

# **APLICAÇÃO DO BIM AO PROJETO DE REDES PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À  
MODELAÇÃO VIRTUAL**

**ALEXANDRE PORTUGAL DE MOURA TEIXEIRA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins

---

Coorientador: Eng. Jorge Miguel Sousa Cruz da Rocha

FEVEREIRO DE 2018

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@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

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto: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 Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

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.

*“Do what you can, with what you have, where you are.”*

*Theodore Roosevelt*



## **AGRADECIMENTOS**

Acaba assim uma etapa, é imperativo agradecer a todas as pessoas que tornaram possível este feito. Um obrigado ao Professor João Pedro da Silva Poças Martins pelo acompanhamento e pelo tempo despendido ao longo destes últimos meses. À SOPSEC, e a todos os colegas de trabalho, que me mostraram e fizeram viver fase onde me apercebi, finalmente, o que será trabalhar no mundo empresarial. Ao engenheiro Jorge Rocha que foi capaz de me ouvir, sempre com muita calma, nunca deixando de ter tempo para me ouvir e aconselhar.

À minha família, pai, mãe, irmão e irmã, que sempre me acompanharam e aconselharam, não apenas a nível académico, mas principalmente a nível pessoal, contribuindo assim para o meu desenvolvimento. À minha irmã, Inês Portugal Teixeira, que perdeu muito tempo para que esta dissertação pudesse ficar concluída em tempo útil. Há palavras que podem nem sempre fazer sentido no momento em que são ditas, mas hoje, todas elas estão gravadas em mim. “Façam amigos, sejam felizes, sejam amigos dos vossos amigos ...”. Obrigado!

Aos meus amigos da faculdade, obrigado! Foram largos anos, uns melhores que outros, mas no fim são as experiências que ficam. Com muito apreço guardo recordações de muitos momentos, todas as conversas e discussões, as noites de estudo, as eternas “salas dos pcs”, ”sala do 5º” e a “hidro sala”.

Por fim, mas não por último, um obrigado ao Diogo e Tiago, pelas largas tardes e noites de cafés, por todos os vamos e não vamos. O mundo dá muitas voltas.



## RESUMO

A tecnologia tende a tornar-se parte integrante na indústria da construção, havendo já algum uso por parte dos intervenientes desta área. Com a integração da tecnologia, o conceito do BIM, *Building Information Modelling*, tem vindo a crescer, sendo já implementado, e até legislado em alguns países. As diferenças entre o método tradicional e o BIM são notáveis, sendo que as formas de construção, em projeto, sofrem alterações ao longo do processo construtivo.

A produtividade e a qualidade são indicadores significativos aquando da avaliação de um projeto. Sendo o projeto de uma rede predial de abastecimento de água complexo, devido às reduzidas dimensões dos elementos usados em obra e à sua elevada extensão, os erros tendem a aparecer. Como forma de reduzir e otimizar os custos e tempos previstos para a realização de uma obra, são necessárias fazer várias verificações às peças desenhadas produzidas. Utilizando o BIM desde o início do pensamento da rede predial de abastecimento de água, a coordenação necessária e os erros tornam-se, respetivamente, fluída e reduzidos.

Entender o conceito do BIM e como este consegue ser integrado na especialidade de instalações hidráulicas é um passo importante a tomar, sendo uma das especialidades que não se encontra desenvolvida de uma forma extensa, atrasando a sua implementação. Usando dois programas que se encaixam neste conceito, o Revit e o Dynamo, os quais têm uma conexão constante, pode-se entender as potencialidades que já existem, e até mesmo aumentá-las.

A automatização de processos e a criação de rotinas é um dos focos principais desta dissertação. A modelação é uma das fases necessárias usando o BIM, e também a fase onde os erros podem ocorrer e ser detetados. Usando um software de programação visual pretende-se simplificar a construção do modelo virtual.

**PALAVRAS-CHAVES:** BIM, Rede predial de abastecimento de água, Automatização, Dynamo, Modelação





## **ABSTRACT**

The technology tends to become an integral part of the construction industry, existing already some usage by the players involved in the area. With the integration of the technology, the BIM, Building Information Modelling concept, has been increasing, being already implemented and even legislated in some countries. The differences between the traditional method and BIM are easily spotted as construction processes evolve and are constantly changing.

Productivity and quality are significant indicators when evaluating a project. Being the project of a building water supply system complex, due to the reduced dimensions of the elements used on site and their large extension, errors tend to appear. In order to reduce and enhance the time and costs predicted to the completion of the building construction, there are multiple verifications necessary in the produced design elements. Using BIM from the beginning of the whole process of the design of the building water supply system, the necessary coordination and errors become, respectively, fluid and reduced. Understanding the concept of BIM and how this can be integrated in the hydraulic systems is an important step to take, since this is one of the Civil Engineering branches less developed, which delays its implementation. Using two softwares that fit this concept, Revit and Dynamo, both having incessant connection, with the existing potentialities understood, it's possible to increase them.

Process automation and routine creation is one of the main focuses of this dissertation. Modelling is one of the steps necessary using BIM, and also the step where errors may occur and be detected. Using a visual programming software its intended to simplify the construction of the virtual model.

**KEYWORDS:** BIM, Water supply systems, Automation, Dynamo, Modeling



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS .....	1
1.3. METODOLOGIA .....	2
1.4. ESTRUTURA DA TESE .....	2
<b>2 ESTADO DE ARTE</b> .....	<b>5</b>
2.1. BIM.....	5
2.1.1. PROCESSOS NORMATIVOS .....	9
2.1.1.1. BuildingSMART (IAI) .....	10
2.1.1.2. Internacional .....	10
2.1.1.3. BIM em Portugal.....	14
2.1.2. INTEROPERABILIDADE .....	16
2.1.2.1. IFC/IFD/IDM .....	19
2.1.2.2. Comunicação a Software .....	23
2.2. REDES PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	27
2.2.1. TRAÇADO DA REDE PREDIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	29
2.2.2. CÁLCULO HIDRÁULICO .....	31
2.2.3. MÉTODO DE TRABALHOS RECORRENDO AO CAD (MEP) .....	36
2.2.4. MÉTODOS DE TRABALHO USADOS ATUALMENTE COM RECURSO A BIM (MEP) .....	38
<b>3 DESCRIÇÃO DE PROCESSOS TRADICIONAIS DENTRO DA SOPSEC</b> .....	<b>41</b>
3.1. APRESENTAÇÃO DA SOPSEC .....	41
3.2. RECURSOS HUMANOS E TECNOLÓGICOS DISPONÍVEIS.....	41
3.3. INÍCIO DE CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO E SEU DESENVOLVIMENTO .....	42
3.3.1. CÁLCULO EXPEDITO, ESQUEMA DAS REDES.....	45

3.3.2.	FORMATOS/MÉTODOS DE ENTREGA .....	46
3.4.	VANTAGENS E INCONVENIENTES.....	47

## **4 PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS, APLICADA A REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ..... 49**

4.1.	SOFTWARE DE MODELAÇÃO .....	49
4.1.1.	REVIT API E MACROS.....	50
4.1.2.	DYNAMO – REVIT – EXCEL.....	51
4.1.2.1.	Automatização de processos e ferramentas de auxílio à modelação .....	53
4.2.	APLICAÇÃO AUTOMÁTICA DE DIÂMETROS.....	53
4.3.	AUXÍLIO NA MEDIÇÃO DAS QUANTIDADES PARA O MAPA DE TAREFAS E QUANTIDADES	56

## **5 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À MODELAÇÃO DESENVOLVIDAS ..... 59**

5.1.	INTRODUÇÃO AO CASO DE ESTUDO .....	59
5.2.	CASO DE ESTUDO – MORADIA .....	59
5.2.1.	BASE DE ARQUITETURA.....	59
5.2.2.	BASE DE INSTALAÇÕES SANITÁRIAS .....	60
5.2.2.1.	Modelação da rede predial de abastecimento de água .....	62
5.3.	APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS .....	65

## **6 CONCLUSÃO..... 71**

6.1.	CONCLUSÃO.....	71
6.2.	TRABALHOS FUTUROS .....	72

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
---------------------------------	----

ANEXOS A .....	78
ANEXOS B .....	84





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Situação ideal vs Prática usual, perdas de valor em relação ao tempo e durante as mudanças de fase na idealização e construção de um edifício (Martins 2016) .....	6
Figura 2.2 - Informação geométrica de uma cobertura.....	6
Figura 2.3 - Vários níveis dos LOD's possíveis de atingir (McPhee 2013).....	7
Figura 2.4 - Separação genérica dos LOD's consoante as fases e os intervenientes (SRINSOFT).....	8
Figura 2.5 - Curva demonstrativa da adoção dos intervenientes na AEC nos métodos BIM (y) em relação ao tempo (x) adaptado de: (Kiviniemi 2010). .....	9
Figura 2.6 - Níveis de maturidade do BIM (Shepherd 2015). .....	13
Figura 2.7 - Nível de informação necessária existir e métodos de trabalho referentes a cada nível de maturidade (Khosrowshahi and Arayici 2012). .....	13
Figura 2.8 - Fatores apresentados pela CT197 como fundamentais (Costa 2016??).....	15
Figura 2.9 - Previsão dos modelos de trabalho face aos modelos contratuais (Costa 2016??). .....	16
Figura 2.10 - Diferença entre compatibilidade, "de facto standard" e interoperabilidade (AFUL). .....	17
Figura 2.11 - Troca de dados entre os intervenientes. Centralização da informação (Newsroom 2017). .....	18
Figura 2.12 - Comunicação entre os intervenientes (BuildingSMART). .....	18
Figura 2.13 - Standards de formato livre (Editor 2016).....	19
Figura 2.14 - Relação entre o IFC, IFD e IDM (BuildingSMART). .....	20
Figura 2.15 - Versões existentes do IFC organizadas cronologicamente (Liebich 2013). .....	20
Figura 2.16 - Demonstração do funcionamento do IFD com recurso ao GUID (BuildingSMART) .....	21
Figura 2.17 - Organização da informação através do IFD (Sunesen 2011). .....	22
Figura 2.18 - Standards do IDM, IFC e IFD (BuildingSMART). .....	23
Figura 2.19 - Autodesk Revit (AUTODESK). .....	24
Figura 2.20 - Bentley Hevacomp Mechanical Designer (Bentley). .....	24
Figura 2.21 - Gehry Technologies (Technologies). .....	25
Figura 2.22 - CYPECAD MEP (TopInformática). .....	25
Figura 2.23 - Graphisoft ArchiCAD (Graphisoft). .....	26
Figura 2.24 – Dynamo (Dynamo). .....	26
Figura 2.25 - Autodesk Navisworks (AUTODESK). .....	26
Figura 2.26 - Microsoft Excel (Microsoft). .....	26
Figura 2.27 - Identificação das tubagens de uma rede predial de abastecimento de água (Pedroso 2000). .....	28
Figura 2.28 - Instalação da tubagem de água quente e água fria (Pedroso 2000). .....	29
Figura 2.29 - Demonstração da inclinação necessária na ligação aos equipamentos (Pedroso 2000). .....	30
Figura 2.30 - Instalação da tubagem : à vista/ embutidas/ em caleiras/ tetos falsos (Pedroso 2000). .....	30
Figura 2.31 - Simbologia genérica a usar para os vários acessórios e equipamentos (Pedroso 2000). .....	31

Figura 2.32 - Caudais de cálculo em função do caudal acumulado (conforto médio) (Pedroso 2000).	33
Figura 2.33 - Esquema do traçado e dimensionamento de uma rede predial de abastecimento de água	35
Figura 2.34 - Traçado da rede com recurso ao CAD (AUTODESK).	38
Figura 3.1 - Esquema do funcionamento interno da SOPSEC face à proposta de um projeto	44
Figura 3.2 - Excerto da simbologia usada internamente na SOPSEC (SOPSEC 2017).	45
Figura 3.3 - Excerto dos <i>layers</i> existentes para projetos de instalações hidráulicas (SOPSEC 2017).	45
Figura 3.4 - Excerto da folha de macros do Excel usada no cálculo hidráulico.	46
Figura 4.1 - "Macro manager" dentro do Revit e possíveis linguagens para a criação da macro.	50
Figura 4.2 - Exemplo dos nós do Dynamo. Reconhecimento das tubagens de um modelo.	51
Figura 4.3 - Ligação do Dynamo ao Excel, escolha do ficheiro a abrir.	52
Figura 4.4 - Interface do Dynamo Player dentro do Revit 2018.	52
Figura 4.5 - Separação dos ramais segundo os troços a que pertencem.	54
Figura 4.6 - Quadro tipo dos valores referentes aos troços e aos diâmetros calculados.	55
Figura 4.7 - Associação dos diâmetros aos elementos correspondentes.	56
Figura 4.8 - Separação das colunas existentes.	57
Figura 4.9 - Comprimento separado por nível.	58
Figura 5.1 - Modelo da base em 3D da arquitetura da moradia em estudo.	60
Figura 5.2 - Vista tridimensional das redes de abastecimento e drenagem de água.	61
Figura 5.3 - Planta de um piso com os elementos da rede predial de abastecimento de água.	61
Figura 5.4 - Conjunto das características editáveis (em destaque a vermelho).	62
Figura 5.5 - Exemplo de uma das características (cálculo das pressões).	62
Figura 5.6 - Grupo de equipamentos associados ao sistema de abastecimento de água fria.	63
Figura 5.7 - Excerto da tabela de medições das quantidades das tubagens usadas.	64
Figura 5.8 - Visualização 3D da intersecção entre os vários sistemas modelados	65
Figura 5.9 - Excerto da organização da tabela dos diâmetros proveniente da folha de cálculo.	66
Figura 5.10 - Vista em pormenor da modelação com um valor pré-definido de 10mm	66
Figura 5.11 - Propriedades do elemento (tubagem) antes da aplicação automática dos diâmetros.	67
Figura 5.12 - Após a aplicação da ferramenta, mudando assim os diâmetros calculados das tubagens do modelo	67
Figura 5.13 - Propriedades do elemento (tubagem) após a aplicação automática dos diâmetros.	68
Figura 5.14	69
Figura 5.15 - Medição final do corte das tubagens verticais. 2.817m acima do piso 1.	69







