



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
CENTRO DE ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ARTHUR RAMOS BARRETO

**ROTINA PARA O DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE HIDRANTES EM  
PROJETOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

MOSSORÓ

2024

ARTHUR RAMOS BARRETO

**ROTINA PARA O DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE HIDRANTES EM  
PROJETOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alisson Gadelha de Medeiros

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B273r Barreto, Arthur Ramos.  
Rotina para o dimensionamento hidráulico de  
hidrantes em projetos de segurança contra incêndio  
/ Arthur Ramos Barreto. - 2024.  
79 f. : il.

Orientador: Alisson Gadelha Medeiros.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,  
2024.

1. Proteção ativa. 2. Dimensionamento  
hidráulico. 3. Dynamo. 4. Algoritmo visual. 5.  
Otimização de projetos. I. Medeiros, Alisson  
Gadelha, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência  
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ARTHUR RAMOS BARRETO

**ROTINA PARA O DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE HIDRANTES EM  
PROJETOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 08 / 04 / 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**ALISSON GADELHA DE MEDEIROS**

Data: 13/04/2024 17:20:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Alisson Gadelha de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)  
Presidente

Documento assinado digitalmente



**JOHN ELOI BEZERRA**

Data: 14/04/2024 15:53:43-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

John Eloi Bezerra, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



**CRISLAYNE RAIANE FERNANDES VASCONCELOS**

Data: 15/04/2024 15:51:29-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Crislayne Raiane Fernandes Vasconcelos, Eng<sup>a</sup>. Esp.  
Membro Examinador



*Ao meu avô, Geovane Menezes Ramos, que me ensinou o significado de amor e família e foi uma das minhas bases durante toda a minha vida. (In Memoriam).*

*Com carinho, Arthur.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me permitir chegar até aqui, por ter me dado forças mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Rosilda e Raimundo, que me acolheram desde o meu nascimento e me apoiaram em cada passo dessa minha trajetória, vocês foram inspiração para cada uma das minhas conquistas, serei eternamente grato por todo o suporte e apoio, por me darem a segurança necessária para seguir meus sonhos. A minha avó materna, Nícia, que foi minha segunda mãe durante toda essa minha trajetória, por todo o apoio e afeto que me foi dado durante toda a minha vida.

A minha madrastra, Talyta, por seu apoio e por ser uma presença constante em minha jornada acadêmica. Sua gentileza, compreensão e incentivo foram fundamentais para que eu pudesse alcançar este marco importante em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alisson Gadelha, pelo acompanhamento e suporte durante toda essa trajetória até a entrega final, por me fazer enxergar para além do cômodo e me desafiar em áreas que nunca imaginei.

A toda a ALPE Engenharia, que me formou enquanto pessoa, líder e profissional, que foi meu lar e também minha família nos últimos 2 anos de graduação, possibilitando que eu possa hoje enxergar um futuro ainda mais próspero e cheio de oportunidades, por ter me feito entender o significado de liderança e, para além disso, por ter me dado motivos para continuar a cada momento. Ao Movimento Empresa Júnior, por me fazer conhecer pessoas incríveis e permitir me conhecer ainda mais enquanto pessoa.

Aos meus amigos de graduação e jornada enquanto membros da ALPE, Victória e Marcos, pelo suporte ao longo desse tempo, por se fazerem presentes e me ajudarem a concluir as 2 jornadas mais importantes da minha vida até o momento, por continuarem ao meu lado em mais uma jornada e por sempre se fazerem presentes nos momentos em que precisei, sei que sem vocês isso não teria sido possível.

A Aryfran, Anderson e Lucas, mais do que profissionais responsáveis, vocês foram tutores que guiaram a minha trajetória profissional e tornaram o meu ambiente de trabalho mais leve e receptivo, agradeço pelo esforço e tempo gasto para minha capacitação e por confiarem em mim.

Aos meus colegas de graduação e para além dela, Wescley, Rafael, Eduardo, João Marcelo, Juan, Bryan, Edvânia, Renan e Yara, pelo suporte e presença nesses anos, por estarem comigo e me fazerem acreditar que tudo isso seria possível. Vocês, de alguma forma, foram meu ponto de suporte em momentos da minha jornada, sem vocês tudo isso teria sido ainda mais desafiador.

“Mudanças positivas acontecem quando uma geração inconformada com a sua realidade tem a coragem de sonhar, mas, principalmente, a ousadia de agir.”

Marcus Barão

## RESUMO

A ausência de recursos adequados para realizar cálculos hidráulicos direcionados às medidas de proteção e combate a incêndios, aliada à carência de ferramentas que possam automatizar esses processos, junto às já estabelecidas para a construção e elaboração de projetos, emerge como um desafio significativo. Este cenário, por sua vez, contribui para a precarização do ensino dessas metodologias, notadamente no contexto acadêmico, onde a necessidade de integrar conhecimento prático ao teórico é crucial. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo aprimorar o ensino dessas práticas, propondo uma solução inovadora. A proposta central consiste na criação de uma rotina específica para o Dynamo, integrada ao Revit, com o intuito de automatizar os cálculos hidráulicos durante a execução dos projetos. Essa abordagem não apenas simplifica o processo, mas também amplia a eficiência ao identificar, de forma mais precisa, possíveis necessidades no âmbito acadêmico. Ao unir conceitos práticos e teóricos, essa abordagem visa preencher lacunas no ensino, destacando-se como uma resposta prática à falta de recursos especializados. Além disso, a automação dos cálculos proporciona uma vantagem significativa ao possibilitar uma análise mais rápida e eficaz das especificações normativas aplicáveis. Os resultados da rotina de dimensionamento do Dynamo, em acordo com os padrões estabelecidos, foram satisfatórios, embora tenham divergido ligeiramente dos do memorial de cálculo. Essas diferenças foram atribuídas a alguns parâmetros de projeto não ajustados e não afetaram de forma significativa os resultados finais. Os parâmetros analisados, como altura sobre o último hidrante e perda de carga, foram similares entre os métodos. A rotina de cálculo proposta demonstrou eficácia na automação dos cálculos hidráulicos, facilitando o dimensionamento e garantindo resultados satisfatórios. De modo geral, o estudo proporcionou uma rotina que agilizasse a verificação de cálculos para dimensionamento de hidrantes, apresentando resultados condizentes com o esperado, no entanto, faz-se necessário a sugestão de aperfeiçoamentos, bem como a elaboração de um *template* específico e a expansão para outros sistemas de combate a incêndios, além de otimizações no código para aumentar a sua usabilidade em relação ao número de trechos.

**Palavras-chave:** Proteção ativa, Dimensionamento hidráulico, Dynamo, Algoritmo visual, Otimização de projetos.

## ABSTRACT

The lack of adequate resources for performing hydraulic calculations focused on fire protection and firefighting measures, coupled with a shortage of tools that can automate these processes, in addition to those already established for building and project design, emerges as a significant challenge. This scenario, in turn, contributes to the deterioration of teaching these methodologies, especially in the academic context, where integrating practical and theoretical knowledge is crucial. Against this backdrop, this study aims to improve the teaching of these practices by proposing an innovative solution. The central proposal involves creating a specific routine for Dynamo, integrated with Revit, with the goal of automating hydraulic calculations during project execution. This approach not only simplifies the process but also enhances efficiency by more accurately identifying potential needs in the academic realm. By merging practical and theoretical concepts, this approach seeks to fill gaps in teaching, standing out as a practical response to the lack of specialized resources. Furthermore, automating the calculations provides a significant advantage by enabling quicker and more effective analysis of applicable regulatory specifications. The results of the Dynamo sizing routine, in accordance with established standards, were satisfactory, although they slightly differed from those in the calculation report. These discrepancies were attributed to some unadjusted project parameters and did not significantly affect the final outcomes. The parameters analyzed, such as height above the last hydrant and head loss, were similar across the methods. The proposed calculation routine demonstrated effectiveness in automating hydraulic calculations, facilitating the sizing process, and ensuring satisfactory results. Overall, the study provided a routine that sped up the calculation verification for hydrant sizing, presenting results consistent with expectations. However, suggestions for improvements, as well as the creation of a specific template and expansion to other firefighting systems, are necessary. Additionally, code optimizations to increase its usability concerning the number of sections should also be considered.

**Keywords:** Active Protection, Hydraulic Sizing, Dynamo, Visual Algorithm, Project Optimization.

## LISTA DE FIGURAS

|           |   |                                                                         |    |
|-----------|---|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1  | – | Fluxograma da metodologia de execução do programa .....                 | 24 |
| Figura 2  | – | Fluxograma de execução da rotina.....                                   | 29 |
| Figura 3  | – | Fluxograma de etapas para o filtro dos elementos utilizados .....       | 30 |
| Figura 4  | – | Fluxograma de filtro dos parâmetro.....                                 | 31 |
| Figura 5  | – | Fluxograma representativo do cálculo da perda de carga.....             | 33 |
| Figura 6  | – | Fluxograma das etapas para o dimensionamento da estação elevatória..... | 34 |
| Figura 7  | – | Exemplo fictício para seleção de nível geométrico nos hidrantes.....    | 35 |
| Figura 8  | – | Fluxograma para inserção da rotina no projeto.....                      | 38 |
| Figura 9  | – | Fluxograma para inserção da rotina no projeto.....                      | 39 |
| Figura 10 | – | Fluxograma de parametrização dos trechos.....                           | 42 |
| Figura 11 | – | Fluxograma de parametrização dos pontos.....                            | 43 |
| Figura 12 | – | Fluxograma da parametrização da bomba.....                              | 44 |
| Figura 13 | – | Planta baixa do sistema de hidrantes do Centro de Engenharia.....       | 47 |
| Figura 14 | – | Representação isométrica de hidrantes do Centro de Engenharias.....     | 48 |

## LISTA DE QUADROS

|           |   |                                                                                    |    |
|-----------|---|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1  | – | Divisão das medidas de proteção em passivas e ativas.....                          | 19 |
| Quadro 2  | – | Vazão em função da classificação do grupo de risco.....                            | 20 |
| Quadro 3  | – | Pressão mínima em função da vazão.....                                             | 20 |
| Quadro 4  | – | Tipos de sistema de proteção por hidrantes ou mangotinhos.....                     | 21 |
| Quadro 5  | – | Fator “C” para a equação de Hazen-Williams .....                                   | 27 |
| Quadro 6  | – | Parâmetros de projeto necessários.....                                             | 37 |
| Quadro 7  | – | Resultados encontrados no memorial de cálculo.....                                 | 40 |
| Quadro 8  | – | Resultados referentes ao trecho de sucção.....                                     | 44 |
| Quadro 9  | – | Resultados referentes ao trecho de recalque para o hidrante mais desfavorável..... | 45 |
| Quadro 10 | – | Quadro para o comparativo dos resultados da rotina.....                            | 46 |
| Quadro 11 | – | Comparativo da altura manométrica necessária para a bomba.....                     | 46 |



## SUMÁRIO

|              |                                                                                |           |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                        | <b>15</b> |
| <b>2</b>     | <b>OBJETIVOS .....</b>                                                         | <b>16</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>Objetivo geral.....</b>                                                     | <b>16</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>Objetivos Específicos.....</b>                                              | <b>16</b> |
| <b>3</b>     | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                                | <b>17</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Sistemas de segurança contra incêndio e aspectos legais .....</b>           | <b>17</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Projeto hidráulico de hidrantes.....</b>                                    | <b>19</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Utilização de softwares na elaboração de segurança contra incêndio.....</b> | <b>22</b> |
| <b>4</b>     | <b>METODOLOGIA .....</b>                                                       | <b>24</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Elaboração da Ferramenta .....</b>                                          | <b>24</b> |
| <b>4.1.1</b> | <b>Definição do ambiente .....</b>                                             | <b>24</b> |
| <b>4.1.2</b> | <b>Cálculo de hidrantes e mangotinhos.....</b>                                 | <b>25</b> |
| <b>4.1.3</b> | <b>Aplicação metodológica nas rotinas de cálculo.....</b>                      | <b>29</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Concepção do projeto e execução da rotina.....</b>                          | <b>37</b> |
| <b>4.3</b>   | <b>Análise comparativa com projeto.....</b>                                    | <b>40</b> |
| <b>5</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                             | <b>42</b> |
| <b>5.1</b>   | <b>Parametrização do projeto.....</b>                                          | <b>42</b> |
| <b>5.2</b>   | <b>Resultados de cálculo encontrados.....</b>                                  | <b>44</b> |
| <b>5.3</b>   | <b>Comparativo dos resultados.....</b>                                         | <b>45</b> |
| <b>6</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                              | <b>49</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                       | <b>51</b> |
|              | <b>APÊNDICE A – SELEÇÃO DAS PEÇAS POR TRECHO.....</b>                          | <b>52</b> |
|              | <b>APÊNDICE B – DEFINIÇÃO DO FATOR “C” .....</b>                               | <b>53</b> |
|              | <b>APÊNDICE C – DEFINIÇÃO DO DIÂMETRO.....</b>                                 | <b>54</b> |
|              | <b>APÊNDICE D – VAZÃO MÍNIMA.....</b>                                          | <b>55</b> |
|              | <b>APÊNDICE E – DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO.....</b>                              | <b>56</b> |
|              | <b>APÊNDICE F – COMPRIMENTO EQUIVALENTE.....</b>                               | <b>57</b> |
|              | <b>APÊNDICE G – CÁLCULO PERDA DE CARGA NO TRECHO.....</b>                      | <b>58</b> |
|              | <b>APÊNDICE H – SOMATÓRIO PERDA DE CARGA NOS TRECHOS</b>                       | <b>59</b> |
|              | <b>APÊNDICE I – DIFERENÇA DE NÍVEL.....</b>                                    | <b>60</b> |
|              | <b>APÊNDICE J – PERDA DE CARGA NA MANGUEIRA.....</b>                           | <b>61</b> |

|                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>APÊNDICE K – ALTURA NO ESGUICHO.....</b>                                                                  | <b>62</b> |
| <b>APÊNDICE L – PRESSÃO RESIDUAL.....</b>                                                                    | <b>63</b> |
| <b>APÊNDICE M – ALTURA MANOMÉTRICA DA BOMBA.....</b>                                                         | <b>64</b> |
| <b>APÊNDICE N – POTÊNCIA MÍNIMA DA BOMBA EM CV.....</b>                                                      | <b>65</b> |
| <b>APÊNDICE O – APRESENTAÇÃO DOS DADOS ENCONTRADOS...</b>                                                    | <b>66</b> |
| <b>APÊNDICE P – RESULTADO DA ROTINA PARA O HIDRANTE<br/>MAIS DESFAVORÁVEL.....</b>                           | <b>67</b> |
| <b>APÊNDICE Q – RESULTADO DA ROTINA PARA O HIDRANTE<br/>IMEDIATAMENTE MAIS FAVORÁVEL QUE O ANTERIOR.....</b> | <b>68</b> |
| <b>APÊNDICE R – CAPA DA CARTILHA DE UTILIZAÇÃO DA<br/>ROTINA DE INCÊNDIO.....</b>                            | <b>69</b> |
| <b>APÊNDICE S – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DO<br/>FLUXOGRAMA DE ETAPAS DA ROTINA.....</b>                        | <b>70</b> |
| <b>APÊNDICE T – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA PRIMEIRA<br/>ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA.....</b>                | <b>71</b> |
| <b>APÊNDICE U – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA SEGUNDA<br/>ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA.....</b>                 | <b>72</b> |
| <b>APÊNDICE V – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA TABELA<br/>NECESSÁRIA PARA PARAMETRIZAÇÃO DO PROJETO.....</b>      | <b>73</b> |
| <b>APÊNDICE W – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA TERCEIRA<br/>ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA.....</b>                | <b>74</b> |
| <b>APÊNDICE X – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA QUARTA<br/>ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA.....</b>                  | <b>75</b> |
| <b>APÊNDICE Y – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA QUINTA<br/>ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA.....</b>                  | <b>76</b> |
| <b>APÊNDICE Z – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA SEXTA<br/>ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA.....</b>                   | <b>77</b> |
| <b>APÊNDICE AA – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA SÉTIMA<br/>ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA.....</b>                 | <b>78</b> |
| <b>ANEXO A – PROJETO HIDRÁULICO DO CENTRO DE<br/>ENGENHARIAS.....</b>                                        | <b>79</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de segurança contra incêndio podem ser subdivididos em métodos de combate passivo e ativo em função da sua forma de atuação. Em específico, os sistemas de proteção ativa são caracterizados pela sua capacidade de extinguir incêndios já iniciados, sendo dois deles baseados em métodos hidráulicos, que podem atuar em condições de sob comando e automático.

Neste sentido, hidrantes e mangotinhos são medidas protetivas ativas, que possuem uma rede de tubulações fixas, destinada a extrair água da fonte de abastecimento até o ponto designado para o combate a incêndios, em eventualidade de um sinistro. Tais sistemas são caracterizados por sua dependência da intervenção humana, configurando-se como sistemas de comando. No contexto dessas instalações, situadas no interior de edifícios, a operação recai sobre os ocupantes, demandando uma orientação apropriada, dado que envolvem equipamentos especializados com elevadas pressões e vazões de água (BRENTANO, 2004).

O dimensionamento de hidrantes para sistemas de combate a incêndio requer uma abordagem sistemática que leve em consideração os parâmetros hidráulicos necessários para um desempenho eficaz. Isso deve ser feito de acordo com a Instrução Técnica IT22/2022 e a Norma Brasileira NBR 13714/2000, que estabelecem diretrizes para fluxo, pressão, disposição e distâncias entre hidrantes, garantindo conformidade com requisitos técnicos e de segurança (RIO GRANDE DO NORTE, 2022).

Para o dimensionamento de sistemas de hidrantes no combate a incêndio, podem ser utilizadas ferramentas com o intuito de auxiliar nos cálculos de parâmetros como pressão e fluxo de água. O Excel permite análises e rotinas em VBA, enquanto softwares como Revit facilitam o design de sistemas de incêndio, enquanto o Dynamo, integrado ao Revit, possibilita automação e validação de projetos.

Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo na necessidade de aplicar o método hidráulico de dimensionando de hidrantes na construção de uma ferramenta computacional. Está rotina é capaz de realizar os cálculos necessários de acordo com as regulamentações normativas em projetos de hidrantes no estado do Rio Grande do Norte. Para tanto, utilizou-se a aplicação Dynamo do Revit, de forma a tornar possível o melhor entendimento desses cálculos e o acompanhamento para projetos disciplinares com essa finalidade, seja no âmbito acadêmico ou profissional.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Viabilizar rotina especializada no dimensionamento hidráulico de hidrantes em projetos de segurança contra incêndio.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Auxiliar na otimização do processo de dimensionamento hidráulico de hidrantes para estudantes e profissionais de engenharia.
- Orientar os usuários por meio de cartilha informativa para utilização da ferramenta no uso do REVIT.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 SISTEMAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E ASPECTOS LEGAIS

Os sistemas de segurança contra incêndio nas edificações são medidas que devem visar inicialmente o atendimento dos ocupantes das edificações, para uma posterior chegada das guarnições externas do socorro público, de forma que sejam suficientes para contemplá-las. Dessa forma, tais medidas devem possibilitar, em caso de incêndio, a saída dos ocupantes da edificação, minimizar as probabilidades de propagação do fogo e os seus riscos ao meio ambiente, minimizar os danos ao patrimônio, assim como facilitar o socorro público (SÃO PAULO, 2006).

As exigências quanto à segurança das edificações podem ser variadas, de acordo com as legislações próprias que alguns estados optam por seguir, sendo de competência do proprietário da edificação, acompanhado de um responsável técnico, a adequação a essas exigências e sua apresentação ao órgão competente. Ainda que apresentem especificações próprias, tais legislações devem se adequar ao Código de Obras e Edificações dos Municípios, assim como às Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT competentes a estes sistemas de proteção.

As exigências referentes a essas medidas, em acordo a IT 01/2022, variam de acordo com a sua ocupação, área construída, altura e sua carga de incêndio, onde, através dessas características é possível elencar as medidas cabíveis à edificação:

1. *Quanto a ocupação:* o uso da edificação influencia de forma direta nas exigências destinadas àquela edificação;
2. *Quanto a área construída:* o aumento no tamanho da edificação, no que diz respeito a sua área construída total, acarreta na exigência de novas medidas de proteção;
3. *Quanto à altura:* no que se refere a essa característica, quanto mais alto é o edifício maior é o número de medidas de proteção exigidas para o mesmo, levando em consideração as dificuldades de acesso e evacuação;
4. *Quanto à carga de incêndio:* para tal, devem ser analisados o tipo da estrutura, bem como seus materiais de revestimento e acabamento, além dos materiais

armazenados e/ou depositados no ambiente, avaliando se os mesmos são combustíveis ou incombustíveis.

Ainda de acordo com a IT 01/2022, a concepção e implementação das medidas de segurança contra incêndio em edificações e áreas de risco devem ser planejadas para atender aos requisitos desta Instrução Técnica e às demais leis em vigor, sendo de competência do responsável técnico e ao responsável pela obra, dimensionar e instalar corretamente as medidas de segurança contra incêndio, de acordo com o disposto no regulamento e nas normas técnicas (RIO GRANDE DO NORTE, 2022).

A apresentação das medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco apresentadas ao CBMRN para análise devem ser apresentadas juntamente aos documentos, de acordo com a classificação da edificação:

1. *Projeto técnico (PT)*: composto por Pasta do Projeto Técnico, Memorial Descritivo, Procuração do proprietário, Documento de Responsabilidade Técnica e, quando necessário, Documentos complementares e Planta das medidas de segurança contra incêndio;
2. *Projeto técnico simplificado (PTS)*: Os passos referentes ao Processo Técnico Simplificado são normatizados pela IT 42/2022, sendo composto por Formulário de Classificação de Risco, Formulário de Avaliação de Risco, Documento de Responsabilidade Técnica e Comprovante de pagamentos de taxas referentes à Diretoria de Atividades Técnicas;
3. *Projeto para eventos temporários*: sendo os passos associados ao projeto técnico para eventos temporários são normatizados por meio da Resolução Técnica 01 - Eventos Temporários.

Para além disso, os métodos de proteção contra incêndios regulamentados pela IT 01/2022 a serem aplicados nas edificações, podem ser subdivididos em medidas de proteções passivas e ativas, de acordo com sua forma de atuação.

1. *Medidas de proteção ativa*: pensadas para extinguir os incêndios, ou princípios de incêndio, de forma imediata após o seu início;
2. *Medidas de proteção passiva*: funcionam como facilitadoras à evacuação das edificações, bem como o isolamento das áreas de incêndio, dificultando a sua propagação.

