,31	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0066	0,028	4,60	2,80	25,14	27,91	0,50
11-12	0,00	0,10	0,09	25	21,6	0,25	2,06	19,34	32,10	51,44	0,0059	0,773	1,80	-0,30	27,91	26,84	0,50
12-13	0,10	0,10	0,09	25	21,6	0,25	2,06	0,00	1,20	1,20	0,0059	0,007	2,10	0,00	26,84	26,83	1,00
Total	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,550	–	–	–	–	–

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 20 – Segunda verificação (primeira iteração) da pressão da pressão de ponto de chuva em pavimento térreo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trecho	Pesos Parciais	Pesos Totais	Vazão (L/s)	DN	DI (mm)	Vproj. (m/s)	Vmáx. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)		
								Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante	Requerida
1-2	0,00	8,64	0,88	40	35,2	0,90	2,63	9,16	12,80	21,96	0,0313	0,687	30,46	3,46	0,00	2,77	0,00
2-3	0,21	8,64	0,88	40	35,2	0,90	2,63	2,80	2,20	5,00	0,0313	0,157	27,00	2,80	2,77	5,41	0,00
3-4	0,63	8,43	0,87	32	27,8	1,43	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0942	0,405	24,20	2,80	5,41	7,81	0,00
4-5	1,21	7,80	0,84	32	27,8	1,38	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0886	0,381	21,40	2,80	7,81	10,23	0,50
5-6	0,57	6,59	0,77	32	27,8	1,27	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0761	0,327	18,60	2,80	10,23	12,70	0,50
6-7	0,67	6,02	0,74	32	27,8	1,22	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0710	0,305	15,80	2,80	12,70	15,20	0,50
7-8	0,79	5,35	0,69	32	27,8	1,14	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0628	0,270	13,00	2,80	15,20	17,73	0,50

8-9	0,92	4,56	0,64	32	27,8	1,05	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0550	0,237	10,20	2,80	17,73	20,29	0,50
9-10	1,08	3,64	0,57	32	27,8	0,94	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0449	0,193	7,40	2,80	20,29	22,90	0,50
10-11	1,88	2,56	0,48	32	27,8	0,79	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0333	0,143	4,60	2,80	22,90	25,56	0,50
11-12	0,00	0,68	0,25	25	21,6	0,68	2,06	19,34	32,10	51,44	0,0352	2,711	1,80	-0,30	25,56	22,55	1,00
12-13	0,68	0,68	0,25	25	21,6	0,68	2,06	0,00	1,20	1,20	0,0352	0,042	2,10	0,00	22,55	22,51	0,50
Total	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,858	–	–	–	–	–

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 21 – Nona verificação (oitava iteração) da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trecho	Pesos Parciais	Pesos Totais	Vazão (L/s)	DN	DI (mm)	Vproj. (m/s)	Vmáx. (m/s)	Conduto	Equiv.	Total	J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Disp.	Jusante	Requerida
1-2	0,00	7,52	0,82	40	35,2	0,84	2,63	9,16	12,80	21,96	0,0277	0,608	30,46	3,46	0,00	2,85	0,00
2-3	0,20	7,52	0,82	40	35,2	0,84	2,63	2,80	2,20	5,00	0,0277	0,139	27,00	2,80	2,85	5,51	0,00
3-4	0,39	7,32	0,81	32	27,8	1,33	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0831	0,357	24,20	2,80	5,51	7,95	0,00
4-5	0,68	6,93	0,79	32	27,8	1,30	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0796	0,342	21,40	2,80	7,95	10,41	0,50
5-6	1,08	6,25	0,75	32	27,8	1,24	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0726	0,312	18,60	2,80	10,41	12,90	0,50
6-7	0,57	5,17	0,68	32	27,8	1,12	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0612	0,263	15,80	2,80	12,90	15,44	0,50
7-8	0,68	4,60	0,64	32	27,8	1,05	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0550	0,237	13,00	2,80	15,44	18,00	0,50
8-9	0,80	3,92	0,59	32	27,8	0,97	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0477	0,205	10,20	2,80	18,00	20,60	0,50
9-10	0,93	3,12	0,53	32	27,8	0,87	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0396	0,170	7,40	2,80	20,60	23,23	0,50
10-11	1,61	2,19	0,44	32	27,8	0,72	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0286	0,123	4,60	2,80	23,23	25,91	0,50
11-12	0,00	0,58	0,23	25	21,6	0,63	2,06	19,34	32,10	51,44	0,0304	2,324	1,80	-0,30	25,91	23,29	0,50
12-13	0,58	0,58	0,23	25	21,6	0,63	2,06	0,00	1,20	1,20	0,0304	0,036	2,10	0,00	23,29	23,25	1,00
Total	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,116	–	–	–	–	–

Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE D — PLANILHAS DE ROTINA DE VERIFICAÇÃO DE PRESSÃO DISPONÍVEL DE PONTO DE CHUVEIRO EM PAVIMENTO TÉRREO – SEGUNDO CENÁRIO

Tabela 22 – Primeira verificação (rotina da NBR 5626 (1998)) da pressão de ponto de chuva em pavimento térreo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trecho	Pesos Parciais	Pesos Totais	Vazão (L/s)	DN	DI (mm)	Vproj. (m/s)	Vmáx. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)		
								Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante	Requerida
1-2	6,20	43,40	1,98	50	44,0	1,30	2,94	17,32	21,40	38,72	0,0449	1,739	30,46	11,86	0,00	10,12	0,50
2-3	6,20	37,20	1,83	40	35,2	1,88	2,63	2,80	2,30	5,10	0,1128	0,575	18,60	2,80	10,12	12,35	0,50
3-4	6,20	31,00	1,67	40	35,2	1,72	2,63	2,80	2,20	5,00	0,0961	0,481	15,80	2,80	12,35	14,67	0,50
4-5	6,20	24,80	1,49	40	35,2	1,53	2,63	2,80	2,20	5,00	0,0787	0,394	13,00	2,80	14,67	17,08	0,50
5-6	6,20	18,60	1,29	32	27,8	2,13	2,33	2,80	2,20	5,00	0,1876	0,938	10,20	2,80	17,08	18,94	0,50
6-7	6,20	12,40	1,06	32	27,8	1,75	2,33	2,80	1,50	4,30	0,1331	0,572	7,40	2,80	18,94	21,17	0,50
7-8	3,10	6,20	0,75	32	27,8	1,24	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0726	0,312	4,60	2,80	21,17	23,66	0,50
8-9	2,40	3,10	0,53	25	21,6	1,45	2,06	8,85	9,30	18,15	0,1312	3,831	1,80	-0,90	23,66	18,93	0,50
9-10	0,60	0,70	0,25	25	21,6	0,68	2,06	9,24	6,40	15,64	0,0352	0,551	2,70	1,80	18,93	20,18	0,50
10-11	0,00	0,10	0,09	25	21,6	0,25	2,06	1,40	19,60	21,00	0,0059	0,124	0,90	-1,20	20,18	18,86	0,50
11-12	0,10	0,10	0,09	25	21,6	0,25	2,06	0,00	1,20	1,20	0,0059	0,007	2,10	0,00	18,86	18,85	0,50
Total	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9,524	–	–	–	–	–

