



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

FRANCISCO VERIDIANO GUILHERME ALMEIDA LIMA

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA:
DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA REVIT

CRATEÚS
2022

FRANCISCO VERIDIANO GUILHERME ALMEIDA LIMA

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA:
DESENVOLVIMENTO DE PLUGIN PARA REVIT

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Alan Michell Barros Alexandre

CRATEÚS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A446d Almeida, Francisco Veridiano Guilherme Almeida Lima.
Dimensionamento do Sistema Predial de Água Fria: Desenvolvimento de Plugin para Revit /
Francisco Veridiano Guilherme Almeida Lima Almeida. – 2022.
50 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de
Crateús, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Crateús, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre.

1. BIM. 2. Revit. 3. Dynamo. 4. Instalações prediais de água fria. 5. Dimensionamento. I. Título.
CDD 628

FRANCISCO VERIDIANO GUILHERME ALMEIDA LIMA

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA: UTILIZAÇÃO DE
PLUGIN NO REVIT

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Aprovado em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Luis Felipe Cândido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng.^a Dr.^a Deborah Mithya Barros Alexandre
Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH)

Aos meus pais, Maria e Francisco (*in memoriam*).

À minha irmã, Mariana.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria, minha maior inspiração, guerreira que jamais deixou de lutar para prover tudo aquilo necessário para a minha formação como ser humano.

Ao meu pai, Francisco, *in memoriam*. Mesmo ausente fisicamente, nunca foi esquecido, sendo sempre fonte de saudade.

À minha irmã, Mariana, pelo apoio e amor incondicionais durante todo o meu percurso acadêmico.

Aos meus amigos, que mesmo distantes e, muitas vezes sem saber, me fizeram rir e mantiveram suas amizades.

Aos meus colegas de curso e institucional, pelo companheirismo, pela ajuda e por tudo aquilo vivido no dia-a-dia, fundamentais em minha formação como pessoa e profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alan Michell, acima de tudo pela relação de amizade estabelecida, mas também por ser um docente majestoso e um orientador excepcional, fundamental na minha formação, desempenhando com maestria tais funções.

Aos demais professores, pelo empenho e dedicação em exercer a docência.

“Não é porque os homens promulgaram Leis que a Personalidade, Liberdade e Propriedade existem. Pelo contrário, é porque a Personalidade, Liberdade e Propriedade preexistem que os homens fazem Leis.”

Frédéric Bastiat

RESUMO

A ascensão do *Building Information Building* (BIM) no âmbito dos sistemas prediais hidrossanitários traz consigo diversos desafios e possibilidades para reduzir custos, aumentar o valor agregado do produto, amortizar tempo de elaboração de projetos e, conseqüentemente, aumentar a produtividade. Isto posto, identificou-se a partir através da literatura e da observação do mercado de projetos a existência da carência em relação à automatização do dimensionamento do sistema predial de água fria (SPAF). A partir disso, o presente trabalho tem como objetivo produzir um artefato na forma de um *plugin* para o Revit, *software* BIM largamente utilizado no mercado. Para tal, utilizou-se a metodologia *Design Science Research* para a construção da pesquisa, o ambiente de desenvolvimento integrado da Microsoft, Visual Studio, aliado à linguagem de programação C# e, claro, o Revit. Para validar o artefato, a modelagem do sistema fora dimensionada utilizando uma planilha do Excel com o objetivo de confrontar os valores obtidos com o *plugin*. A partir disso, os resultados encontrados se mostraram concordantes entre si. Portanto, espera-se que o presente estudo atinja tanto o público acadêmico, de modo a fomentar o interesse e continuidade da pesquisa na área, quanto o público profissional, visando o aumento da assertividade e produtividade no mercado de projetos em BIM como um todo.

Palavras-chave: BIM. Sistemas prediais. Instalações de água fria. Dimensionamento. Programação.

ABSTRACT

The rise of the BIM (Building Information Building) within the scope of hydrosanitary building systems brings with it several challenges and possibilities to reduce costs, increase the added value of the product, amortize project preparation time and, consequently, increase productivity. That said, it was identified from the literature and the observation of the project market the existence of the lack in relation to the automation of the dimensioning of the domestic cold water (DCW) building system. From this, the present work aims to produce an artifact in the form of a plugin for Revit, BIM software widely used in the market. To this end, the Design Science Research methodology was used to build the research, the Microsoft integrated development environment, Visual Studio, combined with the C# programming language and, of course, Revit. To validate the artifact, the system modeling was scaled using an Excel spreadsheet in order to compare the values obtained with the plugin. From this, the results found were in agreement with each other. Therefore, it is expected that the present study will reach both the academic public, in order to foster interest and continuity of research in the area, as well as the professional public, aiming to increase assertiveness and productivity in the BIM project market as a whole.

Keywords: BIM. Building systems. Domestic cold water. Sizing. Programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lista de edificações e patologias encontradas em laudos da cidade de Curitiba, Paraná.	14
Figura 2 – Tempo de experiência de contratantes utilizando BIM.....	17
Figura 3 – Exemplo da hierarquia de elementos dentro do Revit.	22
Figura 4 – Coletar um elemento do Revit.....	24
Figura 5 – Coletar o parâmetro <i>Comprimento</i> de uma tubulação.	24
Figura 6 – Exemplo de consulta à API através do Visual Studio.....	26
Figura 7 – Exemplo de consulta à API através do <i>Revit API Docs</i>	26
Figura 8 – Fluxograma do delineamento metodológico da pesquisa.	30
Figura 9 – Configuração da família de bacia sanitária com caixa acoplada.....	32
Figura 10 – Lógica para definir o valor do parâmetro "Perda de Carga" em uma conexão/acessório.	34
Figura 11 – Perdas de carga localizada para peças de PCV.	35
Figura 12 – Janela de “Propriedades de parâmetros” do Revit.	36
Figura 13 - Código-fonte do arquivo HID-BIM-2020.addin.....	38
Figura 14 – Aba criada pelo arquivo “Main.cs”.....	38
Figura 15 – Demonstração de uso do plugin.	39
Figura 16 – Perda de carga localizada em uma curva 90°.	40
Figura 17 – Tabela de dimensionamento no Revit.	41
Figura 18 – Projeto de arquitetura utilizado como base para a modelagem hidráulica.....	41
Figura 19 – Modelagem do sistema de água fria.....	42
Figura 20 – Tela inicial do NSIS.	44
Figura 21 – Lista dos parâmetros compartilhados.....	46
Figura 22 – Exemplo de trecho com desconexão e trecho com peso nulo destacado.	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos tópicos metodológicos da pesquisa	27
Quadro 2 – Diretrizes utilizadas para elaboração de um artefato	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros compartilhados.....	36
Tabela 2 – Dimensionamento do trecho até o chuveiro mais próximo a caixa d'água utilizando o <i>plugin</i>	43
Tabela 3 – Dimensionamento do trecho até o chuveiro mais próximo a caixa d'água utilizando o Excel.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
IPC	Código Internacional de Hidráulica
AEC	<i>Engineering, Architecture e Construction</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
POO	Programação orientada a objetos
SPHS	Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários
SPAF	Sistema Predial de Água Fria

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Justificativa	15
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	<i>Objetivos Gerais</i>	16
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	16
1.4	Delimitação da pesquisa.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Introdução ao <i>Building Information Modelling (BIM)</i>	17
2.2	Programação Orientada a Objetos (POO).....	18
2.3	Método do Consumo Máximo Provável	18
2.3.1	<i>Método da Soma dos Pesos</i>	18
2.3.2	<i>Dimensionamento</i>	19
2.4	Ferramentas	21
2.4.1	<i>Introdução ao Revit</i>	21
2.4.2	<i>Introdução à linguagem C#</i>	23
2.4.3	<i>Introdução ao Visual Studio</i>	27
3	METODOLOGIA.....	27
3.1	Enquadramento metodológico	27
3.2	Delineamento da pesquisa.....	30
3.2.1	<i>Identificação do problema</i>	30
3.2.2	<i>Delineamento do problema</i>	31
3.2.3	<i>Desenvolvimento de uma solução</i>	31
3.2.3.1	Template	31
3.2.3.2	Microsoft Visual Studio.....	37
3.2.3.3	Instalador do add-in	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	Aplicação prática do artefato	41
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	48
	ANEXO A – NOMOGRAMA DE PESOS, VAZÕES E DIÂMETROS	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Dados do *U.S. Census Bureau* (2016) mostrou que o setor da construção é um dos mais atrasados sob a ótica da produtividade. O estudo mostrou que, dentre outros, a produtividade do setor se manteve praticamente a mesma entre os anos de 1967 e 2015, considerando o modelo de construção *on-site*, ou seja, no local. O mesmo índice do setor de Manufatura, por outro lado, mais do que dobrou no mesmo intervalo de tempo.

Segundo Leusin (2018), setores que aumentaram sua produtividade, como as indústrias automobilística, aeronáutica e agropecuária, tiveram a tecnologia da informação como precursora de tal acréscimo.

Uma edificação é composta por diversos sistemas, como os sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS), que incluem sistemas de água fria, de água quente, de esgoto sanitário e de águas pluviais (VERÓL, VAZQUEZ e MIGUEZ, 2019). O escopo deste texto, todavia, são os sistemas de água fria.

A carência e conseqüente demanda por redesignação do atual fluxo de trabalho dentro dos escritórios de projetos são destaques dentre especialistas da área, como observa Medeiros (2017).

Em levantamento realizado em 24 edificações da cidade de Curitiba, no Paraná, (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007) consideraram os sistemas de água fria, água quente, gás, esgoto, água pluvial e outros. O estudo constatou que as patologias oriundas dos sistemas de água fria são responsáveis por, em média, cerca de 34% do total.

A Figura 1 lista todas as edificações, ano de ocupação, anos até ser periciado, números de patologias por sistema e demais características. É oportuno destacar como as patologias encontradas nos sistemas de água se sobressaem das demais, ao lado dos sistemas de esgoto sanitário.

O estudo considerou laudos técnicos dos edifícios. O autor ressalta que tais sistemas possuem diversos componentes, como bombas, tubos, conexões, registros, válvulas, dentre outros, que podem afetar de forma negativa os conjuntos. Os autores dão ênfase justamente na origem das patologias e inconformidades, atribuindo-as a inexistência de um processo ordenado de produção de projetos ou falhas geradas pelo desenvolvimento pela má implementação de tal processo.

Figura 1 - Lista de edificações e patologias encontradas em laudos da cidade de Curitiba, Paraná.

EDIFÍCIO	Ano da ocupação	Anos em uso até a perícia	Nº de pav ^{os}	Nº de aptos	Nº itens patologias / inconformidades presentes							
					AF	AQ	INC	GÁS	ESG	AP	outro	total
Residencial Iguaçu	1965	38	06	24	15	02	03	02	02	02	03	29
Savion	1984	17	23	18	13	02	01	03	04	-	04	27
Sobral	1985	17	24	18	10	04	-	04	19	07	04	48
Sônia Léa	1986	14	17	14	12	05	01	04	20	03	03	48
Le Coin	1989	16	09	10	22	05	-	08	20	09	02	66
Rio Mississippi	1992	09	21	32	08	01	-	-	07	02	02	20
Nicole I	1995	08	16	78	20	-	02	02	13	09	03	49
Andrea Dória	1995	08	18	54	30	-	02	-	19	11	03	65
Colina do Estoril	1996	08	20	56	14	08	-	09	11	06	03	51
Fleming Boulevard	1997	05	07	08	21	10	-	06	20	12	03	72
Lugano	1997	04	22	64	10	-	-	01	12	01	-	24
Tambaú	1998	04	22	72	27	01	01	08	18	08	04	67
Princesa Elisabeth	1998	06	25	42	13	07	-	08	16	07	03	54
Cádiz	1999	05	21	60	17	01	01	07	12	01	03	42
Alba Zaninelli	2000	02	11	16	21	05	-	02	17	14	04	63
Viana do Castelo	2000	04	11	14	20	04	01	07	22	13	04	71
Mont Royal	2001	04	28	144	22	12	-	08	27	13	06	88
Luxemburgo	2001	02	06	24	20	08	03	10	10	06	01	58
Royal Park	2001	05	27	22	27	11	01	05	24	16	05	89
Ville Bretagne	2003	03	13	45	23	17	01	06	23	10	07	87
Palazzo Reale	2003	04	27	21	39	22	02	10	24	12	05	114
Ana Luísa	2003	04	18	112	40	-	01	10	29	22	07	109
Sant'Anna	2004	02	12	24	14	04	-	10	16	06	03	53
Kensington	2004	01	27	27	28	10	02	03	24	08	04	79

Fonte: Gnipper e Mikaldo Jr (2007).