Quadro 1: Divisão das medidas de proteção em passivas e ativas.

| <b>Medidas de proteção passiva</b>                                                     | <b>Medidas de proteção ativa</b>                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Acesso de viatura na edificação e áreas de risco                                       | Alarme de incêndio                                                                  |
| Separação entre edificações (isolamento de risco)                                      | Sinalização de emergência                                                           |
| Segurança estrutural contra incêndio (resistência ao fogo dos elementos de construção) | Extintores                                                                          |
| Compartimentação                                                                       | Hidrantes e mangotinhos                                                             |
| Controle de materiais de acabamento e de revestimento                                  | Chuveiros automáticos                                                               |
| Saídas de emergência                                                                   | Sistema de resfriamento                                                             |
| Elevador de emergência                                                                 | Sistema de espuma                                                                   |
| Controle de fumaça                                                                     | Sistema fixo de agentes limpos e dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )              |
| Gerenciamento de risco de incêndio, incluindo o plano de emergência                    | Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)                            |
| Brigada de incêndio                                                                    | Controle de fontes de ignição (sistema elétrico; soldas; chamas; aquecedores; etc.) |
| Brigada profissional                                                                   | Iluminação de emergência                                                            |
|                                                                                        | Deteção automática de incêndio                                                      |

Fonte: Autoria Própria (2023)

Por conseguinte, segundo BRENTANO (2004), para o combate de incêndios usando a água como agente extintor, podem ser utilizados sistemas fixos, compostos por redes de canalizações, a quais são fixadas na edificação e tem como seus elementos de atuação os hidrantes, mangotinhos, chuveiros automáticos e projetores ou bicos nebulizadores.

### 3.2 PROJETO HIDRÁULICO DE HIDRANTES

Atualmente os projetos hidráulicos de hidrantes são de responsabilidade da IT 22/2022, a qual tem por objetivo a fixação dos parâmetros de dimensionamento, fixação e instalação dos hidrantes e mangotinhos nas edificações as quais são definidas como necessária segundo a IT 01/2022 e no Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas

de risco do Estado do Rio Grande do Norte. No entanto, até a delimitação e elaboração das Instruções Técnicas, os projetos hidráulicos de hidrante eram de responsabilidade do Código de Segurança e Prevenção Contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio Grande do Norte, o qual, delimitava as normativas para planos de prevenção e controle de incêndio.

Tais parâmetros legais se baseavam na delimitação de sua vazão e pressão mínima em detrimento da identificação do risco presente para a edificação, bem como a sua classificação quanto a sua habitação.

Quadro 2: Vazão em função da classificação do grupo de risco.

| RISCO/GRUPO | I                      | II                     | III                    |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| PEQUENO (A) | 120 (esguicho de 13mm) | 180 (esguicho de 16mm) | 250 (esguicho de 16mm) |
| MÉDIO (B)   | 180 (esguicho de 16mm) | 250 (esguicho de 16mm) | 500 (esguicho de 19mm) |
| GRANDE (C)  | 250 (esguicho de 16mm) | 500 (esguicho de 19mm) | 900 (esguicho de 25mm) |

Fonte: Código de Segurança e Prevenção Contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio Grande do Norte (2017).

Quadro 3: Pressão mínima em função da vazão.

|                |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| VAZÕES (l/min) | 120 | 180 | 250 | 500 | 900 |
| PRESSÕES (mca) | 12  | 12  | 23  | 45  | 48  |

Fonte: Código de Segurança e Prevenção Contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio Grande do Norte (2017).

O seu projeto deve ser realizado de acordo com a usualidade do projeto, e da sua aplicabilidade, levando em consideração parâmetros de área construída e sua ocupação. Por conseguinte, o presente projeto requer a apresentação do sistema a ser implementado, acompanhado de um memorial que inclua cálculos, dimensionamentos e uma representação isométrica da tubulação, sem escala, com cotas e identificação numérica dos hidrantes, conforme estipulado na IT 01/2022 (RIO GRANDE DO NORTE, 2022).

Tais sistemas de combate a incêndio são classificados em tipos de 1 a 5, sendo o tipo 1 referente aos sistemas que constituem os mangotinhos, e os demais tipos sendo relacionados aos hidrantes, sendo estes classificados de acordo com a IT 22/2022, onde são definidas as vazões de saída as quais devem estar presentes na saída das válvulas para hidrantes, onde devem ser considerados os 2 (dois) hidrantes mais desfavoráveis (RIO GRANDE DO NORTE, 2022).



Quadro 4: Tipos de sistema de proteção por hidrantes ou mangotinhos.

| Tipo | Esguicho regulável | Mangueiras de incêndio |                  | Número de expedições | Vazão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável (L/s) | Pressão mínima na válvula do hidrante mais desfavorável (mca) |
|------|--------------------|------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|      |                    | Diâmetro nominal (mm)  | Comprimento (mm) |                      |                                                             |                                                               |
| 1    | 25                 | 25                     | 30               | simples              | 100                                                         | 80                                                            |
| 2    | 40                 | 40                     | 30               | simples              | 150                                                         | 30                                                            |
| 3    | 40                 | 40                     | 30               | simples              | 200                                                         | 40                                                            |
| 4    | 40                 | 40                     | 30               | simples              | 300                                                         | 65                                                            |
|      | 65                 | 65                     | 30               | simples              | 300                                                         | 30                                                            |
| 5    | 65                 | 65                     | 30               | duplo                | 600                                                         | 60                                                            |

Fonte: Instrução Técnica do CBMRN (2022) .

O dimensionamento do sistema de hidrantes deve considerar a ocupação da edificação, referente a sua função, sendo responsável por determinar o caminho feito pela tubulação, tal qual o seu diâmetro e o de suas peças e suportes utilizados. Os hidrantes ou mangotinhos devem ser dispostos de maneira a garantir que, em qualquer ponto da área a ser protegida, seja possível alcançar com um único esguicho, para sistemas do tipo 1 ao 4, ou dois esguichos, para sistemas do tipo 4. Isso deve ser calculado levando em consideração o comprimento real da mangueira de incêndio, como também o alcance mínimo do jato de água, que deve ser de, no mínimo, 10 metros.

Além disso, é crucial assegurar que haja contato visual desobstruído a partir de qualquer ponto do ambiente, após adentrar pelo menos 1 metro em qualquer compartimento. No cálculo, o local mais desfavorável deve ser identificado como aquele que resulta na menor pressão dinâmica na saída do hidrante. Essas diretrizes visam garantir a eficácia e acessibilidade dos sistemas de combate a incêndio, essenciais para a segurança de edificações e áreas protegidas.

Para o cálculo dos hidrantes e mangotinhos, em determinação a NBR 13.174/2000, deve ser feito através dos métodos apropriadas para o seu dimensionamento, atendendo a uma

das duas equações previstas em consonância a IT 22/2022, sendo elas Darcy-Weisbach, conhecida também como “fórmula universal”, ou a equação de Hazen-Williams.

Para além dos cálculos referentes à perda de carga e pressão presente nos hidrantes, os projetos técnicos de hidrantes apresentados ao CBMRN também devem conter, para fins de análise, segundo a IT 01/2022:

1. Indicar os hidrantes ou mangotinhos;
2. Indicar as botoeiras de acionamento da bomba de incêndio;
3. Indicar o dispositivo responsável pelo acionamento no barrilete, quando o sistema de acionamento for automatizado, bem como, a localização do acionador manual alternativo da bomba de incêndio em local de supervisão predial, e com permanência humana constante;
4. Indicar o registro de recalque, bem como o detalhe que mostre suas condições de instalação;
5. Quando houver mais de um sistema de hidrantes instalado, deve ser indicado no registro de recalque, a qual edificação ele pertence;
6. Indicar o reservatório de incêndio e sua capacidade;
7. Indicar a bomba de incêndio principal e jockey (quando houver) com indicação de pressão, vazão e potência;
8. Quando forem usadas mangueiras de incêndio e esguichos com comprimentos e requintes diferentes, devem ser indicadas as respectivas medidas ao lado do símbolo do hidrante;
9. Deve constar a perspectiva isométrica completa (sem escala e com cotas);
10. Deve constar o detalhe da sucção quando o reservatório for subterrâneo ou ao nível do solo;
11. Quando o sistema de abastecimento de água for através de fonte natural (lago, lagoa, açude etc.), indicar a sua localização;
12. Juntar o memorial de cálculo do sistema de hidrantes.

### **3.3 UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES NA ELABORAÇÃO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO**

Conforme a revisão sistemática de dois estudos acerca da utilização de ferramentas computacionais para o auxílio do dimensionamento de projetos de combate a incêndio,

avaliando a sua utilidade, integração com as ferramentas computacionais já disponíveis e a sua praticidade enquanto ferramenta.

Para o primeiro exemplo, Montico (2007) traz em sua abordagem a utilização de planilhas eletrônicas como ferramentas de automação para o dimensionamento dos projetos de combate a incêndio, acelerando o seu processo de cálculo e sendo de competência do profissional responsável apenas a inserção dos dados em planilha. Para além, ao analisar os resultados provenientes da otimização dos cálculos do hidrante realizados na planilha desenvolvida para este projeto, constatou-se uma eficiência notável, resultando em um processo de cálculo de hidrantes mais ágil em comparação com a abordagem manual.

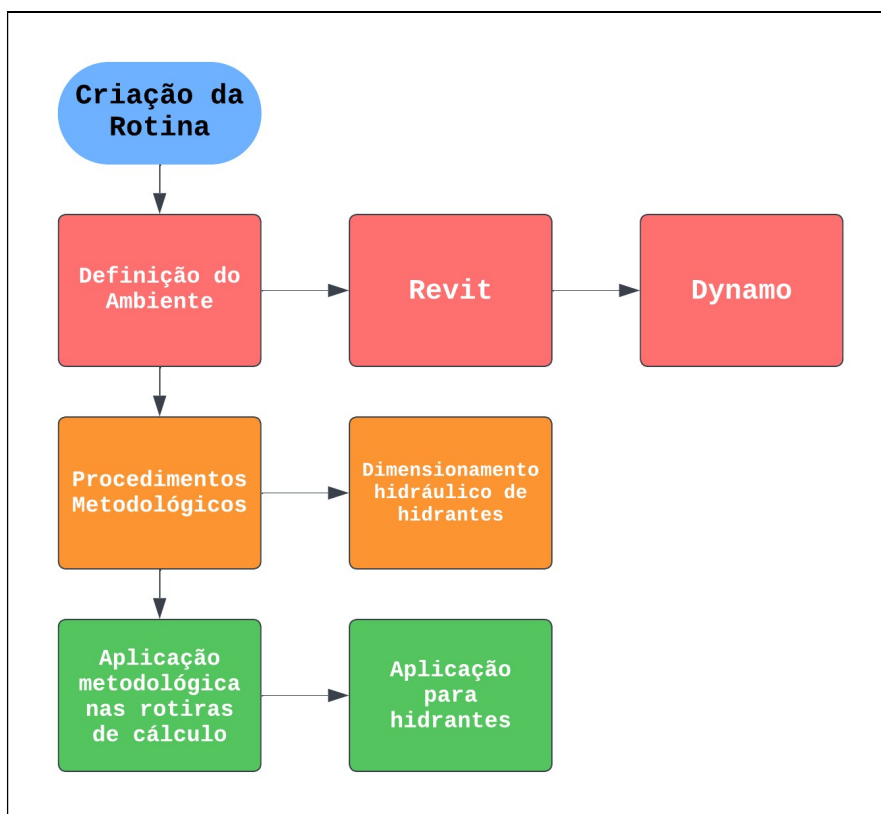
Para a segunda abordagem, utiliza-se de ferramenta computacional de autoria própria, através da elaboração de aplicativo que possibilite o cálculo e sua delimitação de forma automatizada, buscando otimizar diversos métodos, especialmente no que diz respeito aos cálculos hidráulicos destinados à definição das canalizações em projetos de combate a incêndios. Este esforço é materializado ao apresentar, passo a passo, os procedimentos de cálculo tanto para o conjunto de chuveiros automáticos quanto para o conjunto de hidrantes e mangotinhos, os quais são feitos através do desenvolvimento do aplicativo, onde ainda se faz necessário a integração de todo o projeto contra combate ao incêndio com o propósito de agilidade (NASCIMENTO; SILVA, 2017).

Dessa forma, se faz possível notar, a escassez no que tange automações concretas e com a mínima necessidade de interferência humana, onde os mesmos trazem ferramentas que necessitam da inserção das informações necessárias pelo próprio usuário, apresentando margem para erro operacional.

## 4 METODOLOGIA

Para a definição da metodologia a ser utilizada, é necessário elencar o ambiente no qual o trabalho foi desenvolvido, seguido pela definição das metodologias de cálculo para o dimensionamento desses projetos e a aplicação do roteiro de cálculo para o dimensionamento de projetos e aplicação deste procedimento em uma rotina definida.

Figura 1: Fluxograma da metodologia de execução do programa.



Fonte: Autoria própria (2024)

### 4.1 ELABORAÇÃO DA FERRAMENTA

#### 4.1.1 Definição do ambiente

A rotina teve seu desenvolvimento estruturado no Revit, desenvolvido pela Autodesk, na sua versão estudantil licenciada para alunos do curso de graduação programa de modelagem de informações de construção amplamente utilizado por profissionais nos setores de arquitetura, engenharia e construção. Sua aplicação abrange o desenho, a documentação e a visualização de projetos de construção tridimensionais. Essas características do programa facilita a cooperação entre equipes multidisciplinares em um ambiente digital integrado. O programa também possui funcionalidades avançadas, que possibilita a criação de modelos

minuciosos e precisos, incorporando detalhes sobre cada componente do projeto, como sua geometria, propriedades físicas e dados de desempenho.

Para além do Revit, a ferramenta é desenvolvida juntamente ao Dynamo, uma ferramenta de automação e programação visual, integrada ao ambiente do Revit. Este programa de modelagem de informações de construção é aprimorado por essa extensão, proporcionando a criação de algoritmos avançados, que permitem aos usuários a capacidade de realizar operações complexas e adaptar o ambiente do Revit de acordo com requisitos específicos de projeto.

#### *4.1.2 Dimensionamento hidráulico de hidrantes e mangotinhos*

Para o dimensionamento hidráulico de hidrantes e mangotinhos, se faz necessário a identificação de variáveis, que é necessário para o seu cálculo, bem como o cálculo da sua perda de carga, para posterior delimitação da estação elevatória. Dessa forma, para a realização desses cálculos, se faz necessária o conhecimento dos valores de comprimento, diâmetro e Fator “C” de Hazen-Williams das tubulações, assim como da mangueira. Para além desses dados, também é necessário o conhecimento da vazão nos trechos, tal como seus níveis geométricos em relação a um mesmo nível.

O cálculo referente à perda de carga das tubulações de hidrantes e mangotinhos é dado através das fórmulas elencadas na IT 22/2022, como também na NBR 13.174/2000, através da equação de Darcy-Weisbach (fórmula universal) ou da equação de Hazen-Williams.

Para a fórmula de Darcy-Weisbach, é necessário calcular o fator de atrito da tubulação, o comprimento virtual, contabilizando o comprimento da tubulação e os comprimentos equivalentes das respectivas conexões, o diâmetro interno da tubulação, em milímetros, a velocidade do fluido e a aceleração da gravidade, sendo ambos em metros por segundo, com a Equação 1 que compõe os termos referentes à perda de carga contínua e localizada:

1:

$$h_f = f \frac{Lv^2}{D2g} + k \frac{v^2}{2g}$$

Onde:  $h_f$  – perda de carga em metros coluna d’água;

$f$  – fator de atrito;

$L$  – comprimento da tubulação em metros;

$D$  – diâmetro interno, em metros;

$v$  – velocidade do fluido, em metros por segundo;

$g$  – aceleração da gravidade;

$k$  – somatório do coeficiente de perdas de cargas nas conexões.

Por conseguinte, para a equação de Hazen-Williams, são necessários os parâmetros de diâmetro interno da tubulação, que deve ser metrificado em milímetros, a vazão em litros por minuto, e o Fator “C”, referente ao fator de Hazen-Williams, que deve ser determinado de acordo com o tipo de tubo que será aplicado, e pode ser determinado pela Quadro 2, sendo esses valores considerando tubulações novas. Além disso, são necessários os comprimentos virtuais referentes ao somatório da tubulação e suas conexões, como elencado nas Equações 2 e 3:

2:

$$h_f = J L_t$$

Onde:  $h_f$  – perda de carga em metros coluna d’água;

$J$  – perda de carga por atrito em metros;

$L_t$  – comprimento total.

3:

$$J = 605 Q^{1,85} C^{-1,85} D^{-4,87} 10^4$$

Onde:  $J$  – perda de carga por atrito em metros;

$Q$  – vazão em litros por minuto;

$C$  – fator de Hazen-Williams;

$D$  – diâmetro do tubo em milímetros.

Quadro 5: Fator “C” para a equação de Hazen-Williams.

| Tipo de tubo                                                | Fator "C" |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| Ferro fundido ou dúctil sem revestimento interno            | 100       |
| Aço preto (sistema de tubo seco)                            | 100       |
| Aço preto (sistema de tubo molhado)                         | 120       |
| Galvanizado                                                 | 120       |
| Plástico                                                    | 150       |
| Ferro fundido ou dúctil com revestimento interno de cimento | 140       |
| Cobre                                                       | 150       |

Fonte: Instrução Técnica do CBMRN (2022).

Para além, a delimitação da perda de carga no esguicho é definida após a definição da sua velocidade através da Equação 4.

4:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Onde:  $v$  – velocidade em metro por segundo;

$Q$  – vazão em metro cubo por segundo;

$A$  – área em metro quadrado;

$D$  – diâmetro do tubo em milímetros.

Com a velocidade no esguicho se faz possível realizar o cálculo da perda de carga no esguicho, a qual é delimitada por meio da Equação 5.

5:

$$\Delta H_{esg} = \frac{kv^2}{2g}$$

Onde:  $\Delta H_{esg}$  – perda de carga no esguicho em metros;

$k$  – fator do esguicho;

$v$  – velocidade em metro por segundo;

$g$  – aceleração da gravidade em metro quadrado por segundo.

Tendo a perda de cálculo no esguicho e na mangueira, se faz possível o cálculo da altura manométrica total necessária a ser vencida pela bomba, levando em consideração a pressão residual prevista na IT 22/2022.

6:

$$H_{total} = \Delta H_{suc} + \Delta H_{rec} + \Delta H_{man} + \Delta H_{esg} + P_{mín} \pm H_g$$

Onde:  $H_{total}$  – altura manométrica total, em metro coluna d'água;

$\Delta H_{suc}$  – perda de carga na sucção, em metros;

$\Delta H_{rec}$  – perda de carga no recalque, em metros;

$\Delta H_{man}$  – perda de carga na mangueira, em metros;

$\Delta H_{esg}$  – perda de carga no esguicho, em metros;

$P_{mín}$  – pressão mínima no hidrante mais desfavorável, em metros;

$H_g$  – desnível geométrico, em metros.

Assim, o desnível geométrico será considerado positivo quando o ponto de saída do reservatório estiver abaixo do ponto do hidrante, e negativo quando estiver nivelado acima do hidrante. De forma que uma altura manométrica maior implique em um desnível maior a ser superado para que a água alcance seu destino final.

Para a determinação da pressão final do hidrante, utiliza-se a Equação 7.

7:

$$P = P_{min} + \Delta H_{total}$$

Onde:  $P$  – pressão final, em metros;

$P_{mín}$  – pressão mínima no hidrante mais desfavorável, em metros;

$\Delta H_{total}$  – diferença de altura manométrica total, em metro coluna d'água.

Por conseguinte, para a determinação da potência necessárias da bomba em cavalo-vapor, utiliza-se a Equação 8.

8:



$$Pot = \frac{\gamma Q H_{man}}{75 n_b}$$

Onde: **Pot** – potência da bomba, em cavalo-vapor;

$\gamma$  – peso específico do líquido a ser elevado;

$Q$  – vazão, em metro cúbico por segundo;

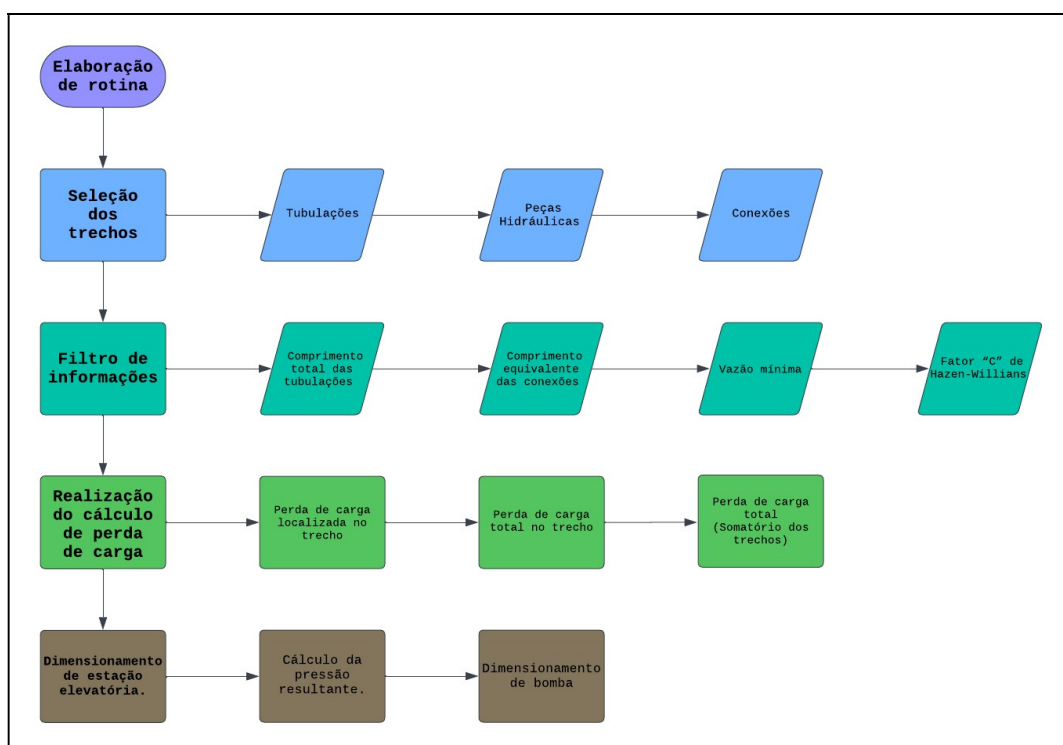
$H_{man}$  – altura manométrica, em metro;

$n_b$  – rendimento da bomba;

#### 4.1.3 Aplicação metodológica nas rotinas de cálculo

Para o processo de concepção da rotina de cálculo para projetos hidráulicos de hidrantes, foram divididas as etapas para seleção dos trechos, filtro de informações e realização dos cálculos de perda de carga, para posteriormente ser feito o dimensionamento da estação elevatória, conforme a Figura 2.

Figura 2: Fluxograma de execução da rotina.



Fonte: Autoria própria (2024).