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 23 – Segunda verificação (primeira iteração) da pressão da pressão de ponto de chuva em pavimento térreo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Trecho	Pesos Parciais	Pesos Totais	Vazão (L/s)	DN	DI (mm)	Vproj. (m/s)	Vmáx. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)		
								Conduto	Equiv.	Total					Disp.	Jusante	Requerida
1-2	6,42	47,54	2,07	50	44,0	1,36	2,94	17,32	21,40	38,72	0,0485	1,878	30,46	11,86	0,00	9,98	0,50
2-3	6,82	41,12	1,92	40	35,2	1,97	2,63	2,80	2,30	5,10	0,1227	0,626	18,60	2,80	9,98	12,15	0,50
3-4	7,36	34,30	1,76	40	35,2	1,81	2,63	2,80	2,20	5,00	0,1053	0,527	15,80	2,80	12,15	14,42	0,50
4-5	6,57	26,94	1,56	40	35,2	1,60	2,63	2,80	2,20	5,00	0,0853	0,427	13,00	2,80	14,42	16,79	0,50
5-6	6,67	20,37	1,35	32	27,8	2,22	2,33	2,80	2,20	5,00	0,2032	1,016	10,20	2,80	16,79	18,57	0,50
6-7	6,76	13,70	1,11	32	27,8	1,83	2,33	2,80	1,50	4,30	0,1443	0,620	7,40	2,80	18,57	20,75	0,50
7-8	3,47	6,94	0,79	32	27,8	1,30	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0796	0,342	4,60	2,80	20,75	23,21	0,50
8-9	2,40	3,47	0,56	25	21,6	1,53	2,06	8,85	9,30	18,15	0,1444	4,241	1,80	-0,90	23,21	18,07	0,50

9-10	0,60	1,07	0,31	25	21,6	0,85	2,06	9,24	6,40	15,64	0,0513	0,802	2,70	1,80	18,07	19,07	0,50
10-11	0,00	0,47	0,21	25	21,6	0,57	2,06	1,40	19,60	21,00	0,0260	0,546	0,90	-1,20	19,07	17,32	0,50
11-12	0,47	0,47	0,21	25	21,6	0,57	2,06	0,00	1,20	1,20	0,0260	0,031	2,10	0,00	17,32	17,29	1,00
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,056	-	-	-	-	-

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 24 – Nona verificação (oitava iteração) da pressão de ponto de chuveiro em pavimento térreo

1	2	3	4	5	6	7	8	Comprimento (m)			12	13	14	15	Pressões (m.c.a.)			18
								Conduto	Equiv.	Total					J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	
Trecho	Pesos Parciais	Pesos Totais	Vazão (L/s)	DN	DI (mm)	Vproj. (m/s)	Vmáx. (m/s)	Conduto	Equiv.	Total	J (m/m)	Perda (m.c.a.)	Altura (m)	Desnível (m)	Disp.	Jusante	Requerida	
1-2	6,35	47,39	2,07	50	44,0	1,36	2,94	17,32	21,40	38,72	0,0485	1,878	30,46	11,86	0,00	9,98	0,50	
2-3	6,63	41,04	1,92	40	35,2	1,97	2,63	2,80	2,30	5,10	0,1227	0,626	18,60	2,80	9,98	12,15	0,50	
3-4	6,98	34,41	1,76	40	35,2	1,81	2,63	2,80	2,20	5,00	0,1053	0,527	15,80	2,80	12,15	14,42	0,50	
4-5	7,22	27,43	1,57	40	35,2	1,61	2,63	2,80	2,20	5,00	0,0863	0,432	13,00	2,80	14,42	16,79	0,50	
5-6	6,62	20,21	1,35	32	27,8	2,22	2,33	2,80	2,20	5,00	0,2032	1,016	10,20	2,80	16,79	18,57	0,50	
6-7	6,71	13,59	1,11	32	27,8	1,83	2,33	2,80	1,50	4,30	0,1443	0,620	7,40	2,80	18,57	20,75	0,50	
7-8	3,44	6,88	0,79	32	27,8	1,30	2,33	2,80	1,50	4,30	0,0796	0,342	4,60	2,80	20,75	23,21	0,50	
8-9	2,40	3,44	0,56	25	21,6	1,53	2,06	8,85	9,30	18,15	0,1444	4,221	1,80	-0,90	23,21	18,09	0,50	
9-10	0,60	1,04	0,31	25	21,6	0,85	2,06	9,24	6,40	15,64	0,0513	0,802	2,70	1,80	18,09	19,09	0,50	
10-11	0,00	0,44	0,20	25	21,6	0,55	2,06	1,40	19,60	21,00	0,0238	0,500	0,90	-1,20	19,09	17,39	0,50	
11-12	0,44	0,44	0,20	25	21,6	0,55	2,06	0,00	1,20	1,20	0,0238	0,029	2,10	0,00	17,39	17,36	0,50	
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,993	-	-	-	-	-	

Fonte: elaborado pelo autor

**ANEXO A — MODELO DE PLANILHA PARA ROTINA DE
DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12		13	14	15	
								Real	Equivalente			Tubulação	Registros e outros				Total
Trecho	Suma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota de cota desce + sobe -	Pressão disponível (14) + 10 × (7)			Compimento da tubulação	(10) × (6)	kPa		kPa	(11) + (12)	(8) - (13)	Pressão requerida no ponto de utilização
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	

