

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JENIFFER RAMOS SILVA

VICTOR MEDEIROS DE ANDRADE

NOVA NBR 5626 E AS IMPLICAÇÕES DE PROJETO

ANÁPOLIS / GO

2021

JENIFFER RAMOS SILVA
VICTOR MEDEIROS DE ANDRADE

NOVA NBR 5626 E AS IMPLICAÇÕES DE PROJETO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO
DA SILVA

ANÁPOLIS / GO: 2021

JENIFFER RAMOS SILVA
VICTOR MEDEIROS DE ANDRADE

NOVA NBR 5626 E AS IMPLICAÇÕES DE PROJETO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

APROVADO POR:

Agnaldo Antônio Moreira da Silva

AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)

Your text here 1

Paulo Alexandre de Oliveira

PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

Vanessa Honorato Domingos

VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

ANÁPOLIS/GO, 29 de NOVEMBRO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais Djalma e Edna, que me incentivaram desde a escolha de um curso técnico para abrir minha visão de ter uma profissão e me deram todo o apoio que contribuíram para a realização do meu sonho. Aos meus familiares que apoiaram durante o curso estiveram ao meu lado também apoiando. À Universidade Evangélica por fazer parte da minha vida nesse período de graduação.

Ao professor orientador Agnaldo, por estar sempre presente e à disposição quanto à ajuda nessa fase. Aos professores que fizeram parte nesse período e contribuíram na minha formação.

Aos meus colegas de curso, que estiveram presentes nesses anos e fizeram parte da graduação, pela troca de conhecimentos, aprendizados e companheirismo nesse período.

Victor Medeiros de Andrade

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, pois sem Ele eu nada sou.

Aos meus pais Rubem Silva Junior e Lena Cristina dos Santos Ramos Canuto pelo incentivo e todo esforço investido em me dar uma educação de qualidade até o término do 2º grau, educação a qual foi de grande valia no ensino superior, por me mostrarem desde sempre a importância dos estudos e pelo apoio em cada etapa da minha vida.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e torceram por minhas conquistas.

Ao meu namorado Wesley Campos Ramalho por estar sempre presente e como principal ouvinte nos meus momentos de dificuldade, me incentivando e apoiando.

Ao professor e orientador Agnaldo por toda a disposição em ajudar e orientar não só no trabalho de conclusão como também durante o curso.

À Universidade Uni-Evangélica e a todos os professores que contribuíram para a minha formação.

Aos meus colegas de curso, com os quais convivi durante esses anos de graduação, pelo companheirismo, amizade, troca de conhecimentos e experiências vividas.

Jeniffer Ramos Silva

RESUMO

A fase de análise para fins de dimensionamento em uma rede de distribuição predial de água fria (AF) e água quente (AQ) é uma área de grande relevância para viabilizar tanto em um sistema adequadamente dimensionado quanto na fase construtiva de uma residência unifamiliar e grandes unidades habitacionais. É pensando nisso, essa etapa de análise provém de estudos técnicos e consultas normativas que atendem a adequada rede de distribuição hidráulica para uma edificação. A partir dos estudos realizados pela análise comparativa de critérios a serem considerados no âmbito normativo, a NBR antiga e a vigente é possível fazer uma análise para fins de dimensionamento seguro. Realizou-se então uma análise de ambas as normas para dimensionamento da alimentação de um reservatório de residência unifamiliar com a constante principal seu tempo final para abastecimento total, dimensionamento da rede de distribuição hidráulica para alimentação do reservatório de edifícios com variados tipos de pavimentos, cálculo da perda de carga de 1 (uma) unidade habitacional de edifício em sua distribuição da tubulação até as peças de utilização e o cálculo de vazão em 1 (uma) unidade habitacional. Os estudos buscaram demonstrar que a escolha de fórmulas empíricas para dimensionamento do diâmetro da tubulação adequada, existem certos resultados diferentes para ambos os critérios apresentados obtidos em seus dimensionamentos. Dessa forma o trabalho descreve as principais mudanças entre a questão normativa para dimensionamento adequado de uma distribuição predial de AF. Conclui-se que a atualização da norma, tem impacto de diferentes proporções em cada estudo de caso tanto no projeto quanto financeiramente, sendo assim viável a utilização da nova NBR 5626 e o constante estudo em cima dela.

PALAVRAS-CHAVE:

Distribuição predial. Rede de distribuição hidráulica. Dimensionamento. Alimentação. Unidade habitacional.

ABSTRACT

An analysis phase for dimensioning purposes in an AF and AQ building distribution network is a large area provided to enable both in a dimensioned processed system and in the construction phase of a single-family residence and large housing units. Thinking about it, this analysis step comes from technical studies and normative consultations that serve a hydraulic distribution network for a building. From the studies carried out by the comparative analysis of criteria to be considered in the normative scope, the old and the current NBR, it is possible to carry out an analysis for safe dimensioning purposes.

An analysis of both standards was then carried out for the dimensioning of a single-family residence reservoir with a main constant its final time for total supply, dimensioning of the hydraulic distribution network for supplying the reservoir of buildings with different types of floors, calculation, calculation from the head loss of one housing unit of a building in its piping distribution to the pieces of use and the flow calculation in one housing unit. The studies sought to demonstrate that choosing empirical formulas for sizing the diameter of the right production, there are certain different results for both criteria to provide their sizing. In this way, the work works as the main changes between the normative issues for the proper dimensioning of an AF building distribution. It is concluded that the update of the standard has an impact of different proportions on each case study, both in the project and financially, making the use of the new NBR 5626 and the constant study on top of it viable.

KEYWORDS:

Building distribution. Hydraulic distribution network. Sizing. Food Housing unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Abastecimento público.....	16
Figura 2 – Abastecimento particular	16
Figura 3 – Abastecimento misto.....	17
Figura 4 – Sistema esquemático dos elementos do sistema de distribuição.....	18
Figura 5 – Fórmula de vazão de projeto expressa em litros por segundo	20
Figura 6 – Separação atmosférica padronizada em reservatório superior.....	22
Figura 7 – Separação atmosférica padronizada em reservatório superior.....	23
Figura 8 – Separação atmosférica mista.....	23
Figura 9 – Teste de estanqueidade do sistema predial	25
Figura 10 – Indicações de periodicidade a manutenção dos componentes sistema predial	26
Figura 11 – Indicações de periodicidade a manutenção dos componentes sistema predial quanto a dos componentes e níveis de temperatura.....	27
Figura 12 – Gráfico comparativo com as três variáveis de tempo em horas, quantidade de pavimentos e o diâmetro da tubulação em mm	43
Figura 13 – Esquema hidráulico do barrilete de determinado edifício até a distribuição nos pontos de utilização de água em uma unidade habitacional.....	45
Figura 14 – Esquema isométrico de instalação de água fria de uma unidade habitacional de um edifício.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perdas de cargas de conexões em PVC pela fórmula Hsiao.....	45
Tabela 2 – Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do lavatório do banheiro	47
Tabela 3 – Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do vaso caixa acoplada	48
Tabela 4 – Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização da ducha higiênica.....	48
Tabela 5 – Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do chuveiro.....	49
Tabela 6 – Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização da pia.....	50
Tabela 7 – Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do bebedouro.....	51
Tabela 8 – Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do tanque.....	51
Tabela 9 – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	56

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

AF – Água fria;

AQ – Água quente;

NBR – Norma brasileira.

.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 METODOLOGIA	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 SISTEMA DE ÁGUA FRIA.....	16
2.2 ELEMENTOS DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA.....	17
2.3 NBR 5626 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE.....	16
2.4 IMPORTÂNCIA DA NORMA	30
3 ESTUDOS DE CASO	32
3.1 RESERVA	32
3.1.1 Reservatório de residência unifamiliar	32
3.1.2 Reservatório para edifícios	32
3.2 PERDA DE CARGA	33
3.3 VAZÃO.....	33
4 CÁLCULOS	34
4.1 RESERVATÓRIO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.....	34
4.2 RESERVATÓRIO PARA EDIFÍCIOS.....	35
4.3 CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM UMA UNIDADE HABITACIONAL.....	44
4.4 CÁLCULO DE VAZÃO EM UMA UNIDADE HABITACIONAL.....	56
5 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	59
5.1 RESERVATÓRIO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.....	59
5.2 RESERVATÓRIO PARA EDIFÍCIOS.....	59
5.3 CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM UMA UNIDADE HABITACIONAL.....	60
5.4 CÁLCULO DE VAZÃO EM UMA UNIDADE HABITACIONAL.....	61
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

Uma instalação predial de água fria constitui-se no conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, destinados ao abastecimento dos aparelhos e pontos de utilização de água da edificação, em quantidade suficiente, mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento. O sistema de água fria deve ser separado fisicamente de quaisquer outras instalações que conduzam água potável, como, por exemplo, as instalações de água para reuso ou de qualidade insatisfatória, desconhecida ou questionável. (CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. Instalações Hidráulicas, e o projeto de arquitetura. 11. ed. São Paulo: Blucher, 2017).

Segundo a norma NBR 5626 (ABNT, 2019), o sistema predial de água fria é o conjunto de tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes destinados a conduzir água fria da fonte de estabelecimento aos pontos de utilização, mantendo o padrão de potabilidade. O sistema pode ser direto quando a água provém diretamente da fonte de abastecimento ou indireto quando a água provém de um reservatório do edifício. (NBR 5626,2019).

A NBR 5626 (ABNT, 1998) - “Instalação Predial de Água Fria” tem como objetivo estabelecer exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria. É citado termos e definições que são discorridas ao longo da norma, especificados materiais e componentes empregados nas instalações prediais, e quais normas eles devem obedecer, como também materiais que não devem ser utilizados. O foco da norma é a execução do projeto, onde são abordados tópicos como trabalho no canteiro de obra; inspeção e ensaio; identificação e registros de execução; limpeza e desinfecção. Por fim, é falado sobre como ocorre e como deve ser feita a manutenção em todos os componentes da instalação.

Em sua atualização, houve algumas mudanças que vale ressaltar a respeito da NBR 5626 como a nova abordagem de sistema predial de água quente, união de determinados conceitos da antiga NBR 5626 (ABNT, 1998) com a NBR 7198 (ABNT, 1993) tendo um acréscimo de conteúdo e revisão em instalações prediais de água passando assim a nova NBR 5626 (ABNT, 2019) nomeada como “Sistemas prediais de AF e AQ – Projeto, execução, operação e manutenção”.

Assim como evidenciado na própria titulação da norma, a revisão dela visa estabelecer parâmetros como de potabilidade da água, segurança e desempenho das instalações. Um fato importante de ressaltar é a exclusão de roteiros de cálculos e tabelas que geravam um peso relativo em relação a conteúdo.

Na NBR 5626 (ABNT, 1998), aborda que em qualquer ponto da rede predial de distribuição, a pressão da água em condições dinâmicas (com escoamento) não deve ser inferior a 5 kPa. Na atualização da NBR 5626 (ABNT, 2019), aborda que em qualquer ponto do sistema de distribuição, a pressão dinâmica da água não pode ser inferior a 5kPa (0,5 mca), exceto 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. Nessa atualização normativa de 2019, não é necessário que em todos os pontos de distribuição a pressão da água seja conforme mencionado.

A NBR 5626 (ABNT, 2019) “Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção” introduz com sua definição de instalações prediais, aborda as documentações exigentes dos sistemas prediais de água fria e água quente desde projeto, manual de operação, uso e manutenção, e especifica os requisitos de materiais e componentes.

