U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS REDES DE RETORNO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS) EM REDES PREDIAIS COM RECURSO À METODOLOGIA BIM

ANA MARIA SANTOS MAIA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Nuno Manuel Monteiro Ramos

Coorientadora: Professora Doutora Inês Osório de Castro Meireles

Junho 2023

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2022/2023

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2021/2022 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2023*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

"Todo o trabalho é vazio a não ser que haja amor"

Khalil Gibran

AGRADECIMENTOS

A conclusão da última etapa destes 5 anos de curso é um marco muito importante na vida de um estudante. É uma fase que em muitos momentos se torna desafiante e onde é necessária resiliência, trabalho, persistência e o apoio de quem nos é mais próximo. Quero agradecer a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram ao longo de todo o meu percurso académico.

Aos meus pais que me ajudaram desde sempre a construir um caminho na base do trabalho e honestidade. Obrigada por tornarem esta etapa da minha vida possível e por sempre me acompanharem e me apoiarem em todos os momentos do meu percurso.

Ao meu namorado que sempre me ajudou em todas as escolhas, todas as etapas deste caminho e me incentivou quando mais precisei. Obrigada por sempre acreditares em mim desde o primeiro dia, por me limpares as lágrimas e celebrares comigo todas as minhas conquistas.

À minha avó por estar sempre presente em todas as etapas da minha vida e se orgulhar de todas as minhas conquistas.

À BIM SOURCE, LDA onde toda a equipa me integrou de uma maneira excecional e me ajudaram sempre que precisei e, em especial, ao Eng, Manuel Rodrigues que tornou não só este trabalho possível com toda a ajuda que proporcionou como também tornou esta fase motivante.

Ao meu orientador, Prof Doutor Nuno Ramos, e coorientadora Prof Doutora Inês Meireles agradeço todo o conhecimento que me transmitiram ao longo deste processo e todo o tempo que disponibilizaram para me ajudar sempre que precisei

Aos meus amigos e familiares agradeço por todo o carinho, disponibilidade e paciência ao longo deste processo.

RESUMO

Nos dias de hoje, as redes prediais de abastecimento de água quente apresentam problemas que interferem no conforto dos utilizadores e na sustentabilidade da rede. Para colmatar esses problemas foi implementada na legislação de vários países a obrigatoriedade de adoção de redes de retorno de água quente em situações, onde o comprimento da rede desde o dispositivo de produção de água quente sanitária (AQS) até ao ponto mais afastado da mesma excede o valor tabelado.

Neste contexto, ao longo da dissertação, procurou-se identificar o enquadramento regulamentar da utilização das redes de retorno de AQS e estudar a viabilidade da sua conceção e dimensionamento através da metodologia BIM. Utilizou-se como caso de estudo um projeto de um edifício multifamiliar localizado no Porto. Para as diferentes tipologias de habitação existentes no edifício, foi realizada a modelação das redes prediais de abastecimento de água e redes de retorno de AQS. Através de uma revisão bibliográfica, foram identificados e aplicados diferentes métodos de dimensionamento de redes de retorno de AQS. Este dimensionamento foi realizado com recurso às *Revit Schedules* e ao *Dynamo* que permitiram tornar o processo mais rápido e eficiente. Foi também dimensionado o aparelho de produção de água quente com recurso ao *Excel* e a bomba de retorno através da elaboração de um *script* no *Dynamo* com o objetivo de fazer uma análise energética e económica da solução.

Concluiu-se que os *scripts* criados, ajudaram no processo de dimensionamento da rede de retorno e da respetiva bomba. As ferramentas *BIM* utilizadas, contribuíram para uma maior eficiência e rapidez no processo de modelação e dimensionamento da rede. Quanto à viabilidade da conceção e dimensionamento das redes de retorno concluiu-se que, em redes onde o comprimento da tubagem até ao ponto mais distante for igual ou superior ao imposto por lei, o seu dimensionamento mostra-se importante devido ao elevado nível de desconforto para o utilizador e, aos consideráveis volumes de água desperdiçados. No entanto, em casos onde a rede tem um comprimento reduzido, os acréscimos do investimento inicial e de consumo de energia podem tornar a solução menos competitiva do ponto de vista económico.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Revit Schedules, Dynamo, Redes de retorno de AQS

ABSTRACT

Nowadays, hot water supply systems present problems that interfere in the users' comfort and in the network sustainability. To overcome these problems, it was implemented in the legislation of several countries the mandatory adoption of hot water return networks in situations, where the length of the network from the domestic hot water (DHW) production device to the furthest point of the same exceeds the tabulated value.

In this context, throughout the dissertation we sought to identify the regulatory framework for the use of DHW return systems and to study the feasibility of their design and sizing through the BIM methodology. A multifamily building project located in Porto was used as a case study. For the different housing typologies existing in the building, the water supply and DHW return networks were modeled. Through a bibliographic review, different methods for the design of DHW return water networks were identified and applied. This sizing was done using Revit Schedules and Dynamo, which allowed to make the process faster and more efficient. The hot water production unit was also dimensioned using Excel and the return pump through the development of a script in Dynamo in order to perform an energy and economic analysis of the solution.

It was concluded that the scripts created helped in the process of sizing the return network and its pump. The BIM tools used contributed to a greater efficiency and speed in the process of modeling and sizing of the network. Regarding the feasibility of the design and sizing of the return networks it was determined that, in networks where the length of the pipe to the furthest point is equal to or greater than that required by law, its sizing is important due to the high level of discomfort for the user and, the considerable volumes of wasted water. However, in cases where the network is short in length, the increased initial investment and energy consumption may make the solution less competitive from an economic point of view.

KEYWORDS: BIM, Revit Schedules, Dynamo, DHW return systems.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS I

RESUMO III

ABSTRACT V

1 INTRODUÇÃO 1

1.1. ENQUADRAMENTO 1

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO 2

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA 2

2 ESTADO DA ARTE 5

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 5

2.2. REDES DE RETORNO 8

2.2.1. CONFIGURAÇÕES DA REDE 9

2.2.2. ESTUDOS REALIZADOS 12

2.3. LEGISLAÇÃO 13

2.3.1. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA 13

2.3.2. LEGISLAÇÃO ESPANHOLA 15

2.3.3. ANÁLISE COMPARATIVA 15

2.4. CONSIDERAÇÕES ACERCA DA UTILIZAÇÃO DO BIM 16

2.4.1. MODELAÇÃO PARAMÉTRICA 16

2.4.2. NÍVEIS DE INFORMAÇÃO EM MODELOS BIM 16

2.4.3. INTEROPERABILIDADE 17

2.4.4. REVIT 18

2.4.5. REVIT SCHEDULES 19

3 METODOLOGIA 23

3.1. CASO DE ESTUDO 23

3.2. METODOLOGIA ADOTADA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO 26

3.2.1. MODELAÇÃO DA REDE 28

3.2.2. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA QUENTE 29

3.2.3. CÁLCULO DO TEMPO DE ESPERA E VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO 33

3.2.4. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE PRODUÇÃO DE AQS 36

3.2.5. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE RETORNO DE AQS 38

3.2.6. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA DE RETORNO 42

3.2.7. CUSTO DO CICLO DE VIDA 46

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 49

4.1. APRESENTAÇÃO DOS MODELOS BIM DESENVOLVIDOS 49

4.2. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS MODELOS BIM 55
4.2.1. TEMPO DE ESPERA E VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO 55
4.2.2. DIMENSIONAMENTO DA REDE 58
4.2.3. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA QUENTE 61
4.2.4. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA DE RETORNO 62
4.3. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA 67
5 CONCLUSÃO 79
5.1. CONCLUSÕES 79
ANEXOS 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Consumo de Energia Doméstica por Utilização EU [7] 5
Figura 2: Consumo de energia por tipo de fonte de energia em cada utilização, EU [7] 6
Figura 3: Consumo de Energia Doméstica por Uso Portugal [8] 6
Figura 4: Consumo de energia por tipo de fonte de energia em cada uso em Portugal [8] 7
Figura 5: Ilustração explicativa tempo de espera e volume de água desperdiçada 8
Figura 6: Esquema de princípio sistema de retorno tradicional (*Revit*) 9
Figura 7: Rede de retorno utilizando a linha de água fria 10
Figura 8: Rede de retorno utilizando termossifão 11
Figura 9:Funcionamento do sistema de retorno interno [10] 11
Figura 10: Caudais de retorno em função do material e diâmetro para canalizações plásticas [14] ... 14
Figura 11: Caudais de retorno em função do material e diâmetro para canalizações metálicas [14] .. 14
Figura 12: Níveis LOD [6] 17
Figura 13: Diferença entre processo tradicional e processo BIM [6] 17
Figura 14: Categorias da ferramenta *Plumbing* 19
Figura 15: Modelação da rede de abastecimento de água [20] 19
Figura 16: Exemplo de *Revit Schedule* 20
Figura 17: Criação de uma nova schedule 20
Figura 18: Criação de uma fórmula na schedule 21
Figura 19: Modelo 3D do edifício em estudo 23
Figura 20: Habitação tipologia T1 24
Figura 21: Planta da habitação de tipologia T2 24
Figura 22: Planta da habitação de tipologia T3 25
Figura 23: Representação 3D de habitação de tipologia T4 Duplex 25
Figura 24:Cenário exemplo de grandes dimensões. 26
Figura 25: Fluxograma explicativo da metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho 27
Figura 26: Parâmetros considerados na modelação das redes 28
Figura 27: Representação em Revit das tubagens e seus acessórios 28
Figura 28: Família das Caps (Revit) 29
Figura 29: Caudais mínimos por dispositivo de utilização [15] 29
Figura 30: Caudais de cálculo em função de caudais acumulados (conforto médio) [15] 30
Figura 31: Método de cálculo existente no *Revit* 31
Figura 32: Método segundo conforto médio 31

Figura 33: System Inspector Revit 32
Figura 34: Pipe Sizing Revit 32
Figura 35: Escolha do caminho crítico 33
Figura 36: Criação de uma nova schedule 33
Figura 37: Passos para escolha de parâmetros nas schedules 34
Figura 38: Passos para criação de fórmulas nas schedules 34
Figura 39: Aplicação de filtros nas Schedules 35
Figura 40: Organização das schedules 35
Figura 41: Passos para o dimensionamento da instalação de produção de água quente 36
Figura 42: Número de pessoas por tipologia [2] 37
Figura 43: Consumo diário de AQS por pessoa segundo Norma EN 12331-3 [2] 37
Figura 44: Código do dynamo para passo 1 39
Figura 45: Código do dynamo para passo 2 40
Figura 46: Código do dynamo para passo 3 40
Figura 47: Código do dynamo para passo 4 40
Figura 48: Código do dynamo para passo 5 41
Figura 49: Aplicação do *Script* no modelo 41
Figura 50: Criação de novo parâmetro 42
Figura 51: Denominar novo parâmetro 43
Figura 52: Exemplo de adição de novo parâmetro à família da bomba 43
Figura 53: Passo 1 - Obtenção de todos os elementos da família de retorno 44
Figura 54: Passo 2 - Obtenção e todas as bombas de retorno 44
Figura 55: Passo 3 - Seleção e filtragem da rede 44
Figura 56: Passo 4 - Filtrar tubagem da rede 45
Figura 57: Passo 5 - Cálculo da perda de carga 45
Figura 58: Passo 6 - Definição do caminho crítico 45
Figura 59: Passo 7 - Definição da altura manométrica e caudal da bomba 46
Figura 60: Planta do cenário 1 50
Figura 61: Representação 3D em Revit do cenário 1 50
Figura 62: Planta do cenário 2 51
Figura 63: Representação 3D em Revit do cenário 2 51
Figura 64: Planta do cenário 3 52
Figura 65: Representação 3D em Revit do cenário 3 52

Figura 66: Planta do cenário 4 piso superior 53
Figura 67: Planta cenário 4 piso inferior 53
Figura 68: Corte esquemático das redes de abastecimento e retorno do cenário 4 54
Figura 69: Planta do cenário 5 54
Figura 70: Representação 3D do cenário 5 55
Figura 71: Perfil de Consumo..... 61
Figura 72: Grundfos Comfort B PM [22]..... 63
Figura 73: Curva da bomba Grundfos Comfort B PM [22]..... 64
Figura 74: Grundfos UPS 25-40 N 180 [23]..... 65
Figura 75: Curva da bomba Grundfos UPS 25-40 N 180 [23] 65
Figura 76: Grundfos UPS 25-60 N 180 [24]..... 66
Figura 77: Curva da bomba Grundfos UPS 25-60 N 180 [24] 66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Análise Comparativa do Dimensionamento das Redes de Retorno 15
Tabela 2: Tempo de espera por água quente do Cenário 1 56
Tabela 3: Tempo de espera por água quente do Cenário 2 56
Tabela 4: Tempo de espera por água quente do Cenário 3 57
Tabela 5: Tempo de espera por água quente do Cenário 4 57
Tabela 6: Dimensionamento rede de retorno do cenário 1 58
Tabela 7:Dimensionamento da rede de retorno do cenário 2 59
Tabela 8:Dimensionamento rede de retorno do cenário 3 59
Tabela 9: Dimensionamento da rede de retorno do cenário 4 59
Tabela 10: Dimensionamento da rede de retorno do cenário 5 60
Tabela 11: Dimensionamento teórico do dispositivo de produção de AQS 61
Tabela 12: Características do modelo comercial escolhido a partir do volume e potência de cálculo. 62
Tabela 13: Dimensionamento da bomba de retorno para cada cenário 63
Tabela 14: Custo unitário das tubagens 67
Tabela 15: Fator de desconto do capital investido 68
Tabela 16: Fator de desconto da eletricidade 68
Tabela 17: Fator de desconto da água 68
Tabela 18: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T1 69
Tabela 19: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T2 70
Tabela 20: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T3 70
Tabela 21: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T4 70
Tabela 22: Análise de poupança na despesa anual incluindo no sistema rede de retorno 71
Tabela 23: Percentagem de água desperdiçada em cada tipologia 72
Tabela 24: Análise de sensibilidade à variação da taxa de atualização 72
Tabela 25:Análise de sensibilidade à variação da taxa de escalonamento da eletricidade 73
Tabela 26: Análise de sensibilidade à variação do consumo energético do sistema com rede de retorno 74
Tabela 27: Análise de sensibilidade à variação do custo da eletricidade 75
Tabela 28: Análise de sensibilidade à variação do custo da água 75

Tabela 29: Viabilidade das redes de retorno por parâmetro de decisão 76

SIMBOLOGIA

Ao - Custo no ano zero

B - Rugosidade

Co - Consumo diário por utente

Di - Diâmetro interior

E - Custo da energia

Ft - Calor atual do Repl

He - Coeficiente de convecção externo

Hi - Coeficiente de convecção interno

I -Investimento inicial

J - Perda de carga

l – Litros

l/s – Litros por segundo

m – Metros

m/s – Metros por segundo

N - Número de utentes

OMεTR - Valores de possíveis manutenções e reparações

PV - Valor atualizado no ano pretendido

Q - Caudal de cálculo

Qret - Caudal de retorno

Repl - Custo de eventuais substituições

Res- Custo de desmantelação

S - Secção

V - Velocidade de escoamento

W - Custo da água

ΔT - Diferença de Temperatura

SIGLAS USADAS

3D - Três Dimensões

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

AQS - Água Quente Sanitária

BIM - Building Information Modeling

DHW - Domestic Hot Water System

EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres

FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IDM - Information Delivery Manual

IFC - Industry Foundation Class

IFD - International Framework Of Dictionaries

LCC - Life Cycle Cost

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LOD - Level of Detail

MEP - Mechanical, Electrical and Plumbing

WC - Water Closet

1
INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

Ao longo dos anos, vários autores vêm identificando problemas na eficiência das redes de abastecimento de água quente. O desconforto causado pelo tempo de espera por água quente, o volume de água desperdiçado nesse intervalo e as perdas de calor na rede são exemplos dessas problemáticas que se verificam principalmente em casas mais antigas, onde o comprimento de tubagem desde o dispositivo de produção de água quente sanitária (AQS) até ao ponto mais afastado da rede é longo [1].

Numa era onde o tema da sustentabilidade é cada vez mais importante e onde são discutidas medidas para minimizar a exploração excessiva dos recursos naturais é importante uma conceção mais eficiente das redes prediais. Neste contexto, as regulamentações de vários países, como é o caso de Portugal [2] e Espanha [3], passam a obrigar a adoção de redes de retorno de água quente em redes prediais em situações, onde o comprimento da rede desde o dispositivo de produção de AQS até ao ponto mais afastado da rede excede o valor tabelado. Estas redes têm como objetivo tornar possível a recirculação da água existente nas tubagens entre os pontos de consumo e o aparelho produtor de água quente. Desta forma o utilizador tem instantaneamente acesso a água quente eliminando assim os tempos de espera e o desperdício de água que deles advêm [4]. É de notar que é necessário adotar metodologias de dimensionamento adequadas e avaliar as condições de operação em que a adoção destas redes compensa.

A metodologia BIM (Building Information Modeling) permite realizar a conceção e dimensionamento das redes de retorno de AQS através de um modelo virtual onde é realizada a modelação da rede e armazenadas diversas informações sobre todos os componentes afetos a este dimensionamento. Desta forma, o engenheiro projetista poderá fazer uma análise mais realista, o que tornará o processo mais eficiente [5]. Através da sua plataforma colaborativa é possível compatibilizar várias áreas de projeto podendo desta forma dimensionar as redes de uma forma mais precisa evitando erros e alterações futuras [5]. Devido a esta funcionalidade colaborativa, todos os envolvidos no projeto têm acesso ao modelo centralizado o que facilita a tomada de decisões e a resolução de problemas de compatibilidade de especialidades numa fase bastante preliminar [6]. O facto da metodologia *BIM* ter capacidade de aglomerar diversas informações acerca do projeto torna possível a realização de simulações tanto a nível hidráulico como de custos. Estas simulações podem ser feitas através do *Dynamo* e das *Revit* Schedules e permitem otimizar soluções e identificar problemas na rede tais como tempos de espera elevados e erros de dimensionamento.

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial na empresa BIM Source, lda onde foi fornecido o caso de estudo e transmitido todo o conhecimento acerca dos processos da metodologia *BIM* utilizados neste trabalho.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Os principais objetivos do presente trabalho são:

- Identificar o enquadramento regulamentar da utilização das redes de retorno de AQS;
- Identificar diferentes métodos de dimensionamento de redes de retorno de AQS;
- Projetar redes de distribuição de AQS com retorno com base na modelação BIM;
- Comparar os resultados da aplicação dos diferentes métodos de dimensionamento de redes de retorno de AQS;
- Comparar o custo do ciclo de vida de um sistema com rede de retorno e de um sistema sem rede de retorno;
- Discutir a viabilidade da implementação de redes de retorno de AQS em habitações de diferentes tipologias.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos distintos. O conteúdo de cada capítulo encontra-se à frente descrito:

- O Capítulo 1 tem como objetivo apresentar um enquadramento do tema em análise e definir os principais objetivos do trabalho;
- No Capítulo 2 é apresentado um enquadramento geral do consumo de energia doméstica nas habitações portuguesas e europeias, através de dados estatísticos, e avaliado o peso da energia gasta com o aquecimento de águas. Através de uma revisão bibliográfica identificou-se os problemas inerentes às redes de abastecimento de água quente e definiu-se o conceito de redes de retorno de AQS, as suas características e traçados e os objetivos da sua implementação. São também apresentados alguns artigos com estudos realizados relacionados com esta temática. Neste capítulo é também apresentado o conceito de BIM, realizada uma descrição das suas principais características e descrita a aplicação da metodologia BIM nos projetos de instalações hidráulicas.
- O Capítulo 3 apresenta o caso de estudo do presente trabalho bem como todos os cenários adotados. São também apresentadas as formulações teóricas que auxiliam a realização do dimensionamento através da metodologia BIM da rede de água quente, rede de retorno de água quente, aparelho produtor de AQS e bomba de retorno de água quente. A metodologia utilizada no cálculo do custo do ciclo de vida dos diferentes sistemas de abastecimento considerados, será também apresentada neste ponto. Será também descrita a metodologia BIM adotada no que toca à modelação e dimensionamento das redes.
- No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos no cálculo do tempo de espera por água quente e volume de água desperdiçado e feita a respetiva discussão. São apresentados também os resultados do dimensionamento das redes de retorno de AQS e dimensionamento da bomba de retorno pelos diferentes métodos nos vários cenários considerados. Comparados os resultados obtidos em cada método é avaliado o impacto dessas diferenças. Os resultados do dimensionamento do aparelho produtor de água quente estão também presentes neste capítulo e servem de apoio à análise técnico-económica do sistema com e sem rede de retorno que será rea-

lizada posteriormente para cada cenário e apresentada neste capítulo. Será possível discutir a viabilidade económica de adotar um sistema com rede de retorno de AQS, e o impacto desta escolha a nível de energia e água consumida;

- No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões retiradas da discussão dos resultados obtidos no capítulo 4. Serão também retiradas conclusões acerca da utilização da metodologia BIM no presente trabalho. A resposta aos principais objetivos do trabalho definidos na introdução estarão neste capítulo.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aquecimento de água nas habitações tem como função a satisfação das necessidades dos utentes na realização de atividades diárias tais como o banho e de lavagem de louça [4]. Para satisfazer as necessidades de aquecimento é necessário recorrer ao consumo de energia que poderá ser tanto elétrica como gás ou energias renováveis. Segundo dados estatísticos esse consumo de energia para o aquecimento de águas representa uma percentagem significativa no consumo total de energia doméstica das populações. A Eurostat[7], Serviço de Estatística da União Europeia, é responsável por publicar estatísticas a nível europeu, sendo um dos indicadores que analisam o consumo de energia doméstica. A Figura 1 representa um gráfico publicado pela Eurostat [7] onde é possível analisar a distribuição do consumo de energia doméstica por utilização na união europeia no ano de 2020. Com a sua análise conclui-se que 15,1% do consumo de energia das residências dos europeus destinava-se ao aquecimento de águas. Torna-se assim o segundo uso com maior consumo de energia sendo apenas inferior ao aquecimento ambiente em que os europeus dispõem 62,8% do seu consumo total de energia. A Figura 2, representa um gráfico também publicado pela Eurostat onde é analisado o consumo de energia por tipo de fonte de energia em cada utilização. Como podemos ver na Figura 2, no que toca ao aquecimento de águas, a grande fatia de fonte de energia utilizada na UE continua a ser o gás e a eletricidade. Apenas cerca de 10% da energia utilizada advém de energias renováveis.

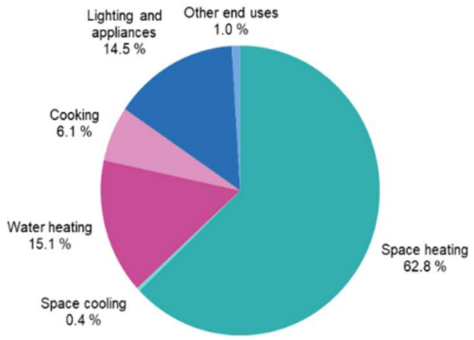


Figura 1: Consumo de Energia Doméstica por Utilização EU [7]

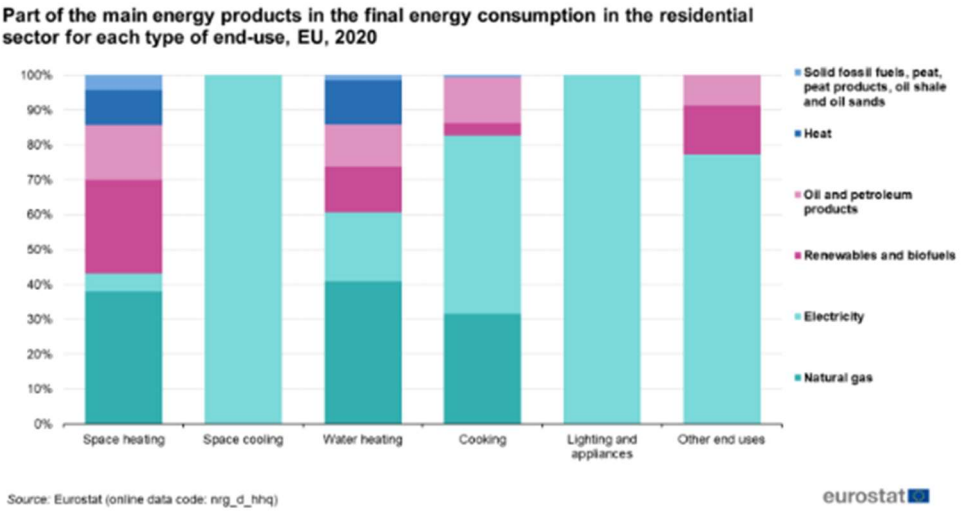


Figura 2: Consumo de energia por tipo de fonte de energia em cada utilização, EU [7]

Em Portugal, estatísticas acerca destes indicadores poderão ser encontradas nos resultados de 2020 do Inquérito ao Consumo de Energia no Setor Doméstico [8]. A Figura 3 representa um gráfico retirado deste mesmo inquérito onde é analisada a distribuição do consumo de energia doméstica por utilização em Portugal. É possível verificar que 19,7% do consumo de energia dos portugueses é destinado ao aquecimento de águas. Este é o terceiro uso que mais energia consome na casa dos portugueses, sendo apenas inferior ao consumo de energia na cozinha, 34,6%, e ao consumo de energia dos equipamentos elétricos, 19,9%. A Figura 4 representa um gráfico também retirado do Inquérito ao consumo de Energia no setor doméstico [8] onde é analisado o consumo de energia por tipo de fonte de energia em cada utilização. Como mostra a Figura 4, o gás tem uma grande expressão representando cerca de 75,5% do total de fontes de energia utilizadas. A energia renovável, solar térmico e biomassa, representa apenas cerca de 18% da energia consumida para aquecimento da água.

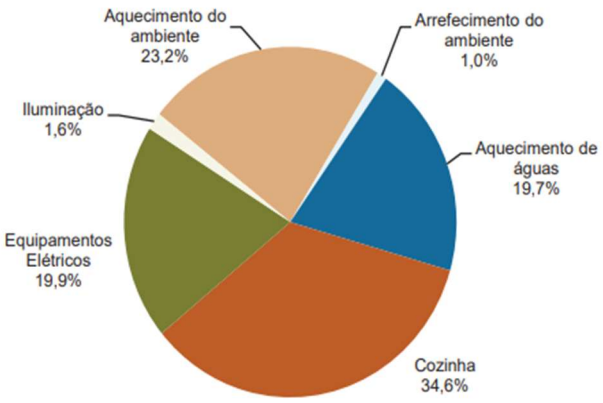


Figura 3: Consumo de Energia Doméstica por Uso em Portugal [8]

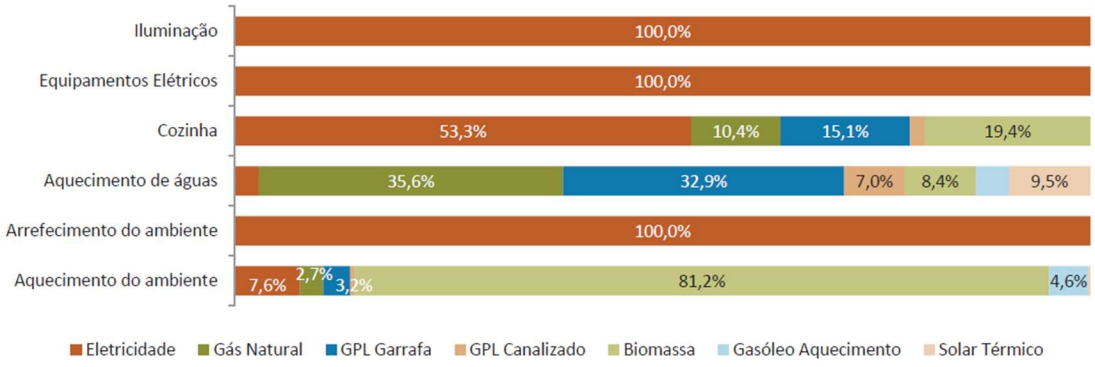


Figura 4: Consumo de energia por tipo de fonte de energia em cada uso em Portugal [8]

Conclui-se assim que em ambas as situações, o consumo de energia na preparação de AQS é uma parte significativa na fatura das populações representando uma percentagem em relação ao consumo total da energia doméstica similar nas duas situações. No caso específico de Portugal, como podemos observar na Figura 3, a energia que usamos para aquecimento do ambiente é menos de metade da média europeia devido sobretudo ao clima, localização geográfica e pobreza energética do país em questão. Por essa razão, a percentagem de consumo usado no aquecimento de águas torna-se ainda mais significativa.

É por isso importante, tanto a nível nacional como europeu, implementar medidas de melhoria da eficiência energética para diminuição das perdas de energia na rede de água quente. Desta forma, diminuir-se-á o consumo energético doméstico e aumentar-se-á a sustentabilidade da rede [1].

Em muitas casas, principalmente nas mais antigas, sofre-se com a demora da chegada da água quente aquando da abertura de uma torneira. Segundo autores como o caso de Moss e Critoph [1], esta demora deve-se ao facto do longo comprimento da tubagem de distribuição de água quente entre o ponto de distribuição e os pontos mais afastados da casa que levará a um certo desperdício de volume de água. Segundo os estudos desse autor [1], a análise realizada a 3 casas com ano de construção inferior ao ano 2000, aponta para tempos de espera por água quente que variam entre os 17 e os 47 segundos e volumes de água desperdiçados entre os 2,9 e os 5 litros [1]. Também Lutz estudou o assunto e estima que cerca de 20 por cento da água quente média diária é desperdiçada [9].

Outra razão apresentada por Moss e Critoph [1] para este tempo de espera, é o calor desperdiçado na rede. Após um consumo, a água fica parada na rede, e não havendo uma ocorrência de seguida o calor gerado no aquecimento dessa água será desperdiçado. Desta revisão bibliográfica, foi retirada a conclusão, apresentada na Figura 5, de que quanto maior for o comprimento da tubagem maior será a perda de calor e consequentemente o tempo de espera por água quente. Esta problemática do tempo de espera contribui para o aumento do desperdício de água, problema este que tem um impacto negativo tanto a nível económico como sustentável.

É por isso importante em casos de tubagens longas recorrer às redes de retorno para manter a água na tubagem a uma temperatura adequada e desta forma diminuir o tempo de espera [1].

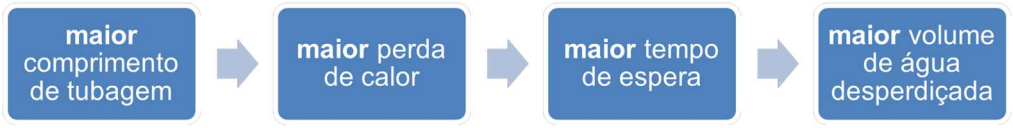


Figura 5: Ilustração explicativa do tempo de espera e volume de água desperdiçada

2.2. Redes de Retorno

A rede de circulação e retorno de AQS é um circuito fechado que tem como objetivo manter a água quente em constante circulação na rede [1]. Posto isto, as redes de distribuição com retorno apresentam uma mais valia pois permitem assegurar uma resposta imediata e permanente de água quente no dispositivo de utilização sempre que solicitado [4]. Desta forma são evitados desperdícios de água que outrora aconteceriam no intervalo de espera por água quente [4]. Devido ao seu impacto positivo na eficiência hídrica estes sistemas integram-se dentro da política dos 5R's desta eficiência (Reduzir os consumos, Reduzir as perdas e desperdícios, Reutilizar a água, Reciclar a água e Recorrer a origens alternativas) mais precisamente no segundo R [10].

Segundo o Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água [4] estas redes são normalmente utilizadas em unidades coletivas como hotéis e hospitais. Contudo, devido às problemáticas anteriormente referidas, nomeadamente, tempo de espera, perda de calor e desperdício de água já existem estudos que pretendem avaliar a conceção destas redes em habitações. Também foram publicadas várias legislações que impõem o uso destas redes nas habitações em algumas situações. Tanto no caso português (Portaria 138-I/2021) [2] como no espanhol (Documento Básico HS) [3] é imposta a obrigatoriedade de implementação da rede de retorno quando o comprimento da tubagem até ao ponto mais distante da rede for igual ou superior a 15 metros. Nos restastes casos será necessária uma avaliação de viabilidade de implementação destas redes por parte do engenheiro projetista. Segundo o Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água [4] dever-se-á encontrar soluções onde se obtenham traçados que possibilitem a minimização das perdas de carga. Deverá também ser tido em conta que o tempo de espera não deve ultrapassar os 10 segundos para um nível de conforto médio e os 30 segundos se for considerado um nível de conforto mais baixo [10].

As redes de circulação e recirculação de AQS podem apresentar várias configurações. A mais usual é a apresentada na Figura 6, tratando-se do método denominado de tradicional. Existem ainda outras variações deste sistema tais como o sistema de retorno utilizando a linha de água fria, o sistema de retorno com termossifão e o sistema de retorno interno [10].

No que toca ao funcionamento, estes circuitos poderiam estar em funcionamento 24 horas por dia, contudo iria existir uma perda de calor durante o período sem uso que poderia ser evitada. Já com esta preocupação a legislação portuguesa [2] impõe a disposição de um mecanismo de controlo horário para minimizar o consumo de energia. O mecanismo adotado poderá ser o controlo da bomba por um temporizador para que apenas haja recirculação em alturas do dia em que seja necessária água quente [1]. Segundo Moss, um sistema incorporado para diminuir as perdas de calor durante os períodos fora de uso necessitaria apenas de um período de aquecimento de 2 horas em cada manhã [1].

2.2.1. CONFIGURAÇÕES DA REDE

2.2.1.1. Sistema de Retorno Tradicional

A Figura 6 apresenta o esquema de funcionamento da rede de circulação e retorno de AQS do sistema tradicional realizado com recurso ao *Revit*. Neste esquema a rede com cor laranja representa a rede de retorno, a de cor vermelha a rede de distribuição de água quente e a cor azul a rede de distribuição de água fria. A água fria entra no depósito onde é aquecida até uma temperatura mínima de 50ºC, de forma a prevenir o aparecimento de bactérias como a Legionella [2] e é encaminhada pela rede de distribuição de AQS a uma temperatura definida pelo utilizador. Segundo a EPAL, recomenda-se que a temperatura definida pelo utilizador tenha um mínimo de 38ºC [2]. O sistema de distribuição contém uma rede de retorno que encaminha a água não utilizada até ao depósito através da bomba situada perto do mesmo. A água chega a uma temperatura controlada pela válvula de controlo da temperatura implementada na rede e será misturada com a água do depósito para ser novamente encaminhada pela rede de distribuição [10].

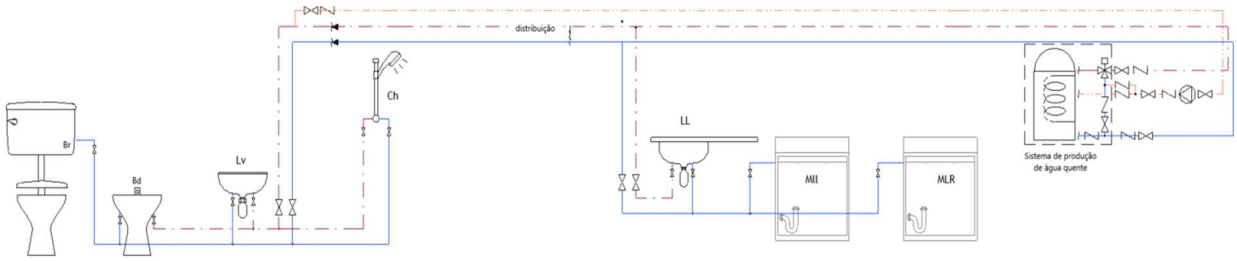


Figura 6: Esquema de princípio sistema de retorno tradicional (*Revit*)

2.2.1.2. Rede de retorno utilizando a linha de água fria

Nesta configuração a rede de retorno está ligada à linha de água fria existente através de uma válvula misturadora [2]. Este sistema é também apoiado por uma bomba de recirculação, contudo, ao contrário do método mais tradicional a bomba usada situa-se junto ao dispositivo de utilização do caminho crítico. Esta bomba de recirculação necessita de uma baixa energia e por isso este sistema funciona apenas alguns segundos [10] o que se torna uma vantagem pois diminui o consumo energético. Este sistema tem ainda a vantagem de poder ser utilizado em instalações existentes onde não esteja implementado o retorno para criar uma circulação de AQS [10]. O esquema de funcionamento desta configuração é apresentado na Figura 7 e foi realizado com recurso ao Revit.

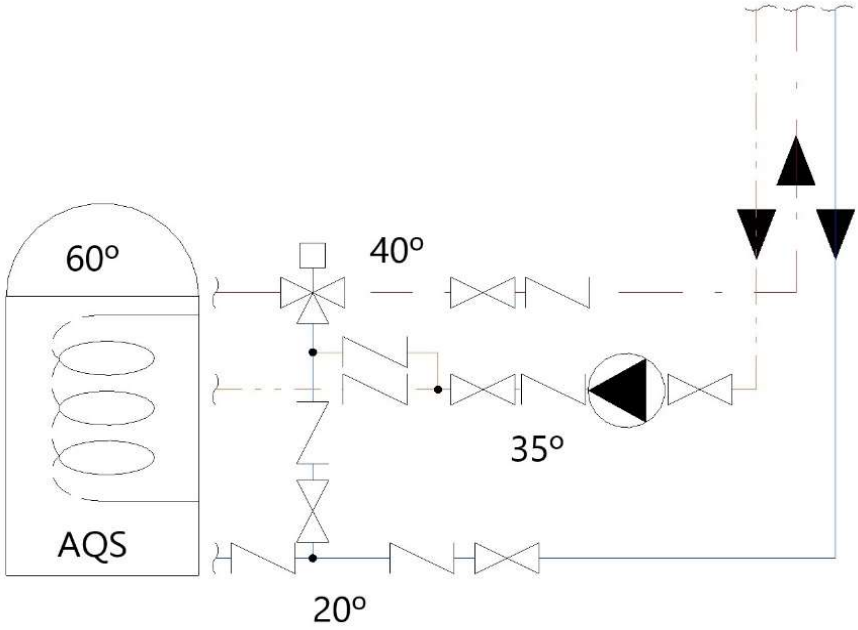


Figura 7: Rede de retorno utilizando a linha de água fria

2.2.1.3. Rede de retorno com termossifão

Uma das possíveis configurações das redes de retorno é utilizar um sistema com termossifão. Neste caso existe a possibilidade de dispensa da bomba o que torna o custo de investimento inferior. A água percorre as tubagens desde o aparelho produtor até à central, sendo que quando esta água não é utilizada existe um retorno da mesma até ao dispositivo de produção de AQS [10]. A Figura 8.representa o esquema de princípio desta configuração realizado com recurso ao Revit fornecido pela empresa BIM Source, Lda.