Considerado por muitos como “pai do BIM”, em seu livro feito em conjunto com outros três grandes nomes da área, EASTMAN *et al.* (2018), destacam, dentre outras, a baixa capacitação dos colaboradores, lenta adoção de novas práticas de design e construção e a necessidade de utilizar papel e desenhos CAD 2D como possíveis razões para a estagnação da produtividade do setor.

Portanto, padronizar e manter o nível de qualidade dos projetos é essencial para evitar falhas. Antes de explicar os detalhes da rotina em si, é necessário conhecer certos detalhes dos softwares utilizados e, a partir disso, explanar as particularidades do algoritmo. Começaremos a discorrer sobre o Revit. Sendo um dos programas da metodologia *Building Information Modeling* (BIM) mais utilizados no mercado de *Engineering, Architecture e*

Construction (AEC), o Revit dispõe de uma gama de ferramentas para a modelagem e até dimensionamento de projetos.

O Revit utiliza uma conversão de unidades de luminárias – ou pesos calculados para cada peça sanitária – para unidade de vazão, de acordo com o Código Internacional de Hidráulica 2006 (IPC), Tabela E103.3, para realizar o dimensionamento. Todavia, segundo a própria Autodesk (2020), fatores como tipo de sistema e pressão disponível devem ser considerados.

Antes da ABNT NBR 5626:2020, o método de dimensionamento dos sistemas de distribuição de água fria e água quente em sistemas prediais era normatizado e muito bem definido. Variáveis como velocidade e vazão eram descritas e definidas para uso nos cálculos.

Com a revisão atual da referida norma, em seu item 6.14, o dimensionamento ficara em aberto, no sentido de que o projetista hidráulico tem a plena liberdade de escolha quanto ao método de dimensionamento a ser adotado, dadas as devidas justificativas e fundamentações teóricas ou empíricas, quando aplicáveis. Ou seja, a partir do ano de 2020 não há mais uma forma única de calcular as dimensões dos componentes dos sistemas hidráulicos prediais.

No entanto, a antiga revisão ficara em vigência por mais de duas décadas e, por consequência, o método descrito na mesma ainda é amplamente utilizado pelos engenheiros projetistas. Exposto a ausência de métodos nativos de cálculo no Revit para a realidade brasileira e apesar de sua larga utilização no mercado nacional para a modelagem de sistemas prediais de água fria, chega-se à conclusão que seria bastante útil uma forma de realizar o dimensionamento dentro de tal *software*.

1.2 Justificativa

Devido à larga utilização do Revit para a modelagem de projetos hidrossanitários, faz-se necessário, conveniente e de grande utilidade inserir no fluxo de trabalho, o dimensionamento automatizado do sistema predial de água fria.

Lichtenstein (1985) destaca que erros de dimensionamento dos sistemas prediais podem causar manifestações patológicas em edificações. Logo, fica claro que incluir o dimensionamento automatizado com o *software* que domina o mercado é algo benéfico para todo o ecossistema dos SPHS.

Devido ao aumento pertinente das preocupações com o desenvolvimento sustentável, fica claro que diminuir os erros no âmbito dos projetos implicará em redução

diretamente proporcional nas manifestações patológicas. Logo, o consumo de recursos em futuras manutenções e correções de problemas em edificações será amortizado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Gerais

Gerar um artefato (*plugin*) para o Revit através de sua *Application Programming Interface* (API) utilizando o ambiente de desenvolvimento do Visual Studio 2022 para o dimensionamento do sistema predial de água fria com a norma brasileira.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para automatizar o dimensionamento após a modelagem do sistema de testes, é necessário configurar no *template*:

- a) Produzir uma lista de parâmetros compartilhados, destinados a absorver os valores calculados;
- b) Configurar os parâmetros das famílias utilizadas no projeto, como Perda de Carga e Peso;
- c) Desenvolver um artefato para dimensionamento automático do sistema predial de água fria de projetos residenciais;
- d) Comparar os resultados do dimensionamento automatizado com aquele realizado manual em uma planilha eletrônica.

1.4 Delimitação da pesquisa

O trabalho se limitará ao uso dos *softwares* Revit, Visual Studio e Nullsoft Scriptable Install, aplicados ao dimensionamento da modelagem do sistema predial de água fria de um projeto real. O projeto será baseado em projeto de arquitetura de acervo do autor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Introdução ao *Building Information Modelling* (BIM)

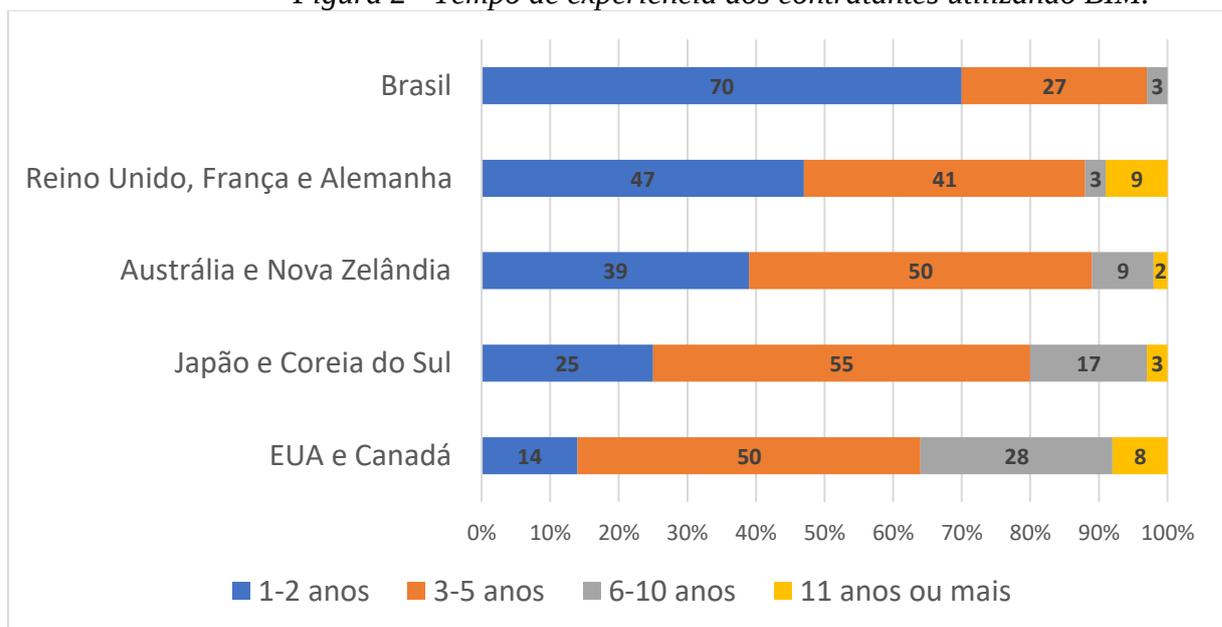
Nacionalmente conhecida como Modelagem da Informação da Construção, a tecnologia BIM abrange todas as fases do design permitindo melhor controle das mesmas, uma vez que o modelo virtual do edifício será construído digitalmente (Eastman et al., 2018).

Eastman et al. (2018) definem o BIM como “não somente como uma tecnologia de modelagem, mas também como um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”.

Dentro do BIM, os objetos vão muito além da representação tridimensional. De fato, os objetos na verdade são bancos de dados com informações que podem variar desde suas dimensões até dados sobre a sua construção *in loco*. Os objetos são paramétricos, ou seja, características como suas dimensões físicas podem ser controladas de forma fácil Eastman et al. (2018).

Além disso, segundo pesquisa da McGraw (2014), para contratantes o retorno sobre o investimento, ou *return over investment* (ROI), para o BIM varia entre 48%, no caso da Coreia do Sul, e 97%, no caso de Japão, Alemanha e França. Para o Brasil, o ROI é de 85%. Apesar de que a maior parte dos contratantes nacionais têm pouco de experiência com a metodologia BIM (Figura 2), a porcentagem de contratantes em nível alto ou muito alto de implementação da metodologia é de 73%.

Figura 2 - Tempo de experiência dos contratantes utilizando BIM.



Fonte: Adaptado de McGraw (2014).

Segundo Medeiros (2017), há duas formas de representar um modelo de construção. A primeira diz respeito a descrevendo como o objeto desejado é representado. A segunda, por sua vez, possui a finalidade de mostrar as competências do objeto.

2.2 Programação Orientada a Objetos (POO)

Na programação orientada a objetos (POO) os dados relacionados ao objeto são organizados de acordo com as respectivas funções. Na programação não-orientada a objetos, funções genéricas podem ou não ser aplicadas aos dados, enquanto que na POO cada objeto possui dados e funções inerentes a sua classe.

Aliás, o conceito de classe é um dos mais importantes dentro dessa que é a metodologia de programação mais utilizada no mercado (TAHER, 2019). Para explicar o conceito de classe, Taher utiliza o Homem como exemplo. Uma pessoa genérica comum possui propriedades e comportamentos intrínsecos como altura, peso, idade e andar, falar, comer, respectivamente.

Ou seja, a classe Homem não possui, por exemplo, a propriedade de voar da classe Ave. É importante entender tais conceitos pois adiante iremos tratar sobre certas classes e suas características específicas que foram imprescindíveis no desenvolvimento do algoritmo.

2.3 Método do Consumo Máximo Provável

Esse método leva em consideração a hipótese de que o uso simultâneo dos aparelhos de um mesmo trecho tem baixa probabilidade e na possibilidade de tal uso diminuir com o aumento do número de aparelhos.

2.3.1 Método da Soma dos Pesos

Os pesos relativos são definidos empiricamente a partir das vazões de projeto dos aparelhos sanitários. A partir da Equação 1, a vazão, Q , na tubulação é calculada a partir do somatório dos pesos, P , do trecho.

$$Q = 0,3\sqrt{\sum P} \quad (1)$$

Em que:

Q é a vazão no trecho considerado, em litros por segundo;

$\sum P$ é a soma dos pesos relativos das peças alimentadas pelo trecho.

Esse método é válido para instalações de uso normal de água, como residências e prédios residenciais, não se aplicando a instalações de uso intensivo, como escolas, cinemas, estádios, etc.

2.3.2 Dimensionamento

Para a plena execução, o plugin utilizará famílias – peças hidrossanitárias, conexões e acessórios – com parâmetros como peso do aparelho e perda de carga localizada nas conexões e acessórios. O Revit coleta o peso do aparelho como o parâmetro “Unidades de luminárias” e vai somando-os na direção montante ao fluxo. Ou seja, das peças de utilização final para o reservatório.

Ademais, cada conexão de tubo e cada acessório, como uma curva e um registro de gaveta, em ordem, possuirá um parâmetro nomeado como “Perda de carga”. O valor desse depende do tipo de peça, do material e do diâmetro da mesma.

Para os trechos, esses são definidos a partir de uma tubulação e uma conexão. A vazão, calculada pela equação referida acima, é diretamente proporcional ao valor do peso. Portanto, quanto maior o valor do peso do trecho, maior será a vazão.

O diâmetro, por sua vez, também depende diretamente do valor do peso relativo do trecho. Utilizando uma monograma de pesos, vazões e diâmetros, como o de Botelho e Ribeiro (2014) mostrado no Anexo A, obtém-se os valores dos diâmetros.