Conceitua também o desenvolvimento de projeto, desde sua elaboração, requisitos sobre projetos até interação com a concessionária de água, vazões necessárias e conceitos também são especificadas para um melhor funcionamento. Na operação, uso e manutenção, define as suas condições gerais, pressões de trabalho, preservação de potabilidade da água, estanqueidade do sistema e manutenção geral do sistema predial de água fria e quente e suas temperaturas de trabalho.

As mudanças e atualização da norma geram impactos significativos e mensuráveis a aspecto de projeto. Assim como a adição de sistema de instalação predial de água quente, as novas abordagens para elaboração de projetos, execução, operação e manutenção com seus novos conceitos sem conhecimento podem gerar um custo maior na execução de instalações hidráulicas de AF e AQ.

1.1 JUSTIFICATIVA

Devido às grandes mudanças tecnológicas da última década, os aparelhos sanitários sofreram grandes evoluções, porém essas evoluções não foram acompanhadas pela NBR 5626(ABNT, 1998), sendo assim, no ano de 2019, a norma foi reformulada com base na primeira, mas apresentando melhorias devido à evolução da engenharia civil, tendo isso em vista, esse trabalho irá discutir as principais modificações que ocorreram da NBR 5626(ABNT, 1998) para a NBR 5626(ABNT, 2019).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa teve como objetivo geral realizar um comparativo dos métodos de cálculo para o sistema de alimentação de uma residência de alto padrão com capacidade do reservatório em 3000L, cálculo do sistema de alimentação de edifícios de múltiplos pavimentos sendo eles de 3, 6 e 12 pavimentos em comparativo, dimensionamento das perdas de carga do sistema predial de instalações hidráulicas de uma unidade habitacional até chegar aos pontos de utilização e o cálculo de vazões desses pontos de um projeto em água fria usando as normas NBR 5626 (ABNT, 1998) e a NBR 5626 (ABNT, 2019).

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Dimensionamento das edificações utilizando a NBR 5626(ABNT, 1998) e a NBR 5626(ABNT, 2019) realizando os comparativos entre os dois dimensionamentos;
- b) Analisar os impactos das mudanças no dimensionamento até o seu custo final

1.3 METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira etapa apresenta um levantamento bibliográfico sobre as principais mudanças da NBR 5626 (ABNT, 2019) e seu impacto no dimensionamento. Em seguida realiza-se um estudo de caso com o intuito de comparar e destacar as mudanças ocorridas e seu impacto técnico e econômico no projeto residencial de água fria.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma introdução sobre o tema proposto demonstrando sua importância para a comunidade técnica;

O segundo capítulo apresenta um levantamento bibliográfico sobre o tema proposto apresentando as principais referências sobre o tema;

O terceiro capítulo descreve as mudanças realizadas na norma;

No quarto capítulo realiza-se um dimensionamento das redes de alimentação uma edificação, de edifícios com diferentes tipos de pavimentos de água fria, perdas de carga e dimensionamento de vazão de uma unidade habitacional segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998) e a NBR 5626 (ABNT, 2019);

O capítulo 5 apresenta um estudo comparativo sobre o dimensionamento realizado destacando as mudanças técnicas e o impacto econômico;

Por fim, o último capítulo apresenta as considerações finais sobre o trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

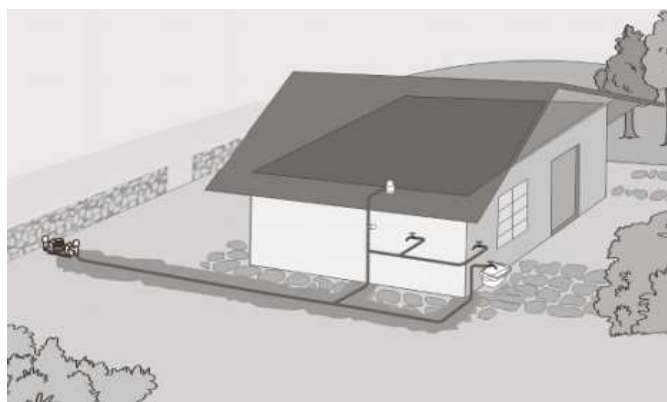
2.1 SISTEMA ÁGUA FRIA

O sistema predial de água fria é compreendido por equipamentos e tubulações onde são utilizados ao longo de todo percurso de água, desde o processo de sua captação, onde é feito o tratamento devido tornando-a potável, até o destino ao consumo em pontos finais de sua distribuição.

A instalação predial de água fria é formada pelo conjunto de tubulações, equipamentos, dispositivos de utilização e reservatórios que permitem o abastecimento de água fria e o seu uso em cada um dos seus pontos de consumo como lavatórios, chuveiros, sendo referido inicialmente do ramal predial, destinados à distribuição e abastecimento dos pontos de utilização final de água na edificação, em quantidade suficiente garantindo a qualidade de água fornecida pelo sistema de abastecimento.

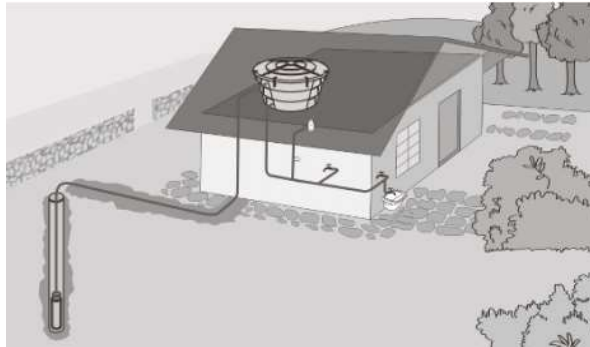
O sistema de abastecimento de edificações é subdividido basicamente em três segmentos: o público, onde a edificação é alimentada através da rede de água da concessionária; a particular, onde a alimentação é feita através de fontes de água como poço artesiano; e mista, onde é utilizado o sistema público e particular ao mesmo tempo tendo em vista que a concessionária que gerencia os recursos hídricos deve ser consultada. Dentre os sistemas de abastecimento mencionados, vale ressaltar que o sistema público mais utilizado é o “público” por depender exclusivamente pela gravidade.

Figura 1: Abastecimento público



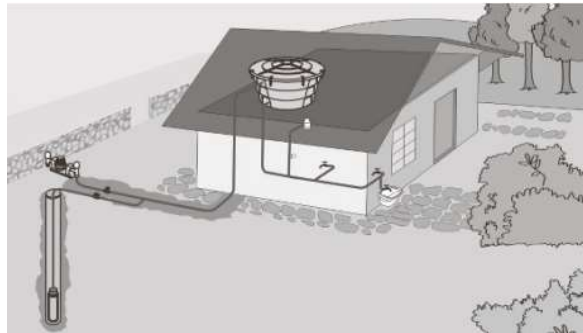
Fonte: Manual técnico Tigre, 2010 p.61

Figura 2: Abastecimento particular



Fonte: Manual técnico Tigre, 2010 p.61

Figura 3: Abastecimento misto



Fonte: Manual técnico Tigre, 2010 p.61

2.2 ELEMENTOS DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA

O sistema de água fria é composto por um conjunto de tubulações cuja finalidade de levar água aos pontos de utilização de uma edificação. A rede de distribuição é subdividida em reservatório, barrilete, coluna de distribuição, ramal e sub-ramal, dispositivos de controle e peças de utilização:

Reservatório: espécie de tanque cuja tem finalidade de reservar a água a ser consumida da edificação. É de extrema importância o cobrimento do reservatório, com tampa, para evitar a entrada de sujeira ou insetos que possam contaminar a água.

Barrilete: tubulação primária que sai do reservatório para alimentação e a partir dela se divide em colunas de distribuição, sendo conhecida também como o tipo de abastecimento é

indireto. Já no abastecimento direto, a tubulação não existe ramificações para as colunas e é ligada diretamente no ramal predial para as colunas de distribuição.

Coluna de distribuição: tubulação derivada do barrilete destinada a alimentação dos ramais.

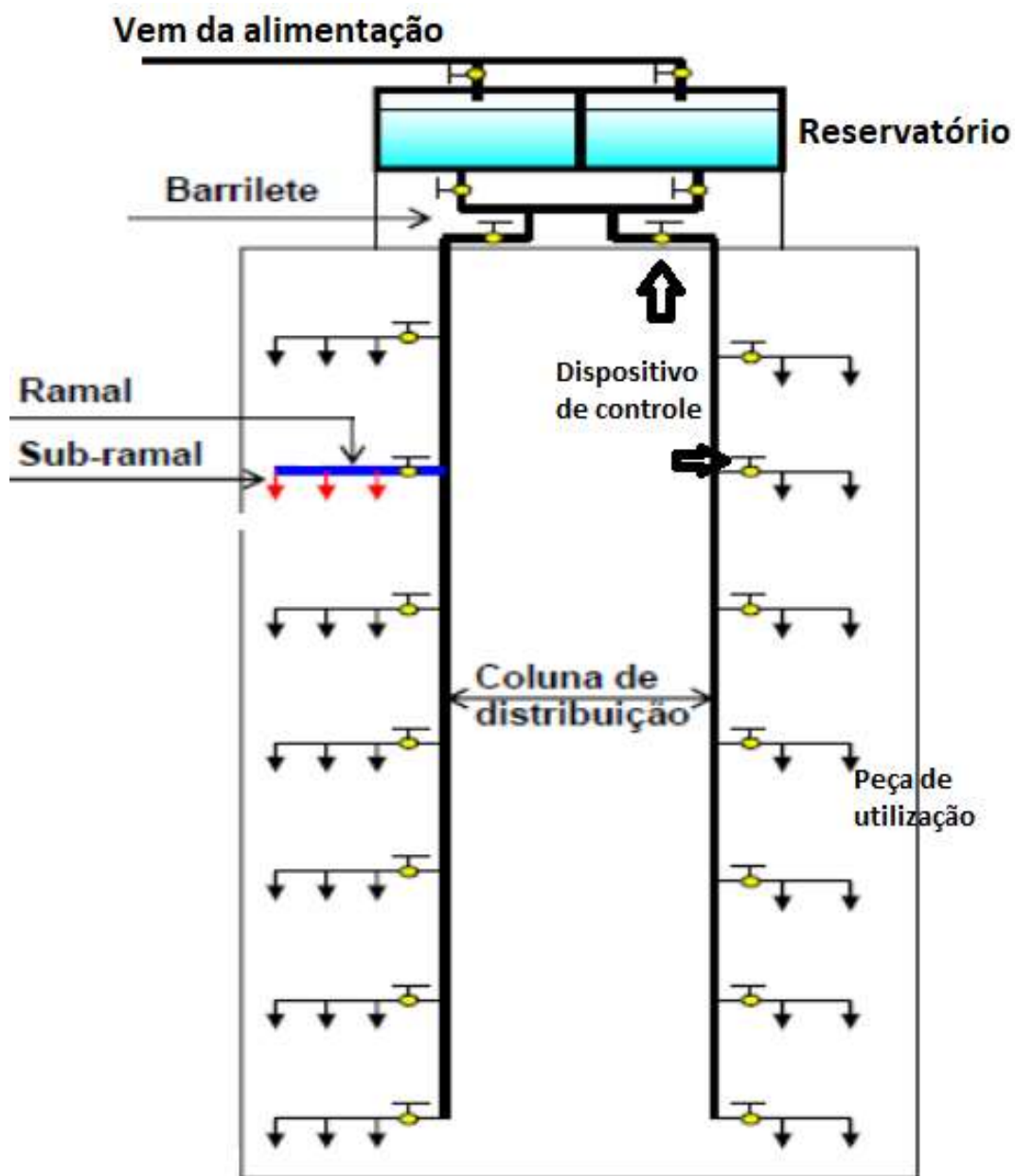
Ramal: tubulação derivada da coluna de distribuição, podendo ser tanto na horizontal e vertical, sendo mais usualmente na horizontal, destinado a alimentação dos sub-ramais.