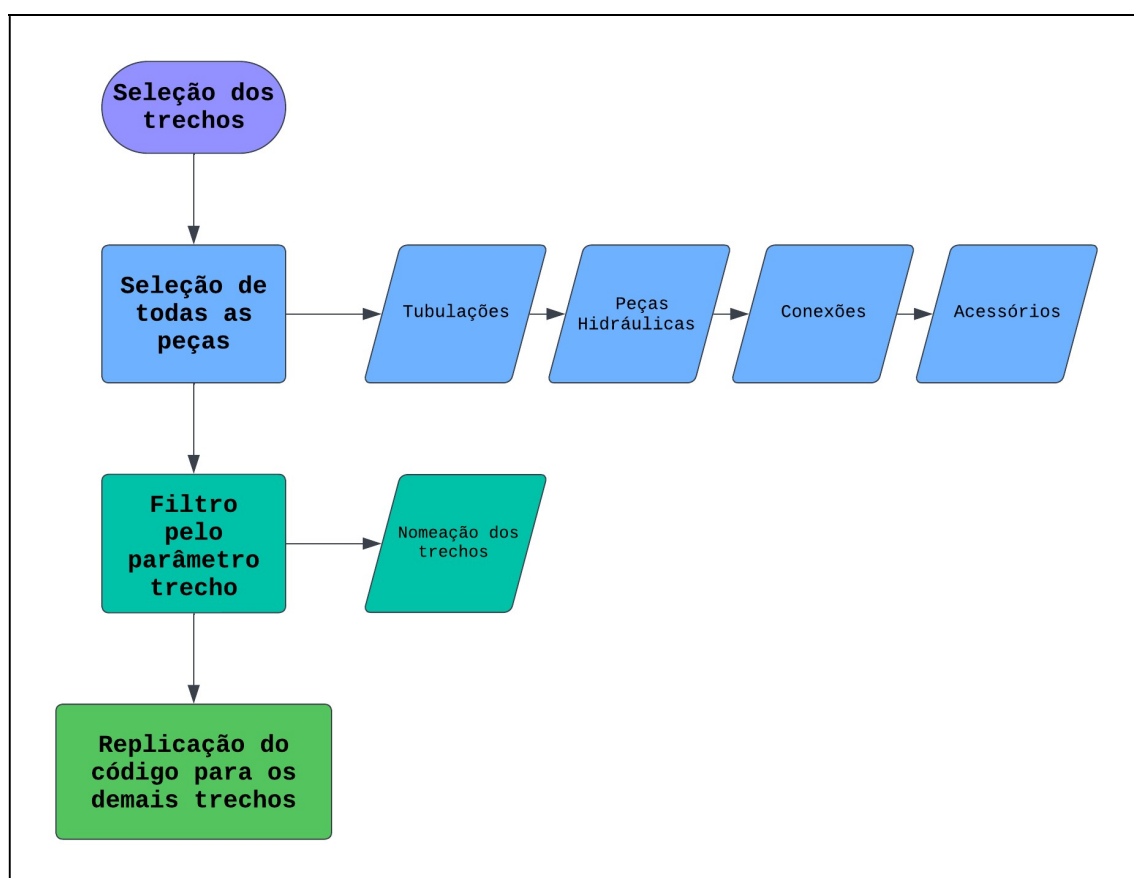
A seleção dos trechos foi feita em acordo com as 3 (três) categorias de peças hidrossanitárias presentes no REVIT que possam ser elencadas as tubulações de hidrantes,

onde são filtradas, através dos códigos as seguintes informações provenientes das peças: diâmetro, vazão mínima, comprimento das tubulações e comprimento equivalente.

### *Seleção dos trechos*

Essa etapa constitui da seleção dos trechos que compõem o trajeto a ser seguido até o hidrante, sendo delimitado um novo trecho para cada uma das mudanças de diâmetro das tubulações presentes nos trechos. A seleção dos trechos é realizada através de filtro, adicionado via Dynamo, para a seleção das peças hidráulicas que tenham sido denominadas para tais trechos pelo usuário. Dentro do presente trecho, são filtradas as peças, tubulações, conexões e acessórios hidráulicos presentes, para a extração dos respectivos dados relacionados.

Figura 3: Fluxograma de etapas para o filtro dos elementos utilizados.



Fonte: Autoria Própria (2024).

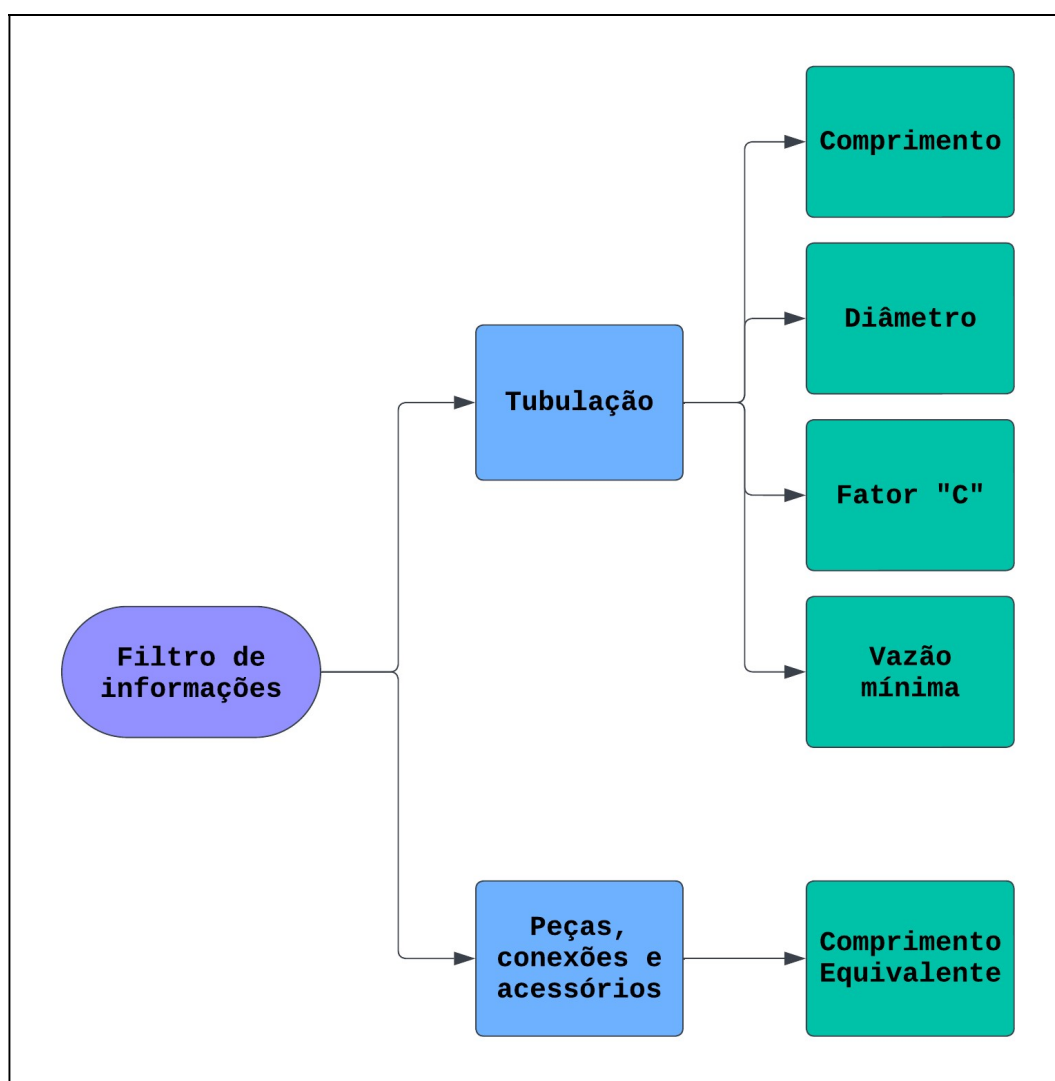
Conforme o Apêndice A, nota-se que o código é responsável por filtrar todos os elementos que componham as categorias de Tubulação, Conexões de tubo, Acessórios de tubo e Peças hidrossanitárias, que se encontrem no projeto, onde, através de uma ferramenta de

filtro, são filtrados apenas as peças que correspondem ao trecho definido. Essa mesma rotina repete-se em 5 trechos presentes no código, sendo apenas replicada para os trechos A-B, B-C, C-D, D-E e E-F, sem distinção na forma como o mesmo é realizado para os demais trechos. Então, a partir da rotina atual, é possível inserir até 5 trechos em uma modelagem de hidrantes para efetuar simulação hidráulica de um sistema proposto.

#### *Filtro de informações*

A etapa de seleção dos trechos é fundamental, pois envolve o específico filtro das informações pertinentes a cada componente presente no trecho, como tubulações, peças e conexões. Nesse processo, são minuciosamente destacadas apenas os parâmetros que tem impacto direto no cálculo da perda de carga.

Figura 4: Fluxograma de filtro dos parâmetros do projeto.



No que diz respeito à definição do diâmetro, vazão mínima e do Fator “C” de Hazen-Williams, é realizado um processo de filtragem em todas as tubulações selecionadas, conforme o Apêndice B, C e D. A partir dessas tubulações, são identificados os diâmetros e as vazões mínimas necessárias. Além disso, um critério de seleção é aplicado para identificar apenas os trechos que possuem essas informações.

Em situações em que não há uma vazão especificada para um determinado subtrecho da tubulação, e se essa informação não for fornecida pelo usuário, o código é capaz de ajustar automaticamente a vazão desse trecho, assumindo a mesma vazão do subtrecho anterior e posterior, garantindo assim a integridade do cálculo. A vazão é mantida levando em consideração que a vazão nos trechos selecionados pelo usuário se mantém, sendo a mesma para esses trechos.

Quanto à determinação do comprimento, é realizado um processo semelhante de filtragem em todas as tubulações que compõem o trecho. O comprimento é então determinado com base no comprimento real da tubulação conforme especificado no projeto original desenvolvido no Revit, conforme o Apêndice E. Esse método abrange toda a extensão da tubulação, garantindo uma análise completa. Assim como na definição dos diâmetros, as informações sobre o comprimento são extraídas do projeto original e de parâmetros já definidos pelo próprio Revit, eliminando assim a necessidade de intervenção manual por parte do usuário.

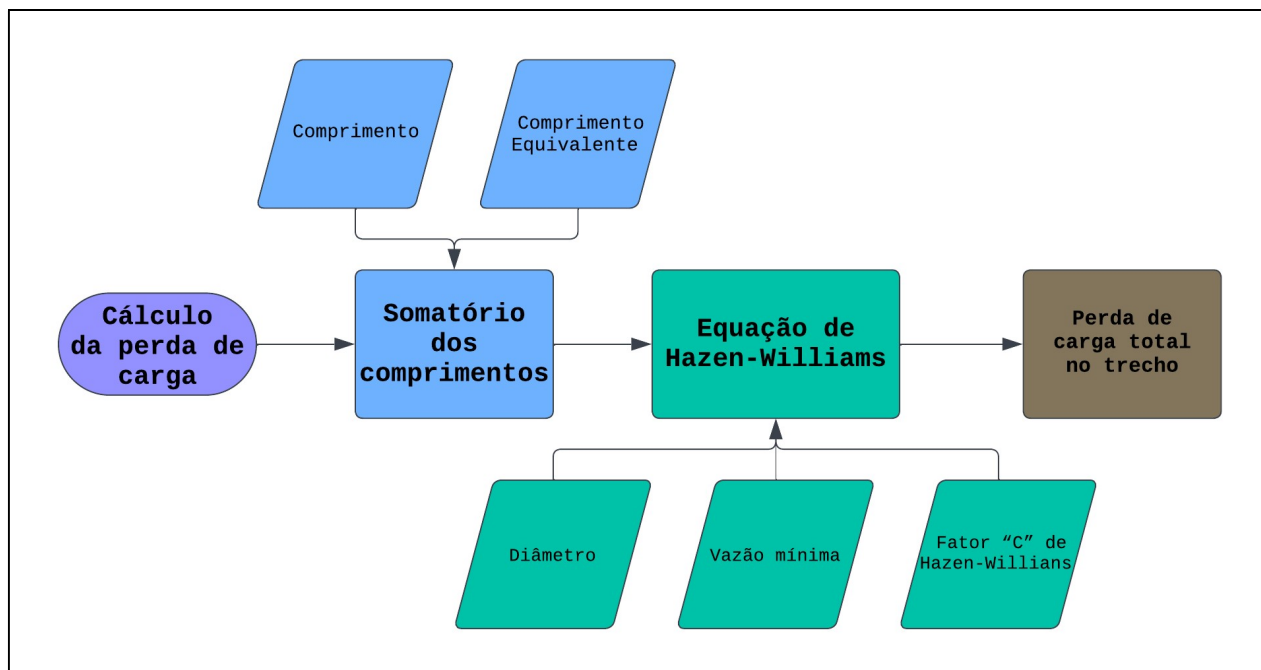
Para determinar o comprimento equivalente das peças, são consideradas as Conexões de tubo, os Acessórios de tubo e as Peças hidrossanitárias presentes no trecho em análise. Nessa etapa, as peças são cuidadosamente filtradas e seus comprimentos equivalentes são selecionados, em conformidade ao Apêndice F. Esses valores são inseridos manualmente pelo usuário.

Para assegurar a eficácia do código, é fundamental a aplicação de um filtro que restrinja a seleção apenas aos elementos que tenham seus comprimentos equivalentes especificados. Isso é importante para que o somatório dos comprimentos equivalentes seja realizado de forma precisa e confiável, evitando assim erros no resultado final.

#### *Realização do cálculo de perda de carga*

A rotina para elaboração da perda de carga dos trechos foi desenvolvida em concordância com a Figura 5.

Figura 5: Fluxograma representativo do cálculo da perda de carga.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Para iniciar o cálculo da perda de carga total, são realizados os cálculos preliminares das perdas de carga por trecho. Esse processo é conduzido por meio de uma rotina específica, que utiliza os dados previamente filtrados para determinar a perda de carga unitária de cada trecho, conforme descrito no Apêndice G. Para isso, é calculado o somatório dos comprimentos equivalentes encontrados no trecho, bem como o comprimento real das tubulações, seguido da aplicação desses valores na equação de Hazen-Williams, conforme descrito nas Equações 2 e 3. O fator "C" de Hazen-Williams é determinado automaticamente pelo código.

Esse procedimento é replicado para cada um dos cinco trechos possíveis de seleção configurado na rotina, resultando no cálculo individual da perda de carga para cada trecho. Em seguida, uma lista é gerada com as perdas de carga de cada trecho. Esses valores são somados para obter a perda de carga total no projeto, conforme o Apêndice H.

#### *Dimensionamento da estação elevatória*

Após a análise da perda de carga total, o próximo passo foi a realização do cálculo da pressão resultante no hidrante, levando em consideração as variações altimétricas entre os

pontos e a possível necessidade de dimensionamento de uma estação elevatória para garantir o fluxo adequado de água, conforme a Figura 6.

Figura 6: Fluxograma das etapas para o dimensionamento da estação elevatória.

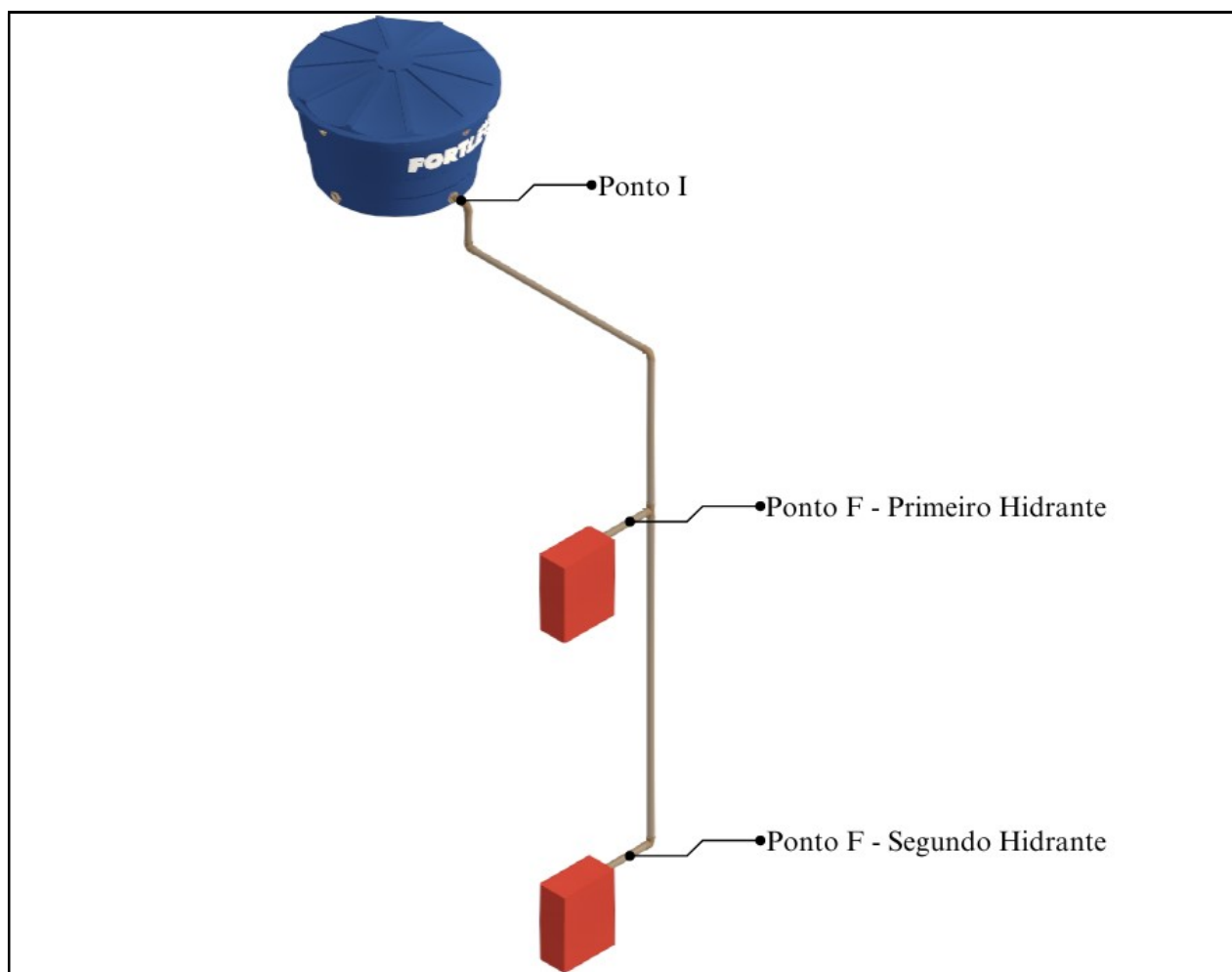


Fonte: Autoria Própria (2024).

Para iniciar o cálculo do desnível geométrico, são selecionadas as alturas das tubulações que se conectam ao reservatório e ao hidrante, conforme a Figura 7 para um exemplo fictício, identificadas como Ponto I (ponto inicial) e Ponto F (ponto final) conforme especificado no Apêndice I. Após o filtro dessas informações, procede-se ao cálculo da

diferença entre os níveis de cada ponto, o que resulta na determinação da altura geométrica entre eles.

Figura 7: Exemplo fictício para seleção de nível geométrico nos hidrantes.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Para efeito de cálculo, o desnível geométrico é colocado como negativo para a Equação 6, de forma que em caso de Ponto I em nível superior ao Ponto F, a subtração das alturas dê positiva e seja aplicado na Equação 6, de forma que seu resultado final dê negativo, tornando-se condizente com o esperado para a sua aplicação na metodologia de cálculo.

O cálculo da altura manométrica resultante em função da perda de carga na mangueira é calculado através do filtro de informações dos parâmetros presentes no hidrante. O filtro é realizado para Equipamento mecânicos, onde são filtrados os elementos que compunham o Ponto F, sendo representado pelo hidrante. Para o hidrante são filtrados os

parâmetros de comprimento da mangueira, diâmetro da mangueira, vazão mínima e pressão mínima, os quais são parâmetros elencados pelo usuário durante a concepção do projeto.

Conforme o previsto no Apêndice J, posterior a realização do filtro dessas informações, as mesmas foram aplicadas na equação de Hazen-Willians, conforme as Equações 2 e 3, achando a perda de carga na mangueira.

Para o cálculo da perda de carga no esguicho são realizados, assim como nas mangueiras, o filtro da vazão mínima e do diâmetro do esguicho, seguindo o mesmo processo de filtragem para o Ponto F no equipamento mecânico, onde após a identificação desses parâmetros são realizados o cálculo da velocidade no esguicho, de acordo com a Equação 4, e posteriormente a realização do cálculo da perda de carga no esguicho, conforme a Equação 5.

O cálculo da altura manométrica a ser vencido pela bomba é feito através da Equação 6, onde são utilizados os valores de perda de carga para cada uma das etapas anteriormente calculadas. Posteriormente, é feito a aplicação do valor encontrado para a altura manométrica na Equação 6, a fim de encontrar a potência necessária da bomba em cavalo-vapor (CV), conforme a Equação 8.

Por fim, foi realizado um filtro para a identificação da altura manométrica proporcionada pela bomba, na qual foram utilizados filtros para seleção de equipamentos mecânicos, e selecionados aqueles que atendem ao Ponto B, referente ao ponto de bomba, e filtrados os valores referentes a essa altura manométrica. Posterior à captação desses valores, os mesmos foram aplicados na Equação 7, para encontrar a pressão final no hidrante.

Para casos específicos da IT 22/2022, que se faça a necessidade da aplicação do cálculo para mais de um hidrante, sendo também necessário sua aplicação pro segundo hidrante hidráulicamente mais desfavorável, é necessário que o usuário faça a aplicação da rotina novamente para o caso do segundo hidrante, sendo feito o cálculo para os 2 hidrantes de forma individual.

#### *Apresentação dos resultados*

Conforme o Apêndice O, para a demonstração dos resultados e sua visualização de forma prática, foi elaborada uma rotina responsável pela criação de uma planilha externa que garante a apresentação dos resultados, essa planilha reúne os dados necessários para o memorial de cálculo do hidrante e que comprovam a sua funcionalidade.



## 4.2 CONCEPÇÃO DO PROJETO E EXECUÇÃO DA ROTINA

Para a execução da rotina no Dynamo, se fez necessário seguir as etapas propostas de parametrização do projeto, elaboração do projeto no Revit, seleção dos trechos e execução do projeto através da rotina do Dynamo.

Dessa forma, foi realizada a criação dos parâmetros de projeto não definidos de forma prévia pelo Revit, a fim de permitir que os mesmos consigam ser editados pelo usuário durante a utilização da rotina. Para isso, foi utilizado a ferramenta de criação de parâmetros de projeto, sendo adicionados os parâmetros faltantes. A criação dos parâmetros isenta o projeto da necessidade de utilização de um *template* para a utilização da rotina, podendo ser aplicado para qualquer projeto, sendo necessário apenas a adequação dos parâmetros com sua criação em qualquer versão do Revit.