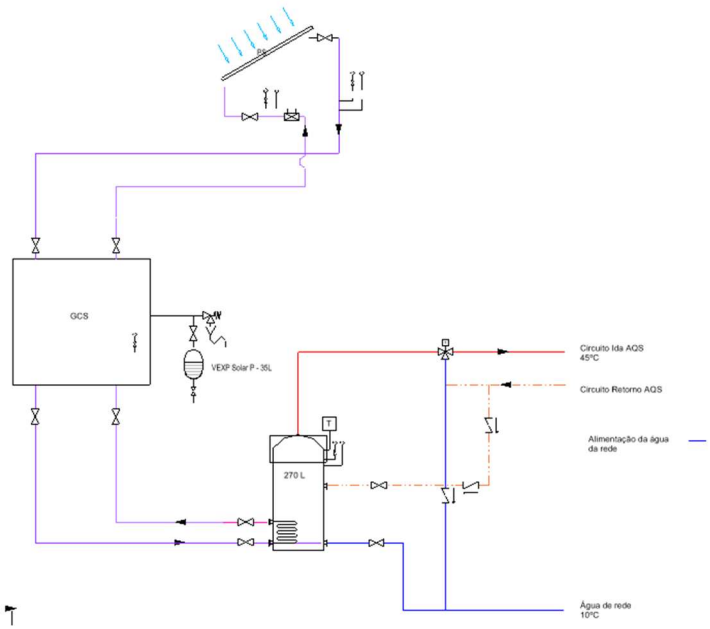


Figura 8: Rede de retorno utilizando termossifão

2.2.1.4. Sistema de retorno interno

Este sistema nasceu dos estudos realizados por algumas empresas, como é o caso da empresa alemã Viega. O retorno interno consiste na colocação de um tubo no interior da tubagem do sistema de abastecimento de água quente que tem como função realizar a recirculação da água [10]. Este é um sistema mais limitativo pois apenas pode ser implementado em edifícios com um máximo de 6 pisos [10]. A Figura 9 representa o esquema de funcionamento deste sistema.

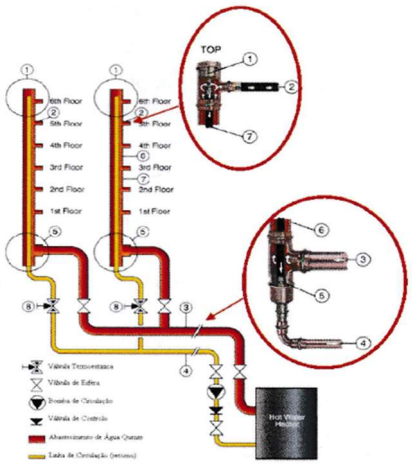


Figura 9:Funcionamento do sistema de retorno interno [10]

2.2.2. Estudos Realizados

Ao longo dos anos foram realizados vários estudos acerca das redes de abastecimento de água quente. Quanto às redes de circulação e retorno ainda não existem muitos artigos que discutam e analisem este tema.

Moss e Critoph [1] publicaram um artigo denominado de " Optimisation of a recirculating domestic hot water system to minimise wait time and heat loss". Tal como o título indica, o grande foco deste artigo será o estudo da otimização das redes de retorno em redes domésticas para diminuir os tempos de espera e as perdas de calor. Para tal, os autores determinaram experimentalmente o tempo de espera por água quente em três casas distintas. Concluíram que o tempo de espera nestas situações estará entre os 17s e os 47s e o volume de água desperdiçado nestes intervalos de tempo varia 2,9 litros e os 5 litros. De seguida indicaram três possíveis opções para a redução deste tempo de espera: implementação de um sistema com uma bomba de reforço para aumentar a pressão na rede de água quente, utilizar um sistema com acumulador de calor total que pode fornecer água instantânea ou implementação de um sistema com bomba de circulação para que a água esteja em contante circulação na rede e desta forma haja um fornecimento imediato assim que necessário. Moss e Critoph [1] implementaram métodos analíticos como o "Método das Linhas" utilizando o *Matlab* e realizaram simulações para a otimização da distribuição do caudal e isolamento recorrendo ao mesmo programa. Concluíram com este trabalho que em novas construções as casas estariam melhor servidas por um sistema de recirculação em relação às outras opções indicadas.

Benakopoulos [11] publicou um artigo denominado de "Overview of solutions for the low-temperature operation of Domestic Hot-Water Systems with circulation Loop" onde o seu principal objetivo é estudar estratégias para o funcionamento a baixa temperatura de novas soluções de AQS. Os autores [11] apresentaram diferentes cenários de redes de distribuição AQS com circulação de água quente através de métodos baseados em cálculos de balanços energéticos. Através dos métodos utilizados chegaram a três soluções recomendadas:

1. Limitação da potência de aquecimento dos depósitos de AQS em períodos de reaquecimento alargados.
2. Redireccionamento do caudal de retorno do sistema de AQS para o sistema de aquecimento ambiente de baixa temperatura.
3. Utilização de uma bomba de calor com micro-reforço.

Bohm [12] no seu artigo " Production and distribution of domestic hot water in selected Danish apartment building and institutions. Analysis of consumption, energy efficiency and the significance for energy design requirements of buildings" estudou os sistemas de distribuição de AQS de forma a encontrar soluções que melhorassem a sua eficiência energética. Para tal o autor [12] efetuou medições em 13 edifícios de habitação multifamiliar para obter resultados acerca das perdas de calor na rede de circulação e da eficiência energética do sistema de AQS. Concluiu-se assim, que a maior parte da energia para AQS se perde na rede de circulação, entre 13% a 70% de perdas de calor. Com a implementação de novos tubos de circulação conseguir-se-ia diminuir cerca de 40% das perdas de calor.

No artigo "Water and energy saving from on-demand and hot water recirculating systems", Randi Brazeau e Marc Edwards [13] expuseram o estudo realizado acerca da eficiência energética dos sistemas elétricos de recirculação de água quente e sistemas de água quente instantânea. Para tal, foram considerados três cenários: sistema com depósito e recirculação de água, sistema com depósito e sem recirculação de água e ponto de utilização a pedido, sem armazenamento e sem recirculação de água quente. Foi realizada uma análise comparativa, entre o sistema com depósito sem recirculação de água quente (sistema *standard*) e os outros dois cenários considerados, contudo para o presente trabalho o

foco estará nas conclusões acerca do sistema de recirculação de água quente. Para a comparação estudada foram considerados dados relativos à eficiência energética em várias condições de funcionamento, os impactos globais na procura da água e o conforto do consumidor medidos pelos perfis de temperatura de água fornecida. A investigação foi também efetuada com base em quatro padrões de utilização de água: utilização elevada, utilização reduzida, temperatura elevada e temperatura reduzida. Os autores concluíram que o sistema *standard* funcionou com uma eficiência energética de 32-36% superior comparativamente ao sistema com recirculação de água quente. No que toca ao sistema de recirculação existe uma poupança de água em relação ao sistema standard, contudo existe um aumento do consumo de energia de 4-5 KWh por dia. Foram estudados diferentes perfis de temperatura e verificou-se um aumento de cerca do dobro do consumo de energia no sistema com retorno em comparação com o *standard* para um funcionamento a 60ºC (temperatura elevada) com utilização reduzida, como o considerado no presente trabalho. Concluíram também que o funcionamento a 49ºC (baixa temperatura) gasta menos 12-40% de energia comparativamente ao funcionamento a 60ºC (alta temperatura). Os autores consideram também importante a existência de mais investigação nesta área, de forma a se compreender melhor o aquecimento da água no contexto água-energia.

2.3. LEGISLAÇÃO

2.3.1. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

A regulamentação Portuguesa aborda a presente temática de redes de circulação retorno de AQS na Portaria 138-I/2021 [2]. Nesta estão descritos um conjunto de requisitos a cumprir nos sistemas de preparação de AQS dos edifícios novos ou renovados.

Segundo as alíneas f), e), g) dispostas no ponto 3.3 Anexo II da Portaria 138-I/2021 é obrigatória a instalação de uma rede de circulação e retorno de AQS em redes onde o "comprimento da canalização de distribuição entre o aparelho gerador e acumulador e o dispositivo terminal mais afastado for superior a 15 metros" [2]. Contudo esta instalação pode ser dispensada quando existam dispositivos que "anulem os tempos de espera pela AQS ou o seu desperdício durante esse período" [2].

Considerando agora o ponto nº3.6 Anexo II da Portaria 138-I/2021 salienta-se a recomendação da instalação na rede de circulação e retorno de " mecanismos de controlo horário com vista a minimizar o consumo de energia durante os períodos de não utilização" [2].

Está também disponível um documento da ANQIP com a proposta de revisão do Regulamento Geral dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem. É de mencionar que este regulamento ainda não se encontra em vigor, contudo contém requisitos complementares aos mencionados na Portaria. Nesta linha é proposto o seguinte para redes de retorno de AQS[14]:

- Preferencial desenvolvimento paralelo à rede de distribuição de água quente sanitária.
- O diâmetro mínimo recomendado em circuitos de retorno é de 18 mm, admitindo-se um diâmetro mínimo de 15 mm em canalizações cuja extensão não ultrapasse os 15 metros.
- No dimensionamento de circuitos de retorno deve considerar-se uma perda de temperatura máxima de 5ºC entre o acumulador de água quente sanitária e o dispositivo mais desfavorável.
- Os diâmetros nos circuitos de retorno devem ser estabelecidos de modo que a velocidade não exceda 1,0 m/s, recomendando-se o valor de 0,2 m/s nos pequenos diâmetros e 0,5 m/s para grandes diâmetros.
- Nos sistemas em que as linhas de retorno seguem um traçado paralelo às linhas de distribuição de água quente, embora com escoamento em sentido inverso, pode estimar-se em cada linha um caudal de retorno de 5% do caudal de alimentação da linha paralela de água quente, po-

dendo os diâmetros do retorno ser fixados de acordo com as relações indicadas nas tabelas da Figura 10 e Figura 11:

Tabela 19 – Caudais de recirculação em função do material e do diâmetro exterior (d_e) para canalizações plásticas

Diâmetro exterior nominal (d_e) da canalização (mm)	Caudal máximo de recirculação (l/h) em função do material da canalização			
	PVC-C	Multicamada	Polibutileno	Polipropileno
15/16	90	80	90	60
18	-	130	-	-
20	170	150	120	110
25/26	340	330	340	150
32	590	590	590	370
40	910	1120	1100	620
50	1950	2070	1960	1140

Figura 10: Caudais de retorno em função do material e diâmetro para canalizações plásticas [14]

Tabela 18 – Caudais de recirculação em função do material e da dimensão nominal (DN) ou do diâmetro exterior (d_e) para canalizações metálicas

Diâmetro exterior (d_e) da canalização (mm)	Diâmetro nominal (mm)	Caudal máximo de recirculação (l/h)	Dimensão nominal (DN) da canalização	Caudal máximo de recirculação (l/h)
		Aço inox ou cobre		Aço galvanizado
15	DN 10	90	DN 15	140
18	DN 15	140	DN 20	300
22	DN 20	250	DN 25	600
28	DN 25	520	DN 32	1100
35	DN 32	890	DN 40	1800
42	DN 40	1560	DN 50	3300
54	DN 50	3000		

Figura 11: Caudais de retorno em função do material e diâmetro para canalizações metálicas [14]

2.3.2. LEGISLAÇÃO ESPANHOLA

Segundo o modelo espanhol, a rede de distribuição de água quente deve estar equipada com uma rede de retorno quando o comprimento da tubagem até ao ponto mais distante for igual ou superior a 15m.[3] Esta deve cumprir os seguintes requisitos [3]:

- Instalação paralela à rede de distribuição de água quente.
- Deve ser constituída por um coletor de retorno e colunas de retorno. Cada coletor pode recolher todas ou várias das colunas de fluxo que têm a mesma pressão.
- Exceto em habitações unifamiliares ou pequenas instalações deve ser fornecida uma bomba de recirculação dupla.
- Nas distribuições principais, as tubagens e respetivas ancoragens devem ser dispostas de modo a expandirem-se livremente, de acordo com as disposições do Regulamento das Instalações Térmicas em Edifícios e Instruções Técnicas Suplementares ITE para redes de aquecimento.
- Em secções retas, deve ser considerada a expansão linear do material, prevendo, se necessário, juntas de dilatação, em conformidade com necessário, cumprindo para cada tipo de tubo as distâncias especificadas no Regulamento das Instalações Térmicas em Edifícios.
- A perda de temperatura tem um máximo de 3ºC desde a saída do acumulador até ao ponto mais afastado.
- A recirculação mínima ser de 250l/h em cada coluna.
- O caudal de retorno é estimado empiricamente considerando que no mínimo 10% da água de abastecimento entra no ciclo de recirculação.
- O diâmetro interior mínimo da tubagem de retorno ser de 16mm.

2.3.3. ANÁLISE COMPARATIVA

Numa análise preliminar conclui-se que a legislação espanhola é mais extensa. Em comparação com Espanha, Portugal tem menos legislação em vigor no que toca às redes de retorno sendo estas apenas abordadas na Portaria 138-I/2021 [2]. A proposta de revisão do Decreto de Lei 23/95 [15] publicado para revisão pela ANQIP em 2017 vem complementar a Portaria com informações sobre o dimensionamento da rede, contudo, ainda não se encontra em vigor, pelo que pode apenas ser considerado como uma recomendação de boas práticas. Em boa verdade, apenas temos informação à cerca das condições para instalação da rede de retorno, imposição de mecanismos de controlo horário e um conjunto de recomendações de boas práticas lançadas pela EPAL no seu Manual da Redes Prediais[16] e pelo LNEC no Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água[4].

A Tabela 1 compara alguns pontos importantes no dimensionamento destas redes aplicando a legislação e boas práticas de cada país acima analisado.

Tabela 1: Análise Comparativa do Dimensionamento das Redes de Retorno

	Espanha	**Portugal**
Comprimento da tubagem até ponto + afastado	15m	15m
Perda de temperatura na tubagem	3ºC	5ºC
Diâmetro mínimo recomendado	16mm	18mm
Velocidade	-	<1m/s
Caudal de retorno	10% caudal de alimentação	5% linha de água quente paralela

Comparando os valores apresentados na Tabela 1, conclui-se que os parâmetros analisados são similares nos dois países. Os valores tabelados para a perda de temperatura na tubagem são de 3ºC em Espanha e 5ºC em Portugal. Já no diâmetro mínimo recomendado é possível verificar uma diferença de um diâmetro comercial de 16mm na legislação espanhola, enquanto que na legislação portuguesa é recomendado um diâmetro de 18mm. Tanto em Portugal como em Espanha, é verificado que para o cálculo do caudal de retorno, é recomendado fazer uma estimativa desse valor em relação ao caudal de alimentação da rede de distribuição de água quente, sendo que neste caso as diferenças já são mais evidentes, visto que a recomendação da percentagem de caudal de alimentação considerado no caudal de retorno é duas vezes superior na legislação espanhola comparativamente com a legislação portuguesa.

2.4. CONSIDERAÇÕES ACERCA DA UTILIZAÇÃO DO BIM

BIM (Building Information Modeling) define-se como uma tecnologia de modelação que tem associados um conjunto de processos que visam produzir, comunicar e analisar modelos de construção [5]. Durante o projeto é desenvolvido um modelo virtual do edifício que permite aos projetistas uma melhor análise do modelo comparativamente com processos distintos [17]. Após a conclusão da modelação, estes modelos apresentam uma geometria precisa e contêm dados que permitem realizar o acompanhamento de todas as fases da construção de um edifício [17].

Existem várias vantagens que é possível enumerar no que toca à adoção de tecnologia BIM [5]:

- Visualização mais exata do modelo;
- Colaboração de várias disciplinas de conceção desde a fase inicial do projeto;
- Extração de estimativas de custos durante a fase de conceção;
- Descobrir e eliminar erros e omissões do projeto antes da construção;
- Realizar alterações de forma mais rápida.

2.4.1. MODELAÇÃO PARAMÉTRICA

A modelação paramétrica define-se como a representação de objetos através de parâmetros e regras que determinam a geometria e algumas propriedades não geométricas do objeto [17]. Esses parâmetros podem ser expressões que se relacionam com os objetos para que sempre que necessário se atualizem de acordo com o controlo do utilizador e com o contexto [17].

2.4.2. NÍVEIS DE INFORMAÇÃO EM MODELOS BIM

Os modelos BIM são constituídos por dados gráficos tais como a geometria e a forma, e dados não gráficos tais como os requisitos de desempenho. O Nível de Desenvolvimentos (LOD) é o termo utilizado para descrever quais os dados gráficos e não gráficos que o objeto necessita de conter [18]. Na Figura 12, retirada do livro *BIM and Construction Management* [6], estão representados os diferentes níveis de detalhe de um objeto e como esse nível de detalhe se relaciona com a qualidade do conteúdo do modelo. Ao analisar a Figura 12 é possível identificar cinco níveis *LOD* distintos sendo o primeiro nível o que apresenta um nível de detalhe menor e o último nível o que apresenta um maior nível de detalhe.

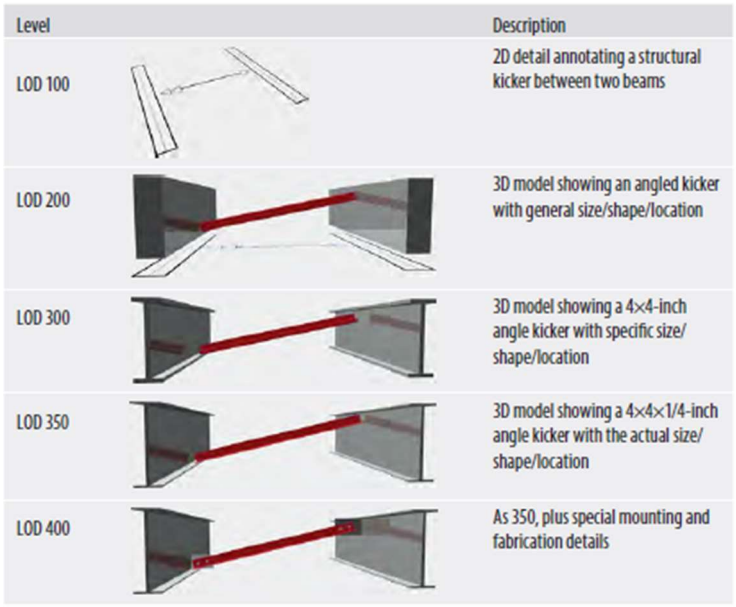


Figura 12: Níveis LOD [6]

2.4.3. INTEROPERABILIDADE

Uma das componentes fundamentais do BIM é o facto de funcionar como uma base de dados onde as informações são partilhadas com todos os intervenientes do processo [6]. Este é um ponto a favor do BIM em relação ao processo tradicional pois evita perdas de informação ao longo do projeto. A Figura 13 exemplifica a diferença entre o processo tradicional e o processo BIM. No caso do processo tradicional terá de existir uma constante migração de ficheiro ao longo das fases do processo e por sua vez uma constante cópia manual de dados parciais do projeto[17]. Este processo manual pode conduzir a erros, e em certos casos desencorajar a interação durante a conceção do projeto. Já no caso do processo BIM existirá uma interoperabilidade que consiste na capacidade de transmitir os dados gerados em cada espacialidade e fase do projeto entre várias aplicações [17]. Desta forma será eliminada a necessidade de inserir novamente os dados manualmente que já foram gerados noutra aplicação.

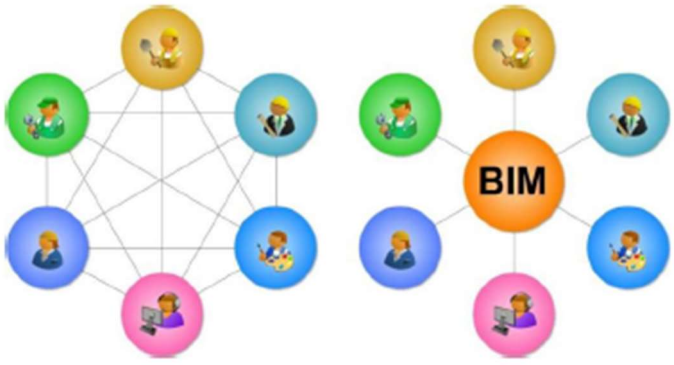


Figura 13: Diferença entre processo tradicional e processo BIM [6]

A *buildingSMART* fornece ao sector da construção um conjunto de normas que permitem a interoperabilidade no BIM [18]. Nessas normas encontram-se estandardizados um conjunto de formatos que permitem o intercâmbio de dados (IFC), o processo do intercâmbio dos dados *(IDM)* e o mapeamento da terminologia (IFD).

A *Industry Foundation Class (IFC)* consiste num formato de dados aberto que permite o intercâmbio dos dados. Um ficheiro IFC resulta da exportação de uma ferramenta BIM, que se pretende importar para outra aplicação BIM e é usado para descrever os dados e geometria do modelo [5] . Existem várias versões deste modelo, sendo que a mais recente é o IFC4, uma evolução do IFC2x3.

O *Information Delivery Manual (IDM)* é também um formato normalizado pela *buildingSMART* para o processo de intercâmbio adequado da informação durante o ciclo de vida da construção [18]. Este tem como objetivo garantir que toda a informação necessária é comunicada e devidamente interpretada pelo software.

O *International Framework for Dictionaries (IFD)* serve como acordo da terminologia utilizada [18]. Traduz-se como as normas desenvolvidas para especificar produtos de construção para que possam ser usados em diferentes aplicações tais como a estimativa de custos e a análise energética [17].

2.4.4. REVIT

As plataformas BIM podem ser utilizadas de diversas formas dependendo da especialidade em questão.

A plataforma *Autodesk Revit* será o *software* utilizado no presente trabalho pelo que será a plataforma analisada neste ponto. O *Autodesk Revit* é formado por uma família de produtos: *Revit Architecture, Revit Structure* e *Revit MEP.* Este software fornece uma interface fácil de utilizar com menus bem organizados. Suporta também o desenvolvimento de novos objetos e a personalização de objetos já definidos [17].

Revit MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) diz respeito à conceção dos sistemas mecânicos, elétricos e de instalações hidráulicas. No que toca à conceção e dimensionamento de instalações hidráulicas o *Revit MEP* é capaz de [17]:

- Modelação de tubagens;
- Dimensionamento automático das tubagens;
- Cálculo de pressões na rede.

As ferramentas da secção *Plumbing* são as mais importantes para a análise deste trabalho. Estas podem ser agrupadas nas seguintes categorias representadas na Figura 14 [19]:

- Pipe: ferramenta que permite a criação e modelação de tubagens
- Pipe Fittings: ferramenta que permite mudar a direção da tubagem;
- Pipe Accessory: Acessórios da rede tais como válvulas de seccionamento e retenção;
- Plumbing Fixtures: equipamentos que são colocados no final dos troços.

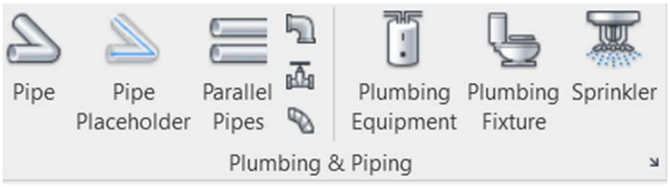


Figura 14: Categorias da ferramenta *Plumbing*

Os autores de " The use f BIM-based tools to improve collaborative building projects" [20] pretendem demonstrar os benefícios da utilização de metodologia BIM associada à conceção e construção de um edifício. Para tal foi criado um modelo virtual com todas as especialidades necessárias. A especialidade que interessa analisar no presente trabalho é o projeto de instalações prediais. Na investigação são referidos os passos seguidos para o dimensionamento das redes de abastecimento de água:

1. Carregar as famílias de tubagens e estabelecer as preferências de traçado.
2. Modelar as tubagens e ligar os sistemas com as saídas dos aparelhos.

A Figura 15 representa a modelação da rede de abastecimento de água apresentada no artigo em questão.

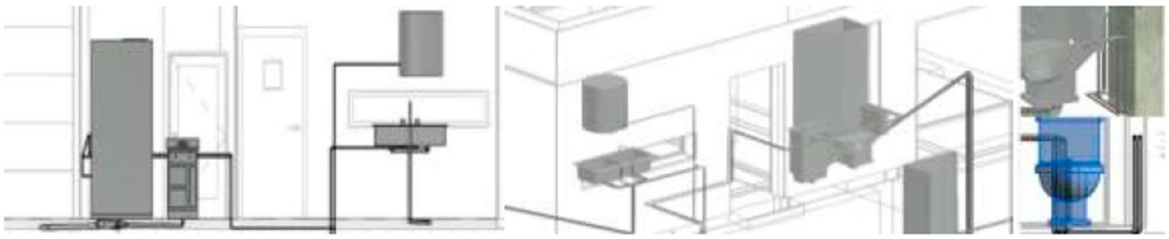


Figura 15: Modelação da rede de abastecimento de água [20]

Os autores concluíram que uma das grandes vantagens observadas, foi a possibilidade de sobrepor os diferentes modelos eliminando possíveis conflitos. No que toca ao abastecimento de águas, concluíram que o menu relativo ao *MEP* tem a capacidade de definir percursos de tubagens otimizados e permite o trabalho com tolerâncias em milímetros evitando assim erros e incompatibilidades ao longo da construção do edifício.

2.4.5. REVIT SCHEDULES

As *schedules* são tabelas que se encontram dentro do *Revit* e podem ser utilizadas como auxiliares no dimensionamento e no processo de contagem de quantidades [19]. As alterações que se realizar no modelo (alteração de diâmetro da tubagem, caudal, comprimento, etc.) irão refletir-se na *schedule,* que será automaticamente modificada também. Este processo poderá ser também inverso, ou seja, a modificação ser nas schedules e refletir-se no modelo. A Figura 16 representa um exemplo de uma *schedule* realizada no *Revit* no presente trabalho. Os dados de entrada serão todos os parâmetros necessários à análise que se pretende fazer. Caso esses parâmetros não estejam definidos no modelo poder-se-á criar novos aos quais é possível associar fórmulas de cálculo. Os resultados presentes na *schedule* representam os valores obtidos após a realização dos cálculos pretendidos. No caso da Figura 16, os dados de entrada são os diâmetros, a temperatura, o comprimento da tubagem (*length*), o caudal (*flow*) e a velocidade (*velocity*). Os resultados obtidos através de cálculos envolvendo os dados de entrada referidos são a perda de calor e o caudal de retorno.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura amb	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Qa (l/h)	Qretorno (l/s)	Diameter	Velocity
RA_AguaQuente RA_Q 7													
1	0.14	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.03	0.21	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
2	0.02	0.696 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	0.25	0.05	0.0000	40.00 mm	0.8 m/s
8	0.03	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.31	0.06	0.0000	32.00 mm	0.7 m/s
12	0.07	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.50	0.10	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
15	0.06	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.49	0.10	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
17	0.08	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.64	0.13	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
19	0.08	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.88	0.18	0.0000	32.00 mm	0.6 m/s
20	0.02	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	0.20	0.04	0.0000	20.00 mm	1.5 m/s
25	0.07	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	0.57	0.11	0.0000	20.00 mm	1.5 m/s
30	0.08	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.88	0.18	0.0000	32.00 mm	0.7 m/s
32	0.02	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.13	0.03	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
35	0.07	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.56	0.11	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
37	0.05	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.36	0.07	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
39	0.08	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	0.82	0.16	0.0000	26.00 mm	0.9 m/s
41	0.10	0.150 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	0.81	0.16	0.0000	20.00 mm	0.8 m/s
42	0.11	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.83	0.17	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
1	0.65	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	4.92	0.98	0.0003	16.00 mm	1.0 m/s
4	0.07	0.718 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	0.97	0.19	0.0001	40.00 mm	0.8 m/s
5	0.32	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	17.05	2.74	0.55	0.0002	20.00 mm	1.5 m/s
12	0.19	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	1.43	0.29	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
15	0.17	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	1.26	0.25	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
17	0.47	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.56	0.71	0.0002	16.00 mm	1.0 m/s
21	0.11	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.21	0.0001	26.00 mm	0.9 m/s
26	0.11	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.21	0.0001	26.00 mm	0.9 m/s
31	0.18	0.455 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	2.01	0.40	0.0001	32.00 mm	0.9 m/s
32	0.19	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	1.43	0.29	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
33	0.17	0.200 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.75	0.35	0.0001	26.00 mm	0.6 m/s
35	0.47	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.52	0.70	0.0002	16.00 mm	1.0 m/s
37	0.35	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.66	0.53	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
42	0.42	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.15	0.63	0.0002	16.00 mm	1.0 m/s
2	0.29	0.696 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	3.85	0.77	0.0002	40.00 mm	0.8 m/s

Figura 16: Exemplo de *Revit Schedule*

Como referido no livro BIM and Construction Management [6] é possível a criação de uma *schedule* do zero onde apenas são adicionados os parâmetros necessários à análise. Para tal é necessário selecionar o menu *Schedule/Quantities* e abrir a nova folha como representado na Figura 17. Poder-se-á recorrer à listagem de parâmetros existentes e selecionar os que mais se adequem à *schedule* que se pretende criar. Caso seja necessário realizar um cálculo adicional, poder-se-á criar fórmulas como mostra a Figura 18.

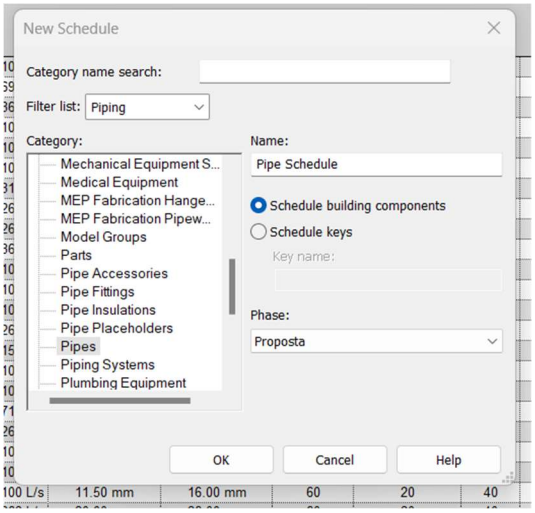


Figura 17: Criação de uma nova schedule

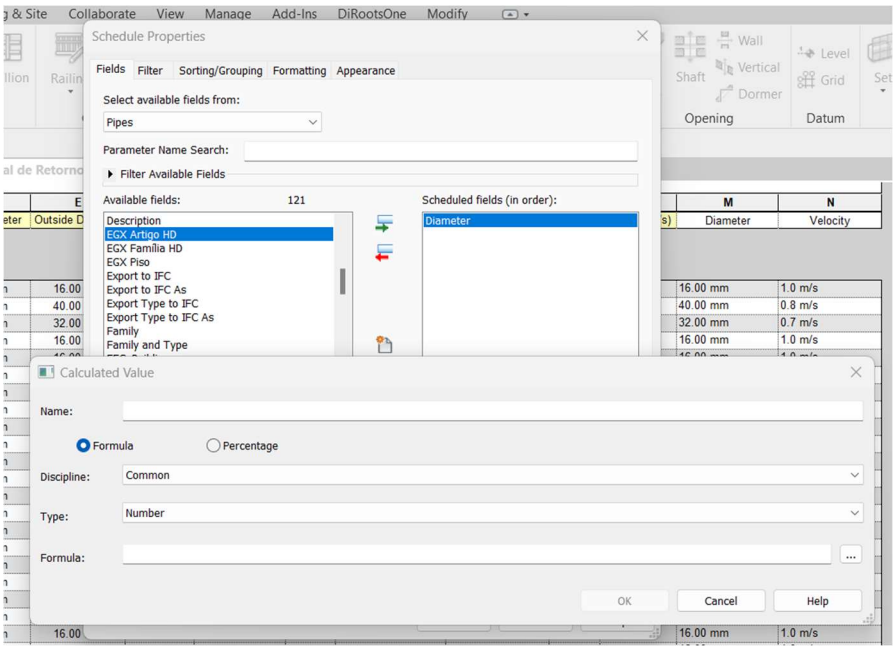


Figura 18: Criação de uma fórmula na schedule

3

METODOLOGIA

3.1. CASO DE ESTUDO

O caso de estudo escolhido para o desenvolvimento deste trabalho foi um edifício multifamiliar de 11 andares situado na zona do Porto. Este edifício é constituído por apartamentos de tipologias T1, T2, T3 e T4 Duplex. O modelo BIM onde consta o projeto de arquitetura e de estruturas deste edifício foi fornecido pela empresa BIM Source, Lda bem como o seu mapa de tarefas e quantidades para posterior auxílio no cálculo dos custos das tubagens modeladas. Na Figura 19 consegue-se visualizar a vista 3D extraída do Revit do edifício em questão.

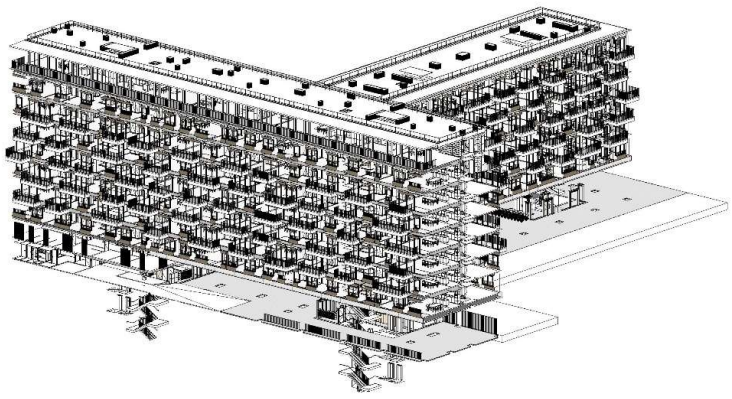


Figura 19: Modelo 3D do edifício em estudo

Com vista a realizar-se uma análise estruturada da viabilidade das redes nas várias tipologias do edifício foram criados os seguintes cenários:

Cenário 1: Habitação de tipologia T1

A planta da habitação de tipologia T1 encontra-se representada na Figura 20. No que toca às divisões da habitação, importantes para o estudo, esta tem na sua constituição uma cozinha e um WC, locais onde se encontrará grande parte da rede de abastecimento que será modelada.

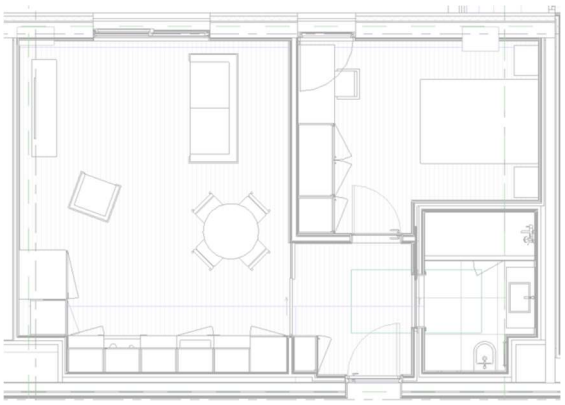


Figura 20: Habitação tipologia T1

Cenário 2: Habitação com tipologia T2

A habitação de tipologia T2 está representada na Figura 21. Esta é constituída por uma cozinha e dois WC's. Estas divisões encontram-se dispostas de forma sequencial e será nelas onde se centrará grande parte da rede de abastecimento modelada.

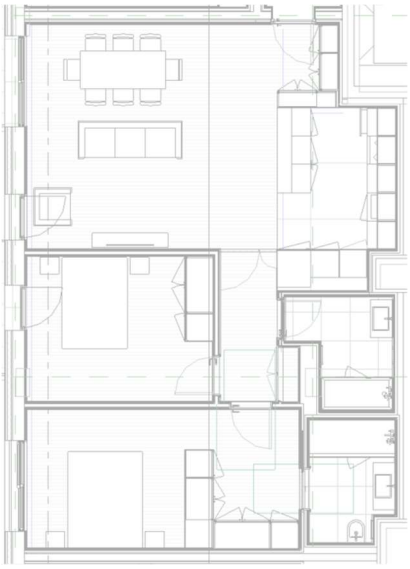


Figura 21: Planta da habitação de tipologia T2

Cenário 3: Habitação com tipologia T3

A habitação de tipologia T3 está representada na Figura 22. Esta tipologia é constituída por uma cozinha e três WC's sendo um deles parte da suite. Um dos WC's nãos se encontra representado na Figura 22, mas será modelado numa das divisões por definir.



Figura 22: Planta da habitação de tipologia T3

Cenário 4: Habitação com tipologia T4 Duplex

A habitação de tipologia T4 Duplex encontra-se representada no modelo Revit da Figura 23. Esta tipologia é constituída por uma cozinha e três WC's no piso superior e dois WC's no piso inferior. É de notar que a rede de abastecimento deste cenário será consideravelmente maior em relação às tipologias dos cenários anteriores devido à disposição espacial ser feita em dois pisos.