Sub-ramal: trecho de tubulação que liga o ramal aos pontos de utilização.

Dispositivos de controle: componentes destinados para contenção de vazão e passagem da água do sistema de água fria, sendo conexões como registros de pressão e válvulas de retenção instalados nas colunas de distribuição, ramais e sub-ramais.

Peças de utilização: destino final da água para utilização na edificação cujo são controlados por registros e torneiras que permite a utilização da água, sendo conectados aos sub-ramais.

Figura 4: Sistema esquemático dos elementos do sistema de distribuição



Fonte: Manual técnico Tigre, 2010 p.33

2.3 NBR 5626 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE

A NBR 5626 é a norma técnica que define os requisitos de projeto, execução e manutenção das instalações hidráulicas prediais de água fria, e incluindo também as instalações

de água quente com a atualização da norma no ano de 2020, com a função de garantir bom desempenho nas redes de distribuição, segurança sanitária e potabilidade de água. Esta norma aplica-se a qualquer edificação, sendo residencial ou não, que faz o uso de água, sendo ela potável ou não.

Assim tendo um processo construtivo e/ou em fase de dimensionamento do sistema predial de AF e AQ, essa é a norma que definitivamente precisará ser analisada e utilizada, tendo em vista que toda edificação a ser construída há a necessidade de instalações a fim de garantir água potável ao usuário.

A norma tem cujo objetivo principal o auxílio e orientação quanto ao dimensionamento dos elementos constituintes do sistema predial, o processo executivo com suas diretrizes a serem seguidas na instalação predial de AF e AQ, manual de operações, uso e manutenção.

Quanto ao dimensionamento, que é o desenvolvimento do projeto propriamente dito, nele deve conter elementos como os critérios/métodos levados para o dimensionamento, sendo mais comumente especificados no memorial descritivo do projeto, as premissas de cálculo, o próprio memorial descritivo, volume de armazenamento, pressões de trabalho em diversos pontos do sistema predial, a possibilidade de uso de diversos aparelhos simultâneos, a previsão dos dispositivos de segurança (dispositivos de controle) destinadas para uso em futuras manutenções, desenhos projetuais quanto a desenhos, vistas isométricas e diagrama vertical para uma melhor concepção do projeto e também a vida útil de todo sistema predial de água, como suas manutenções quando necessárias (escopo e periodicidade).

Na fase de projeto, a elaboração dos sistemas prediais de AF e AQ exige que atinja certos requisitos como nível de potabilidade, fornecimento de água contínua entre outros. Nessa fase, informações devem ser levantadas como características do consumo predial (volumes, vazões máximas e médias), características da oferta de água como sua disponibilidade de vazão e possíveis variações das pressões e constância do abastecimento, e também necessidades mínimas de reserva da água. São destacados também na norma as fontes e tipo de abastecimento, alimentador predial e estimativa de consumo diário para um bom dimensionamento.

Quando o tipo de abastecimento do sistema de distribuição for direto, devem ser tomadas precauções para que os seus componentes não fiquem submetidos a pressões superiores à pressão de serviço, os sistemas prediais de AF e AQ devem ser feitos de modo que a manutenção seja facilitada.

Quanto às tubulações, as tubulações devem ser projetadas e instaladas tendo em vista as particularidades do material utilizado, sendo o de AF o PVC, e de AQ o CPVC, as tubulações de distribuição de água fria e quente devem ser projetadas para que minimizem o acúmulo de ar ou vapor em seu interior e a eliminação do ar eventualmente. As vazões em pontos de utilização devem ser estabelecidas e nítidas em relação as vazões consideradas.

Quanto às velocidades mínimas e máximas da água atingida, 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. Em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa (1 mca) mesmo junto a especificação técnica contida de peças de utilização ou de aparelho sanitário do fabricante. Segue a seguir a fórmula e considerações segundo a pressão dada na norma:

Figura 5: Fórmula da vazão de projeto expressa em litros por segundo

$$Q = K\sqrt{P}$$

onde

Q é a vazão de projeto da peça de utilização ou aparelho sanitário, expressa em litros por segundo (L/s);

K é o fator de vazão do aparelho sanitário, expresso em $(L \cdot s^{-1} \cdot kPa^{-0,5})$;

P Em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa (1 mca).

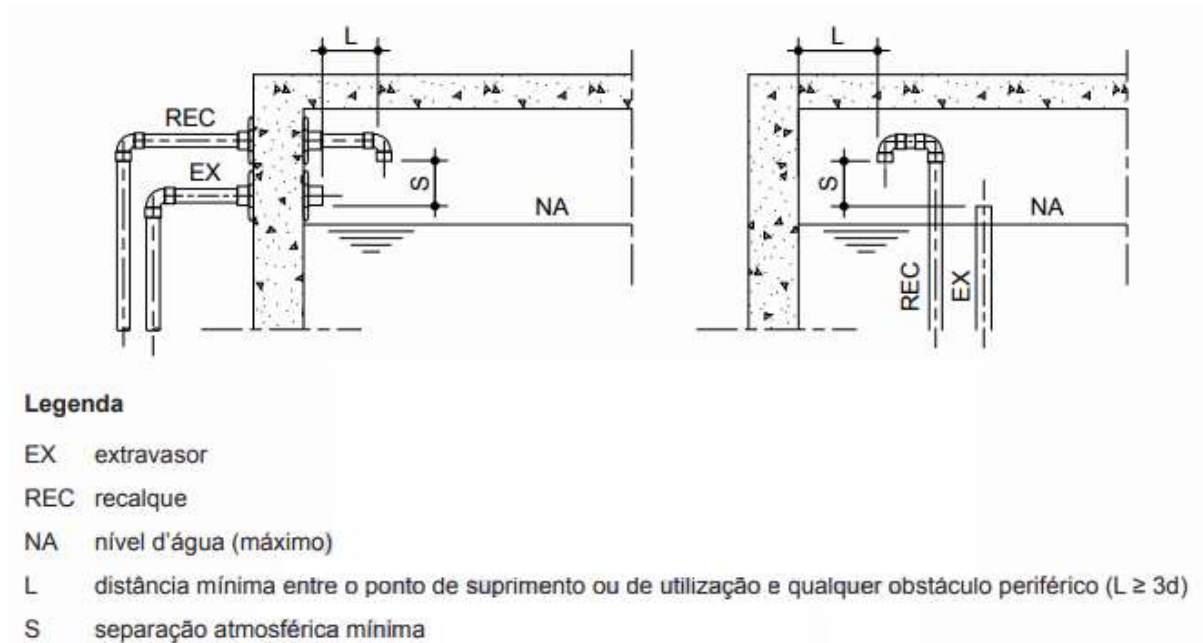
Fonte: NBR 5626, 2019 p.22

Em qualquer ponto da rede predial de distribuição, a pressão dinâmica da água não pode ser inferior a 5 kPa (0,5 mca), 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. Em qualquer ponto do sistema de distribuição, a pressão dinâmica da água não pode ser inferior a 5 kPa (0,5 mca), excetuados os trechos verticais de tomada d'água nas saídas de reservatórios

elevados para os respectivos barriletes em sistemas indiretos. A pressão estática nos pontos de utilização não pode superar 400 kPa (40 mca). Na ocorrência de sobrepensões devidas deve ser considerada no dimensionamento das tubulações, prevista em projeto, são admissíveis desde que não superem o valor de 200 kPa (20 mca).

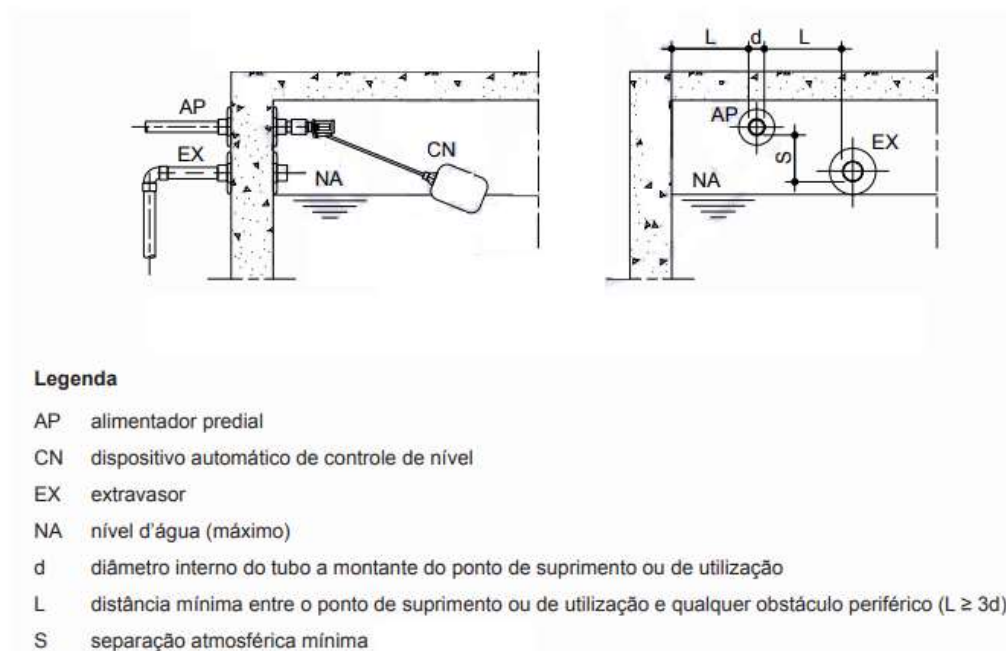
Quanto à proteção e refluxo de água devem ser tomadas medidas severas, não potáveis ou de qualidade desconhecida, para preservar a potabilidade da água da fonte de abastecimento nos pontos de utilização. Os pontos de utilização que, de alguma forma, possam estar sujeitos à condição de conexão cruzada, devem ser protegidos contra o refluxo. A separação atmosférica padronizada constitui o recurso mais efetivo de prevenção ao refluxo, segue a seguir o esquema dessa separação:

Figura 6: Separação atmosférica padronizada em reservatório superior



Fonte: NBR 5626, 2019 p.38

Figura 7: Separação atmosférica padronizada em reservatório inferior



Fonte: NBR 5626, 2019 p.38

Em suas separações atmosféricas mínimas, conforme das figuras 6 e 7, seguem os dados tomados para as mesmas conforme a norma:

Figura 8: Separação atmosférica mínima

d mm	S mm
≤ 14	≥ 20
$14 < d \leq 21$	≥ 25
$21 < d \leq 41$	≥ 70
$d > 41$	$\geq 2d$

Fonte: NBR 5626, 2019 p.38

Na execução, o sistema predial de água fria e água quente deve ser executado conforme o projeto, sendo ela também acompanhada para uma melhor supervisão. A verificação na conformidade da execução quanto ao projeto exige um registro e rastreabilidade com um profissional devidamente habilitado responsável pela execução conforme as diretrizes da

ABNT NBR 15932. Nas especificações da execução, existe todo um tratamento adequado quanto aos quesitos de verificação dos componentes do sistema predial, o armazenamento adequado de tubulações e conexões hidráulicas, inspeções visuais dos materiais antes de empregá-los, manuseio dos materiais e componentes empregados na execução do sistema predial de água fria e água quente.