## **ÍNDICE DE QUADROS**

Tabela 2.1 - Países e respetivos documentos e organizações reponsáveis pela implementação do BIM .....	10
Tabela 2.2 - Países e respetivos documentos e organizações reponsáveis pela implementação do BIM (continuação).....	11
Tabela 2.3 - Tipos e finalidade das tubagens na rede predial de abastecimento .....	28
Tabela 2.4 - Caudais instantâneos dos equipamentos.....	32
Tabela 2.5 - Materiais das tubagens a usar em redes prediais de abastecimento de água .....	35
Tabela 3.1 - Vantagens e inconvenientes dos métodos tradicionais vs BIM.....	47



## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

BIM – Building Information Modeling

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

CAD – Computer Aided Design

GUID – Globally Unique Identifier

VPL – Virtual Programming Language

IFC – Industry Foundation Classes

IFD – Information Delivery Manuals

IDM – International Framework Dictionaries

IPD - Integrated Project Delivery

GSA – General Services Administration

LOD – Level of Development

SOPSEC – Sociedade de Prestação de Serviços de Engenharia Civil

Ks – Coeficiente de Simultaneidade

n – Número de equipamentos

Qi – Caudal instantâneo

Qa – Caudal acumulado

Qc – Caudal de cálculo

b – Rugosidade do material

J – Perda de carga total

D – Diâmetro

v – Velocidade

CT – Comissão Técnica

IPQ – Instituto Português de Qualidade

NIBS – National Institute of Building Service

MTQ – Mapa de Tarefas e Quantidades

COBIM – Common BIM Requirements

NBS – National Building Specification

API – Application Programming Interface

ONS – Organismo de Normalização Setorial

CDE – Common Data Environment



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO

O fio condutor de toda a construção de um edifício é pensado e redigido na fase de projeto. É nesta fase onde as soluções construtivas são ponderadas e otimizadas, independentemente da especialidade em questão. Existem vários profissionais envolvidos neste processo, trabalhando em simultâneo e nas várias especialidades, potenciando obstáculos à comunicação fluída entre todos eles. Esta insuficiente e ineficaz falta de comunicação cria problemas de cooperação ao fazer a sobreposição dos trabalhos realizados. Em conjunto com esta falta de comunicação, os prazos previstos são por vezes prolongados, aumentando o planeamento original e os custos da obra.

O *Building Information Modelling* (BIM) é um conceito no qual se encontram várias potencialidades que fazem face a estas questões. As exigências da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), derivadas das inovações tecnológicas e da competitividade a nível empresarial, fomentam transformações nos processos construtivos, expandindo as suas capacidades.

A mudança do paradigma, tendo em conta as novas tecnologias, com a passagem do *Computer Aided Design* (CAD) para o BIM, fazem com que estes novos processos tenham de ser entendidos na sua globalidade, provando a sua utilidade. Estes novos modos de trabalho têm-se provado úteis na área de automação de tarefas, aumentando e agilizando as formas de realizar os projetos, incitando e melhorando a comunicação entre todos os intervenientes e facilitando a compreensão visual, através de modelos tridimensionais de todo o projeto.

Sendo a água um bem essencial, a otimização da rede de abastecimento predial de água torna-se um dos pontos fulcrais no uso destas tecnologias. A capacidade de visualizar várias soluções construtivas na especialidade de instalações hidráulicas torna apelativa a adoção do BIM. A construção de uma rede predial de abastecimento de água é um processo trabalhoso e no qual existe frequentemente um erro associado.

Com esta dissertação pretende-se pôr em evidência as diferenças entre o BIM e os métodos tradicionais no desenvolvimento de um projeto de rede predial de abastecimento de água e de como, o primeiro método referido, pode revolucionar estes processos. A dissertação é realizada em âmbito empresarial, podendo todos os resultados ser aplicados a um caso prático, onde se poderá constatar parte das potencialidades deste novo procedimento.

## 1.2. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

O avanço tecnológico sentido ao longo dos últimos anos tem sido exponencial com o desenvolvimento de programas destinados à modelação virtual de edifícios, tal como o Revit, aplicado no contexto de projeto. Em simultâneo com o desenvolvimento tecnológico, o conceito de BIM evolui também, adaptando os seus processos com novas potencialidades que possam existir. Devido à importância da indústria AEC nas economias nacionais, é do interesse a otimização dos seus métodos construtivos.

Com a introdução da área da automação nos processos construtivos, é possível tornar a sua construção fluída e dinâmica. A dissertação a realizar foca-se neste ponto principal, agrupando a tecnologia com a área da engenharia, mais propriamente, o abastecimento predial de água incluído no projeto de instalações sanitárias, e de como esta especialidade poderá beneficiar destes avanços. Com o recurso a rotinas, evitando assim a execução de tarefas mais simplistas por parte da equipa de projetistas, é um dos objetivos principais do estudo em questão, tentando reduzir o tempo da concretização destas tarefas.

Como tal, definem-se os objetivos a alcançar:

- Compreensão do contexto do BIM e dos processos desenvolvidos neste âmbito, num projeto de redes de abastecimento predial de água;
- As potencialidades existentes neste método para a realização de um projeto de abastecimento de água e as tecnologias usadas para este efeito, enquadrando as diferenças entre os métodos tradicionais e o BIM;
- A comunicação e cooperação entre os intervenientes através da interoperabilidade;
- Usando a ligação existente entre o Revit e o Dynamo, criar ferramentas de auxílio à modelação ou processos posteriores, tal como a medição de Quantidades para o Mapa de Tarefas e Quantidades;
- Aproximar os métodos tradicionais dos métodos usados em BIM;
- Demonstrar como estas rotinas influenciam a produtividade na fase de projeto.

Neste trabalho não foi incluída a modelação das outras especialidades, tendo sido apenas focada a área em estudo. O modelo é cedido por parte da SOPSEC, estando já em parte desenvolvido pronto para a aplicação das ferramentas a desenvolver.

### **1.3. METODOLOGIA**

Para desenvolver o estudo proposto nesta dissertação foi necessário, antes da criação de qualquer ferramenta, compreender o processo construtivo das redes prediais de abastecimento de água. Tendo em vista esse efeito, foram estudados os conceitos provenientes de todo o cálculo hidráulico e do traçado da rede. Para os melhor entender foram consultados os regulamentos em vigor, os artigos e as publicações relacionadas com o assunto em estudo. Tendo interiorizado e perspetivado a viga condutora deste projeto, procedeu-se ao cruzamento dos métodos tradicionais usados com os novos métodos usando BIM.

Tendo posto em prática os processos e potencialidades inerentes ao BIM, foi possível estabelecer as reais diferenças entre os métodos de trabalho. Com recurso ao Revit e o Dynamo foi possível perceber onde ainda era possível aumentar as potencialidades do software de modelação.

No final, criadas as condições necessárias para o desenvolvimento do estudo em causa e adotando métodos práticos às ferramentas desenvolvidas, foi possível demonstrar a sua verdadeira empregabilidade no quotidiano desta área de trabalho.

### **1.4. ESTRUTURA DA TESE**

O trabalho a realizar foi repartido por 5 capítulos, faseando a estrutura da dissertação. Os 5 capítulos dividem-se em:

- **Capítulo 1** - Este capítulo inicial estabelece o enquadramento do trabalho a realizar, a motivação que levou à escolha deste tema e os objetivos finais a atingir. Refere ainda a metodologia usada para o cumprimento dos objetivos;
- **Capítulo 2** - Neste capítulo é possível definem-se e explicam-se os conceitos a retratar ao longo da dissertação. É realizado o Estado de Arte acerca do BIM e do Abastecimento Predial



de Água, conseguindo depois relacionar estes dois temas. Alonga-se também na interligação destes dois temas e de como, a nível profissional, o seu uso e recurso é aplicável;

- **Capítulo 3** - Esta dissertação tendo sido realizada em âmbito empresarial, é relevante descrever os processos internos da empresa acolhedora. Através do conhecimento do funcionamento desta é possível reconhecer quais os processos possíveis de agilizar, melhorando assim o trabalho a realizar;
- **Capítulo 4** - Contextualizada a matéria em estudo, neste capítulo são apresentadas teoricamente as ferramentas a desenvolver para o auxílio na modelação e do processo construtivo que daí advém;
- **Capítulo 5** – Desenvolvido todo o trabalho, este capítulo auxilia a demonstração do funcionamento das ferramentas a desenvolver, sendo elas aplicadas a um caso de estudo prático.



# 2

## ESTADO DE ARTE

### 2.1. BIM

“A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) há muito tempo que procura técnicas que diminuam o custo de projeto, aumentem a produtividade e a qualidade e consigam também reduzir os prazos de entrega dos projetos.” (Azhar, Nadeem et al. 2008). Numa indústria onde frequentemente as decisões são tomadas com base na sua vertente económica, foi necessário encontrar alguma ferramenta ou processo que fizesse face a estas questões. Deste modo, o BIM (*Building Information Modeling*) apresenta-se como uma resposta a estes problemas.

*Building Information Modeling* é um tema que vem sendo discutido na AEC (Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção), com foco nos anos 90 e no início do milénio em consequência do grande desenvolvimento tecnológico. Nos anos 70, Charles M. Eastman apresentou um modelo de trabalho, o BDS (*Building Design System*), que permitiria projetar “a geometria, o espaço e as propriedades de um grande número de elementos físicos, dispostos no edifício real”, com recurso a uma base de dados virtual (Eastman, Fisher et al. 1974).

Existem várias interpretações sobre o que BIM significa, existindo tantas definições quanto o número de pessoas que o implementam (NBIMS 2007), tendo todas elas algo em comum. O BIM para além de um software é também um processo (Hardin 2009), um método novo de gestão da informação na construção (Martins and Monteiro 2011), através da partilha da mesma num formato digital único (Eastman 1999), e, simultaneamente, uma representação visual do edifício pretendido. Esta representação ajuda à compreensão do Dono de Obra face às várias especialidades, facilitando as decisões no que diz respeito ao projeto. A comunicação da informação relativa ao edifício, desde uma fase inicial até ao fim do seu ciclo de vida, é facilmente acedida uma vez que a informação se encontra centralizada, ou seja, não havendo dados relevantes dispersos pelos projetos das várias especialidades. Esta centralização proporciona uma maior fluidez no acesso à informação do projeto e à circulação da mesma, uma vez que toda a informação relevante está compilada numa base de dados, que permite o acesso em tempo útil de todos os intervenientes, havendo uma maior transparência entre as várias especialidades (Hattab and Hamzeh 2013).