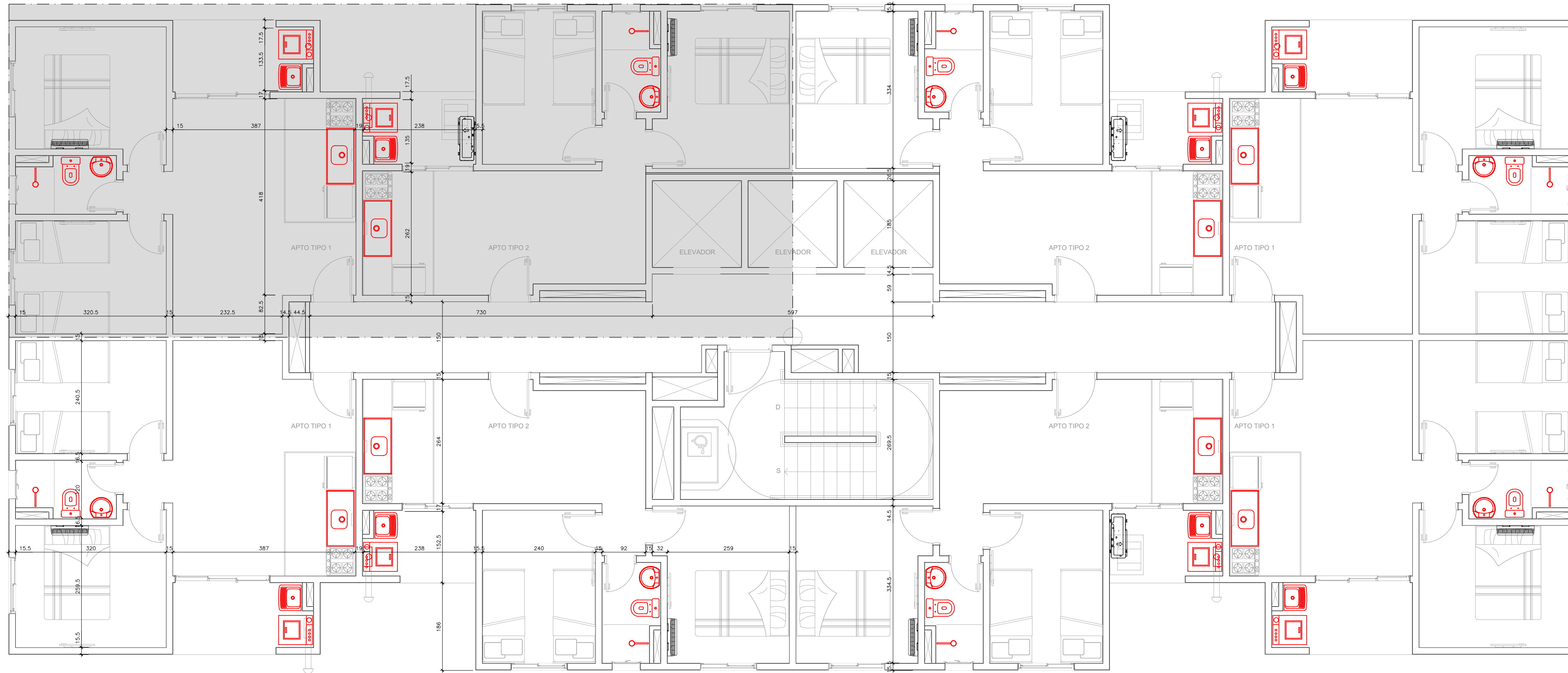
Fonte: (NBR 5626, 1998, p. 32)

ANEXO B — ROTINA PARA DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

Passo	Atividade	Coluna da planilha a preencher
1º	Preparar o esquema isométrico da rede e numerar seqüencialmente cada nó ou ponto de utilização desde o reservatório ou desde a entrada do cavalete	
2º	Introduzir a identificação de cada trecho da rede na planilha	1
3º	Determinar a soma dos pesos relativos de cada trecho, usando a tabela A.1	2
4º	Calcular para cada trecho a vazão estimada, em litros por segundo, com base na equação apresentada em A.1.2	3
5º	Partindo da origem de montante da rede, selecionar o diâmetro interno da tubulação de cada trecho, considerando que a velocidade da água não deva ser superior a 3 m/s. Registrar o valor da velocidade e o valor da perda de carga unitária (calculada pelas equações indicadas em A.2.1) de cada trecho	4, 5 e 6
6º	Determinar a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário	7
7º	Determinar a pressão disponível na saída de cada trecho, somando ou subtraindo à pressão residual na sua entrada o valor do produto da diferença de cota pelo peso específico da água (10 kN/m ³)	8
8º	Medir o comprimento real do tubo que compõe cada trecho considerado	9
9º	Determinar o comprimento equivalente de cada trecho somando ao comprimento real os comprimentos equivalentes das conexões	10
10º	Determinar a perda de carga de cada trecho, multiplicando os valores das colunas 6 e 10 da planilha	11
11º	Determinar a perda de carga provocada por registros e outras singularidades dos trechos	12
12º	Obter a perda de carga total de cada trecho, somando os valores das colunas 11 e 12 da planilha	13
13º	Determinar a pressão disponível residual na saída de cada trecho, subtraindo a perda de carga total (coluna 13) da pressão disponível (coluna 8)	14
14º	Se a pressão residual for menor que a pressão requerida no ponto de utilização, ou se a pressão for negativa, repetir os passos 5º ao 13º, selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação de cada trecho	

Fonte: (NBR 5626, 1998, p. 33)

QUADRANTE DE REFERÊNCIA



PAVIMENTO TIPO (x10) PLANTA-BAIXA
 EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR
 Esc.: 1/50
 Unidade: m

Nº	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
00	Emissão inicial	FEV/22	GER