Em todo o procedimento de execução do sistema predial, devem ser realizados de tal forma sem danificar seus componentes nesse processo a fim de garantir o desempenho adequado e preservação da potabilidade da água.

É de extrema importância também os ensaios de verificação de estanqueidade do sistema predial, sendo ele passíveis de não aprovação, a verificação é feita novamente conforme a adoção de medidas corretivas tomadas.

O ensaio de estanqueidade é realizado de modo a submeter cada seção da tubulação a uma pressão mínima de 600 kPa (60 mca) ou 1,5 vez a máxima pressão de trabalho, sendo escolhida entre as menores pressões. O sistema é considerado estanque caso não seja detectado vazamento ou queda de pressão manométrica por um período mínimo determinado de 1 hora após a pressão do sistema ser estabilizado. Nesse processo de ensaio de estanqueidade, no sistema de AQ deve ser realizado com água na temperatura mínima de 80 °C antes mesmo da aplicação de eventuais isolamentos térmicos.

No ensaio de estanqueidade nas peças de utilização é submetido a pressão estática prevista no seu uso, observando se ocorrem vazamentos quando manobradas. As peças de utilização são consideradas estanques quando não detectado vazamento ou queda de pressão manométrica no sistema também pelo período mínimo de 1 hora como o ensaio de estanqueidade do sistema.

No ensaio de estanqueidade de reservatório, ele deve ser preenchido com água até o nível máximo permitido, nele observa-se se há ocorrência de vazamentos em suas conexões ou escoamento do extravasor. É considerado estanque quando não há vazamentos durante o período mínimo de 72 horas.

Figura 9: Teste de estanqueidade do sistema predial



Fonte: ULTRA, 2018

Após todo o fim da execução, conforme a norma, devem ser elaborados desenhos cadastrais com o as built a partir dos registros de execução.

No manual de operação, uso e manutenção da norma, são indicados parâmetros a serem seguidos com base no projeto e o as built da edificação, sendo o planejamento de manutenção e a elaboração dos respectivos procedimentos direcionados conforme a ABNT NBR 5674 Manutenção de edificações – procedimento. Os componentes do sistema predial de AF e AQ são verificados com frequências definidas e conforme necessidade e condições encontradas in loco.

Figura 10: Indicações de periodicidade a manutenção dos componentes sistema predial

Periodicidades máximas para atividades de manutenção			
Atividade	Componentes	Periodicidade	Profissional
Níveis de pressão	Verificação do funcionamento das válvulas redutoras de pressão	semestral	qualificado
	Verificação do funcionamento das válvulas de alívio e válvulas de segurança à pressão	semestral	habilitado
	Verificação do funcionamento dos vasos de expansão térmica	semestral	qualificado
	Verificação do funcionamento de vasos e tanques de pressão	semestral	capacitado
	Verificação do funcionamento de bombas e pressurizadores	semestral	qualificado
Preservação da qualidade da água	Limpeza dos reservatórios e do sistema de distribuição	semestral	capacitado
	Verificação do funcionamento de dispositivos de proteção contra refluxo	anual	qualificado
	Verificação da simultaneidade da operação das válvulas redutoras de pressão montadas em estações redutoras de pressão	semestral	capacitado
	Verificação da capacidade filtrante de dispositivos e elementos filtrantes	semestral	qualificado
	Verificação da deterioração e oxidação dos componentes	semestral	capacitado
Estanqueidade do sistema	Verificação da estanqueidade de reservatório	semestral	capacitado
	Verificação da estanqueidade do sistema de distribuição	semestral	capacitado
	Verificação da capacidade de bloqueio (estanqueidade) dos registros de fechamento	semestral	capacitado
	Verificação da estanqueidade das peças de utilização	semestral	capacitado

Fonte: NBR 5626, 2019 p.47

Figura 11: Indicações de periodicidade a manutenção dos componentes sistema predial quanto a dos componentes e níveis de temperatura.

Atividade	Componentes	Periodicidade	Profissional
Manutenção geral de componentes	Verificação do funcionamento adequado de peças de utilização	semestral	capacitado
	Verificação do estado dos espaços destinados a tubulações não embutidas e não enterradas	semestral	capacitado
	Limpeza de crivos de chuveiros, arejadores e peças de utilização (aspectos não estéticos)	semestral	capacitado
Níveis de temperatura	Funcionamento das válvulas termostáticas	anual	qualificado
	Funcionamento das liras e juntas de expansão	anual	capacitado
	Funcionamento dos dispositivos limitadores de temperatura	anual	qualificado
	Verificação da temperatura das fontes de aquecimento	anual	capacitado
	Verificação da integridade do material isolante dos tubos e componentes do sistema	anual	capacitado

Fonte: NBR 5626, 2019 p.48

Em relação aos níveis de pressão, as pressões de trabalho atuantes em todos os trechos do sistema predial de AF e AQ devem atender e serem mantidos nos valores estabelecidos em projeto e manual de uso. Sendo evidenciado uma pressão fora dos limites especificados, como o funcionamento de válvula redutora de pressão, bombas e pressurizadores, devem ser tomadas providências para ajustar a pressão aos requisitos adequados.

Quanto à preservação da potabilidade de água, a água deve ser monitorada conforme a periodicidade da tabela com atenção dada aos reservatórios. Quando constatada eventual contaminação direta da água do sistema, deve-se determinar e eliminar a sua fonte causa com um procedimento que restaure no sistema garantindo a preservação da potabilidade da água. Há necessidade de uma verificação periódica para assegurar que as tampas dos reservatórios estão posicionadas e fixadas nos locais corretos e impedem que adentrem corpos estranhos, insetos ou qualquer outro tipo de material que entre em contato direto com a água no reservatório.

Na estanqueidade do sistema, a verificação de possíveis vazamentos deve ser realizada e caso encontrados devem ser reparados e eliminados. Nos reservatórios a serem verificados, deverão ser periodicamente analisados para assegurar que as tubulações de extravasão e de

aviso de extravasão estão totalmente desobstruídas e que não há ocorrência de vazamentos em suas atividades de uso.

Na manutenção geral, os procedimentos gerais devem observar se o funcionamento do sistema e todas as suas partes apresentam um bom funcionamento ou em perfeito estado. Para possibilitar a manutenção de qualquer parte do sistema de distribuição deve ser prevista setorização, mediante a previsão de registros de fechamento ou de dispositivos de idêntica finalidade, podendo destacar segundo a ABNT NBR 5626:2020: a) no barrilete, posicionado no trecho que alimenta o próprio barrilete; no caso de abastecimento indireto, posicionado em cada trecho que liga o barrilete ao reservatório; b) na coluna de distribuição, posicionado a montante do primeiro ramal; c) no ramal, posicionado a montante do primeiro sub-ramal em ao menos um dos ambientes sanitários da unidade autônoma; d) havendo medição individualizada de consumo, a montante do hidrômetro. No caso de perda parcial ou completa da funcionalidade de algum dos componentes, se deve o início de ações específicas para a devida manutenção assim como substituição de elementos de vedação ou troca do próprio componente.

Quanto a temperaturas de trabalho, a verificação do sistema e a temperatura da água deve ser feita a fim de garantir que a temperatura da água esteja conforme o intervalo estabelecido em projeto e manual de uso.

Por fim, na NBR 5626 são deixados anexos informativos quanto ao sistema predial em relação a ensaio de verificação de proteção contra refluxo, proteção contra degradação e/ou corrosão, ruídos e vibrações, recomendações para o uso eficiente de energia nos sistemas prediais de água fria e quente e novos materiais, componentes ou tecnologias.

A norma também define termos importantes que envolvem esse tipo de instalação e são fundamentais para que um engenheiro possa projetar ou prover assistência técnica garantindo o desempenho e segurança nesse tipo de instalação. Dentre eles, destacam-se:

Abastecimento direto: É utilizado caso não haja necessidade de reserva de água na edificação e a pressão da rede de distribuição seja suficiente para abastecer os pontos de água. Neste caso, corre-se o risco de ficar desabastecido em caso de manutenção da rede.

Abastecimento indireto: vem do reservatório interno da edificação. Neste caso, será necessário realizar o dimensionamento do reservatório de água.

Água fria: água à temperatura ambiente.

Alimentador predial: tubulação que abastece a edificação. Pode vir da concessionária (cidades) ou algum outro corpo d'água (zona rural).

Conexão cruzada: união, em algum ponto, entre água potável e águas de qualidade desconhecida. É proibida por esta norma.

Diâmetro nominal: valor, geralmente em milímetros, que define o diâmetro das tubulações.

Extravasador ou ladrão: serve para eliminar água do reservatório em caso de defeitos na torneira de bóia. Deve, preferencialmente, jorrar água em ponto externo visível, denunciando o problema.

Instalação elevatória ou de recalque: sistema que bombeia águas a um reservatório superior, quando a ação da gravidade for insuficiente / pressão de fornecimento for inferior à necessária nos locais críticos.

2.4 IMPORTÂNCIA DA NORMA

Instalações hidráulicas são indispensáveis em qualquer tipo de edificação, com a necessidade do acesso adequado de água potável ao usuário, assim como sua correta instalação conforme os requisitos da norma. A NBR 5626 de sistemas prediais de AF e AQ tem como enfoque principal na AF, onde é basicamente toda a água com nível de potabilidade adequada a ser utilizada em uma edificação.

Essa norma pode ser aplicável a todo tipo de edificação com um auxílio de uma melhor eficácia de todo o sistema predial de instalação de AF sendo usualmente o mais empregado nas edificações e AQ. Há vários itens que devem ser destacados relacionados à importância e relevância da norma, os quais podemos destacar:

- Garantir que a água seja potável seguindo os requisitos do ministério da saúde;
- Garantir que o caminho que a água percorre no sistema predial chegue de maneira contínua, onde a pressão e a velocidade atinjam os parâmetros mínimos adequados nas peças de utilização;
- Garantir que haja economia de água, bem como a de energia gerada em seu caminho percorrido;
- Garantir que a manutenção seja feita corretamente, conforme a figura 6 sendo mais explícita e de fácil aplicabilidade;

- Garantir que sejam evitados os níveis de ruído que são inadequados, conforme o anexo C da norma, para a ocupação do ambiente;
- Garantir o conforto adequado para os usuários, de modo a prever peças de utilização até simultaneamente, sendo elas de operação fácil com vazões satisfatórias atendendo os parâmetros mínimos exigidos para o uso.

3 ESTUDOS DE CASO

3.1 RESERVA

Conforme a atualização da norma, e de alguns elementos em sua composição, é imprescindível analisar seus principais parâmetros no termo de aplicabilidade e suas particularidades em relação à aplicação para fase de análise. Foi observado que na NBR com atualização em 1998 tinha pontos a serem revisados para um melhor dimensionamento até o destino final que é nos pontos de utilização.