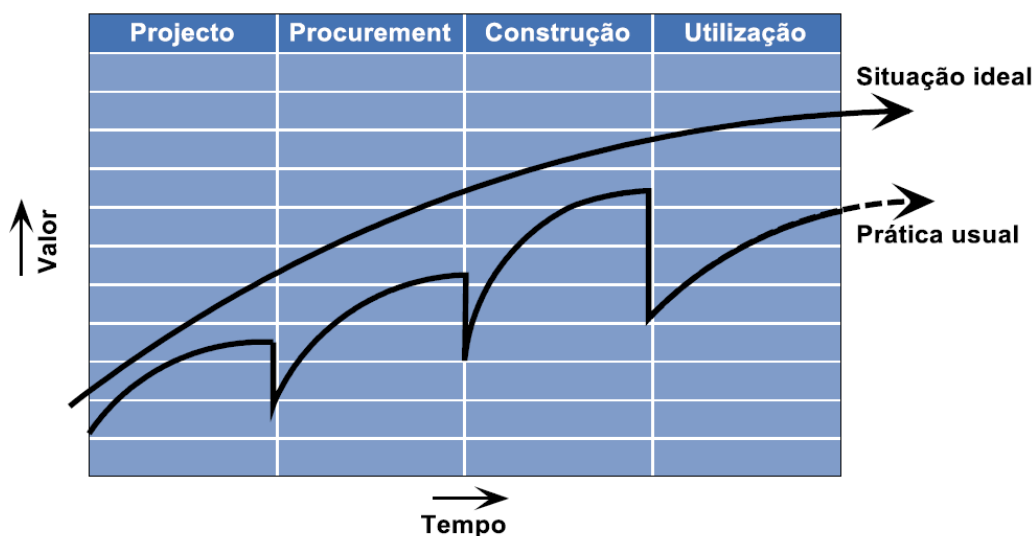


Figura 2.1 - Situação ideal vs Prática usual, perdas de valor em relação ao tempo e durante as mudanças de fase na idealização e construção de um edifício (Martins 2016)

O BIM é encarado como uma tecnologia revolucionária na construção de edifícios que altera o procedimento de construção de projeto realizado através dos métodos correntes, durante todo o seu ciclo de vida (Eastman, Teicholz et al. 2008). Como o nome indica, BIM é a criação de um modelo virtual de um edifício, existente ou não, no qual consta toda a informação sobre os elementos que o constituem, desde coberturas até aos equipamentos instalados. É possível aceder à informação relevante sobre cada elemento presente num modelo, tendo como exemplo uma cobertura, visualizando o material que a constitui, a cota onde é aplicada, o tipo de cobertura e informação mais geométrica, tal como área, volume e a inclinação das águas caso seja uma cobertura inclinada.

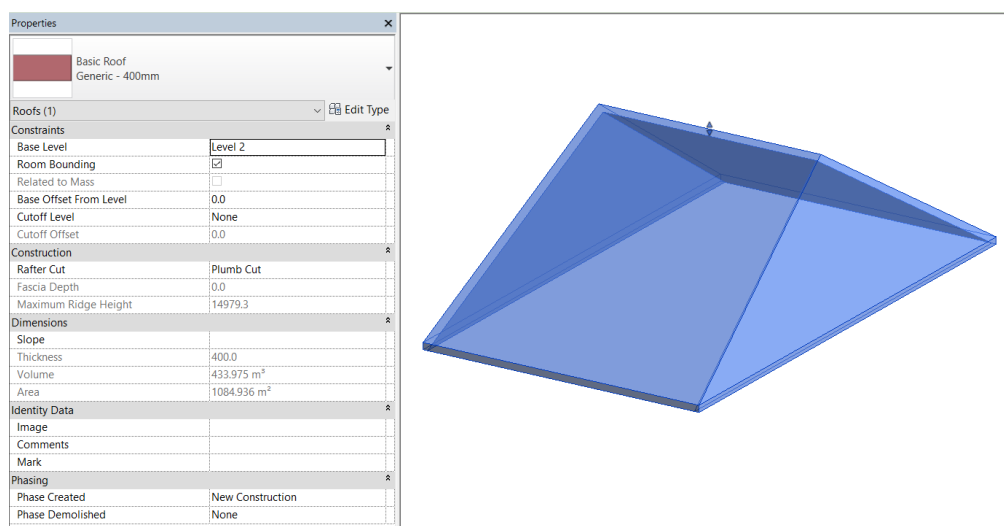


Figura 2.2 - Informação geométrica de uma cobertura.

A modelação é uma parte integrante do BIM, sendo necessário definir algumas regras para a sua realização. Estas regras são aplicadas aos elementos a instalar e são compreendidas como formas de trabalho genéricas onde é possível existir uma base comum de trabalho. O LOD é entendido como uma forma de chegar a um acordo ou consenso sobre o desenvolvimento do modelo.

O LOD é ao mesmo tempo “*Level of Development*” e “*Level of Detail*”. A sua contextualização depende da forma e do tipo de informação, ou como esta é entregue, estando ambos relacionados, não sendo possível atingir um sem o outro (Maritan 2014). No entanto é possível fazer a sua separação, ou seja, caso se centre na fiabilidade da informação dos elementos de um projeto dever-se-á utilizar o termo *Development*, caso o assunto recaia sobre a disponibilidade da informação o *Detail* é o mais adequado (BIMFORUM 2017). Não é possível olhar para um projeto como um todo e dizer apenas que existe o LOD 500 (Martins 2016). É inexecuível construir o modelo das várias especialidades, com um LOD apenas, logo, define-se o LOD consoante as especialidades e o que estas necessitam, de forma a existir uma boa coordenação.

Na página oficial da BIMFORUM é possível encontrar um manual onde estão descritos os vários níveis de desenvolvimento e que procedimentos devem ser tomados para estes serem atingidos. Uma boa e precisa definição destes níveis e procedimentos liberta os vários intervenientes da necessidade de discussão acerca do tipo e conteúdo de informação a inserir no modelo, tendo estes apenas que concordar no LOD a atingir. Os LOD’s começam no nível mais básico (100) indo até a um valor mais alto e mais desenvolvido, seja a nível geométrico, seja nível da informação global do elemento (500).

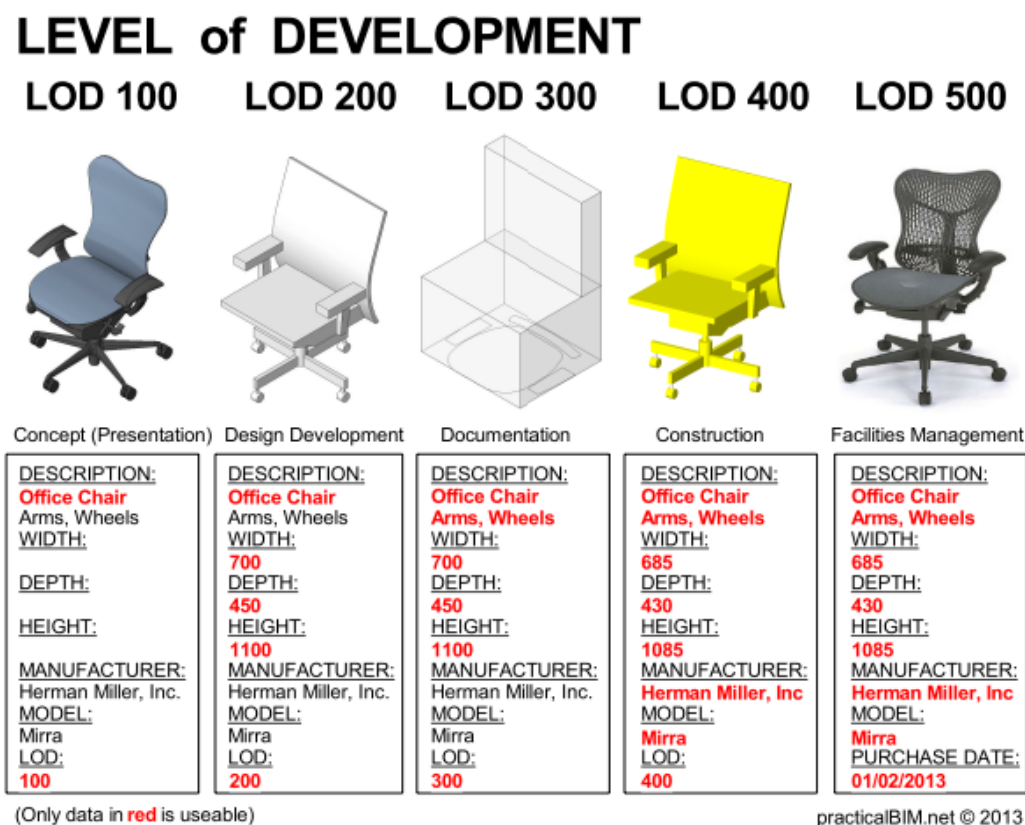


Figura 2.3 - Vários níveis dos LOD's possíveis de atingir (McPhee 2013).

Consoante o que é previamente definido, os LOD’s servem como uma base de trabalho, tanto a nível profissional, como a nível contratual. Usando-os, é possível definir o grau de detalhe da informação que está contemplada no modelo virtual, seja de nível geométrico ou até a nível dos fornecedores a usar. Como tal, é importante criar diretrizes sobre os mesmos quando os projetos ainda se encontram numa fase inicial, de modo a criar uma melhor compreensão do modelo virtual a construir.

Uma vez que o nível de desenvolvimento evolui com o ciclo de vida útil de um edifício, é possível fazer uma separação genérica dos LOD’s consoante os intervenientes e a fase construtiva em que este se encontra.

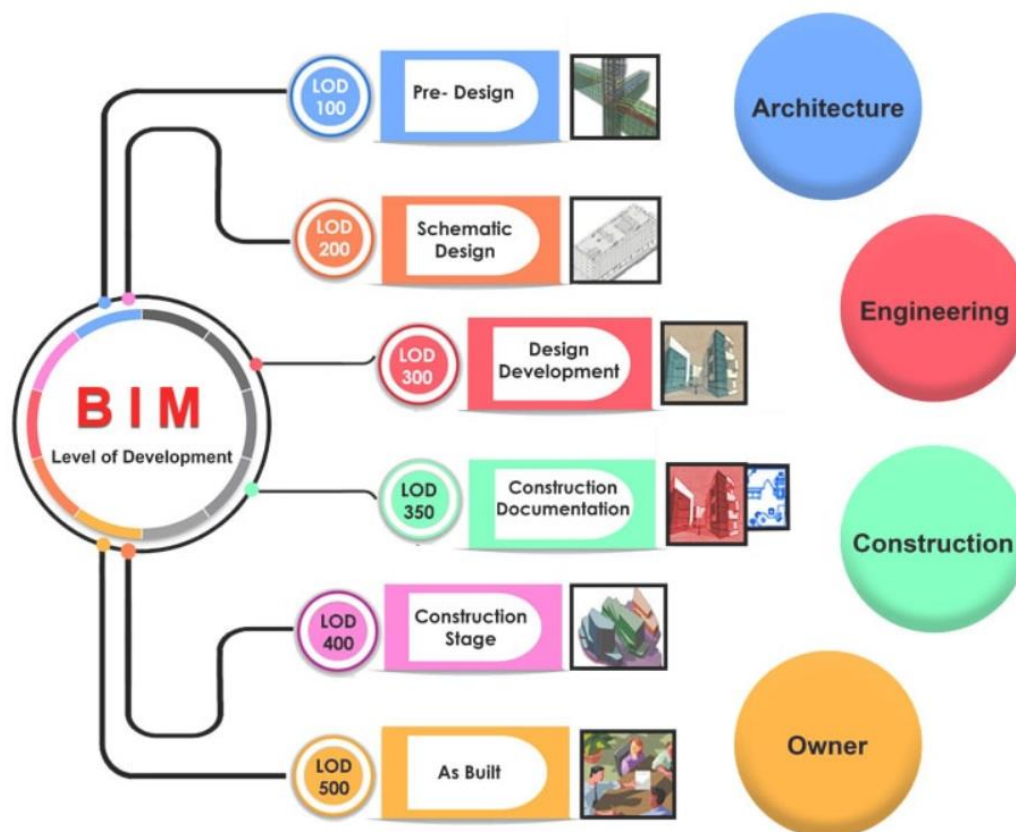


Figura 2.4 - Separação genérica dos LOD's consoante as fases e os intervenientes (SRINSOFT).

Existindo vários níveis de LOD's, torna-se imperativo estabelecer a quantidade e precisão de informação presente no modelo, fixando assim o nível em que se irá trabalhar. Havendo a possibilidade de inserir informação nos elementos do modelo virtual, e estando ela armazenada numa “*Common Data Environment*” (CDE), é necessário proceder à filtração da mesma, tendo em conta os trabalhos a realizar (Beale and Company 2013).

A *Common Data Environment* é um meio de centralização da informação existente promovendo, a colaboração entre todos os profissionais envolvidos nos trabalhos realizados e a realizar. Os direitos de autor da informação gerada continuam a existir, sendo esta protegida, mas ainda assim é possível de ser partilhada com os intervenientes que necessitem de fazer uso dela (Institution 2013). Com o armazenamento da informação, o acesso a esta é feito com facilidade e com maior controlo de qualidade da informação que é acedida (Mills 2015)

Após o processo de filtração da informação, e armazenamento na CDE, resta apenas a informação que será relevante às várias especialidades, podendo depois fazer o cruzamento da mesma, obtendo uma melhor compreensão geral das variáveis em causa (Hattab and Hamzeh 2013). Através da discussão do propósito do projeto é possível estabelecer os objetivos a atingir, de modo a aplicar um BIM bem sucedido e com o nível de desenvolvimento adequado aos trabalhos em causa (Burchett 2017).