A perda de carga unitária pode ser calculada a partir da equação universal, utilizando os valores das rugosidades dos tubos com os respectivos fabricantes. Porém, usualmente utiliza-se a equação de Fair-Whipple-Hsiao para tubos lisos mostrada na Equação 2 .

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (2)$$

Em que:

J é a perda de carga unitária, em quilopascals por metro (kPa/m);

Q é a vazão estimada no trecho, em litros por segundo (L/s);

d é o diâmetro interno do tubo, em milímetros (mm).

A diferença de cota nada mais é do que a diferença entre as cotas inicial e final de cada trecho. Se a cota inicial for maior do que a final, isso significa que existe uma diferença de cota positiva. Portanto, há um aumento na pressão disponível naquele trecho. De forma análoga, quando a cota final é maior do que a inicial, temos um decréscimo na pressão disponível. Então, se o início do trecho começa na cota 3,20 m e o final do trecho está em 2,80 m, a diferença de cota é igual a +0,40 m. E vice-versa.

Como mencionado acima, a diferença de cota influencia de forma direta a pressão disponível no trecho. Além disso, esta depende de outro fator: a pressão disponível residual. Como a pressão disponível residual depende, conjuntamente, da perda de carga total no trecho, a pressão disponível tende a ser maior no trecho seguinte quando a diferença de cota é positiva pois a perda de carga total reduz a pressão disponível residual ao longo do sistema.

Ademais, cada trecho é composto por comprimentos reais e equivalentes que dizem respeito, em ordem, a soma das dimensões reais dos tubos e as dimensões equivalentes das conexões e acessórios. Os comprimentos equivalentes são tabelados e dependem do tipo de peça, do material do qual ela é feita e do seu diâmetro nominal.

As perdas de cargas ocorrem nas tubulações e nas conexões e registros, resultando na perda de carga total. Ou seja, esta última é a soma das duas primeiras, que, por sua vez, são os produtos entre a perda de carga unitária e os comprimentos real e equivalente.

A pressão conta com duas parcelas. A primeira é a pressão disponível, que diz respeito à pressão disponível no início do trecho. Depende da segunda parcela, a pressão disponível residual, e da diferença de cota, ou seja, depende tanto da pressão que está, de fato, disponível no final do trecho anterior quanto da diferença de altura entre as extremidades inicial e final do trecho.

Portanto, a pressão disponível residual também depende da primeira parcela da pressão. Além disso, necessita da perda de carga total pois, assim, tem-se a diferença entre a pressão disponível no início do trecho, antes do fluido percorrer o trecho, e a perda de carga total fruto do deslocamento até o final do trecho.

Posteriormente, mudanças manuais nos diâmetros podem ser realizadas e o *plugin* pode ser executado outra vez, caso exista algum trecho com pressão insuficiente. Esse processo pode ser feito tantas vezes quantas forem necessárias para otimizar e garantir as pressões mínimas requeridas pela NBR 5626.

Isto posto, outros fatores podem e influenciarão o dimensionamento do sistema, como os projetos de arquitetura e de estrutura e o próprio traçado da rede. Em todos os casos, recomenda-se que o plugin seja executado após qualquer modificação na modelagem do sistema para que os valores sejam calculados novamente.

A modelagem dentro do Revit, independentemente da disciplina, via de regra, começa com um bom *template*. Neste, parâmetros, famílias paramétricas, modelos de vista, grupos, folhas, carimbos, etc., são pré-configurados de modo a otimizar e, principalmente, padronizar o fluxo de trabalho.

Por essas características, as automatizações utilizando plugins normalmente tendem a ser específicos para um determinado *template*, mas também é possível criar um software mais genérico.

Pensando nisso, o plugin fora desenvolvido de um modo que ficasse tão genérico quanto possível, sendo necessárias apenas algumas configurações em um dado *template* para que ele seja compatível com o mesmo.

Uma parte das configurações fora abordada anteriormente: os parâmetros de projeto. Além destes, existe também um parâmetro específico das famílias das categorias Conexões de tubo e Acessórios de tubo: o Perda de Carga.

Como referido, esse parâmetro depende de certas variáveis. Como o escopo deste trabalho se resume às conexões do material do tipo PVC soldável, resta configurar a perda de carga para as peças desse tipo de material de acordo com o diâmetro.

Dentro do ambiente de edição de famílias é possível configurar parâmetros com base em operações aritméticas e condicionais, por exemplo, sendo possível definir outros parâmetros como variáveis. Ou seja, parâmetros que dependem de outros parâmetros. Então, configurou-se um parâmetro de “Tipo” denominado “Perda de Carga” como função do diâmetro da família. Ou seja, o valor apresentado ao usuário para tal está sujeito ao valor do diâmetro da peça.

2.4 Ferramentas

2.4.1 Introdução ao Revit

Conhecido mundialmente e largamente utilizado no Brasil como um dos principais *softwares* de modelagem BIM, o Revit não possui adequações às normais brasileiras. Apesar

desse ponto negativo, é possível expandir a capacidade computacional do programa através da programação, seja utilizando Dynamo ou por meio de plugins.

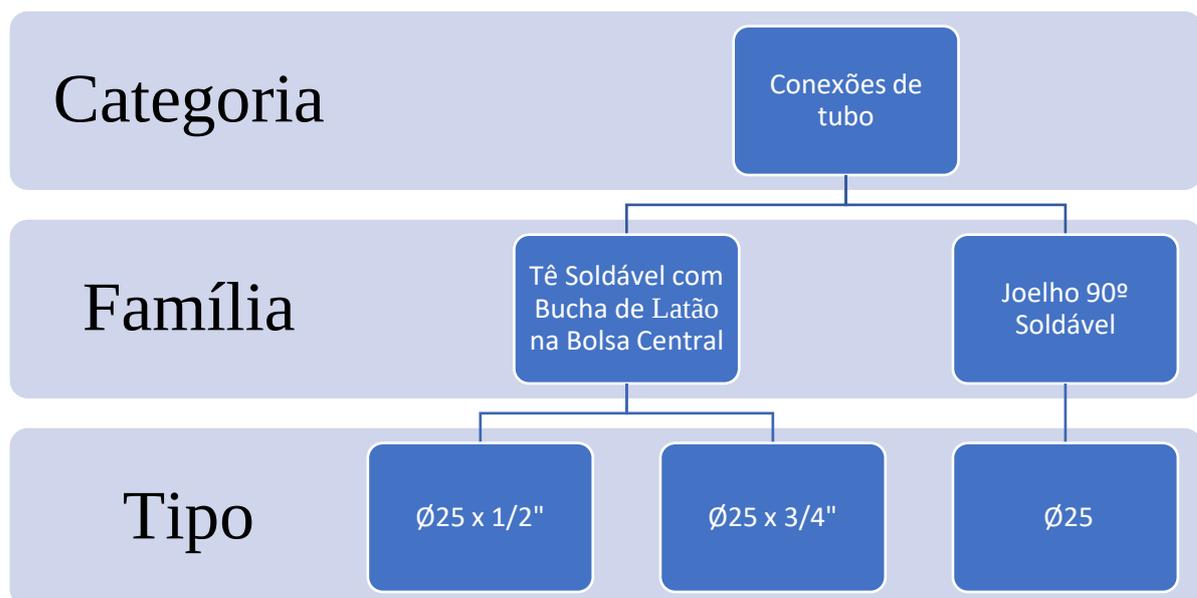
Com o aumento da popularização desse ferramental, diversos trabalhos acadêmicos relacionados foram publicados recentemente. Por exemplo, Medeiros (2017) discorreu sobre como é possível, a partir da definição manual de um trecho crítico, realizar o dimensionamento do sistema predial de água fria.

Além disso, Neto Filho e Pereira (2017) e Barros (2019) escreveram sobre automatização dos dimensionamentos dos sistemas de rede de distribuição de média tensão e fundações diretas, respectivamente.

Para compreendermos melhor sobre a configuração do *template* é necessário discorrer em certo nível de profundidade sobre a hierarquia dos elementos dentro do *software*. Figura 3, temos dois exemplos para a categoria Conexões de tubo.

Cada elemento de cada tipo dentro do projeto corresponde a uma instância. Por exemplo, cada instância de tipo existente dentro do projeto para a família Joelho 90° Soldável, por exemplo, será tratada como única. Para facilitar o entendimento, um único tipo foi adicionado ao fluxograma, mas o diâmetro nesse caso pode variar de 25 mm a 100 mm, onde as variações são dadas de acordo com diâmetros comerciais bem estabelecidos no mercado.

Figura 3 – Exemplo da hierarquia de elementos dentro do Revit.



Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

Dentro dos tipos, pode-se introduzir dois tipos de parâmetros: Tipo ou Instância. O primeiro pertence ao tipo em si e o valor configurado é aplicado para todos os tipos daquela família. O segundo, em contrapartida, pode ser alterado individualmente para cada instância do tipo. Como é possível deduzir, cada um possui suas aplicações e finalidades.

No caso, aquele que se melhor aplica ao escopo deste trabalho é o parâmetro de tipo porque não se faz necessário aplicar valores aos elementos da modelagem de forma personalizada. Por exemplo, cada “Tê Soldável com Bucha de Latão na Bolsa Central” de um mesmo diâmetro deve ter exatamente o mesmo valor.

2.4.2 Introdução à linguagem C#

Para realizar automatizações dentro do Revit existem basicamente dois caminhos distintos: o Dynamo e os plugins. O primeiro é uma plataforma de código aberto de design computacional chamada Dynamo criada pela Autodesk para expandir as funcionalidades do programa. Basicamente, o Dynamo utiliza a chamada programação visual, que facilita o entendimento das rotinas – os códigos –, pois tem estrutura muito mais amigável e curva de aprendizagem acentuada.

No entanto, questões como velocidade de execução e de escalabilidade de *software* são fatores que pesam de forma negativa para a mesma. Como muitas funcionalidades da API ainda não se encontram disponíveis via Dynamo, faz-se necessário acessar a interface de programação através de linguagens como Python ou C#. Ou seja, a ferramenta ainda é limitada.

Pela via dos plugins, é possível construir poderosas ferramentas para analisar projetos, realizar dimensionamentos, verificações e automatizar diversas outras tarefas, muitas vezes dispendiosas. O desenvolvimento de plugins é feito utilizando-se as linguagens de programação Visual Basic e C#, sendo a última aquela com maior e melhor documentação, sendo, portanto, largamente adotada entre os desenvolvedores.

A estruturação do C# para a construção de plugins permite uma maior facilidade em lidar, por exemplo, com listas, vetores e matrizes, componentes fundamentais quando lidamos com orientação à objetos, subtópico que será abordado a seguir. Basicamente, temos que pensar nos elementos do modelo como objetos que possuem propriedades específicas.

O código entre as linhas 12 e 14 da Figura 4 são referentes a coleta de uma tubulação específica ao executar o código. Após selecionarmos o objeto desejado, as demais linhas de código, mostradas a seguir, entram em ação e obtêm o valor do parâmetro referido

como **double**. Tal lógica é aplicada para a coleta de qualquer parâmetro desejado, com a ressalva de que isso depende do tipo de parâmetro em questão.

Figura 4 – Coletar um elemento do Revit.

```
1. public Result Execute(ExternalCommandData commandData, ref string
   message, ElementSet elements){

2. var watch = System.Diagnostics.Stopwatch.StartNew();

3. // Coleta UIDocument
4. UIDocument uidoc = commandData.Application.ActiveUIDocument;

5. // Coleta Document
6. Document doc = uidoc.Document;

7. // Usuário seleciona a tubulação
8. Reference pickedTubulacao = uidoc.Selection.PickObject(
9. ObjectType.Element, "Selecione a tubulação");
10. caixa = (FamilyInstance)doc.GetElement(pickedTubulacao.ElementId);
11. }
```

Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

Por exemplo, o parâmetro *Length*, ou *Comprimento* em português, de uma tubulação pode ser acessado facilmente através da estrutura mostrada na Figura 5.