3.1.1 RESERVATÓRIO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Será realizado um estudo da aplicação da NBR 5626 para o dimensionamento da tubulação destinada a abastecer o reservatório de uma residência unifamiliar de alto padrão, com a utilização dos critérios a serem seguidos conforme a antiga NBR 5626(ABNT, 1998) e sua recente atualização de 2019 em que terá como destino final o tempo de enchimento de 2 (dois) reservatórios de 1500L cada. Vale ressaltar que a norma em sua atualização antiga estipula um tempo máximo de enchimento total do reservatório em até 1 (uma) hora, sendo com a atualização da NBR recente estipula o tempo de enchimento do reservatório entre 1 (uma) e 3 horas. No final desse estudo, serão comparados os diâmetros mínimos e máximos comerciais para sua melhor aplicação quanto aos parâmetros da norma e a comparação de resultados quanto custo final do ramal de alimentação.

3.1.2 RESERVATÓRIO PARA EDIFÍCIOS

Esse estudo trará uma idéia semelhante ao primeiro estudo de caso de residência unifamiliar, porém com aplicação em edifícios, com o dimensionamento da tubulação destinada a alimentação dos reservatórios com a aplicação das normas em sua atualização, sendo agora aplicado para reservatório de edifícios com diferentes tipos da quantidade de pavimentos.

Nas premissas da NBR 5626 (ABNT, 1998), o reservatório do edifício teria que ser abastecido em um tempo de até 6 horas, onde dá-se a entender que qualquer tempo no intervalo de 1 (uma) e 6 (seis) horas é correto em sua aplicação.

Nas premissas da NBR 5626 (ABNT, 2019), o reservatório do edifício tem o tempo destinado para abastecimento total em 6 horas.

Com esses parâmetros da norma, será feito um estudo comparativo entre as duas normas em relação ao tempo em que será destinado para abastecimento total do reservatório com um intervalo de tempo entre 2, 3, 4, 5 e 6 horas levando em consideração a vazão necessária, o diâmetro comercial para tubulação, a necessidade de bombeamento para o abastecimento e o custo final

Será apresentado um gráfico com esses dados calculados abordando ambas as normas para exemplificar e diferenciar a necessidade adequada para os reservatórios de um edifício de acordo com o número de pavimentos como 3, 6, e 12 andares e o tempo adequado para o completo abastecimento do reservatório.

Tal gráfico será utilizado também para comparativo e análise de outros parâmetros nessas edificações como vazão, diâmetro da tubulação e custo final.

3.2 PERDA DE CARGA

Será feito um estudo em torno da perda de carga ocorrida em um apartamento padrão utilizando os métodos orientados em cada norma (HSIAO e Universal) e da diferença de parâmetros na NBR de 1998, onde a pressão mínima adequada para os pontos de utilização é de 2 mca. Na NBR de 2019, em que a pressão mínima em seus pontos de utilização é de 0,5 mca.

3.3 VAZÃO

Por último será demonstrada a diferença em relação à vazão, ao ser calculada conforme restringe a norma antiga e calculada de forma livre conforme a nova norma, e o impacto que isso traz para o projeto.

4. CÁLCULOS

4.1 RESERVATÓRIO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Cálculo de volume do reservatório:

Será considerada uma residência com 4 suítes e média de gasto de 150L por pessoa, considerando assim que serão necessários 02 reservatórios de 2000L totalizando 4000L ($4m^3$) de volume necessário.

Cálculo de área de tubulações comerciais de 20mm, 25mm e 32mm respectivamente:

$$A_{20mm} (r = 10mm) = \pi * r^2 = 3,14cm^2 \text{ ou } 3,14 \times 10^{-4}m^2$$

$$A_{25mm} (r = 12,5mm) = \pi * r^2 = 4,91cm^2 \text{ ou } 4,91 \times 10^{-4}m^2$$

$$A_{32mm} (r = 16mm) = \pi * r^2 = 8,04cm^2 \text{ ou } 8,04 \times 10^{-4}m^2$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

Será adotada a velocidade máxima estipulada pela NBR 5626 de 3m/s na tubulação. Temos então os cálculos das vazões em cada tubulação:

$$V_{20mm} = 3 \text{ m/s} * 3,14 \times 10^{-4}m^2 = 9,42 \times 10^{-4}m^3/s$$

$$V_{25mm} = 3 \text{ m/s} * 4,91 \times 10^{-4}m^2 = 1,47 \times 10^{-3}m^3/s$$

$$V_{32mm} = 3 \text{ m/s} * 8,04 \times 10^{-4}m^2 = 2,41 \times 10^{-3}m^3/s$$

→ **Tempo de Abastecimento = Volume / Vazão**

$$T_{20mm} = \frac{4m^3}{9,42 \times 10^{-4}m^3/s} = 4246,28s = 1h11min \text{ (Obs.: } T > 1h \text{ não seria permitido na norma antiga)}$$

$$T_{25mm} = \frac{4m^3}{1,47 \times 10^{-3}m^3/s} = 2721,08s = 45min$$

$$T_{32mm} = \frac{4m^3}{2,41 \times 10^{-3}m^3/s} = 1659,80s = 28min$$

Cálculos Orçamentários:

Conforme pesquisa de mercado, serão demonstradas a diferenças orçamentárias que ocorrem mediante a escolha de cada tubulação, tomaremos como exemplo uma tubulação de 30m de extensão com 04 joelhos e 01 registro de esfera.

Custo com tubulação de 20mm:

30 metros de tubo 20mm - R\$ 149,50 (R\$ 29,90 – 6 metros)

04 joelhos de 20 mm de 90° – R\$ 3,40 (R\$ 0,85 a unidade)

01 registro de esfera de 20mm – R\$ 15,53

Custo Total: R\$ 168,43

30 metros de tubo 25mm - R\$ 164,50 (32,90 – 6 metros)

04 joelhos de 25 mm de 90° – R\$ 3,80 (R\$ 0,95 a unidade)

01 registro de esfera de 25mm – R\$ 23,29

Custo Total: R\$ 191,59

30 metros de tubo 32mm - R\$ 414,50 (82,90 – 6 metros)

04 joelhos de 32 mm de 90° – R\$ 17,16 (R\$ 4,29 a unidade)

01 registro de esfera de 32mm – R\$ 47,90

Custo Total: R\$ 479,56

4.2 RESERVATÓRIO PARA EDIFÍCIOS

Cálculo de Volume para edifício com 03 pavimentos, 04 apartamentos por andar e 03 quartos em cada apartamento.

$3 \times 4 \times 6 = 72$ pessoas

$72 \times 200\text{L}/\text{pessoa} = 14.400\text{L}$

Reserva para 02 dias: $14.400\text{L} \times 2 = 28.800\text{L}$

Reservatório Superior = 14.400L (01 Caixa de 15.000L)

Reservatório Inferior = 14.400L (01 Caixa de 15.000L)

Cálculo da tubulação de água fria ideal com a variável do tempo para abastecimento do reservatório do edifício:

$$t = 2h (7200s)$$

→ **Tempo = Volume / Vazão**

$$7200 = \frac{15m^3}{Vazão} \rightarrow Vazão = 2,08 \times 10^{-3} m^3/s$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$2,08 \times 10^{-3} m^3/s = 3 m/s \times Área$$

$$Área = 6,93 \times 10^{-4} m^2$$

$$\pi * r^2 = 6,93 \times 10^{-4} m^2$$

$$r = \sqrt{\frac{6,93 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 14,8mm \rightarrow Diâmetro = 29,6mm$$

$$t = 3h (10800s)$$

→ **Tempo = Volume / Vazão**

$$10800 = \frac{15m^3}{Vazão} \rightarrow Vazão = 1,39 \times 10^{-3} m^3/s$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$1,39 \times 10^{-3} m^3/s = 3 m/s \times Área$$

$$Área = 4,62 \times 10^{-4} m^2$$

$$\pi * r^2 = 4,62 \times 10^{-4} m^2$$

$$r = \sqrt{\frac{4,62 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 12,1 mm \rightarrow \text{Diâmetro} = 24,2 mm$$

$$t = 4h (14400s)$$

$$\rightarrow \text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão}$$

$$14400 = \frac{15 m^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 1,04 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$\rightarrow \text{Vazão} = \text{Velocidade} \times \text{Área}$$

$$1,04 \times 10^{-3} m^3/s = 3 m/s \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 3,47 \times 10^{-4} m^2$$

$$\pi * r^2 = 3,47 \times 10^{-4} m^2$$

$$r = \sqrt{\frac{3,47 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 10,5 mm \rightarrow \text{Diâmetro} = 21 mm$$

$$t = 5h (18000s)$$

$$\rightarrow \text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão}$$

$$18000 = \frac{15 m^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 8,33 \times 10^{-4} m^3/s$$

$$\rightarrow \text{Vazão} = \text{Velocidade} \times \text{Área}$$

$$8,33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 2,78 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 2,78 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{2,78 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 9,40 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 18,8 \text{ mm}$$

Cálculo de Volume para edifício com 06 pavimentos, 04 apartamentos por andar e 03 quartos em cada apartamento.

$$6 \times 4 \times 6 = 144 \text{ pessoas}$$

$$144 \times 200 \text{ L/pessoa} = 28.800 \text{ L}$$

$$\text{Reserva para 02 dias: } 28.800 \text{ L} \times 2 = 57.600 \text{ L}$$

$$\text{Reservatório Superior} = 28.800 \text{ L (02 Caixas de 15.000L)}$$

$$\text{Reservatório Inferior} = 28.800 \text{ L (02 Caixas de 15.000L)}$$

Cálculo da tubulação de água fria ideal com a variável do tempo para abastecimento do reservatório do edifício:

$$t = 2 \text{ h (7200s)}$$

$$\rightarrow \text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão}$$

$$7200 = \frac{30 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 4,16 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rightarrow \text{Vazão} = \text{Velocidade} \times \text{Área}$$

$$4,16 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 1,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 1,38 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{1,38 \times 10^{-3}}{\pi}}$$

$$r = 9,40 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 18,8 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ h} (10800 \text{ s})$$

$$\rightarrow \text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão}$$

$$10800 = \frac{30 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 2,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rightarrow \text{Vazão} = \text{Velocidade} \times \text{Área}$$

$$2,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 9,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 9,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{9,26 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 17,16 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 34,33 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ h} (14400 \text{ s})$$

$$\rightarrow \text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão}$$

$$14400 = \frac{30 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 2,08 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$2,08 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 6,94 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 6,94 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{6,94 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 14,86 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 29,73 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ h (18000s)}$$

→ **Tempo = Volume / Vazão**

$$18000 = \frac{30 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 1,67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$1,67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 5,56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 5,56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{5,56 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 13,29 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 26,6 \text{ mm}$$

$$t = 6 \text{ h (21600s)}$$

→ **Tempo = Volume / Vazão**

$$21600 = \frac{30 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 1,389 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$1,389 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 4,63 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 4,63 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{4,63 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 12,13 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 24,27 \text{ mm}$$

Cálculo de Volume para edifício com 12 pavimentos, 04 apartamentos por andar e 03 quartos em cada apartamento.

$$12 \times 4 \times 6 = 288 \text{ pessoas}$$

$$288 \times 200 \text{ L/pessoa} = 57.600 \text{ L}$$

$$\text{Reserva para 02 dias: } 57.600 \text{ L} \times 2 = 115.200 \text{ L}$$

Reservatório Superior = 57.600L (04 Caixas de 15.000L)

Reservatório Inferior = 57.600L (04 Caixas de 15.000L)