A adoção de novos métodos e tecnologias não é instantânea, nem aplicada em massa pelas indústrias que estes afetam. Como tal, é necessária a formação dos profissionais da área de modo a que estes adquiram as competências apropriadas para que o BIM se torne, não uma tendência, mas um método de trabalho regular no processo construtivo de um edifício.

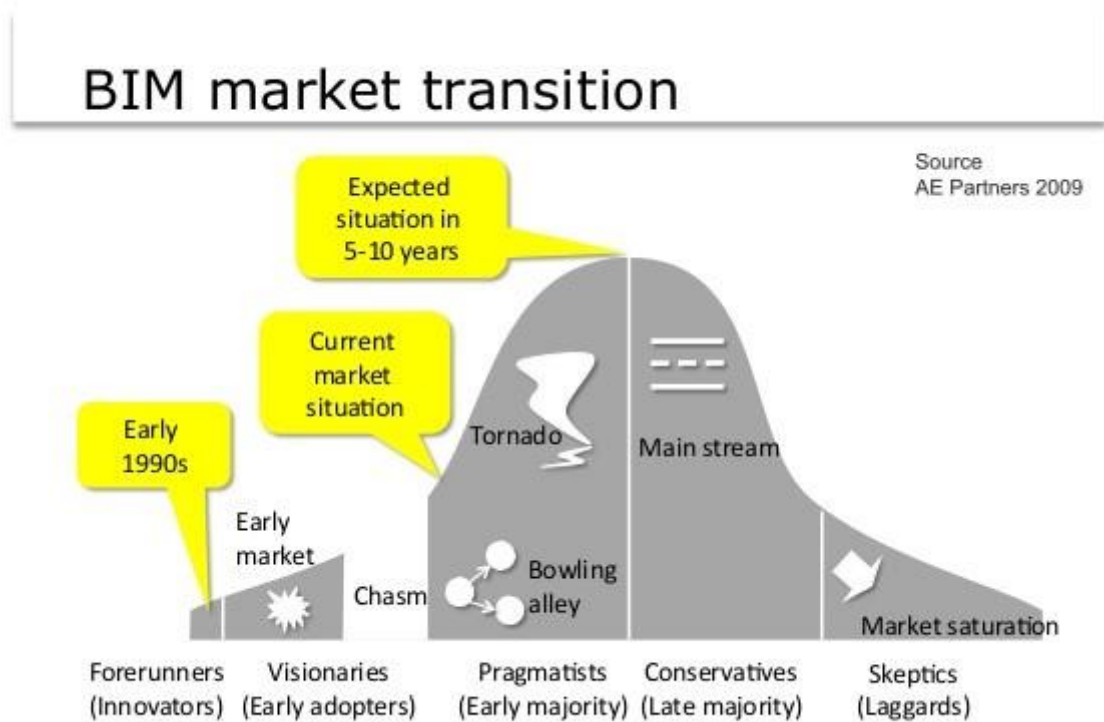


Figura 2.5 - Curva demonstrativa da adoção dos intervenientes na AEC nos métodos BIM (y) em relação ao tempo (x) adaptado de: (Kiviniemi 2010).

Segundo Brad Hardin e Dave Mcool existem três pilares para a implementação com sucesso deste método, sendo eles, os “processos”, as “tecnologias” e o “comportamento”. Face às novas tecnologias é necessário implementar novos processos de construção e não reutilizar os antigos. É essencial adotar novas formas de abordagem aos problemas pois podem revelar-se uma forma de “ganhar” tempo. A título de exemplo podemos falar das colisões que existem entre as várias especialidades (“*clash detection*”). Tradicionalmente são realizadas um conjunto de reuniões interespecialidades e comparações de desenhos para se conseguirem detetar as tais colisões, que são inevitáveis quando existem várias equipas a trabalhar no mesmo projeto. Este processo usado não é compatível, de uma forma completa, com um processo de construção usando o BIM pois as colisões conseguem detetar-se em tempo real através da modelação num modelo apenas, poupando tempo para a aprimorar a qualidade do desenho. Em relação às tecnologias, existe uma vasta gama de escolha de softwares, cada um com as suas vantagens, e a entidade que dará uso a essas ferramentas terá de as selecionar consoante as suas necessidades, com alguma descrição. A evolução constante da competitividade a nível empresarial e o largo espectro de pessoas inseridas na indústria AEC torna imperativo uma mudança ou uma adaptação do comportamento, tanto individual como a nível coletivo pelo que é necessário estar recetivo às mudanças que ocorrem, no que diz respeito aos métodos de trabalho. Assim poder-se-á entender o BIM não como apenas um software, mas como um processo evolutivo nos comportamentos e compreensão da construção (Hardin and Mcool 2015).

### 2.1.1. PROCESSOS NORMATIVOS

A implementação do BIM provém da atitude governamental de cada país. Os processos usados atualmente estão enraizados na indústria AEC, onde já se provaram úteis ao nível do projeto, mas com

o desenvolvimento tecnológico novas formas de trabalho aparecem. Cabe a cada país implementar estes novos métodos, criando a legislação que melhor se adequa.

#### 2.1.1.1. BuildingSMART (IAI)

A *BuildingSMART* é uma evolução da antiga *Industry Alliance for Interoperability*, que foi fundada em 1994 e que mais tarde mudou o seu nome para *International Alliance for Interoperability*. Uma entidade organizada pela Autodesk, empresa que convidou envolvidos no tema e interessados em desenvolver sistemas que tornassem a partilha de informação fluída entre as várias aplicações informáticas. O seu objetivo principal era desenvolver standards de formato aberto que permitissem uma maior clareza ao longo do curso da vida útil de um edifício. De acordo com o ponto de vista da *BuildingSMART*, todos os profissionais envolvidos deveriam conseguir aceder à globalidade de informação inserida no modelo não os obrigando a aceder a um software específico para a sua leitura.

A evolução ao longo do tempo em volta do BIM fez com que esta organização crescesse. Atualmente não são apenas as grandes empresas que a formam, mas também as pessoas têm desenvolvido trabalho sobre o BIM num âmbito não empresarial. O desenvolvimento de metodologias, de standards e modelos de troca de informação tem vindo a ser útil aquando da aplicação destas novas tecnologias. Estes avanços melhoram toda a ligação entre todos os intervenientes, facilitando a compreensão do projeto, constituindo apenas uma interpretação sobre o objetivo final através da criação de diretrizes e normas de troca de informação relevante.(BuildingSMART)

Estes standards materializam-se através do IFC (*Industry Foundation Classes*), do IFD (*Information Delivery Manuals*) e do IDM (*International Framework Dictionaires*), que se completam uns aos outros, não sendo propriedade de nenhum grupo empresarial, mas sim de acesso aberto. Estes formatos permitem que os profissionais trabalhem em conjunto de uma forma mais fluída, sem necessidade de recorrer a um software específico.

#### 2.1.1.2. Internacional

Existem já vários países que têm feito alguns avanços sobre a implementação do BIM a nível empresarial, nomeadamente em projetos de grande escala. Em todos eles o governo tem um papel importante no seu desenvolvimento, através do estabelecimento de normas e diretrizes, da construção de programas e da determinação de especificações definidas nas várias etapas a ultrapassar. O uso do BIM é diferente de país para país, estando em diferentes níveis de desenvolvimento nos vários países. Não é possível fazer uma generalização sobre a sua execução, uma vez que existem economias de diferentes dimensões, com necessidades distintas de país para país, sendo então necessário detalhar o percurso a realizar em cada país.

Tabela 2.1 - Países e respetivos documentos e organizações reponsáveis pela implementação do BIM

Países	Documentos promotores do BIM	Organizações promotoras do BIM
Estados Unidos da América	National 3D-4D BIM Program	National Institute of Building Science (NIBS)
Reino Unido	The British Standards Government Construction Strategy NBS BIM Object Standard	National Building Specification (NBS)
Alemanha	Digital Building Platform	Planning Building 4.0
Singapura	Singapore BIM Guide	Construction and Real Estate Network, CORENET



Tabela 2.2 - Países e respetivos documentos e organizações responsáveis pela implementação do BIM (continuação)

Países	Documentos promotores do BIM	Organizações promotoras do BIM
Países Escandinavos (Finlândia, Noruega, Dinamarca e Suécia)	COBIM – Common BIM Requirement 2012	Confederation to Finnish Construction Industries (Finlândia) Statsbygg and Norwegian Homebuilders Association (Noruega) SINTEF (Noruega) Palaces and Properties Agency (Dinamarca) Danish University Property Agency (Dinamarca) Defence Construction Service (Dinamarca) Swedish Transport Administration (Suécia)
França	Digital Transition Plan	Estado Francês
Coreia do Sul	BIM Guides in Korea	Governo da Coreia do Sul (embora com falta de documentos guias existe um grande investimento na área)

Acima representados estão alguns dos países que fizeram investimentos significativos na área do BIM. Alguns em estados de evolução mais avançados que outros, tal como os Estados Unidos. Na América do Norte o uso do BIM por parte das empresas de engenharia ultrapassou em 2012 o uso dos arquitetos para estes mesmos efeitos, passando para 74% o recurso a processos BIM por parte da engenharia, enquanto a arquitetura atingiu os 70% (Construction 2014). Em alguns países, para concursos públicos, é obrigatório apresentar modelos neste formato BIM. (Singh 2017). Nalguns países, para os concursos públicos é obrigatório apresentar modelos neste formato BIM, tendo como exemplo a Coreia do Sul onde para obras públicas superiores a 50 milhões este modelo tem de ser incluído para efeitos de aprovação. Tem havido uma mudança de paradigmas na indústria AEC ao longo dos últimos anos, tendo-se ela intensificado com a adoção de novos processos de construção nas diferentes etapas. Alguns dos países que adotaram o BIM têm sido propulsores neste sentido, tendo um papel bastante importante na implementação destes novos processos, numa área onde o desenvolvimento tecnológico se tem mostrado vagaroso (Smith 2014).

Criando oportunidades para o desenvolvimento do BIM é necessário destacar o papel dos Estados Unidos da América, que, trabalhando em conjunto com a GSA (*General Services Administration*), se destacaram no desenvolvimento e implementação nos processos envolvidos no BIM (Wong, Wong et al. 2009). A GSA é responsável por parte dos avanços realizados, tendo em 2003 criado um programa, o 3D-4D-BIM, a par dos serviços públicos responsáveis pela construção dos edifícios (*Public Building Service*).

Este programa possui um conjunto de diretrizes que auxiliam à fluidez da adoção deste processo, passando principalmente por:

- Adoção de políticas que exigem BIM nos projetos de maiores escalas;
- Fornecer apoio, tanto de experiência profissional como recursos materiais, para projetos que estejam a decorrer e queiram integrar o BIM;
- Assistência no uso contínuo desta tecnologia;
- Parcerias com comerciais, agências públicas, profissionais da área, instituições académicas e organizações tais como a *BuildingSMART*;

Para facilitar a compreensão destes processos criaram-se documentos guia, englobando uma visão geral do programa a executar e as suas ambições, percorrendo as formas de implementação do BIM ao longo de todo o ciclo de vida dos edifícios (General Services Administration). Esta instituição desenvolveu também standards, atribuindo uma maior clareza a todo o processo, criando assim a “*National BIM Standard*” (NBIMS). Como o BIM não é apenas um software, sendo possível o uso de várias ferramentas, é necessário existirem estes standards para facilitar o trabalho em conjunto dos vários intervenientes. (Smith 2014).

O Reino Unido, implementando de uma forma mais célere as suas diretrizes no que diz respeito ao BIM, procura ser impulsionador, em conjunto com os Estados Unidos da América, no que diz respeito neste processo (Withers 2012). Reconhecido o peso da indústria da construção na economia dos países, prevê-se que a otimização dos processos construtivos trará vários benefícios, tais como a redução de custos, de prazos finais e também dos tempos de concurso, caso se trate de uma obra pública. Sendo o setor público, neste caso o governo britânico, o maior cliente nesta área, este encontra-se numa posição onde a sua influência é central. A criação do “*Government Construction Strategy*” 2016-2020 vem como seguimento do programa já previamente implementado (2010-2015), onde é possível perceber as várias formas e métodos de execução da aplicação do BIM na indústria AEC. Através da análise do programa implementado de 2010 a 2015 é possível retirar os pontos positivos do uso do BIM, como a melhor comunicação entre os diversos intervenientes e melhor entendimento do cliente sobre a obra. O Reino Unido passou já por um “*BIM level 1*”, visando atingir o “*BIM level 2*”. Através da sua aplicação está projetada uma redução de 33% nos custos e um aumento de 50% na eficiência face às entregas (entre outros). (Office and Authority 2016). Para a sua aplicação e estudo da sua influência foi criado um grupo, “*BIM task group*”, que visa a monitorização deste programa (BIMTaskGroup).