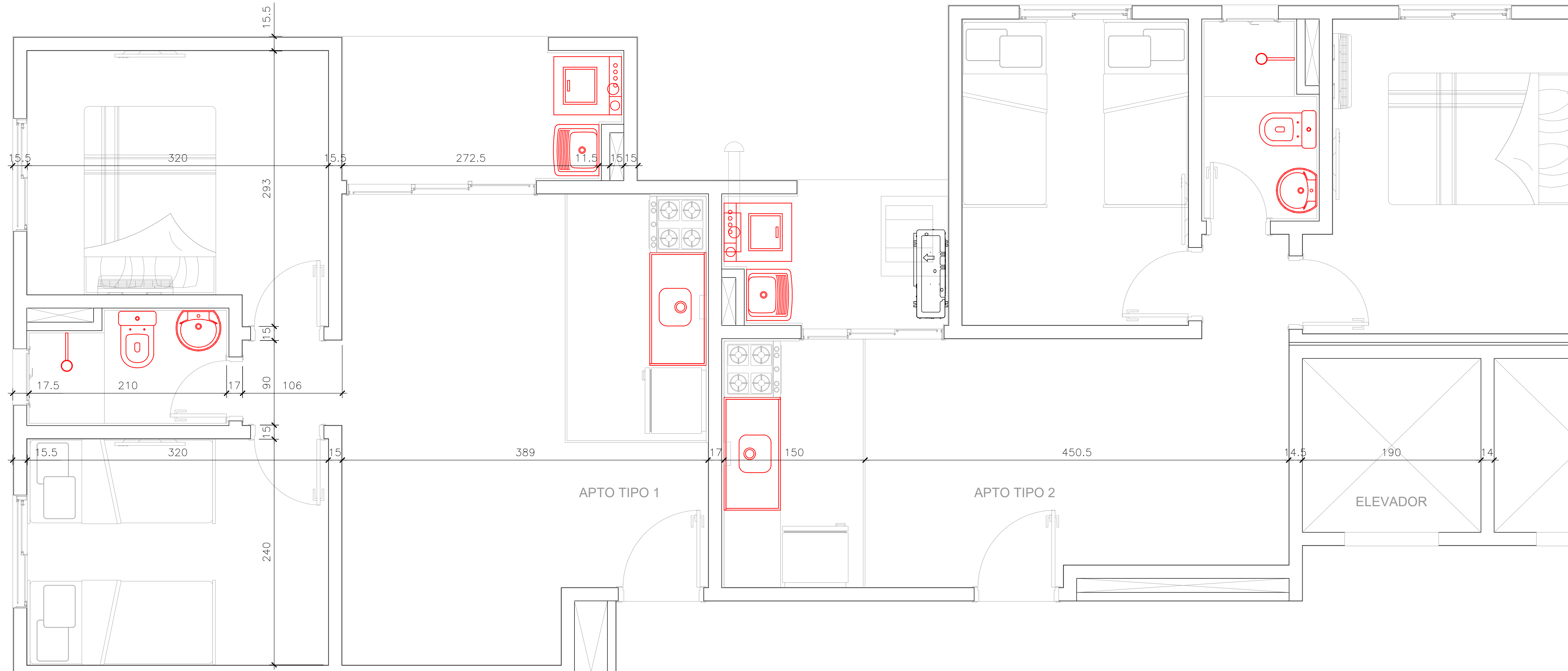
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 ESCOLA DE ENGENHARIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
 Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS,
 90035-190

Obra **Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento**

Projeto: Gustavo Eduardo Rheinheimer
 Graduando de Engenharia Civil
 Proprietário: Prof. Juan Martin Bravo

Projeto **Planta Arquitetônica**
 Conteúdo: Identificação dos aparelhos sanitários
 Pavimento: PAVIMENTO TIPO (10X)
 Prancha: **ARQ01**
 Código: ARQ01-R00

Data	FEV/22	Escala	1/50	Desenho	GUSTAVO	Conferência	JUAN
------	--------	--------	------	---------	---------	-------------	------



Detalhe Quadrante de Referência
Escala 1:25

N°	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
R00	Emissão inicial	FEV/22	GER

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS,
90035-190

Obra **Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento**
Porto Alegre/RS

Projetista **Gustavo Eduardo Rheinheimer**
Graduando de Engenharia Civil

Proprietário **Prof. Juan Martin Bravo**

Projeto **Planta Arquitetônica**

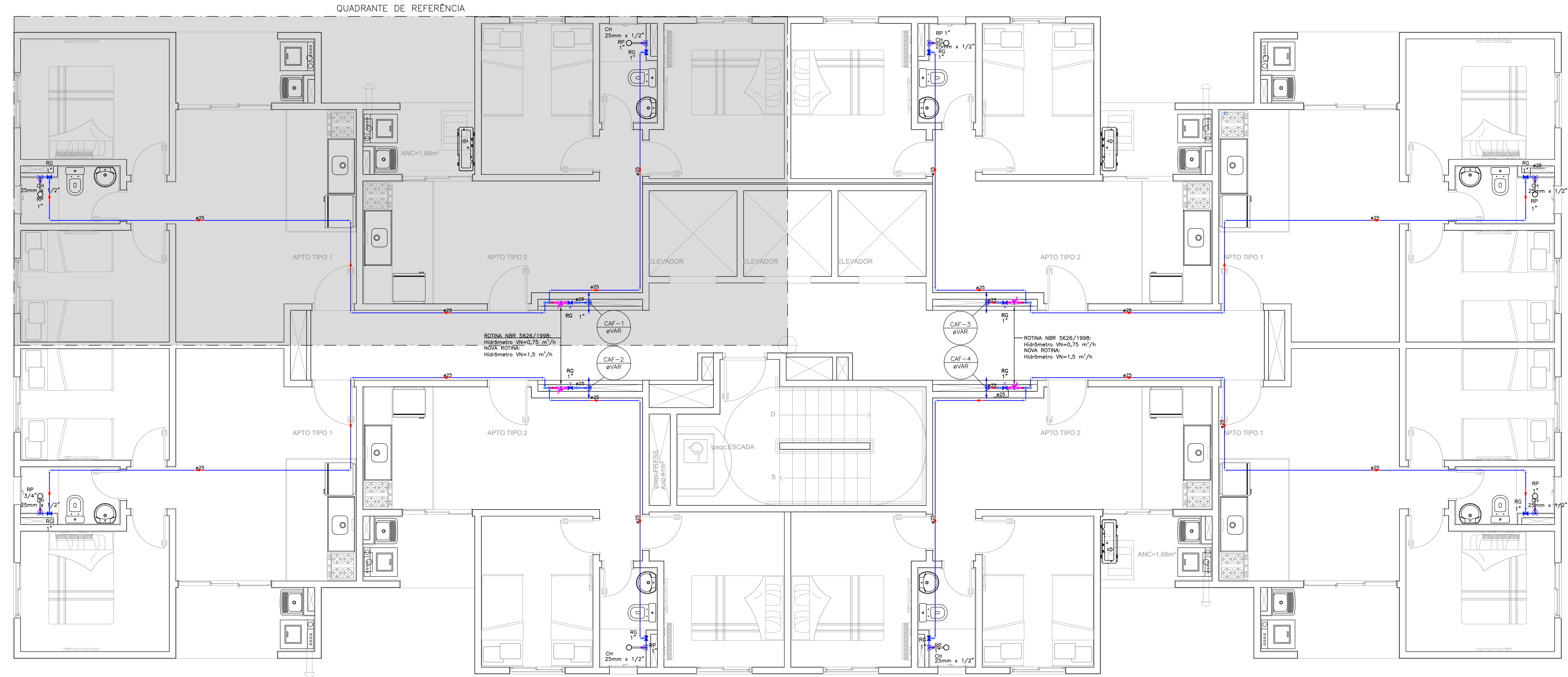
Conteúdo **Detalhe Quadrante de Referência**