Cálculo da tubulação de água fria ideal com a variável do tempo para abastecimento do reservatório do edifício:

$$t = 2 \text{ h (7200s)}$$

→ **Tempo = Volume / Vazão**

$$7200 = \frac{60 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 8,33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$8,33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 2,78 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 2,78 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{2,78 \times 10^{-3}}{\pi}}$$

$$r = 29,73 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 59,47 \text{ mm}$$

$$t = 3 \text{ h} (10800 \text{ s})$$

→ **Tempo = Volume / Vazão**

$$10800 = \frac{60 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 5,56 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$5,56 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 1,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 1,85 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{1,85 \times 10^{-3}}{\pi}}$$

$$r = 24,27 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 48,56 \text{ mm}$$

$$t = 4 \text{ h} (14400 \text{ s})$$

→ **Tempo = Volume / Vazão**

$$14400 = \frac{60 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 4,17 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$4,17 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 1,39 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 1,39 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{1,39 \times 10^{-3}}{\pi}}$$

$$r = 21,02 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 42,05 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ h} (18000 \text{ s})$$

$$\rightarrow \text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão}$$

$$18000 = \frac{60 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 3,34 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rightarrow \text{Vazão} = \text{Velocidade} \times \text{Área}$$

$$3,34 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

$$\text{Área} = 1,11 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 1,11 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{1,11 \times 10^{-3}}{\pi}}$$

$$r = 18,8 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 37,6 \text{ mm}$$

$$t = 6 \text{ h} (21600 \text{ s})$$

$$\rightarrow \text{Tempo} = \text{Volume} / \text{Vazão}$$

$$21600 = \frac{60 \text{ m}^3}{\text{Vazão}} \rightarrow \text{Vazão} = 2,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

→ **Vazão = Velocidade x Área**

$$2,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3 \text{ m/s} \times \text{Área}$$

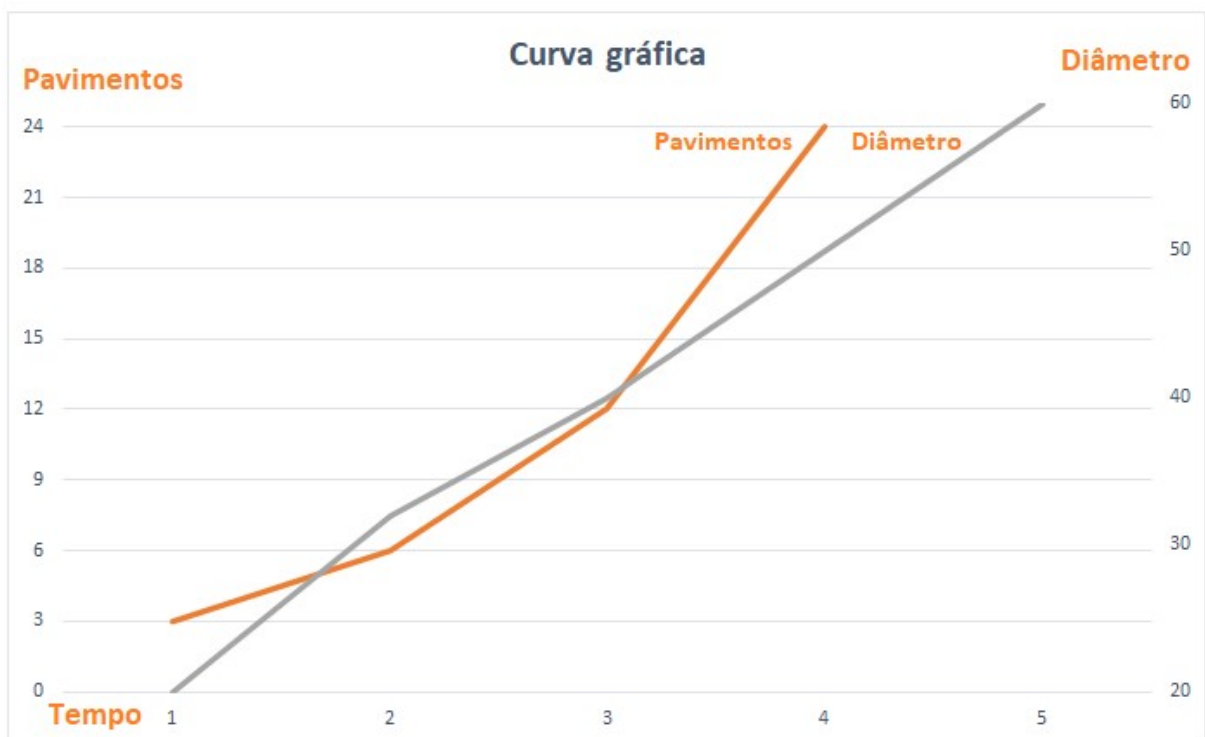
$$\text{Área} = 9,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\pi * r^2 = 9,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{9,26 \times 10^{-4}}{\pi}}$$

$$r = 17,16 \text{ mm} \rightarrow \text{Diâmetro} = 34,33 \text{ mm}$$

Figura 12: Gráfico comparativo com as 3 variáveis de tempo em horas, quantidade de pavimentos e o diâmetro da tubulação em mm.



Fonte: Do autor, 2021.

O gráfico apresenta as três variantes levadas em consideração para o dimensionamento da rede de alimentação dos edifícios calculados, com a previsão de até 24 pavimentos. Nele contém a quantidade de pavimentos, o diâmetro da tubulação em mm e o tempo em horas.

Apresenta também duas curvas onde são mostradas em consideração ao tempo destinado para o abastecimento dos reservatórios com a quantidade de pavimento e a tubulação dimensionada utilizada

4.3 CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM UMA UNIDADE HABITACIONAL

Conforme a norma, a perda de carga ao longo de um tubo é totalmente dependente do seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e de sua expressa vazão. No cálculo valor da perda de carga do tubo (Hsiao), até o ponto de utilização de água, a NBR de 1998 recomenda utilizar a equação universal, utilizando os valores de rugosidade junto ao fabricante da tubulação. Para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre):

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times Q^{1,88} \times d^{-4,88}$$

J: é a perda de carga unitária, em quilopascals por metro;

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

D: é o diâmetro interno do tubo, em milímetros.

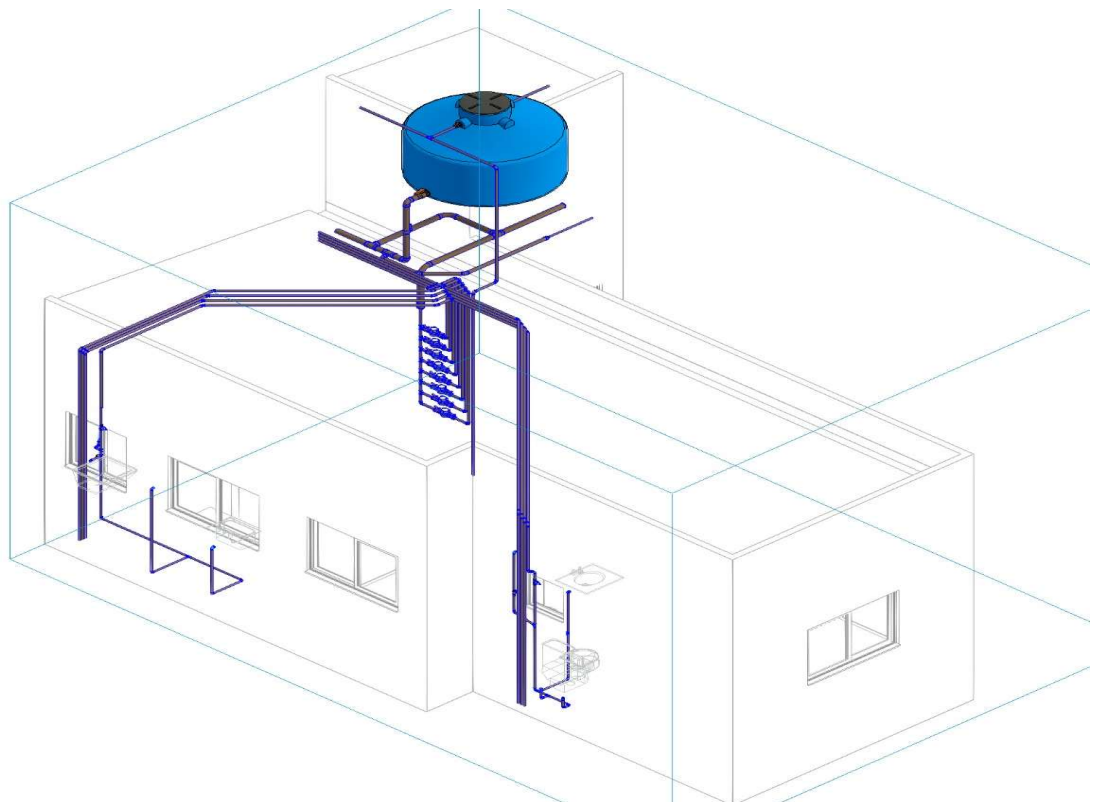
A perda de carga nas conexões que ligam os tubos é expressa em termos de comprimentos equivalentes desses tubos. A tabela a seguir apresenta esses comprimentos para os casos de equivalência do tubo liso empregado no caso a ser estudado.

Tabela 1: Perdas de cargas de conexões em PVC pela fórmula Hsiao.