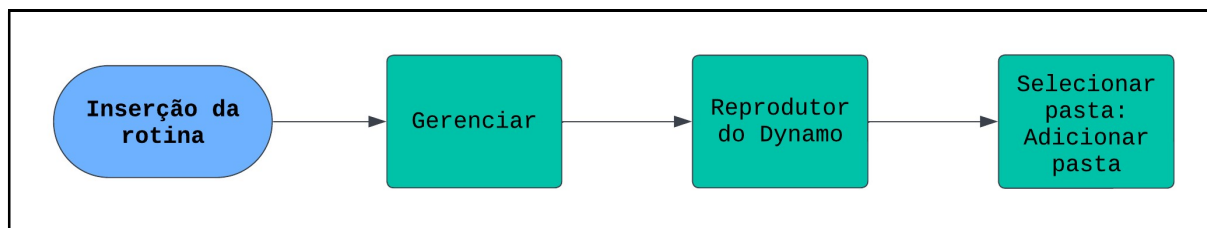
Quadro 6: Parâmetros de projeto necessários.

| Nome                    | Disciplina | Tipo de dados | Parâmetro de grupo sob | Categorias                                                                                     |
|-------------------------|------------|---------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Comprimento Equivalente | Comum      | Comprimento   | Hidráulica             | Acessórios de tubo; Conexões de tubo; Peças hidrossanitárias.                                  |
| Comprimento mangueira   | Comum      | Número        | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Diâmetro esguicho       | Comum      | Número        | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Diâmetro mangueira      | Comum      | Número        | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Hman bomba              | Comum      | Comprimento   | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Ponto                   | Comum      | Texto         | Hidráulica             | Todos                                                                                          |
| Pressão mín             | Comum      | Comprimento   | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Trecho                  | Comum      | Texto         | Hidráulica             | Todos                                                                                          |
| Vazão mín               | Comum      | Volume        | Hidráulica             | Acessórios de tubo; Conexões de tubo; Peças hidrossanitárias; Equipamento mecânico; Tubulação. |
| Fator C                 | Comum      | Número        | Hidráulica             | Acessórios de tubo; Conexões de tubo; Peças hidrossanitárias; Tubulação.                       |

Fonte: Autoria própria (2024).

Após a criação dos parâmetros de projeto dentro do arquivo do projeto a ser avaliado, se faz necessário a inserção da rotina ao Dynamo, que se dá através da seleção da pasta que contém o arquivo da rotina dentro do Reprodutor de Dynamo, de acordo com a Figura 8.

Figura 8: Fluxograma para inserção da rotina no projeto.



Fonte: Autoria Própria (2024).

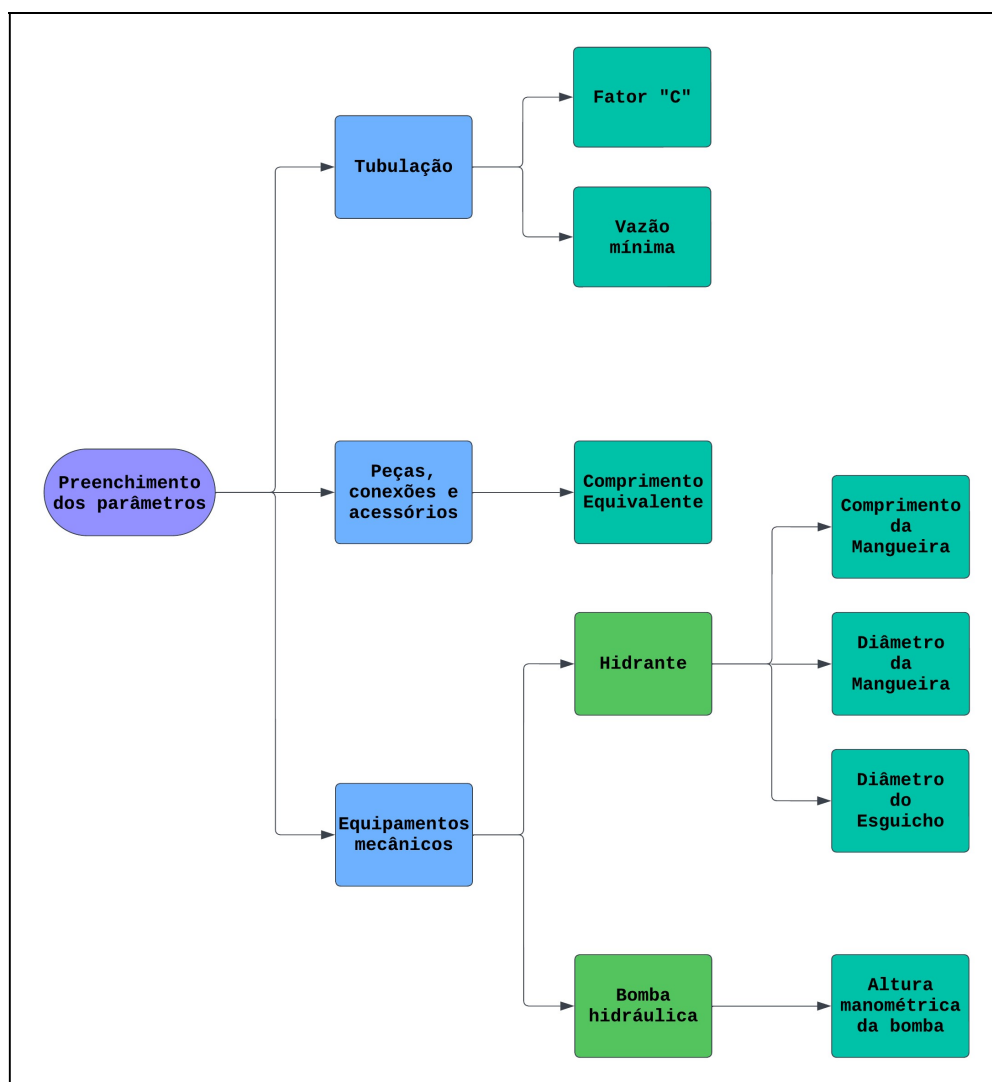
Posteriormente, foi realizado a elaboração do projeto hidráulico de hidrantes e mangotinhos do Centro de Engenharias da UFERSA – Campus Mossoró dentro do ambiente do Revit, no qual todo o seu traçado foi realizado em concordância com o traçado já existente no arquivo original apresentado ao CBM-RN e em conformidade com o seu memorial de cálculo, respeitando ao máximo o traçado original e a escolha dos componentes.

Finalizada a elaboração do projeto, conforme o Anexo A, tal como a sua parametrização, foi executada a seleção dos trechos a serem calculados, onde foram selecionadas as tubulações e peças que compõem o traçado para o abastecimento do reservatório até o hidrante mais desfavorável, sendo selecionados de acordo com a mudança de diâmetro nos trechos de tubulação, posteriormente estendido para o segundo hidrante imediatamente mais desfavorável, para os casos onde se faça necessário, realocando o seu ponto final. Dessa forma, o trecho é marcado desde o seu ponto de origem até a sua mudança de diâmetro, onde para cada mudança de diâmetro no decorrer da tubulação se faz necessário a adição de um novo trecho. Para além disso, foi realizada a indicação dos pontos iniciais e finais do projeto, além do ponto da bomba hidráulica.

1. Ponto inicial: o reservatório e sua tubulação de conexão tiveram o parâmetro “Ponto” preenchido com a letra “I”;
2. Ponto final: o hidrante escolhido e sua tubulação de conexão tiveram o parâmetro “Ponto” preenchido com a letra “F”;
3. Ponto de bomba: a bomba teve o parâmetro “Ponto” preenchido com a letra “B”.

Com a seleção dos trechos realizada, foi preenchimento os parâmetros de projeto adicionados, sendo os mesmos preenchidos de acordo com os seus valores correspondentes, conforme a Figura 9.

Figura 9: Fluxograma de preenchimento dos parâmetros.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Para além da parametrização do projeto e sua adequação, é necessário salientar a importância dos ajustes em relação ao nível do projeto, dessa forma fez-se necessário que os objetos a serem correlacionados dentro da rotina fossem parametrizados em relação ao mesmo nível, dessa forma, as tubulações que se conectavam ao Ponto I (ponto inicial) e ao Ponto F (ponto final), bem como os objetos que representam esses pontos foram delimitados em relação a um mesmo nível de projeto.

Inicialmente, na execução da rotina, a altura manométrica da bomba hidráulica não foi incluída. Isso significa que o cálculo inicial dos resultados apresentou a potência necessária da bomba sem considerar o impacto dessa altura manométrica na pressão do hidrante.

Posteriormente, após a obtenção dos resultados iniciais, a altura manométrica da bomba foi adicionada ao cálculo. Isso foi efetuado considerando a altura manométrica fornecida por uma bomba com a potência determinada anteriormente, esse processo se deu de forma manual, sendo de responsabilidade do usuário a identificação da bomba a ser utilizada, bem como a inserção da sua informação no projeto, tendo em vista que a rotina não é viabilizada para a inserção automática de uma altura manométrica para a bomba em detrimento dos resultados encontrados.

Com essa altura manométrica agora adicionada, a rotina foi aplicada novamente, permitindo assim encontrar a pressão no hidrante em uma situação mais desfavorável e posteriormente, sendo refeito o seu processo para o segundo hidrante imediatamente menos desfavorável que o primeiro.

#### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA COM PROJETO

Para a análise da funcionalidade do projeto, foi utilizado um projeto já existente e com resultados já conhecidos, sendo escolhido o Centro de Engenharias da UFERSA – Campus Mossoró. O projeto foi avaliado de acordo com os critérios utilizados no seu memorial apresentado ao CBMRN, bem como o projeto de hidrantes e mangotinhos descrito em planta, como forma de fazer um comparativo dos resultados encontrados no projeto apresentado ao CBMRN em relação aos valores encontrados pela rotina de cálculo.

Foram levados em consideração os critérios dispostos no Código De Segurança E Prevenção Contra Incêndio E Pânico Do Estado Do Rio Grande Do Norte, do ano de 1974, onde, para tais, foram encontrados os valores referentes ao cálculo de dimensionamento do projeto de hidrantes, conforme a Quadro 7.

Quadro 7: Resultados encontrados no memorial de cálculo.

| Resultados do Memorial de Cálculo                   |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| Altura sobre o último hidrante (m)                  | 5,50  |
| Perda de carga na mangueira (mca)                   | 10,97 |
| Perda de carga no esguicho (mca)                    | 2,36  |
| Perda de carga total (mca)                          | 48,25 |
| Pressão Hidrante mais desfavorável (mca)            | 23,75 |
| Pressão Hidrante imediatamente mais favorável (mca) | 26,45 |

Fonte: Adaptado do memorial de cálculo do projeto original (2017).

Os aspectos legais considerados, levaram em consideração o ano de aprovação do projeto, em 2017, dessa forma, sendo considerado a legislação vigente para projetos de combate a incêndio para o ano de vigência do projeto, dessa forma, foram levados em consideração:

1. Pressão mínima: 23mca;
2. Considerado o uso de 2 hidrantes funcionando de forma simultânea;
3. Vazão mínima: 250L/min.

Sendo assim permitido a avaliação do projeto do utilizado de acordos com os mesmos parâmetros, permitindo assim uma maior assertividade na comparação dos resultados com os obtidos.

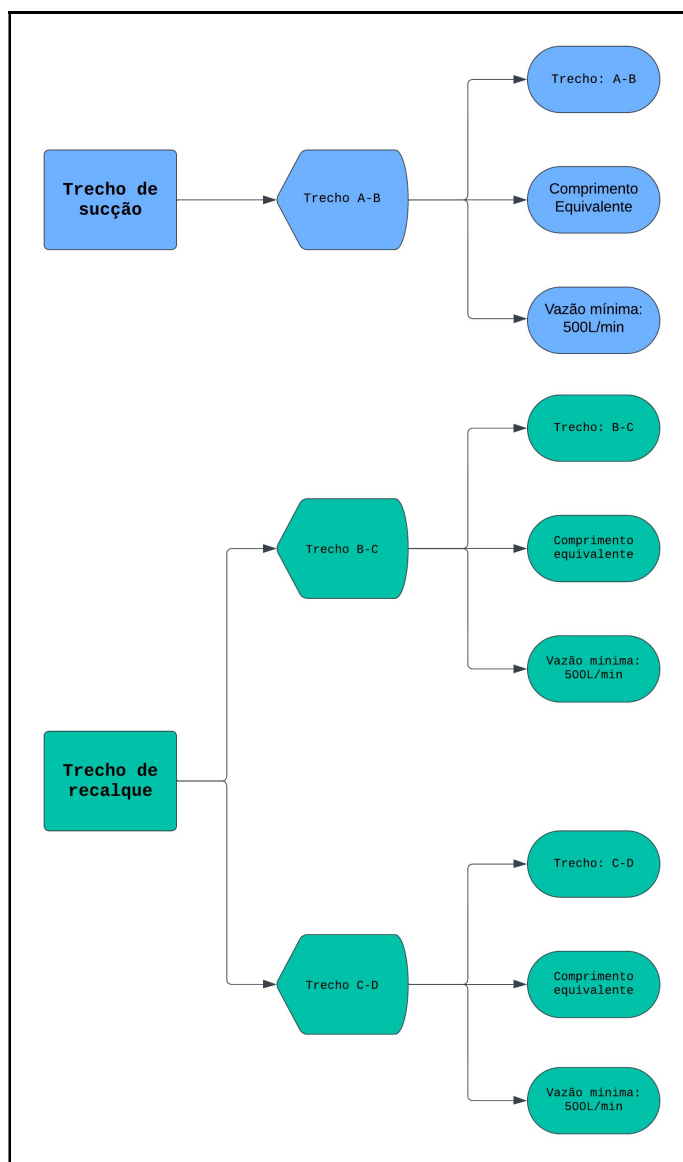
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PARAMETRIZAÇÃO DO PROJETO

Posterior a elaboração do traçado referente as tubulações de incêndio, conforme o Anexo A, foi realizada a parametrização do projeto com os valores já conhecidos de acordo com o memorial de cálculo, o Código De Segurança E Prevenção Contra Incêndio E Pânico Do Estado Do Rio Grande Do Norte e a definição dos trechos calculados.

Para os trechos, os dados dos parâmetros foram preenchidos de acordo com o Fluxograma referente na Figura 10.

Figura 10: Fluxograma de parametrização dos trechos

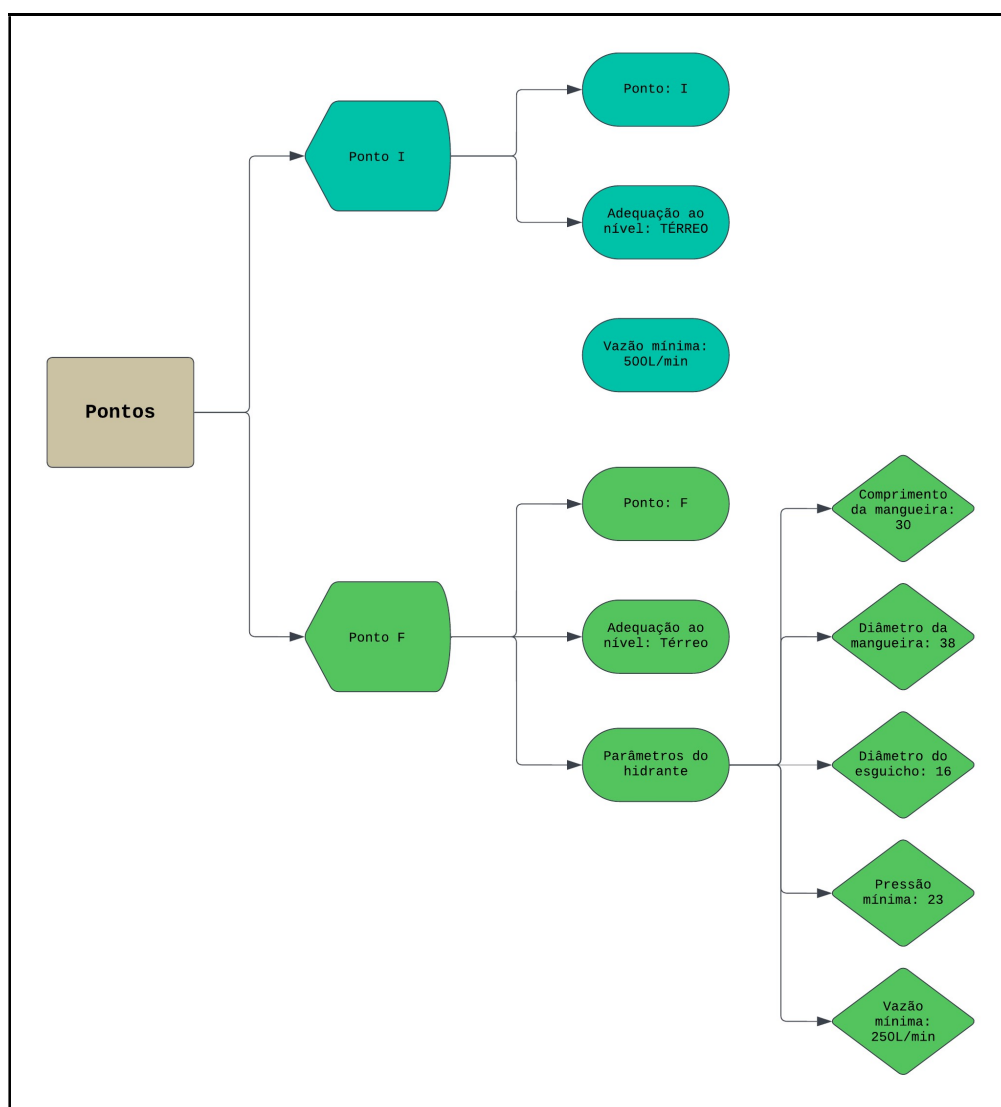


Fonte: Autoria Própria (2024).

Sendo esses dados elencados para os seus respectivos parâmetros, enquanto os demais parâmetros necessários para cálculo são de competência do próprio projeto do Revit, não sendo necessário que os mesmos sejam alocados no projeto.

Após o a parametrização dos trechos, foi elencado a parametrização dos pontos de referência, sendo eles o ponto inicial e final, conforme a Figura 11.

Figura 11: Fluxograma de parametrização dos pontos.

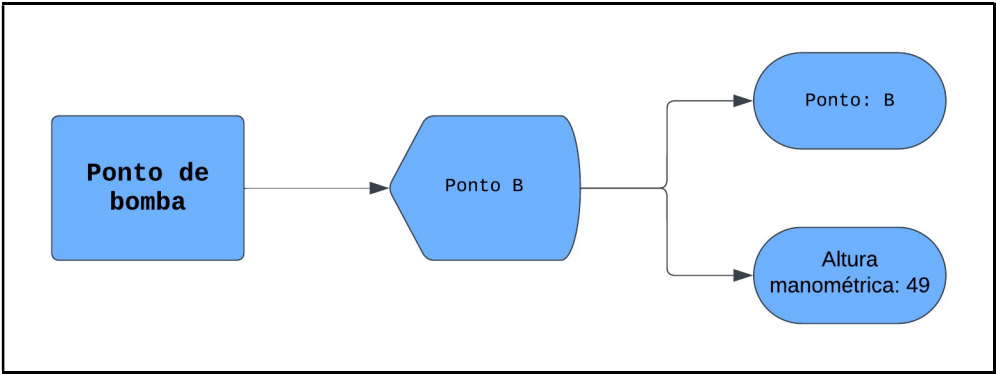


Fonte: Autoria Própria (2024).

Para além das adequações dos pontos iniciais e finais, se fez necessário a adequação do Ponto B (ponto da bomba), o qual só se fez necessário sua adequação após o primeiro momento em que o código foi executado para que fosse obtido a altura manométrica necessária da bomba.

Após isso, antes que se desse a execução do código pela segunda vez, fez-se necessário que o mesmo fosse rodado novamente, de forma que após isso, fosse parametrizado também a altura manométrica que a bomba iria prover para o projeto, conforme a Figura 12.

Figura 12: Fluxograma da parametrização da bomba.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Após a execução do código para a delimitação do primeiro hidrante mais desfavorável, o mesmo foi executado novamente, adequando o Trecho D-E, que foi adequado de forma similar aos demais trechos, tendo sua adição e delimitando um novo Ponto F (ponto final), em detrimento do primeiro, possibilitando que fosse encontrado o novo resultado para o hidrante imediatamente mais favorável que o anterior.

5.2 RESULTADOS DE CÁLCULO ENCONTRADOS

Para os trechos de sucção, foi feito a seleção de todo o seu comprimento, respeitando a condição de que todo o seu comprimento apresenta uma tubulação de mesmo diâmetro, e o mesmo foi nomeado de Trecho A-B, o qual apresentou os seguintes valores, de acordo com o Quadro 8.

Quadro 8: Resultados referentes ao trecho de sucção.

| Trecho de Sucção                   |                     |                   |
|------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Resultados obtidos                 | Memorial de cálculo | Rotina de cálculo |
| Comprimento real (m)               | 4,27                | 6,03              |
| Comprimento equivalente (m)        | 22,60               | 22,30             |
| Perda de carga unitária (m/m)      | 0,064               | 0,046             |
| Perda de carga total no trecho (m) | 1,72                | 1,29              |

Fonte: Autoria Própria (2024).



Além disso, para o trecho de recalque, foram utilizados 2 (dois) trechos distintos para a sua representação, tendo em vista que ocorreu uma mudança de diâmetro no trecho em questão, o que acarretou a necessidade da utilização de mais um trecho, dessa forma foram utilizados o Trecho B-C e o Trecho C-D, em concordância com o Quadro 9.

Quadro 9: Resultados referentes ao trecho de recalque para o hidrante mais desfavorável.

| Trecho de Recalque                 |                     |                   |
|------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Resultados obtidos                 | Memorial de cálculo | Rotina de cálculo |
| Comprimento real (m)               | 67,41               | 87,87             |
| Comprimento equivalente (m)        | 34,80               | 34,70             |
| Perda de carga unitária (m/m)      | 0,15                | 0,13              |
| Perda de carga total no trecho (m) | 15,3                | 15,37             |

Fonte: Autoria Própria (2024).

A disparidade de resultados entre o Memorial de Cálculo e a Rotina de Cálculo pôde ser atribuída a várias razões distintas. Primeiramente, a disparidade nos traçados foi uma das causas fundamentais para essa discrepância de resultados., especialmente quando o traçado não foi originalmente elaborado no software utilizado para a rotina de cálculo, o Revit, dessa forma, o traçado foi desenhado conforme o entendimento do projetista, o que resultou em diferenças sutis que impactaram os cálculos.

Além disso, a diferença no diâmetro da tubulação também contribuiu para essa disparidade, principalmente quando foram utilizados valores nominais de tubulações de aço galvanizado, que podiam variar em relação às dimensões reais. Outro fator relevante foi a precisão dos cálculos, que puderam ser mais aproximados na rotina de cálculo devido à ausência da utilização do cálculo manual, o que poderia levar a pequenas variações nos resultados finais.

### 5.3 COMPARATIVO DOS RESULTADOS

Os resultados encontrados para o cálculo realizado através da rotina de dimensionamento do Dynamo, em acordo com o Apêndice P e o Apêndice Q, se apresentaram satisfatórios, quando aos resultados pretendidos de acordo com o memorial descritivo apresentado ao CBMRN e aprovado pelo mesmo, apesar das diferenças encontradas nos seus resultados finais, não demonstrando significativo impacto e podendo ser consideradas apenas erros processuais.