Pavimento **PAVIMENTO TIPO (10X)**

Francha **ARQ02**

Código **ARQ02-R00**

Data	Escala	Desenho	Conferência
FEV/22	Escala	GUSTAVO	JUAN



PAVIMENTO-TIPO PLANTA BAIXA
Escala 1:50

Legenda de condutos	
	Água fria

Legenda de indicações	
CH	Chuveiro Elétrico - 25mm x 1/2"
LV	Lavatório com joelho de 90° - 25 mm - 1/2"
MLR	Máquina de lavar roupa com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
PIA	Pia de cozinha com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
TLR	Tanque de lavar com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
VS	Vaso sanitário com caixa acoplada - 3/4"
RP	Registro de Pressão 3/4"
RG	Registro de gaveta 3/4"

Legenda de símbolos	
	Hidrômetro individual
	Registro de Pressão
	Registro de gaveta

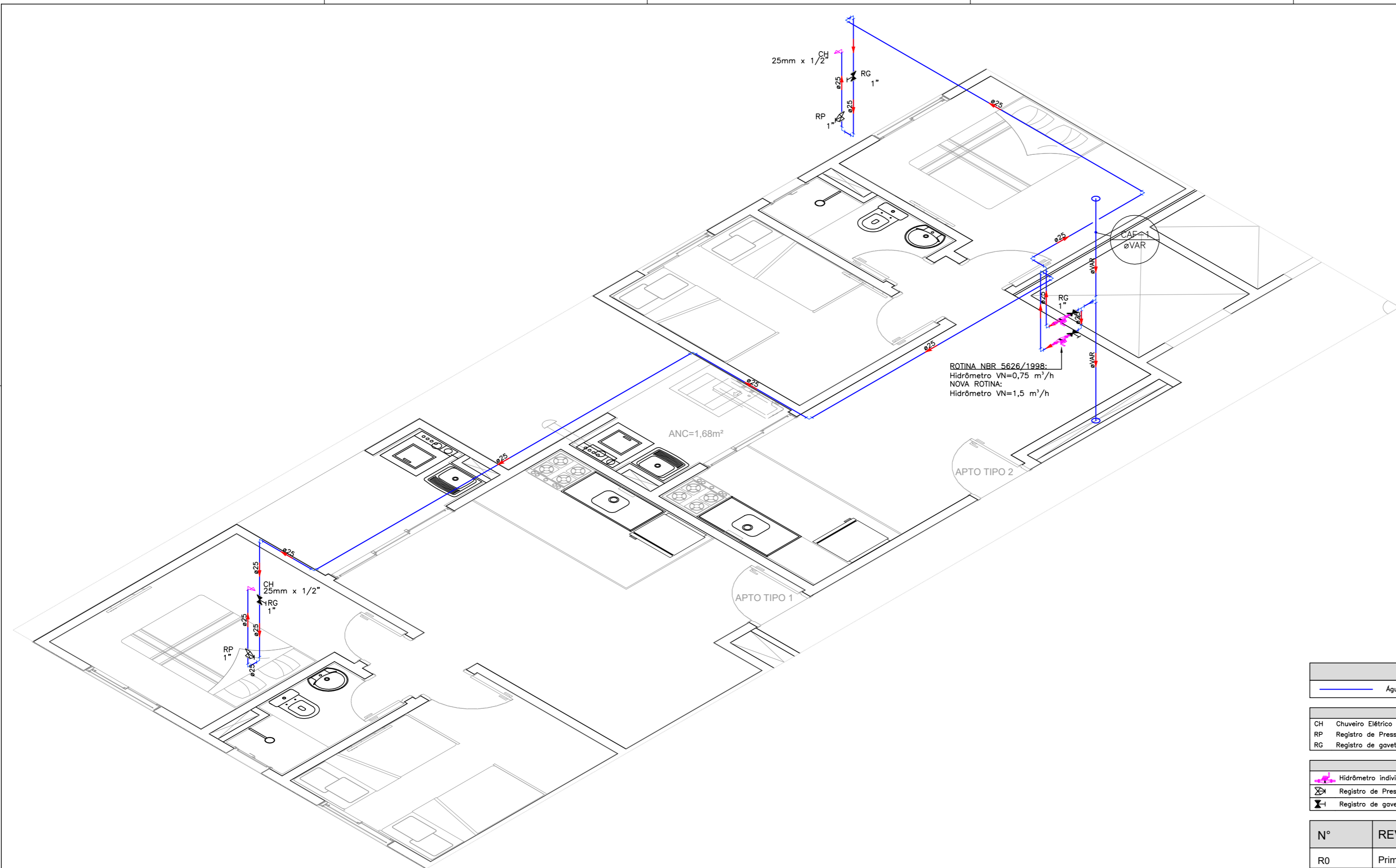
N°	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
R00	Primeira entrega	14/03/22	JMB

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190

Obra: **Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento**
Porto Alegre/RS

Projetista Gustavo Eduardo Rheinheimer Graduando de Engenharia Civil	Proprietário Prof. Juan Martin Bravo
--	---

Projeto: Projeto Hidráulico	
Pavimento: PAVIMENTO-TIPO PLANTA BAIXA	Prancha: C1-HID01
Conteúdo: PRIMEIRO CENÁRIO - SIMULAÇÃO SOMENTE COM CHUVEIROS	
Data: 14/03/22	Escala: 1/50
Desenho: C1-HID01-R00	Conferência: JUAN



ROTINA NBR 5626/1998:
 Hidrômetro VN=0,75 m³/h
 NOVA ROTINA:
 Hidrômetro VN=1,5 m³/h

ANC=1,68m²

APTO TIPO 2

APTO TIPO 1

Legenda de condutos	
	Água fria

Legenda de indicações	
CH	Chuveiro Elétrico - 25mm x 1/2"
RP	Registro de Pressão 3/4"
RG	Registro de gaveta 3/4"

Legenda de símbolos	
	Hidrômetro individual
	Registro de Pressão
	Registro de gaveta

N°	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
R0	Primeira entrega	14/03/22	JMB