A adoção do BIM não é constituída apenas por uma fase, sendo possível fazer a sua divisão em três níveis diferentes. A perceção do estado em que a implementação do BIM se encontra é feita através do seu nível de maturidade. Estes níveis de maturidade servem como uma classificação prática da implementação do BIM, sendo o nível 1 o primeiro, chegando a um máximo de 3 níveis (Succar 2008). Embora não sejam muitas fases, as diligências a tomar para existir um progresso de nível são bastante trabalhosas e demoradas.

Antes da adoção do método de trabalho BIM existe uma fase de pré-BIM. A esta fase estão associados todos os métodos de trabalho tradicionais, onde a totalidade do processo de projeto se baseia no desenho assistido por computador em 2D, as entregas são feitas em papel e onde na cooperação entre os intervenientes é possível encontrar bastantes barreiras. Após esta fase segue-se o nível 1 (*BIM level 1*) no qual é retratado a primeira etapa do BIM. A grande diferença é a passagem de desenhos em 2D para modelos em 3D, onde a informação sobre os elementos é possível inserir, não estando dispersa. Embora seja aplicado o BIM, nesta fase, as entregas finais são ainda feitas em papel ou em ficheiros CAD, dependendo assim dos processos em vigor utilizados na indústria AEC. Neste modelo encontra-se também desenvolvida apenas uma das especialidades, não havendo uma colaboração distinta entre as mesmas. Passado o nível 1, progride-se para o nível 2 (*BIM level 2*) no qual se inicia todo o processo de interoperabilidade e de colaboração entre os vários intervenientes. A troca e a partilha de informação sobre os elementos do modelo já é notória, sendo os métodos de trabalho mais complexos que os do nível 1. Os vários envolvidos no projeto em causa trabalham também com os mesmos métodos para uma

maior fluidez. Por fim, o nível 3 (*BIM level 3*) onde a interoperabilidade atinge o seu potencial máximo desejado de comunicação e coordenação. As capacidades do BIM são aproveitadas em todo o seu potencial neste último nível, sendo a coordenação de todo o processo feita em tempo real, atingindo uma maior dinâmica interdisciplinar. Este nível é atingido quando os profissionais da indústria AEC usam estes métodos de trabalho de uma forma regular, existindo também obrigações contratuais sobre o BIM, devendo este método estar legislado (Khosrowshahi and Arayici 2012).

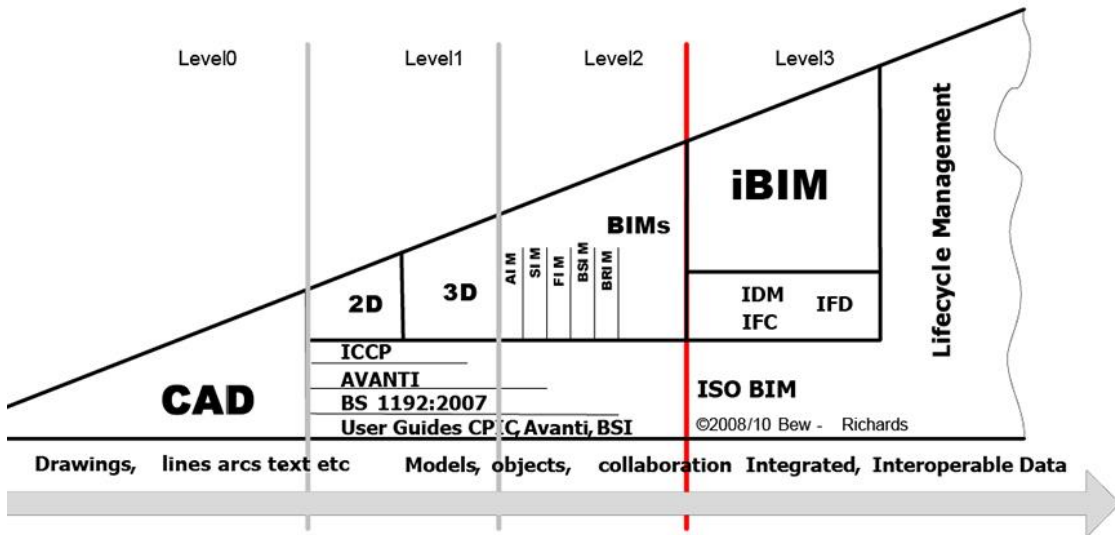


Figura 2.6 - Níveis de maturidade do BIM (Shepherd 2015).

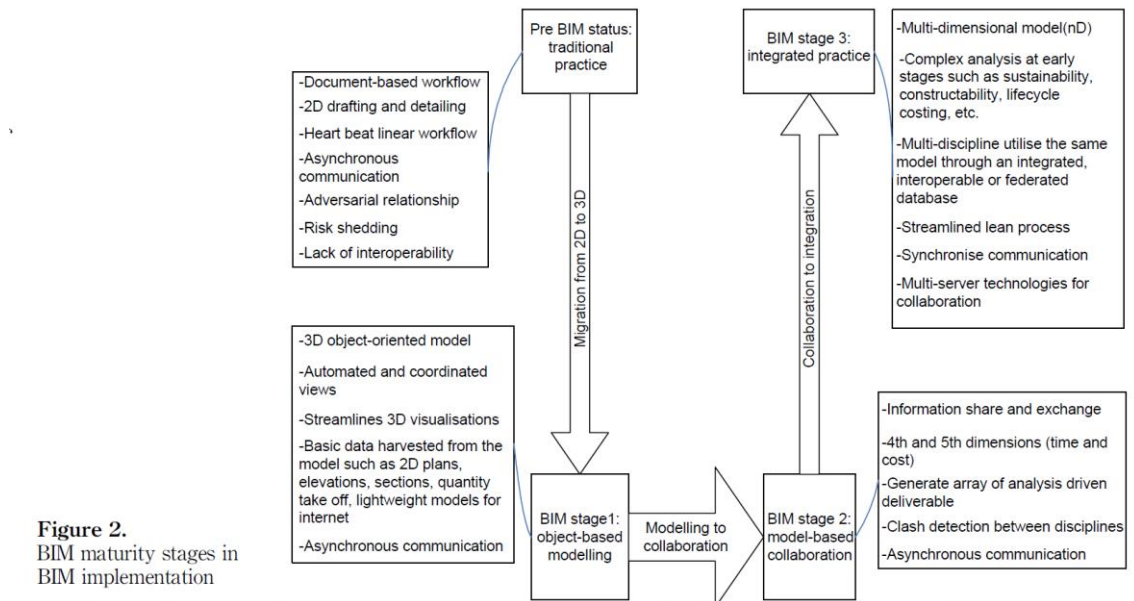


Figura 2.7 - Nível de informação necessária existir e métodos de trabalho referentes a cada nível de maturidade (Khosrowshahi and Arayici 2012).

Os países Escandinavos são também vistos como pioneiros na adoção destes métodos de trabalho sendo ávidos defensores das iniciativas standards com formato livre, ou seja, o IFC. Desde cedo (1970) demonstraram grande interesse e investimento nesta área (Smith 2014). A “Statsbygg”, como membro da *BuildingSMART*, redigiu um documento, o “Statsbygg BIM Manual 1.2.1”, lançado em 2013, que, à semelhança do NBIMS nos Estados Unidos da América, visa auxiliar os processos da modelação virtual.

### 2.1.1.3. BIM em Portugal

Em Portugal, à semelhança de outros países onde o BIM começa a ser implementado, é necessário que exista uma entidade de apoio à regulação destes processos. Em conjunto com o IPQ (Instituto Português de Qualidade), a ONS/IST (Organismo de Normalização Setorial) tende a criar diretrizes para a correta implementação do BIM. Foi criada uma Comissão Técnica (CT 197), espelho da CEN/TC 442 – *Building Information Modelling*, proveniente da *European Committee for Standardization*, tentando assim seguir normas europeias não sendo um grupo de trabalho individualizado de outros países.

Esta Comissão Técnica divide-se em quatro Subcomissões (ONS/IST 2016):

- 1- Plano de Ação e Maturidade BIM;
- 2- Trocas e Requisitos de Informação;
- 3- Metodologias BIM;
- 4- Modelação e Objetos BIM.

O seu objetivo é o desenvolvimento do paradigma do BIM em território nacional, projetando e analisando, tanto o passado como o futuro da indústria AEC em Portugal. Tendo já redigido o “Relatório CT 197 – BIM 2016” e o “Visão Construção 2020 – ONS/IST”, textos que propõem análises e visões para o BIM em Portugal, bem como medidas a ser tomadas para a sua correta implementação/modelação. No primeiro relatório é descrita a visão e as normas em que todos estes processos se baseiam, podendo-se também encontrar os vários intervenientes (empresas) que revelaram interesse em fazer parte deste grupo de trabalho. Já o segundo, retrata as medidas para atingir esses objetivos.

O plano desenvolvido até 2020 apresenta 5 fatores fundamentais:

- Maturidade do Cliente;
- Competências e Indústria;
- Digitalização e inovação;
- Informação e Conhecimento
- Sustentabilidade.

Na figura 8 é possível ter a perceção de como estes fatores influenciam os objetivos finais a atingir.



Figura 2.8 - Fatores apresentados pela CT197 como fundamentais (Costa 2016??).

Os processos descritos neste documento encontram-se bastante pormenorizados, destacando-se as ações contratuais como o grande catalisador de toda a implementação BIM. A forma como a contratação das empresas se realiza é prevista como um ponto de mudança (Costa 2016??). Na Figura 2.8 é possível ter a visão geral dos modelos previstos para cada ano, de forma a possibilitar e a facilitar a adoção do BIM nos processos contratuais.



Figura 2.9 - Previsão dos modelos de trabalho face aos modelos contratuais (Costa 2016??).

No BIM e sabendo as potencialidades que este processo acarreta, ainda não é visível uma ampla adesão na sua aplicação a nível nacional. Os documentos previamente referidos sugerem, tratar-se de um processo moroso, com vários itens em discussão, sendo necessário alterações em vários pontos essenciais, nomeadamente nos processos contratuais, incluindo obras públicas, onde os custos são elevados..

A competitividade que a implementação do BIM oferece nota-se não só a nível nacional, mas também internacional. A possibilidade de trabalhar sem estar sujeito a um mesmo espaço físico possibilita uma maior globalização da indústria AEC.

Existem também grupos como o BIMFORUM Portugal que tentam criar uma maior aproximação do mundo empresarial a estes temas, promovendo discussões sobre a implementação do BIM e as suas formas de trabalho.

### 2.1.2. INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade é um ponto essencial quando se trabalha com processos BIM, visto que permite desbloquear a informação que anteriormente se encontrava confinada a um único software. No conjunto dos seus processos, o BIM, ao englobar todos os trabalhos nele presentes, e através do desenvolvimento

da interoperabilidade, permite uma leitura genérica dos dados. Este método de comunicação standard, aplicado noutras áreas profissionais, e é facilmente comprovado com a existência do HTTP, como exemplo, para a World Wide Web. Este permite a leitura de qualquer website a partir de um navegador, independentemente da empresa que o criou, facilitando o seu uso por parte dos utilizadores (Rouse 2006). Esta capacidade, simplicidade e dinâmica do uso e leitura dos ficheiros/modelos que são partilhados entre os intervenientes é o que a interoperabilidade tenta atingir, isto é, pôr término às restrições que existam aquando da utilização de diversos programas, tornando a sua leitura livre, mas assegurando as suas mesmas potencialidades.

Segundo a definição da *Association Francophone des Utilisateurs de Logiciels Libres (AFUL)* interoperabilidade é “a característica de um produto ou de um sistema, cuja a interface é completamente compreendida por outros, no presente ou no futuro, independentemente da origem da sua implementação ou acesso, sem qualquer restrição” (AFUL). A figura 10 demonstra com maior clareza a diferença entre compatibilidade e interoperabilidade. Estão representados três estados, a compatibilidade, “de facto standard” (standard aceite pelo mercado/público) e a interoperabilidade.