Quadro 10: Quadro para o comparativo dos resultados da rotina.

| COMPARATIVO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS              |                     |                   |
|-----------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Resultados encontrados                              | Memorial de cálculo | Rotina de cálculo |
| Altura sobre o último hidrante (m)                  | 5,50                | 5,49              |
| Perda de carga na mangueira (mca)                   | 10,97               | 10,74             |
| Perda de carga no esguicho (mca)                    | 2,36                | 2,19              |
| Perda de carga total (mca)                          | 48,25               | 47,10             |
| Pressão Hidrante mais desfavorável (mca)            | 23,75               | 24,89             |
| Pressão Hidrante imediatamente mais favorável (mca) | 26,45               | 28,02             |

Fonte: Autoria Própria (2024).

Em relação a altura manométrica necessária, os resultados foram similares para os 2 casos, de forma que a altura manométrica encontrada tanto no memorial de cálculo, como no cálculo encontrado pela rotina de cálculo, de forma que para ambos os casos, a bomba que apresentava uma altura manométrica de 49mca seria capaz de atender, conforme o Quadro 11.

Quadro 11: Comparativo da altura manométrica necessária para a bomba.

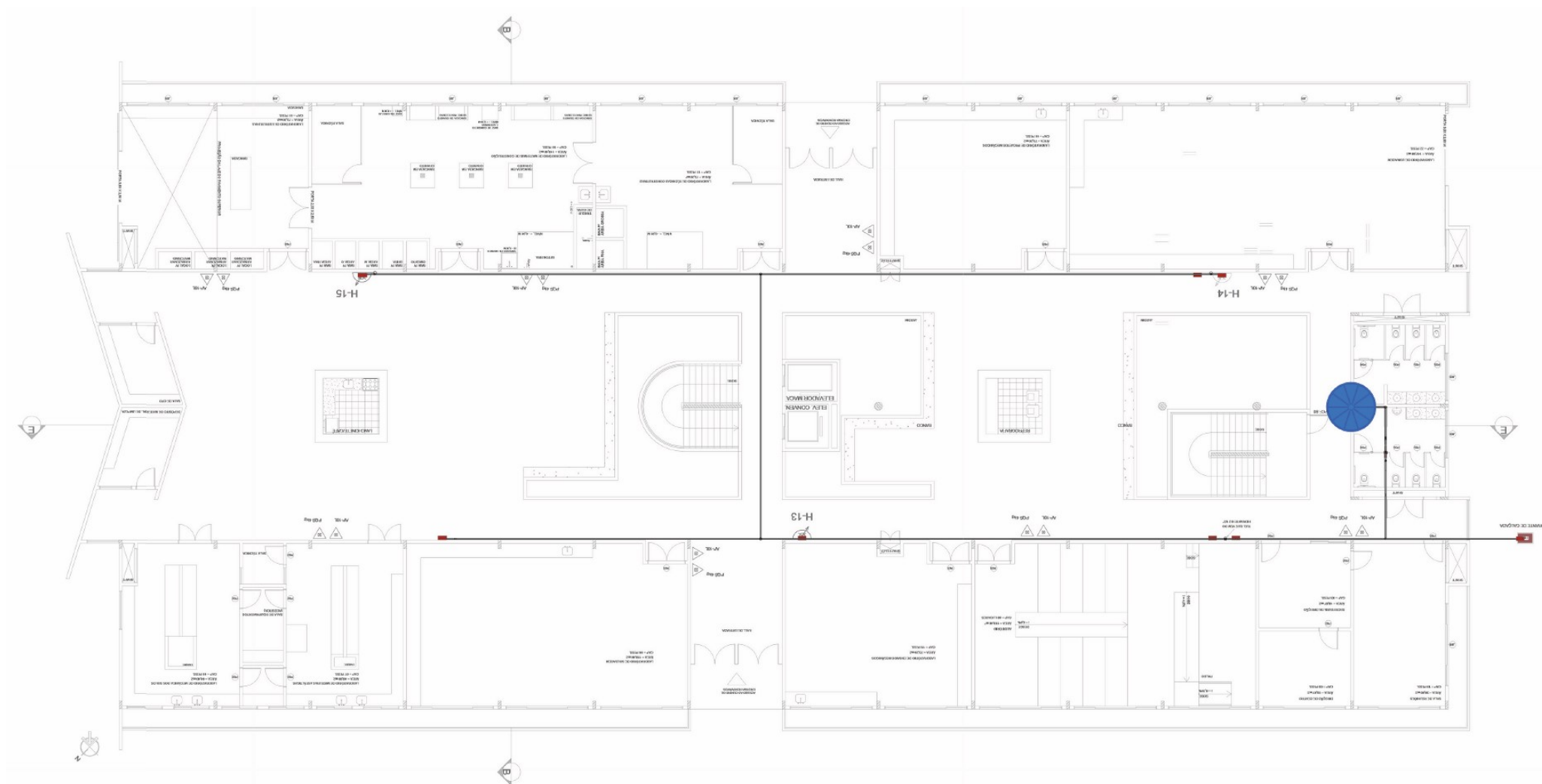
| ALTURA MANOMÉTRICA NECESSÁRIA |          |
|-------------------------------|----------|
| Memorial de cálculo           | 48,25mca |
| Rotina de cálculo             | 47,10mca |

Fonte: Autoria Própria (2024).

As diferenças encontradas são baseadas nas diferenças dentre o projeto original e o projeto redesenhado e utilizado para o estudo de caso, tendo em vista a necessidade da utilização do Revit em detrimento do AutoCAD, onde se encontrava o projeto original, dessa forma, essas diferenças podem ser explicadas levando em consideração:

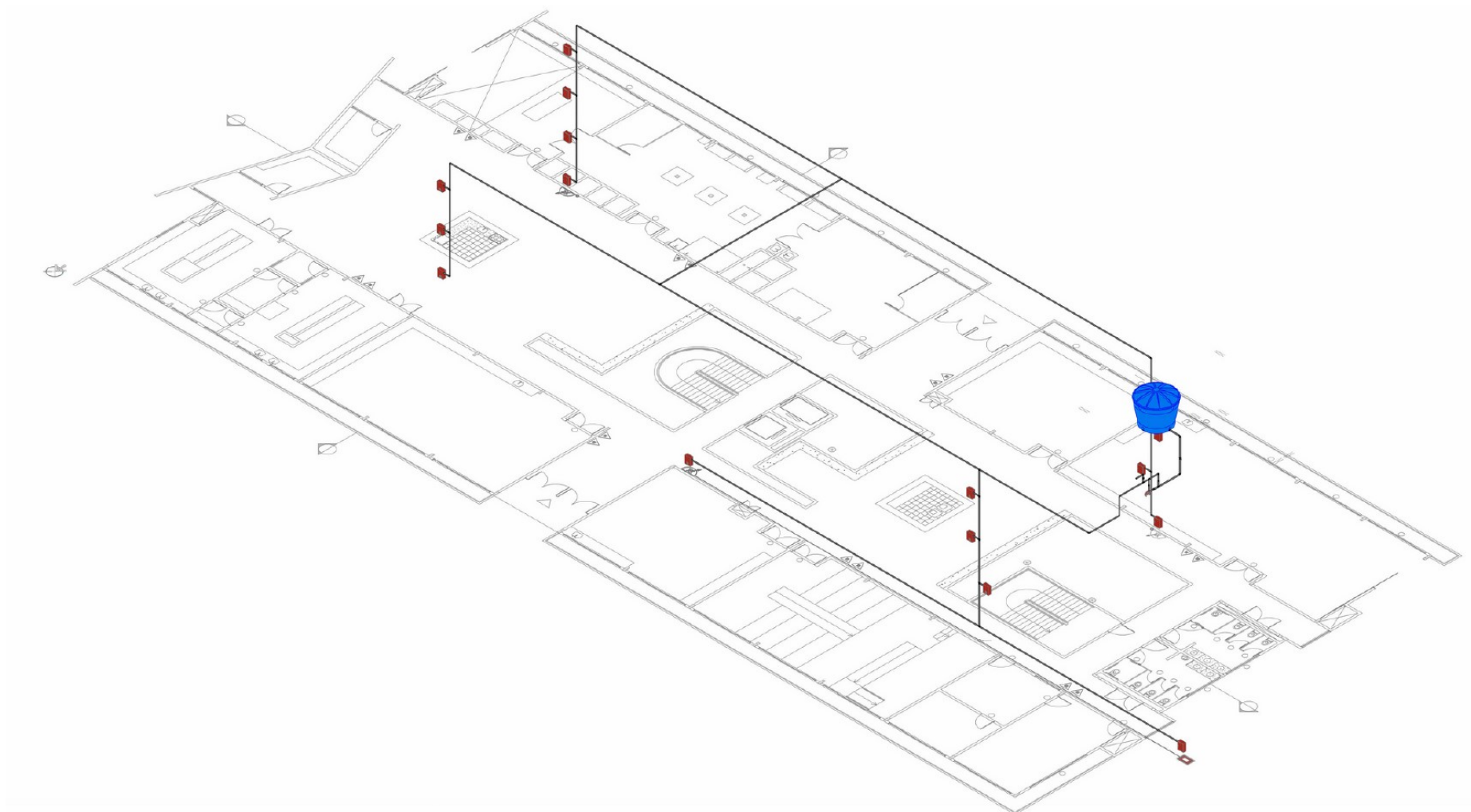
1. Discrepância nos traçados apresentados para o memorial descritivo original e para o projeto em Revit;
2. Utilização de peças que não estejam em concordância com o projeto original, atrelando assim a um comprimento equivalente diferente;
3. Aproximação matemática dos cálculos mais precisa em relação aos cálculos realizados de forma manual;
4. Erros de preenchimento dos parâmetros.

Figura 13: Planta baixa do sistema de hidrantes do Centro de Engenharia.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 14: Representação isométrica de hidrantes do Centro de Engenharias.



Fonte: Autoria Própria (2024).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração da rotina se deu através da avaliação e validação das normativas previstas pela IT 22/2022, bem como o cálculo da perda de carga através da equação de Hazen-Williams, aliado com o estudo necessário acerca da ferramenta REVIT, em conjunto com a linguagem de programação proposta pelo Dynamo.

Dessa forma, o processo de elaboração da rotina, assim como o seu resultado final nos permitiram identificar problemáticas relacionadas a necessidade da elaboração de ferramentas facilitadoras para cálculos hidráulicos e similares, relacionados a ausência de estudo de ferramentas auxiliares, a falta de aprimoramento e disciplinas direcionadas a linguagens de programação nos cursos de Engenharia Civil, que dificultam a adaptação do estudante as ferramentas de automação.

Por conseguinte, as facilidades geradas pela elaboração dessas rotinas, se dão em função do fato de que a elaboração de uma rotina de cálculo no Dynamo permite a aceleração dos processos de verificação dos cálculos hidráulicos necessários para o dimensionamento de hidrantes, tal como evita a apresentação de erros manuais na elaboração dos cálculos.

Isto posto, no que tange a eficiência da rotina do Dynamo elaborada e o seu funcionamento, fez-se perceptível notar a sua eficiência nos cálculos de dimensionamento, bem como a assertividade dos cálculos do mesmo, levando em consideração que os resultados obtidos durante o estudo, presentes no Apêndice P e Apêndice Q, foram condizentes com os resultados esperados, de acordo com o memorial de cálculo previamente apresentado ao CBMRN, apresentando diferenças mínimas entre os resultados encontrados, frutos da diferença entre os cálculos realizados de forma manual, o que não interfere no resultado final esperado para o dimensionamento da estação elevatória.

Para além, a precisão dos dados apresentados se mostrou satisfatória, sendo ainda mais preciso do que o cálculo feito de forma manual, em virtude da sua realização de forma direta pela rotina, sem a necessidade de interferência humana, de forma que permite uma maior constância nos seus resultados. A aplicabilidade da rotina para um caso real, comportando um projeto hidráulico de um prédio já existente, também comprova sua utilidade enquanto ferramenta, garantindo assim sua usualidade.

Por fim, apesar da aplicabilidade prática da ferramenta e da comprovação da sua funcionalidade quanto aos cálculos a qual a mesma se propõe a realizar, ficam como

sugestões para possíveis aprimoramentos que podem auxiliar na facilitação do uso da ferramenta, bem como para trabalhos futuros, são estas:

- Elaboração de *template* próprio para a operação da rotina de cálculo, contendo as peças a serem utilizadas, bem como os parâmetros de projeto necessários já pré-estabelecidos e definidos para essas peças;
- Elaboração de ferramenta de cálculo para os demais sistemas de proteção e combate a incêndio nos quais se façam necessário o dimensionamento hidráulico, como chuveiros automáticos;
- Otimização do código de dimensionamento para hidrantes e mangotinhos, permitindo assim a utilização de um número de trechos infinitos em relação as suas mudanças de diâmetro.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio de Janeiro, 2000.
- BRENTANO, Telmo. **Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações**. Porto Alegre, RS: Editora EDIPUCRS, 2004.
- MONTICO, Ana Paula. **Automatização do cálculo de sistemas de prevenção e combate a incêndios por hidrantes via planilha eletrônica**. Itatiba, 2007.
- NASCIMENTO, Erick Verissimo; SILVA, Letícia Gabriela de Sousa. **Criação de software para cálculo de sistema de combate ao incêndio em edifícios residenciais para região de goiás**. Anápolis/GO, 2017.
- PEREIRA, Anderson Guimarães. **Princípios Básicos para o Cálculo de Sistemas de Sprinklers: Modelos de Cálculo**. São Paulo, SP: Instituto Sprinkler Brasil, 2019.
- RIO GRANDE DO NORTE. Corpo de Bombeiros Militar. **Instrução Técnica (IT) número 22 - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio**. Rio Grande do Norte: CBMRN, 2022.
- RIO GRANDE DO NORTE. Corpo de Bombeiros Militar. **Instrução Técnica (IT) número 01 - Procedimentos administrativos: Parte I - Procedimentos Gerais e Classificação das Edificações**. Rio Grande do Norte: CBMRN, 2022.
- RIO GRANDE DO NORTE (Estado). Lei nº 01, de 09 de dezembro de 1974. **Código de Segurança e Prevenção Contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal, RN: Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Norte, 09 dez. 1974.
- SÃO PAULO. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar. **Manual de Segurança Contra Incêndio nas Edificações e Áreas de Risco**. PMESP CCB, 2006.

## APÊNDICE A – SELEÇÃO DAS PEÇAS POR TRECHO

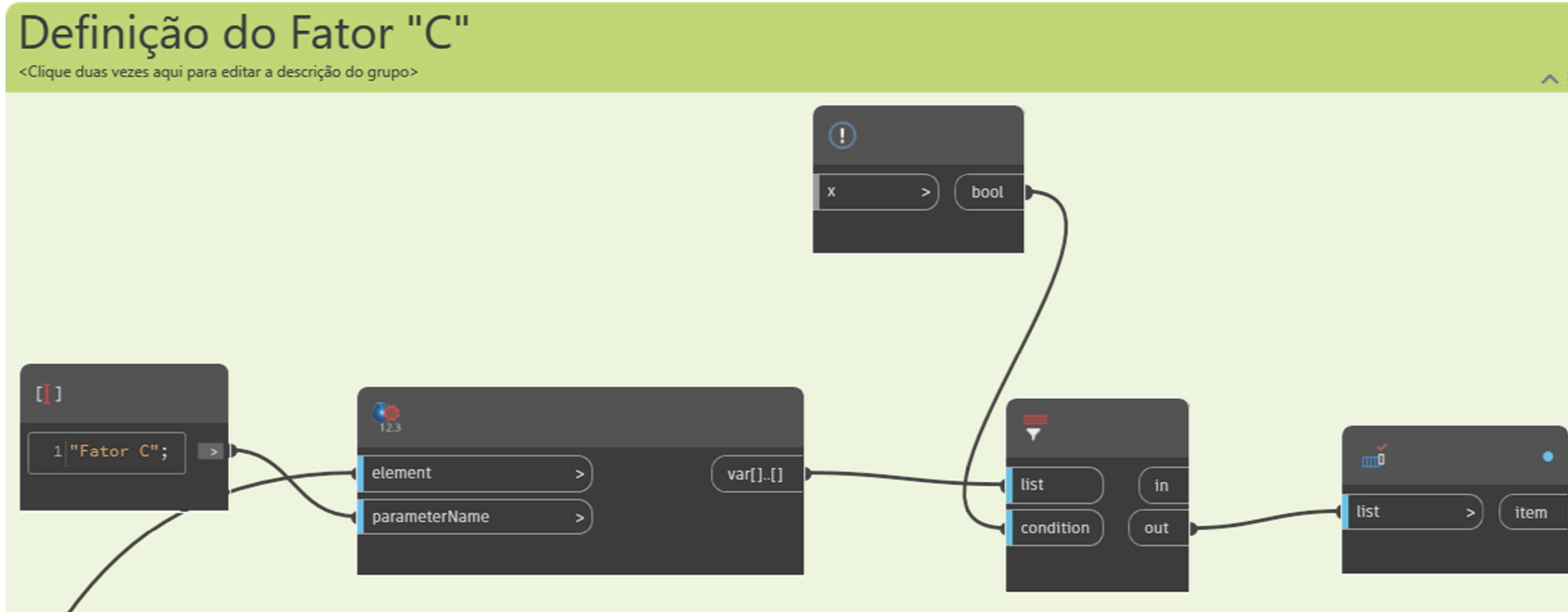
### Seleção das peças por trecho

<Clique duas vezes aqui para editar a descrição do grupo>

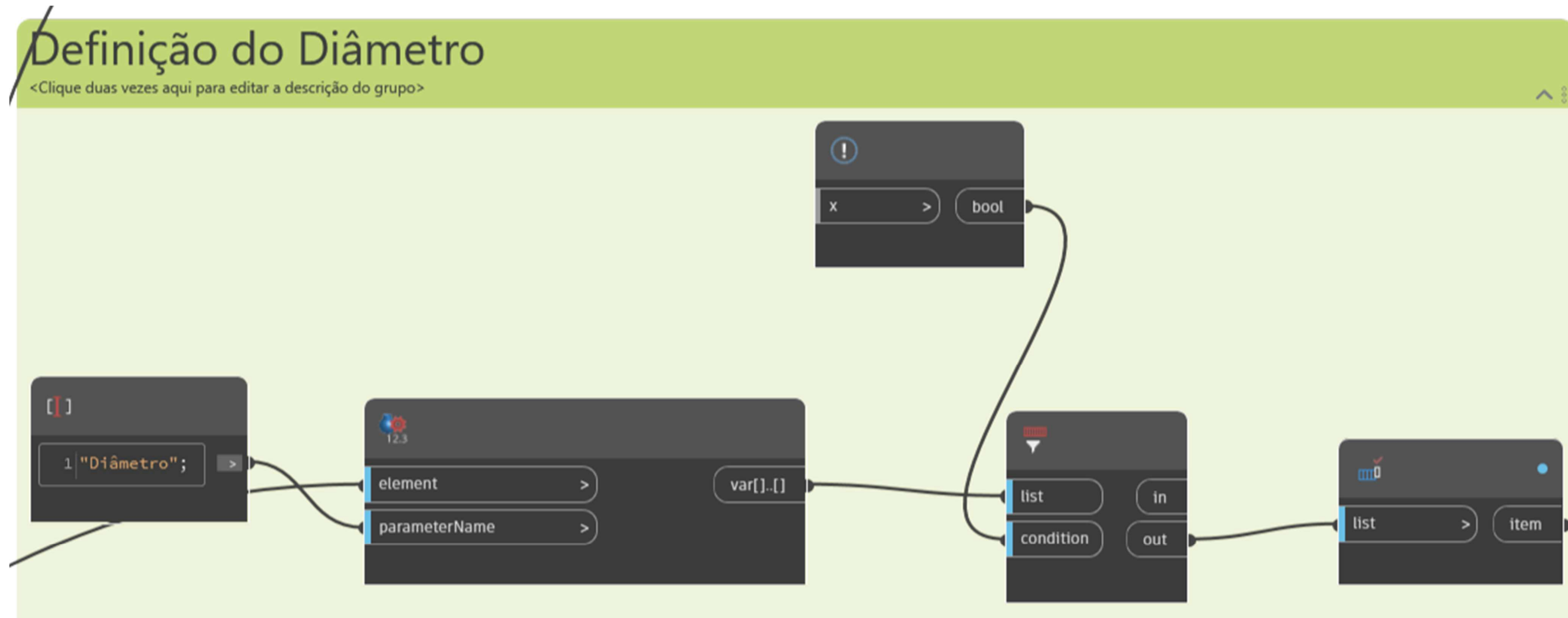




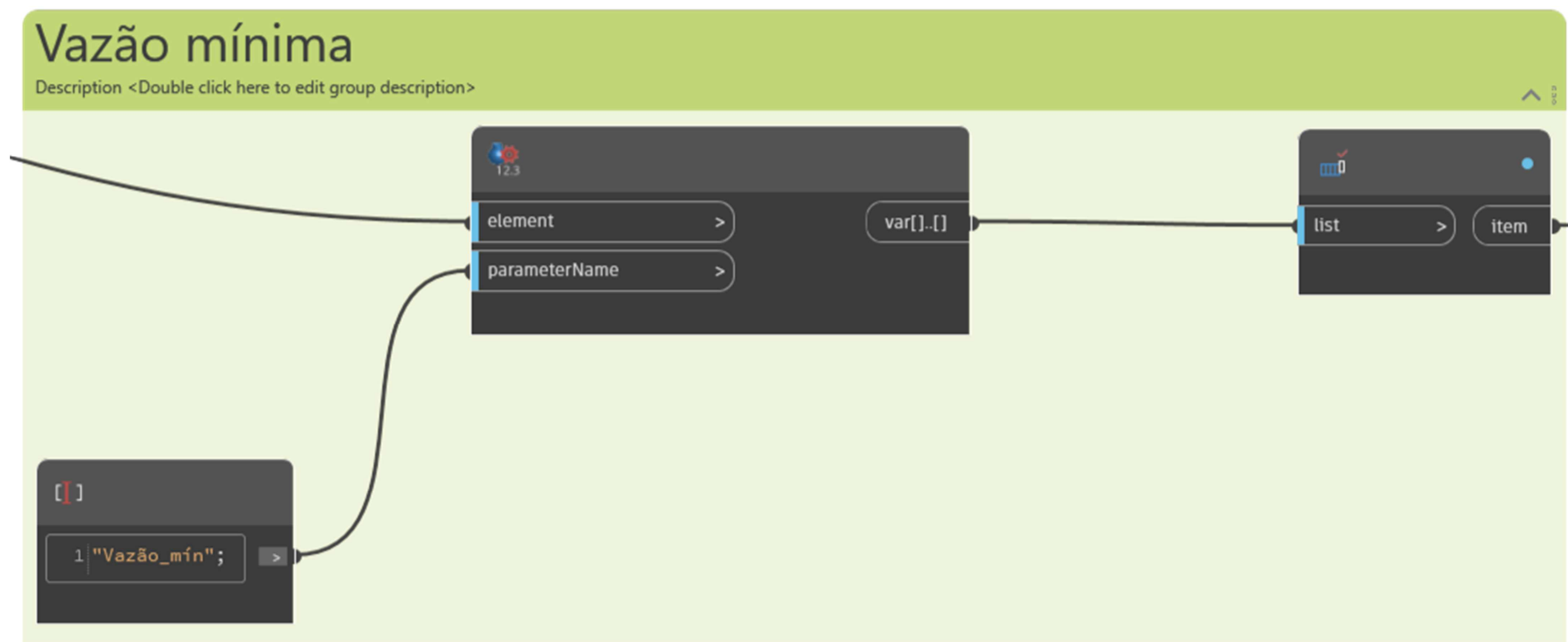
## APÊNDICE B – DEFINIÇÃO DO FATOR “C”