Figura 5 – Coletar o parâmetro Comprimento de uma tubulação.

```
1. internal class ColetarComprimento
2. {
3.     double comprimento = UnitUtils.ConvertFromInternalUnits(
4.         element.get_Parameter(
5.             BuiltInParameter.CURVE_ELEM_LENGTH)
6.         .AsDouble(),
7.         DisplayUnitType.DUT_METERS);
8. }
```

Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

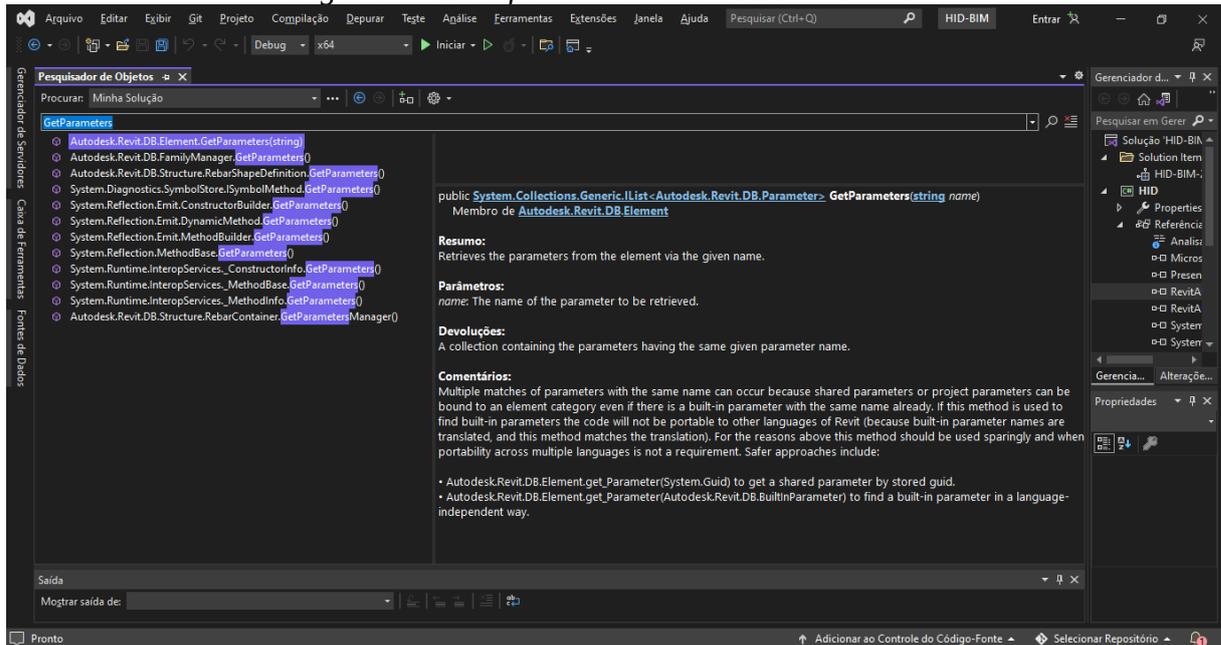
Como explicado na seção anterior, no exemplo acima temos uma classe que contém suas particularidades. No caso, `internal` é chamado de modificar de acesso e diz respeito ao nível de acesso que os demais arquivos do *assembly*, que nada mais é que o arquivo `.dll` ou `.exe` criado a partir da compilação dos arquivos do projeto. Uma classe definida como `internal` permite que essa seja acessada por todos os arquivos do *assembly*.

O nome da classe, `ColetarComprimento`, é apenas para alusão ao exemplo em questão. O `element` seria uma tubulação genérica, ou seja, o objeto. A classe `UnitUtils` é oriunda da *API* do Revit, específica para trabalhar com funções relacionadas a unidades, como a `ConvertFromInternalUnits`. A sua característica é converter um valor interno para uma dada unidade de medida a partir de tal valor.

O `element` é um objeto, nesse caso mais especificamente uma tubulação, da classe `Element` e a partir do `get_Parameter` podemos coletar o valor, ou seja, a propriedade de um parâmetro do objeto. Aliás, dentro do método `GetParameter` para coletar parâmetros de um objeto na *API* do Revit é possível utilizar outra abordagem: inserir uma `string` com o nome do parâmetro.

A documentação da *API* do Revit é bem construída e pode ser acessada tanto dentro do ambiente de desenvolvimento, como mostrado na Figura 6, quanto em sites como *Revit API Docs*.

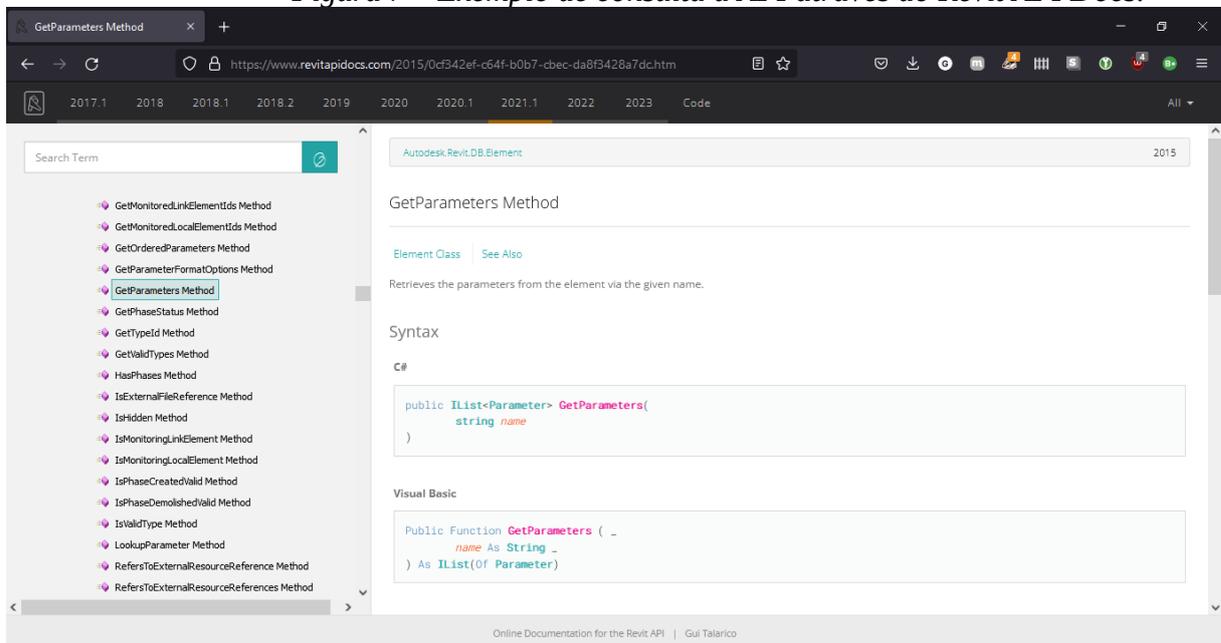
Figura 6 – Exemplo de consulta à API através do Visual Studio.



Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

Normalmente os sites dispõem de exemplos de códigos em suas páginas, o que facilita a consulta. Os exemplos são exibidos nas linguagens C# e Visual Basic, vide Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de consulta à API através do Revit API Docs.



Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

Após essa descrição, vemos que é possível aliar o vasto poder da programação com a modelagem dos sistemas que são abrangidos pelo programa da Autodesk. O escopo deste

trabalho se resume ao conjunto de tubulações prediais, mais especificamente aquele do sistema predial de água fria.

Deste modo, esse trabalho tem a finalidade de demonstrar a automatização do dimensionamento de sistemas prediais de água fria utilizando um plugin dentro do Revit.

2.4.3 Introdução ao Visual Studio

O Visual Studio 2022 versão *Community* é a *Integrated Development Environment* (IDE), ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado, em português, da Microsoft em sua modalidade gratuita.

Foi escolhida por possuir integração com o Revit e por ser largamente utilizada para a integração requerida.

3 METODOLOGIA

3.1 Enquadramento metodológico

A pesquisa desenvolvida tem uma abordagem prescritiva, pois propõe uma solução direta ao problema pesquisado (BONAT, 2009), ou seja, o dimensionamento automatizado do sistema predial de água fria de edificações pequeno porte.

Isto posto, escolheu-se a *Design Science Research* (DSR) como estratégia de pesquisa. A DSR é um paradigma de pesquisa no qual questões relevantes são respondidas a partir da criação de artefatos inovadores, contribuindo assim para a construção de novos conhecimentos para o corpo de evidência científica (HEVNER; CHATTERJEE, 2010).

Além disso, “o princípio fundamental da DSR é o de que o conhecimento e a compreensão de um problema de design e sua solução são adquiridos na construção e aplicação de um artefato (HEVNER; CHATTERJEE, 2010, p. 30)”.

Quadro 1 - Descrição dos tópicos metodológicos da pesquisa

Abordagem	Quantitativa	Afere aquilo que pode ser mensurado, medido (BONAT, 2009).
Objetivo	Prescrever	Busca propor soluções, respondendo de forma direta o problema apresentado, ou delimita conceitos que servirão de base para respostas diretas (BONAT, 2009).

Método	<i>Design Science Research</i>	Entende a compreensão do problema e, a partir disso, almeja criar e avaliar artefatos que resolvam problemas (HEVNER e CHATTERJEE, 2010)
---------------	--------------------------------	--

Fonte: Autor.

Por meio de sete diretrizes, Hevner e Chatterjee (2010) descrevem as diretrizes de pesquisa da DSR para entendimento da pesquisa de sistemas de informação e para conduzir e avaliar uma boa pesquisa em *design science*. O Quadro 2 sumariza as diretrizes utilizadas nessa pesquisa.

Quadro 2 - Diretrizes utilizadas para elaboração de um artefato.

	Diretriz	Descrição
1	Design como um Artefato	A pesquisa deve produzir um artefato viável na forma de um construtor, um modelo, um método ou uma instanciação.
2	Relevância do problema	O objetivo da DSR é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas organizacionais importantes e relevantes.
3	Avaliação da pesquisa	A utilidade, qualidade e eficiência de uma pesquisa de artefato deve ser rigorosamente demonstrada por meio de métodos de avaliação bem executados.
4	Contribuições da pesquisa	DSR eficaz deve fornecer contribuições claras e verificáveis nas áreas do projeto do artefato, fundações de design e/ou metodologias de design.
5	Rigor da pesquisa	Design Science depende da aplicação de métodos rigorosos tanto na construção quanto na avaliação do artefato do projeto.
6	Design como um processo de pesquisa	A pesquisa por um artefato efetivo requer a utilização de meios disponíveis para alcançar fins desejados enquanto satisfaz leis no ambiente do problema.
7	Comunicação de pesquisa	Design Science deve ser apresentada de forma eficaz tanto para o público orientado à tecnologia quanto ao público orientado para o gerenciamento.

Fonte: Hevner e Chatterjee (2010).

Em primeiro lugar, a segunda diretriz do quadro acima aborda a relevância do problema no contexto da elaboração do artefato. Tal importância é demonstrada na literatura através de textos como os de Gnipper e Mikaldo Jr (2007) e Godoy (2020), que afirmam que as patologias nos sistemas de água fria sofrem influência do dimensionamento e, conseqüentemente, dos projetos. Por meio de levantamento de uma empresa especializada em manutenção hidrossanitária, Godoy (2020) discorreu sobre laudos nos SPHS em 7 (sete) edifícios da cidade de Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul.

A primeira observação realizada diz respeito ao fato de que nenhum dos edifícios estava livre de patologias. Vale ressaltar que a vida útil dos mesmos estava entre 4% e 42%. Das 44 patologias catalogadas, como ar na tubulação, o autor evidencia que 29% delas têm

origem nos projetos. Além disso, de todas essas, 36 delas, ou mais de 80%, tinham origem no sistema predial de água fria.

De forma similar, Gnipper e Mikaldo Jr (2007) estudaram laudos técnicos de 24 (vinte e quatro) edifícios residenciais elaborados pelos próprios durante suas atividades profissionais na área. A principal causa de patologias endógenas foi decorrente de falhas de projetos, uma realidade constatada nos países europeus, e, que, apesar do pequeno universo amostral pode sim ser extrapolada para as demais cidades verticalizadas do Brasil (GNIPPER e MIKALDO JR, 2007).