Figura 23: Representação 3D de habitação de tipologia T4 Duplex

Cenário 5: Rede exemplo de grande dimensão

Foi considerado, também, um cenário hipotético com uma rede de grandes dimensões para análise de resultados. Para este efeito, foi utilizada parte de um piso do edifício em estudo representado na Figura 24 para total modelação. Este cenário, parte do princípio, de que as redes de abastecimento de todas as habitações representadas na Figura 24 estão ligadas ao mesmo contador, no que toca à rede de água fria, ao mesmo termoacumulador, no que toca à rede de água quente, e à mesma bomba de retorno no que toca à rede de retorno formando desta forma uma rede única. É de salientar que o cenário 5 é meramente representativo e tem como objetivo estudar o impacto da aplicação das diferentes metodologias numa rede de grande dimensão.

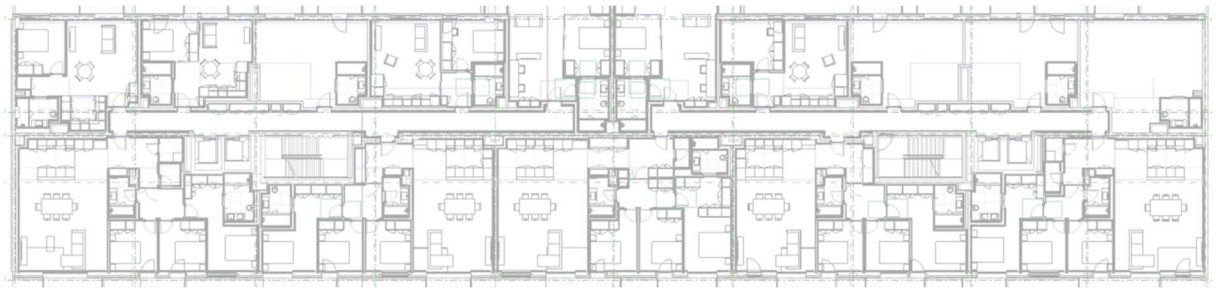


Figura 24:Cenário exemplo de grandes dimensões.

3.2. METODOLOGIA ADOTADA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Com a intenção de alcançar todos os objetivos descritos no capítulo 1, foi traçada uma metodologia de trabalho a realizar ao longo do desenvolvimento do estudo. Para tal, foi construído o fluxograma da Figura 25 que visa representar toda a sequência de passos para a realização do presente trabalho. A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho, começa com a modelação das redes de abastecimento de água fria, água quente e retorno para todos os cenários apresentados no ponto anterior. É de notar que será realizada a modelação de três habitações de cada tipologia devido à necessidade de aplicação de metodologias de cálculo distintas em cada uma delas. Na modelação destas redes será realizado o traçado das redes e implementados todos os acessórios e dispositivos de utilização afetos às mesmas. A implementação destes dispositivos de utilização, será feita através de uma biblioteca de famílias pré-existentes no modelo em que os caudais instantâneos são introduzidos automaticamente aquando da ligação da rede de água fria e quente e o dispositivo.

Nesta fase, já se poderá realizar o dimensionamento automático das tubagens da rede de água quente no *revit* que implementará as regras de dimensionamento descritas no Decreto de Lei para encontrar o diâmetro comercial adequado. A partir deste momento, poderá ser criada uma schedule no revit com todos os parâmetros afetos ao dimensionamento da rede de abastecimento de água quente de forma a rever os cálculos automaticamente realizados para encontrar possíveis erros de dimensionamento. Paralelamente a este processo criar-se-á uma nova schedule auxiliada com parâmetros previamente definidos no dimensionamento onde será feito o cálculo do tempo de espera por água quente e do volume de água desperdiçado nesse intervalo para cada cenário. É também possível nesta fase, onde o dimensionamento da rede de água quente está feito, proceder ao dimensionamento da instalação de produção de AQS.

Voltando a atenção para as redes de retorno já modeladas, com o dimensionamento da rede de abastecimento de água quente pronta, poderá se proceder ao cálculo do caudal de retorno. Foi realizada uma revisão bibliográfica para encontrar métodos de cálculo para o dimensionamento da rede de retorno e foram escolhidos três. Para cada rede modelada será criada uma schedule onde se fará o cálculo do caudal de retorno com o respetivo método considerado. De seguida será utilizado um programa criado através de uma ferramenta de programação visual denominada de *dynamo* para distribuir esse caudal de retorno pelas *caps* nos diferentes troços. Quando o programa for executado o caudal será automaticamente distribuído no modelo e poderá ser realizado o dimensionamento automático da tubagem tal como anteriormente realizado para a rede de abastecimento de água quente. Os parâmetros afetos a este dimensionamento serão introduzidos numa nova schedule e serão revistos os cálculos.

O dimensionamento da bomba de retorno será realizado após o dimensionamento da rede de retorno. Para tal, será criado um programa no *dynamo,* que através das informações afetas à rede determine o

caminho crítico a nível de perdas de carga e dimensione a altura manométrica da bomba. Quando o programa for executado serão inseridos automaticamente os dados na família da bomba de retorno.

Após a obtenção de todos os resultados dos diferentes dimensionamentos, será realizada uma análise técnico-económica de um sistema com e sem retorno e discutida qual a solução mais viável.

Nos pontos seguintes serão analisados em pormenor todos os passos da metodologia adotada presente no fluxograma da Figura 25.

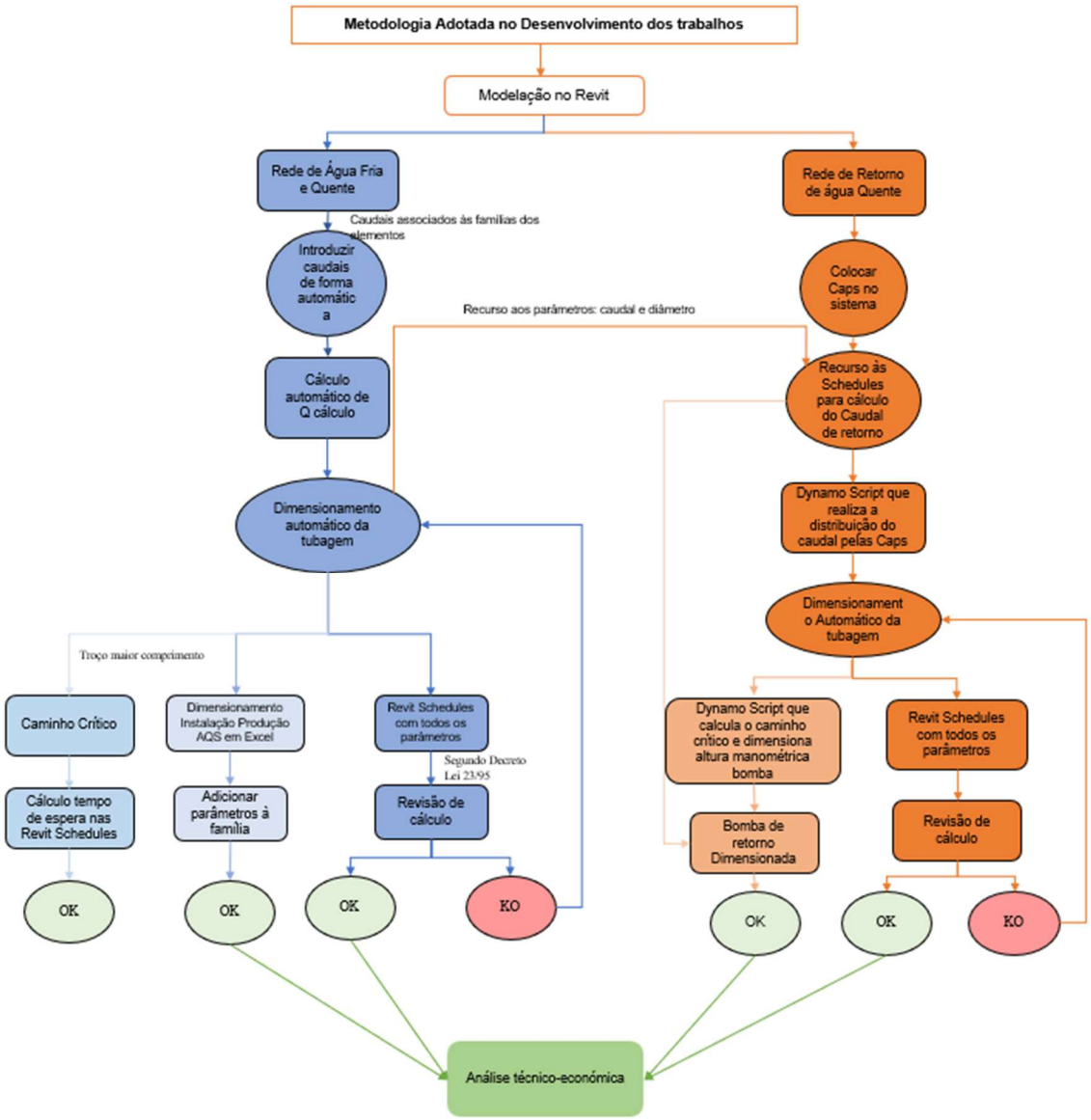


Figura 25: Fluxograma explicativo da metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho

3.2.1. MODELAÇÃO DA REDE

Na modelação das redes há vários aspetos a ter em conta como indicado na Figura 26:

Modelação da tubagem	Acessórios da tubagem	Instalação sanitária
•Classificação do sistema •Tipo de sistema •Nome do Sistema •Material do tubo	•Importar famílias de acessórios •Escolher tipo de acessório	•Importar famílias de instalações sanitárias •Escolher tipo de equipamento

Figura 26: Parâmetros considerados na modelação das redes

Foram utilizados os comandos da secção *Plumbing & Piping* para realizar a modelação das redes. O campo *Pipe* é utilizado para modelar as tubagens seguindo as indicações do traçado da rede do Decreto de Lei 23/95 [15]. No que toca às especificações da tubagem, são utilizados tubos multicamada em todas as redes. As famílias de acessórios da tubagem e de equipamentos de instalação sanitária foram fornecidas pela empresa BIM Source, Lda. e importadas para o modelo. Poderão depois ser escolhidos os acessórios necessários ao bom funcionamento da rede no campo *Pipe Accessory* e os equipamentos no campo *Plumbing Fixture*. Na Figura 27 é possível visualizar uma representação em *Revit* das tubagens modeladas juntamente com os acessórios ligados à rede.

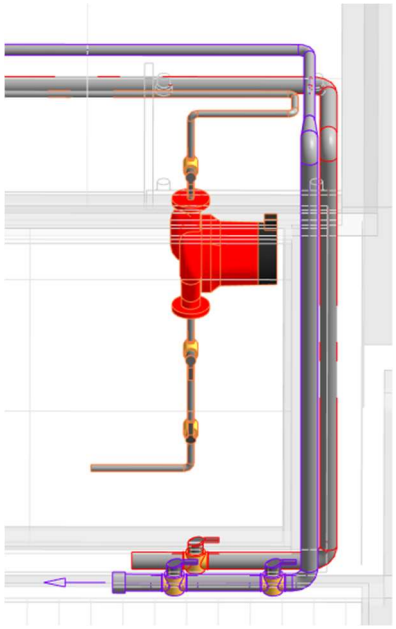


Figura 27: Representação em Revit das tubagens e seus acessórios

No caso específico da rede de retorno, como referido no fluxograma da Figura 25, foi necessário inserir *caps* no sistema. *Cap* é um *pipe accessory* que se introduz na extremidade da rede para realizar a ligação da rede de retorno com a rede de abastecimento de água quente. É neste local que se insere a indicação do caudal, calculado nas schedules para cada metodologia mencionada no ponto 3.2.5. A

família das *caps* representada na Figura 28 foi fornecida pela empresa BIM SOURCE, LDA e importada para o modelo.

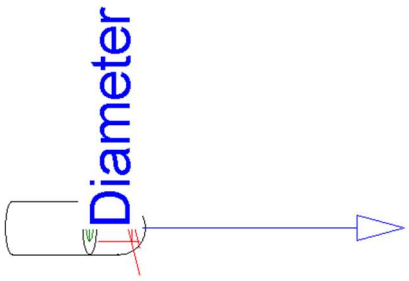


Figura 28: Família das Caps (Revit)

É importante referir que o desenvolvimento do traçado foi realizado em paralelo, sendo a rede de abastecimento de água fria, a rede com menor cota, e a rede de retorno, a rede com maior cota. Estas redes serão modeladas ao longo do teto falso das habitações e descerão pelo interior das paredes aquando da ligação da rede ao dispositivo de utilização. Os acessórios utilizados nestas redes são as válvulas de retenção e as válvulas de seccionamento, sendo que estas as últimas se encontram dispostas junto aos lavatórios para que em caso de necessidade estejam num local de fácil acesso.

3.2.2. Dimensionamento da rede de Abastecimento de água quente

No que toca ao dimensionamento da rede de abastecimento de água quente, este será realizado com recurso ao *Revit*. Cada dispositivo de utilização inserido na modelação das redes tem associado nos seus parâmetros o seu caudal instantâneo. Esse caudal instantâneo segue os valores descritos no Anexo IV do Decreto de Lei [15] representado na Figura 29.

Dispositivos de utilização para:	Caudais mínimos (l/s)
Lavatório individual	0,10
Lavatório colectivo (por bica)	0,05
Bidé	0,10
Banheira	0,25
Chuveiro individual	0,15
Pia de despejo com torneira de ϕ 15 mm	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	0,10
Mictório com torneira individual	0,15
Pia lava-louça	0,20
Bebedouro	0,10
Máquina de lavar louça	0,15
Máquina ou tanque de lavar roupa	0,20
Bacia de retrete com fluxómetro	1,50
Mictório com fluxómetro	0,50
Boca de rega ou de lavagem de ϕ 15 mm	0,30
Idem de ϕ 20 mm	0,45
Maquinas industriais e outros aparelhos não especificados.	Em conformidade com as indicações dos fabricantes.

Figura 29: Caudais mínimos por dispositivo de utilização [15]

Tendo em conta as informações do caudal instantâneo associadas, o Revit fará um cálculo automático do caudal suportado pelas curvas apresentadas na Figura 30 considerando um nível de conforto médio.

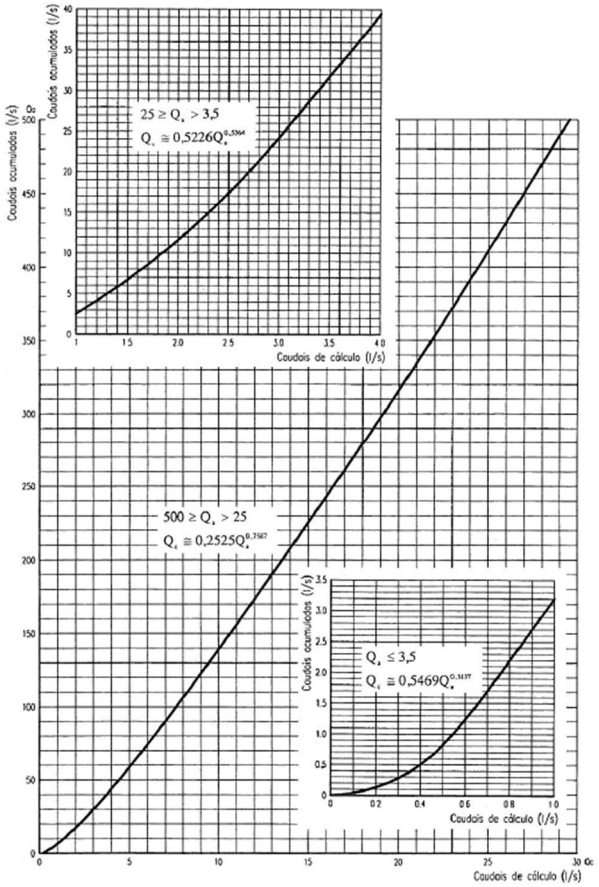


Figura 30: Caudais de cálculo em função de caudais acumulados (conforto médio) [15]

É de notar que o *Revit,* por defeito, apenas está programado para realizar o cálculo do caudal pelo método americano como é representado na Figura 31. A empresa BIM Source, Lda. desenvolveu um *addin* em *Visual Studio* que permite adicionar outros métodos de cálculo ao *revit*, como representado na Figura 32. Este *addin* é transversal a qualquer projeto podendo ser usado sempre que seja necessário o dimensionamento das instalações hidráulicas.

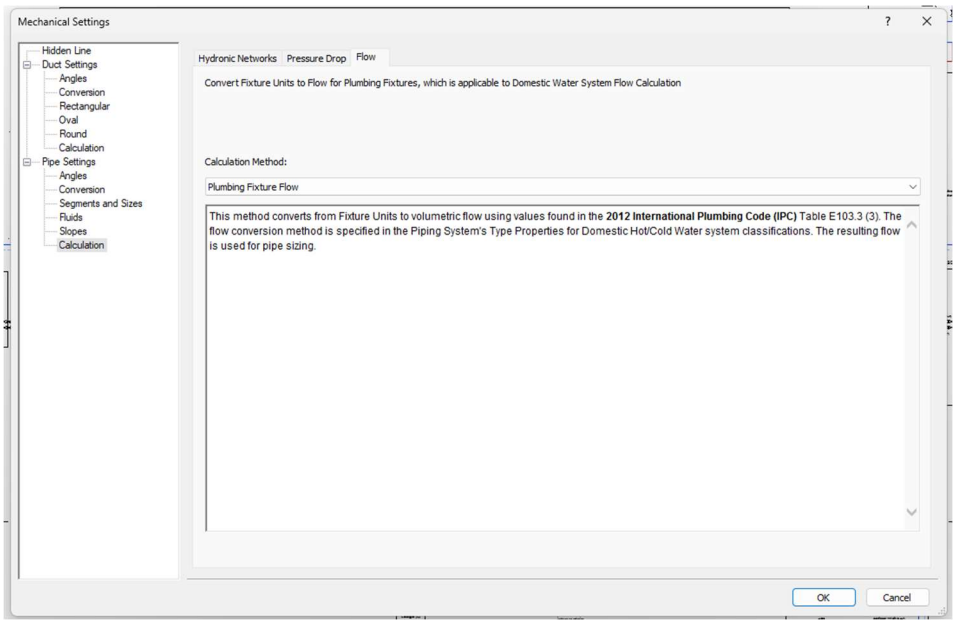


Figura 31: Método de cálculo existente no *Revit*

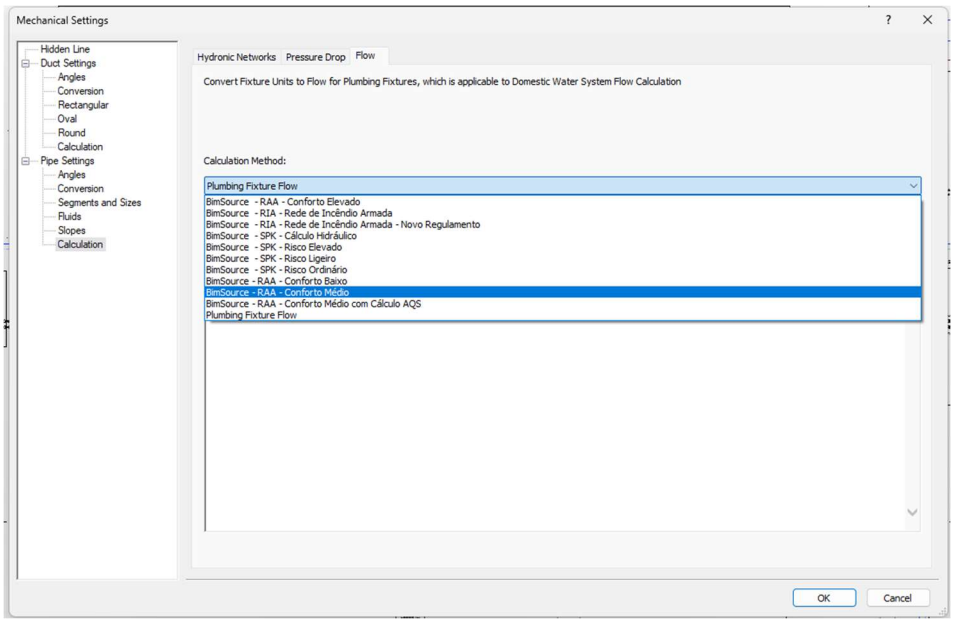


Figura 32: Método segundo conforto médio

Uma vez obtido o caudal de cálculo, seguir-se-á o dimensionamento automático do diâmetro da tubagem modelada. O dimensionamento automático das tubagens é feito através de um comando do *Revit* chamado *Duct Pipe Sizing*. Antes deste dimensionamento, é necessário certificar-se que o sistema está a funcionar corretamente. Para isso, é utilizado o comando *System Inspector* como se pode observar na Figura 33 onde é indicado o sentido de circulação da água na rede desde o ponto onde começa até onde acaba. A Figura 34 mostra os passos a seguir para o dimensionamento automático da tubagem. É de notar que neste projeto foi restringida a velocidade de dimensionamento a 1m/s. Este processo de dimensionamento automático vai ser realizado para a rede de água quente inicialmente, e posteriormente para a rede de retorno depois de calculado o caudal de retorno.

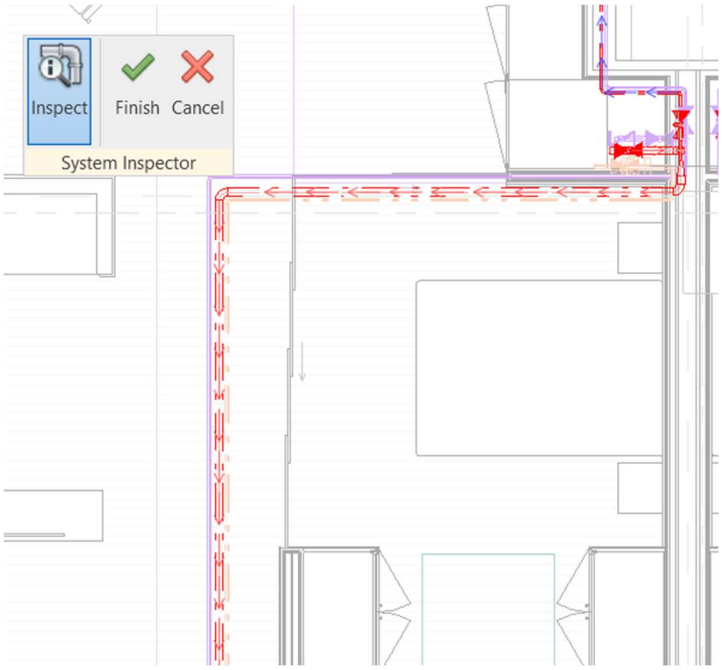


Figura 33: System Inspector Revit

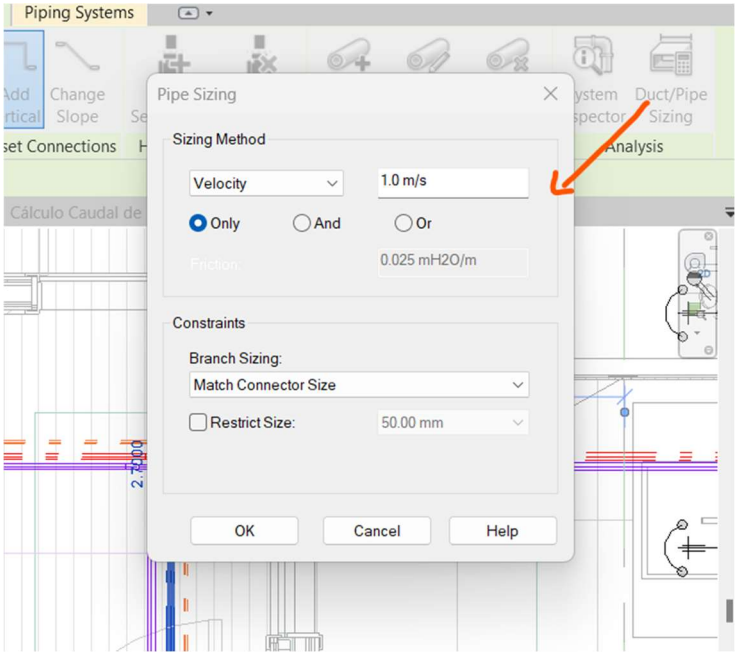


Figura 34: Pipe Sizing Revit

Os resultados do dimensionamento serão inseridos numa *Revit Schedule*, procedimento que será explicado no ponto seguinte, para que se proceda à revisão dos cálculos. Se todos os valores da velocidade estiverem dentro do valor imposto, dá-se por terminado o dimensionamento da rede de abastecimento de água quente.

3.2.3. CÁLCULO DO TEMPO DE ESPERA E VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO

Para realizar o cálculo do tempo de espera e volume de água desperdiçado, recorreu-se às *Revit Schedules.*

Este processo inicia-se com a medição dos vários troços da rede desde o dispositivo de aquecimento de água até ao último dispositivo de utilização. Com esta medição, é identificado o caminho crítico como mostra a Figura 35. O caminho critico será o troço com maior comprimento desde o dispositivo de aquecimento de água até ao último dispositivo de utilização. Após este passo, inicia-se o cálculo nas *schedules*.

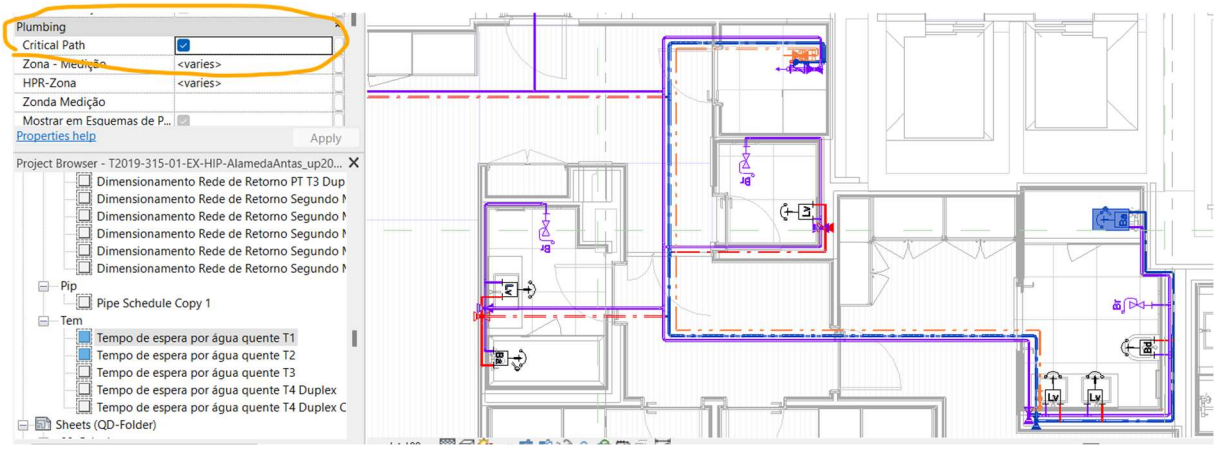


Figura 35: Escolha do caminho crítico

As schedules são tabelas do *Revit* que contêm toda a informação armazenada no modelo. Devido a esta vasta quantidade de informação, estas contêm filtros para que o utilizador contrua as suas tabelas apenas com a informação e condições que pretenda. Para a construção das tabelas foram seguidos os seguintes passos:

1. Criação de uma nova *schedule* como exemplificado na Figura 36 na categoria das tubagens para que apenas apareçam parâmetros relacionados com esta categoria;

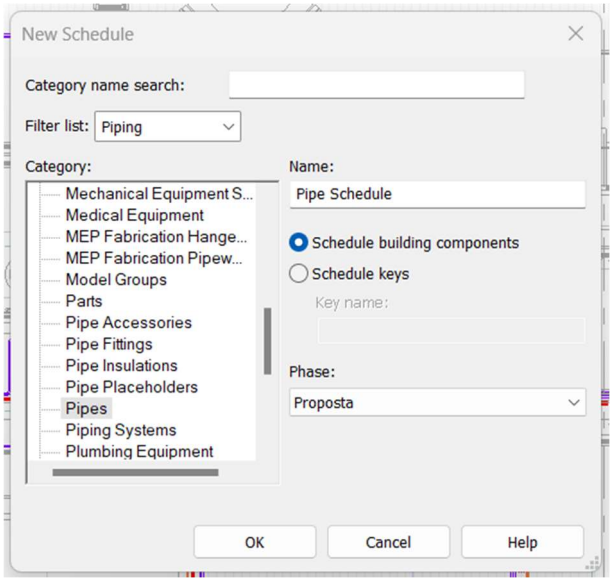


Figura 36: Criação de uma nova schedule

2. Escolha dos parâmetros dos quais se quer ver informação na tabela como mostra a Figura 37. No caso da *schedule,* para o cálculo do tempo de espera e volume de água desperdiçado, foram escolhidos os parâmetros comprimento, caudal, velocidade e diâmetro das redes de abastecimento de água quente;

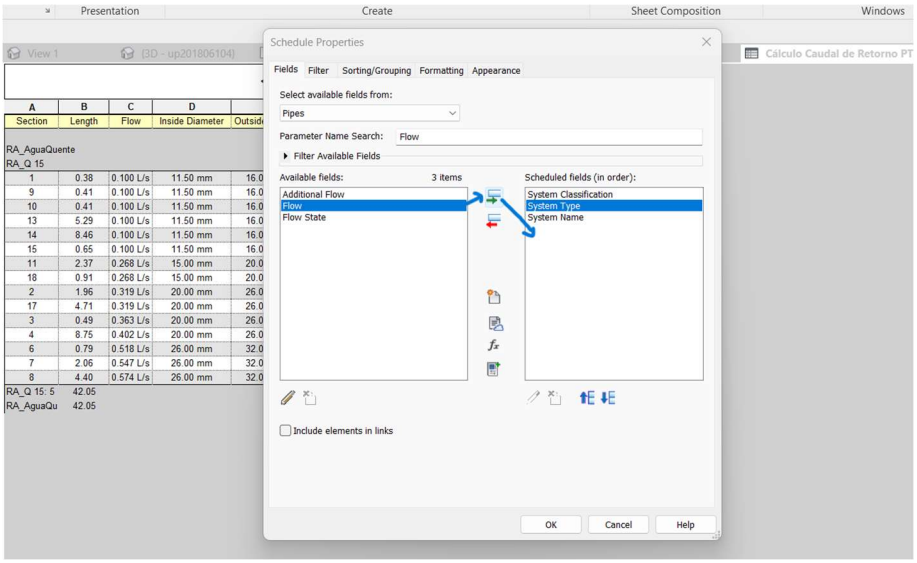


Figura 37: Passos para escolha de parâmetros nas schedules

3. Caso os parâmetros que se necessite não se encontrem na lista de parâmetros, será necessário seguir os passos da Figura 38 e escrever o valor ou a fórmula que se necessite calcular. Neste caso, foi necessário recorrer à criação de fórmulas para proceder ao cálculo do tempo de espera e volume de água desperdiçado. Pretendendo-se que estes parâmetros possam ser usados em qualquer schedule, terá de se criar um *shared parameter* que represente cada um destes parâmetros. Este processo de criação de um *shared parameter* será explicado com pormenor na secção 3.2.6 de dimensionamento da bomba de retorno;

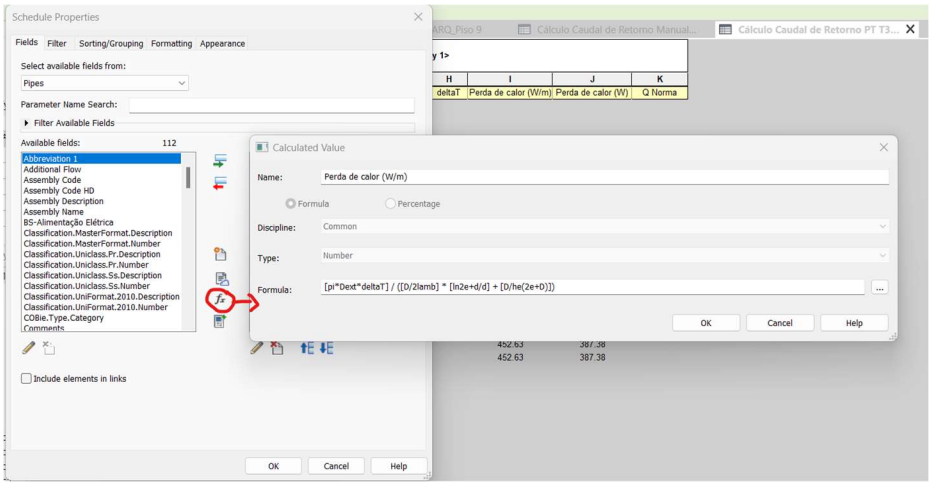


Figura 38: Passos para criação de fórmulas nas schedules

4. Aplicação de Filtros:
   De seguida será necessário aplicar filtros aos parâmetros para que as tabelas apenas mostrem o desejado. No caso deste projeto, foram aplicados filtros de modo que cada tabela indique apenas a rede que queremos tratar. Deste modo, foi necessário restringir os parâmetros por tipo e nome de rede e por caminho crítico para que apenas seja usado neste cálculo o troço da rede desejado. Este processo está representado na Figura 39;

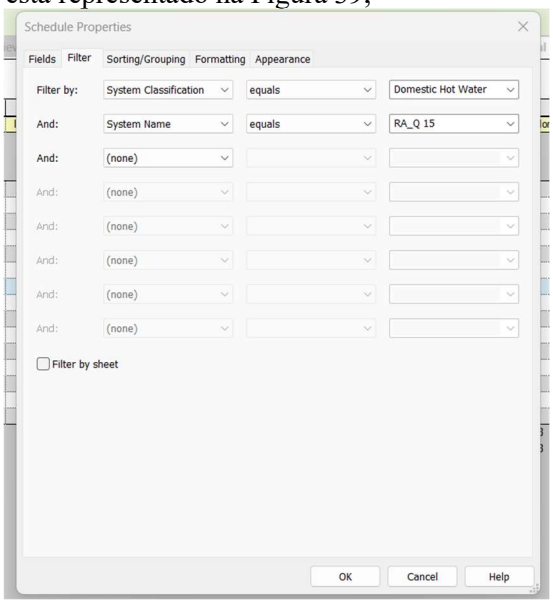


Figura 39: Aplicação de filtros nas Schedules

5. Organização e ordenação da tabela da forma mais conveniente como descrito na Figura 40. Neste ponto, será também selecionada a opção de mostrar os totais, para que nas colunas que se deseje ver o total, o parâmetro calculado seja visível.

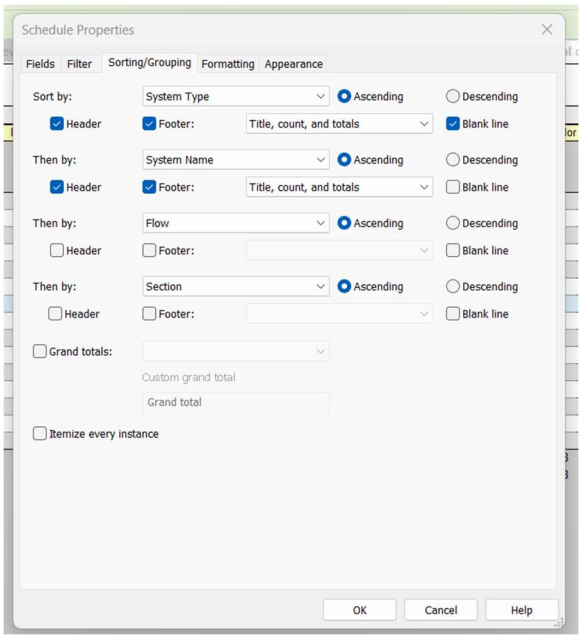


Figura 40: Organização das schedules

Como explicado anteriormente, os parâmetros do comprimento, caudal, velocidade e diâmetro da rede de abastecimento de água quente, estão previamente definidos devido ao dimensionamento dessa mesma rede, sendo apenas necessário adicioná-los à folha. Esses parâmetros serão relacionados entre si no que toca ao cálculo do tempo de espera como mostra a fórmula representada em (1) onde t representa o tempo de espera em segundos, l o comprimento da tubagem em metros e v a velocidade do escoamento em m/s.

$$t = \frac{l}{v} \tag{1}$$

O cálculo do volume de água desperdiçado será apoiado pela fórmula descrita em (2) onde Vad representa o volume de água desperdiçado e Q o caudal escoado.

$$Vad = Q * t \tag{2}$$

É de salientar que serão realizados dois cenários para o cálculo destes parâmetros. Um deles, usando os valores obtidos no dimensionamento da rede de abastecimento de água quente, e o outro considerando que apenas será utlizado um dispositivo de utilização, sendo que neste caso, o Q considerado será o caudal instantâneo do dispositivo e será necessário calcular uma nova velocidade para este caudal. Este cálculo é apoiado pela expressão representada em (3) onde A representa a área da secção da tubagem. Tanto a área como o comprimento da tubagem mantêm-se constantes nos dois cenários.

$$v = \frac{Q}{A} \tag{3}$$

3.2.4. Dimensionamento da Instalação de Produção de AQS

O dimensionamento da instalação de produção de água quente terá por base a metodologia descrita no Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água disponibilizado pelo LNEC [4]. A Figura 41 representa a sequência de parâmetros necessários para a completa caracterização da instalação de produção de água quente.