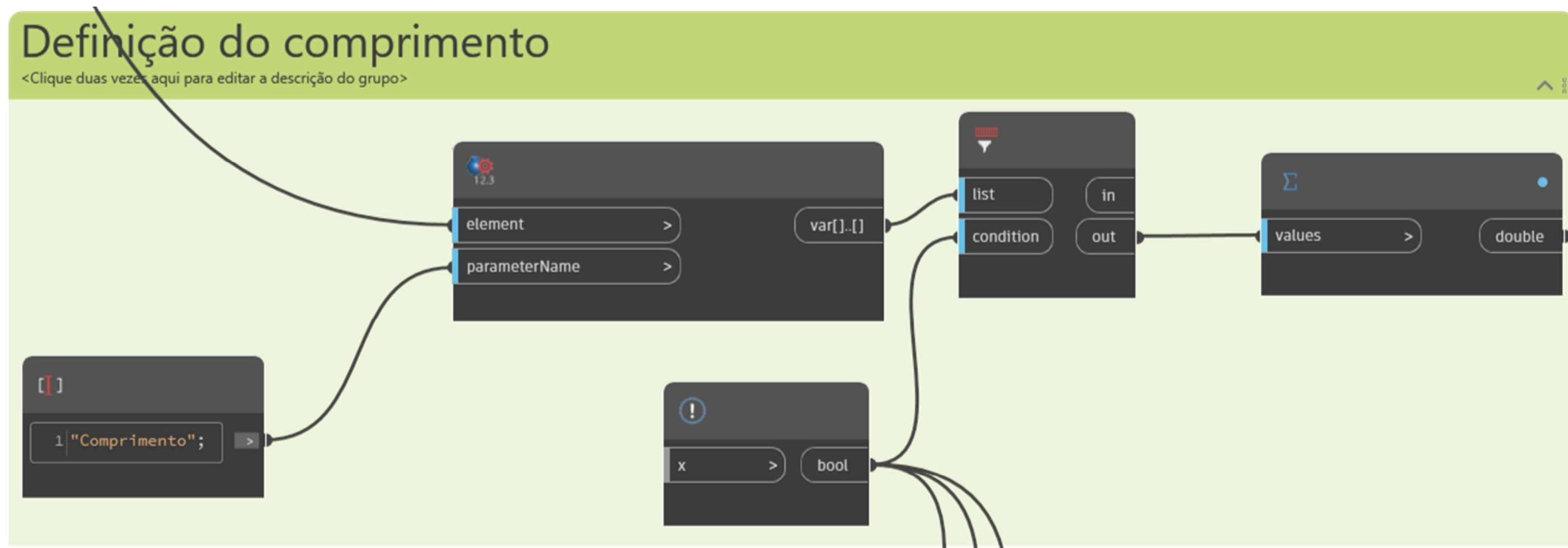
## APÊNDICE C – DEFINIÇÃO DO DIÂMETRO



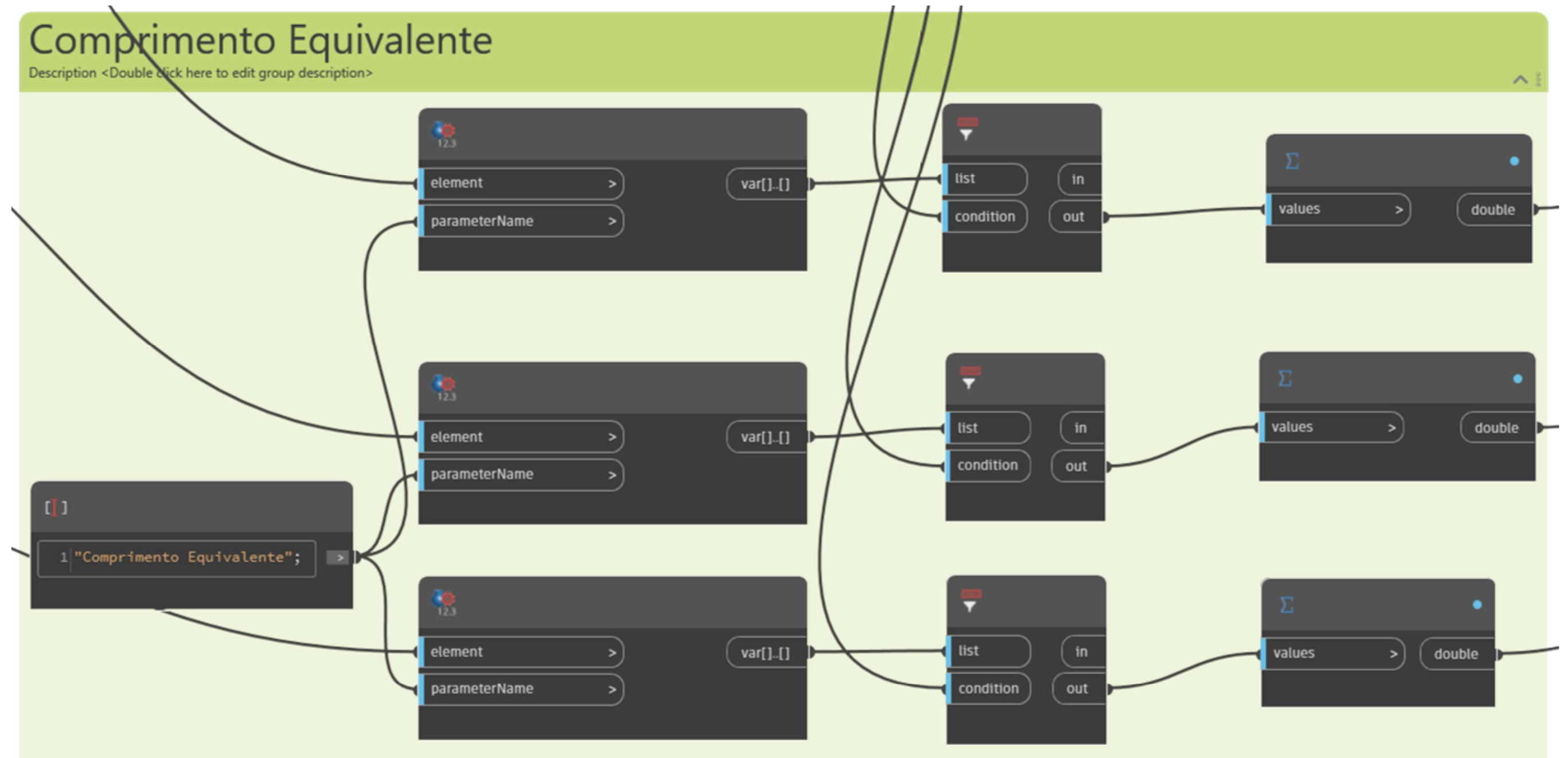
## APÊNDICE D – VAZÃO MÍNIMA



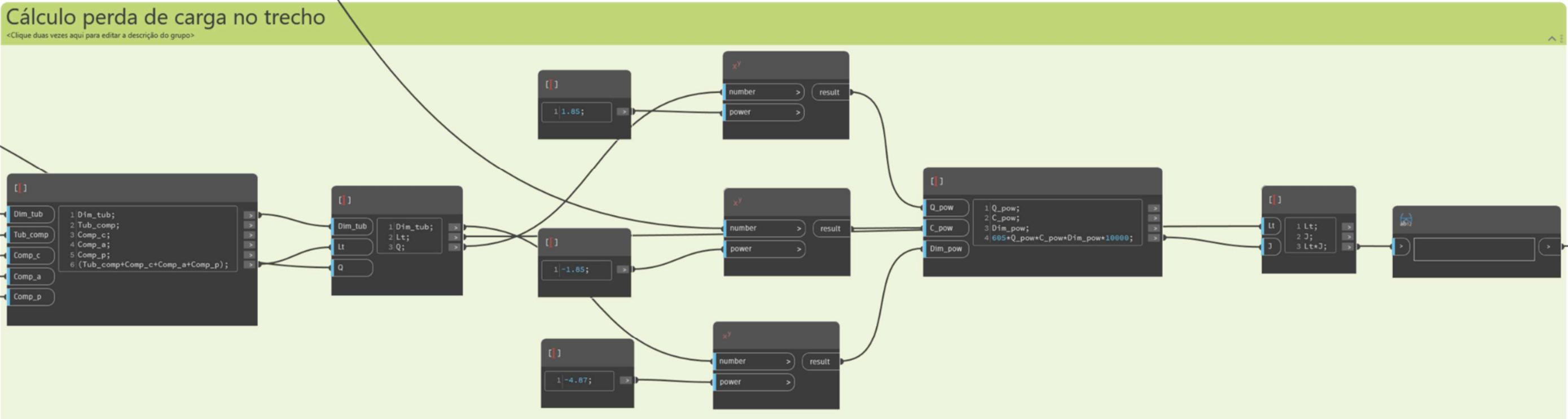
## APÊNDICE E – DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO



## APÊNDICE F – COMPRIMENTO EQUIVALENTE



APÊNDICE G – CÁLCULO PERDA DE CARGA NO TRECHO

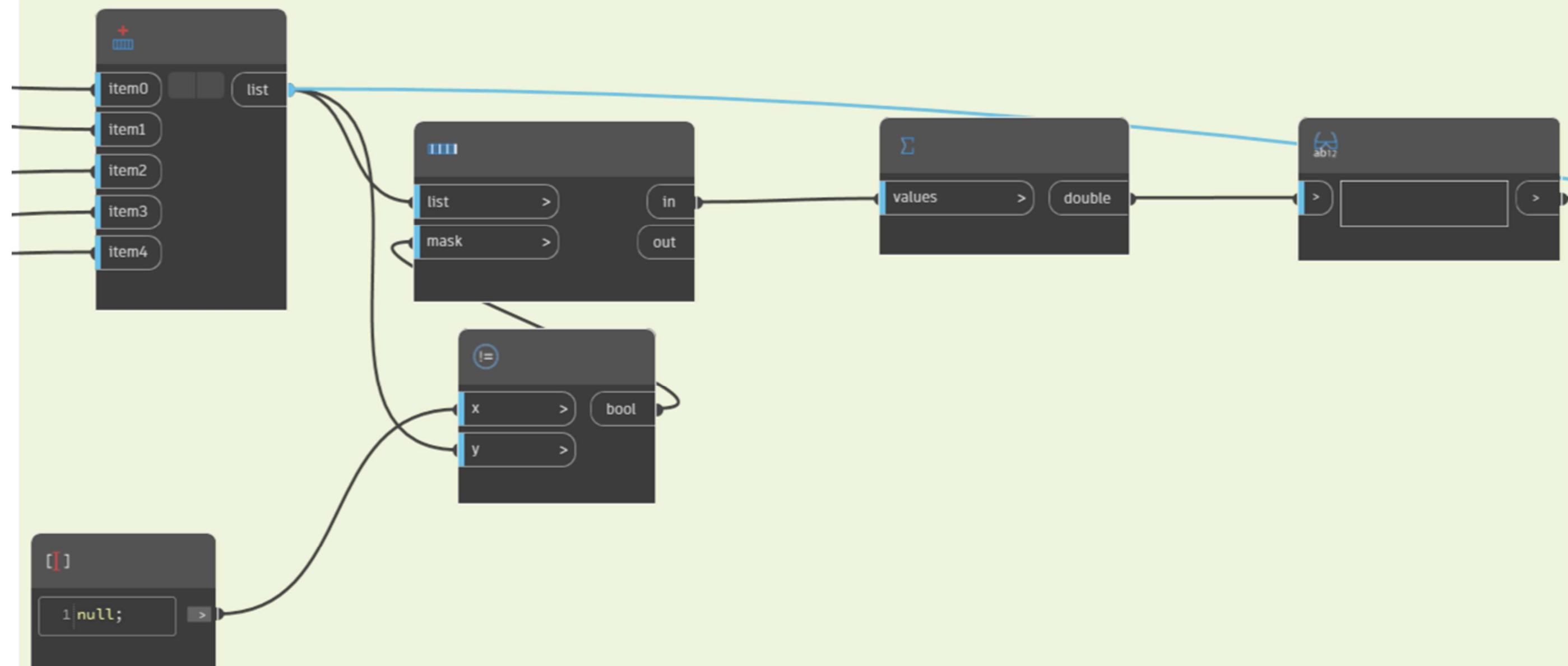




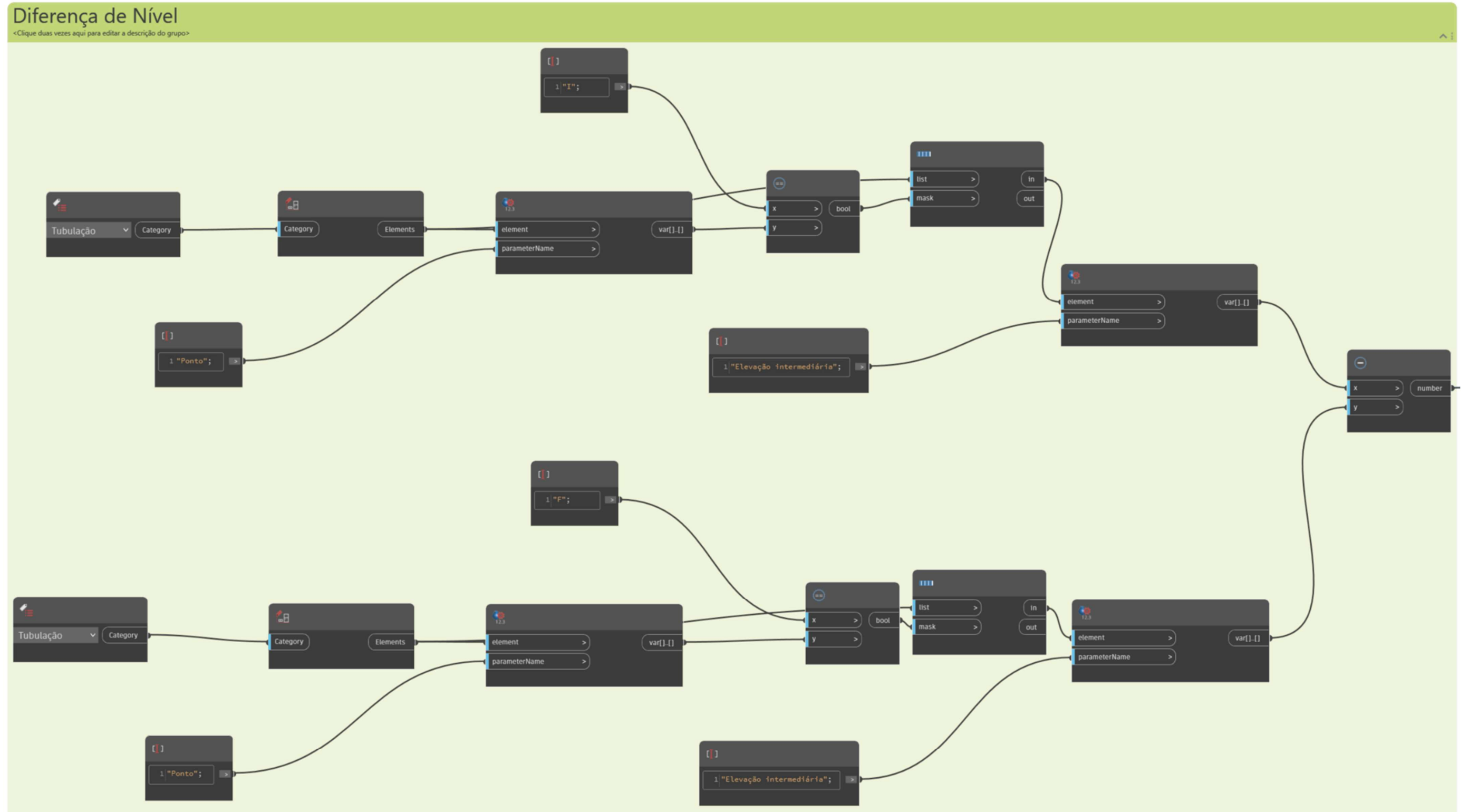
## APÊNDICE H – SOMATÓRIO PERDA DE CARGA NOS TRECHOS

# Somatório perda de carga nos trechos

Description <Double click here to edit group description>

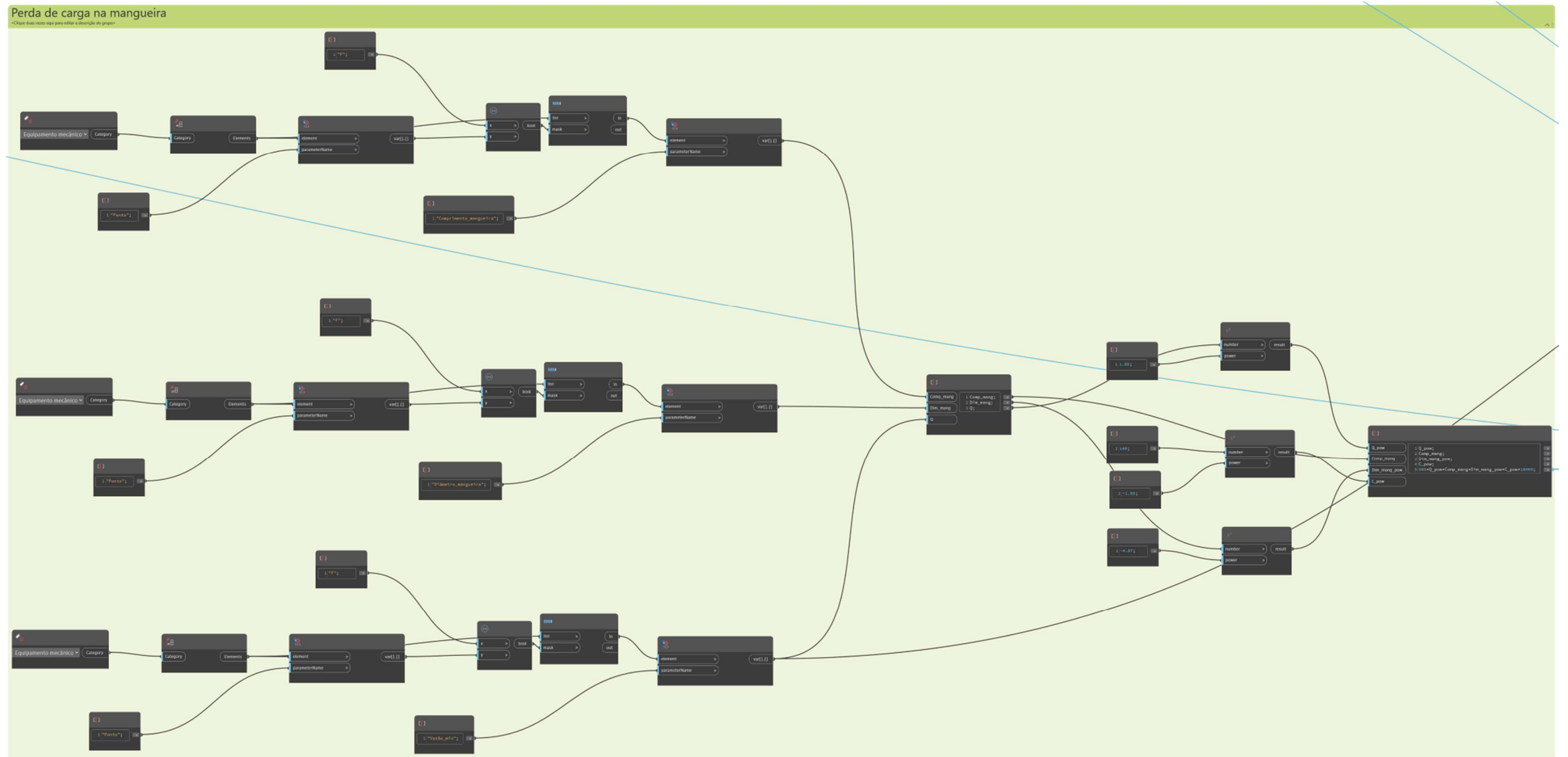


## APÊNDICE I – DIFERENÇA DE NÍVEL

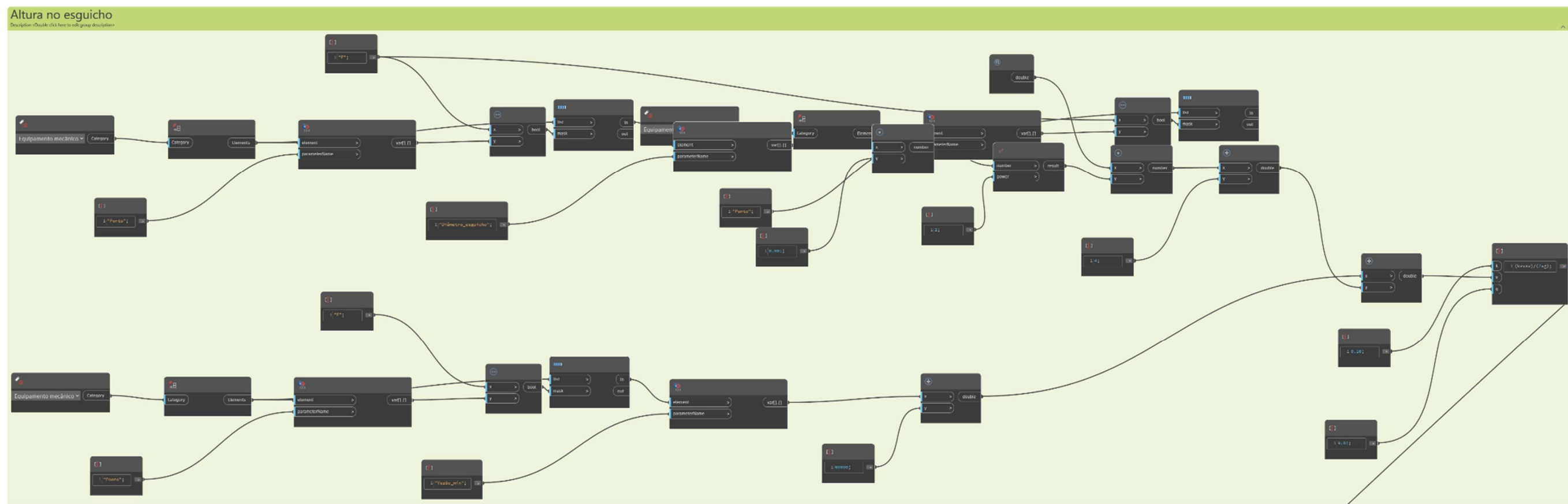




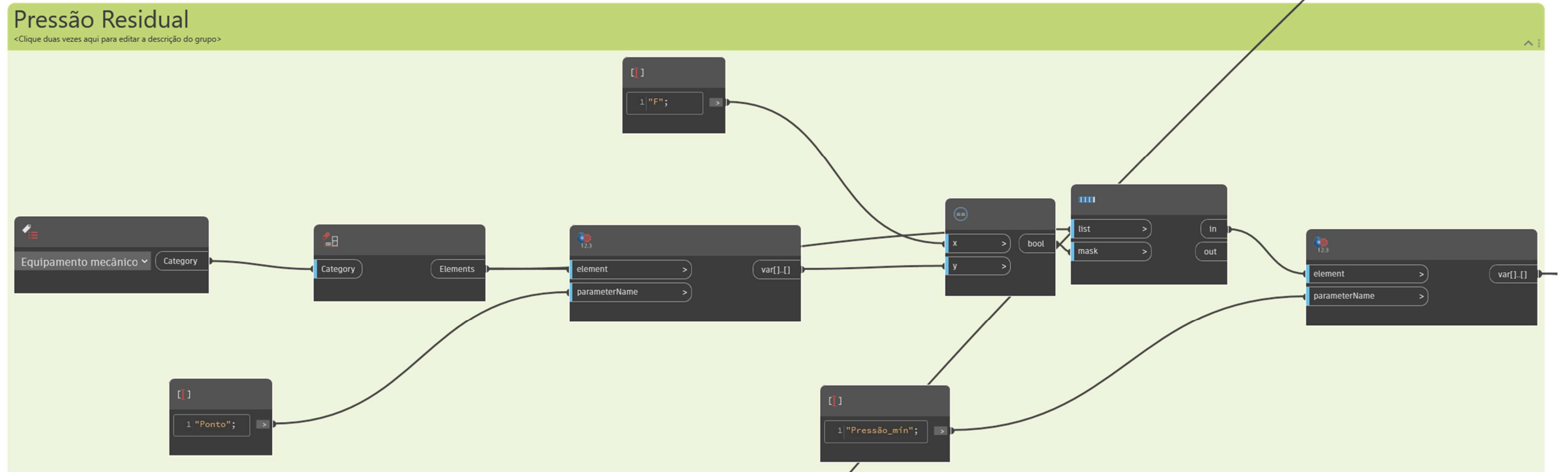
## APÊNDICE J – PERDA DE CARGA NA MANGUEIRA