Fica evidente, portanto, a adequação da busca através da presente pesquisa por um artefato baseado na tecnologia como alternativa de projeto para o dimensionamento automatizado e assertivo do sistema predial de água fria (SPAF).

Esse texto propõe o dimensionamento automatizado do SPAF através de um plugin como parte da solução no âmbito dos projetos para as patologias oriundas de falhas nessa fase da vida de um edifício. A contribuição da pesquisa fornece contribuição clara na área de projetos por meio por artefato em si, uma das formas de contribuição segundo Hevner (2010).

Portanto, tem-se como objetivo desenvolver um artefato completo na forma de um *add-in*, ou seja, um complemento para o programa Revit, da Autodesk, para o dimensionamento automático do sistema de instalações prediais de água fria. O processo será feito a partir de um código-fonte externo concebido no ambiente de desenvolvimento Visual Studio, da Microsoft.

Para tal, será implementado o método de dimensionamento denominado Método dos Pesos, sugerido na NBR 5626 até o ano de 2020. No referido ano, a norma fora atualizada, delegando a escolha do método de dimensionamento para o projetista.

Como a versão da norma citada ficou em vigor desde 1998, é deduzido que o método citado é largamente utilizado pelos projetistas, além de ser de fácil compreensão e aplicação prática. Porém, antes da implementação do método de dimensionamento, fez-se necessário configurar o arquivo *template* para, em seguida, aplicá-lo em um projeto real.

Como delimitação da pesquisa, definiu-se a aplicação em um projeto de água fria residencial utilizando um projeto de arquitetura de acervo próprio como base e, a partir dos resultados obtidos através do dimensionamento manual por meio de uma planilha do Excel, a comparação e consequente validação do artefato.

Assim, evidencia-se a aplicação da quinta diretriz, que requer a observância de método rigoroso para a construção, assim como a subsequente validação do artefato (HEVNER e CHATTERJEE, 2010), haja visto a ampla pesquisa realizada na literatura acerca do tema em questão para embasar a confecção do artefato.

3.2 Delineamento da pesquisa

A estrutura da pesquisa está consolidada conforme fluxograma mostrada na Figura 8. Na sequência, detalha-se cada uma das etapas da metodologia da pesquisa. Em primeiro lugar, identificou-se o problema. No caso, a ausência de métodos automatizados para o dimensionamento do sistema de água fria dentro do Revit.

Em seguida, delineou-se o problema a partir da adequação à NBR 5626. Logo após, desenvolveu-se a solução, ou seja, o artefato a partir das ferramentas adequadas e implementou-se o mesmo em um projeto real. Por fim, o artefato foi validado a partir da comparação de seus cálculos com os valores obtidos a partir do dimensionamento realizado de forma manual.

Figura 8 – Fluxograma do delineamento metodológico da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.2.1 Identificação do problema

Escolheu-se tal problemática a partir de levantamento bibliográfico a respeito de problemas gerados a partir de sistemas de água fria mal dimensionados, como patologias e aumento nos custos de manutenção da edificação, e experiência prática na área de projetos da área.

Além disso, verificou-se a inexistência de trabalhos do gênero publicados. Ou seja, uma possível solução para o problema tem a acrescentar tanto para o ramo acadêmica,

fornecendo elementos para pesquisas fruto de desdobramento desta, quanto para o setor de projetos.

3.2.2 *Delineamento do problema*

O Revit é o principal software de modelagem BIM do mercado, porém não dispõe do conjunto de normativas brasileiras. Fica claro, portanto, a importância de ferramentas baseadas nas normas nacionais no sentido de auxiliar os projetistas em seus fluxos de trabalho, reduzindo, assim, tempo, custos e problemas derivados de vícios nos projetos.

3.2.3 *Desenvolvimento de uma solução*

Para o desenvolvimento de uma solução para o problema, desenvolveu-se um artefato a partir da aplicação da linguagem de programação C#, em conjunto com o ambiente de desenvolvimento do Visual Studio e, claro, gerando o produto associado ao Revit.

Além disso, um *template* fora desenvolvido para a devida integração entre projeto e *plugin*.

3.2.3.1 *Template*

Antes de iniciar o desenvolvimento do código-fonte do *plugin*, é necessário configurar o *template*. O *template* é o arquivo que serve como base para todo e qualquer projeto realizado a partir do Revit. É partir dele que a elaboração de um projeto é realizada. As configurações realizadas em um *template* tornam-se padrão para os projetos criados a partir dele.

Para o devido funcionamento do complemento, elenca-se duas configurações:

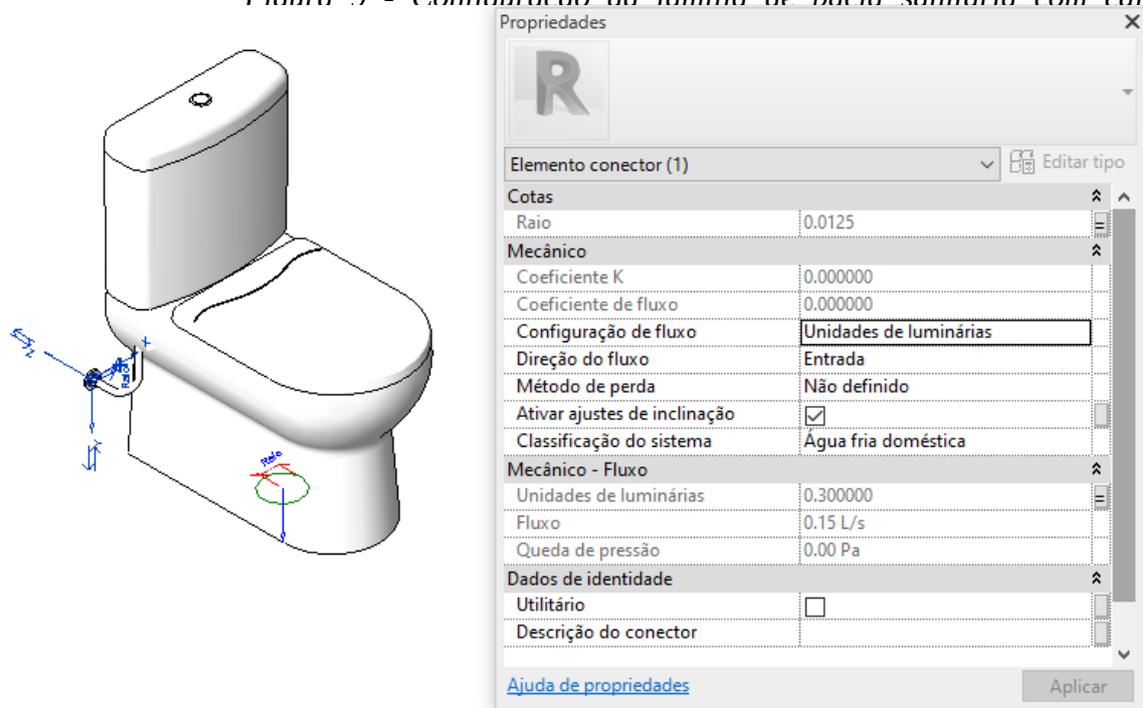
- Famílias, como joelho, tê, bacia sanitária, chuveiro, torneira, etc., configuradas para fornecer os pesos relativos corretos à modelagem do sistema;
- Parâmetros compartilhados inseridos no *template*, tanto para guardar os valores calculados pelo *plugin* quanto para dispô-los em forma de tabela para a correta documentação.

Inicialmente, configurou-se o parâmetro denominado “Peso Relativo” dentro de cada uma das peças hidrossanitárias, como bacia sanitária, chuveiro, lavatório, etc. Antes de configurar o conector de água fria para receber o parâmetro, tem-se que configurar o parâmetro nativo *Configuração do fluxo* para *Unidades de luminárias*, para que assim o Revit entenda que o valor configurado a seguir será devidamente utilizado durante a modelagem e aplicação do plugin.

Na sequência, seleciona-se o conector de água fria da peça e escolhe o parâmetro recém-criado como parâmetro associado ao *Unidades de luminárias*. A Figura 9 ilustra um exemplo de como as configurações da família devem ficar após as modificações.

Esse procedimento deve ser realizado para todas as famílias desejadas. É importante frisar que de forma alguma o template ficará “travado” no sentido de que apenas algumas famílias poderão ser utilizadas. Uma vez esse processo pode ser facilmente aplicado, diversas famílias distintas podem ser incluídas no template, caso seja necessário.

Figura 9 - Configuração da família de bacia sanitária com caixa



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na sequência, foram configurados o parâmetro “Perda de Carga” nas famílias das categorias “Conexão de tubo” e “Acessório de tubo”. Como tal valor depende do diâmetro da

conexão/acessório e essas possuem diâmetros nominais que podem variar, fez-se necessário desenvolver uma lógica para que o valor mostrado seja condizente com o diâmetro.

Para tal, utilizou-se o conceito de fórmulas dentro do ambiente de parâmetros de família, como descrito em 2.4.1 Introdução ao Revit. A Figura 10 demonstra como realizar a configuração da perda de carga localizada da família de curva 45°/90°. Nota-se que existem valores distintos para dois conjuntos de diâmetros.

Esse detalhe é explicado pelo fato de que a família em questão é paramétrica e se comporta tanto como uma curva de 90° quanto como curva de 45°, a depender de como a modelagem da tubulação foi realizada. Por isso existem duas coleções de condicionantes para a mesma família.

Destaca-se que, via de regra, tais famílias costumam ser disponibilizadas pelas respectivas fabricantes, haja visto que seu uso pelos projetistas dá visibilidade para a companhia e, também, o processo de parametrização delas é complexo.

Figura 10 - Lógica para definir o valor do parâmetro "Perda de Carga"

```

if(and(DN = 20 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 0.4,
if(and(DN = 25 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 0.5,
if(and(DN = 32 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 0.6,
if(and(DN = 40 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 0.7,
if(and(DN = 50 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 1.2,
if(and(DN = 60 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 1.3,
if(and(DN = 75 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 1.4,
if(and(DN = 85 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 1.5,
if(and(DN = 110 mm, Ângulo > 85°, Ângulo < 95°), 1.6,
if(and(DN = 20 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.2,
if(and(DN = 25 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.3,
if(and(DN = 32 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.4,
if(and(DN = 40 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.5,
if(and(DN = 50 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.6,
if(and(DN = 60 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.7,
if(and(DN = 75 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.8,
if(and(DN = 85 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 0.9,
if(and(DN = 110 mm, Ângulo > 40°, Ângulo < 50°), 1, 0))))))))))))))

```

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O valor de “DN” é referente ao diâmetro nominal externo da peça, definido pelo modelador da família, assim como os valores do “Ângulo”. O valor anterior a última vírgula de cada linha é referente à perda de carga localizada em si, calculado empiricamente e disponível em manuais e catálogos técnicos como o “Orientações para instalações de Água Fria”, da Tigre. Ou seja, a partir do diâmetro nominal externo da peça, o programa verifica as condicionantes expostas e entrega para o usuário o valor correspondente.

A Figura 11 ilustra a equivalência em metros para o valor da perda de carga localizada em diferentes peças de PVC, a depender do diâmetro da mesma. Além disso, conta também com outros componentes do sistema de água fria, como entrada e saída de borda, válvula de pé e crivo, registro de gaveta aberto e fechado, etc.

Vale ressaltar que esses valores podem variar ligeiramente a depender da tabela utilizada, pois são calculados de forma puramente empírica. Apesar desse detalhe, a variação costuma não ser considerável ao ponto de que exista uma referência principal.

Figura 11 - Perdas de carga localizada para peças de PCV.

DE (mm)	D. ref. (pol.)	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 Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	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
25	¾"	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
32	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
40	1¼"	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
50	1½"	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
60	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
75	2½"	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
85	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	14,2	40,0	0,9	20,0
110	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

Fonte: Tigre (2016).