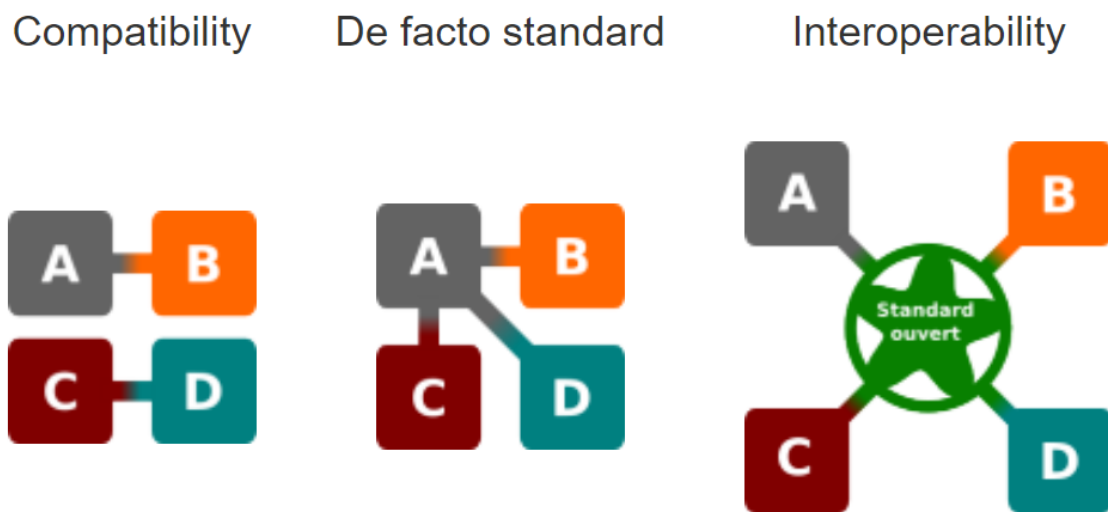


Figura 2.10 - Diferença entre compatibilidade, "de facto standard" e interoperabilidade (AFUL).

Na AEC existem intervenientes de diferentes empresas, , pelo que é ideal e quase necessário que exista um modelo que seja possível de ser compreendido pelos diversos programas usados pelos diferentes intervenientes, seja pelas equipas de projeto seja pelos responsáveis em obra. A possibilidade de visualizar os modelos construídos e/ou alterá-los é atingida graças a este processo de interoperabilidade, criando uma maior dinâmica em todo o processo construtivo.

A duplicação de toda a informação existente no modelo torna-se desnecessária com a aplicação deste processo de interoperabilidade. A possibilidade de troca de informação disponível no modelo é alargada, desde troca de dados geométricos a informação acerca das propriedades físicas dos mesmos elementos. A fluência do processo construtivo aumenta sucessivamente, não havendo obstáculos à sua aplicação (Andrade and Ruschel 2009).

Atendendo à diferente gestão do tempo e dos problemas pelos vários intervenientes no projeto, os trabalhos a realizar, atualmente, nem sempre são elaborados de forma sequencial. Em acréscimo, existe de fato uma simultaneidade dos trabalhos nas várias especialidades, pelo que a ausência de adequada colaboração durante o seu desenvolvimento requer posteriormente, na fase final do projeto, uma sobreposição e/ou discussão das diferentes soluções, estas muitas vezes intra ou interdisciplinas (areo 2016).

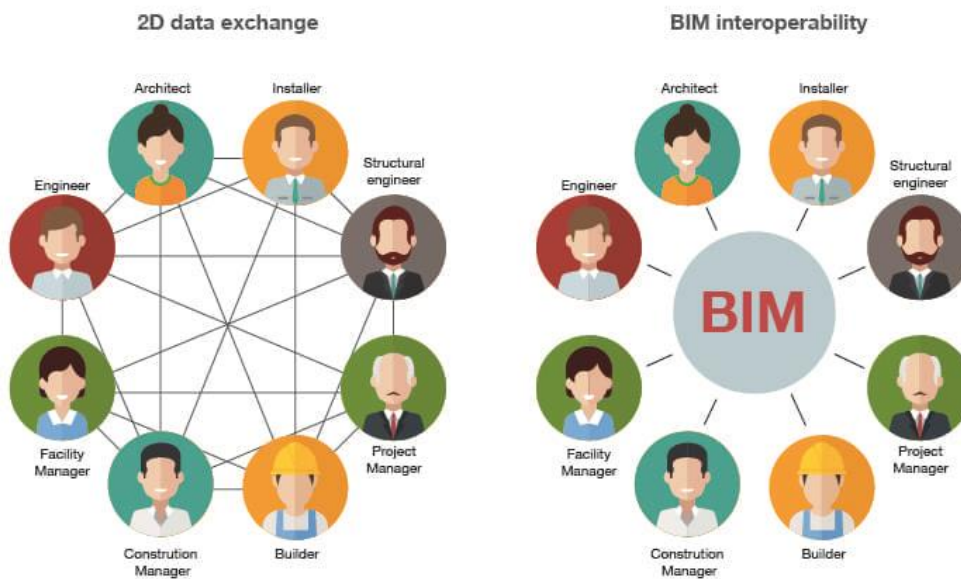


Figura 2.11 - Troca de dados entre os intervenientes. Centralização da informação (Newsroom 2017).

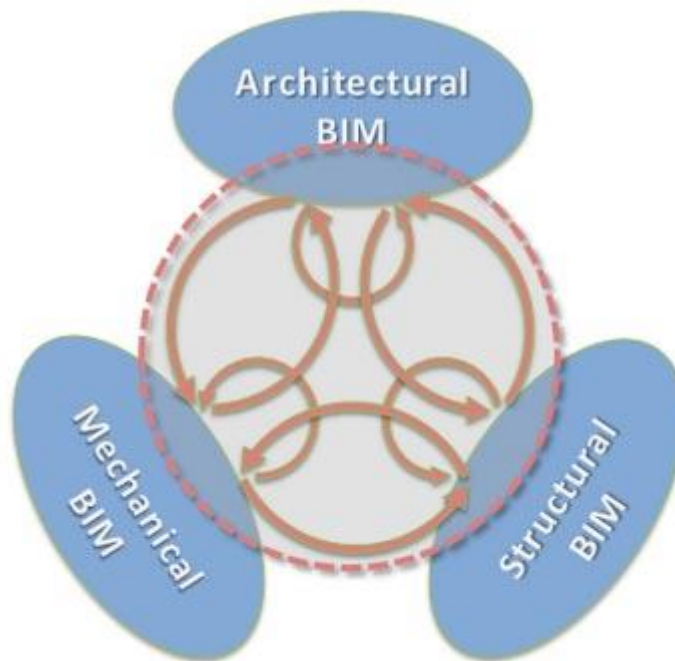


Figura 2.12 - Comunicação entre os intervenientes (BuildingSMART).

Relacionada com os níveis de maturidade do BIM, à medida que esta vai aumentando a interoperabilidade também aumenta. Relacionada com o *Integrated Project Delivery* (IPD), no qual existe uma



centralização da informação e troca da mesma, o pensamento sobre o projeto a criar torna-se mais fluído, aumentando o número de soluções que podem ser implementadas (areo 2016).

Esta característica, que traz maior fluidez aos métodos que usam o BIM necessita de uma ferramenta para ser entregue. Essa ferramenta está já desenvolvida, mas é constantemente aprimorada, designa-se por *Industry Foundation Classes* (IFC), parte de um “*Open Standard*”, ou seja, de formatos livres.

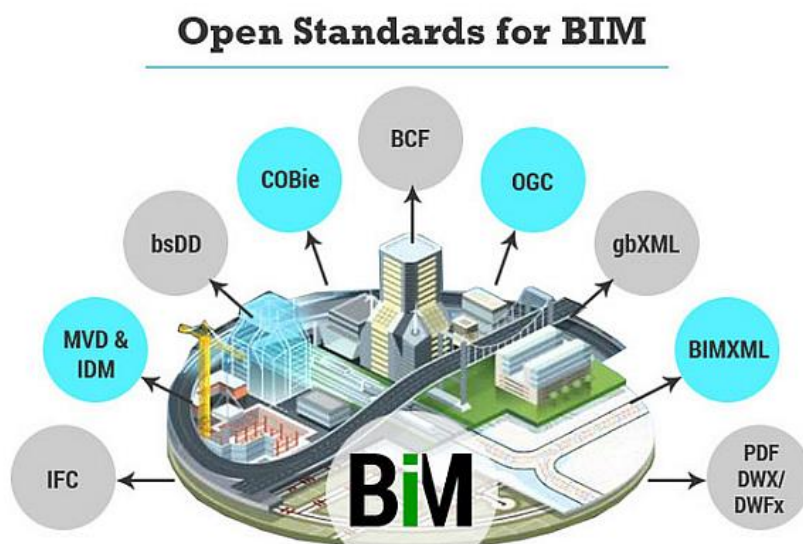


Figura 2.13 - Standards de formato livre (Editor 2016)

A OpenBIM é uma iniciativa por parte da BuildingSMART que pretende uniformizar todos os dados que estão presentes nos vários modelos, independentemente da sua origem. A capacidade de leitura e de modificar estes modelos é algo que o IFC tenta trazer, tornando-se em standard necessário à AEC no uso de todos os processos BIM.

#### 2.1.2.1. IFC/IFD/IDM

Tendo o conceito de interoperabilidade em mente, explicado no subcapítulo 2.1.2, fica por clarificar as ferramentas que auxiliam à sua aplicação. O IFC, o *International Framework Dictionaires* (IFD) e o *Information Delivery Manuals* (IDM) são os três grandes impulsionadores no desenvolvimento deste conceito.

Estes três conceitos são as bases e as ferramentas que permitem a existência da interoperabilidade, embora uns estejam mais desenvolvidos que outros. Apesar de os seus nomes não serem completamente elucidativos, IFC refere-se ao modelo propriamente dito e à forma de como este é capaz de ser representado, o IFD representa o “dicionário” dos elementos existentes e o IDM diz respeito aos processos existentes e através dos quais se torna possível a execução dos trabalhos e tarefas necessárias, tendo em consideração o conhecimento dos parâmetros e o reconhecimento da “linguagem”.

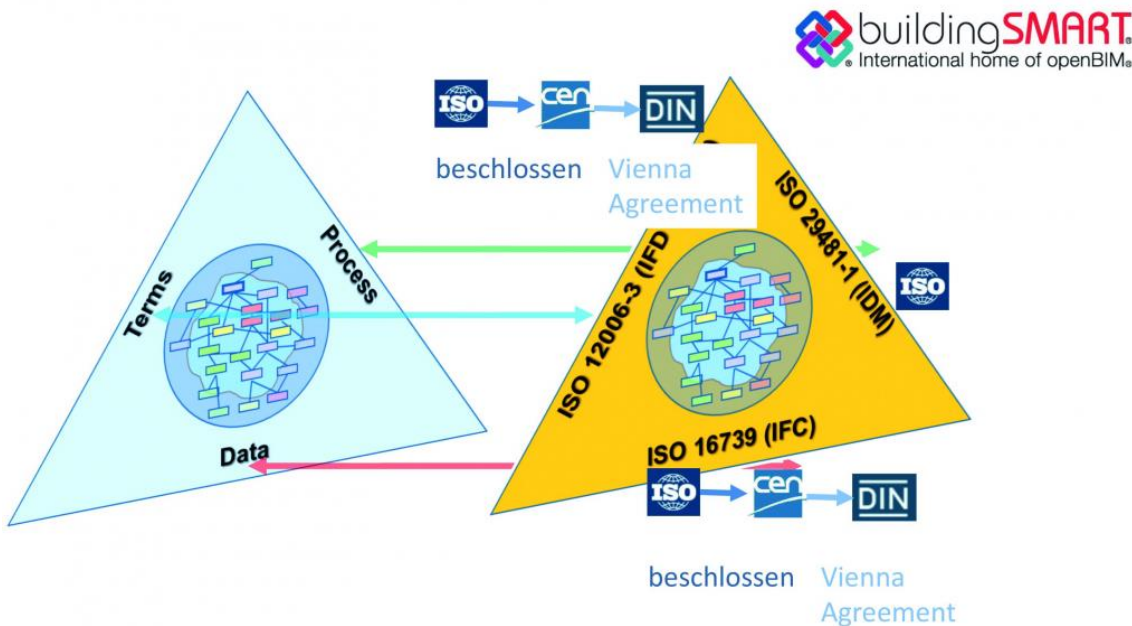


Figura 2.14 - Relação entre o IFC, IFD e IDM (BuildingSMART).

Na imagem apresentada é possível perceber como estes conceitos se correlacionam. Dos três, o que se encontra mais desenvolvido é o IFC, pois é o início de todo este processo de interoperabilidade. Criado e desenvolvido pela BuildingSMART, a primeira versão foi lançada em 1997 com o “IFC 1.0”, e estando em constante desenvolvimento, encontrando-se em 2017 já na sua versão “IFC4 Add2” e com o “IFC5” já em mente.

É um formato livre e aberto, que permite a troca de informação sem que exista perda de dados, facilitando assim o processo da interoperabilidade que se pretende atingir. A informação sobre o modelo contida neste formato não se desagrega e permite a colaboração de todos os intervenientes. A construção deste conceito tem na sua base a semântica, as relações e as propriedades do modelo. A BuildingSMART já conseguiu atingir cerca de 140 programas, suportando todos o modelo do IFC (Newsroom 2017).