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190

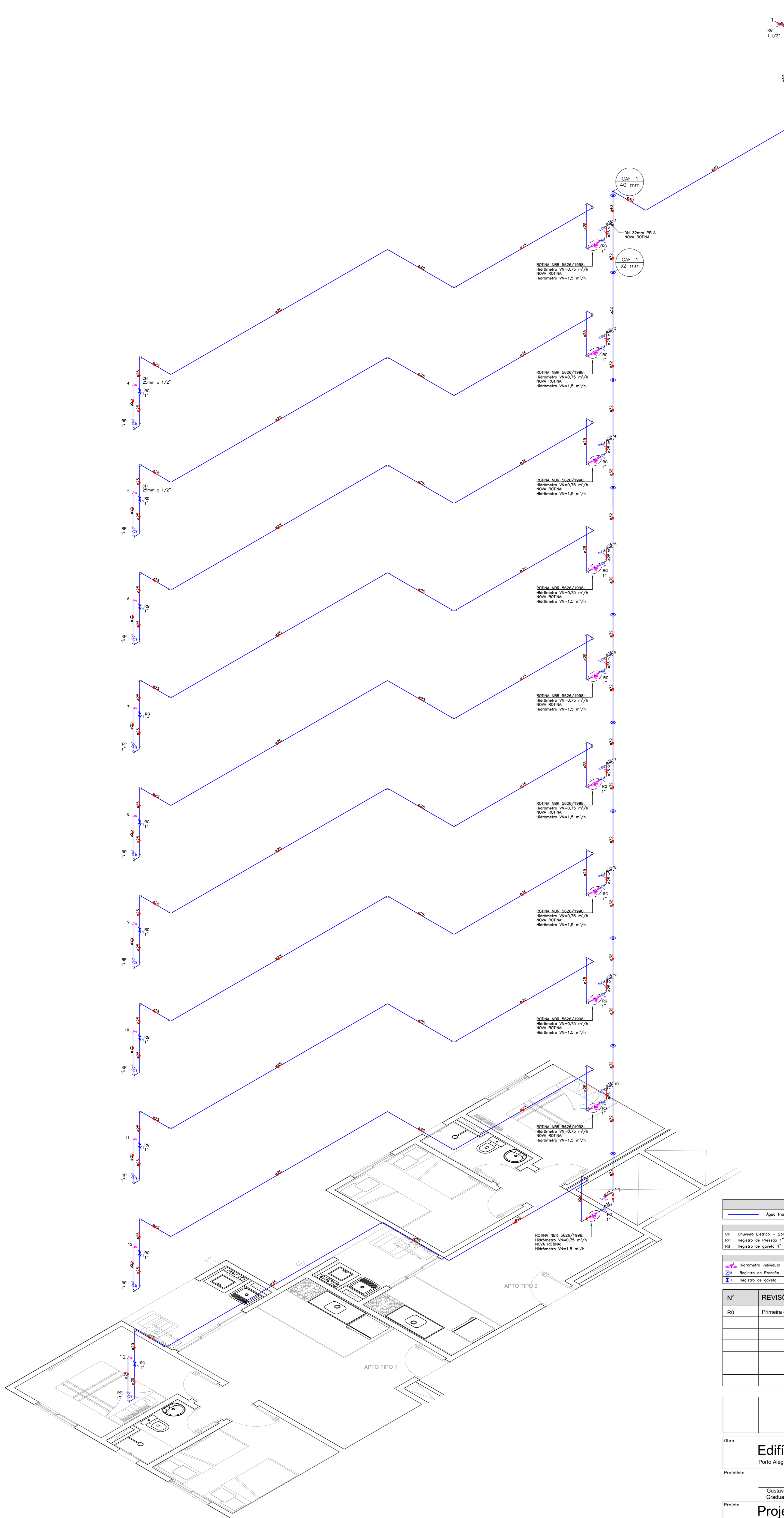
Obra **Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento**
 Porto Alegre/RS

Projetista Gustavo Eduardo Rheinheimer
 Graduando de Engenharia Civil

Proprietário Prof. Juan Martín Bravo

Projeto	Projeto Hidráulico	
Pavimento	PAVIMENTO-TIPO PLANTA BAIXA	Prancho
Conteúdo	CENÁRIO 1 - SIMULAÇÃO SOMENTE COM CHUVEIROS	C1-HID02
Data	14/03/22	Escala
		1/50
Desenho	C1-HID02-R00	Conferência
		JUAN

ESTEREOGRAMA QUADRANTE-TIPO
 Escala 1:50



CENÁRIO 1 – DIAGRAMA DE PRESSÕES PARA QUADRANTE DE REFERÊNCIA
Escala 1:50

Legenda de condutos			
	Água fria		

Legenda de indicações			
DN	Chuveiro Elétrico = 25mm x 1/2"		
RP	Registro de Pressão 1"		
RS	Registro de gaveto 1"		

Legenda de símbolos			
	Hidômetro Individual		
	Registro de Pressão		
	Registro de gaveto		

N°	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
R0	Primeira entrega	14/03/22	JMB

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190

Obras: **Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento**
Porto Alegre/RS