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

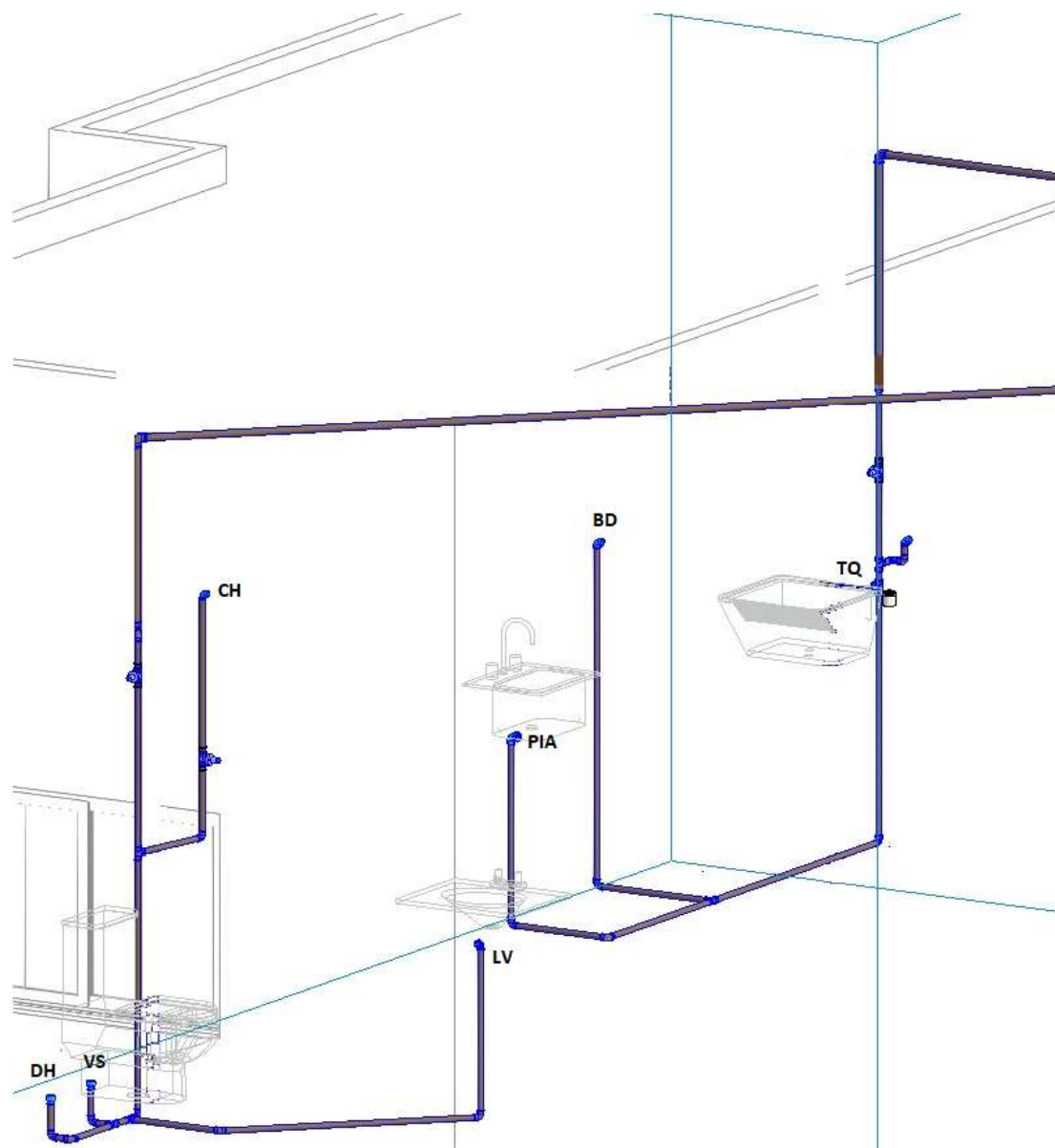
Fonte: NBR 5626, 1998 p.29

Figura 13: Esquema hidráulico do barrilete de determinado edifício até a distribuição nos pontos de utilização de água em uma unidade habitacional



Fonte: Do autor, 2021

Figura 14: Esquema isométrico de instalação de água fria de uma unidade habitacional de um edifício



Fonte: Do autor, 2021

Cálculo da perda de carga:

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,88} \times d^{-4,88}$$

Para cálculo das perdas de carga de uma unidade habitacional, de uma unidade habitacional de determinado residencial, será utilizado para diferentes pontos de utilização de água com a tubulações e conexões mensuradas no isométrico.

Ponto de utilização: lavatório banheiro

Tabela 2: Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do lavatório do banheiro.

Conexões tubo 25mm	
Tipo	Quantidade
Joelho 90°	6 unidades
Joelho 45°	2 unidades
Tê passagem lateral	1 unidades
Comprimento total	16,85 metros

Fonte: Do autor, 2021

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88}$$

$$J = 0,0785 \text{ m/m}$$

Comprimento total da tubulação com as conexões:

$$C = 6 \times 1,5 + 2 \times 0,7 + 1 \times 3,1 + 16,85$$

$$C = 13,5 + 16,85 = 30,35 \text{ m}$$

Perca de carga por metro:

$$Pc = J \times C$$

$$J = 0,0785 \times 30,35$$

$$J = 2,38 \text{ J}$$

Ponto de utilização: vaso caixa acoplada

Tabela 3: Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do vaso caixa acoplada.

Conexões tubo 25mm	
Tipo	Quantidade
Joelho 90°	5 unidades
Joelho 45°	1 unidade
Tê passagem lateral	1 unidade
Tê passagem direta	1 unidade
Comprimento total	14,10 metros

Fonte: Do autor, 2021

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88}$$

$$J = 0,0785 \text{ m/m}$$

Comprimento total da tubulação com as conexões:

$$C = 5 \times 1,5 + 1 \times 0,7 + 1 \times 0,9 + 1 \times 3,1 + 14,10$$

$$C = 12,20 + 14,10 = 26,3 \text{ m}$$

Perca de carga por metro:

$$P_c = J \times C$$

$$P_c = 0,0785 \times 26,30$$

$$P_c = 2,06 \text{ J}$$

Ponto de utilização: ducha higiênica

Tabela 4: Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização da ducha higiênica.

Conexões tubo 25mm	
Tipo	Quantidade
Joelho 90°	8 unidades
Joelho 45°	1 unidade
Tê passagem lateral	1 unidade
Tê passagem direta	1 unidade
Comprimento total	14,60 metros

Fonte: Do autor, 2021

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88}$$

$$J = 0,0785 \text{ m/m}$$

Comprimento total da tubulação com as conexões:

$$C = 8 \times 1,5 + 1 \times 0,7 + 1 \times 0,9 + 1 \times 3,1 + 14,60$$

$$C = 16,70 + 14,60 = 31,3 \text{ m}$$

Perca de carga por metro:

$$Pc = J \times C$$

$$Pc = 0,0785 \times 31,3$$

$$Pc = 2,46 \text{ J}$$

Ponto de utilização: chuveiro

Tabela 5: Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do chuveiro.

Conexões tubo 25mm	
Tipo	Quantidade
Joelho 90°	7 unidades
Joelho 45°	1 unidade
Tê passagem lateral	1 unidade
Comprimento total	15,25 metros

Fonte: Do autor, 2021

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88}$$

$$J = 0,0785 \text{ m/m}$$

Comprimento total da tubulação com as conexões:

$$C = 7 \times 1,5 + 1 \times 0,7 + 1 \times 3,1 + 13,60$$

$$C = 15,95 + 13,60 = 29,55 \text{ m}$$

Perca de carga por metro:

$$Pc = J \times C$$

$$P_c = 0,0785 \times 29,55$$

$$P_c = 2,32J$$

Ponto de utilização: pia

Tabela 6: Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização da pia.

Conexões tubo 25mm	
Tipo	Quantidade
Joelho 90°	7 unidades
Joelho 45°	2 unidades
Tê passagem direta	2 unidades
Comprimento total	12,20 metros

Fonte: Do autor, 2021

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88}$$

$$J = 0,0785 \text{ m/m}$$

Comprimento total da tubulação com as conexões:

$$C = 7 \times 1,5 + 2 \times 0,7 + 2 \times 0,9 + 12,20$$

$$C = 13,70 + 12,20 = 25,90m$$

Perca de carga por metro:

$$P_c = J \times C$$

$$P_c = 0,0785 \times 25,9$$

$$P_c = 2,03J$$

Ponto de utilização: bebedouro

Tabela 7: Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do bebedouro.

Conexões tubo 25mm	
Tipo	Quantidade
Joelho 90°	6 unidades
Joelho 45°	2 unidades
Tê passagem lateral	1 unidade
Comprimento total	11,80 metros

Fonte: Do autor, 2021

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88}$$

$$J = 0,0785 \text{ m/m}$$

Comprimento total da tubulação com as conexões:

$$C = 6 \times 1,5 + 2 \times 0,7 + 1 \times 3,1 + 11,80$$

$$C = 13,50 + 11,80 = 25,30 \text{ m}$$

Perca de carga por metro:

$$Pc = J \times C$$

$$Pc = 0,0785 \times 25,3$$

$$Pc = 1,98 \text{ J}$$

Ponto de utilização: tanque

Tabela 8: Conexões e tubulação do sistema até o ponto de utilização do tanque.

Conexões tubo 25mm	
Tipo	Quantidade
Joelho 90°	5 unidades
Joelho 45°	2 unidades
Tê passagem lateral	1 unidade
Comprimento total	9,75 metros

Fonte: Do autor, 2021

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88}$$

$$J = 0,0785 \text{ m/m}$$

Comprimento total da tubulação com as conexões:

$$C = 5 \times 1,5 + 2 \times 0,7 + 1 \times 3,1 + 9,75$$

$$C = 12 + 9,75 = 21,75 \text{ m}$$

Perca de carga por metro:

$$Pc = J \times C$$

$$Pc = 0,0785 \times 21,75$$

$$Pc = 1,71 \text{ J}$$

Na atualização da NBR 5626 de 2019, a determinação das perdas de carga na tubulação e o cálculo das pressões dinâmicas nos pontos de utilização devem ser feitos referenciado a equação de cálculos, cuja equação universal de Darcy-Wisbach de perda de carga é a mais indicada para fins de dimensionamento.

É considerado uma rugosidade da tubulação de 0,1 e fator de atrito levando em consideração a rugosidade da tubulação pelo seu diâmetro equivalente e o Re (número Reynolds).

$$h = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

h: perda de carga (pressão);

f: fator de atrito;

L: comprimento da tubulação;

D: diâmetro do tubo;

V: velocidade média do escoamento

Ponto de utilização: lavatório banheiro

Comprimento da tubulação: 30,35m

Cálculo da vazão:

$$Q = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$Q = \frac{4 \times 0,003}{\pi \times 0,025^2} = 6,11 \frac{m}{s}$$

$$h = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

$$h = 0,031 \times \left(\frac{30,35}{0,025} \right) \times \left(\frac{6,11^2}{19,62} \right) = 71,61 mca$$

$$J = \frac{h}{L}$$

$$J = \frac{71,61}{30,35} = 2,36 J$$

Ponto de utilização: vaso caixa acoplada

Comprimento da tubulação: 26,30m

Cálculo da vazão:

$$Q = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$Q = \frac{4 \times 0,003}{\pi \times 0,025^2} = 6,11 \frac{m}{s}$$

$$h = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

$$h = 0,031x \left(\frac{26,30}{0,025} \right) x \left(\frac{6,11^2}{19,62} \right) = 62,05mca$$

$$J = \frac{h}{L}$$

$$J = \frac{62,05}{26,3} = 2,36J$$

Ponto de utilização: ducha higiênica

Comprimento da tubulação: 31,30m

Cálculo da vazão:

$$Q = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$Q = \frac{4x0,003}{\pi x 0,025^2} = 6,11 \frac{m}{s}$$

$$h = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

$$h = 0,031x \left(\frac{31,30}{0,025} \right) x \left(\frac{6,11^2}{19,62} \right) = 73,84mca$$

$$J = \frac{h}{L}$$

$$J = \frac{62,05}{26,3} = 2,36J$$

Ponto de utilização: chuveiro

Comprimento da tubulação: 29,55m

Cálculo da vazão:

$$Q = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$Q = \frac{4 \times 0,003}{\pi \times 0,025^2} = 6,11 \frac{m}{s}$$

$$h = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

$$h = 0,031 \times \left(\frac{29,55}{0,025} \right) \times \left(\frac{6,11^2}{19,62} \right) = 69,72 mca$$

$$J = \frac{h}{L}$$

$$J = \frac{69,72}{26,3} = 2,36 J$$

Ponto de utilização: chuveiro

Comprimento da tubulação: 29,55m

Cálculo da vazão:

$$Q = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$Q = \frac{4 \times 0,003}{\pi \times 0,025^2} = 6,11 \frac{m}{s}$$

$$h = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

$$h = 0,031 \times \left(\frac{29,55}{0,025} \right) \times \left(\frac{6,11^2}{19,62} \right) = 69,72 mca$$

$$J = \frac{h}{L}$$

$$J = \frac{69,72}{29,55} = 2,36 J$$

É evidenciado nos cálculos que a perda de carga em Jaules por metro é uma constante para toda tubulação em seu destino nas peças a formula universal.