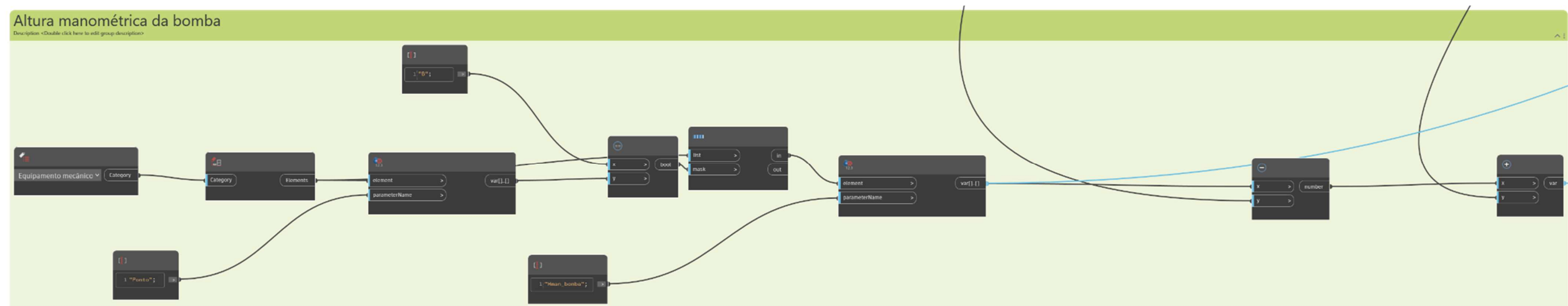
## APÊNDICE K – ALTURA NO ESGUICHO



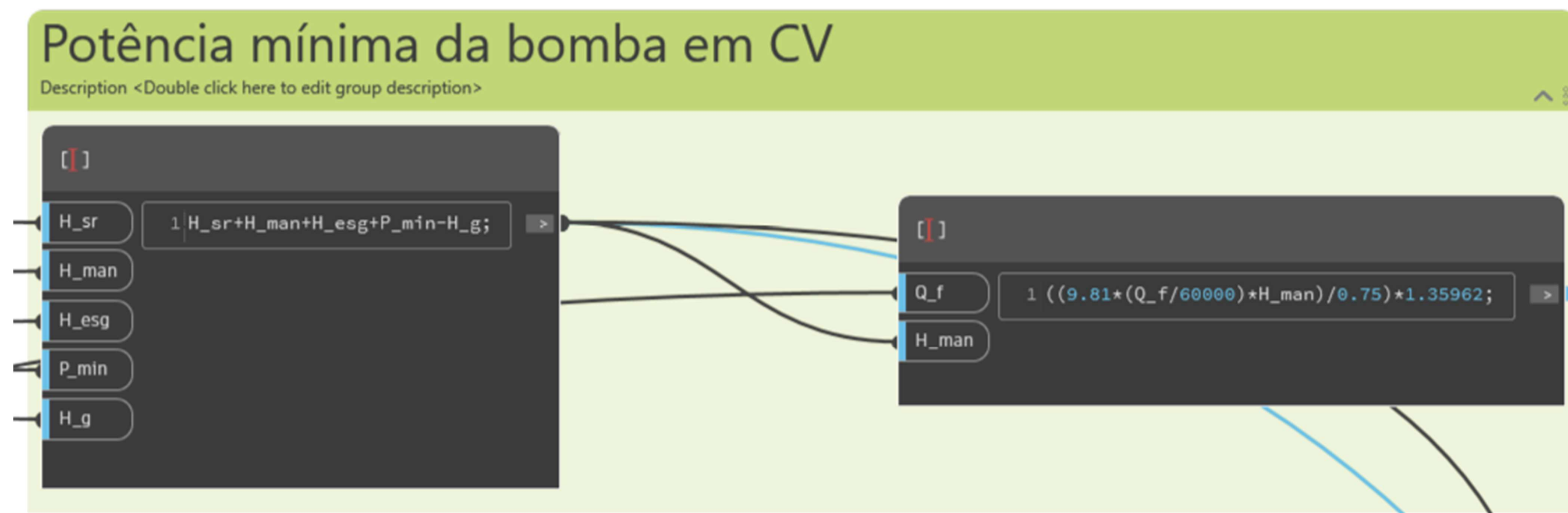
## APÊNDICE L – PRESSÃO RESIDUAL



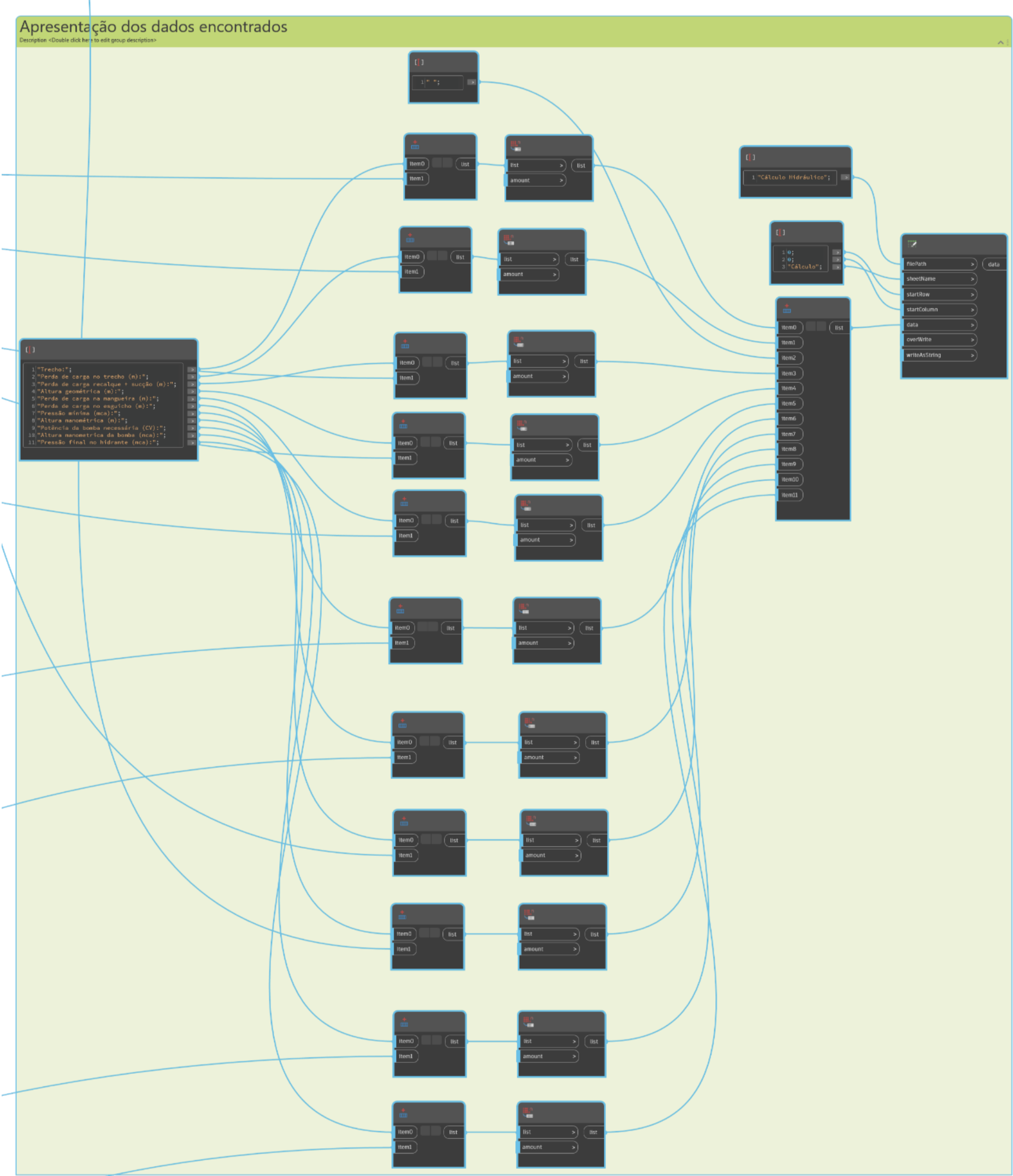
## APÊNDICE M – ALTURA MANOMÉTRICA DA BOMBA



## APÊNDICE N – POTÊNCIA MÍNIMA DA BOMBA EM CV



APÊNDICE O – APRESENTAÇÃO DOS DADOS ENCONTRADOS





**APÊNDICE P – RESULTADO DA ROTINA PARA O HIDRANTE MAIS DESFAVORÁVEL**

| Trecho:                       | A-B  | B-C  | C-D   | D-E | E-F |
|-------------------------------|------|------|-------|-----|-----|
| Perda de carga no trecho (m): | 1,30 | 0,01 | 15,36 |     |     |

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Perda de carga recalque + sucção (m): | 16,66 |
| Altura geométrica (m):                | 5,50  |
| Perda de carga na mangueira (m):      | 10,74 |
| Perda de carga no esguicho (m):       | 2,19  |
| Pressão mínima (mca):                 | 23,00 |
| Altura manométrica (m):               | 47,10 |
| Potência da bomba necessária (CV):    | 3,49  |
| Altura manométrica da bomba (mca):    | 49,00 |
| Pressão final no hidrante (mca):      | 24,90 |

**APÊNDICE Q – RESULTADO DA ROTINA PARA O HIDRANTE IMEDIATAMENTE  
MAIS FAVORÁVEL QUE O ANTERIOR**

| Trecho:                       | A-B  | B-C  | C-D   | D-E  | E-F |
|-------------------------------|------|------|-------|------|-----|
| Perda de carga no trecho (m): | 1,30 | 0,01 | 15,36 | 0,28 |     |

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Perda de carga recalque + sucção (m): | 16,94 |
| Altura geométrica (m):                | 8,85  |
| Perda de carga na mangueira (m):      | 10,74 |
| Perda de carga no esguicho (m):       | 2,19  |
| Pressão mínima (mca):                 | 23,00 |
| Altura manométrica (m):               | 44,03 |
| Potência da bomba necessária (CV):    | 3,26  |
| Altura manométrica da bomba (mca):    | 49,00 |
| Pressão final no hidrante (mca):      | 27,97 |



## APÊNDICE R – CAPA DA CARTILHA DE UTILIZAÇÃO DA ROTINA DE INCÊNDIO



---

ROTINA PARA O DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE HIDRANTES  
EM PROJETOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO



# CARTILHA DE USO DA ROTINA

---

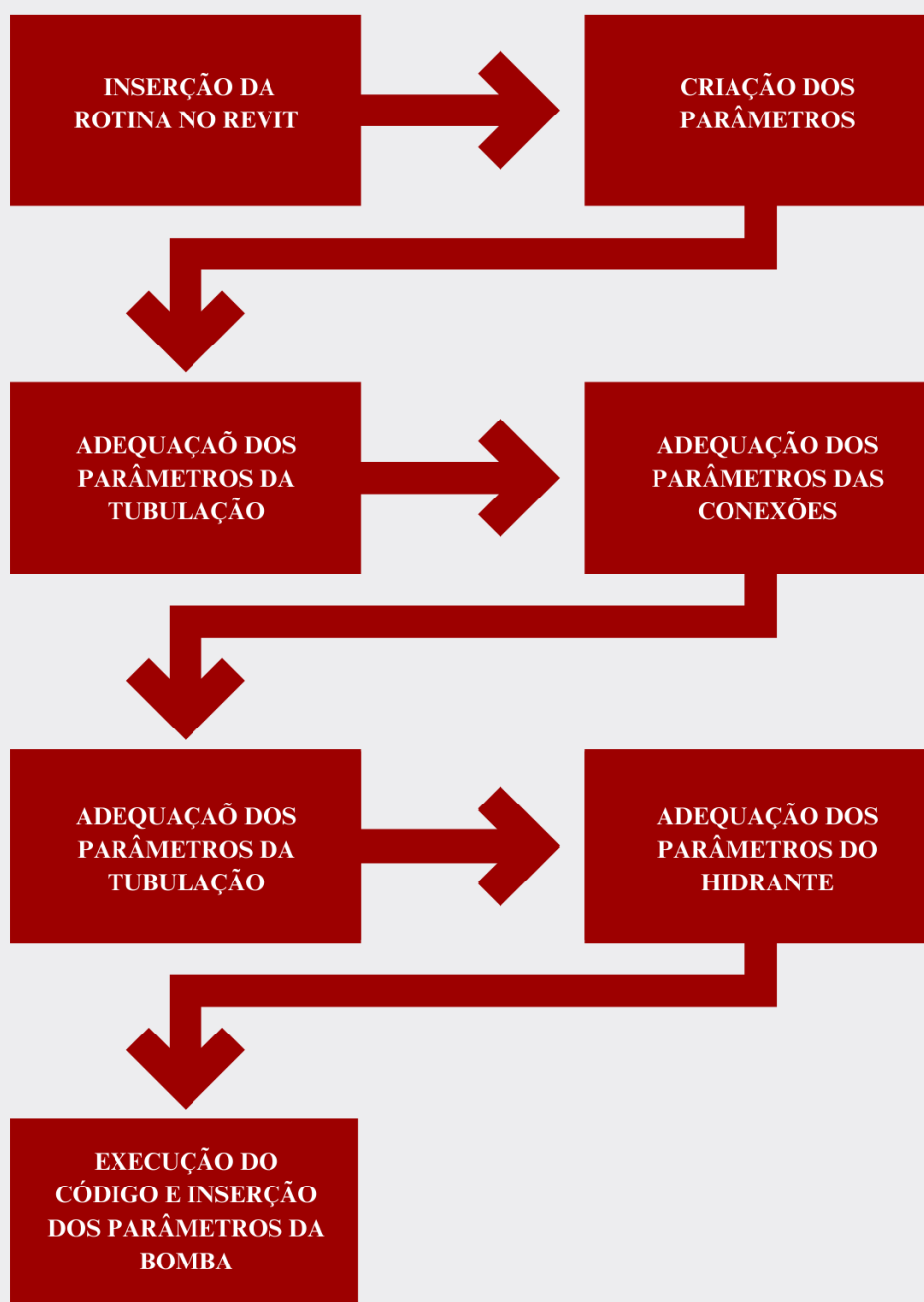
ARTHUR RAMOS BARRETO

Arthur Ramos Barreto  
Engenharia Civil  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

## APÊNDICE S – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DO FLUXOGRAMA DE ETAPAS DA ROTINA

### FLUXOGRAMA DE EXECUÇÃO

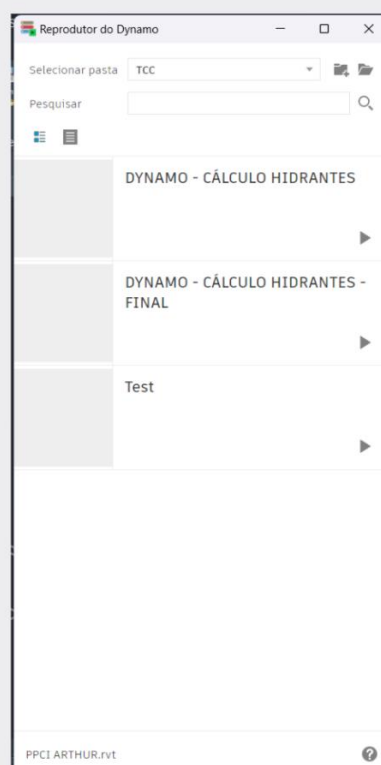
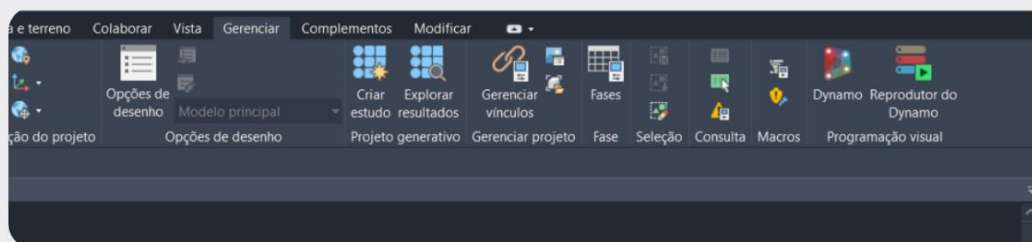
Página 01



## APÊNDICE T – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA PRIMEIRA ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA

### 1º PASSO: INSERÇÃO DA ROTINA NO REVIT

Página 02

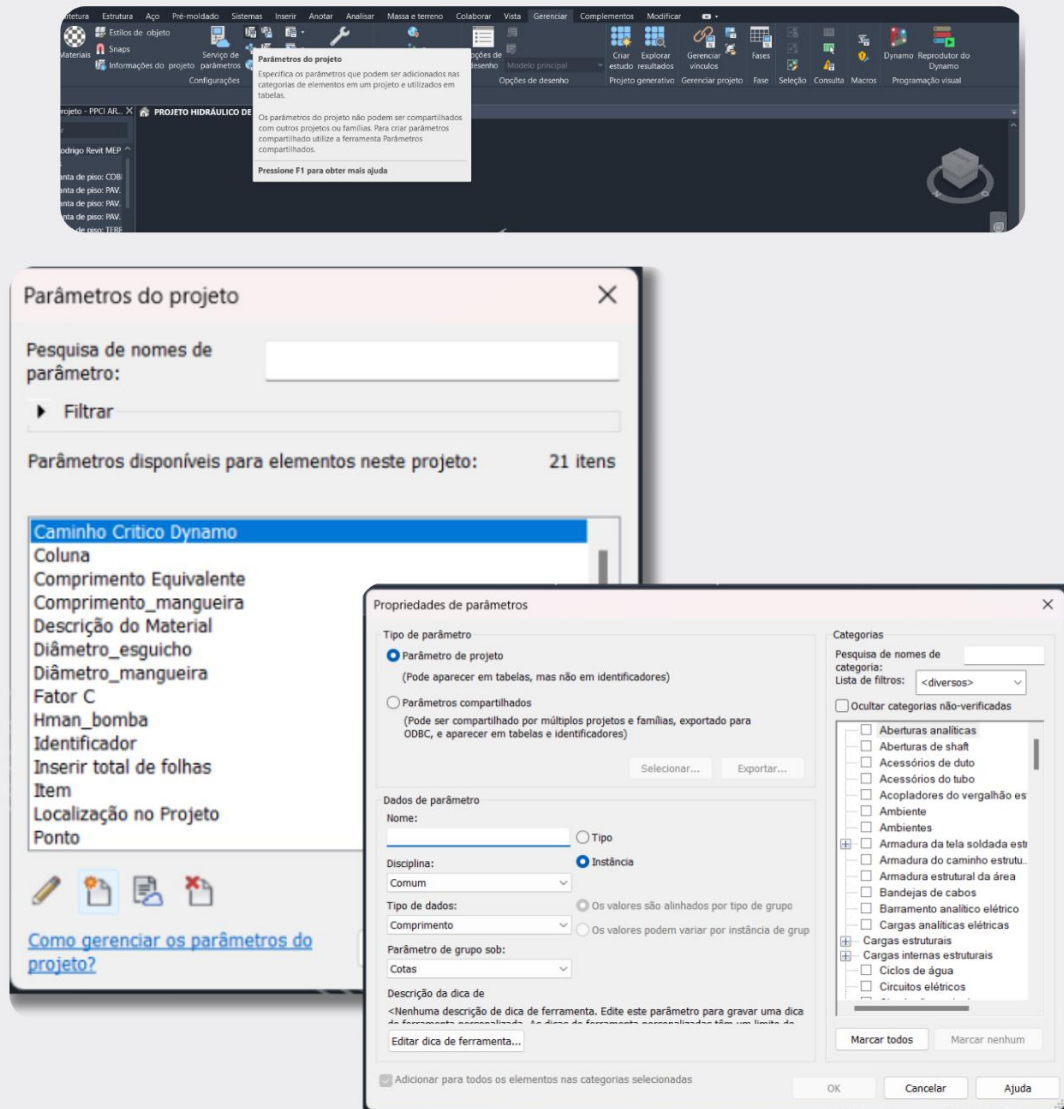


Nessa etapa você irá na parte de gerenciamento do Revit, no Reprodutor de Dynamo e irá adicionar uma pasta na sua seleção de pastas, na qual estará contida o arquivo da sua rotina.

## APÊNDICE U – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA SEGUNDA ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA

### 2º PASSO: CRIAÇÃO DOS PARÂMETROS

Página 03



Ainda em gerenciar, você irá em Parâmetros do projeto e irá criar os novos parâmetros que são necessários para a execução do projeto.