Projetista: Gustavo Eduardo Rheinheimer
Graduando de Engenharia Civil

Proprietário: Prof. Juan Martin Bravo

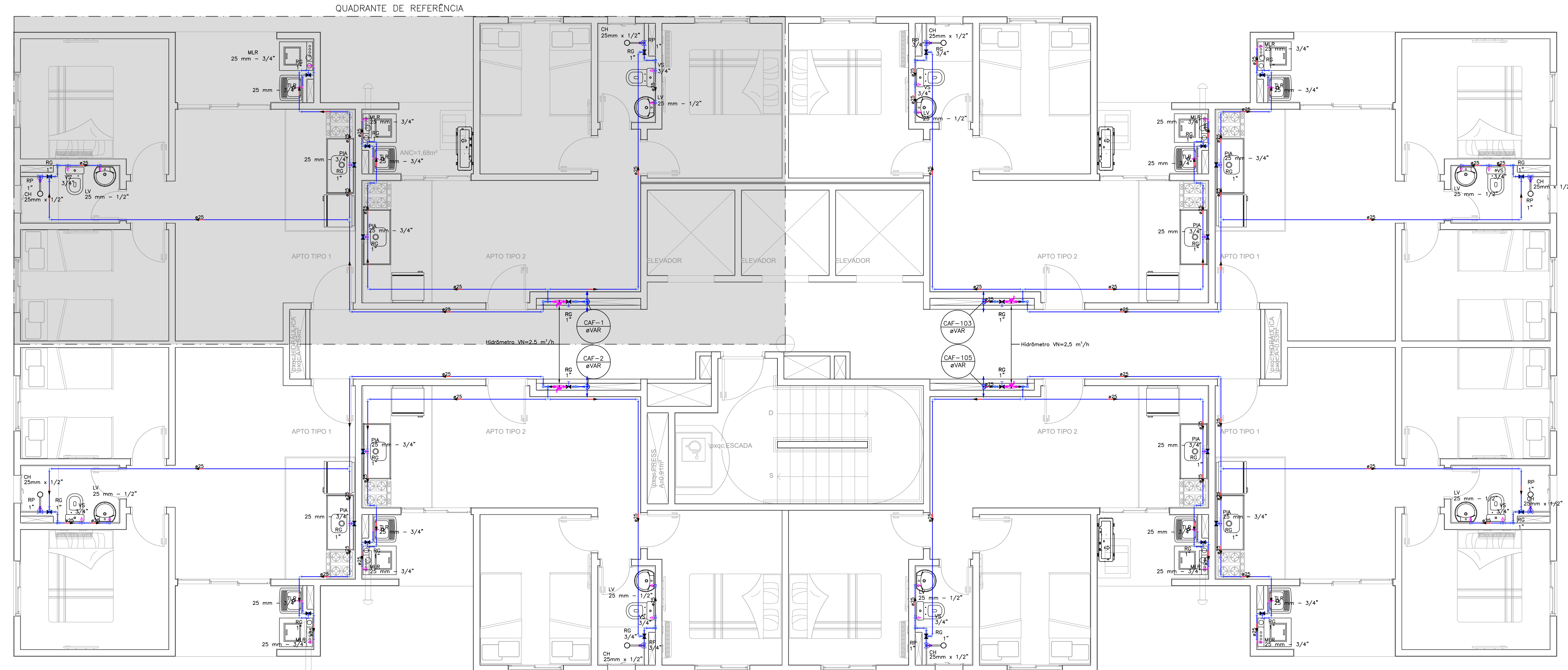
Projeto: **Projeto Hidráulico**

Pavimento: **DIAGRAMA DE PRESSÕES**

Conteúdo: CENÁRIO 1 - SIMULAÇÃO SOMENTE COM CHUVEIROS

C1-HID03

Data	14/03/22	Escala	1/50	Desenho	C1-HID03-R00	Conferência	JUAN
------	----------	--------	------	---------	--------------	-------------	------



Legenda de condutos	
	Água fria

Legenda de indicações	
CH	Chuveiro Elétrico - 25mm x 1/2"
LV	Lavatório com joelho de 90° - 25 mm - 1/2"
MLR	Máquina de lavar roupa com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
PIA	Pia de cozinha com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
TLR	Tanque de lavar com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
VS	Visso sanitário com caixa acoplada - 3/4"
RP	Registro de Pressão 3/4"
RG	Registro de gaveta 3/4"

Legenda de símbolos	
	Hidrômetro individual
	Registro de Pressão
	Registro de gaveta

Nº	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
R00	Primeira entrega	14/03/22	JMB

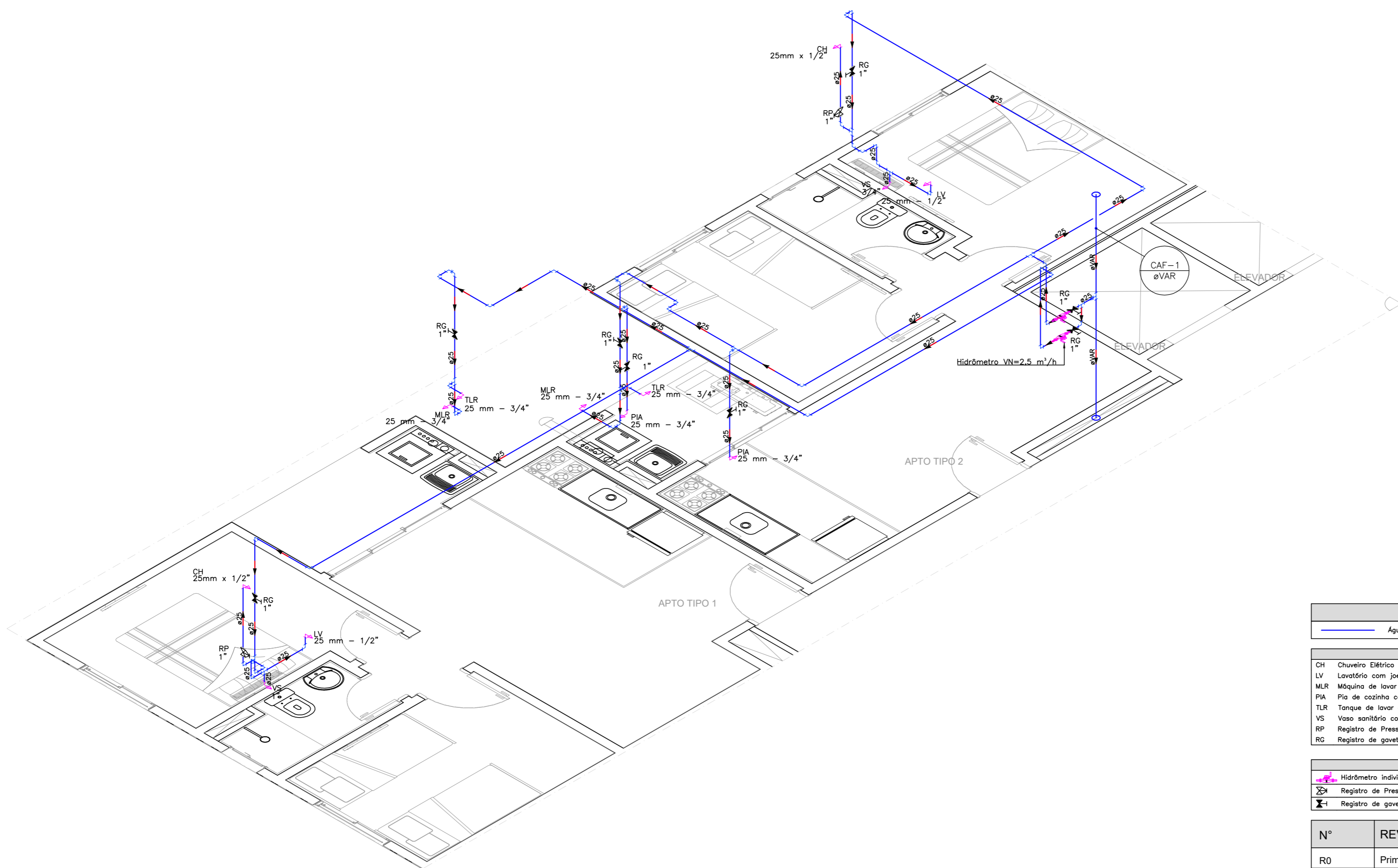
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190

Obras **Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento**
Porto Alegre/RS

Projetista Gustavo Eduardo Rheinheimer Graduando de Engenharia Civil	Proprietário Prof. Juan Martin Bravo
--	---

Projeto Projeto Hidráulico	Prancha C2-HID01
Pavimento PAVIMENTO-TIPO PLANTA BAIXA	Conteúdo SEGUNDO CENÁRIO - SIMULAÇÃO COM TODOS OS APARELHOS COM VAZÃO CONSTANTE E SOMENTE CHUVEIROS COM VAZÃO VARIÁVEL

Data	14/03/22	Escala	1/50	Arquivo	C2-HID01.PDF	Conferência	JUAN
------	----------	--------	------	---------	--------------	-------------	------