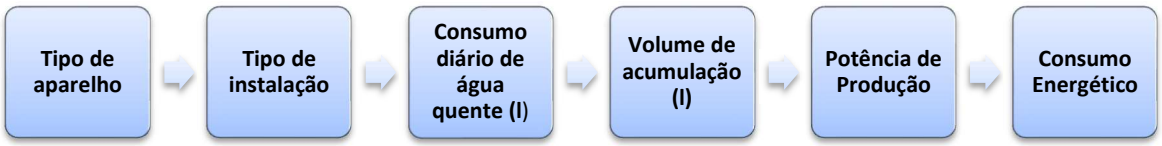


Figura 41: Passos para o dimensionamento da instalação de produção de água quente

No que diz respeito à instalação de produção de água quente, é necessário começar por escolher o tipo de aparelho e o tipo de instalação. No caso do projeto em análise, foi considerado como aparelho, o termoacumulador elétrico com um tipo de instalação individual a cada habitação. É importante referir também, que é considerada apenas a utilização de aparelhos de acumulação devido à existência de uma rede de retorno. Para total definição deste aparelho, será necessário conhecer o valor dos parâmetros: volume de acumulação, potência de produção e consumo energético.

Como podemos ver na Figura 41, o passo seguinte será calcular o consumo diário de água quente na habitação. Para tal, ir-se-á recorrer à equação do manual [4] descrita em (4) onde n representa o núme-

ro de utentes e *Co* o consumo diário por utente em litros. O número de utentes, *n*, de cada tipologia será o previsto na Tabela 21 da Portaria 138-I 2021 [2] representada na Figura 42. O valor de *Co* será o previsto na Tabela 22 da Portaria 138-I 2021, representada na Figura 43 para edifícios de habitação multifamiliares.

$$V_3 = n * C_0 \tag{4}$$

Tabela 21 — Número de pessoas equivalente por tipologia e perfil de carga equivalente, para edifícios de habitação

Tipologia do edifício	Número de pessoas equivalente	Perfil de carga equivalente
T0	2	M
T1	2	M
T2	3	M
T3	4	L
T4	5	L
T5	6	XL
T6	7	XL
T7	8	XL
>T7	Igual à tipologia	XXL

Figura 42: Número de pessoas por tipologia [2]

Tabela 22 — Consumo diário de AQS para edifícios de habitação, conforme previsto na Norma EN 12831-3

Subcategoria do edifício	Consumo de AQS (l/pessoa)
Unifamiliar	40
Multifamiliar	30

Figura 43: Consumo diário de AQS por pessoa segundo Norma EN 12331-3 [2]

Após o cálculo do consumo diário de água quente será necessário calcular a capacidade de acumulação do termoacumulador. Como tal, será utilizada a fórmula descrita em (5) da mistura de líquidos a diferentes temperaturas descrita no manual [4]:

$$T_3 * V_3 = T_1 * V_1 + T_2 * V_2 \tag{5}$$

em que:

$T_3 - t$emperatura da água misturada
V_3 −consumo diário de água quente (l)
$T_1 - t$emperatura da água aquecida (ºC)
V_1 −capacidade de acumulação do aparelho (l)
T_2 −temperatura da água à entrada do aparelho (ºC)
V_2 −volume de água fria misturada (l)

No que diz respeito à potência de produção de água quente, será estabelecida com base na expressão descrita no manual representada em (6):

$$P = c * V * \frac{(T_f - T_i)}{\Delta t * 0{,}9} + P_d \tag{6}$$

em que:

P −potência de produção (W)

c −calor específico da água
T_f −temperatura da água armazenada (ºC)
T_i −temperatura da água à entrada do aparelho (ºC)
Δt −intervalo de tempo considerado (h)
V −volume de acumulação (l)
P_d −potência dissipada no circuito de circulação de água (W)

É de notar que o calor específico da água, *c*, é uma constante de valor 1,16 Wh/kgºC. No caso do estudo em questão será considerada uma temperatura de água armazenada de 60ºC e uma temperatura de água à entrada do aparelho de 20ºC.

O consumo energético do termoacumulador será calculado pela expressão descrita no manual representada em (7) onde *E,* representa a energia consumida, *P,* a potência de produção, *t*, o intervalo de tempo considerado*,* η o rendimento de produção do aparelho e *Ed*, a energia dissipada através do reservatório.

$$E = \frac{P * t}{\eta} + E_d \tag{7}$$

3.2.5. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE RETORNO DE AQS

No que toca ao dimensionamento da rede de retorno há alguns passos a seguir.

Em primeiro lugar, será necessário calcular o caudal de retorno com recurso às schedules. Para tal serão usados três métodos de cálculo distintos: Método segundo o Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água [4], Método segundo a Legislação Portuguesa [14] e Método segundo a Legislação Espanhola [3]. Todos os métodos terão como ponto de partida parâmetros do dimensionamento da rede de água quente pelo que o seu dimensionamento à priori é essencial.

Método segundo Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água

O processo de cálculo começará com o diâmetro da rede de água quente que servirá de apoio ao cálculo da perda de calor na tubagem. Esta perda de calor na tubagem, é obtida através da fórmula apresentada em (8) onde ΔT*,* representa a diferença de temperatura entre a água e a temperatura ambiente e *e* a espessura do isolante. É de notar que a parcela correspondente ao coeficiente de convecção interior, *hi*, considera-se nula por assumir um valor muito pequeno. Quanto ao coeficiente de convecção exterior, *he* , considera-se o valor tabelado de 16,6 W/m2.ºC para uma velocidade do ar de 2 m/s [4].

$$Ep = \frac{\pi * D * \Delta T}{\frac{1}{hi} + \frac{D}{2\lambda} * ln\frac{2e + D}{D} + \frac{D}{he(2e + D)}} \tag{8}$$

O caudal de retorno será calculado através do quociente entre a perda de calor na tubagem calculada anteriormente e a diferença de temperatura entre o aparelho produtor de água quente e o ponto mais distante da rede como representado em (9). A diferença de temperatura considerada é de 5ºC, como apresentada no manual.

$$Q = \frac{Ep}{\Delta t} \tag{9}$$

Método segundo Legislação Portuguesa

No dimensionamento da rede de retorno segundo a metodologia descrita na Legislação Portuguesa seguir-se-ão as recomendações da proposta de revisão do Regulamento Geral dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem devido à falta de informação existente na legislação em vigor.

O processo de cálculo começará com o caudal de abastecimento da rede de água quente calculada no dimensionamento da rede de abastecimento de água quente. Em seguida calcular-se-á o caudal de retorno onde se considera que este será 5% do caudal de alimentação da rede de água quente [14].Ter-se-á em conta a recomendação da ANQIP de um diâmetro mínimo de tubagem de 18mm.

Método segundo Legislação Espanhola

O cálculo do caudal de retorno pelo método segundo a legislação espanhola [3] terá como base o caudal calculado no dimensionamento da rede de abastecimento de água quente. Este método considera que o caudal de retorno será 10% do caudal de abastecimento da rede de água quente. No que toca ao caudal mínimo recomendado é considerado o diâmetro comercial de 16mm.

A aplicação dos métodos apresentados para o cálculo do caudal de retorno nas *schedules,* segue o mesmo procedimento explicado no ponto 3.2.3. Neste caso, os parâmetros obtidos a priori, são o caudal e o diâmetro da rede de abastecimento de água quente. Através da aplicação de fórmulas nas schedules como explicado no ponto 3.2.3, será calculada a perda de calor na tubagem e o caudal de retorno através dos diferentes métodos descritos. É de reforçar que foi realizada a modelação de três habitações iguais para cada cenário para que fosse possível aplicar uma metodologia por modelação.

O caudal de retorno calculado, corresponderá ao caudal total que a bomba de retorno terá de garantir. Contudo, será necessário distribuir esse caudal pelos troços da rede de retorno existentes na habitação. Para tal, foi criado um *script* no *dynamo* que para a rede previamente selecionada, calcula o comprimento total de cada troço e a percentagem de caudal que será distribuída por cada um deles. Após executar este programa, a distribuição do caudal será implementada automaticamente no modelo. Este script pode ser dividido nos seguintes passos:

1. Obtenção de todos os elementos da família retorno do modelo e seleção da rede pretendida no modelo como descrito na Figura 44;

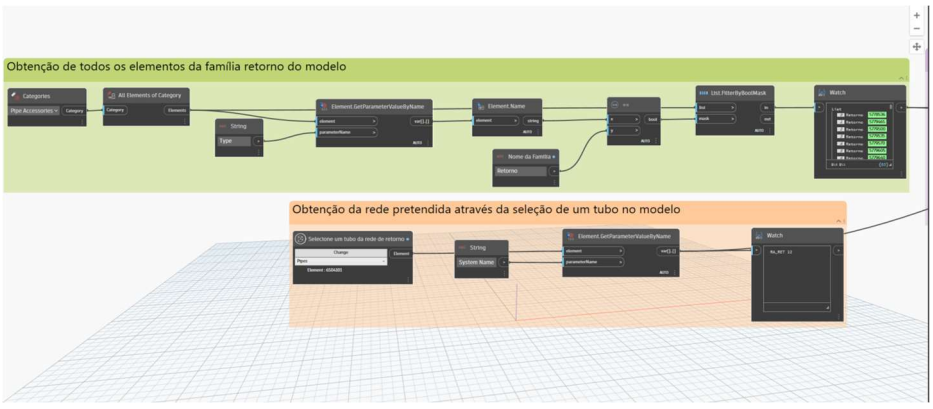


Figura 44: Código do dynamo para passo 1

2. De todos os elementos da família retorno no modelo filtrar as tubagens da rede selecionada como descrito na Figura 45;

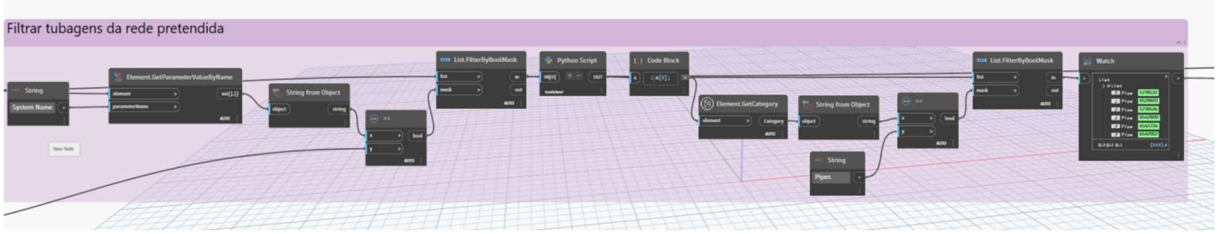


Figura 45: Código do dynamo para passo 2

3. Obtenção dos comprimentos das tubagens na rede selecionada e cálculo do comprimento total de cada troço como descrito na Figura 46;

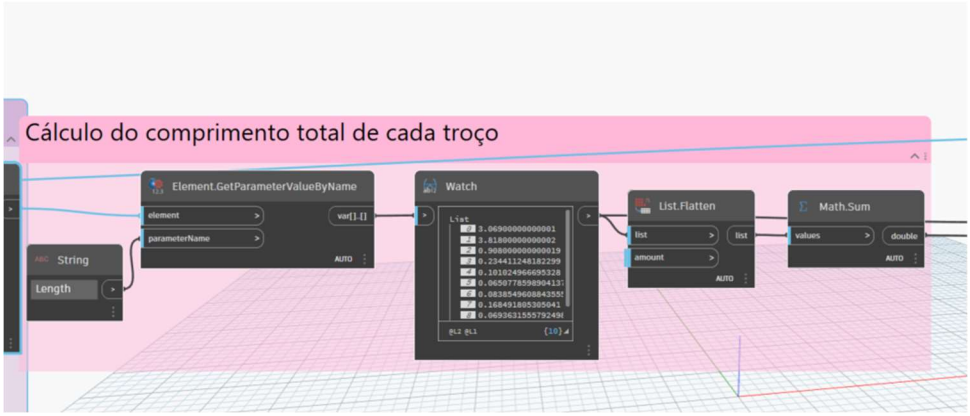


Figura 46: Código do dynamo para passo 3

4. Cálculo da percentagem de caudal distribuída em cada troço através da criação de uma fórmula no *dynamo* que relacione o caudal de retorno com o comprimento de cada troço como descrito na Figura 47;

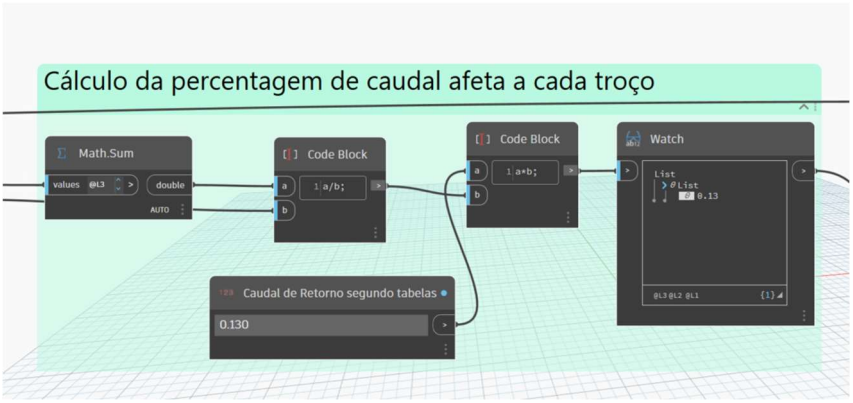


Figura 47: Código do dynamo para passo 4

5. Distribuição automática do caudal pelas caps como descrito na Figura 48.

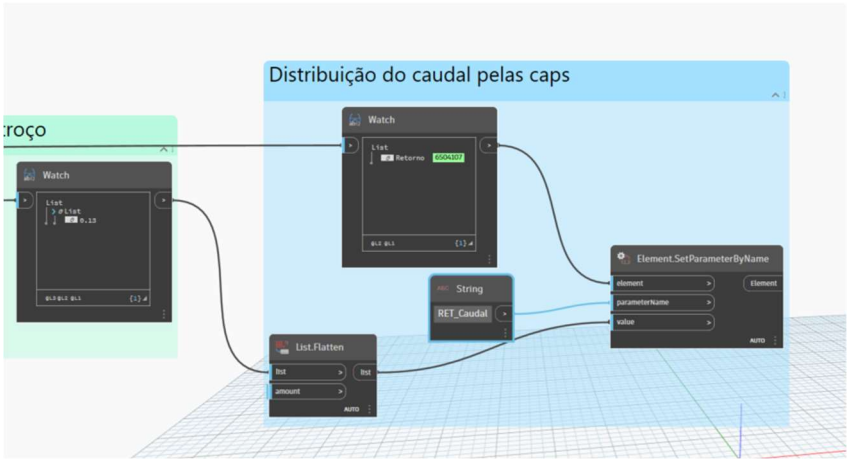


Figura 48: Código do dynamo para passo 5

Este script será aplicado a todos os cenários do modelo. Para tal, será apenas necessário preencher os *inputs* pedidos: valor do caudal de retorno e seleção de uma tubagem da rede de retorno do cenário a analisar. Depois dos campos estarem preenchidos, é apenas necessário executar o programa que gerará uma lista com a distribuição do caudal pelos troços. Estes valores serão associados automaticamente à *cap* do troço pertencente. A Figura 49 mostra a aplicação do script no modelo descrita anteriormente. Concluiu-se que a realização deste script no dynamo, é um trabalho complexo que requer várias tentativas e o estudo da linguagem. Após a sua conclusão, este poderá ser aplicado a qualquer projeto a realizar na BIM Source, Lda. o que contribuiu para a otimização do tempo de trabalho dos engenheiros projetistas.

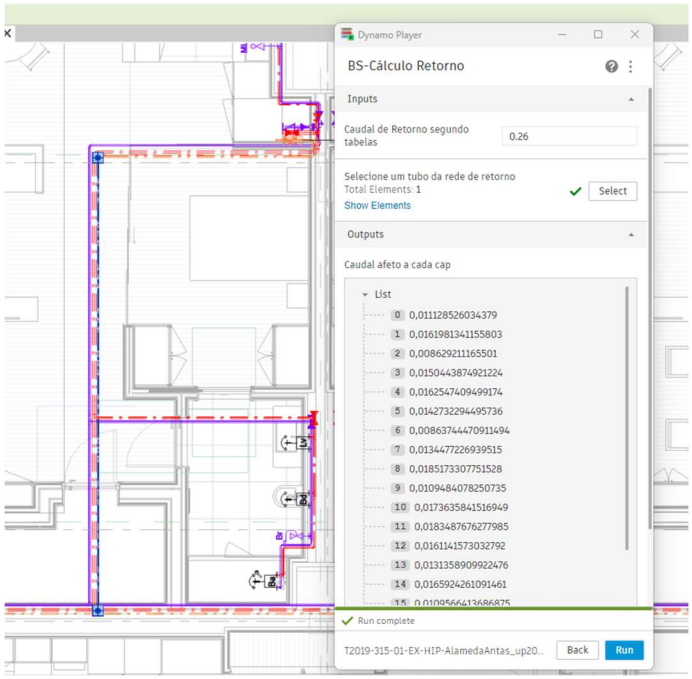


Figura 49: Aplicação do *Script* no modelo

Depois da distribuição de caudais, será o momento de realizar o dimensionamento automático das tubagens da rede. O procedimento deste dimensionamento será igual ao da rede de abastecimento de água quente e está descrito no ponto 3.2.2. Será criada uma nova schedule para cada cenário com os parâmetros afetos ao dimensionamento desta rede, nomeadamente, o caudal de retorno, velocidade de escoamento e diâmetro. Será realizada a revisão de cálculo confirmando se são cumpridas as recomendações de diâmetros mínimos de cada método. Se estiver tudo conforme, dá-se por concluído o dimensionamento da rede de retorno de AQS.

3.2.6. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA DE RETORNO

O dimensionamento da bomba de retorno será feito em função do dimensionamento da rede de retorno descrita em 3.2.5. Os parâmetros necessários à caracterização da bomba que serão calculados são a perda de carga e a altura manométrica da bomba. Será criado o parâmetro da altura manométrica na família da bomba para posterior definição. Para tal serão seguidos os passos a seguir identificados:

1. Clicar no comando *shared parameters* e criar um novo parâmetro como representado na Figura 50. Salienta-se a importância da criação de *shared parameters* para que estes novos parâmetros possam ser lidos nas *schedules*;

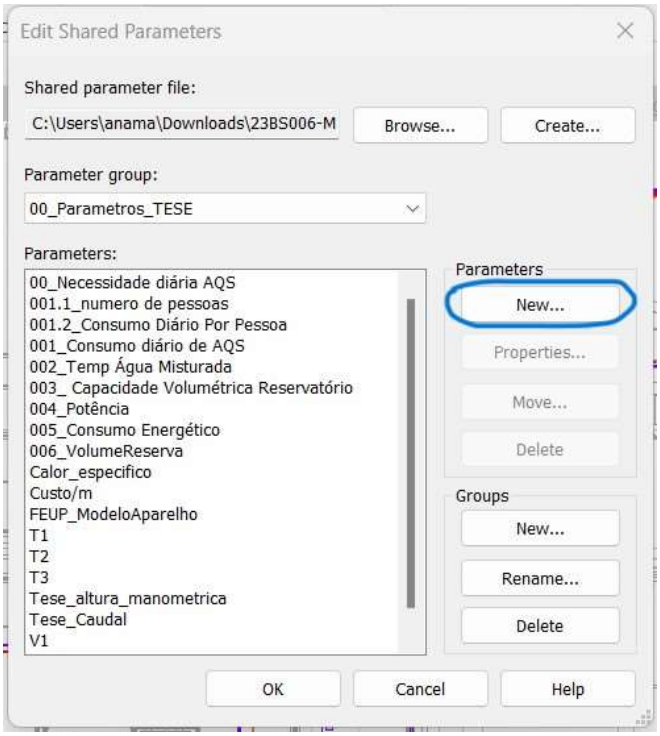


Figura 50: Criação de novo parâmetro

2. Denominar o novo parâmetro como representado na Figura 51. Deverá ser escolhido o tipo de parâmetro e disciplina pretendido para desta forma se obter as unidades certas;

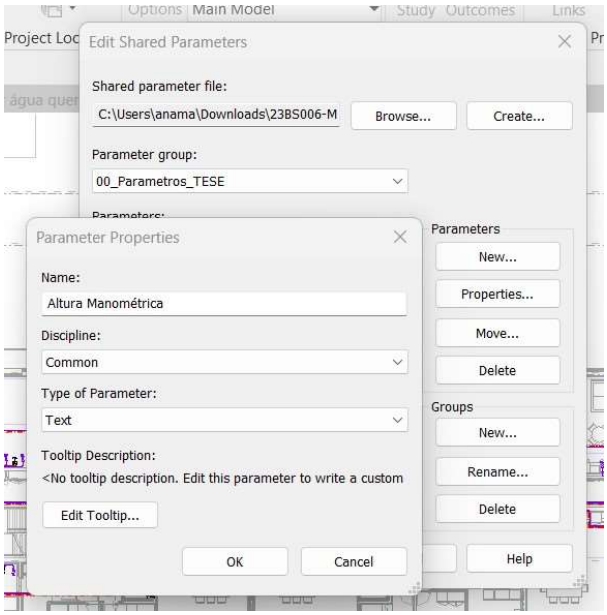


Figura 51: Denominar novo parâmetro

3. Editar a família da bomba adicionando o novo parâmetro criado como representado na Figura 52. Terá também de ser optar se o novo parâmetro será aplicado como *type* ou *instance.* No caso de ser escolhida a formatação *type,* o parâmetro será atribuído a todos os elementos da família. No caso da formatação *instance,* o mesmo tipo de família poderá ter parâmetros diferentes.

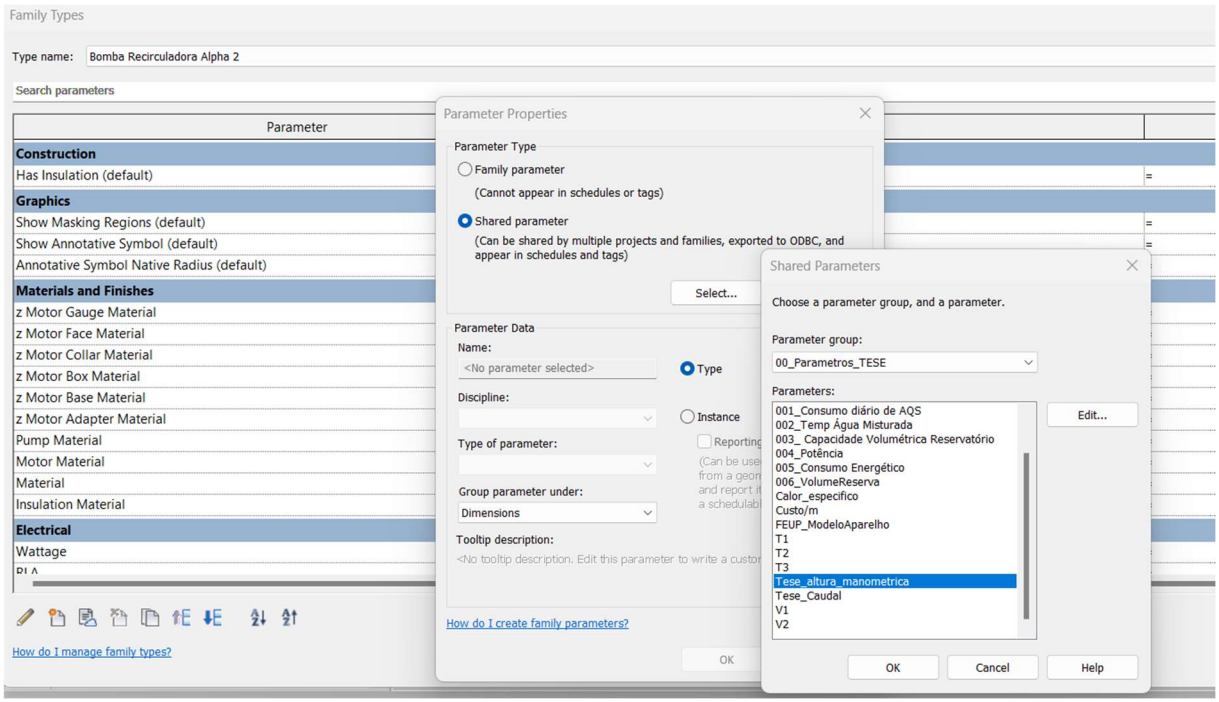


Figura 52: Exemplo de adição de novo parâmetro à família da bomba

Este dimensionamento será realizado através de um dynamo script construído, que determinada o caminho crítico da rede de retorno através do cálculo da perda de carga total em cada troço. O troço com a perda de carga máxima será o troço denominado de caminho crítico e o valor da perda de carga máxima será igual à altura manométrica da bomba de retorno. Este processo poderá ser dividido pelos seguintes passos no script:

1. Obtenção de todos os elementos da família retorno do modelo e seleção da rede pretendida no modelo como descrito na Figura 53;

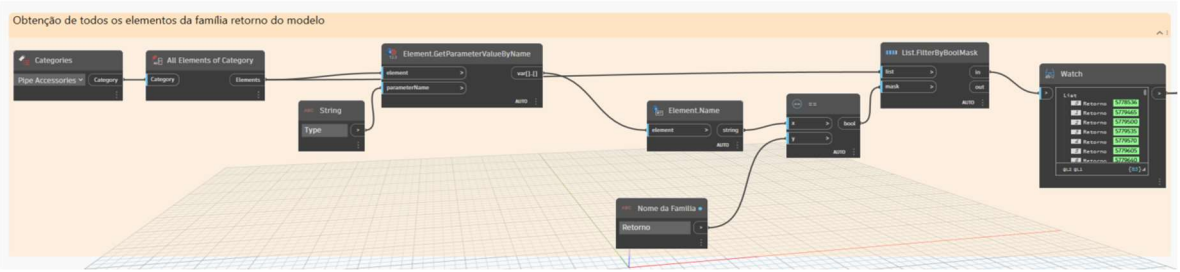


Figura 53: Passo 1 - Obtenção de todos os elementos da família de retorno

2. Obtenção de todas as bombas de retorno do modelo como descrito na Figura 54;

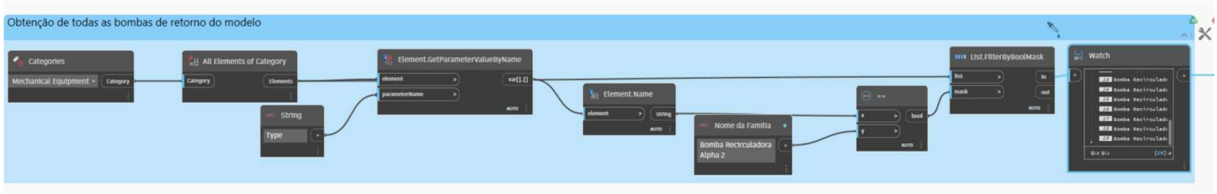


Figura 54: Passo 2 - Obtenção e todas as bombas de retorno

3. Seleção no modelo de um tubo da rede pretendida e filtro da rede e bomba de retorno respetiva como descrito na Figura 55;

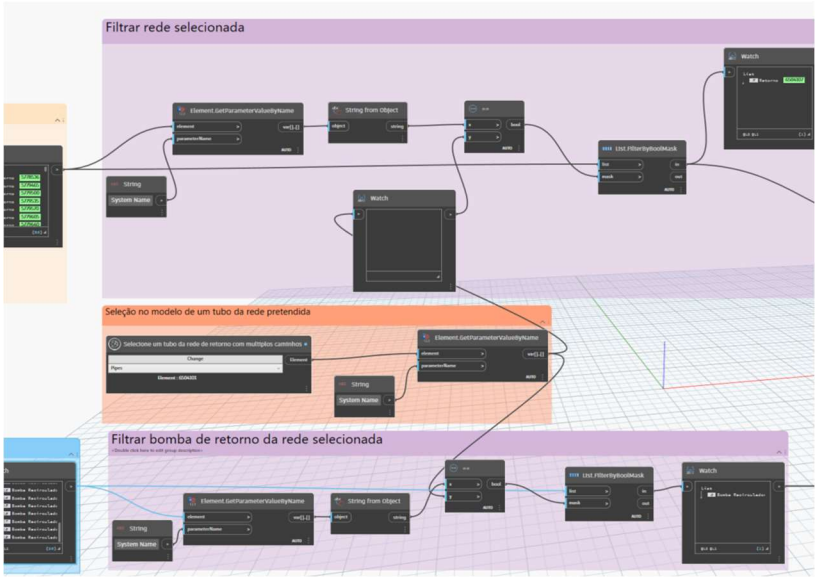


Figura 55: Passo 3 - Seleção e filtragem da rede

4. Filtrar apenas a tubagem da rede selecionada como descrito na Figura 56;

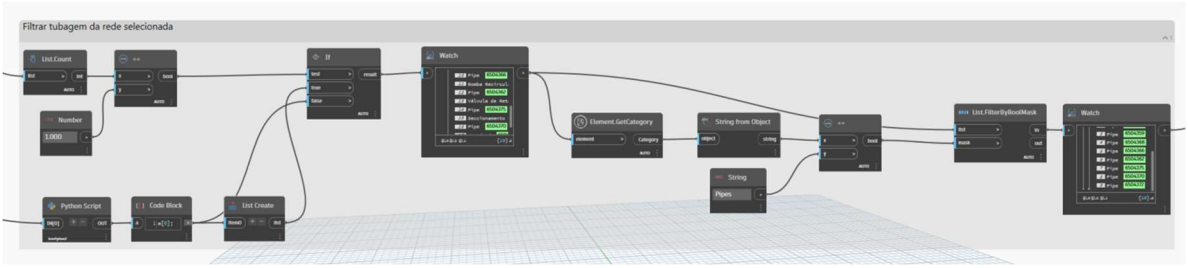


Figura 56: Passo 4 - Filtrar tubagem da rede

5. Cálculo da perda de carga em cada troço da rede como descrito na figura Figura 57;

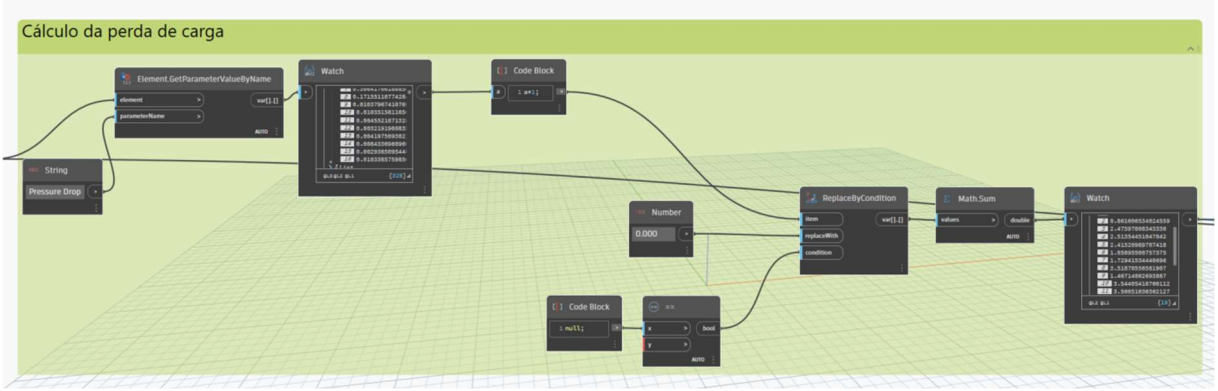


Figura 57: Passo 5 - Cálculo da perda de carga

6. Definição do caminho crítico através da identificação do troço com perda de carga máxima como descrito na Figura 58;



Figura 58: Passo 6 - Definição do caminho crítico

7. Definição automática da altura manométrica da bomba através da seleção do máximo valore de perda de carga na rede e criação de um input onde se define o caudal de retorno da rede em questão. Este passo encontra-se representado na Figura 59.

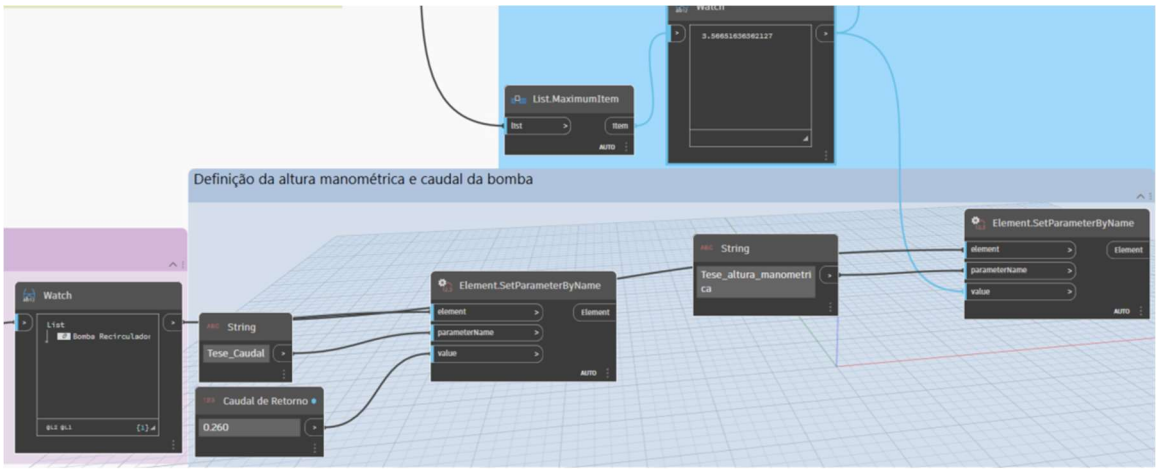


Figura 59: Passo 7 - Definição da altura manométrica e caudal da bomba

Este *script* será aplicado a todos os cenários do modelo. Após a conclusão do *script* no *dynamo,* será apensa necessário utilizar o *dynamo player*. Para tal, será apenas necessário preencher os inputs pedidos: o valor do caudal de retorno e seleção de uma tubagem da rede de retorno do cenário a analisar. Depois de os campos estarem preenchidos é apenas necessário correr o programa e este calculará o valor da altura manométrica de cada bomba. Este valor será associado automaticamente à bomba pertencente à rede em análise.

É de notar que este *script* não terá apenas utilidade no presente trabalho, poderá ser transversal a vários projetos e famílias e lido nas respetivas *schedules.*

3.2.7. CUSTO DO CICLO DE VIDA

No sentido de se realizar uma análise técnico-económica dos cenários dimensionados, será calculado o Custo de Ciclo de Vida presente no manual *Life-Cycle Costing for the Federal Energy Management Program* [21]. Para esse efeito, foi usada a fórmula presente em (10) onde *LCC* é o parâmetro que se pretende calcular e representa o custo do ciclo de vida do sistema com uma certa duração de tempo. Para chegar a esse valor, é necessário conhecer os valores: do investimento inicial, *I*, de eventuais substituições, *Repl;* desmantelação se aplicada, *Res*; valores atuais do custo da energia, *E*; valores atuais do custo da água, *W*, e os valores de possíveis manutenções e reparações, $OM\varepsilon TR$.

$$LCC = I + Repl - Res + E + W + OM\varepsilon TR \tag{10}$$

É de notar que todos estes parâmetros afetos ao cálculo do custo do ciclo de vida, à exceção do investimento inicial, sofrem uma atualização de valores ao longo do ciclo de vida do produto. Para que tal seja representativo no valor final, são calculados fatores de atualização para cada parâmetro presente em (10), exceto o parâmetro do investimento inicial. É para isso necessário conhecer a taxa de atualização dos bens, que para efeitos de simplificação foi considerado o valor de 4% apresentado no *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects* [21].

No que toca ao *Repl* será aplicado o fator de atualização Single *Present Value (SPV)* [21], apresentado em (11), onde *Ft* representa o custo de *Repl* no ano zero e *d* a taxa de atualização no ano pretendido, conseguindo desta forma o valor atualizado no ano pretendido, *PV*.

$$PV = F_t * \frac{1}{(1+d)^t} \tag{11}$$

No caso do custo da energia e da água foi aplicado o fator de atualização Modified Uniform Present Value (UPV*) [21], apresentado em (12), onde *e* representa a constante de escalonamento e *A* o custo no ano zero. É de notar que esta constante de escalonamento é apenas aplicada à eletricidade e será considerado o valor de 2% para efeitos de cálculo. Já no caso do custo da água, o valor de *e* será zero.

$$PV = A_0 * \frac{(1+e)}{(1-e)} * \left[1 - (\frac{1+e}{1+d})^n\right] \tag{12}$$

4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. APRESENTAÇÃO DOS MODELOS BIM DESENVOLVIDOS

Para os vários cenários apresentados em 3.1, foi realizada a modelação das redes de abastecimento de água fria e quente e da rede de retorno de água quente conforme descrito em 3.2.1. Neste ponto, serão apresentados os modelos BIM obtidos após a modelação das redes. Para cada cenário será apresentada a planta modelada e um corte ou representação 3D retirados do *Revit*.

Relativamente ao cenário 1 a modelação da habitação de tipologia T1, encontra-se representada na planta da Figura 60 e na representação 3D da Figura 61. O traçado de cor roxa, representa a rede de abastecimento de água fria, o de cor vermelha, a rede de abastecimento de água quente e o de cor laranja, a rede de retorno de água quente. Na modelação deste cenário, para além da modelação das tubagens referidas anteriormente, foram adicionados os dispositivos de utilização na cozinha e WC e colocadas válvulas de seccionamento, através do comando *pipe accessories*, junto ao lavatório para que seja possível parar o funcionamento da rede sempre que seja necessário realizar alguma intervenção. O dispositivo de aquecimento de água quente e a bomba de retorno encontram-se localizados na cozinha e foram adicionados a partir de famílias pré-existentes no comando anteriormente mencionado. É de salientar que o desenvolvimento da rede é sempre feito no nível do teto falso, exceto no extremo da rede aquando da ligação desta com os dispositivos de utilização em que a rede desce pelo interior da parede até à cota dos 0,5 metros, onde se encontrarão as válvulas de seccionamento da água quente e fria. Quanto à modelação da rede de retorno, esta seguirá um desenvolvimento paralelo à rede de água fria e quente com uma cota superior. No extremo do troço da rede de retorno foi colocada uma *cap*, família importada para o *revit*, que faz a ligação da rede de retorno com a rede de abastecimento de água quente. É de referir que a rede de retorno de água quente terá o seu desenvolvimento total no interior do teto falso, fazendo a ligação com a rede de água quente antes desta descer pela parede até ao dispositivo de utilização.