## APÊNDICE V – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA TABELA NECESSÁRIA PARA PARAMETRIZAÇÃO DO PROJETO

TABELA DE PARÂMETROS

Página 04

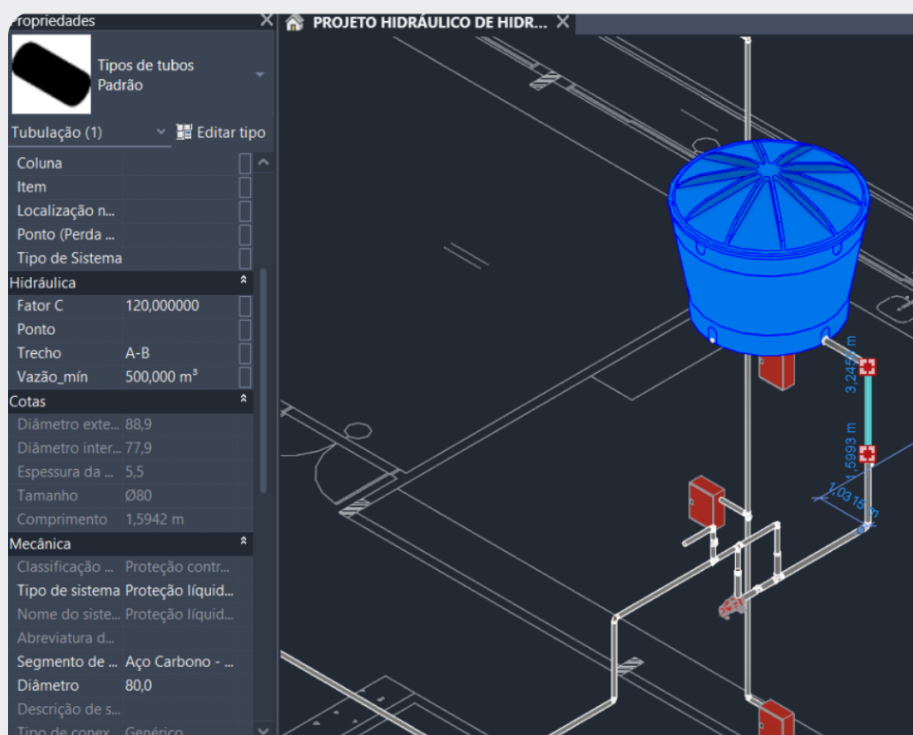
| Nome                    | Disciplina | Tipo de dados | Parâmetro de grupo sob | Categorias                                                                                     |
|-------------------------|------------|---------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Comprimento Equivalente | Comum      | Comprimento   | Hidráulica             | Acessórios de tubo; Conexões de tubo; Peças hidrossanitárias.                                  |
| Comprimento_mangueira   | Comum      | Número        | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Diâmetro_esguicho       | Comum      | Número        | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Diâmetro_mangueira      | Comum      | Número        | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Hman bomba              | Comum      | Comprimento   | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Ponto                   | Comum      | Texto         | Hidráulica             | Todos                                                                                          |
| Pressão_mín             | Comum      | Comprimento   | Hidráulica             | Equipamento mecânico                                                                           |
| Trecho                  | Comum      | Texto         | Hidráulica             | Todos                                                                                          |
| Vazão_mín               | Comum      | Volume        | Hidráulica             | Acessórios de tubo; Conexões de tubo; Peças hidrossanitárias; Equipamento mecânico; Tubulação. |
| Fator C                 | Comum      | Número        | Hidráulica             | Acessórios de tubo; Conexões de tubo; Peças hidrossanitárias; Tubulação.                       |

Os parâmetros de projeto devem ser criados respeitando as nomenclaturas da tabela, para que os mesmos estejam em concordância com o código.

## APÊNDICE W – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA TERCEIRA ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA

### 3º PASSO: ADEQUAÇÃO DOS PARÂMETROS DA TUBULAÇÃO

Página 05

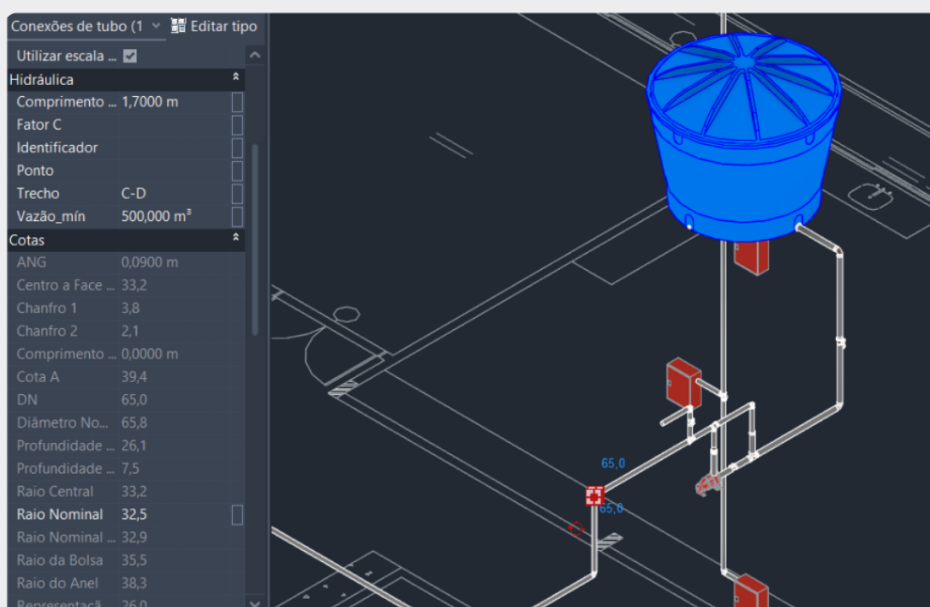


Você deve inserir todos os parâmetros Hidráulicos referentes àquele trecho, além de informar o trecho ao qual se refere aquela tubulação.

## APÊNDICE X – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA QUARTA ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA

### 4º PASSO: ADEQUAÇÃO DOS PARÂMETROS DAS CONEXÕES

Página 06



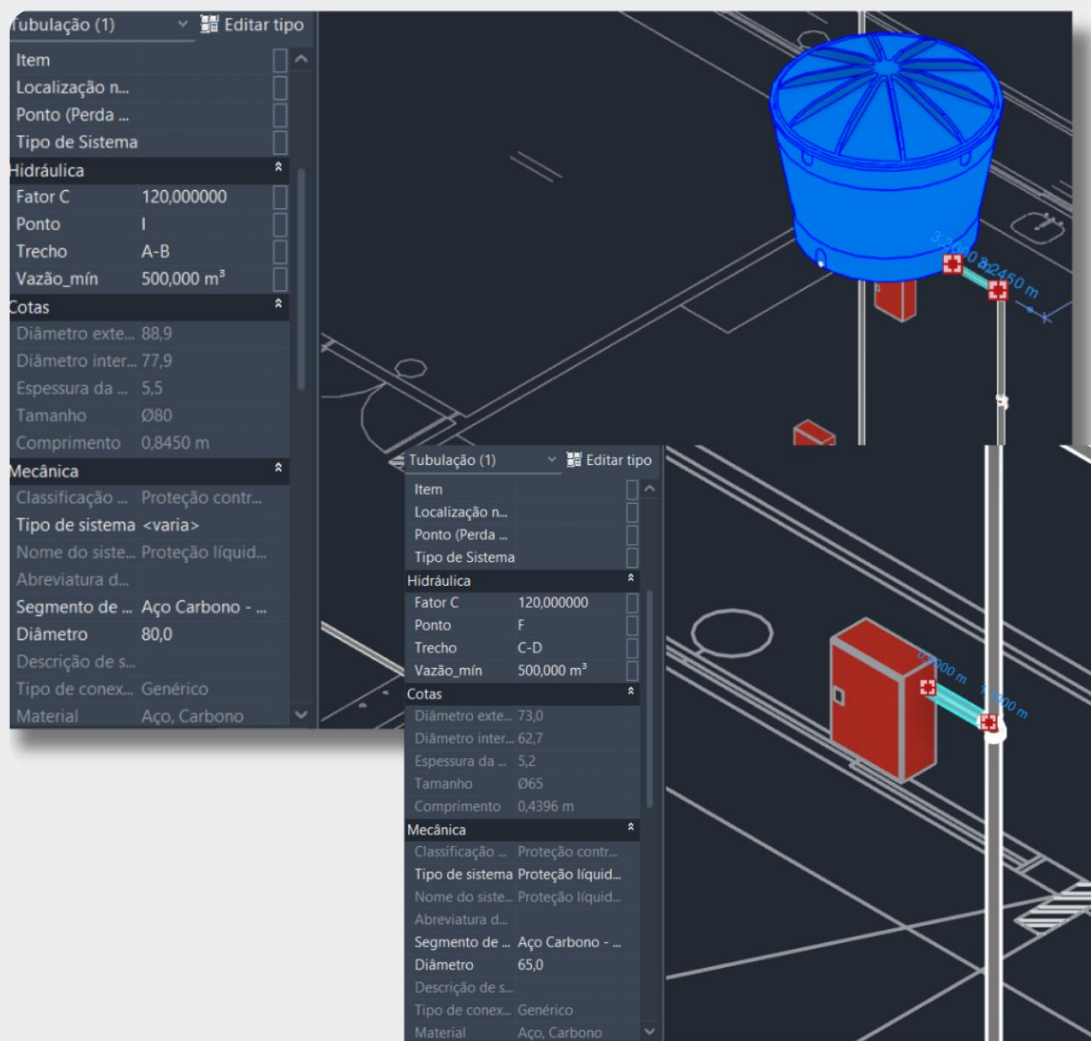
Para as conexões, você deve inserir apenas a vazão referente ao trecho e o seu comprimento equivalente, além da indicação do trecho ao qual à mesma compete.



## APÊNDICE Y – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA QUINTA ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA

### 5º PASSO IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS INICIAL E FINAL

Página 07



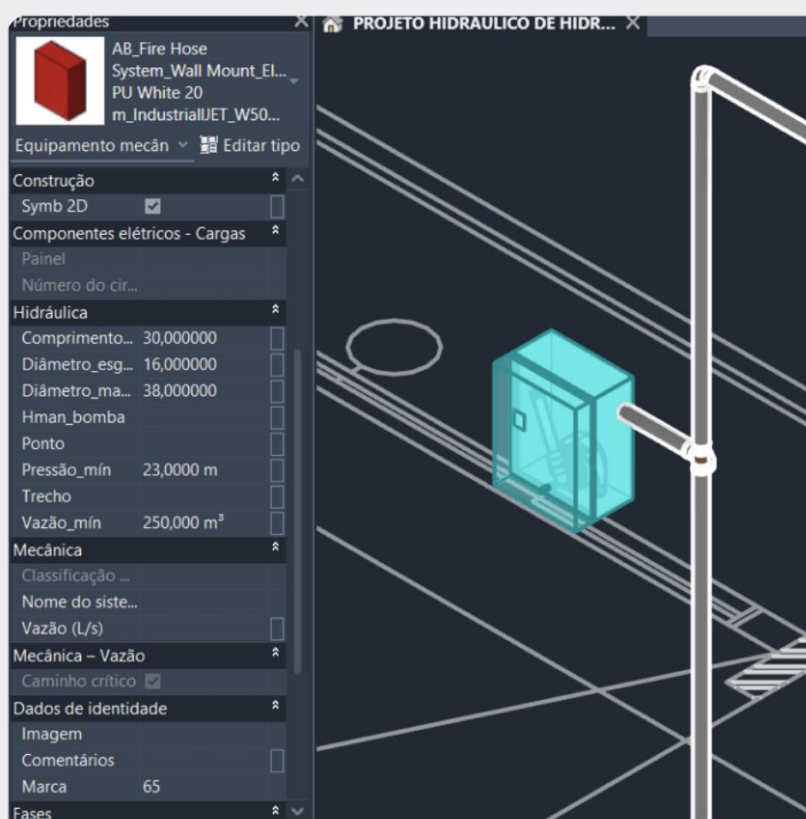
Os pontos Inicial e Final das tubulações devem ser indicados, através da identificação I e F, respectivamente. Sendo indicados nas tubulações que conectam o reservatório e o hidrante.



## APÊNDICE Z – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA SEXTA ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA

### 6º PASSO: ADEQUAÇÃO DOS PARÂMETROS DO HIDRANTE

Página 08

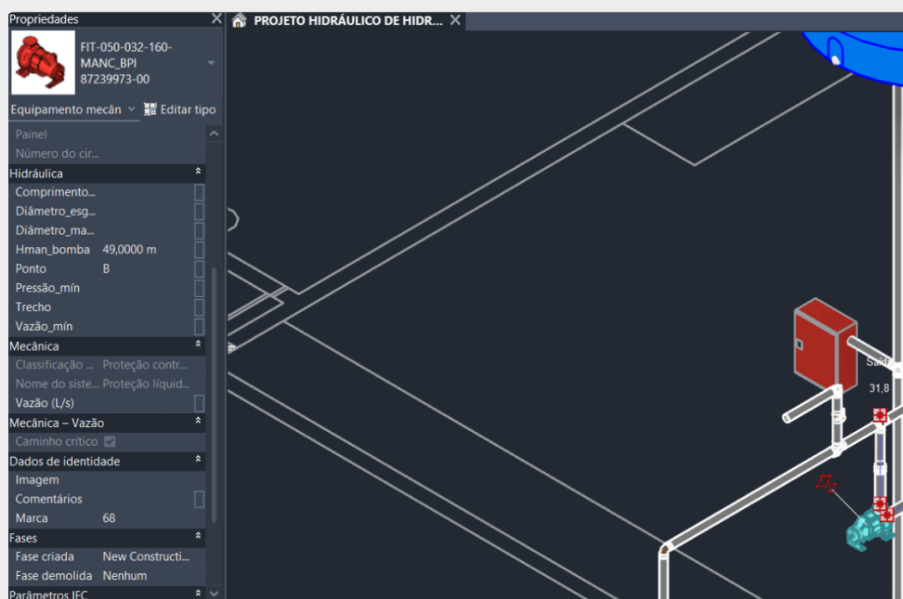
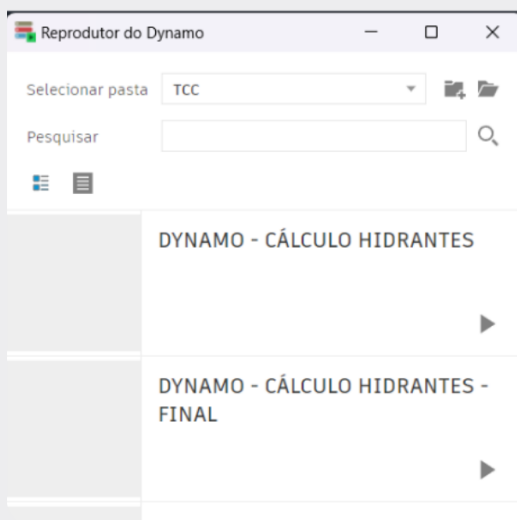


Ao final, são elencados os parâmetros do hidrante, para poder ser realizado o cálculo.

## APÊNDICE AA – PÁGINA DE DEMONSTRAÇÃO DA SÉTIMA ETAPA PARA EXECUÇÃO DA ROTINA

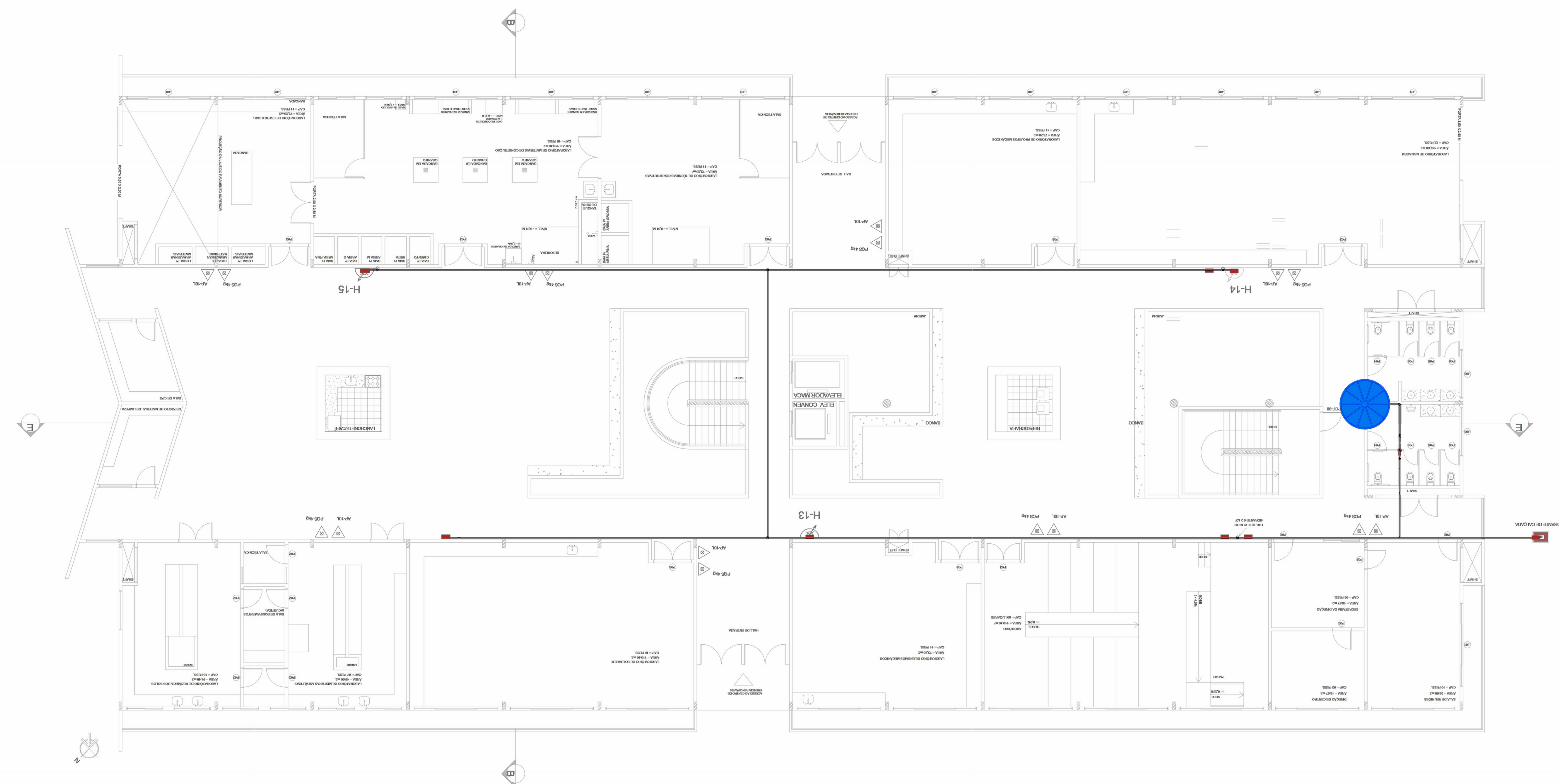
### 7º PASSO: EXECUÇÃO DO CÓDIGO E INSERÇÃO DOS PARÂMETROS DA BOMBA

Página 09



Após a execução do cálculo uma primeira vez e a identificação da altura manométrica necessária são elencados os parâmetros da bomba e sua identificação como Ponto B.



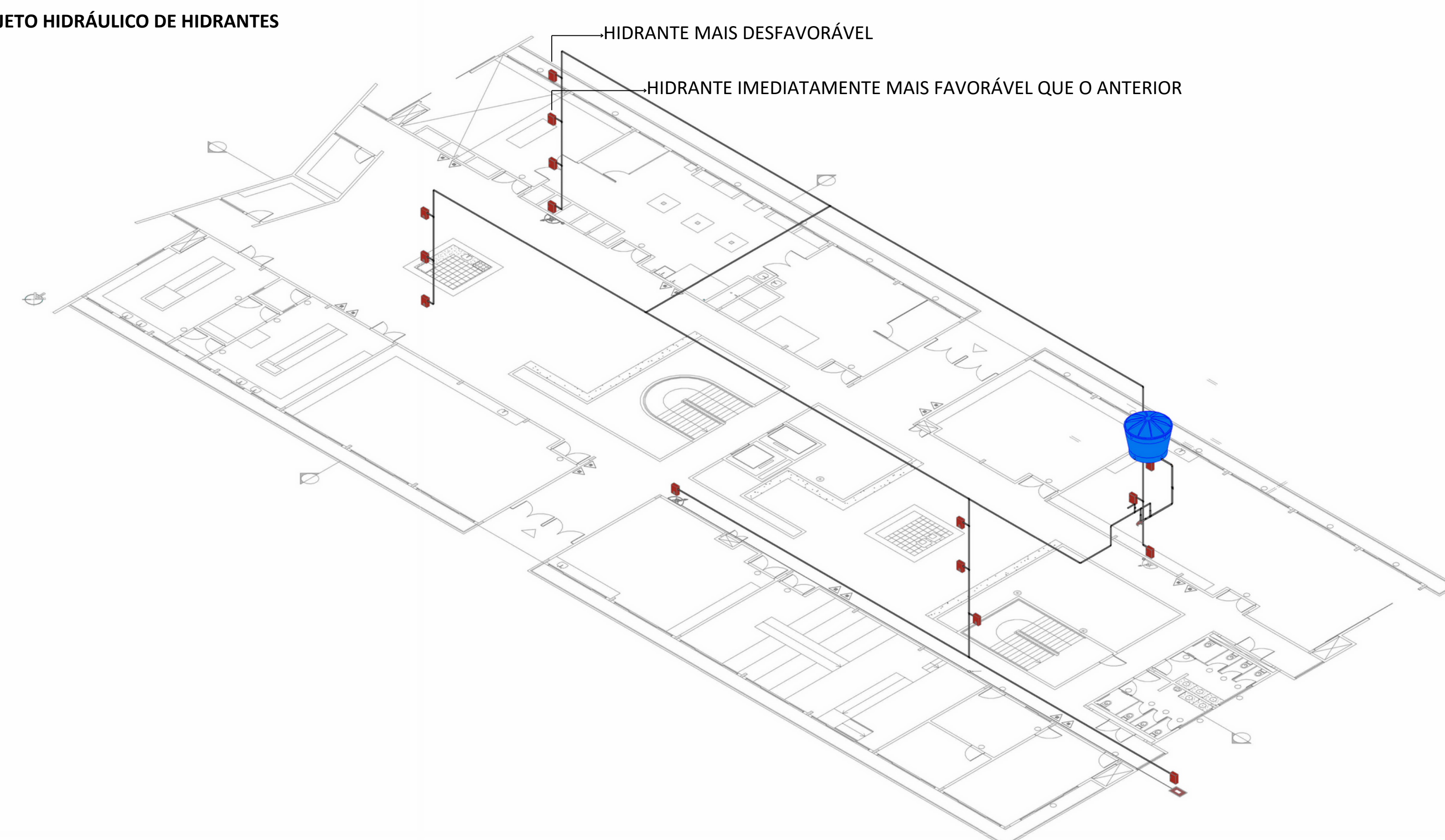


Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Arthur Ramos Barreto

PROJETO HIDRÁULICO DE HIDRANTES - CENTRO DE ENGENHARIAS

### 1 PROJETO HIDRÁULICO DE HIDRANTES



## 2 PROJETO HIDRÁULICO DE HIDRANTES - VISTA 3D