ESTEREOGRAMA QUADRANTE-TIPO
Escala 1:50

Legenda de condutos	
—	Água fria

Legenda de indicações	
CH	Chuveiro Elétrico - 25mm x 1/2"
LV	Lavatório com joelho de 90° - 25 mm - 1/2"
MLR	Máquina de lavar roupa com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
PIA	Pia de cozinha com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
TLR	Tanque de lavar com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
VS	Vaso sanitário com caixa acoplada - 3/4"
RP	Registro de Pressão 3/4"
RG	Registro de gaveta 3/4"

Legenda de símbolos	
	Hidrômetro individual
	Registro de Pressão
	Registro de gaveta

N°	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
R0	Primeira entrega	14/03/22	JMB

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190

Obra: **Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento**
Porto Alegre/RS

Projetista: Gustavo Eduardo Rheinheimer
Graduando de Engenharia Civil

Proprietário: Prof. Juan Martín Bravo

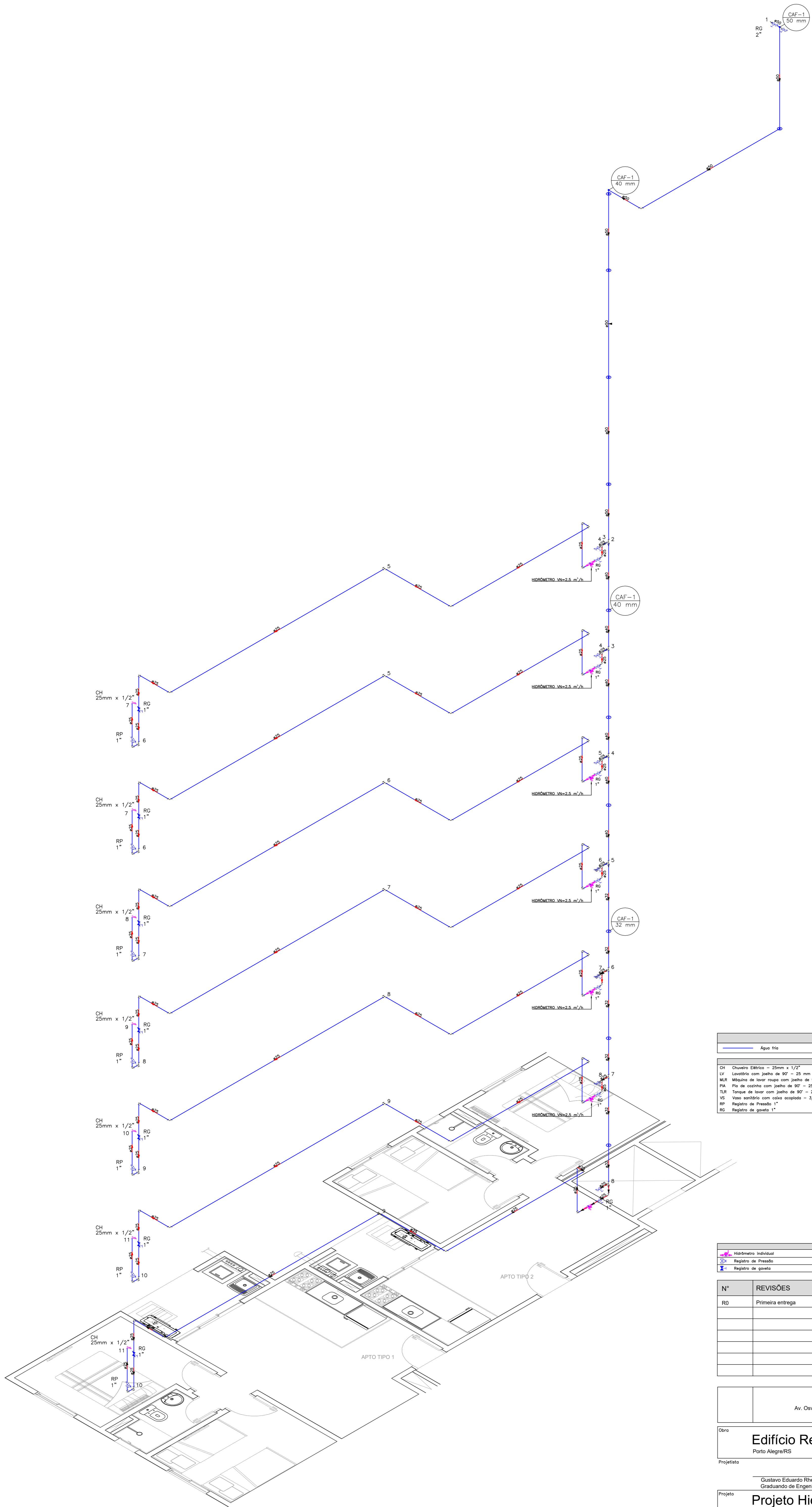
Projeto: **Projeto Hidráulico**

Pavimento: **PAVIMENTO-TIPO PLANTA BAIXA**

Conteúdo: **CENÁRIO 2 - SIMULAÇÃO COM TODOS OS APARELHOS SANITÁRIOS**

Prancho: **C2-HID02**

Data	14/03/22	Escala	1/50	Desenho	C2-HID02	Conferência	JUAN
------	----------	--------	------	---------	----------	-------------	------



Legenda de condutas	
	Água fria

Legenda de indicações	
CH	Chuveiro Elétrico - 25mm x 1/2"
LV	Lavatório com joelho de 90° - 25 mm - 1/2"
M/R	Máquina de lavar roupa com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
PIA	Fia de cozinha com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
TLR	Tanque de lavar com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
VS	Vaso sanitário com caixa acoplada - 3/4"
RP	Registro de Pressão 1"
RG	Registro de gaveto 1"

Legenda de símbolos	
	Hidrómetro Individual
	Registro de Pressão
	Registro de gaveto

N°	REVISÕES	DATA	APROVAÇÃO
R0	Primeira entrega	14/03/22	JMB

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190

Edifício Residencial Multifamiliar Multipavimento
Porto Alegre/RS

Proprietário: Prof. Juan Martin Bravo

Projeto: **Projeto Hidráulico**

Pavimento: **DIAGRAMA DE PRESSÕES**

Conteúdo: CENÁRIO 2 - SIMULAÇÃO COM TODOS OS APARELHOS SANITÁRIOS

C2-HID03

Data	14/03/22	Escola	1/50	Desenho	C2-HID02	Conferência	JUAN
------	----------	--------	------	---------	----------	-------------	------

CENÁRIO 2 - DIAGRAMA DE PRESSÕES PARA QUADRANTE DE REFERÊNCIA
Escala 1:50