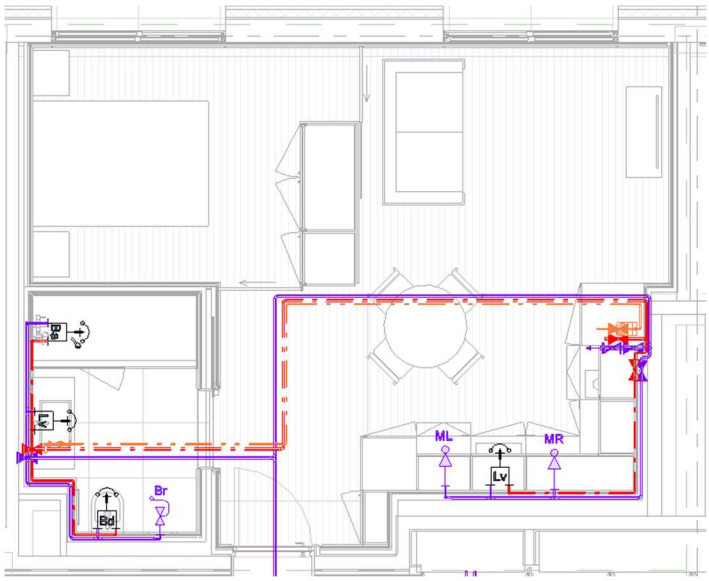


Figura 60: Planta do cenário 1

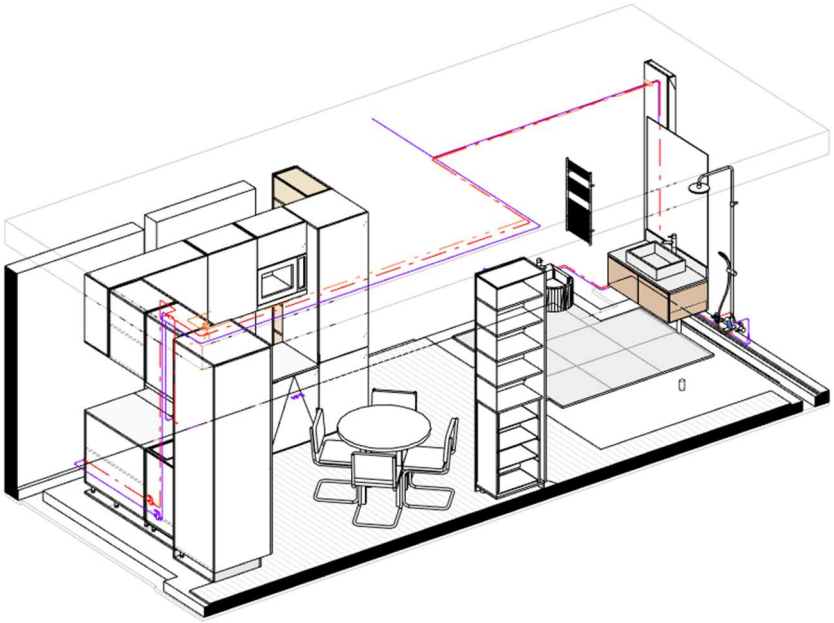


Figura 61: Representação 3D em Revit do cenário 1

A modelação do cenário 2, habitação de tipologia T2, encontra-se representada na planta da Figura 62 e na representação 3D da Figura 63. Neste cenário tal como no anterior, foram modeladas as redes de abastecimento de água quente, fria e retorno e adicionados os acessórios e dispositivos de utilização afetos à rede. É de notar que na modelação, tentou-se sempre que possível que a tubagem fizesse a passagem de uma divisão da casa para outra passando no teto falso localizado em cima da porta. Esta foi uma recomendação feita pela BIM Source, Lda para que quando seja necessária alguma intervenção nessas redes, se saiba localizar o local onde estas estão a passar.



Figura 62: Planta do cenário 2

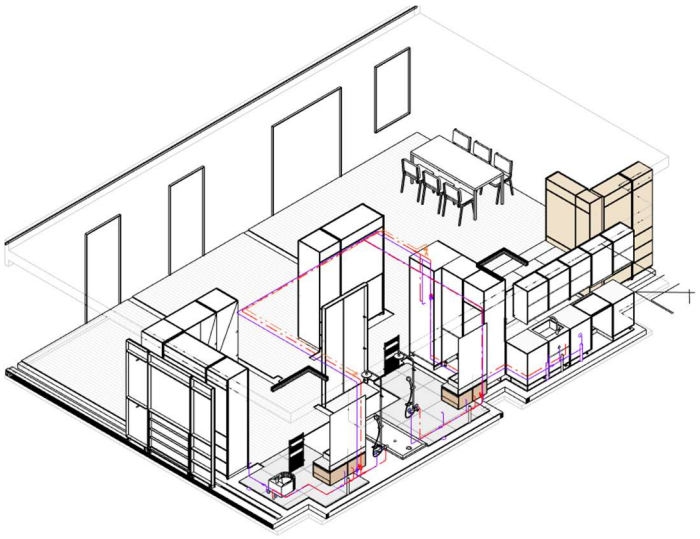


Figura 63: Representação 3D em Revit do cenário 2

No cenário 3, a modelação da habitação de tipologia T3 está representada na planta da Figura 64 e na representação 3D da Figura 65. A modelação desta habitação é feita da mesma maneira que nos cenários anteriores. Apesar de ser uma habitação com uma dimensão superior, optou-se por colocar apenas um troço de rede de retorno, entre o aparelho de aquecimento de água e uma das casas de banho. Considerou-se que para um comprimento inferior a 5 metros do troço principal da rede de retorno até ao dispositivo de utilização, não seria necessária a implementação de um troço de rede de retorno pois o tempo que se iria poupar na chegada de água com essa adição seria pouco significativo.

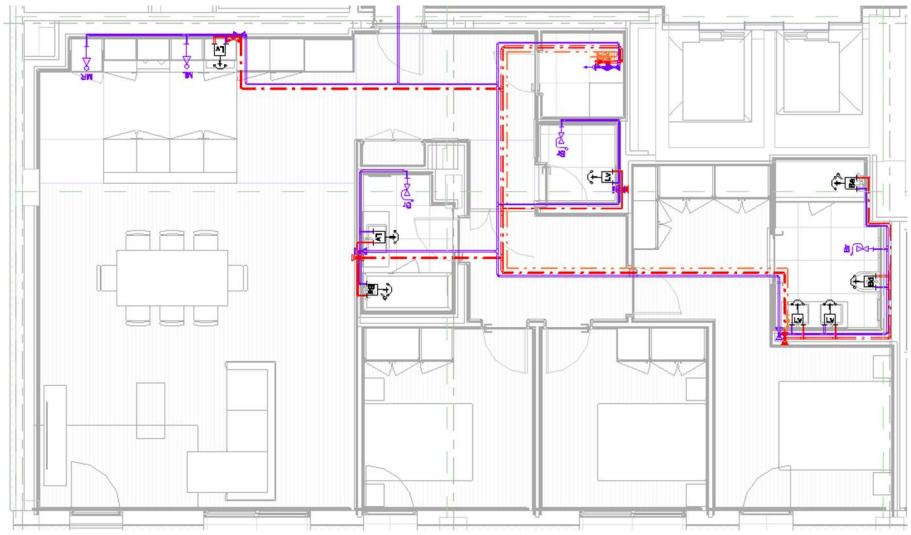


Figura 64: Planta do cenário 3

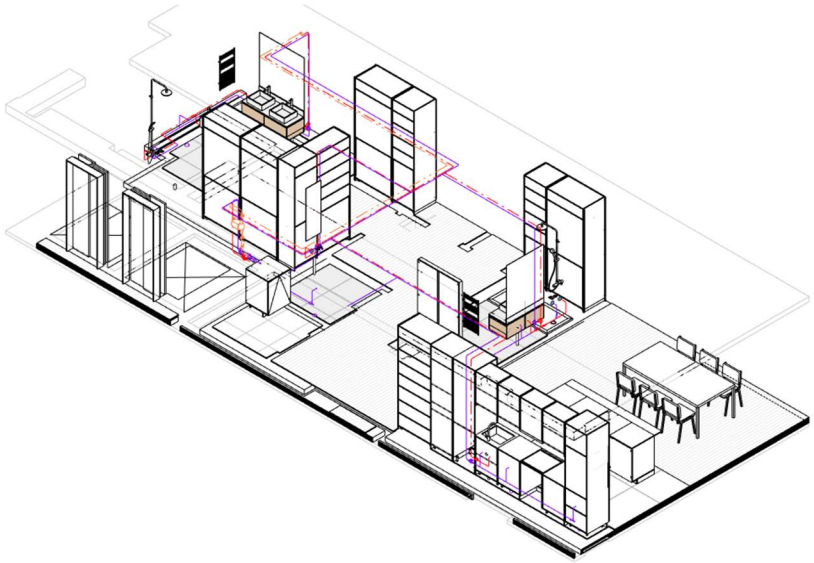


Figura 65: Representação 3D em Revit do cenário 3

A modelação do cenário 4, habitação de tipologia T4 Duplex, está representada nas plantas da Figura 66 e Figura 67 e no corte esquemático da Figura 68. Esta modelação foi realizada da mesma forma que os cenários anteriores. Contudo, esta habitação é constituída por dois pisos pelo que foi necessário proceder à modelação da tubagem para cada rede de forma a realizar a ligação entre pisos. Para esta modelação realizou-se um corte no local onde iriam passar a ligação entre pisos e com o auxílio desse corte foi possível fazer esta ligação. Relativamente à modelação da rede de retorno, foram traçados quatro troços desta rede para alimentar as divisões que se encontram nas extremidades da casa.



Figura 66: Planta do cenário 4 piso superior



Figura 67: Planta cenário 4 piso inferior

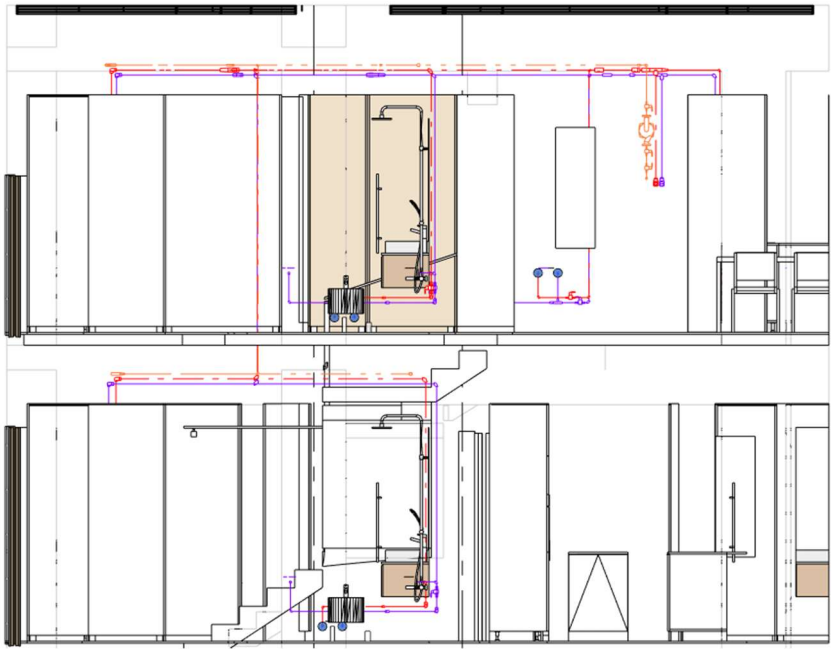


Figura 68: Corte esquemático das redes de abastecimento e retorno do cenário 4

No que toca ao cenário 5, a modelação da rede exemplo de grandes dimensões encontra-se representada na planta da Figura 69 e na representação 3D da Figura 70. Neste cenário foi modelado um troço comum em todas as redes que se encontra no corredor central do piso e vai-se dividindo em troços para alimentar as diferentes habitações. A rede de retorno foi modelada ao longo de todo o piso dividida em múltiplos troços. Este é um cenário, que devido à grande dimensão da rede, terá tubagem de retorno em quase todas as divisões, exceto naquelas em que a distância entre o aparelho de utilização e o troço principal da rede de retorno for inferior a 5 metros.

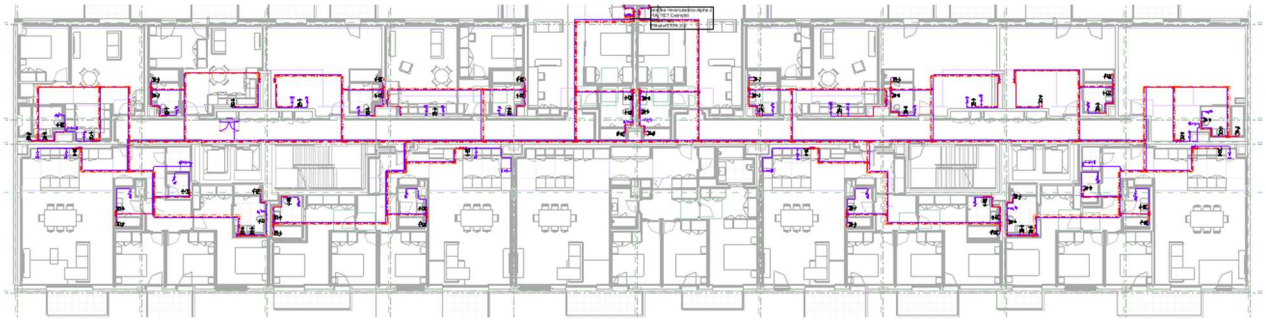


Figura 69: Planta do cenário 5

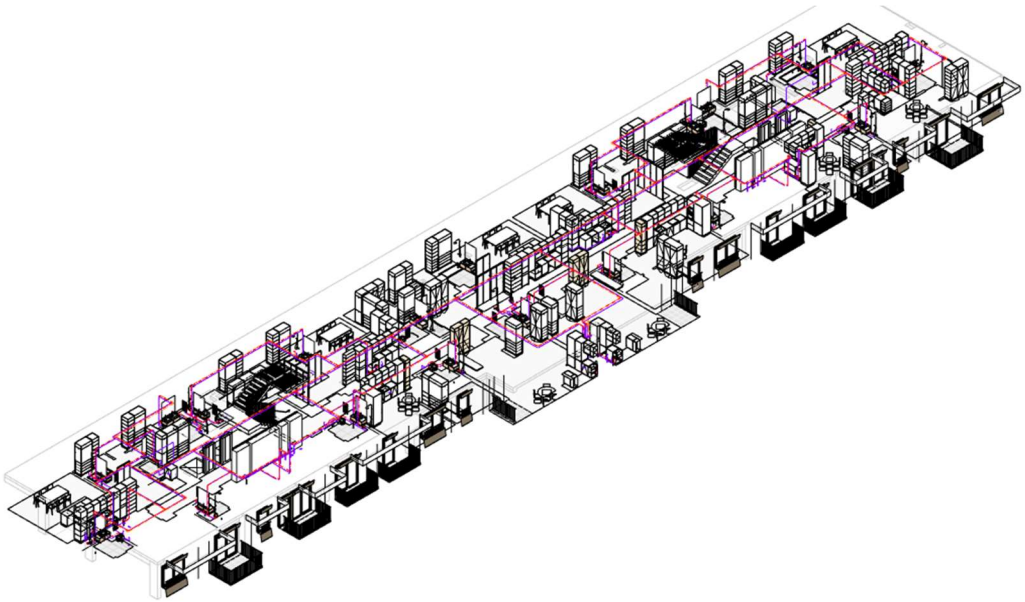


Figura 70: Representação 3D do cenário 5

É de notar que apenas foi representado neste ponto uma modelação por cenário. Contudo, foram realizadas as modelações de três habitações iguais para cada cenário de forma a ser possível que em cada uma delas, se realize o dimensionamento da rede de retorno através dos três métodos distintos apresentados no capítulo anterior.

4.2. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS MODELOS BIM

4.2.1. TEMPO DE ESPERA E VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO

Neste ponto, serão apresentados os resultados acerca do tempo que a água quente demora a percorrer o caminho crítico e o volume de água que é desperdiçado nesse intervalo de tempo para um dado caudal e velocidade na rede. O caminho crítico considerado será o troço da rede com maior comprimento entre o aparelho produtor de água quente e o último dispositivo ligado. Assim, foi realizado um primeiro cenário para o cálculo do tempo de espera, onde são utilizados como dados de caudal e velocidade, os valores obtidos para estes parâmetros no dimensionamento da rede de abastecimento de água quente. O tempo de espera é calculado como sendo a razão entre o comprimento da tubagem e a velocidade a que o caudal é transportado na tubagem. Já o volume de água desperdiçado, é obtido através da razão entre o caudal na tubagem e a velocidade a que este é transportado. Contudo, o caso mais frequente em habitações, é apenas ser utilizado um dispositivo de cada vez. Para isso, foi criado um cenário onde foi calculado o tempo de espera pela água quente se apenas estiver um dispositivo aberto. Neste caso, foi considerado um caudal igual ao caudal mínimo do dispositivo considerado e uma velocidade calculada pela razão entre este caudal e a área da secção da tubagem. Para este cenário foi calculado um novo tempo de espera da mesma forma que explicado anteriormente. Relativamente ao volume de água desperdiçado, este será igual nas duas situações, visto que o tempo de espera vai variar proporcionalmente à variação do caudal, como está representado em (13). Este volume apenas se alteraria com a variação da área da secção da tubagem.

$$Volume\ água\ desperdiçado = Q * \Delta t = Q * \frac{\Delta l}{v} = Q * \frac{\Delta l * Q}{A} \quad (13)$$

No que toca às *Revit Schedules*, os valores do caudal e velocidade do primeiro cenário serão adicionados automaticamente, pois são valores que estão associados à modelação e cálculo automático da rede. Nos restantes cálculos, serão criadas fórmulas na *Revit schedule* de forma a inserir os parâmetros necessários.

Na Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5 estão representados os valores do comprimento do caminho crítico, caudal , tempo de espera e volume de água desperdiçada retirados das *Revit Schedules* para cada cenário admitido.

No que toca ao cenário 1, representado na Tabela 2, conclui-se que para um troço de aproximadamente 11 metros, o tempo de espera por água quente encontra-se nos 16 segundos. Quando considerado que apenas é acionada a banheira que se encontra no ponto mais afastado da rede, o tempo de espera obtido foi de 22 segundos. Considerou-se também a possibilidade de não existir uma banheira mas sim um chuveiro, o que levou a um tempo de espera de aproximadamente 37 segundos. O volume de água desperdiçada obtido neste cenário é de 5,62 litros.

Tabela 2: Tempo de espera por água quente do Cenário 1

Tempo de espera por água quente Cenário 1								
Tipologia	Comprimento caminho crítico (m)	Cálculo Segundo regulamento		Banheira aberta		Chuveiro aberto		Volume de água despediçada (l)
		Caudal (l/s)	Tempo de espera (s)	Caudal (l/s)	Tempo espera (s)	Caudal (l/s)	Tempo espera (s)	
T1	11,15	0,55	15,75	0,25	22,49	0,15	37,48	5,62

Quanto ao cenário 2, representado na Tabela 3, conclui-se que para um troço de aproximadamente 13 metros, o tempo de espera por água quente encontra-se nos 19 segundos. Quando considerado que apenas é aberto o bidé, que se encontra no ponto mais afastado da rede o tempo de espera obtido é de cerca de 1 minuto. Uma vez que este cenário apresenta um comprimento muito próximo a 15 metros, entre o aparelho produtor de água quente e o último dispositivo ligado, e um tempo de espera pouco significativo considerando todos os dispositivos ligados, simulou-se a existência de um chuveiro no ponto mais afastado da rede, para a avaliação do tempo de espera num dispositivo com grande impacto para os utentes. Conclui-se assim, que o tempo de espera nesse caso será de 43 segundos, um valor que se considera desconfortável para a espera de água quente num chuveiro. O volume de água desperdiçada obtido neste cenário é de 6,4 litros.

Tabela 3: Tempo de espera por água quente do Cenário 2

Tempo de espera por água quente Cenário 2								
Tipologia	Comprimento caminho crítico (m)	Cálculo Segundo regulamento		Bidé aberto		Chuveiro aberto		Volume de água despediçada (l)
		Caudal (l/s)	Tempo de espera (s)	Caudal (l/s)	Tempo espera (s)	Caudal (l/s)	Tempo espera (s)	
T2	13,4	0,49	18,55	0,10	64,19	0,15	42,8	6,42

No que toca ao cenário 3, representado na Tabela 4, conclui-se que para um troço de aproximadamente 19m o tempo de espera por água quente encontra-se nos 23 segundos. Quando considerado que é apenas acionada a banheira que se encontra no ponto mais afastado da rede, o tempo de espera obtido foi de 40 segundos. Considerou-se também a possibilidade de não existir uma banheira, mas sim um chuveiro, o que levou a um tempo de espera de aproximadamente 1 minuto. O volume de água desperdiçada obtido neste cenário é de 12,4 litros.

Tabela 4: Tempo de espera por água quente do Cenário 3

Tempo de espera por água quente Cenário 3								
Tipologia	Comprimento do caminho crítico (m)	Cálculo Segundo regulamento		Banheira aberta		Chuveiro aberto		Volume de água despediçada (l)
		Caudal (l/s)	Tempo de espera (s)	Caudal (l/s)	Tempo espera (s)	Caudal (l/s)	Tempo espera (s)	
T3	20,18	0,57	28,13	0,25	49,53	0,15	82,55	12,4

Quanto ao cenário 4, representado na Tabela 5, conclui-se que para um troço de aproximadamente 24 metros o tempo de espera por água quente encontra-se nos 32 segundos. Quando considerado que apenas é aberto o bidé que se encontra no ponto mais afastado da rede, o tempo de espera obtido é de cerca de 2 minutos e 18 segundos. O volume de água desperdiçada obtido neste cenário é de 13,9 litros.

Tabela 5: Tempo de espera por água quente do Cenário 4

Tempo de espera por água quente Cenário 4						
Tipologia	Comprimento do caminho crítico (m)	Cálculo Segundo regulamento		Bidé aberto		Volume de água despediçada (l)
		Caudal (l/s)	Tempo de espera (s)	Caudal (l/s)	Tempo espera (s)	
T4 Duplex	23,7	0,72	31,9	0,10	138,9	13,89

Realizando uma análise crítica, pode-se concluir que em todos os cenários anteriormente apresentados, existe uma predisposição para o aumento do tempo de espera quando usado um dispositivo de cada vez com ocorrências espaçadas, comparativamente ao funcionamento de todos os dispositivos em simultâneo. Esta predisposição verifica-se porque para a mesma área de influência, quando considerado um caudal de água inferior, a velocidade também é inferior.

Outro aspeto a ter em consideração, é o comprimento do troço do caminho crítico. Os primeiros dois cenários, apresentam um comprimento do caminho crítico inferior aos 15 metros obrigatórios para a implementação de uma rede de retorno. Contudo, ambos têm um comprimento de caminho crítico superior a 10 metros, e por isso, será interessante avaliar a viabilidade de implementação de uma rede de retorno, começando com a análise do tempo de espera por água quente e volume de água desperdiçada feita neste ponto. O cenário 1, habitação de tipologia T1, não apresenta um tempo de espera significativo tanto em comparação com os outros cenários como a nível de conforto do utilizador. No que toca ao cenário 2 é necessária uma especial atenção pelo facto do comprimento de 13,4 metros do caminho crítico estar muito próximo ao obrigatório. A nível de resultados, estes apresentam valores

significativos tanto a nível de tempo de espera como de volume de água desperdiçado. Os cenários 3 e 4 apresentam um comprimento da rede no caminho crítico superior aos 15 metros obrigatórios, e por isso será imperativa a implementação da rede de retorno. Analisando os resultados obtidos, ambos os cenários apresentam um tempo de espera, considerando todos os dispositivos em funcionamento, a rondar o meio minuto. Se se considerar que apenas é usado um dispositivo, o tempo de espera passa a barreira do 1 minuto. O volume de água desperdiçada em ambos os casos é igual ou superior aos 10 litros por ocorrência.

4.2.2. Dimensionamento da Rede

O dimensionamento da rede de retorno, foi realizado com recurso às *Revit schedules* e ao *dynamo script*, conforme o procedimento descrito no fluxograma da Figura 25. Após o dimensionamento da rede de abastecimento de água quente, foram adicionados à nova *schedule* os parâmetros afetos a essa rede considerados importantes para o dimensionamento da rede de retorno: caudal e diâmetro. De seguida foram calculados, através da realização de fórmulas nas *schedules*, os caudais de retorno para cada método. Após a obtenção dos caudais de retorno recorre-se ao *dynamo,* onde se cria um programa que distribua estes caudais pelos troços da rede de retorno e adicionou automaticamente os valores no modelo. Depois dos valores serem adicionados, é realizado o cálculo automático da tubagem considerando uma velocidade máxima de 1m/s. Os parâmetros relativos ao diâmetro e caudal desta rede, foram previamente adicionados às *schedules,* pelo que após estes procedimentos os valores destes parâmetros em cada troço da rede serão preenchidos automaticamente. Na Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10 estão representados excertos das *Revit Schedules* com os resultados obtidos no cálculo do caudal de retorno, diâmetro de cálculo e cálculo automático do diâmetro comercial das tubagens para cada cenário e método considerados. É de salientar, que apenas são apresentados os resultados relativos aos troços considerados relevantes. No caso do cenário 1, 2 e 3, apenas existe um troço de rede de retorno, pelo que o valor dos parâmetros é igual em todas as tubagens. No caso do cenário 4 e 5, a rede de retorno ramifica-se em diferentes troços. Neste caso, são apresentados os resultados obtidos em todas as ramificações e troços comuns.

Tabela 6: Dimensionamento rede de retorno do cenário 1

Dimensionamento Rede de Retorno T1				
Parâmetros		**Manual**	**L.Portuguesa**	**L. Espanhola**
T1	Caudal de Retorno (l/s)	0,01	0,02	0,04
	Diâmetro (mm)	11.50	11.50	11.50
	Diâmetro Cálculo (mm)	3,57	5,05	7,14
	Perdas de carga (m.c.a)	-	0,06	0,19

Tabela 7:Dimensionamento da rede de retorno do cenário 2

Dimensionamento Rede de Retorno T2				
Parâmetros		Manual	L.Portuguesa	L. Espanhola
T2	Caudal de Retorno (l/s)	0,016	0,024	0,049
	Diâmetro (mm)	11.50	11.50	11.50
	Diâmetro Cálculo (mm)	5,05	5,53	7,9
	Perdas de carga (m.c.a)	-	0,07	0.26

Tabela 8:Dimensionamento rede de retorno do cenário 3

Dimensionamento Rede de Retorno T3				
Parâmetros		Manual	L.Portuguesa	L. Espanhola
T3	Caudal de Retorno (l/s)	0,023	0,029	0,057
	Diâmetro Interior (mm)	11.50	11.50	11.50
	Diâmetro Cálculo (mm)	5,41	6,08	8,52
	Perdas de carga (m.c.a)	0,10	0,15	0,47

Tabela 9: Dimensionamento da rede de retorno do cenário 4

Dimensionamento Rede de Retorno T4 DUPLEX														
Manual					L.Portuguesa					L. Espanhola				
Caudal de Retorno (l/s)	Perdas de carga (m.c.a)	Caudal da rede (l/s)	Diâmetro Interior (mm)	Diâmetro Cálculo (mm)	Caudal de Retorno (l/s)	Perdas de carga (m.c.a)	Caudal da rede (l/s)	Diâmetro Interior (mm)	Diâmetro Cálculo (mm)	Caudal de Retorno (l/s)	Perdas de carga (m.c.a)	Caudal da rede (l/s)	Diâmetro Interior (mm)	Diâmetro Cálculo (mm)
0,043	0,21	0,008	11.50	3,27	0,036	0,14	0,014	11,50	4,27	0,072	0,56	0,007	11.50	3,01
		0,01	11.50	3,58			0,016	11,50	4,58			0,008	11.50	3,26
		0,011	11.50	3,82			0,019	11,50	4,98			0,01	11.50	3,51
		0,013	11.50	4,08			0,022	11,50	5,25			0,011	11.50	3,72
		0,02	11.50	5,03			0,034	11,50	6,56			0,017	11.50	4,62
		0,023	11.50	5,43			0,038	11,50	6,97			0,019	11.50	4,95
		0,043	11.50	7,4			0,072	11,50	9,57			0,036	11.50	6,77

Tabela 10: Dimensionamento da rede de retorno do cenário 5

Dimensionamento Rede de Retorno Exemplo														
Manual					L.Portuguesa					L. Espanhola				
Caudal de Retorno (l/s)	Perdas de carga (m.c.a)	Caudal da rede (l/s)	Diâmetro Interior (mm)	Diâmetro Cálculo (mm)	Caudal de Retorno (l/s)	Perdas de carga (m.c.a)	Caudal da rede (l/s)	Diâmetro Interior (mm)	Diâmetro Cálculo (mm)	Caudal de Retorno (l/s)	Perdas de carga (m.c.a)	Caudal da rede (l/s)	Diâmetro Interior (mm)	Diâmetro Cálculo (mm)
		0,01	11,50	3,5			0.003	11.50	1,9			0,006	11.50	2,72
		0,011	11,50	3,7			0,004	11.50	2,2			0,007	11.50	3,1
		0,012	11,50	3,9			0,005	11.50	2,5			0,009	11.50	3,5
		0,015	11,50	4,4			0,006	11.50	2,8			0,01	11.50	3,6
		0,016	11,50	4,5			0,007	11.50	2,9			0,011	11.50	3,8
		0,017	11,50	4,6			0,008	11.50	3,2			0,012	11.50	3,9
		0,018	11,50	4,8			0,01	11.50	3,6			0,013	11.50	4,1
		0,019	11,50	4,9			0,012	11.50	3,9			0,016	11.50	4,6
		0,02	11,50	5,1			0,021	11.50	5,1			0,021	11.50	5,2
		0,022	11,50	5,3			0,024	11.50	5,5			0,024	11.50	5,5
		0,027	11,50	5,9			0,025	11.50	5,7			0,042	11.50	7,3
		0,035	11,50	6,7			0,029	11.50	6,1			0,048	11.50	7,8
0,29	5,8	0,039	11,50	7,1	0,09	2,11	0,033	11.50	6,5	0,18	4,7	0,051	11.50	8,1
		0,04	11,50	7,1			0,036	11.50	6,7			0,058	11.50	8,6
		0,069	11,50	9,4			0,038	11.50	7,0			0,059	11.50	8,6
		0,079	11,50	10,0			0,042	11.50	7,3			0,067	11.50	9,3
		0,085	11,50	10,4			0,045	11.50	7,6			0,072	11.50	9,6
		0,097	11,50	11,1			0,049	11.50	7,9			0,077	11.50	9,3
		0,11	11,50	11,9			0,087	11.50	10,5			0,084	11.50	10,3
		0,12	11,50	12,3			-	-	-			0,091	11.50	10,8
		0,13	11,50	12,8			-	-	-			0,098	11.50	11,1
		0,14	15	13,3			-	-	-			0,175	15	14,9
		0,15	15	13,9			-	-	-			-	-	-
		0,16	15	14,3			-	-	-			-	-	-
		0,29	20	19,2			-	-	-			-	-	-

Analisando os resultados obtidos nas tabelas anteriores, é possível concluir-se que nos primeiros 4 cenários, estamos perante valores baixos de caudal de retorno, todos inferiores a 0,1 l/s que se traduzem na escolha do diâmetro comercial mais baixo para tubagens multicamada. No que toca à comparação dos métodos utilizados nestes primeiros 3 cenários, é notória uma proximidade de valores de caudal de retorno, obtidos segundo o método do manual e o método segundo a legislação portuguesa. Por outro lado, existe uma ligeira disparidade entre os valores destes métodos e o método segundo a legislação espanhola. Uma das razões para esta disparidade, poderá dever-se ao facto de na legislação espanhola, ser considerado o dobro da percentagem do caudal de abastecimento usada na legislação portuguesa para o cálculo do caudal de retorno. No cenário 4, o método segundo o manual que até agora apresentava os valores mais baixos de caudal de retorno, mostra uma tendência crescente em relação ao método usado na legislação portuguesa. Contudo, estas diferenças entre métodos não se mostram significativas aquando da escolha do diâmetro comercial da tubagem, pois será o mesmo em ambas as situações. Verifica-se que na escolha do diâmetro segundo a legislação portuguesa, não foi seguida a recomendação de 18 milímetros para diâmetro mínimo da tubagem, pois como se pode consultar nas tabelas acima apresentadas, o valor do diâmetro de cálculo é muito baixo para se considerar tal diâmetro comercial. Esta escolha levaria a velocidades muito baixas na rede.

Devido a tais conclusões, foi criado um cenário com grandes dimensões para que fosse possível avaliar o impacto dos diferentes métodos. Foi possível concluir, que com o aumento da dimensão da rede, ao contrário do que se verificou nos cenários anteriores, os resultados obtidos segundo o Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água tornaram-se mais díspares do método segundo a legislação portuguesa e mais próximos dos valores obtidos segundo o método da legislação espanhola. No que diz respeito à escolha do diâmetro, a escolha do método usado já tem diferenças notórias. Se o método escolhido for o Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água, ter-se-á tubagens com diâmetros comerciais de 20 milímetros e 25 milímetros, valores estes acima dos que se utilizaria escolhendo o método da legislação portuguesa e mesmo legislação espanhola que apresenta um número de diâmetros comerciais acima de 16 milímetros pouco significativo. Estas diferenças de diâmetros terão impacto a nível do custo total da tubagem.

Após a análise de todos os cenários, conclui-se que no que diz respeito às habitações, o método escolhido é pouco significativo. Recorrendo a uma rede de grande comprimento, conclui-se que o método

utilizado pela legislação portuguesa apresenta diâmetros comerciais menores e perdas de carga superiores.

4.2.3. Dimensionamento da Instalação de Produção de Água Quente

O dimensionamento da instalação de produção de água quente, foi realizado segundo o método descrito em 3.2.3. Para cada um dos cenários, foram calculadas as necessidades de AQS, escolhido o tipo de aparelho a utilizar e realizado o seu dimensionamento. O perfil de consumo relativamente às necessidades de AQS usado está representado na Figura 71. Este perfil de consumo tem em consideração que é apenas consumida água quente sanitária nas primeiras horas da manhã (7h-9h), durante a hora de almoço (12h-14h) e ao fim do dia (17h-21h). Na Figura 71 representados os valores obtidos no cálculo do consumo diário de AQS, volume de acumulação e potência de produção do dispositivo de produção de AQS para cada cenário. É de salientar que o cenário 5 não se encontra em análise neste ponto, visto que o seu objetivo é analisar o comportamento dos métodos utilizados para dimensionar as redes de retorno em redes de grande dimensão.

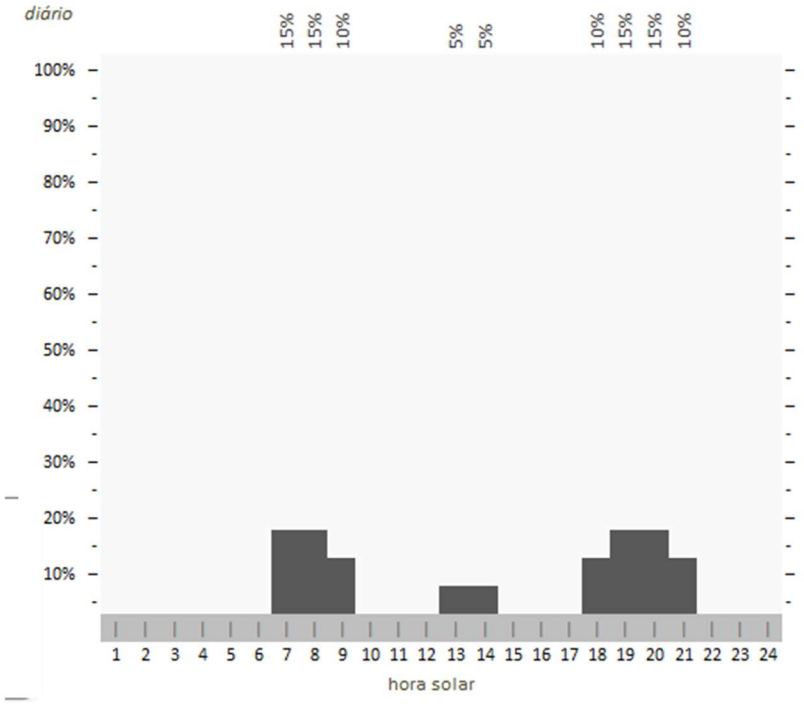


Figura 71: Perfil de Consumo

Tabela 11: Dimensionamento teórico do dispositivo de produção de AQS

Dispositivo de Produção de AQS															
				Consumo diário de AQS			Volume de acumulação				Potência				
Cenário	Tipologia	Tipo de aparelho	Tipo de instalação	Consumo diário por utente (l)	Nº utentes	Consumo diário AQS (l)	T1 (ºC)	T2 (ºC)	T3 (ºC)	Volume de acumulação (l)	Calor especifico da água	delta T (ºC)	delta t (h)	Potência dissipada (W)	Potência de produção (W)
1	T1	Termoacumulador elétrico	Individual	30	2	60	60	20	40	30	1,16	40	4	206,1	592,77
2	T2	Termoacumulador elétrico	Individual	30	3	90	60	20	40	60	1,16	40	4	289,9	1063,23
3	T3	Termoacumulador elétrico	Individual	30	4	120	60	20	40	90	1,16	40	4	420,0	1580,00
4	T4 Duplex	Termoacumulador elétrico	Individual	30	5	150	60	20	40	120	1,16	40	4	778,3	2324,97

Tabela 12: Características do modelo comercial escolhido a partir do volume e potência de cálculo

Cenário	Tipologia	Dimensionamento teórico		Escolha Comercial			
		Volume de acumulação (l)	Potência de produção (W)	Modelo	Volume util (l)	Potência nominal (kW)	Consumo energético anual (kWh)
1	T1	30	592,77	Vulcano PrimeAqua 35l	34	1,2	574
2	T2	60	1063,23	Vulcano PrimeAqua 75l	76	2	1418
3	T3	90	1580,00	Vulcano PrimeAqua 100l	95	2	2753
4	T4 Duplex	120	2324,97	Vulcano PrimeAqua 150l	142	2,4	4334

Através do dimensionamento teórico realizado na Tabela 11, é possível retirar os parâmetros importantes na escolha do equipamento comercial que cubra as necessidades de cada tipologia. Na Tabela 12 é apresentada a escolha comercial do termoacumulador elétrico indicado para cada cenário, tendo em conta o volume de acumulação e potência de produção teórica. Conclui-se através destas tabelas, que quanto maior for o número de utentes em cada tipologia maior será o consumo diário de AQS e consequentemente maior será o volume de acumulação necessário. A potência de produção também aumentará com a tipologia, pois para os valores constantes de intervalo de tempo e diferença de temperatura, este parâmetro variará com o volume de acumulação e potência dissipada.