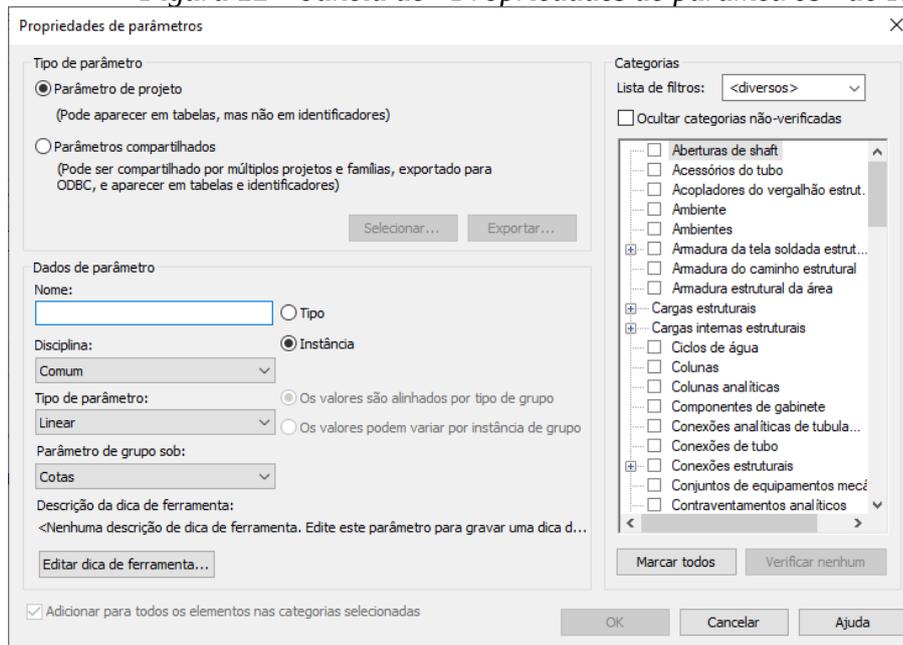
Na sequência, para projetos dentro do Revit existem duas formas de trabalhar com a questão dos parâmetros: parâmetros de Projeto ou Compartilhados. Dentre outras, uma das principais diferenças entre esses é que os parâmetros de projeto são únicos de um projeto específico e os parâmetros compartilhados são armazenados em um arquivo com extensão .txt, o que permite o seu uso por outros usuários em outros projetos. A partir dessa distinção, optou-se pelos parâmetros compartilhados.

Além disso, os parâmetros compartilhados podem ser utilizados nos tags, ou identificadores, e serão utilizados para mostrar alguns valores calculados em alguns trechos, a título de demonstração. A janela *Propriedades de parâmetros*, mostrada na Figura 12, conta conjuntamente com outras características da estrutura interna de parâmetros do Revit: Tipo e Instância, além da Disciplina, Tipo de parâmetro, Parâmetro de grupo sob e Categorias.

No âmbito da configuração dos parâmetros das famílias, vale destacar que esses devem ser do tipo “Instância” e não “Tipo”. Isso se explica pelas características intrínsecas desses. Com parâmetro de “Instância”, pode-se facilmente visualizar o valor desejado, sendo necessário apenas selecionar o elemento e verificar na aba “Propriedades” o valor

De forma similar, os parâmetros destinados a receber os valores calculados pelo artefato devem ser do tipo “Instância” pois, por exemplo, cada trecho terá sua instância de uma tubulação. Por vezes, será necessário selecionar um tubo de um trecho para verificar o valor de algum parâmetro.

Figura 12 – Janela de “Propriedades de parâmetros” do Revit.



Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

Para os parâmetros criados com a finalidade de armazenar os valores calculados pelo *plugin*, é de suma importância configurá-los exatamente como mostra a Tabela 1 pois o artefato trabalha com os valores das unidades internas do Revit, que são diferentes dos valores exibidos pelo programa.

Dessa forma, cada parâmetro fora configurado a partir da Disciplina e Tipo de parâmetro específico, para que os valores exibidos pelo programa contenham a unidade de medida do respectivo parâmetro.

Tabela 1 - Parâmetros compartilhados.

Nome	Disciplina	Tipo de parâmetro	Categoria
1 - Trecho	Comum	Texto	Tubulação
2 - Vazão (L/s)	Tubulação	Fluxo	Tubulação
3 - Velocidade (m/s)	Tubulação	Velocidade	Tubulação
4 - Perda de carga unitária (Pa/m)	Tubulação	Fricção	Tubulação
5 - Diferença de cota (m)	Comum	Linear	Tubulação
6 - Pressão disponível (kPa)	Tubulação	Pressão	Tubulação, Conexão de tubo e Acessórios do tubo
7 - Comprimento real (m)	Comum	Linear	Tubulação
8 - Comprimento equivalente (m)	Comum	Linear	Tubulação

9 - Perda de carga na tubulação (kPa)	Tubulação	Pressão	Tubulação
10 - Perda de carga registros (kPa)	Tubulação	Pressão	Tubulação
11 - Perda de carga total (kPa)	Tubulação	Pressão	Tubulação
12 - Pressão disponível residual (kPa)	Tubulação	Pressão	Tubulação

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Isto posto, para exibir os valores calculados pelo artefato serão criados parâmetros compartilhados elencados acima, a serem listados em uma tabela do Revit, além de outros três que são nativos do *software*. Cada parâmetro precisa ter suas características bem definidas pois, por exemplo, se um dado parâmetro não pertencer ao tipo de parâmetro correto, não será possível garantir a devida coerência dos cálculos realizados.

Logo, é importante frisar a devida importância de tais configurações e, também, salientar que é sugerido que as mesmas devem ser feitas no *template* pois, dessa forma, o usuário precisará realizá-las uma única vez.

3.2.3.2 Microsoft Visual Studio

Como citado anteriormente, o Visual Studio foi escolhido como ambiente de desenvolvimento para a construção do artefato. Basicamente, três arquivos serão necessários para a integração e funcionamento do *software*:

- Um arquivo *HID-BIM-2020.addin*;
- Um arquivo chamado *Main.cs*;
- Um arquivo chamado *DimensionamentoAF.cs*.

O primeiro arquivo tem como função explicitar para o Revit que, ao ser executado, o programa deve carregar o arquivo compilado referente ao complemento. O código desse pode ser visualizado na Figura 13. No *tag* “Assembly” faz-se necessário definir o nome do arquivo *.dll* gerado. Caso contrário, não será possível para o Revit carregar a biblioteca durante a abertura do programa.

O “AddInId”, por sua vez, pode ser gerado dentro do Visual Studio a partir da aba *Ferramentas > Criar GUID*. O valor do *tag* “FullName” deve ser definido como o nome

escolhido da classe para o projeto dentro Visual Studio. Os campos “VendorId” e “VendorDescription” podem ser escolhidos como o desenvolvedor desejar.

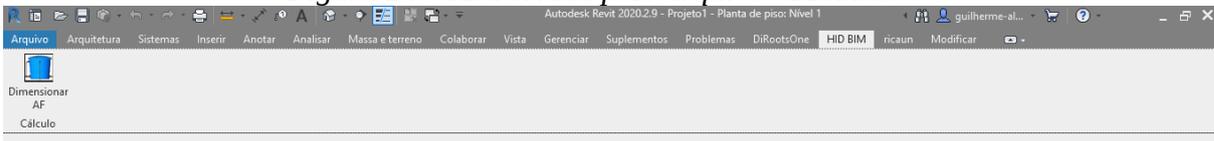
Figura 13 - Código-fonte do arquivo HID-BIM-2020.addin.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" standalone="no"?>
<RevitAddIns>
  <AddIn Type="Application">
    <Name>HID-BIM</Name>
    <Assembly>HID-BIM-2020.dll</Assembly>
    <AddInId>56BA48F8-B250-4506-A250-9C3A24D56AA9</AddInId>
    <FullClassName>HID.Main</FullClassName>
    <VendorId>Guilherme Almeida</VendorId>
    <VendorDescription>Guilherme Almeida</VendorDescription>
  </AddIn>
</RevitAddIns>
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No segundo, estão contidos detalhes da interface do botão criado para executar o complemento, como a criação de uma nova *ribbon tab*, ou seja, uma aba, com seu nome, sua descrição, seu ícone, etc. A Figura 14 destaca a aba criada.

Figura 14 – Aba criada pelo arquivo “Main.cs”.



Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

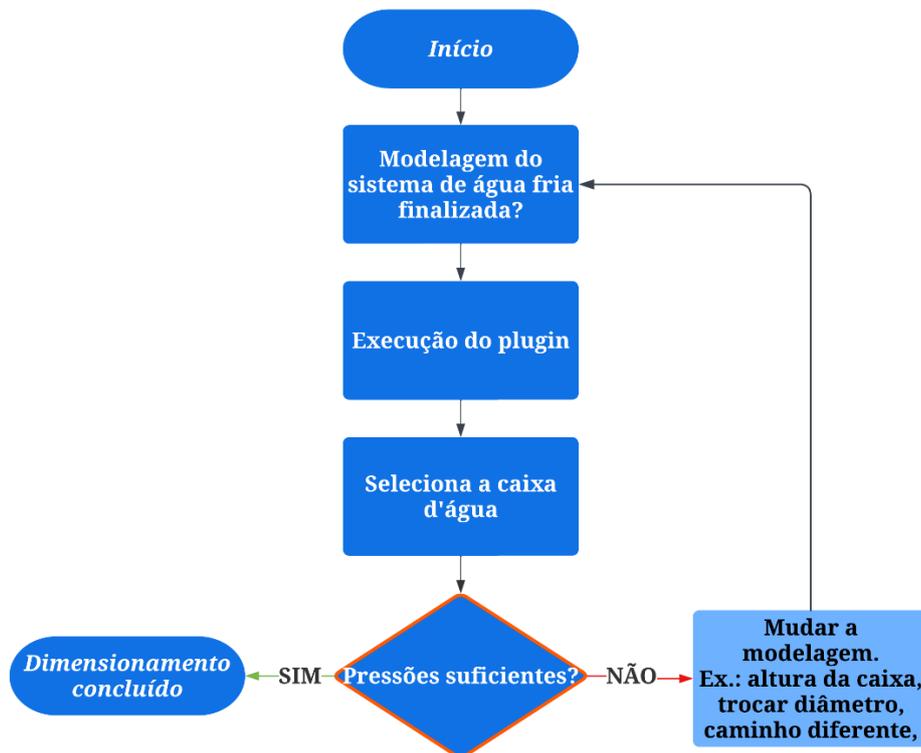
No terceiro e último arquivo está contido todo o método de dimensionamento do método dos pesos. O funcionamento do plugin se dará da seguinte forma: ao executá-lo, o usuário deverá selecionar a caixa d’água. Logo após, o plugin irá fazer os devidos cálculos e armazená-los nos parâmetros criados.

Como não será considerado o uso de bombas, o usuário poderá fazer mudanças manuais nos diâmetros das tubulações e conexões caso as pressões resultantes sejam insuficientes e, em seguida, executar novamente o artefato.

A Figura 15 ilustra tal funcionamento. A modificação manual de trechos específicos em casos nos quais não seja possível modificar a modelagem em função de fatores como os projetos de arquitetura ou estrutural, pode ser realizada sem empecilhos.

Após isso, o *plugin* deve ser executado novamente para que, dessa vez, o programa utilize os novos diâmetros e refaça os cálculos. O processo descrito pode ser feito quantas vezes forem necessárias, até que todos os trechos possuam pressão suficiente.

Figura 15 – Processo de uso do *plugin*.



Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

3.2.3.3 Instalador do *add-in*

Após a implementação do método de dimensionamento, a compilação dos arquivos citados acima produzirá como saída dois arquivos: o primeiro, um arquivo com extensão *.addin*. Em suma, é nesse arquivo que estão as instruções dadas ao Revit sobre qual arquivo carregar ao ser iniciado.