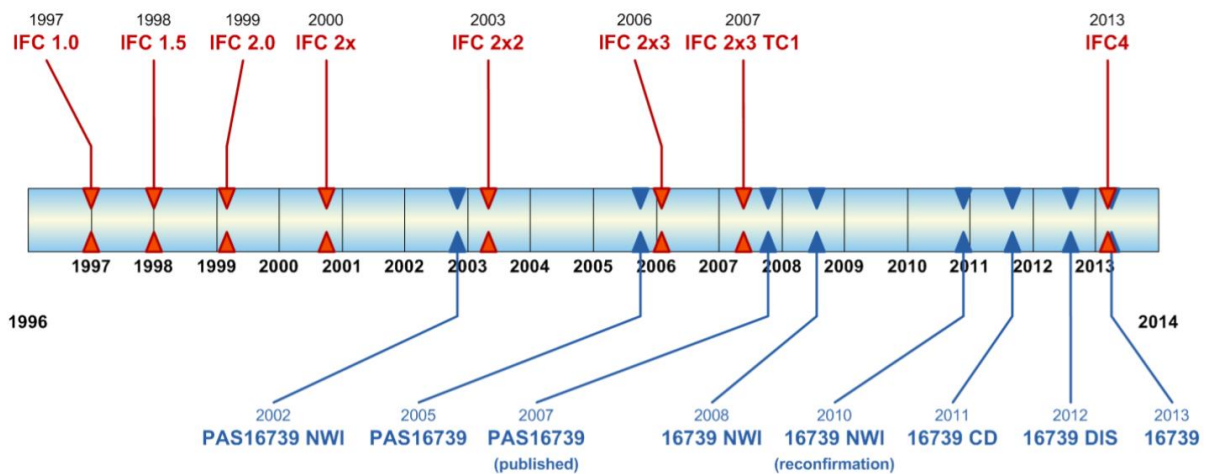


Figura 2.15 - Versões existentes do IFC organizadas cronologicamente (Liebich 2013).

O IFC é um formato standardizado reconhecido internacionalmente através da ISO 16739 (*International Organisation of Standardization*) (CADdigest 2016). A implementação de uma padronização do uso do IFC como um protocolo de troca de dados na AEC facilita o processo construtivo (Andrade and Ruschel 2009). Com o interesse progressivo no BIM nos últimos anos, houve uma preocupação crescente por parte dos intervenientes da Indústria que o utilizavam face à necessidade de partilha de modelos para uma adequada colaboração interespecialidades. Por conseguinte, foi impreterível a globalização do IFC para alcançar o nível de cooperação pretendido (Kiviniemi 2008).

Após o estabelecimento desta necessidade de troca de informação impôs-se um novo desafio: os dados trocados entre precisam de ser traduzidos, uma vez que não existe uma linguagem universal e única na AEC. Nesta fase entra o IFD. Através do IFC é possível existir uma troca de dados, mas para poder fazer uso destes dados é preciso que a informação que neles existe seja capaz de ser compreendida. O IFD funciona como um dicionário universal, onde a um parâmetro estão associadas as suas definições específicas, sendo o acesso a estas automático e independente da versão ou da linguagem que o *software* usa, desta forma, uma “porta” vai ser compreendida como tal, esteja o programa em português ou em inglês, que neste caso terá o nome de “door”. A ele estão compreendidos os termos, o vocabulário e os parâmetros de todos os elementos existentes (BuildingSMART).

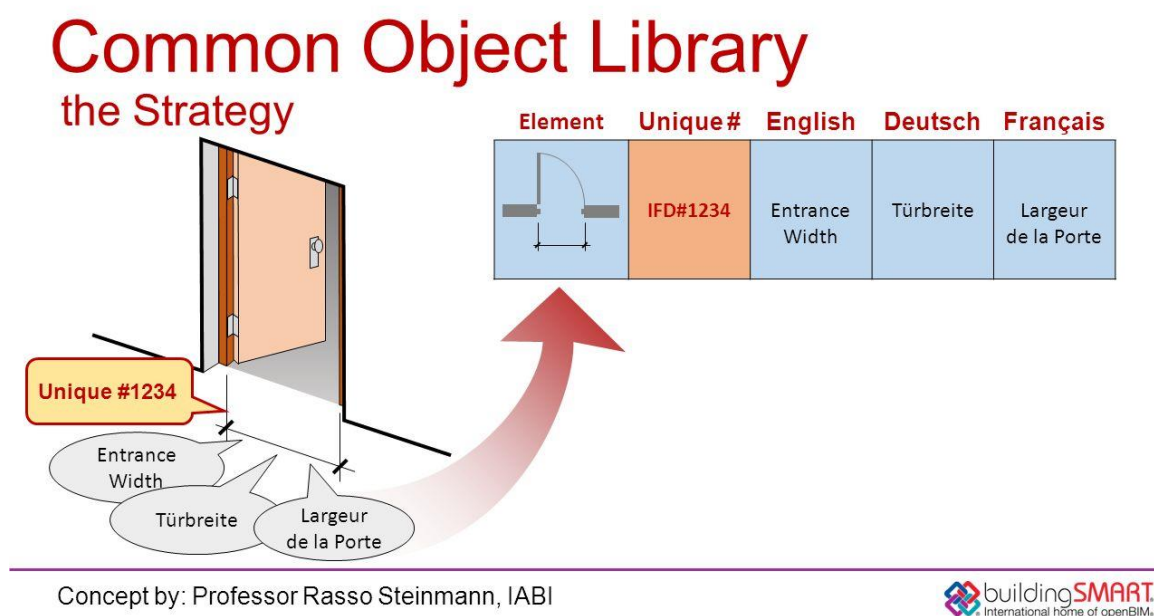


Figura 2.16 - Demonstração do funcionamento do IFD com recurso ao GUID (BuildingSMART)

Além de ser um dicionário, o IFD pode ser compreendido como um tradutor global. O método usado para aplicar este conceito, é, como a imagem exemplifica, a associação de um número de identificação único, ID. A este número de ID é dado o nome de *Globally Unique Identifier* (GUID). A associação do GUID a cada elemento e às suas especificidades torna único cada parâmetro introduzido e compreendido pela globalidade dos softwares que fazem parte do BIM. Portanto a informação e os dados que estão presentes no modelo que o ficheiro IFC não consegue transpor, deixa de ser inutilizada. O IFD é compreendido como uma extensão do IFC, complementando as suas potencialidades (BJØRKHAUG 2010).

Para além de dicionário é também considerado um mapa onde se encontra toda a informação que é disponibilizada, ajudando assim à centralização da mesma. Evita a duplicação da informação inserida no modelo, diminuindo também os tempos de trabalho que são despendidos no projeto. Como uma “etiqueta” em cada elemento colocado no modelo, facilita a sua identificação, tornando mais eficaz e

fluído o processo construtivo. Ao IFD está associado um standard, “ISO 29481-1:2010”, incluído no “*Building information modelling – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format*”. Um conceito ainda novo e não tão desenvolvido como o IFC (BuildingSMART).

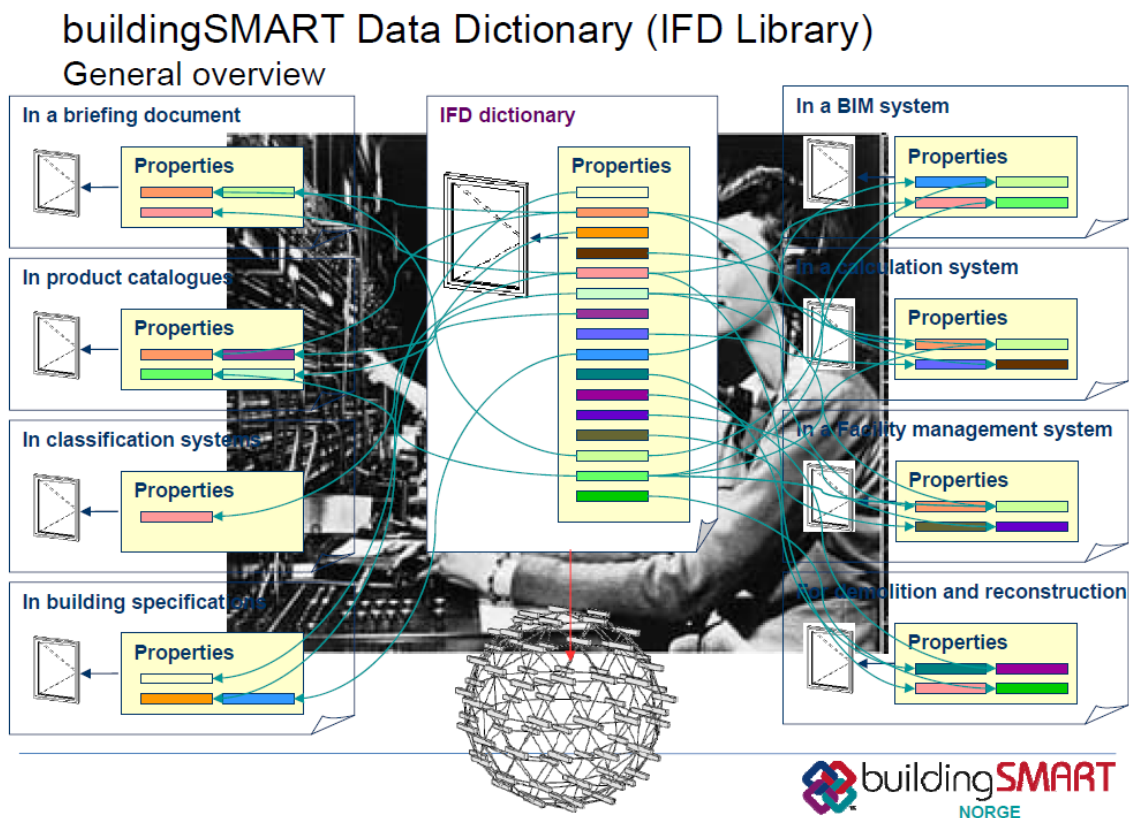


Figura 2.17 - Organização da informação através do IFD (Sunesen 2011).

IDM representa “*Information Delivery Manuals*”, referindo-se aos processos subjacentes durante todo o trabalho em BIM. À semelhança do IFD, é também um standard reconhecido, a “ISO 29481-1:2016 *Building Information Models – Information Delivery Manual – Part 1: Methodology and Format*” e a “ISO 29481-2:2012 *Building Information Models – Information Delivery Manual – Part 2: Interaction Framework*”. Nestes documentos são descritos os métodos de trabalho relativos ao uso do IFD e como este pode ser aplicado. É também uma extensão ou uma ferramenta de apoio do IFC. Este “manual” coloca em evidência como toda a informação é processada e como Interliga entre si, assim como quais os passos a seguir para atingir o objetivo final, como por exemplo, uma análise energética a um edifício (McPartland 2017).

O uso desta informação e quando os processos devem ser usados ou não, estão ao cargo do IDM servindo como um mapa. Segundo Kiviniemi, o IDM define qual o uso dos elementos que estão presentes no modelo e quais os seus objetivos (Kiviniemi, Tarandi et al. 2008).

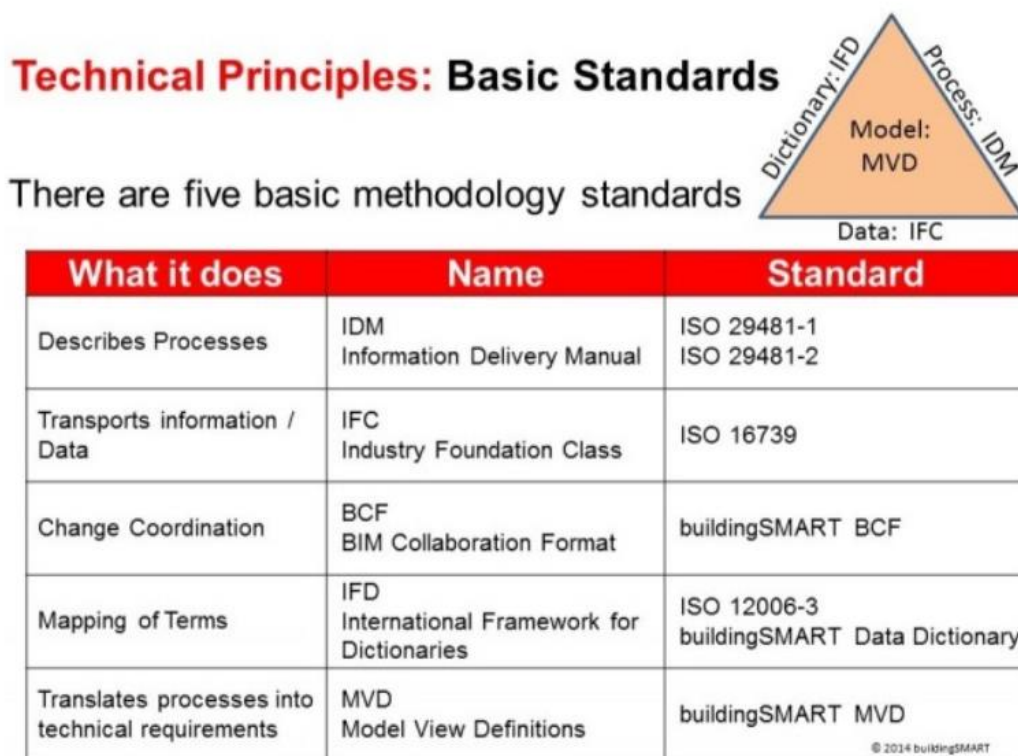


Figura 2.18 - Standards do IDM, IFC e IFD (BuildingSMART).