4.2.4. Dimensionamento da Bomba de Retorno

O dimensionamento da bomba de retorno, foi realizado com recurso às *Revit schedules* e ao *dynamo script*, conforme descrito em 3.2.6. Na Tabela 13, estão representados excertos das *Revit Schedules* com os resultados obtidos no cálculo do caudal de retorno e altura manométrica da bomba, para cada cenário e método considerados. O cálculo da altura manométrica da bomba, como referido anteriormente no ponto 3.2.6, resulta da soma das perdas de carga no troço com um total de perdas de carga mais elevadas. Como é possível ver na Tabela 13, quando maior for o caudal de retorno considerado maior será a velocidade e as perdas de carga na rede, e, por conseguinte, maior será a altura manométrica da bomba. As *Revit schedules*, apresentam como desprezáveis os valores de altura manométrica para um caudal de retorno inferior a 0,02 l/s, pois é o valor a partir do qual o *Revit* está configurado para considerar um valor demasiado baixo que se tornará insignificante. Estes valores de caudal de retorno muito baixos estão presentes nos cenários 1 e 2, onde se considerou uma rede inferior aos 15 metros obrigatórios por lei. Nestes dois casos, os valores de caudal de retorno obtidos através do método segundo o Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água, foram inferiores a 0,02 l/s e por isso considerada uma altura manométrica desprezável. Mesmo seguindo o método da legislação portuguesa, onde o caudal de retorno é 50% superior no cenário 1 e cerca de 40% superior no cenário 2, os valores da altura manométrica encontram-se na ordem das duas casas decimais. Apenas no método seguido na legislação espanhola, onde a percentagem de caudal de abastecimento considerado para o retorno é superior, ter-se-á valores da altura manométrica consideráveis.

Tabela 13: Dimensionamento da bomba de retorno para cada cenário

Dimensionamento Bomba de Retorno				
Parâmetros		Manual	L.Portuguesa	L. Espanhola
Cenário 1	Caudal de Retorno (l/s)	0,01	0,02	0,04
	Altura manométrica (m.c.a)	-	0,06	0,19
Cenário 2	Caudal de Retorno (l/s)	0,016	0,024	0,049
	Altura manométrica (m.c.a)	-	0,07	0.26
Cenário 3	Caudal de Retorno (l/s)	0,023	0,029	0,057
	Altura manométrica (m.c.a)	0,10	0,15	0,47
Cenário 4	Caudal de Retorno (l/s)	0,043	0,036	0,072
	Altura manométrica (m.c.a)	0,21	0,14	0,56
Cenário 5	Caudal de Retorno (l/s)	0,29	0,09	0,18
	Altura manométrica (m.c.a)	3,57	1,69	3,35

Após a obtenção dos resultados do dimensionamento teórico, foi necessário proceder à escolha comercial da bomba de retorno. Para tal, recorreu-se ao catálogo da Grundfos, onde é possível inserir os dados de cálculo e obter uma lista de bombas que mais se adequam aos resultados obtidos.

A primeira bomba escolhida, representada na Figura 72, é a Grundfos Comfort B PM. Esta poderá ter um caudal efetivo até 0,073 l/s, uma altura manométrica de 1,012 m e uma potência máxima de 7W. Devido aos valores destes parâmetros, esta bomba pode ser escolhida para servir os primeiros quatro cenários, independentemente da metodologia utilizada. Na Figura 73, encontra-se representada a curva com as características da bomba.



Figura 72: Grundfos Comfort B PM [22]

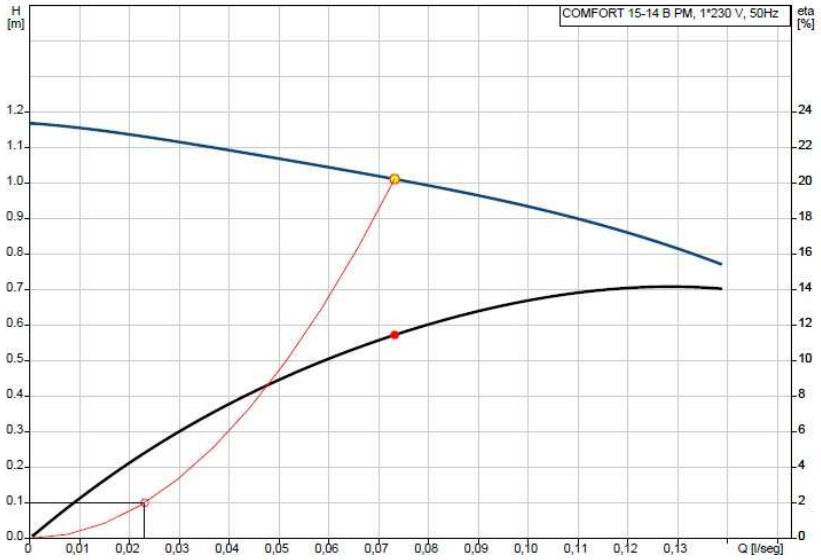


Figura 73: Curva da bomba Grundfos Comfort B PM [22]

Relativamente ao cenário 5, onde é considerado um comprimento de rede superior aos outros cenários, as alturas manométricas obtidas são também superiores. Neste caso, é possível notar a diferença entre métodos, visto que a altura manométrica teórica da bomba seguindo o método da legislação portuguesa, é duas vezes inferior à altura manométrica obtida seguindo um dos outros métodos. Posto isto, seria necessário recorrer a bombas de retorno comerciais diferentes para servir os diferentes métodos.

No caso do método segundo a legislação portuguesa, a bomba escolhida, representada na Figura 72, é a Grundfos UPS 25-40 N 180. Esta poderá ter um caudal efetivo até 0,1022 2 l/s, uma altura manométrica de 2,183 m e uma potência máxima de 45W. Na Figura 73 e Figura 75 encontra-se representada a curva com as características da bomba. Já nos restantes métodos, será necessária a escolha de uma bomba com caudal efetivo e altura manométrica superior. A escolha feita foi a Grundfos UPS 25-60 N 180, que suporta caudais efetivos até 0,2912 l/s, altura manométrica de 3,6m e uma potência máxima de 60W.



Figura 74: Grundfos UPS 25-40 N 180 [23]

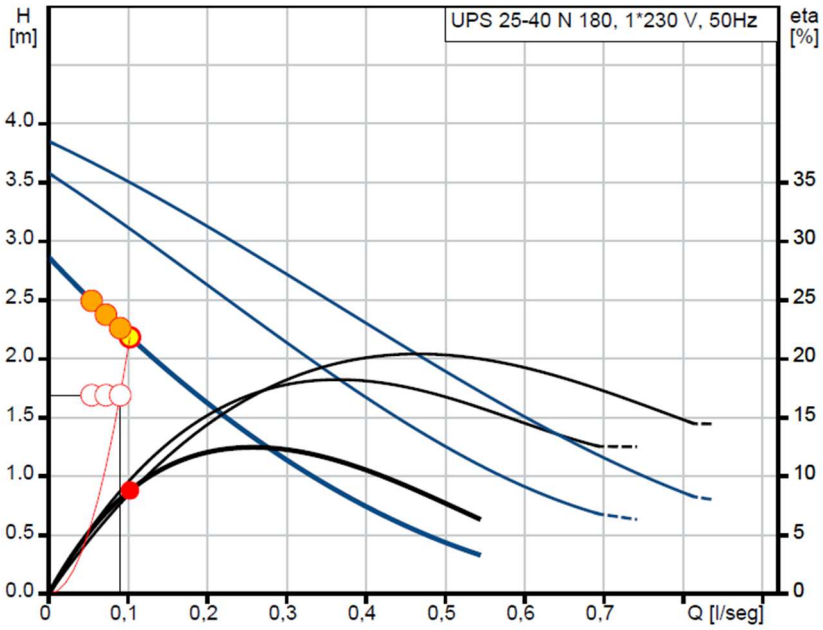


Figura 75: Curva da bomba Grundfos UPS 25-40 N 180 [23]



Figura 76: Grundfos UPS 25-60 N 180 [24]

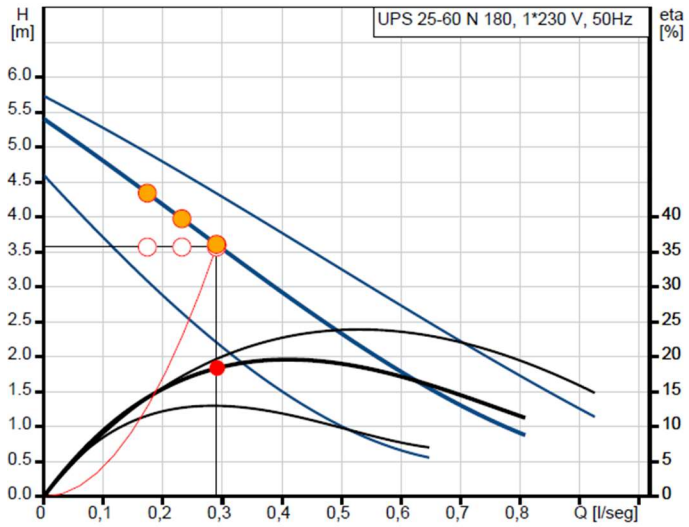


Figura 77: Curva da bomba Grundfos UPS 25-60 N 180 [24]

Pode-se concluir que em todos os cenários existe uma diferença nos valores da altura manométrica da bomba entre métodos de pelo menos 30%. Nos primeiros 4 cenários, encontram-se comprimentos de rede típicos de habitações, sendo que estas diferenças são meramente teóricas e não se traduzem na escolha do equipamento. No cenário 5, as diferenças de altura manométrica terão influência na escolha do equipamento e consequentemente impacto a nível económico e energético. É de salientar, que o método seguido pela legislação portuguesa, foi o que se mostrou mais constante em termos de baixos valores de perda de carga e consequente menor altura manométrica da bomba, enquanto que o método segundo o manual, apresentou valores de altura manométrica baixos no que toca aos primeiros três cenários, mas com o aumento do comprimento da rede aumentaram também os valores das perdas de carga e alturas manométricas, em relação aos outros cenários. Pode-se concluir também, que em redes com comprimento do troço crítico inferior aos 15m estipulados por lei, do ponto de vista da análise isolada da implementação das bombas de retorno, esta não se mostra interessante. Os valores de caudal de retorno são baixos, e apresentam perdas de carga e altura manométrica da possível bomba, que

aplicando alguns métodos seriam desprezáveis. Por isso, seria necessário ter em atenção o método utilizado para não obter caudais inferiores a 0,02 l/s, para poder ser possível o dimensionamento da bomba.

4.3. ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

Neste ponto, serão apresentados os resultados acerca do custo do ciclo de vida, considerando um sistema com e sem rede de retorno. O ciclo de vida estudado é de 30 anos, sendo que se considera um ciclo de vida da bomba de retorno mais curto, de 15 anos. Os parâmetros calculados nesta análise são o investimento inicial, o custo de substituição da bomba ao fim do seu ciclo de vida e o custo da água e eletricidade. Em todos estes parâmetros foram utilizadas estimativas de fatores e de custos para que fosse possível estimar através do valor inicial, o valor do parâmetro no fim do ciclo de vida. As estimativas usadas para os vários fatores são as seguintes:

- Custo das tubagens
  O custo das tubagens, foi obtido através da multiplicação entre o custo unitário da tubagem com determinado diâmetro e o respetivo comprimento de tubo na rede. Os valores do custo unitário da tubagem, foram retirados de um mapa de tarefas e quantidades fornecido pela BIM Source, Lda. e foi criada uma *schedule* no *Revit*, representada na Tabela 14, onde se podem consultar esses custos. O parâmetro custo da Tabela 14, é um *shared parameter* do modelo que será usado para calcular o custo total, tanto da rede de abastecimento de água quente como da rede de retorno.

Tabela 14: Custo unitário das tubagens

<Custo unitário>		
A	B	C
Type	Size	Custo/m
HID-PI-Multicamada - Mepla	16.00 mmø	13.35
HID-PI-Multicamada - Mepla	20.00 mmø	19.22
HID-PI-Multicamada - Mepla	26.00 mmø	19.85
HID-PI-Multicamada - Mepla	32.00 mmø	27.63
HID-PI-Multicamada - Mepla	40.00 mmø	31.50

- Taxa de atualização
  No que toca à taxa de atualização dos bens para efeitos de simplificação, foi considerado o valor, apresentado no Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects [25], de 4%.

- Fator de desconto do capital investido

  O fator de desconto do capital investido, é um fator que será multiplicado ao valor inicial do custo de substituição da bomba para obter o custo real de substituição ao fim do ciclo de vida da mesma. Este fator de desconto é calculado, como representado na Tabela 15, tendo em conta a taxa de atualização ao longo do número de anos considerado.

Tabela 15: Fator de desconto do capital investido

Fator desconto capital investido			
Taxa de atualização	Ano (t)	(1+d)^t	SPV
0,04	15	1,80	0,56

- Fator de desconto da eletricidade

  O fator de desconto da eletricidade, foi calculado através da fórmula (12), representada em 3.2.7. Este fator tem em conta um ciclo de vida de 30 anos, uma taxa de atualização de 4% e uma taxa de escalonamento de 2%. A Tabela 16 representa o cálculo deste fator.

Tabela 16: Fator de desconto da eletricidade

Fator desconto eletricidade						
n	Taxa de atualização	e	(1+e)/(d-e)	(1+e)/(1+d)	((1+e)/(1+d))^n	UPV*
30	0,04	0,02	51,00	0,98	0,56	22,52

- Fator de desconto da água

  O fator de desconto da água, foi calculado através da fórmula (12, representada em 3.2.7. Este fator tem em conta um ciclo de vida de 30 anos, uma taxa de atualização de 4% e uma taxa de escalonamento nula. A Tabela 17 representa o cálculo deste fator.

Tabela 17: Fator de desconto da água

Fator desconto água						
n	Taxa de atualização	e	(1+e)/(d-e)	(1+e)/(1+d)	((1+e)/(1+d))^n	UPV*
30	0,04	0	25,00	0,96	0,31	17,29

- Consumo energético com e sem retorno

  O consumo energético anual vai variar com a tipologia em análise e com o facto de ser um sistema com retorno ou sem retorno. No caso do sistema sem rede de retorno, o consumo de energia considerado será o consumo energético anual, presente na Tabela 12, estimado na ficha técnica de cada termoacumulador utilizado para as diferentes tipologias. No caso do sistema com rede de retorno, a previsão numérica detalhada dessa quantidade de energia pode tornar-se complicada, sendo a sua estimativa um tema de estudo em alguns artigos. Randi Bazeau e Marc Edwards [13] estudaram este consumo de energia comparando um sistema com e sem rede de retorno. Concluíram, que um sistema com rede de retorno implementada, tem um gasto de energia duas vezes superior ao gasto num sistema sem rede de retorno para uma temperatura de funcionamento de 60ºC. Tendo como base estes valores, será considerado para

efeitos de cálculo, que o sistema com rede de retorno terá um consumo energético duas vezes superior ao consumo do sistema sem rede de retorno.

- Custo da eletricidade
  O valor da tarifa da eletricidade considerada, foi de 0,20 euros/KWh. O custo da eletricidade no sistema hidráulico sem rede de retorno, é calculado considerando a energia consumida pelo termoacumulador por ano e o preço atual da tarifa da eletricidade. No caso de se considerar o incremento da rede de retorno, será considerado um consumo energético anual duas vezes superior ao consumo energético do sistema sem retorno e o custo da energia consumida pela bomba de retorno por ano. Esta energia consumida pela bomba, é calculada tendo em conta a potência referida nas características e o perfil de consumo de água quente apresentado na Figura 71.

- Custo da água
  O valor do custo unitário da água varia consoante o município em questão. No caso do presente trabalho, o caso de estudo encontra-se inserido no município do Porto, pelo que será considerada a tarifa aplicada ao mesmo. Foi considerado que as habitações pertencem ao 2º escalão, pelo que a tarifa de água doméstica será 0,9 euros/m3. No sistema com rede de retorno, considera-se como estimativa de consumo de água o valor do consumo diário de AQS por pessoa. Considerando o sistema sem rede de retorno, a este valor é incrementado o custo do volume de água desperdiçada. Para calcular o custo total da água será multiplicada a tarifa aplicada ao volume de água consumida estimado.

Na Tabela 18, Tabela 19, Tabela 20 e Tabela 21 estão representados os resultados obtidos na análise do custo do ciclo de vida para cada tipologia considerando as estimativas acima descritas. Estão representados nas tabelas, os cálculos do custo de cada parâmetro no ano base, no último ano do ciclo de vida, o valor do LCC total e a diferença entre o LCC do cenário base e o LCC do sistema com retorno.

Tabela 18: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T1

LCC Sistema sem rede de retorno Tipologia T1						
	Custo Base	Ano de Ocorrência	Fator de desconto	Valor	LCC	LCCs/ret-LCCc/ret
Custo Investimento Inicial	762,54	0	-	762,54	3 751,34 €	-3 255,87 €
Capital substituido	-	-	-	-		
Eletricidade: 574 KWh a 0,20 eur/KWh	114,8	Durante 30 anos	22,52	2585,03		
Custos de Água	23,34978	Durante 30 anos	17,29	403,77		
LCC Sistema com rede de retorno Tipologia T1						
Custo Investimento Inicial	1225,91	0	-	1225,91	7 007,21 €	
Capital substituido	341	15	0,56	189,35		
Eletricidade: 1148 KWh AQS+18KWh bomba a 0,20 eur/KWh	233,2	Durante 30 anos	22,52	5251,13		
Custos de Água	19,71	Durante 30 anos	17,29	340,83		

Tabela 19: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T2

LCC Sistema sem rede de retorno Tipologia T2						
	Custo Base	Ano de Ocorrência	Fator de desconto	Valor	LCC	LCCs/ret-LCCc/ret
Custo Investimento Inicial	987	0	-	987	7 952,93 €	- 7 045,38 €
Capital substituido	-	-	-	-		
Eletricidade: 1418 KWh a 0,20 eur/KWh	283,6	Durante 30 anos	22,52	6386,02		
Custos de Água	33,54	Durante 30 anos	17,29	579,92		
LCC Sistema com rede de retorno Tipologia T2						
Custo Investimento Inicial	1444,63	0	-	1444,63	14 998,31 €	
Capital substituido	341	15	0,56	189,35		
Eletricidade: 2836 KWh+18KWh bomba a 0,20 eur/KWh	570,8	Durante 30 anos	22,52	12853,10		
Custos de Água	29,565	Durante 30 anos	17,29	511,24		

Tabela 20: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T3

LCC Sistema sem rede de retorno Tipologia T3						
	Custo Base	Ano de Ocorrência	Fator de desconto	Valor	LCC	LCCs/ret-LCCc/ret
Custo Investimento Inicial	1318	0	-	1318	14 622,84 €	- 12 956,4 €
Capital substituido	-	-	-	-		
Eletricidade: 2753 KWh a 0,20 eur/KWh	550,6	Durante 30 anos	22,52	12398,24224		
Custos de Água	52,4286	Durante 30 anos	17,29	906,5970971		
LCC Sistema com rede de retorno Tipologia T3						
Custo Investimento Inicial	1830,66	0	-	1830,66	27 579,21 €	
Capital substituido	341	15	0,56	189,35		
Eletricidade: 5506 KWh+18KWh bomba a 0,20 eur/KWh	1104,8	Durante 30 anos	22,52	24877,54819		
Custos de Água	39,42	Durante 30 anos	17,29	681,65		

Tabela 21: Custo do ciclo de vida do sistema hidráulico com e sem retorno numa habitação de tipologia T4

LCC Sistema sem rede de retorno Tipologia T4						
	Custo Base	Ano de Ocorrência	Fator de desconto	Valor	LCC	LCCs/ret-LCCc/ret
Custo Investimento Inicial	2252,05	0	-	2252,05	23 016,96 €	- 20 319,90 €
Capital substituido	-	-	-	-		
Eletricidade: 4334 KWh a 0,20 eur/KWh	866,8	Durante 30 anos	22,52	19518,33704		
Custos de Água	72,09	Durante 30 anos	17,29	1246,57		
LCC Sistema com rede de retorno Tipologia T4						
Custo Investimento Inicial	3186,72	0	-	3186,72	43 336,86 €	
Capital substituido	341	15	0,56	189,35		
Eletricidade: 8668 KWh+18KWh bomba a 0,20 eur/KWh	1736,8	Durante 30 anos	22,52	39108,73		
Custos de Água	49,275	Durante 30 anos	17,29	852,06		

Analisando os resultados obtidos nas tabelas anteriores, é possível concluir-se que o valor do LCC tende a aumentar com o aumento da tipologia da habitação. Isto deve-se ao facto do comprimento da rede tender a ser superior e o volume do reservatório aumentar com o aumento do número de pessoas por tipologia devido ao consumo de AQS por pessoa. Ora este aumento, tem impacto tanto no investimento inicial como nos custos da eletricidade e água.

Fazendo a comparação entre os resultados obtidos num sistema hidráulico com e sem rede de retorno, conclui-se também que o valor do LCC é superior quando existe o incremento de uma rede de retorno. O investimento inicial mais elevado devido ao incremento das tubagens de retorno a compra da bomba de retorno e o aumento do consumo de energia, refletem-se neste aumento de custo. Para além do valor fixo da bomba de retorno nos primeiros três cenários, o valor das tubagens de retorno ronda os 100

euros pois existe apenas um troço desta rede. Já no cenário 4, existe uma rede com um comprimento maior e com quatro troços que se estendem por dois pisos. Este aumento de comprimento da tubagem de retorno, faz quintuplicar o custo da tubagem desta rede. A substituição da bomba de retorno a meio do ciclo de vida do sistema, torna-se um acréscimo de cerca de 190 euros que contribui para o aumento de custo comparativamente com um sistema sem rede de retorno. No que toca ao custo da eletricidade, concluiu-se neste cenário, que este é o parâmetro que mais influência tem no custo do ciclo de vida representando cerca de 90% do seu valor. Comparando os valores do custo da eletricidade para os sistemas com e sem retorno, deteta-se um aumento de cerca de 50% do custo no sistema com rede de retorno. Isto deve-se ao facto de a energia consumida anualmente por um sistema com retorno, ser duas vezes superior à energia consumida num sistema sem retorno. Quando se fala do custo de água, a análise é também pormenorizada. O total de água consumida anualmente num sistema sem rede de retorno, considerando as estimativas apresentadas anteriormente, será comparativamente superior e por isso terá um custo mais elevado, pois neste caso, é contabilizado o volume de água que se desperdiça quando não existe recirculação de água. Contudo, esta poupança não amortizará as despesas mais elevadas que se identifica nos outros parâmetros analisados, e o prejuízo no fim do ciclo de vida de incrementar uma rede de retorno, considerando as estimativas usadas para os vários fatores, oscilará entre os 3000 e os 20000 euros nos vários cenários.

Ao analisar-se apenas a despesa anual que os utilizadores terão com a conta a água e da eletricidade nos vários cenários, os resultados obtidos não são diferentes. Como se pode ver na Tabela 22, o custo que o utilizador terá na despesa anual da água e eletricidade, aumentará com o aumento do comprimento da rede considerada. Este custo adicional, representa um aumento na ordem das centenas de euros nas despesas anuais considerando o valor obtido para o ano zero. No fim do ciclo de vida este custo adicional nas despesas das famílias representará um aumento entre os 2000 e os 20000 euros dependendo da tipologia em análise.

É também importante salientar que apesar de para o cenário estudado, assumindo as estimativas acima referidas, não compensar a nível económico, em termos de sustentabilidade será interessante analisar o seu impacto na poupança de água. Na Tabela 23, estão apresentados os resultados obtidos acerca da percentagem de água desperdiçada face à totalidade de água gasta num sistema sem rede de retorno. Pode-se concluir que a percentagem de água desperdiçada aumenta com o aumento do comprimento da rede nos vários cenários e que esta varia entre os 16% e os 32%.

Tabela 22: Análise de poupança na despesa anual incluindo no sistema rede de retorno

Análise da Poupança nas faturas da água e eletricidade						
	Despesa Anual ano 0 (Euros)		Poupança incluindo retorno (Euros)	Despesa Ano 30 (Euros)		Poupança incluindo retorno
	Com retorno	Sem retorno		Com Retorno	Sem Retorno	
T1	252,91	138,15	-114,76	5591,95	2988,80	-2603,16
T2	600,365	317,14	-283,23	13364,34	6965,93	-6398,41
T3	1144,22	603,0286	-541,1914	25559,20	13304,84	-12254,36
T4	1786,075	938,89	-847,19	39960,80	20764,91	-19195,89

Tabela 23: Percentagem de água desperdiçada em cada tipologia

	Água consumida por ano (m3)	Água desperdiçada por ano (m3)	Total	% de água desperdiçada face a totalidade gasta
T1	21,9	4,0	25,9	16%
T2	32,9	7,0	39,9	18%
T3	43,8	14,5	58,3	25%
T4	54,8	25,3	80,1	32%

Analisando o cenário base, onde se consideraram as estimativas acima descritas, concluiu-se que o incremento das redes de retorno no sistema hidráulico, resulta num custo adicional que varia entre os 3000 e os 20000 dependendo da tipologia. Contudo, estes valores dependem das estimativas realizadas. Com isto em mente, foi realizada uma análise de sensibilidade, fazendo variar alguns dos fatores estimados com o objetivo de estudar a influência desses fatores tanto na poupança das despesas anuais como na diferença entre o LCC do cenário base e o LCC do sistema com retorno. As análises de sensibilidade realizadas foram as seguintes:

- Análise de sensibilidade à variação da taxa de atualização
  Na Tabela 24, encontra-se representada a análise à variação da taxa de atualização. Esta terá impacto a nível dos custos totais do ciclo de vida e da poupança nas despesas anuais no fim do ciclo de vida. Na análise de sensibilidade, variou-se a taxa de atualização do cenário base. Considerou-se cenários com uma variação 75% e 25% inferior, 50% superior e duas vezes superior ao valor da taxa de atualização no cenário base. Concluiu-se que os parâmetros analisados apresentam sensibilidade à variação da taxa de atualização. Tanto as despesas anuais como o custo do ciclo de vida, tendem a ter um prejuízo inferior com o aumento da taxa de atualização, sendo essa diferença de custo de cerca 1000 euros se duplicar a taxa considerada. Contudo, independentemente da taxa de atualização utilizada, o sistema com rede de retorno continua a não compensar economicamente.

Tabela 24: Análise de sensibilidade à variação da taxa de atualização

Análise sensibilidade taxa de atualização			
Tipologias	Taxa de atualização	LCCs/ret-LCCc/ret	Poupança nas despesas anuais ano 30
T1	0,08	-2180,37	-1609,5
	0,06	-2622,57	-2016,91
	0,04	-3255,87	-2603,16
	0,03	-3675,31	-2993,06
	0,01	-4816,25	-4059,16
T2	0,08	-4523,94	-3958,89
	0,06	-5559,16	-4959,24
	0,04	-7045,38	-6398,41
	0,03	-8031,91	-7355,4
	0,01	-10722,92	-9971,57
T3	0,08	-8199,2	-7579,02
	0,06	-10151,1	-9496,11
	0,04	-12956,37	12254,36
	0,03	-14820,2	14088,71
	0,01	-19910,2	-19103,87
T4	0,08	-12913,01	-11870,84
	0,06	-15951,3	-14874,34
	0,04	-20319,9	-19195,89
	0,03	-23223,53	-22069,98
	0,01	-31156,46	-29928,07

- Análise de sensibilidade à variação da taxa de escalonamento da eletricidade

  No que toca à variação da taxa de escalonamento da eletricidade, esta terá impacto a nível dos custos totais do ciclo de vida e da poupança nas despesas anuais, no fim do ciclo de vida. Foi realizada uma análise de sensibilidade, representada na Tabela 25, onde se variou a taxa de escalonamento do cenário base. Consideraram-se cenários com uma variação 50% inferior, 2, 2,5 e 3 vezes superior ao valor da taxa de escalonamento no cenário base. Concluiu-se que os parâmetros analisados, apresentam sensibilidade à variação da taxa de escalonamento da eletricidade. Tanto as despesas anuais como o custo do ciclo de vida, tendem a aumentar o seu prejuízo com o aumento da taxa de escalonamento, sendo essa diferença de custo de cerca 2000 euros se triplicar a taxa considerada. Independentemente da taxa de escalonamento utilizada, o sistema com rede de retorno continua a não compensar economicamente e tende a agravar essa inviabilidade com o aumento da mesma.

Tabela 25:Análise de sensibilidade à variação da taxa de escalonamento da eletricidade

Análise sensibilidade fator de escalonamento eletricidade			
Tipologias	Fator de escalonamento	LCCs/ret-LCCc/ret	Poupança nas despesas anuais ano 30
T1	0,06	-5426,86	-4774,15
	0,05	-4723,86	-4071,14
	0,03	-3658,45	-3005,75
	0,02	-3255,87	-2603,16
	0,01	-2919,4	-2266,69
T2	0,06	-12311,5	-11664,2
	0,05	-10606,24	-9959,63
	0,03	-3021,91	-7374,93
	0,02	-7045,38	-6398,41
	0,01	-6229,22	-5582,45
T3	0,06	-23118,2	-22416,21
	0,05	-19827,6	-19125,63
	0,03	-14840,7	-14138,73
	0,02	-12956,37	12254,36
	0,01	-11381,5	-10679,45
T4	0,06	-36272,28	-35148,26
	0,05	-31106,63	-29982,61
	0,03	-23278,04	-22154,03
	0,02	-20319,9	-19195,89
	0,01	-17847,55	-16723,54

- Análise de sensibilidade à variação do consumo energético anual num sistema com rede de retorno

  No que toca à variação do consumo energético anual num sistema com rede de retorno, esta terá impacto a nível dos custos totais do ciclo de vida e da poupança nas despesas anuais no fim do ciclo de vida. Foi realizada uma análise de sensibilidade, representada na Tabela 26, onde se fez variar o consumo energético considerado no cenário base. Consideraram-se cenários onde o consumo energético de um sistema com rede de retorno é 1,25 e 1,5 vezes superior ao consumo energético num sistema sem rede de retorno. Considerou-se também um cenário,

onde o consumo energético num sistema com rede de retorno é igual ao consumo num sistema sem rede de retorno. Esta última estimativa é pouco realista, pois num sistema de retorno ter-se-á sempre o acréscimo de consumo para aquecimento da água que se encontra em constante circulação nas horas determinadas no perfil de consumo. Embora pouco realista, foi considerada para efeitos de cálculo, de forma a melhor definir a influência desta variação de consumo nos parâmetros a analisar. Concluiu-se que os parâmetros analisados são bastante sensíveis à variação do consumo energético do sistema com rede de retorno, apresentando variações de custo superiores às detetadas na variação dos fatores anteriores. É notória uma tendência para a diminuição dos custos adicionais do sistema com rede de retorno com a diminuição do consumo energético do sistema. É por isso possível concluir, que o perfil de consumo considerado, terá influência no que toca à poupança de energia e à diminuição dos custos adicionais. É de notar que independentemente da variação do consumo, o sistema com rede de retorno continua a não compensar economicamente. Este apenas se tornaria neutro no que toca às despesas anuais, se o consumo de energia do sistema com rede de retorno igualasse o consumo de energia do sistema sem rede de retorno, contudo como já foi referido anteriormente, esse é um cenário pouco realista.

Tabela 26: Análise de sensibilidade à variação do consumo energético do sistema com rede de retorno

Análise sensibilidade variação Consumo Energético de sistema com rede de retorno				
Tipologias	Consumo energético sistema com retorno	LCCs/ret-LCCc/ret	Poupança nas despesas anuais ano 0	Poupança nas despesas anuais ano 30
T1	2* Es/retorno	-3255,87	-114,76	-2603,16
	1,5*Es/retorno	-1963,36	-57,36	1310,64
	1,25*Es/retorno	-1317,1	-28,66	-664,38
	Igual Es/retorno	-670,84	0,04	-18,12
T2	2* Es/retorno	-7045,38	-283,23	-6398,41
	1,5*Es/retorno	-3852,37	-141,43	-3205,4
	1,25*Es/retorno	-2253,62	-70,43	-1606,64
	Igual Es/retorno	-659,36	0,37	-12,39
T3	2* Es/retorno	-12956,37	-541,19	-12254,36
	1,5*Es/retorno	-6755	-265,79	-6052,99
	1,25*Es/retorno	-3656,6	-128,19	-2954,55
	Igual Es/retorno	-558,12	9,4	143,88
T4	2* Es/retorno	-20319,9	-847,19	-19195,89
	1,5*Es/retorno	-10560,73	-413,79	-9436,72
	1,25*Es/retorno	-5678,9	-196,99	-4554,82
	Igual Es/retorno	-801,51	19,61	322,45

- Análise de sensibilidade à variação do custo da eletricidade

  A Tabela 27, mostra os cálculos realizados na avaliação do impacto da variação do custo da eletricidade nos parâmetros: custo do ciclo de vida com e sem retorno, poupança nas despesas anuais no ano zero e no fim do ciclo de vida. Para esta análise consideraram-se vários cenários onde se variou o custo da eletricidade.

  Concluiu-se que os parâmetros estudados são muito sensíveis à variação deste custo. São identificadas variações de custo do ciclo de vida e despesas anuais consideráveis com a variação do custo da eletricidade. Há uma tendência de aumento do custo adicional nas despesas anuais e no fim do ciclo de vida, com o aumento do custo da eletricidade e vice-versa. Estas variações mais acentuadas, devem-se ao facto do custo anual da eletricidade ser o parâmetro que

mais influência o aumento ou diminuição do custo do ciclo de vida, pois representa cerca de 90% do seu valor total.

Tabela 27: Análise de sensibilidade à variação do custo da eletricidade

Análise sensibilidade custo da eletricidade				
Tipologias	Custo da eletricidade	LCCs/ret-LCCc/ret	Poupança nas despesas anuais ano 0	Poupança nas despesas anuais ano 30
T1	0,3	-4588,92	-173,96	-3936,2
	0,2	-3255,87	-114,76	-2603,16
	0,15	-2589,35	-85,16	-1936,63
	0,1	-1922,82	-55,56	-1270,11
T2	0,3	-10278,92	-426,83	-9631,95
	0,2	-7045,38	-283,23	-6398,41
	0,15	-5428,61	-211,43	-4781,63
	0,1	-3811,84	-139,63	3164,86
T3	0,3	-19196	-818,29	-18454,01
	0,2	-12956,37	-541,19	-12254,36
	0,15	-9836,5	-402,64	-9134,53
	0,1	-6716,7	-264,09	-6014,71
T4	0,3	-30115,1	-1282,19	-28991,8
	0,2	-20319,9	-847,19	-19195,89
	0,15	-15422,3	-629,69	-14298,29
	0,1	-10524,71	-412,19	-9400,69

- <u>Análise de sensibilidade à variação do custo da água</u>

  A Tabela 28, mostra os resultados obtidos para os parâmetros custo do ciclo de vida com e sem retorno, poupança nas despesas anuais no ano zero e no fim do ciclo de vida, fazendo variar o custo da água. Esta variação foi realizada tanto para valores superiores como inferiores ao considerado no cenário base. Concluiu-se que os parâmetros analisados são pouco sensíveis à variação do custo da água, visto que os valores obtidos na diferença entre custos do ciclo de vida e despesas anuais são semelhantes aos valores do cenário base apresentado a verde. Independentemente da variação do custo da água considerado, o sistema com rede de retorno continua a não compensar economicamente e tende a agravar essa inviabilidade com o aumento da mesma.