4.4 CÁLCULO DE VAZÃO EM UMA UNIDADE HABITACIONAL

O anexo A da norma antiga explica e mostra que a fórmula a ser utilizada para cálculo de vazão deve ser:

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P}$$

Q é vazão estimada na seção considerada em litros por segundo;

ΣP é a soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

Usando a equação apresentada, esse somatório é convertido na demanda simultânea total do grupo de peças de utilização considerado, que é expressa como uma estimativa da vazão a ser usada no dimensionamento da tubulação. Esse método é válido para instalações destinadas ao uso normal da água e dotadas de aparelhos sanitários e peças de utilização usuais; não se aplica quando o uso é intensivo (como é o caso de cinemas, escolas, quartéis, estádios e outros), onde se torna necessário estabelecer, para cada caso particular, o padrão de uso e os valores máximos de demanda.

Tabela 2: Pesos relativos nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e 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	32,0
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 p.28

Cálculo de vazão para cada ponto de utilização, conforme a norma antiga:

Ponto de utilização: lavatório banheiro

$$Q = 0,3\sqrt{0,3} = 0,1643 \text{ m/s}$$

Ponto de utilização: vaso caixa acoplada

$$Q = 0,3\sqrt{0,3} = 0,1643 \text{ m/s}$$

Ponto de utilização: ducha higiênica

$$Q = 0,3\sqrt{0,1} = 0,0948 \text{ m/s}$$

Ponto de utilização: chuveiro

$$Q = 0,3\sqrt{0,4} = 0,1897 \text{ m/s}$$

Ponto de utilização: pia

$$Q = 0,3\sqrt{0,7} = 0,2509 \text{ m/s}$$

Ponto de utilização: bebedouro

$$Q = 0,3\sqrt{0,1} = 0,0948 \text{ m/s}$$

Ponto de utilização: tanque

$$Q = 0,3\sqrt{0,7} = 0,2509 \text{ m/s}$$

Já a nova em vigência aborda que o dimensionamento das tubulações do sistema de distribuição deve ser efetuado para promover o abastecimento de água com vazões e pressões conforme parâmetros de projeto. O método adotado para a determinação das vazões de projeto deve ser convenientemente justificado nos elementos descritivos integrantes do projeto.

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 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. Alternativamente, pode ser obtido o fator de vazão da peça de utilização ou do aparelho sanitário, se este for constante para a faixa operacional de vazões prevista, atendendo à relação:

$$Q = K\sqrt{P}$$

Q é a vazão de projeto da peça de utilização ou aparelho sanitário, expressa em litros por segundo;

K é o fator de vazão do aparelho sanitário, expresso em (L.s-1.kPa-0,5);

P é a pressão dinâmica da água.

Em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa (1 mca).

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 RESERVATÓRIO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Nos pontos de suprimento de reservatórios, a vazão de projeto pode ser determinada dividindo-se a capacidade do reservatório pelo tempo de enchimento. "No caso de edifícios com pequenos reservatórios individualizados, como é o caso de residências unifamiliares, o tempo de enchimento deve ser menor do que 1 h." (NBR 5626,1998)

Com o tempo estipulado seguindo as orientações da seguinte norma, o reservatório apresentado no estudo é necessário uma tubulação PVC soldável de 25mm, para o dimensionamento adequado conforme o tempo máximo de 1 hora sendo expresso seu tempo de enchimento em 45 minutos.

"A vazão a considerar no abastecimento do reservatório deve ser suficiente para a reposição total do volume destinado ao consumo diário de água em até 6 h. No caso de residências unifamiliares, o tempo de reposição deve ser de até 3 h." (NBR 5626,2019)

Com o tempo estimado de até 3 horas destinado ao abastecimento completo do reservatório, o dimensionamento deixa livre a escolha do diâmetro apresentado em cálculos, logo a melhor escolha de tubulação, a tubulação PVC soldável de 20mm é a mais recomendada, tendo em comparação financeira em relação à escolha de outros diâmetros para a alimentação do reservatório.

5.2 RESERVATÓRIO PARA EDIFÍCIOS

Com os cálculos e comparação de resultados dos diferentes casos, foi possível comparar com as três variáveis presentes (tempo, quantidade de pavimentos e diâmetro de tubulação), é evidenciado nesse estudo que a quantidade de pavimentos em relação ao tempo interfere diretamente na tubulação adequada a ser dimensionada para cada tipologia da alimentação dos reservatórios conforme a quantidade de pessoas no edifício.

No primeiro caso, com um edifício de 3 (três) pavimentos, o tempo levado para o total abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 2 (duas) horas é de 32mm. Já o tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com

a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 3 (três) horas é de 25mm. No segundo caso, com um edifício de 6 (seis) pavimentos, o tempo levado para o total abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 2 (duas) horas é de 20mm. O tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 3 (três) horas é de 40mm. O tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 4 (três) horas é de 32mm. Já o tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 5 (cinco) horas é de 26,6mm, contudo o diâmetro comercial mais adequado para atender esse requisito é de 32mm. Para o abastecimento com o tempo de 6 horas segue o mesmo raciocínio, onde para requisito adequado a utilização da tubulação com o diâmetro adequado é de 32mm.

A melhor escolha para a tubulação adequada para esse edifício de 6 pavimentos, em análise dos casos, é a de 32mm no intervalo entre 4 e 6 horas.

No terceiro caso, com um edifício de 12 (doze) pavimentos, o tempo levado para o total abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 2 (duas) horas é de 60mm. O tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 3 (três) horas é de 50mm. O tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 4 (quatro) horas é de 42,05mm, contudo o diâmetro comercial mais adequado para atender esse requisito é de 50mm. O tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 5 (cinco) horas é de 40mm. Já o tempo destinado para o abastecimento do reservatório, com a utilização da tubulação adequada no intervalo de tempo de 6 (seis) horas é de 34,3mm, contudo o diâmetro comercial mais adequado para atender esse requisito é de 40mm.

A melhor escolha para a tubulação adequada para esse edifício de 12 pavimentos, em análise dos casos, é a de 40mm no intervalo de 6 horas em análise orçamentária que atende a norma no intervalo de tempo máximo para abastecimento do reservatório.

5.3 CÁLCULO DA PERDA DE CARGA EM UMA UNIDADE HABITACIONAL

Nesse estudo, em torno da perda de carga ocorrida em um apartamento padrão, foi abordado o cálculo de perda de carga com as equações indicadas conforme a norma.

Na Nbr de 1998, a norma sugere:

“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 calcular o valor da perda de carga nos tubos, recomenda-se utilizar a equação universal, obtendo-se os valores das rugosidades junto aos fabricantes dos tubos. Na falta dessa informação, podem ser utilizadas as expressões de Fair-Whipple Hsiao indicadas a seguir. Para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre):

$$J = 8,69 \times 10^{-6} \times 3^{1,88} \times 0,025^{-4,88} \text{ (NBR 5626,1998)}$$

Na NBR vigente de 2019, a norma sugere:

“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.

NOTA: A equação universal de perda de carga é a mais indicada. ”Em caso de utilização de equações empíricas, convém adotar a mais adequada para o material e o diâmetro do trecho de tubulação considerado.” (NBR 5626,2019)

Na perda de carga utilizando as orientações da antiga norma, a perda de carga dada em J/m (Joules por metro) é variável conforme a constante “comprimento” da tubulação até seu ponto de utilização tendo uma variação evidente aparente. Em fins de dimensionamento, essa variação pode ocasionar pressões não adequadas para os mesmos pontos.

Na perda de carga utilizando as orientações da vigente norma, essa variação de perda de carga é uma constante não alterada, mesmo tendo seu comprimento final de tubulação alterado. Para fins de dimensionamento, a aplicação dessa norma sugere uma maior segurança quanto aos dados reais presentes da perda de carga.

5.4 CÁLCULO DE VAZÃO EM UMA UNIDADE HABITACIONAL

No estudo realizado, foram feitos cálculos conforme a norma antiga, a qual sugere a aplicação da fórmula de vazão em função do peso relativo das peças de utilização, fazendo com que seja mais trabalhoso o dimensionamento em geral.

A nova norma trabalha em cima das vazões de projeto de cada peça de utilização conforme a tabela que se encontra na norma, tornando assim o dimensionamento mais rápido e sucinto, economizando tempo, erros de projeto e custo final.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos nos estudos da NBR 5626, podemos concluir que o objetivo de apresentar determinadas mudanças importantes discorrendo sobre certos pontos da norma foi efetivamente alcançado, obtendo resultados em análise de dimensionamento expressamente comprovados, como no abastecimento de reservatórios de diferentes tipos de edificações.

O trabalho comprova que a atualização da norma em vigência traz resultados expressivos tanto na fase de dimensionamento quanto em suas implicações de projeto. Os estudos de casos nos mostram maiores diferenças na questão de dimensionamento e reserva, onde pudemos ver o quanto uma tubulação com diâmetro diferente pode interferir no orçamento final da obra, já os estudos de perda de carga e vazão demonstraram uma maior assertividade e precisão no projeto uma vez que a forma de cálculo desses fatores foi modificada.

Vale ressaltar que é indicado pontos de estudo para mais situações de caso em mudanças presentes na norma para implicações de projeto que geram impactos em toda a distribuição das instalações prediais como o cálculo de vazão, onde em norma vigente é de livre escolha quanto ao dimensionamento ao projetista.

REFERÊNCIAS

ALVIM DA SILVA, Raphael. **Dimensionamento das instalações hidráulicas de água fria e esgoto de uma edificação.** Disponível em <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24164/1/DimensionamentoInstala%c3%a7%c3%b5esHidr%c3%a1ulicas.pdf>> Acessado em: 24 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:1998 INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA.** 1 ed. Rio de Janeiro: Nbr, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:2019 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE — PROJETO, EXECUÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO.** 2 ed. Rio de Janeiro: Nbr, 2019. 64 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5648:2018 TUBO DE PVC RÍGIDO PARA INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA.** 1 ed. Rio de Janeiro: Nbr, 2018. 33 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2:2013 EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – DESEMPENHO.** 2 ed. Rio de Janeiro: Nbr, 2013. 33 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16824 PREVENÇÃO DE LEGIONELLA EM SISTEMA DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES:** Citações em documentos. 2 ed. Rio de Janeiro: Nbr, 2020. 47 p.

BOMBARDELLI, F. A., GARCÍA, M. H. (2003). “**Hydraulic Design of Large-Diameter Pipes.**” *J. Hydraul. Eng.*, 129 p.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações Hidráulicas, e o projeto de arquitetura.** 11 ed. São Paulo: Blucher, 2017. 102 p.

ENGENHARIA, DPR. **Equação de Darcy-Weisbach: Uma solução as limitações das equações de Hazen-Williams**<<https://dpre Engenharia.com/equacao-de-darcy-weisbach-uma-solucao-as-limitacoes-das-equacoes-de-hazen-williams/>> Acessado em: 02 novembro 2021

GUIMARÃES, Onélia. **Manual técnico Tigre: orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais - Tigre S. A.** – 5 ed. Joinville: Tigre, 2010. 188p

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica. 8 ed. Edgard Blucher Ltda, 1998.** 36 p.

PROENZA, NESTOR. **Sistemas fluidomecânicos e aplicação de normas.** Disponível em <https://www.feg.unesp.br/nestorproenzaperez/sfm-2014.pdf>> Acessado em: 01 novembro 2021