O arquivo em questão é o segundo gerado pela compilação. Esse possui extensão *.dll* e nada mais é que uma biblioteca dinâmica que contém o código escrito dentro do Visual Studio, permitindo que o Revit possa entender as instruções codificadas.

A partir desses dois arquivos pode-se gerar um novo arquivo para facilitar a instalação do artefato em outras máquinas. O arquivo terá extensão *.exe*, ou seja, é um instalável. O programa escolhido para tal é o *Nullsoft Scriptable Install*, ou NSIS.

O software é *open-source*, ou seja, é gratuito e de código aberto, além de ser de fácil utilização. Portanto, com o exposto acima fica nítida a aplicação da sexta diretriz, pois utilizou-se os meios disponíveis, como a linguagem C#, para chegar ao fim desejado, ou seja, o *plugin* de dimensionamento do sistema predial de água fria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em primeiro lugar, temos o conjunto que compõe o *template* desenvolvido: famílias e parâmetros. A Figura 16 mostra o valor do “Perda de Carga” para a família de curva 45°/90° de diâmetro igual a 25 mm.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Em seguida, ao adicionar os parâmetros todos os parâmetros compartilhados, criou-se a tabela mostrada na Figura 17. É nela que os valores calculados pelo artefato serão mostrados para o usuário de forma mais prática.

Figura 17 - Tabela de dimensionamento no Revit.

Projeto - Tabela: 00 - Dimensionamento - Água Fria - NBR 5626																		
<00 - Dimensionamento - Água Fria - NBR 5626>																		
A	B	C	D		E	F	G	H	I		J	K		L	M	N		O
Trecho	Peso	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)		Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (Pa/m)	Diferença de cota (m)	Comprimento (m)		Perda de Carga (kPa)		Pressão (kPa)						
			Externo	Interno				Real	Equivalente	Tubulação	Registros	Total	Disponível	Disponível residual				

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

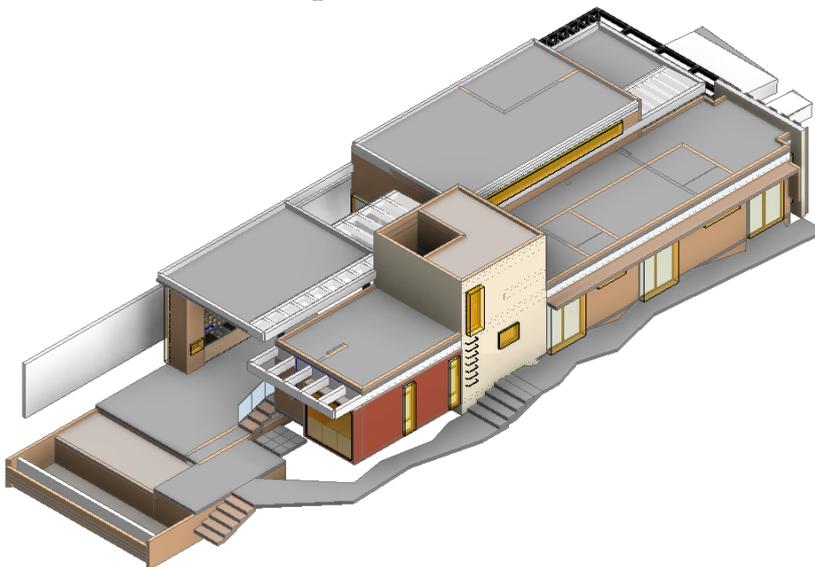
Note que, além dos doze parâmetros compartilhados listados na Tabela 1, tem-se também as colunas “Peso”, “Diâmetro Externo”, “Diâmetro “Interno” e “Perda de Carga Total”. Os três primeiros são parâmetros internos das tubulações e o último é dado pela soma das colunas K e L.

4.1 Aplicação prática do artefato

Ulteriormente, realizou-se a modelagem e dimensionamento do sistema de água fria utilizando uma tabela do Excel. Para tal, utilizou-se o projeto de arquitetura mostrado na Figura 18. O projeto é de uma residência unifamiliar de apenas um pavimento com áreas total e construída iguais a 626,73 m² e 252,62 m², respectivamente.

Além disso, a residência conta com 3 (três) banheiros, sendo um deles suíte, vestiário, área de serviço, cozinha e varanda gourmet.

Figura 18 - Projeto de arquitetura utilizado como base para a modelagem hidráulica.

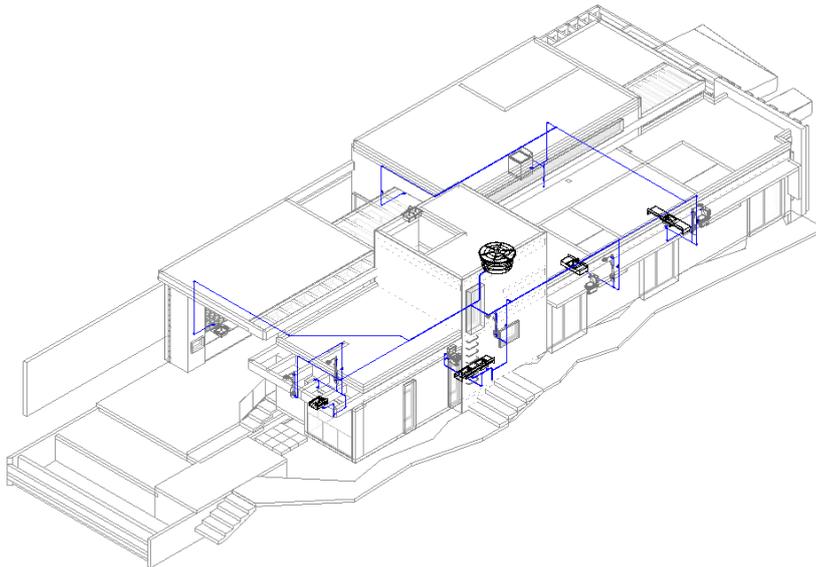


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após a modelagem do sistema, temos o resultado demonstrado na Figura 19. Na sequência, executou-se o dimensionamento do sistema utilizando o método manual. A partir disso foi possível analisar de forma minuciosa a acurácia do *plugin* a partir dos valores calculados por ele.

Como é possível observar na modelagem, a caixa d'água conta apenas com a saída de alimentação do sistema. No caso de um projeto real, recomenda-se que as demais saídas, como extravasor e limpeza e a entrada de alimentação da caixa sejam modeladas após o dimensionamento do sistema.

Figura 19 - Modelagem do sistema de água fria.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para facilitar a visualização do resultado aplicado do artefato, optou-se por isolar um conjunto de trechos. Assim, o chuveiro mais próximo foi escolhido e a Tabela 2 mostra os resultados dos cálculos do *plugin*.

Tabela 2 - Dimensionamento do trecho até o chuveiro mais próximo a caixa d'água utilizando o plugin.

00 - Dimensionamento - Água Fria - NBR 5626														
Trecho	Peso	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)		Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (Pa/m)	Diferença de cota (m)	Comprimento (m)		Perda de Carga (kPa)			Pressão (kPa)	
			Externo	Interno				Real	Equivalente	Tubulação	Registros	Total	Disponível	Residual
0 --> 1 + COBERTURA	7,9	0,843	40	35	0,876	0,000299	0,000	0,256	1,200	0,07654	0,35880	0,43543	0,0000	0,0000
1 --> 2 + COBERTURA	7,9	0,843	40	35	0,876	0,000299	2,075	1,923	1,200	0,57420	0,35831	0,93251	20,7500	19,8118
2 --> 3 + COBERTURA	7,9	0,843	40	35	0,876	0,000299	0,000	0,433	7,300	0,12983	1,37354	1,50292	19,8175	18,3463
3 --> 4 + COBERTURA	6,3	0,753	40	35	0,783	0,000245	0,000	0,897	1,200	0,21965	0,29394	0,51359	18,3146	17,8010
4 --> 5 + COBERTURA	6,3	0,753	40	35	0,783	0,000245	0,000	1,242	3,100	0,30426	0,75935	1,06361	17,8010	16,7370
5 --> 6 + COBERTURA	1,7	0,391	25	22	1,067	0,000771	0,000	0,197	0,600	0,14931	0,46251	0,61458	16,7374	16,7370
6 --> 7 + TÉRREO	1,7	0,391	25	22	1,067	0,000771	1,320	1,233	0,200	0,95046	0,15417	1,10463	17,4660	17,4463
7 --> 8 + TÉRREO	1,7	0,391	25	22	1,067	0,000771	0,920	0,864	3,100	0,86609	2,38963	3,05572	17,2610	17,2610
8 --> 9 + TÉRREO	0,4	0,190	25	22	0,518	0,000217	0,000	0,519	0,600	0,11283	0,15417	0,24323	23,9961	23,9961
9 --> 10 + TÉRREO	0,4	0,190	25	22	0,518	0,000217	-0,220	0,133	0,200	0,02891	0,04347	0,07237	13,9850	13,9850
10 --> 11 + TÉRREO (Chuveiro ou ducha CH (Peso 0,4))	0,4	0,190	25	22	0,518	0,000217	-1,020	0,964	1,200	0,20945	0,26080	0,47025	12,8930	12,8930

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na sequência, definiu-se exatamente os mesmos trechos na tabela do Excel e executou-se o dimensionamento manual. A Tabela 3 exhibe os resultados.

Tabela 3 - Dimensionamento do trecho até o chuveiro mais próximo a caixa d'água utilizando o Excel.

TRECHO	PESOS	Q (L/s)	DN INTERNO (mm)	VELOCIDADE (m/s)	PERDA DE CARGA UNITÁRIA (Pa/m)	DIFERENÇA DE COTA (m)	PRESSÃO DISPONÍVEL (kPa)
0-1	7,9	0,843	35	0,8764	0,0002986	0,000	0
1-2	7,9	0,843	35	0,876	0,0002986	2,075	20,750
2-3	7,9	0,843	35	0,876	0,0002986	0,000	19,818
3-4	6,3	0,753	35	0,783	0,0002450	0,000	18,315
4-5	6,3	0,753	35	0,783	0,0002450	0,000	17,801
5-6	1,7	0,391	21,6	1,067	0,0007708	0,000	16,737
6-7	1,7	0,391	21,6	1,067	0,0007708	1,320	17,446
7-8	1,7	0,391	21,6	1,067	0,0007708	0,920	17,261
8-9	0,4	0,190	21,6	0,518	0,0002173	-0,220	13,985
9-10	0,4	0,190	21,6	0,518	0,0002173	-1,020	12,893

TRECHO	PRESSÃO DISPONÍVEL (kPa)	COMPRIMENTO DA TUBULAÇÃO (m)		PERDA DE CARGA (kPa)			PRESSÃO DISPONÍVEL RESIDUAL (kPa)
		REAL	EQUI.	TUBOS	REGISTROS	TOTAL	

0-1	0,000	0,256	1,2	0,076	0,358	0,435	-0,438
1-2	20,750	1,923	1,2	0,574	0,358	0,932	19,818
2-3	19,817	0,433	4,6	0,129	1,374	1,503	18,314
3-4	18,315	0,897	1,2	0,220	0,294	0,514	17,801
4-5	17,801	1,242	3,1	0,304	0,759	1,064	16,737
5-6	16,737	0,194	0,6	0,149	0,463	0,612	16,126
6-7	17,446	1,233	0,2	0,951	0,154	1,105	16,341
7-8	17,261	0,864	3,1	0,666	2,390	3,056	14,205
8-9	13,985	0,133	0,2	0,029	0,043	0,072	13,913
9-10	12,893	0,964	1,2	0,209	0,260	0,470	12,423

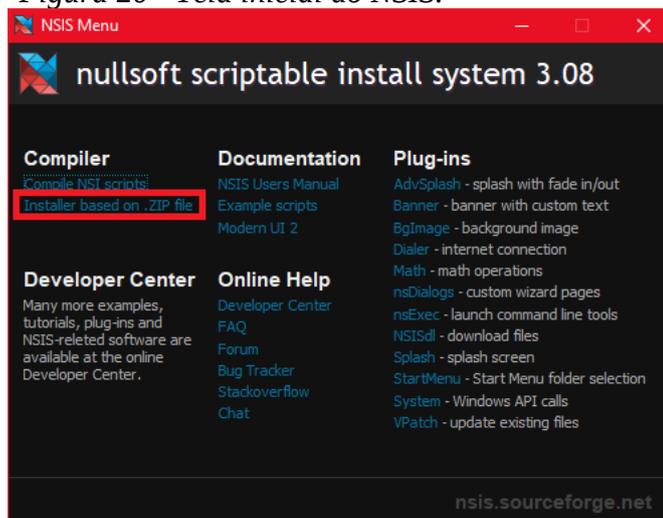
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Pelas tabelas acima, nota-se que não houve diferença significativa entre os valores calculados a partir dos dois métodos. Vale nota que no trecho 0-1, o plugin retornou um valor em vermelho. Isso aconteceu devido a uma configuração de coloração na tabela do Revit para facilitar trechos com pressão abaixo de 5 kPa.