Tabela 28: Análise de sensibilidade à variação do custo da água

Análise sensibilidade custo da água				
Tipologias	Custo da água	LCCs/ret-LCCc/ret	Poupança nas despesas anuais ano 0	Poupança nas despesas anuais ano 30
T1	2,7	-3129,99	-107,48	-2477,28
	1,8	-3192,93	-111,12	-2520,22
	1,35	-3224,4	-112,94	-2571,69
	0,9	-3255,87	-114,76	-2603,16
	0,45	-3287,34	-116,38	-2634,64
T2	2,7	-6908,03	-275,29	-6261,05
	1,8	-6976,7	-279,26	-6329,73
	1,35	-7011,04	-281,24	-6364,07
	0,9	-7045,38	-283,23	-6398,41
	0,45	-7079,72	-285,21	-6432,74
T3	2,7	-12506,5	-515,17	-11804,47
	1,8	-12731,1	-528,18	-12029,42
	1,35	-12843,9	-534,68	-12141,89
	0,9	-12956,37	-541,19	-12254,36
	0,45	-13068,8	-547,69	-12366,83
T4	2,7	-19530,89	-801,56	-18406,88
	1,8	-19925,4	-824,37	-18801,38
	1,35	-20122,65	-835,78	-18998,63
	0,9	-20319,9	-847,19	-19195,89
	0,45	-20517,16	-858,55	-19393,14

Conclui-se com esta análise, que a implementação das redes de retorno no sistema hidráulico, resulta no caso do cenário base, num custo adicional em relação ao valor gasto considerando um sistema sem rede de retorno. Contudo, estes valores podem variar com a variação das estimativas usadas para os vários fatores a ter em conta. Após uma análise de sensibilidade à alteração desses fatores, concluiu-se que a variação da taxa de atualização e da taxa de escalonamento da eletricidade, tem uma influência significativa nos parâmetros analisados. Contudo, estes são mais sensíveis às variações do consumo energético do sistema com rede de retorno e aos custos da eletricidade. Com a variação do custo da eletricidade, há uma tendência para o aumento do prejuízo e com a diminuição do consumo energético do sistema com rede de retorno, existe uma predisposição para a amortização dessa diferença de custo. No que toca à variação do custo da água, esta terá pouco impacto na variação dos parâmetros analisados visto que é pouco representativa no custo final.

Na Tabela 29, está apresentado o resumo das conclusões retiradas acerca dos vários cenários tendo em conta cada parâmetro analisado ao longo deste trabalho. Os campos com um "x", indicam a inviabilidade e os campos com ✓ um "indicam viabilidade da solução.

Tabela 29: Viabilidade das redes de retorno por parâmetro de decisão

	Tipologia	Comprimento até ao ponto mais distante =>15 m	Conforto do utilizador	Poupança de água	Viabilidade económica
Cenário 1	T1	✗	✓	✓	✗
Cenário 2	T2	✗	✓	✓	✗
Cenário 3	T3	✓	✓	✓	✗
Cenário 4	T4 Duplex	✓	✓	✓	✗

Concluiu-se que a nível do conforto do utilizador e da poupança de água, o dimensionamento e conceção das redes de retorno será benéfica em todos os cenários do caso de estudo. A nível económico, este investimento poderá implicar um prejuízo em todos os casos, por comparação com a opção sem retorno. A existência desse prejuízo, e a quantificação do seu valor de forma detalhada, depende de vários fatores, incluindo o desempenho do equipamento de preparação de AQS e o regime de funcionamento adotado pelos utilizadores.

Os cenários 3 e 4 que correspondem às tipologias T3 e T4 duplex, cumprem os requisitos da obrigatoriedade de implementação de rede de retorno, e por isso, apesar de não compensar economicamente será imperativa a sua construção. No entanto, o utilizador será beneficiado a nível de conforto e a sua implementação contribuirá para uma maior sustentabilidade com a poupança de água.

Já nos cenários 1 e 2, correspondentes às tipologias T1 e T2 que não cumprem os requisitos de obrigatoriedade de implementação de rede de retorno, conclui-se que do ponto de vista económico não é viável a sua construção independentemente da variação dos fatores estimados. Segundo a análise do dimensionamento, estes cenários apresentam caudais e perdas de carga baixas que se traduzem em alturas manométricas quase nulas e muito inferiores às da correspondente bomba de retorno, e por isso deste ponto de vista, a implementação das redes de retorno pode também ser evitada. Com estes dados, concluiu-se que a implementação das redes de retorno de água quente depende, a priori, da preocupação do dono de obra com o conforto dos utilizadores da habitação, a sua sensibilidade para com a pou-

pança de água e disponibilidade financeira para suportar os custos. Numa fase posterior, os utilizadores da habitação terão a opção de implementar uma rede de retorno, caso o seu dispositivo gerador de calor seja individual. Essa decisão variará consoante o peso que atribuírem ao investimento económico versus conforto e poupança de água.

5

CONCLUSÃO

5.1. CONCLUSÕES

Através de uma revisão bibliográfica, foi possível identificar os dois problemas inerentes às redes de abastecimento de água quente: tempo de espera pela água quente e volume de água desperdiçado nesse intervalo de tempo. Com o presente trabalho, centrado na conceção e dimensionamento de redes de retorno de AQS, foi possível analisar a viabilidade dessas redes, tanto a nível de resolução dos problemas anteriormente mencionados como a nível económico.

No que toca à conceção e dimensionamento destas redes, foi possível identificar três métodos de trabalho distintos: método descrito no Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água, método utilizando a Legislação Espanhola e o método seguindo a proposta da nova Legislação Portuguesa. Todos os métodos anteriormente mencionados, consideram uma obrigatoriedade de implementação da rede de retorno, quando o comprimento da tubagem até ao ponto mais distante for igual ou superior a 15m. No que toca ao cálculo do caudal de retorno, concluiu-se que o método segundo o manual, segue um modelo de cálculo mais preciso e estruturado, ao contrário das legislações, que apenas estimam uma percentagem de caudal de abastecimento que será afeto à rede de retorno. Apesar destas considerações, concluiu-se que em habitações, o método utilizado é pouco significativo pois, não afeta a escolha tanto do diâmetro das tubagens como da bomba de retorno. Contudo, com a criação de um cenário com grandes dimensões, para que fosse possível avaliar o impacto dos diferentes métodos, foi possível concluir que com o aumento da dimensão da rede, no que diz respeito à escolha do diâmetro e bomba de retorno, o método usado já apresenta diferenças notórias.

Relativamente à utilização da metodologia *BIM*, foram utilizadas ferramentas de cálculo, como é o caso do *Dynamo* e o cálculo automático do *Revit,* que permitiram otimizar o tempo gasto no dimensionamento das redes. Foi possível constatar o grau de dificuldade presente na elaboração de um programa no *dynamo* e necessário estudar a linguagem e realizar várias tentativas até chegar ao funcionamento pretendido. Estes programas realizados no dynamo, têm o benefício de poderem ser utilizados no apoio ao dimensionamento de outros projetos. As *Revit Schedules* foram também utilizadas como ferramenta de apoio ao cálculo, e permitiram compatibilizar todas as informações afetas ao dimensionamento, o que otimizou o tempo gasto. Devido à sua ferramenta de condicionar valores, contribuiu para que fossem diminuídos os erros de cálculo. Foi também possível realizar simulações de vários cenários, o que permitiu otimizar a análise realizada.

Os resultados obtidos nas simulações realizadas, para estimar o tempo de espera por água quente e volume de água desperdiçado, indicam-nos uma predisposição para o aumento destes valores com o aumento do comprimento da rede. É possível concluir também que o tempo de espera, aquando do uso de apenas um dispositivo, com ocorrências separadas, é comparativamente maior em relação ao funci-

onamento de todos os dispositivos em simultâneo. Este primeiro caso, é o mais recorrente em habitações, pelo que se discute valores de tempos de espera entre o meio minuto e os 2 minutos, dependendo do comprimento da rede que se está a considerar. Já os valores do volume de água desperdiçado, variam entre os 5 e os 14 litros dependendo do cenário. Concluiu-se assim, que com o dimensionamento das redes de retorno, estes valores de tempo de espera e volume de água desperdiçados são eliminados. Posto isto, do ponto de vista da poupança de água e do conforto do utilizador, é viável a conceção e dimensionamento das redes de retorno.

Analisando os dados técnico- económicos, obtidos através da simulação do custo do ciclo de vida nos vários cenários, concluiu-se que o incremento das redes de retorno no sistema hidráulico, resulta num custo adicional, que varia com a tipologia e com os fatores estimados. Ao fazer uma análise de sensibilidade aos fatores estimados, concluiu-se que os parâmetros do custo do ciclo de vida e despesas anuais de água e eletricidade, são sensíveis à variação do custo da eletricidade e à variação do consumo de energia anual do sistema com rede de retorno. Isto deve-se ao facto de o parâmetro custo anual da eletricidade, ser o mais representativo no valor final do custo do ciclo de vida, pelo que todos os fatores que o fazem variar têm uma influência maior no resultado final. Relativamente aos outros parâmetros estimados, a sua variação apresenta uma influência menos significativa nos resultados finais do custo de ciclo de vida. Conclui-se também nesta análise, que independentemente da variação dos fatores estimados em habitações, cujo troço da rede com maior comprimento entre o aparelho produtor de água quente e o último dispositivo ligado seja inferior ao imposto por lei, não compensa economicamente a implementação de uma rede de retorno.

Em suma, não existe uma resposta assertiva quanto à viabilidade das redes de retorno de água quente em habitações, pois só um melhor conhecimento sobre o consumo de energia real destes sistemas, permitirá conclusões mais definitivas. É considerada assertiva a imposição de redes de retorno quando o comprimento da tubagem até ao ponto mais distante for igual ou superior a 15m, devido ao elevado nível de desconforto para o utilizador e aos consideráveis volumes de água desperdiçados. Apesar desta imposição, existe um prejuízo associado à implementação das redes de retorno, que varia consoante as estimativas utilizadas, principalmente a nível de custo da eletricidade e consumo energético anual do sistema com rede de retorno. Nestes casos, a adoção de sistemas de gestão inteligentes poderão melhorar a eficiência energética dos sistemas. Nos casos onde não existe imposição de implementação de rede de retorno, na falta de legislação mais detalhada que imponha volumes máximos de desperdício de água e determine um tempo de espera máximo associado a um nível de conforto mínimo do utilizador, esta resposta será condicionada pelo nível de importância que o utilizador der a cada parâmetro analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] R. W. Moss and R. E. Critoph, "Optimisation of a recirculating domestic hot water system to minimise wait time and heat loss," *Energy and Buildings,* vol. 260, p. 111850, 2022/04/01/ 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111850.

[2] Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação, "Portaria nº 138-I/2021," ed. Diário da República: I série, nº126, 2021.

[3] Ministerio de Transportes Movilidad Y Agenda Urbana, "Documento Básico HS," in *Salubridad*, ed, 2022.

[4] Pedroso Vitor M.R, "Manual dos Sistemas Prediais De Distribuição e Drenagem de Águas," ed, 2000.

[5] T. P. Eastman Chuck, Sacks Rafael, Liston Kathleen, "BIM Handbook," in *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, ed: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

[6] Hardin Brad and M. Dave, "BIM and Construction Managements," in *Proven Tools, Methods, and Workflows*, Second Edition ed: SYBEX, 2015.

[7] EUROSTAT, "Energy consumption in households," ed, 2020.

[8] INE, DGEG, and ADENE, "Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico," ed, 2020.

[9] J. Lutz, "Estimating Energy and Water Losses in Residential Hot Water Distribution Systems," ed, 2005.

[10] Silva Afonso Armando B. and ANQIP, "Dimensionamento de Sistemas de Circulação e Retorno de Água Quente Sanitária," ed, 2022.

[11] T. Benakopoulos, W. Vergo, M. Tunzi, R. Salenbien, and S. Svendsen, "Overview of Solutions for the Low-Temperature Operation of Domestic Hot-Water Systems with a Circulation Loop," *Energies,* vol. 14, no. 11, p. 3350, 2021.

[12] B. Bøhm, "Production and distribution of domestic hot water in selected Danish apartment buildings and institutions. Analysis of consumption, energy efficiency and the significance for energy design requirements of buildings," *Energy Conversion and Management,* vol. 67, pp. 152-159, 2013/03/01/ 2013, doi: https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.11.002.

[13] R. Brazeau and M. Edwards, "Water and energy savings from on-demand and hot water recirculating systems," *Journal of Green Building,* vol. 8, pp. 75-89, 04/01 2013, doi: 10.3992/jgb.8.1.75.

[14] ANQIP, "Regulamento Geral dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem (Proposta de Revisão)," ed.

[15] Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, "Decreto Regulamentar n.º 23/95," ed. Diário da República: I Série-B, n.º 23, 1995.

[16] EPAL, "Manual de Redes Prediais," ed, 2011.

[17] T. P. Eastman Chuck, Sacks Rafael, Liston Kathleen, "BIM Handbook," in *A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Second Edition ed: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

[18] Birnc Kjartansdóttir Ingibjorg, Mordue Stefan, N. Pawel, Philp David, and T. S. Jónas, "Building Information Modeling BIM," ed: Civil Engineering Faculty of Warsaw University of Technology, 2017.

[19] L. Tiago, "Modelação BIM de redes prediais de drenagem adaptada ao processo de licenciamento de edifícios," ed. FEUP, 2020.

[20] A. Z. Sampaio, V. Fernandes, and A. Gomes, "The use of BIM-based tools to improve collaborative building projects," *Procedia Computer Science,* vol. 219, pp. 2027-2034, 2023/01/01/ 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.504.

[21] Fuller Sieglinde K. and Petersen Stephen R., "Life-Cycle Costing for the Federal Energy Management Program," ed, 1995.

[22] Grundfos, "COMFORT 15-14 B PM," ed. Grundfos Portugal S.A.

[23] Grundfos, "UPS 25-40 N 180," ed: Grundfos Portugal S.A.

[24] Grundfos, "Grundfos UPS 25-60 N 180," ed: Grundfos Portugal S.A.

[25] E. COMMISSION, "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects," in *Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*, ed: European Union, 2014.

ANEXOS

A. Revit Schedules sobre tempo de espera por água quente

Tempo de espera por água quente T1

Section	Length	Cálculo segundo regulamento							Volume de água (litros)	1 banheira aberta					Chuveiro aberto		
		Fixture Units	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Diameter	Velocity	Tempo		Qcalculo m3/s	D^2	Area	V2	Tempo2	Qchuv	V3	Tempo 3
RA_Q 6																	
1	0.22	0.1	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	16.00 mm	1.0 m/s	0.23	0.02	0.00025	0.000132	0.000104	2.41	0.09	0.00015	1.44	0.15
3	8.49	0.45	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	12.42	4.51	0.00025	0.000676	0.000531	0.47	18.03	0.00015	0.28	30.06
5	1.44	0.55	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	1.90	0.76	0.00025	0.000676	0.000531	0.47	3.06	0.00015	0.28	5.09
7	0.05	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.06	0.02	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	0.07	0.00015	0.48	0.11
9	0.11	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.12	0.03	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	0.13	0.00015	0.48	0.22
11	0.79	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.93	0.25	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	1.00	0.00015	0.48	1.66
13	0.05	0.35	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	0.08	0.03	0.00025	0.000676	0.000531	0.47	0.11	0.00015	0.28	0.18
	11.15							15.75	5.62					22.49			37.48
	11.15							15.75	5.62					22.49			37.48

Tempo de espera por água quente T2

Section	Length	Cálculo segundo regulamento							Volume de água (litros)	D^2	Area	,2			Qchuv	V3	T3
		Fixture Units	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Diameter	Velocity	Tempo				Qbide	V2	Tempo2			
RA_Q 14																	
3	1.34	0.7	0.46 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.9 m/s	1.56	0.71	0.000676	0.000531	0.0001	0.19	7.12	0.00015	0.282523	4.746923
5	1.45	0.8	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.9 m/s	1.58	0.77	0.000676	0.000531	0.0001	0.19	7.68	0.00015	0.282523	5.122522
9	0.11	0.2	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	0.17	0.03	0.0004	0.000314	0.0001	0.32	0.33	0.00015	0.477464	0.220965
10	8.79	0.45	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	12.86	4.67	0.000676	0.000531	0.0001	0.19	46.66	0.00015	0.282523	31.108081
11	2.30	0.1	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	16.00 mm	1.0 m/s	2.39	0.24	0.000132	0.000104	0.0001	0.96	2.39	0.00015	1.444125	1.591601
	13.98							18.55	6.42					64.19			42.790093
	13.98							18.55	6.42					64.19			42.790093

Tempo de espera por água quente T3

Section	Length	Cálculo segundo regulamento							Volume de água (litros)	1 banheira aberta					Chuveiro aberto		
		Fixture Units	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Diameter	Velocity	Tempo		Qcalculo m3/s	D^2	Area	Velocidade	Tempo2	Qchuv	V4	Tempo 4
RA_Q 1																	
2	1.95	0.35	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	3.24	1.03	0.00025	0.000676	0.000531	0.47	4.13	0.00015	0.28	6.89
3	0.49	0.45	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	0.72	0.26	0.00025	0.000676	0.000531	0.47	1.05	0.00015	0.28	1.74
4	8.75	0.55	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	11.55	4.65	0.00025	0.000676	0.000531	0.47	18.59	0.00015	0.28	30.99
5	0.71	0.9	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	0.73	0.38	0.00025	0.000676	0.000531	0.47	1.51	0.00015	0.28	2.52
7	2.06	1	0.55 L/s	33.00 mm	40.00 mm	40.00 mm	0.6 m/s	3.22	1.76	0.00025	0.001089	0.000855	0.29	7.04	0.00015	0.18	11.73
8	4.34	1.1	0.57 L/s	33.00 mm	40.00 mm	40.00 mm	0.7 m/s	6.46	3.71	0.00025	0.001089	0.000855	0.29	14.85	0.00015	0.18	24.74
12	0.10	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.11	0.03	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	0.12	0.00015	0.48	0.21
14	0.11	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.12	0.03	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	0.13	0.00015	0.48	0.22
16	0.68	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.80	0.21	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	0.86	0.00015	0.48	1.43
18	0.24	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.28	0.07	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	0.30	0.00015	0.48	0.50
20	0.76	0.25	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	0.89	0.24	0.00025	0.0004	0.000314	0.80	0.96	0.00015	0.48	1.60
	20.18							28.13	12.38					49.53			82.55
	20.18							28.13	12.38					49.53			82.55

Tempo de espera por água quente T4 Duplex

Section	Length	Cálculo segundo regulamento							Volume de água (litros)	D^2	Area	Bidé aberto		
		Fixture Units	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Diameter	Velocity	Tempo				Qbide	V5	Tempo5
RA_Q 7														
2	2.13	1.6	0.70 L/s	33.00 mm	40.00 mm	40.00 mm	0.8 m/s	2.61	1.82	0.001089	0.000855	0.0001	0.12	18.18
4	1.34	1.7	0.72 L/s	33.00 mm	40.00 mm	40.00 mm	0.8 m/s	1.59	1.14	0.001089	0.000855	0.0001	0.12	11.44
8	13.05	0.45	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	19.09	6.93	0.000676	0.000531	0.0001	0.19	69.28
9	1.05	0.8	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	32.00 mm	0.9 m/s	1.14	0.56	0.000676	0.000531	0.0001	0.19	5.56
11	3.59	1.5	0.67 L/s	33.00 mm	40.00 mm	40.00 mm	0.8 m/s	4.56	3.07	0.001089	0.000855	0.0001	0.12	30.72
13	0.48	0.2	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	0.75	0.15	0.0004	0.000314	0.0001	0.32	1.50
15	2.11	0.1	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	16.00 mm	1.0 m/s	2.19	0.22	0.000132	0.000104	0.0001	0.96	2.19
	23.74							31.94	13.89					138.86
	23.74							31.94	13.89					138.86

B. Revit Schedules com cálculo do caudal de retorno

Cálculo Caudal de Retorno Manual T1

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Qa (l/h)	Qretorno (l/s)
RA_AguaQuente											
RA_Q 6											
1	1.87	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	14.03	2.81	0.0008
15	0.21	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.56	0.31	0.0001
16	5.47	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	67.58	41.07	8.21	0.0023
7	0.05	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	0.55	0.11	0.0000
9	0.11	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.21	0.0001
11	0.79	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	7.95	1.59	0.0004
13	0.05	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.57	0.11	0.0000
3	10.65	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	68.71	121.98	24.40	0.0068
5	1.44	0.402 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	16.48	3.30	0.0009
RA_Q 6: 30	20.64							272.19	205.25	41.05	0.0114
RA_AguaQuente: 30	20.64							272.19	205.25	41.05	0.0114

Cálculo Caudal de Retorno PT T1

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente										
RA_Q 18										
1	1.87	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	14.03	0.005
10	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.56	0.005
11	5.47	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	67.58	41.07	0.005
6	1.21	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	10.36	0.013
8	0.05	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.57	0.016
3	10.65	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	68.71	121.98	0.018
5	1.44	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	16.48	0.020
RA_Q 18: 30	20.90							267.75	206.06	
RA_AguaQuente: 30	20.90							267.75	206.06	

Cálculo Caudal de Retorno ES T1

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente										
RA_Q 19										
1	1.9	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	63.84	19.88	0.010
10	0.2	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	2.21	0.010
11	5.5	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	95.76	58.20	0.010
6	1.2	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	37.07	15.01	0.027
8	0.0	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	17.39	0.86	0.032
3	10.7	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	104.32	185.21	0.036
5	1.4	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	52.16	25.02	0.040
RA_Q 19: 30	20.9							391.83	306.40	
RA_AguaQuente: 30	20.9							391.83	306.40	

Cálculo Caudal de Retorno Manual T2

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Qa (l/h)	Qretorno (l/s)
RA_AguaQuente											
RA_Q 14											
1	0.3	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.97	0.39	0.0001
8	0.3	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.98	0.40	0.0001
11	2.3	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.26	3.45	0.0010
15	6.3	0.100 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	76.75	53.39	10.68	0.0030
6	2.2	0.150 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	18.92	3.78	0.0011
9	0.1	0.200 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.21	0.0001
2	5.5	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	40.03	55.52	11.10	0.0031
13	0.8	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	7.20	1.44	0.0004
10	8.8	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	100.65	20.13	0.0056
3	1.3	0.455 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	15.36	3.07	0.0009
5	1.4	0.488 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	16.57	3.31	0.0009
RA_Q 14: 39	29.4							356.10	289.87	57.97	0.0161
RA_AguaQuente: 39	29.4							356.10	289.87	57.97	0.0161

Cálculo Caudal de Retorno PT T2

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente										
RA_Q 10										
1	0.2	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.60	0.005
7	2.3	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.63	0.005
11	0.2	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.60	0.005
15	6.0	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	76.75	50.74	0.005
13	2.2	0.15 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	18.50	0.008
2	0.4	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	4.06	0.010
9	0.6	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.07	0.013
12	5.5	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	40.03	54.59	0.013
3	8.5	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	97.44	0.018
4	1.1	0.46 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	12.89	0.023
6	1.5	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	17.15	0.024
RA_Q 10: 39	28.5							356.10	281.27	
RA_AguaQuente: 39	28.5							356.10	281.27	

Cálculo Caudal de Retorno ES T2

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente										
RA_Q 11										
1	0.3	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	2.79	0.010
8	0.3	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	2.81	0.010
11	2.3	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	63.84	24.46	0.010
15	6.1	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	111.20	75.13	0.010
6	2.2	0.15 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	37.07	27.42	0.015
9	0.4	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	14.89	6.04	0.020
2	5.7	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	59.55	85.43	0.027
13	0.6	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	37.07	7.96	0.027
10	8.7	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	69.55	152.14	0.036
3	1.3	0.46 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.77	23.15	0.046
5	1.4	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	52.16	25.16	0.049
RA_Q 11: 39	29.4							522.66	432.48	
RA_AguaQuente: 39	29.4							522.66	432.48	

Cálculo Caudal de Retorno Manual T3

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Qa (l/h)	Qretorno (l/s)	Velocity	Diameter
RA_AguaQuente													
RA_Q 1													
1	0.38	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.85	0.57	0.0002	1.0 m/s	16.00 mm
9	0.41	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.08	0.62	0.0002	1.0 m/s	16.00 mm
10	0.41	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.08	0.62	0.0002	1.0 m/s	16.00 mm
22	5.29	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	52.56	39.71	7.94	0.0022	1.0 m/s	16.00 mm
23	8.45	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	52.56	63.49	12.70	0.0035	1.0 m/s	16.00 mm
24	0.64	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	4.81	0.96	0.0003	1.0 m/s	16.00 mm
12	0.10	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	0.98	0.20	0.0001	0.9 m/s	26.00 mm
14	0.11	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.21	0.0001	0.9 m/s	26.00 mm
16	0.68	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	6.81	1.36	0.0004	0.9 m/s	26.00 mm
18	0.24	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	2.38	0.48	0.0001	0.9 m/s	26.00 mm
20	0.76	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	7.63	1.53	0.0004	0.9 m/s	26.00 mm
27	0.90	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	7.68	1.54	0.0004	1.5 m/s	20.00 mm
2	1.95	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	22.28	4.46	0.0012	0.6 m/s	32.00 mm
26	4.68	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	53.57	10.71	0.0030	0.6 m/s	32.00 mm
3	0.49	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	5.64	1.13	0.0003	0.7 m/s	32.00 mm
4	8.75	0.402 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	68.71	100.25	20.05	0.0056	0.8 m/s	32.00 mm
5	0.71	0.518 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	8.14	1.63	0.0005	1.0 m/s	32.00 mm
7	2.06	0.547 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	27.44	5.49	0.0015	0.6 m/s	40.00 mm
8	4.34	0.574 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	80.06	57.91	11.58	0.0032	0.7 m/s	40.00 mm
RA_Q 1: 51	41.34							490.60	418.78	83.76	0.0233		
RA_AguaQuente: 51	41.34							490.60	418.78	83.76	0.0233		

Cálculo Caudal de Retorno PT T3

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente										
RA_Q 15										
1	0.38	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.85	0.005
9	0.41	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.08	0.005
10	0.41	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.08	0.005
13	5.29	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	52.56	39.71	0.005
14	8.45	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	52.56	63.49	0.005
15	0.64	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	4.81	0.005
11	2.35	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	42.64	20.07	0.013
18	0.90	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	7.68	0.013
2	1.95	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	22.28	0.016
17	4.68	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	53.57	0.016
3	0.49	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	5.64	0.018
4	8.75	0.402 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	68.71	100.25	0.020
5	0.71	0.518 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	8.14	0.026
7	2.06	0.547 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	27.44	0.027
8	4.34	0.574 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	80.06	57.91	0.029
RA_Q 15: 51	41.81							483.20	419.98	
RA_AguaQuente: 51	41.81							483.20	419.98	

Cálculo Caudal de Retorno ES T3

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente										
RA_Q 8										
10	0.22	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	2.30	0.010
11	0.33	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	3.49	0.010
12	0.33	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	3.49	0.010
13	5.04	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	74.48	53.60	0.010
14	0.86	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	31.92	9.19	0.010
19	8.01	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	74.48	85.20	0.010
1	2.22	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	61.78	27.38	0.027
17	0.68	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	37.07	8.37	0.027
3	1.56	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.77	27.20	0.032
16	4.22	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	52.16	73.34	0.032
4	0.56	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	17.39	9.75	0.036
5	8.43	0.402 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	104.32	146.55	0.040
6	0.81	0.518 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	17.39	14.10	0.052
8	1.96	0.547 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	20.69	40.49	0.055
9	4.08	0.574 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	124.17	84.36	0.057
RA_Q 8: 51	39.29							714.48	588.81	
RA_AguaQuente: 51	39.29							714.48	588.81	

Cálculo Caudal de Retorno Manual T4 DUPLEX													
Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Qa (l/h)	Qretorno (l/s)	Diameter	Velocity
RA_AguaQuente													
RA_Q 7													
1	0.14	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.03	0.21	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
2	0.02	0.696 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	0.25	0.05	0.0000	40.00 mm	0.8 m/s
8	0.03	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.31	0.06	0.0000	32.00 mm	0.7 m/s
12	0.07	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.50	0.10	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
15	0.06	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.49	0.10	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
17	0.08	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.64	0.13	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
19	0.08	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.88	0.18	0.0000	32.00 mm	0.6 m/s
20	0.02	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	0.20	0.04	0.0000	20.00 mm	1.5 m/s
25	0.07	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	0.57	0.11	0.0000	20.00 mm	1.5 m/s
30	0.08	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	0.88	0.18	0.0000	32.00 mm	0.7 m/s
32	0.02	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.13	0.03	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
35	0.07	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.56	0.11	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
37	0.05	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.36	0.07	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
39	0.08	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	0.82	0.16	0.0000	26.00 mm	0.9 m/s
41	0.10	0.150 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	0.81	0.16	0.0000	20.00 mm	0.8 m/s
42	0.11	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	0.83	0.17	0.0000	16.00 mm	1.0 m/s
1	0.65	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	4.92	0.98	0.0003	16.00 mm	1.0 m/s
4	0.07	0.718 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	0.97	0.19	0.0001	40.00 mm	0.8 m/s
5	0.32	0.268 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	17.05	2.74	0.55	0.0002	20.00 mm	1.5 m/s
12	0.19	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	1.43	0.29	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
15	0.17	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	1.26	0.25	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
17	0.47	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.56	0.71	0.0002	16.00 mm	1.0 m/s
21	0.11	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.21	0.0001	26.00 mm	0.9 m/s
26	0.11	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.21	0.0001	26.00 mm	0.9 m/s
31	0.18	0.455 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	2.01	0.40	0.0001	32.00 mm	0.9 m/s
32	0.19	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	1.43	0.29	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
33	0.17	0.200 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.75	0.35	0.0001	26.00 mm	0.6 m/s
35	0.47	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.52	0.70	0.0002	16.00 mm	1.0 m/s
37	0.35	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.66	0.53	0.0001	16.00 mm	1.0 m/s
42	0.42	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	3.15	0.63	0.0002	16.00 mm	1.0 m/s
2	0.29	0.696 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	3.85	0.77	0.0002	40.00 mm	0.8 m/s
4	0.20	0.718 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	2.73	0.55	0.0002	40.00 mm	0.8 m/s
6	0.42	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	4.16	0.83	0.0002	26.00 mm	0.9 m/s
15	1.88	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	30.04	14.10	2.82	0.0008	16.00 mm	1.0 m/s
31	0.39	0.455 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	4.44	0.89	0.0002	32.00 mm	0.9 m/s
35	1.55	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	11.62	2.32	0.0006	16.00 mm	1.0 m/s
41	0.37	0.150 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	3.11	0.62	0.0002	20.00 mm	0.8 m/s
42	0.51	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	3.80	0.76	0.0002	16.00 mm	1.0 m/s
13	0.48	0.200 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	4.76	0.95	0.0003	26.00 mm	0.6 m/s
23	0.51	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	5.11	1.02	0.0003	26.00 mm	0.9 m/s
28	0.58	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	5.77	1.15	0.0003	26.00 mm	0.9 m/s
41	0.71	0.150 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	8.53	6.06	1.21	0.0003	20.00 mm	0.8 m/s
1	1.79	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	13.41	2.68	0.0007	16.00 mm	1.0 m/s
9	1.05	0.488 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	12.00	2.40	0.0007	32.00 mm	0.9 m/s
4	1.06	0.718 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	14.14	2.83	0.0008	40.00 mm	0.8 m/s
1	2.27	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	17.03	3.41	0.0009	16.00 mm	1.0 m/s
31	1.35	0.455 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	15.41	3.08	0.0009	32.00 mm	0.9 m/s
42	2.11	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	15.84	3.17	0.0009	16.00 mm	1.0 m/s
42	2.59	0.100 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	7.51	19.48	3.90	0.0011	16.00 mm	1.0 m/s
39	2.10	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	21.01	4.20	0.0012	26.00 mm	0.9 m/s
2	1.82	0.696 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	24.26	4.85	0.0013	40.00 mm	0.8 m/s
19	2.09	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	23.91	4.78	0.0013	32.00 mm	0.6 m/s
30	2.09	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	23.91	4.78	0.0013	32.00 mm	0.7 m/s
8	2.14	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	24.48	4.90	0.0014	32.00 mm	0.7 m/s
31	3.06	0.455 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	35.00	7.00	0.0019	32.00 mm	0.9 m/s
8	3.17	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	36.25	7.25	0.0020	32.00 mm	0.7 m/s
30	3.07	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	35.11	7.02	0.0020	32.00 mm	0.7 m/s
11	3.59	0.674 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	47.93	9.59	0.0027	40.00 mm	0.8 m/s
39	5.07	0.268 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	50.78	10.16	0.0028	26.00 mm	0.9 m/s
19	6.04	0.319 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	69.17	13.83	0.0038	32.00 mm	0.6 m/s
30	6.87	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	78.65	15.73	0.0044	32.00 mm	0.7 m/s
8	7.72	0.363 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	88.38	17.68	0.0049	32.00 mm	0.7 m/s
RA_Q 7: 75	73.84							699.21	776.45	155.29	0.0431		
RA_AguaQuente: 75	73.84							699.21	776.45	155.29	0.0431		

Cálculo Caudal de Retorno PT T4 DUPLEX

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma	Velocity	Diameter
RA_AguaQuente												
RA_Q 4												
10	0.51	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	3.83	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
12	2.07	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	15.51	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
18	0.38	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.85	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
26	5.98	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	44.90	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
28	4.48	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	52.56	33.66	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
32	0.48	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	3.68	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
43	0.24	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.83	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
46	1.84	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	13.82	0.005	1.0 m/s	16.00 mm
29	1.07	0.15 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	9.16	0.008	0.8 m/s	20.00 mm
14	0.43	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	4.26	0.010	0.6 m/s	26.00 mm
44	0.16	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.59	0.010	0.6 m/s	26.00 mm
1	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.02	0.013	1.5 m/s	20.00 mm
20	0.16	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.56	0.013	0.9 m/s	26.00 mm
22	0.11	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.013	0.9 m/s	26.00 mm
24	0.32	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	3.19	0.013	0.9 m/s	26.00 mm
30	7.32	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	30.02	73.21	0.013	0.9 m/s	26.00 mm
35	0.08	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	0.82	0.013	0.9 m/s	26.00 mm
37	0.11	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.06	0.013	0.9 m/s	26.00 mm
39	0.76	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	7.63	0.013	0.9 m/s	26.00 mm
2	8.25	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	94.46	0.016	0.6 m/s	32.00 mm
16	12.98	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	148.63	0.018	0.7 m/s	32.00 mm
41	12.03	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	137.76	0.018	0.7 m/s	32.00 mm
31	4.67	0.46 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	53.50	0.023	0.9 m/s	32.00 mm
4	1.29	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	14.76	0.024	0.9 m/s	32.00 mm
6	3.35	0.67 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	44.74	0.034	0.8 m/s	40.00 mm
7	2.13	0.70 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	40.03	28.36	0.035	0.8 m/s	40.00 mm
9	1.34	0.72 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	40.03	17.84	0.036	0.8 m/s	40.00 mm
RA_Q 4: 74	73.11							689.24	768.59			
RA_AguaQuente: 74	73.11							689.24	768.59			

Cálculo Caudal de Retorno ES T4 DUPLEX

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Outside Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma	Velocity	Diameter
RA_AguaQuente												
RA_Q 12												
1	4.85	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	74.48	51.56	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
16	0.26	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	2.73	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
19	2.11	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	63.84	22.46	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
21	0.56	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	31.92	5.95	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
25	5.74	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	63.84	61.07	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
30	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	21.28	2.22	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
33	2.09	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	63.84	22.25	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
35	0.40	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	31.92	4.27	0.010	1.0 m/s	16.00 mm
39	1.17	0.15 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	37.07	14.47	0.015	0.8 m/s	20.00 mm
17	0.48	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	14.89	7.09	0.020	0.6 m/s	26.00 mm
31	0.17	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	14.89	2.60	0.020	0.6 m/s	26.00 mm
6	0.01	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	14.89	0.12	0.027	0.9 m/s	26.00 mm
8	0.11	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	14.89	1.58	0.027	0.9 m/s	26.00 mm
10	0.42	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	14.89	6.19	0.027	0.9 m/s	26.00 mm
24	0.85	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	37.07	10.47	0.027	1.5 m/s	20.00 mm
27	0.96	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	37.07	11.84	0.027	1.5 m/s	20.00 mm
37	7.26	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	44.66	108.01	0.027	0.9 m/s	26.00 mm
23	8.20	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	52.16	142.65	0.032	0.6 m/s	32.00 mm
12	13.05	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	69.55	226.86	0.036	0.7 m/s	32.00 mm
28	12.10	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	69.55	210.35	0.036	0.7 m/s	32.00 mm
29	5.46	0.46 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	52.16	94.96	0.046	0.9 m/s	32.00 mm
13	1.80	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	17.39	31.33	0.049	0.9 m/s	32.00 mm
15	2.84	0.67 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	20.69	58.70	0.067	0.8 m/s	40.00 mm
2	2.13	0.70 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	62.08	43.98	0.070	0.8 m/s	40.00 mm
4	1.33	0.72 L/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	62.08	27.63	0.072	0.8 m/s	40.00 mm
RA_Q 12: 74	74.53							1008.38	1171.33			
RA_AguaQuente: 74	74.53							1008.38	1171.33			

Cálculo Caudal de Retorno Manual Exemplo2

Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Qa (l/h)	Qretorno (l/s)
RA_AguaQuente												
RA_Q Exemplo												
1	0.21	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.60	0.32	0.0001
11	2.35	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.63	3.53	0.0010
15	0.63	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	4.72	0.94	0.0003
23	0.21	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.60	0.32	0.0001
26	2.35	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.63	3.53	0.0010
30	0.26	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.93	0.39	0.0001
46	0.19	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.42	0.28	0.0001
47	0.21	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.57	0.31	0.0001
48	0.35	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	2.65	0.53	0.0001
53	5.11	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	38.38	7.68	0.0021
54	0.21	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.60	0.32	0.0001
59	2.36	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.75	3.55	0.0010
63	0.21	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.58	0.32	0.0001
65	0.26	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.95	0.39	0.0001
67	7.29	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	59.69	62.16	12.43	0.0035
68	12.83	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	85.27	109.44	21.89	0.0061
70	7.34	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	59.69	62.63	12.53	0.0035
71	6.43	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	51.16	54.87	10.97	0.0030
72	5.03	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	68.22	42.93	8.59	0.0024
73	7.29	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	59.69	62.16	12.43	0.0035
78	6.43	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	51.16	54.87	10.97	0.0030
85	13.23	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	85.27	112.81	22.56	0.0063
88	0.35	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.60	0.52	0.0001
90	0.33	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.45	0.49	0.0001
101	0.38	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.88	0.58	0.0002
103	2.37	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.79	3.56	0.0010
105	12.78	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	85.27	109.00	21.80	0.0061
107	2.44	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	18.29	3.66	0.0010
112	0.27	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.01	0.40	0.0001
119	0.54	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	4.06	0.81	0.0002
121	10.73	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	93.80	91.49	18.30	0.0051
123	11.43	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	93.80	97.48	19.50	0.0054
126	0.23	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.76	0.35	0.0001
129	2.41	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	18.09	3.62	0.0010
144	0.32	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.37	0.47	0.0001
145	0.34	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.53	0.51	0.0001
146	0.26	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.98	0.40	0.0001
147	5.22	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	39.17	7.83	0.0022
148	0.75	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	22.53	5.60	1.12	0.0003
153	8.47	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	59.69	72.25	14.45	0.0040
157	0.34	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.53	0.51	0.0001
159	2.48	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	18.60	3.72	0.0010
161	2.47	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	18.56	3.71	0.0010
165	0.29	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	2.18	0.44	0.0001
168	0.21	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.60	0.32	0.0001
172	2.35	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.63	3.53	0.0010
176	11.44	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	93.80	97.54	19.51	0.0054
178	0.21	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	15.02	1.60	0.32	0.0001
182	2.32	0.100 L/s	1.0 m/s	11.50 mm	16.00 mm	60	20	40	45.05	17.41	3.48	0.0010
186	10.88	0.100 L/s	0.6 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	93.80	92.79	18.56	0.0052
2	0.19	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	1.91	0.38	0.0001
24	0.21	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	2.11	0.42	0.0001
55	0.41	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	4.11	0.82	0.0002
102	0.38	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	3.78	0.76	0.0002
109	0.40	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	3.97	0.79	0.0002
127	0.41	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	4.07	0.81	0.0002
158	0.21	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	2.11	0.42	0.0001
163	0.26	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	2.65	0.53	0.0001
169	0.41	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	4.11	0.82	0.0002
179	0.21	0.200 L/s	0.6 m/s	20.00 mm	26.00 mm	60	20	40	10.01	2.11	0.42	0.0001
13	0.81	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	6.90	1.38	0.0004
21	0.59	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.03	1.01	0.0003
28	0.79	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	6.73	1.35	0.0004
44	2.24	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	42.64	19.13	3.83	0.0011
51	0.80	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	6.86	1.37	0.0004
61	0.59	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.03	1.01	0.0003
92	1.80	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	42.64	15.33	3.07	0.0009
94	1.88	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	42.64	16.04	3.21	0.0009
96	0.67	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	7.43	1.49	0.0004
113	0.67	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.75	1.15	0.0003
115	0.85	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	7.25	1.45	0.0004
131	0.66	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.65	1.13	0.0003
133	1.98	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	42.64	16.92	3.38	0.0009
151	0.59	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.05	1.01	0.0003
154	0.89	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	7.61	1.52	0.0004
166	0.89	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	7.56	1.51	0.0004
174	0.59	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	5.03	1.01	0.0003
184	0.79	0.268 L/s	1.5 m/s	15.00 mm	20.00 mm	60	20	40	25.58	6.73	1.35	0.0004
17	4.58	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	52.41	10.48	0.0029
31	1.70	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	19.42	3.88	0.0011
50	4.50	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	51.49	10.30	0.0029
66	0.83	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	9.55	1.91	0.0005
91	0.74	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	8.52	1.70	0.0005
117	4.58	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	52.40	10.48	0.0029
135	1.66	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	19.03	3.81	0.0011
150	3.95	0.319 L/s	0.6 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	45.26	9.05	0.0025
3	4.66	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	53.38	10.68	0.0030
25	9.67	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	110.75	22.15	0.0062
32	0.51	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	5.85	1.17	0.0003
56	9.22	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	105.64	21.13	0.0059
64	5.91	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	67.67	13.53	0.0038
89	6.22	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	71.26	14.25	0.0040
98	4.66	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	53.38	10.68	0.0030
110	4.62	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	52.95	10.59	0.0029
128	9.67	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	110.75	22.15	0.0062
136	0.47	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	5.43	1.09	0.0003
156	4.23	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	48.44	9.69	0.0027
164	8.50	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	45.81	97.39	19.48	0.0054
170	4.23	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	48.44	9.69	0.0027
180	4.62	0.363 L/s	0.7 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	52.95	10.59	0.0029
5	3.14	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	36.00	7.20	0.0020
33	8.85	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	68.71	101.33	20.27	0.0056
57	5.02	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	57.44	11.49	0.0032
79	5.02	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	22.90	57.44	11.49	0.0032
87	3.03	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	34.67	6.93	0.0019
100	3.14	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	36.00	7.20	0.0020
111	3.16	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	36.20	7.24	0.0020
125	3.32	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	38.04	7.61	0.0021
137	8.68	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	68.71	99.39	19.88	0.0055
171	3.17	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	36.25	7.25	0.0020
181	3.16	0.402 L/s	0.8 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	36.20	7.24	0.0020
18	4.21	0.488 L/s	0.9 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	48.20	9.64	0.0027
118	4.21	0.488 L/s	0.9 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	34.36	48.22	9.64	0.0027
19	1.22	0.518 L/s	1.0 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	13.97	2.79	0.0008
34	0.87	0.518 L/s	1.0 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	9.98	2.00	0.0006
74	1.22	0.518 L/s	1.0 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	13.97	2.79	0.0008
138	0.87	0.518 L/s	1.0 m/s	26.00 mm	32.00 mm	60	20	40	11.45	10.00	2.00	0.0006
36	2.93	0.547 L/s	0.6 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	26.89	39.06	7.81	0.0022
140	2.93	0.547 L/s	0.6 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	26.89	39.06	7.81	0.0022
38	1.66	0.574 L/s	0.7 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	22.16	4.43	0.0012
142	1.66	0.574 L/s	0.7 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	22.16	4.43	0.0012
40	3.41	0.707 L/s	0.8 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	45.46	9.09	0.0025
81	4.00	0.707 L/s	0.8 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	53.32	10.66	0.0030
41	9.61	0.820 L/s	1.0 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	128.19	25.64	0.0071
82	9.02	0.820 L/s	1.0 m/s	33.00 mm	40.00 mm	60	20	40	13.34	120.32	24.06	0.0067
43	3.84	0.920 L/s	0.7 m/s	42.00 mm	50.00 mm	60	20	40	15.68	60.25	12.05	0.0033
84	3.84	0.920 L/s	0.7 m/s	42.00 mm	50.00 mm	60	20	40	15.68	60.25	12.05	0.0033
20	4.68	1.047 L/s	0.8 m/s	42.00 mm	50.00 mm	60	20	40	15.68	73.31	14.66	0.0041
75	4.68	1.047 L/s	0.8 m/s	42.00 mm	50.00 mm	60	20	40	15.68	73.31	14.66	0.0041
6	5.69	1.128 L/s	0.8 m/s	42.00 mm	50.00 mm	60	20	40	15.68	89.12	17.82	0.0050
76	5.71	1.128 L/s	0.8 m/s	42.00 mm	50.00 mm	60	20	40	15.68	89.50	17.90	0.0050
77	7.50	1.205 L/s	0.9 m/s	42.00 mm	50.00 mm	60	20	40	15.68	117.56	23.51	0.0065
7	3.02	1.693 L/s	0.7 m/s	54.00 mm	63.00 mm	60	20	40	18.67	56.32	11.26	0.0031
8	7.80	1.738 L/s	0.8 m/s	54.00 mm	63.00 mm	60	20	40	56.02	145.63	29.13	0.0081
10	1.53	1.748 L/s	0.8 m/s	54.00 mm	63.00 mm	60	20	40	56.02	28.59	5.72	0.0016
RA_Q Exemplo: 437	440.32									4062.00	4742.33	948.47	0.2635
RA_AguaQuente: 437	440.32									4062.00	4742.33	948.47	0.2635

Cálculo Caudal de Retorno PT Exemplo2

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Diameter	Velocity	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente											
RA_Q 9											
1	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.60	0.005
11	2.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	17.63	0.005
15	0.63	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	22.53	4.72	0.005
23	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.60	0.005
26	2.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	17.63	0.005
30	0.26	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.93	0.005
46	0.19	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.42	0.005
47	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.57	0.005
48	0.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	22.53	2.65	0.005
53	5.11	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	38.38	0.005
54	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.60	0.005
59	2.36	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	17.75	0.005
63	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.58	0.005
65	0.26	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.95	0.005
67	7.29	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	59.69	62.16	0.005
68	12.83	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	85.27	109.44	0.005
70	7.34	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	59.69	62.63	0.005
71	6.43	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	51.16	54.87	0.005
72	5.03	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	68.22	42.93	0.005
73	7.29	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	59.69	62.16	0.005
78	6.43	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	51.16	54.87	0.005
85	13.23	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	85.27	112.81	0.005
88	0.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.60	0.005
90	0.33	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.45	0.005
101	0.38	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.88	0.005
103	2.37	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	17.79	0.005
105	12.78	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	85.27	109.00	0.005
107	2.44	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	18.29	0.005
112	0.27	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.01	0.005
127	0.54	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	22.53	4.06	0.005
129	10.73	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	93.80	91.49	0.005
131	11.43	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	93.80	97.48	0.005
134	0.23	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.76	0.005
137	2.41	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	18.09	0.005
152	0.32	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.37	0.005
153	0.34	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.53	0.005
154	0.26	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.98	0.005
155	5.22	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	39.17	0.005
156	0.75	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	22.53	5.60	0.005
161	8.47	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	59.69	72.25	0.005
169	0.34	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.53	0.005
171	2.48	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	18.60	0.005
173	2.47	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	18.56	0.005
177	0.29	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	2.16	0.005
184	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.60	0.005
188	2.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	17.63	0.005
192	11.44	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	93.80	97.54	0.005
194	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	15.02	1.60	0.005
198	2.32	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	45.05	17.41	0.005
202	10.88	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	93.80	92.79	0.005
2	0.19	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	1.91	0.010
24	0.21	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	2.11	0.010
55	0.41	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	4.11	0.010
102	0.38	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	3.78	0.010
109	0.40	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	3.97	0.010
135	0.41	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	4.07	0.010
170	0.21	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	2.11	0.010
175	0.26	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	2.65	0.010
185	0.41	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	4.11	0.010
195	0.21	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	10.01	2.11	0.010
13	0.81	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	6.90	0.013
21	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	5.03	0.013
28	0.79	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	6.73	0.013
44	2.24	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	42.64	19.13	0.013
51	0.80	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	6.86	0.013
61	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	5.03	0.013
92	1.80	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	42.64	15.33	0.013
94	1.88	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	42.64	16.04	0.013
96	0.87	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	7.43	0.013
114	0.05	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.52	0.013
116	0.06	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.56	0.013
118	0.36	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	3.59	0.013
120	0.03	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.31	0.013
122	0.06	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.56	0.013
124	0.56	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	5.55	0.013
139	0.66	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	5.65	0.013
141	1.98	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	42.64	16.92	0.013
159	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	5.05	0.013
163	0.03	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.31	0.013
165	0.06	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.56	0.013
167	0.60	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	5.98	0.013
179	0.07	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.74	0.013
181	0.06	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	0.56	0.013
183	0.55	0.27 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	10.01	5.49	0.013
190	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	5.03	0.013
200	0.79	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	25.58	6.73	0.013
17	4.58	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	34.36	52.40	0.016
31	1.70	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	22.90	19.42	0.016
50	4.50	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	34.36	51.48	0.016
66	0.83	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	11.45	9.55	0.016
91	0.74	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	11.45	8.52	0.016
125	4.58	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	34.36	52.40	0.016
143	1.66	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	22.90	19.03	0.016
158	3.95	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	34.36	45.26	0.016
3	4.86	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	34.36	53.38	0.018
25	9.67	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	45.81	110.75	0.018
32	0.51	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	11.45	5.85	0.018
56	9.22	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	45.81	105.64	0.018
64	5.91	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	45.81	67.67	0.018
89	6.22	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	45.81	71.26	0.018
98	4.66	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	34.36	53.38	0.018
110	4.62	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	34.36	52.95	0.018
136	9.67	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	45.81	110.75	0.018
144	0.47	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	11.45	5.43	0.018
168	4.23	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	34.36	48.44	0.018
176	8.50	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	45.81	97.39	0.018
186	4.23	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	34.36	48.44	0.018
196	4.62	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	34.36	52.95	0.018
5	3.14	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	11.45	36.00	0.020
33	8.85	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	68.71	101.35	0.020
57	5.02	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	22.90	57.44	0.020
79	5.02	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	22.90	57.44	0.020
87	3.03	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	11.45	34.68	0.020
100	3.14	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	11.45	36.00	0.020
111	3.16	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	11.45	36.20	0.020
133	3.32	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	11.45	38.04	0.020
140	8.68	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	68.71	99.39	0.020
187	3.17	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	11.45	36.25	0.020
197	3.16	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	11.45	36.20	0.020
18	4.21	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	34.36	48.22	0.024
126	4.21	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	34.36	48.22	0.024
19	1.22	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	11.45	13.97	0.026
34	0.87	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	11.45	10.00	0.026
74	1.22	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	11.45	13.97	0.026
146	0.87	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	11.45	10.00	0.026
36	2.93	0.55 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	26.69	39.06	0.027
148	2.93	0.55 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	26.69	39.06	0.027
38	1.66	0.57 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	13.34	22.16	0.029
150	1.66	0.57 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	13.34	22.16	0.029
40	3.41	0.71 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	13.34	45.46	0.035
81	4.00	0.71 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	13.34	53.32	0.035
41	9.61	0.82 L/s	33.00 mm	40.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	13.34	128.19	0.041
82	9.02	0.82 L/s	33.00 mm	40.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	13.34	120.32	0.041
43	3.84	0.92 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	15.68	60.25	0.046
84	3.84	0.92 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	15.68	60.25	0.046
20	4.68	1.05 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	15.68	73.31	0.052
75	4.68	1.05 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	15.68	73.31	0.052
6	5.69	1.13 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	15.68	89.15	0.056
76	5.71	1.13 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	15.68	89.50	0.056
77	7.50	1.21 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	15.68	117.59	0.060
7	3.01	1.69 L/s	54.00 mm	63.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	18.67	56.28	0.085
8	7.80	1.74 L/s	54.00 mm	63.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	56.02	145.63	0.087
10	1.53	1.75 L/s	54.00 mm	63.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	56.02	28.59	0.087
RA_Q 9: 437	439.49								4079.76	4736.97	
RA_AguaQuente: 437	439.49								4079.76	4736.97	

Cálculo Caudal de Retorno ES Exemplo2

Section	Length	Flow	Inside Diameter	Diameter	Velocity	Temperatura	Temperatura ambiente	deltaT	Perda de calor (W/m)	Perda de calor (W)	Q Norma
RA_AguaQuente											
RA_Q 2											
1	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.27	0.010
11	2.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	24.99	0.010
15	0.63	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	31.92	6.69	0.010
23	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.27	0.010
26	2.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	24.99	0.010
30	0.26	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.74	0.010
46	0.19	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.02	0.010
47	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.23	0.010
48	0.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	31.92	3.76	0.010
53	5.11	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	54.38	0.010
54	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.27	0.010
59	2.36	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	25.15	0.010
63	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.24	0.010
65	0.26	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.77	0.010
67	7.29	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	86.49	90.06	0.010
68	12.83	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	123.56	158.57	0.010
70	7.34	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	86.49	90.75	0.010
71	6.43	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	74.14	79.50	0.010
72	5.03	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	98.85	62.20	0.010
73	7.29	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	86.49	90.06	0.010
78	6.43	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	74.14	79.50	0.010
85	13.23	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	123.56	163.46	0.010
88	0.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	3.68	0.010
90	0.33	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	3.48	0.010
101	0.38	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	4.08	0.010
103	2.37	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	25.21	0.010
105	12.78	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	123.56	157.94	0.010
107	2.44	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	25.91	0.010
112	0.27	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.85	0.010
119	0.54	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	31.92	5.75	0.010
121	10.73	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	135.91	132.57	0.010
123	11.43	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	135.91	141.25	0.010
126	0.23	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.49	0.010
129	2.41	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	25.64	0.010
144	0.32	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	3.35	0.010
145	0.34	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	3.59	0.010
146	0.26	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.80	0.010
147	5.22	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	55.50	0.010
148	0.75	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	31.92	7.93	0.010
153	8.47	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	86.49	104.69	0.010
157	0.34	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	3.58	0.010
159	2.48	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	26.30	0.010
161	2.47	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	26.30	0.010
165	0.29	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	3.09	0.010
168	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.27	0.010
172	2.35	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	24.99	0.010
176	11.44	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	135.91	141.33	0.010
178	0.21	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	21.28	2.27	0.010
182	2.32	0.10 L/s	11.50 mm	16.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	63.84	24.67	0.010
186	10.88	0.10 L/s	15.00 mm	20.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	135.91	134.46	0.010
2	0.19	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	2.83	0.020
24	0.21	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	3.13	0.020
55	0.41	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	6.11	0.020
102	0.38	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	5.63	0.020
109	0.40	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	5.91	0.020
127	0.41	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	6.06	0.020
158	0.21	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	3.13	0.020
163	0.26	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	3.94	0.020
169	0.41	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	6.11	0.020
179	0.21	0.20 L/s	20.00 mm	26.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	14.89	3.13	0.020
13	0.81	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	10.00	0.027
21	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	7.28	0.027
28	0.79	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	9.76	0.027
44	2.24	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	61.78	27.71	0.027
51	0.80	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	9.95	0.027
61	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	7.28	0.027
92	1.80	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	61.78	22.21	0.027
94	1.88	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	61.78	23.24	0.027
96	0.87	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	10.77	0.027
113	0.67	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	8.33	0.027
115	0.85	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	10.51	0.027
131	0.66	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	8.19	0.027
133	1.98	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	61.78	24.52	0.027
151	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	7.32	0.027
154	0.89	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	11.03	0.027
166	0.89	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	10.95	0.027
174	0.59	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	7.28	0.027
184	0.79	0.27 L/s	15.00 mm	20.00 mm	1.5 m/s	60	20	40	37.07	9.76	0.027
17	4.58	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	52.16	79.57	0.032
31	1.70	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	34.77	29.49	0.032
50	4.50	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	52.16	78.17	0.032
66	0.83	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	17.39	14.50	0.032
91	0.74	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	17.39	12.94	0.032
117	4.58	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	52.16	79.57	0.032
135	1.66	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	34.77	28.89	0.032
150	3.95	0.32 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	52.16	68.72	0.032
3	4.66	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	52.16	81.05	0.036
25	9.67	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	69.55	168.15	0.036
32	0.51	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	17.39	8.88	0.036
56	9.22	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	69.55	160.40	0.036
64	5.91	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	69.55	102.75	0.036
89	6.22	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	69.55	108.19	0.036
98	4.66	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	52.16	81.05	0.036
110	4.62	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	52.16	80.39	0.036
128	9.67	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	69.55	168.15	0.036
136	0.47	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	17.39	8.25	0.036
156	4.23	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	52.16	73.55	0.036
164	8.50	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	69.55	147.87	0.036
170	4.23	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	52.16	73.55	0.036
180	4.62	0.36 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	52.16	80.39	0.036
5	3.14	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	17.39	54.65	0.040
33	8.85	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	104.32	153.88	0.040
57	5.02	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	34.77	87.21	0.040
79	5.02	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	34.77	87.21	0.040
87	3.03	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	17.39	52.66	0.040
100	3.14	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	17.39	54.65	0.040
111	3.16	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	17.39	54.96	0.040
125	3.32	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	17.39	57.76	0.040
137	8.68	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	104.32	150.91	0.040
171	3.17	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	17.39	55.05	0.040
181	3.16	0.40 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	17.39	54.96	0.040
18	4.21	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	52.16	73.21	0.049
118	4.21	0.49 L/s	26.00 mm	32.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	52.16	73.21	0.049
19	1.22	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	17.39	21.21	0.052
34	0.87	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	17.39	15.19	0.052
74	1.22	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	17.39	21.21	0.052
138	0.87	0.52 L/s	26.00 mm	32.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	17.39	15.19	0.052
36	2.93	0.55 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	41.39	60.58	0.055
140	2.93	0.55 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.6 m/s	60	20	40	41.39	60.58	0.055
38	1.66	0.57 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	20.69	34.37	0.057
142	1.66	0.57 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	20.69	34.37	0.057
40	3.41	0.71 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	20.69	70.50	0.071
81	4.00	0.71 L/s	33.00 mm	40.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	20.69	82.70	0.071
41	9.61	0.82 L/s	33.00 mm	40.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	20.69	198.80	0.082
82	9.02	0.82 L/s	33.00 mm	40.00 mm	1.0 m/s	60	20	40	20.69	186.61	0.082
43	3.84	0.92 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	24.80	95.33	0.092
84	3.84	0.92 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	24.80	95.33	0.092
20	4.68	1.05 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	24.80	116.00	0.105
75	4.68	1.05 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	24.80	116.00	0.105
6	5.69	1.13 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	24.80	141.01	0.113
76	5.71	1.13 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	24.80	141.61	0.113
77	7.50	1.21 L/s	42.00 mm	50.00 mm	0.9 m/s	60	20	40	24.80	186.01	0.121
7	3.02	1.69 L/s	54.00 mm	63.00 mm	0.7 m/s	60	20	40	30.12	90.85	0.169
8	7.80	1.74 L/s	54.00 mm	63.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	90.36	234.91	0.174
10	1.53	1.75 L/s	54.00 mm	63.00 mm	0.8 m/s	60	20	40	90.36	46.11	0.175
RA_Q 2: 437	440.32								5984.98	7152.23	
RA_AguaQuente: 437	440.32								5984.98	7152.23	

C. Revit Schedules Dimensionamento Rede de Retorno

Dimensionamento Rede de Retorno Segundo Manual T1							
System Name	Length	Section	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 17							
RA_RET 17	0.21	1	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	0.07	1	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	0.10	1	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	0.24	1	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	3.87	1	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	1.51	1	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	2.62	1	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	0.08	2	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	0.07	2	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	0.22	2	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57
RA_RET 17	0.17	2	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.57

Dimensionamento Rede de Retorno PT T1						
System Name	Length	Section	Flow	Velocity	Diameter	Dc
RA_RET 20						
RA_RET 20	0.21	1	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	0.07	1	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	0.10	1	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	0.24	1	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	3.87	1	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	1.51	1	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	2.62	1	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	0.08	2	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	0.07	2	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	0.22	2	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05
RA_RET 20	0.17	2	0.020 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.05

Dimensionamento Rede de Retorno ES T1						
Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 21						
1	0.21	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
1	0.07	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
1	0.10	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
1	0.24	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
1	3.87	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
1	1.51	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
1	2.62	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
2	0.08	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
2	0.07	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
2	0.22	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
2	0.17	0.040 L/s	0.385 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.14
Grand total: 11	9.17					

Dimensionamento Rede de Retorno Segundo Manual T2							
System Name	Length	Section	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 12							
RA_RET 12	3.82	1	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	3.07	1	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.23	1	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.07	1	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.10	1	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.91	1	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.08	2	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.07	2	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.22	2	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51
RA_RET 12	0.17	2	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.51

Dimensionamento Rede de Retorno PT T2						
System Name	Length	Section	Flow	Velocity	Diameter	Dc
RA_RET 19						
RA_RET 19	0.23	1	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	0.07	1	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	0.10	1	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	0.59	1	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	3.88	1	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	2.75	1	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	0.08	2	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	0.07	2	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	0.22	2	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53
RA_RET 19	0.17	2	0.024 L/s	0.2 m/s	16.00 mm	5.53

Dimensionamento Rede de Retorno ES T2						
Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 1						
1	3.71	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
1	3.07	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
1	0.23	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
2	0.08	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
1	0.07	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
1	0.10	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
2	0.07	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
2	0.22	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
2	0.17	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
1	0.91	0.05 L/s	0.472 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.90
Grand total: 10	8.63					

Dimensionamento Rede de Retorno Segundo Manual T3							
System Name	Length	Section	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 3							
RA_RET 3	0.21	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	0.07	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	0.10	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	5.01	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	1.07	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	3.86	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	1.94	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	0.06	1	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	0.08	2	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	0.07	2	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	0.22	2	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41
RA_RET 3	0.17	2	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.41

Dimensionamento Rede de Retorno PT T3							
System Name	Length	Section	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dcalculo
RA_RET 16							
RA_RET 16	0.21	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	0.07	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	0.10	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	5.01	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	1.07	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	3.86	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	1.94	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	0.06	1	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	0.08	2	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	0.07	2	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	0.22	2	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 16	0.17	2	0.029 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08

Dimensionamento Rede de Retorno ES T3							
System Name	Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 11							
RA_RET 11	1	0.21	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	2	0.03	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	1	0.07	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	1	0.10	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	4	0.06	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	1	4.88	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	1	0.82	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	1	3.84	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	1	1.90	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
RA_RET 11	1	0.03	0.057 L/s	0.55 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.52
Grand total: 10		11.95					

Dimensionamento Rede de Retorno Segundo Manual T4 DUPLEX							
System Name	Length	Section	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 8							
RA_RET 8	5.86	6	0.008 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.27
RA_RET 8	4.60	12	0.010 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.58
RA_RET 8	10.96	4	0.011 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.82
RA_RET 8	9.70	8	0.013 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.08
RA_RET 8	1.18	7	0.020 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.03
RA_RET 8	5.16	9	0.023 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.43
RA_RET 8	6.56	1	0.043 L/s	0.4 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.40
RA_RET 8	0.44	2	0.043 L/s	0.4 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.40
Grand total: 21	44.47						

Dimensionamento Rede de Retorno PT T4 Duplex							
System Name	Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc (mm)
RA_RET 10							
RA_RET 10	51	5.86	0.014 L/s	0.1 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.27
RA_RET 10	48	4.60	0.016 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.58
RA_RET 10	4	10.89	0.019 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.98
RA_RET 10	56	9.70	0.022 L/s	0.2 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.25
RA_RET 10	10	1.46	0.034 L/s	0.3 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.56
RA_RET 10	53	4.79	0.038 L/s	0.4 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.97
RA_RET 10	41	0.44	0.072 L/s	0.7 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	59	6.28	0.072 L/s	0.7 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
Grand total: 20		44.03					

Dimensionamento Rede de Retorno ES T4 Duplex							
System Name	Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 10							
RA_RET 10	51	5.86	0.014 L/s	0.138 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.27
RA_RET 10	48	4.60	0.016 L/s	0.159 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.58
RA_RET 10	4	3.05	0.019 L/s	0.188 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.98
RA_RET 10	4	7.84	0.019 L/s	0.188 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.98
RA_RET 10	56	6.81	0.022 L/s	0.209 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.25
RA_RET 10	56	2.89	0.022 L/s	0.209 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.25
RA_RET 10	10	1.46	0.034 L/s	0.326 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.56
RA_RET 10	53	3.09	0.038 L/s	0.367 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.97
RA_RET 10	53	1.33	0.038 L/s	0.367 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.97
RA_RET 10	53	0.38	0.038 L/s	0.367 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.97
RA_RET 10	41	0.03	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	41	0.07	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	41	0.22	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	41	0.12	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	59	1.77	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	59	0.23	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	59	0.07	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	59	0.38	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	59	0.04	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
RA_RET 10	59	3.79	0.072 L/s	0.693 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.57
Grand total: 20		44.03					

Dimensionamento Rede de Retorno Segundo Manual Exemplo 2							
System Name	Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET Exemplo							
RA_RET Exemplo	28	3.87	0.010 L/s	0.093 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.502
RA_RET Exemplo	29	9.78	0.010 L/s	0.093 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.501
RA_RET Exemplo	80	10.96	0.011 L/s	0.102 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.678
RA_RET Exemplo	17	8.24	0.012 L/s	0.116 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.919
RA_RET Exemplo	27	11.84	0.012 L/s	0.120 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.975
RA_RET Exemplo	78	3.87	0.012 L/s	0.118 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.945
RA_RET Exemplo	79	9.78	0.012 L/s	0.118 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.943
RA_RET Exemplo	75	8.24	0.015 L/s	0.141 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.319
RA_RET Exemplo	77	11.84	0.015 L/s	0.144 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.370
RA_RET Exemplo	13	8.90	0.016 L/s	0.151 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.469
RA_RET Exemplo	26	4.36	0.016 L/s	0.153 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.502
RA_RET Exemplo	8	3.22	0.017 L/s	0.162 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.622
RA_RET Exemplo	10	7.09	0.018 L/s	0.175 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.805
RA_RET Exemplo	25	10.52	0.018 L/s	0.174 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.796
RA_RET Exemplo	74	8.62	0.018 L/s	0.173 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.784
RA_RET Exemplo	70	4.36	0.019 L/s	0.178 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.854
RA_RET Exemplo	73	3.22	0.019 L/s	0.186 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.966
RA_RET Exemplo	72	6.37	0.020 L/s	0.197 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.105
RA_RET Exemplo	69	10.52	0.021 L/s	0.199 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.128
RA_RET Exemplo	1	1.23	0.022 L/s	0.212 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.298
RA_RET Exemplo	76	1.23	0.027 L/s	0.262 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.887
RA_RET Exemplo	7	1.75	0.034 L/s	0.327 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.578
RA_RET Exemplo	9	5.36	0.035 L/s	0.336 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.667
RA_RET Exemplo	68	1.75	0.039 L/s	0.377 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.061
RA_RET Exemplo	71	5.36	0.040 L/s	0.383 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.122
RA_RET Exemplo	24	3.44	0.069 L/s	0.663 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.366
RA_RET Exemplo	67	4.03	0.079 L/s	0.761 m/s	11.50 mm	16.00 mm	10.029
RA_RET Exemplo	11	9.74	0.085 L/s	0.814 m/s	11.50 mm	16.00 mm	10.378
RA_RET Exemplo	23	3.83	0.097 L/s	0.931 m/s	11.50 mm	16.00 mm	11.093
RA_RET Exemplo	66	9.15	0.097 L/s	0.934 m/s	11.50 mm	16.00 mm	11.111
RA_RET Exemplo	65	3.83	0.112 L/s	1.075 m/s	11.50 mm	16.00 mm	11.921
RA_RET Exemplo	15	4.71	0.119 L/s	0.672 m/s	15.00 mm	20.00 mm	12.294
RA_RET Exemplo	60	5.72	0.128 L/s	0.726 m/s	15.00 mm	20.00 mm	12.782
RA_RET Exemplo	63	4.71	0.139 L/s	0.786 m/s	15.00 mm	20.00 mm	13.296
RA_RET Exemplo	62	5.73	0.151 L/s	0.855 m/s	15.00 mm	20.00 mm	13.868
RA_RET Exemplo	61	7.41	0.162 L/s	0.915 m/s	15.00 mm	20.00 mm	14.348
RA_RET Exemplo	2	0.52	0.290 L/s	0.923 m/s	20.00 mm	26.00 mm	19.216
RA_RET Exemplo	87	11.57	0.290 L/s	0.923 m/s	20.00 mm	26.00 mm	19.216
Grand total: 77		236.69					

Dimensionamento Rede de Retorno PT Exemplo 2							
System Name	Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc (mm)
RA_RET 13							
RA_RET 13	28	3.87	0.003 L/s	0.03 m/s	11.50 mm	16.00 mm	1.92
RA_RET 13	29	9.78	0.003 L/s	0.03 m/s	11.50 mm	16.00 mm	1.92
RA_RET 13	80	10.97	0.003 L/s	0.03 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.01
RA_RET 13	17	8.24	0.004 L/s	0.03 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.15
RA_RET 13	27	11.84	0.004 L/s	0.04 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.18
RA_RET 13	75	8.24	0.004 L/s	0.04 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.37
RA_RET 13	77	11.84	0.004 L/s	0.04 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.39
RA_RET 13	78	3.87	0.004 L/s	0.04 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.16
RA_RET 13	79	9.78	0.004 L/s	0.04 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.16
RA_RET 13	8	3.22	0.005 L/s	0.05 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.53
RA_RET 13	10	7.09	0.005 L/s	0.05 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.63
RA_RET 13	13	8.90	0.005 L/s	0.05 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.45
RA_RET 13	25	10.52	0.005 L/s	0.05 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.63
RA_RET 13	26	4.36	0.005 L/s	0.05 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.47
RA_RET 13	74	8.62	0.005 L/s	0.05 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.62
RA_RET 13	69	10.52	0.006 L/s	0.06 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.81
RA_RET 13	70	4.36	0.006 L/s	0.05 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.66
RA_RET 13	72	6.37	0.006 L/s	0.06 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.80
RA_RET 13	73	3.22	0.006 L/s	0.06 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.72
RA_RET 13	1	1.23	0.007 L/s	0.06 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.90
RA_RET 13	76	1.23	0.008 L/s	0.08 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.22
RA_RET 13	7	1.75	0.010 L/s	0.10 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.60
RA_RET 13	9	5.36	0.010 L/s	0.10 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.65
RA_RET 13	68	1.75	0.012 L/s	0.11 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.87
RA_RET 13	71	5.36	0.012 L/s	0.12 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.90
RA_RET 13	24	3.44	0.021 L/s	0.20 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.13
RA_RET 13	67	4.03	0.024 L/s	0.23 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.49
RA_RET 13	11	9.74	0.025 L/s	0.24 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.68
RA_RET 13	59	3.87	0.029 L/s	0.28 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.08
RA_RET 13	66	9.15	0.029 L/s	0.28 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.09
RA_RET 13	64	3.87	0.033 L/s	0.32 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.53
RA_RET 13	15	4.72	0.036 L/s	0.34 m/s	11.50 mm	16.00 mm	6.73
RA_RET 13	84	5.70	0.038 L/s	0.37 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.00
RA_RET 13	63	4.72	0.042 L/s	0.40 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.28
RA_RET 13	62	5.75	0.045 L/s	0.44 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.60
RA_RET 13	61	7.38	0.049 L/s	0.47 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.86
RA_RET 13	2	0.54	0.087 L/s	0.84 m/s	11.50 mm	16.00 mm	10.52
RA_RET 13	88	11.63	0.087 L/s	0.84 m/s	11.50 mm	16.00 mm	10.52
Grand total: 77		236.87					

Dimensionamento Rede de Retorno ES Exemplo 2							
System Name	Section	Length	Flow	Velocity	Inside Diameter	Diameter	Dc
RA_RET 5							
RA_RET 5	28	3.87	0.006 L/s	0.056 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.72
RA_RET 5	29	9.78	0.006 L/s	0.056 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.72
RA_RET 5	80	10.97	0.006 L/s	0.062 m/s	11.50 mm	16.00 mm	2.86
RA_RET 5	17	8.24	0.007 L/s	0.070 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.05
RA_RET 5	27	11.84	0.007 L/s	0.072 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.09
RA_RET 5	78	3.87	0.007 L/s	0.071 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.06
RA_RET 5	79	9.78	0.007 L/s	0.071 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.06
RA_RET 5	13	8.90	0.009 L/s	0.091 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.47
RA_RET 5	75	8.24	0.009 L/s	0.085 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.36
RA_RET 5	77	11.84	0.009 L/s	0.087 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.39
RA_RET 5	8	3.22	0.010 L/s	0.097 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.59
RA_RET 5	26	4.36	0.010 L/s	0.093 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.50
RA_RET 5	10	7.09	0.011 L/s	0.105 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.73
RA_RET 5	25	10.52	0.011 L/s	0.105 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.73
RA_RET 5	70	4.36	0.011 L/s	0.108 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.77
RA_RET 5	74	8.62	0.011 L/s	0.104 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.72
RA_RET 5	69	10.52	0.012 L/s	0.120 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.98
RA_RET 5	72	6.37	0.012 L/s	0.119 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.97
RA_RET 5	73	3.22	0.012 L/s	0.113 m/s	11.50 mm	16.00 mm	3.86
RA_RET 5	1	1.23	0.013 L/s	0.128 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.11
RA_RET 5	76	1.23	0.016 L/s	0.158 m/s	11.50 mm	16.00 mm	4.57
RA_RET 5	7	1.75	0.021 L/s	0.197 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.11
RA_RET 5	9	5.36	0.021 L/s	0.203 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.18
RA_RET 5	68	1.75	0.024 L/s	0.228 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.49
RA_RET 5	71	5.36	0.024 L/s	0.231 m/s	11.50 mm	16.00 mm	5.53
RA_RET 5	24	3.44	0.042 L/s	0.400 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.28
RA_RET 5	67	4.03	0.048 L/s	0.459 m/s	11.50 mm	16.00 mm	7.79
RA_RET 5	11	9.74	0.051 L/s	0.491 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.06
RA_RET 5	59	3.87	0.058 L/s	0.562 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.62
RA_RET 5	66	9.15	0.059 L/s	0.563 m/s	11.50 mm	16.00 mm	8.63
RA_RET 5	64	3.87	0.067 L/s	0.649 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.26
RA_RET 5	15	4.72	0.072 L/s	0.690 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.55
RA_RET 5	84	5.71	0.077 L/s	0.746 m/s	11.50 mm	16.00 mm	9.93
RA_RET 5	63	4.72	0.084 L/s	0.807 m/s	11.50 mm	16.00 mm	10.33
RA_RET 5	62	5.75	0.091 L/s	0.878 m/s	11.50 mm	16.00 mm	10.77
RA_RET 5	61	7.39	0.098 L/s	0.939 m/s	11.50 mm	16.00 mm	11.15
RA_RET 5	2	0.54	0.175 L/s	0.990 m/s	15.00 mm	20.00 mm	14.93
RA_RET 5	88	11.60	0.175 L/s	0.990 m/s	15.00 mm	20.00 mm	14.93
Grand total: 77		236.84					