A partir da finalização do desenvolvimento do artefato, fora possível gerar um arquivo executável cuja função é facilitar a instalação do *plugin* em outros computadores. Para tal utilizou-se o NSIS. Ao executar o programa, a tela mostrada na Figura 20 é exibida. O programa oferece duas formas de realizar a criação do executável.

A partir de um script ou utilizando um arquivo compactado. A opção destacada em vermelha é aquela referente à segunda opção. Por esse motivo, compactou-se os arquivos gerados pelo Visual Studio em formato *.zip* para ser utilizado no NSIS.

Figura 20 - Tela inicial do NSIS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Ao selecionar a opção destacada, uma nova janela é exibida. Nela, faz-se a seleção do arquivo compactado e define-se o “Default Folder”, que é o local para o qual o executável irá extrair os arquivos quando da sua execução e o “Output EXE File”, que nada mais é o local do computador onde o programa irá salvar o arquivo executável gerado.

5 CONCLUSÃO

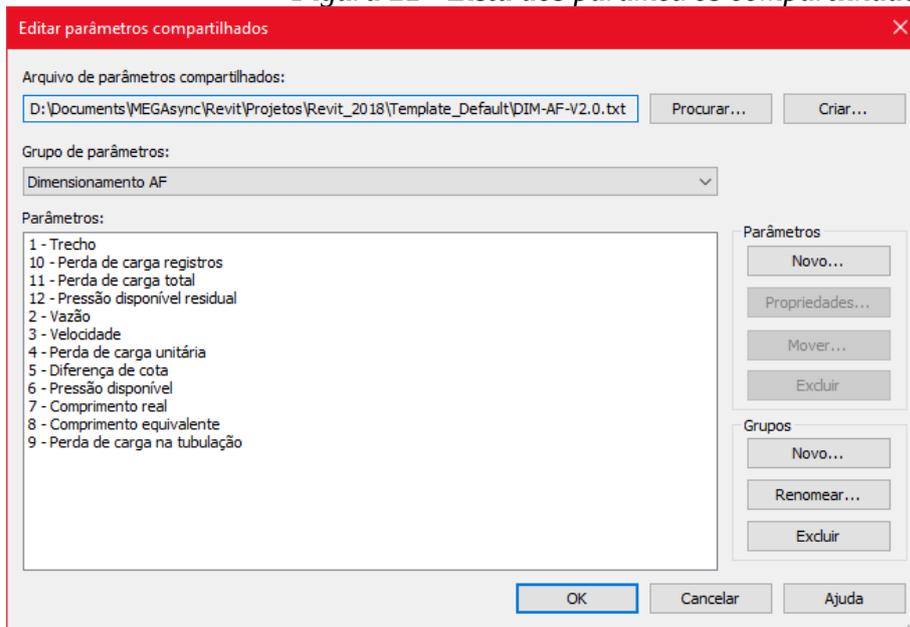
A partir do tópico acima, destaca-se claramente aplicação da primeira diretriz, haja vista a concretização do objetivo dessa pesquisa: a construção de um artefato do tipo instanciamento, uma vez que a partir deste poder-se-á desenvolver novos artefatos com melhorias (HEVNER e CHATTERJEE, 2010).

Além disso, vale ressaltar a comodidade de um *template* pré-configurado para trabalhar com o artefato desenvolvido, pois investe-se uma quantidade de tempo em sua configuração que se converte em muita produtividade. Concomitantemente, destaca-se a assertividade obtida com o artefato.

Fica claro, a partir da comparação com o dimensionamento manual, que a aplicabilidade do plugin é largamente superior pois os valores são calculados e atualizados na tabela de forma automática. O BIM é desenhado para trabalhar com a interoperabilidade entre as disciplinas, ou seja, mudanças podem e geralmente ocorrem nas diversas fases da produção de projetos. Logo, é prático possuir ferramentas que agilizam e proporcionam ganho de produtividade sem perder a confiança nos cálculos.

Além das famílias e o *template* em si, temos o arquivo de texto gerado que contém os parâmetros compartilhados necessários para o funcionamento do artefato, sendo um dos objetivos dessa pesquisa. A Figura 21 mostra a lista dos mesmos dentro do arquivo gerado.

Figura 21 - Lista dos parâmetros compartilhados.

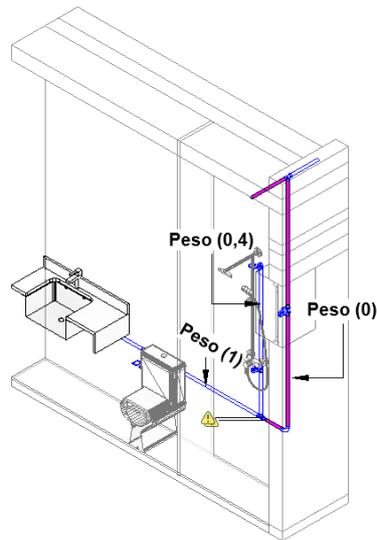


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Durante o desenvolvimento do artefato foi possível verificar que, caso exista alguma desconexão no sistema, o mesmo logicamente não poderá realizar os cálculos desejados. Por esse motivo, a criação de um filtro de vista específico com uma cor chamativa para detectar trechos com peso unitário igual a 0 (zero), assim como a configuração para exibir a desconectados.

Para isso, na aba “Analisar”, seleciona-se a opção “Mostrar desconectados” no painel “Verificar sistemas”. Em seguida, marca-se a opção “tubo”. A partir desse momento, o Revit mostrará um aviso destacado em amarelo, como mostrado na Figura 22, onde quer que exista uma desconexão.

Figura 22 - Exemplo de trecho com desconexão e trecho com peso nulo destacado.



Fonte: Elaborador pelo autor (2022).

Portanto, como é possível observar com o exposto acima, não há diferença considerável entre os valores obtidos por ambos os métodos. Além disso, a praticidade do artefato produzido é evidente e sua baixa complexidade de uso se destacam como características positivas.

A partir da publicação dessa pesquisa, será alcançada a sétima diretriz em virtude da disponibilização do texto tanto para acadêmicos quanto para projetistas e devido ao nível de detalhe do mesmo, o que possibilita a construção do artefato em um novo contexto e expansão dessa pesquisa, respectivamente (HEVNER e CHATTERJEE, 2010).

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 56 p. Acesso em: 05 jan. 2022.

AUTODESK HELP. Unidades de ajuste para conversão de fluxo (GPM). **Autodesk Knowledge Network**, 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-9B75AF52-B3C1-4B6B-BA08-5D85CE3E108C-htm.html>. Acesso em: 07 março 2020.

BARROS, Ueslei M. D. **DESENVOLVIMENTO DE UM PLUGIN PARA DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES DIRETAS NO REVIT ®**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, p. 139. 2019.

BONAT, Debora. **Metodologia de Pesquisa**. 3ª. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO, Geraldo de Andrade J. **Instalações Hidráulicas Prediais: Utilizando Tubos Plásticos**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Blucher, 2014.

EASTMAN, Charles M. *et al.* **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners**. 3ª. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR, Jorge. **GNIPPER, Sérgio Frederico; MIKALDO JR, Jorge. Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulico-sanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto**. Anais do VII workshop brasileiro de gestão do processo de projetos na construção de edifícios. Universidade Federal do Paraná. Curitiba: [s.n.]. 2007.

GODOY, Ariel de. **PATOLOGIAS NAS INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DE PRÉDIOS RESIDENCIAIS: REDES DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE**. Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, p. 75. 2020.

HEVNER, Alan; CHATTERJEE, Samir. **Design Research In Information Systems: Theory And Practice**. New York: Springer, v. 22, 2010.

LEUSIN, Sergio. **Gerenciamento e coordenação de Projetos BIM**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

LICHTENSTEIN, Norberto B.; LANDI, Francisco R. **Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1985.

MCGRAW, Hill Construction. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling**. Bedford, p. 64. 2014.

MEDEIROS, Gabriel Rocha L. **Projeto de sistemas prediais hidráulicos em BIM: adequação dos métodos de cálculo às normas brasileiras através da programação visual**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 83. 2017.

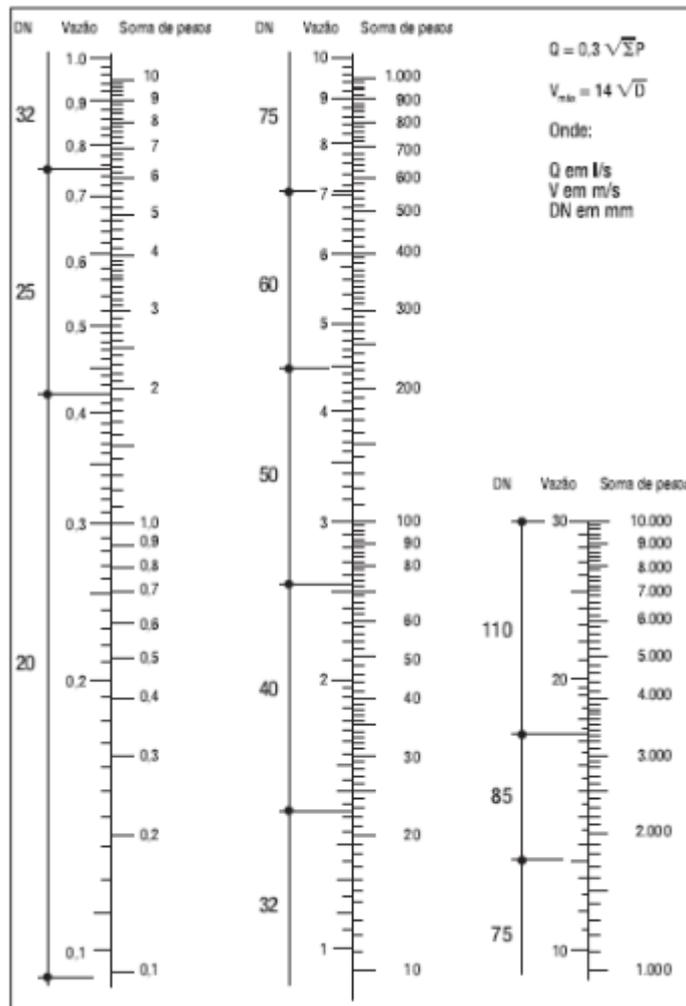
NETO, Carvalho; PEREIRA, Evaldo. **Automatização do dimensionamento da rede de distribuição de média tensão utilizando o REVIT**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, p. 137. 2017.

TAHER, Raihan. **Hands-On Object-Oriented Programming with C#: Build maintainable software with reusable code using C#**. 1ª. ed. Birmingham: Packt Publishing, 2019.

Tigre. **Orientações técnicas para Instalação de água fria**. Tigre. Joinville, p. 76. 2016.

VERÓL, Aline P.; VAZQUEZ, Elaine G.; MIGUEZ, Marcelo G. **Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários - Projetos Práticos Sustentáveis**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

ANEXO A – NOMOGRAMA DE PESOS, VAZÕES E DIÂMETROS



Fonte: Botelho e Ribeiro (2014).