#### 2.1.2.2. Comunicação a Software

Em todos os trabalhos realizados na AEC, desde o desenvolvimento do CAD, tornou-se necessário recorrer a inovações tecnológicas, mais especificamente aos softwares. Estes são desenvolvidos por empresas independentes, tais como a Autodesk.

Juntamente com o avanço tecnológico, estes programas expandiram progressivamente as suas capacidades de processamento e de manipulação de dados. Fazendo uso de alguns dos processos tradicionais e automatizando-os, poupam assim no tempo e no custo dos projetos em que são aplicados. A sua utilização encontra-se bem definida nas práticas da indústria AEC.

Os programas que usam por base os desenhos em 2D modificaram as práticas usadas na altura, com recurso ainda ao papel como base de trabalho, não apenas de entrega final. A implementação do BIM vem mudar a forma de conceber o trabalho sendo um processo onde os softwares estão munidos de todas as ferramentas necessárias ao desenho deste (Czmoch and Pekala 2014). A criação de plantas, cortes e alçados é possível com recurso a este método de trabalho, e até mesmo a modelação em 3D do edifício em causa, facilitando a sua visualização, com recurso a ferramentas como o *SketchUp*. Os processos e os programas de BIM juntam todas estas funcionalidades num software apenas.

A base de trabalho de um programa que use BIM é a modelação 3D. Este método facilita a criação dos projetos de construção, podendo ser usados, como anteriormente referido no capítulo 2.1, ao longo do seu ciclo de vida. A informação geométrica que é gerada na criação do modelo, seja ela em 3D ou 2D, acrescenta-se também informação sobre os elementos nele incluídos.

Existindo uma grande oferta de softwares que usem o BIM, opta-se por referir apenas um pequeno grupo. Neste grupo incluímos: o Autodesk Revit, Bentley Hevacomp Mechanical Designer, Gehry Technologies - Digital Project MEP Systems Routing, CYPECAD MEP e

o Graphisoft ArchiCAD MEP. Sendo programas dentro do conceito do BIM, uma das vantagens é a capacidade de interoperabilidade do qual estes estão munidos.

**Autodesk Revit** - O Autodesk Revit é dos softwares com maior uso por parte dos engenheiros aquando da aplicação do BIM nos seus projetos (Kent 2014). Este software possui vários *templates* já personalizados para as várias especialidades: construções, arquitetura, estruturas e MEP. O Revit além de uma ferramenta de modelação virtual, é também uma ferramenta de cálculo, no qual é possível fazer vários tipos de análise, por exemplo, energética. Salva-se que sendo uma empresa americana, as ferramentas de cálculo disponibilizadas poderão não estar completamente de acordo com as legislações de cada país, servindo, no entanto, como uma plataforma de trabalho e ajustes para as várias análises a serem efetuadas. A exportação dos seus ficheiros vêm ao encontro da interoperabilidade idealizada, sendo possível trabalhar em ficheiros IFC (Antunes 2013). Através do uso de apenas uma plataforma os riscos que estão associados a cada projeto podem ser reduzidos e tidos em conta antes da realização de qualquer tipo de trabalhos.



Figura 2.19 - Autodesk Revit (AUTODESK).

**Bentley Hevacomp Mechanical Designer** – Empresa que se encontra dentro do mercado que o BIM tem para oferecer. Passando pelas várias especialidades, a Bentley possui vários produtos, sendo que o *Hevacomp Mechanical Designer* é mais direcionado para a criação de sistemas mecânicos, sejam eles de AVAC ou de MEP. As ligações que existem ao longo de toda a extensão da rede de abastecimento de água, passando por tês e cotovelos, são conectadas automaticamente através de produtos padrão, facilitando a modelação virtual da dita rede. Possui também ferramentas de cálculo que se encontram implícitas no próprio software.



Figura 2.20 - Bentley Hevacomp Mechanical Designer (Bentley).

**Gehry Technologies – Digital Project MEP Systems Routing** - O *Digital Project MEP Systems Routing* é uma extensão que permite o trabalho em MEP. Permite a automatização dos sistemas de redes de abastecimento, facultando a perceção visual e espacial de todo o projeto. A instalação dos equipamentos necessários ao correto funcionamento da rede é realizada também dentro desta extensão. Este permite trabalhar através de ficheiros IFC, possibilitando uma correta colaboração inter-software,

ou seja, trabalhar em ficheiros livres (Technologies). A importação de ficheiros provenientes de outros programas é também uma vantagem que este software apresenta.



Figura 2.21 - Gehry Technologies (Technologies).

**CYPECAD MEP** - Este programa é direcionado para o cálculo hidráulico das tubagens da rede de abastecimento, no entanto possui igualmente uma vertente de modelação virtual. As bases de arquitetura com que se trabalham não são possíveis de construir dentro deste software, mas é possível exportá-las do software, sejam em DWG ou até mesmo em IFC. Começando a trabalhar dentro deste programa é primeiramente necessário proceder à inserção dos dados na plataforma antes de começar o traçado da rede, facilitando posteriormente o trabalho de cálculo. É possível também fazer uma visualização 3D de todo o modelo construído para uma melhor compreensão do traçado. Esta aplicação efetua o dimensionamento das tubagens, o cálculo dos caudais em cada excerto da rede (tendo em conta a legislação de cada país) e as perdas de carga que ocorrem aquando do seu funcionamento.



Figura 2.22 - CYPECAD MEP (TopInformática).

**Graphisoft ArchiCAD MEP Modeler** – Uma extensão do programa mais geral ARCHICAD, que se encontra inserido no mercado da indústria AEC. Este possui também uma base de dados dos equipamentos existentes, podendo ser feita uma personalização dos mesmos. As conexões necessárias de colocar ao longo da extensão da rede são feitas de uma forma automática e todo o conjunto de informação acerca de cada elemento utilizado no modelo é adequadamente inserido. A visualização 3D é também possível de ser feita, para fazer uma análise de colisões existentes, não só dentro da especialidade que está a ser trabalhada, mas interespecialidades. O cálculo hidráulico é feito à medida que a rede de abastecimento de água é construída dentro do modelo. Parâmetros geométricos são assumidos automaticamente em função da rede que está construída a montante. Possui também uma função de “*Smart MEP Routing*” permitindo visualizar várias soluções de uma forma rápida e eficaz.

# GRAPHISOFT® ARCHICAD 17

Figura 2.23 - Graphisoft ArchiCAD (Graphisoft).

A estes programas é possível associar outros com especificidades mais técnicas relativas às várias especialidades existentes, complementando assim as suas características. Viabiliza também a criação de *plugins* e de *add-ons* (extensões aos programas que aumentam as suas capacidades), automatizando processos que ainda não se encontram automatizados, e respondendo às necessidades dos seus utilizadores. Importante de referir que através da interoperabilidade é possível a interação dos modelos gerados nos diferentes programas, dinamizando os trabalhos a realizar, tornando-os mais fluídos.

Existem também outros software, que apesar de não serem específicos para a modelação, são concebidos como complementos aos softwares descritos anteriormente. Dentro deste grupo podemos referir o **Autodesk Navisworks** (direccionado a fazer “*clash reports*” e ao planeamento das tarefas a realizar, fornecendo uma quarta dimensão, o tempo), o **Microsoft Excel** (sendo uma ferramenta de cálculo complementar) e o **Dynamo** (em funcionamento com o Revit consegue automatizar certas tarefas, tais como a impressão de folhas para apresentações finais, focando-se também na modelação paramétrica, pelo que é entendido como uma ferramenta de programação visual).



Figura 2.24 – Dynamo (Dynamo).



Figura 2.25 - Autodesk Navisworks (AUTODESK).



Figura 2.26 - Microsoft Excel (Microsoft).



## 2.2. REDES PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A rede predial de abastecimento de água fria e quente em edifícios assenta em três pilares essenciais que regem grande parte das decisões que são necessárias tomar ao longo de todo o processo construtivo. A segurança, a saúde e o conforto dos utilizadores finais são os principais objetivos aquando da sua conceção, dimensionamento e construção. Não obstante, tendo em conta a competitividade da indústria AEC e todo o ambiente que a rodeia, a parte económica e a facilidade de aplicação das soluções escolhidas têm também um papel importante nesta tomada de decisões procurando a otimização da relação qualidade/custo para o nível de exigência e de programação pretendido na obra.

Internacionalmente, os projetos de redes prediais de abastecimento água assim como de redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais, são englobados no conceito denominado por “*Mechanical, electrical and plumbing*” (MEP) que abrange uma série de trabalhos, nomeadamente trabalhos elétricos, especificações de equipamentos, projetos de ventilação, gás, abastecimento de água e drenagem de águas residuais domésticas e pluviais. É necessário salientar que no estudo em causa coloca-se em destaque o projeto de abastecimento de água, tratando apenas uma parte da globalidade do MEP.

O projeto de abastecimento de água, focado na rede predial de um edificado, é uma das especialidades a ter em conta na globalidade do processo, incluindo-se nos projetos gerais de arquitetura e das diferentes especialidades, como de estruturas ou das redes e instalações de mecânica, eletricidade, telecomunicações, drenagem de águas residuais e gás. Abrangendo um conjunto de várias especialidades é imperativo que exista uma constante comunicação com a arquitetura e demais especialidades de outras áreas, podendo assim discutir quais as soluções mais adequadas, pois cada caso é único numa ótica de funcionamento e de utilização final. A necessidade de salvaguardar certas situações, que podem propiciar o mau funcionamento da rede, é algo a ter em conta durante a construção dos sistemas de abastecimento de água predial, podendo estas ser provenientes da utilização constante (desgaste), das ações do meio ambiente (temperatura) ou do meio onde se inserem (ruídos, odores) (Medeiros 2016).

O processo construtivo da rede predial de abastecimento de água passa por duas etapas até se encontrar pronto para entrega, nas suas diferentes fases do projeto, seja de projeto de licenciamento, de execução ou outra, tendo em conta os elementos que devem ser apresentados como descrito na Portaria 701-H.

As duas etapas podem descrever-se de sucintamente da seguinte forma:

- Inicialmente é pensado um “traçado da rede” que procura acompanhar a forma e a compartimentação da arquitetura e, ao mesmo tempo, resolver os diferentes constrangimentos que são colocados no desenvolvimento da solução por forma a servir os diferentes dispositivos hidráulicos a prever no edifício. Passando essa etapa, e após a sua validação sempre que possível pela arquitetura e restantes especialidades, procede-se ao “cálculo hidráulico” da tubagem e dos acessórios necessários à rede predial de abastecimento em causa, que foram colocados no traçado escolhido. Durante o desenvolvimento do traçado da rede é necessário ter em atenção certos aspetos orgânicos do funcionamento da mesma, tais como o uso de uma estação elevatório caso não sejam cumpridas a necessidades mínimas de pressão regulamentares nos dispositivos com localização mais desfavorável, assim como a utilização de um reservatório de água para situações de corte de abastecimento por parte da Rede Pública, não cessando o abastecimento predial de água ao edifício que dele usufrui, ou mesmo por exigência de um volume mínimo de água a garantir ao edificado para que corresponda às necessidades de consumo no mesmo durante um período de tempo, de acordo com os valores tabelados na bibliografia da especialidade (Paixão 1999)

A constituição de uma rede de abastecimento de água, nomeadamente os tipos de tubagem que podem existir, é algo a ter em consideração, pois embora nas peças desenhadas possa não se fazer a sua distinção, é necessário saber qual a finalidade de cada ramal. É possível distinguir 6 tipos de ramais/tubagens (Pedroso 2000).

Tabela 2.3 - Tipos e finalidade das tubagens na rede predial de abastecimento

Tipo de tubagem	Finalidade/Localização
Ramal de ligação	Faz a conexão entre a Rede Pública, que fornece a água aos utilizadores, até aos limites da propriedade.
Ramal de introdução coletivo	Tubagem que liga o ramal de ligação (limite da propriedade) ao ramal de introdução individual.
Ramal de introdução individual	Tubagem compreendida entre o ramal de introdução coletivo e o contador de uma fração.
Ramal de distribuição	Ramal que faz a ligação entre os contadores e os ramais de alimentação.
Ramal de alimentação	Distribui a água a todos os equipamentos instalados numa fração.
Coluna	Ligações verticais dos ramais de introdução e/ou de distribuição.

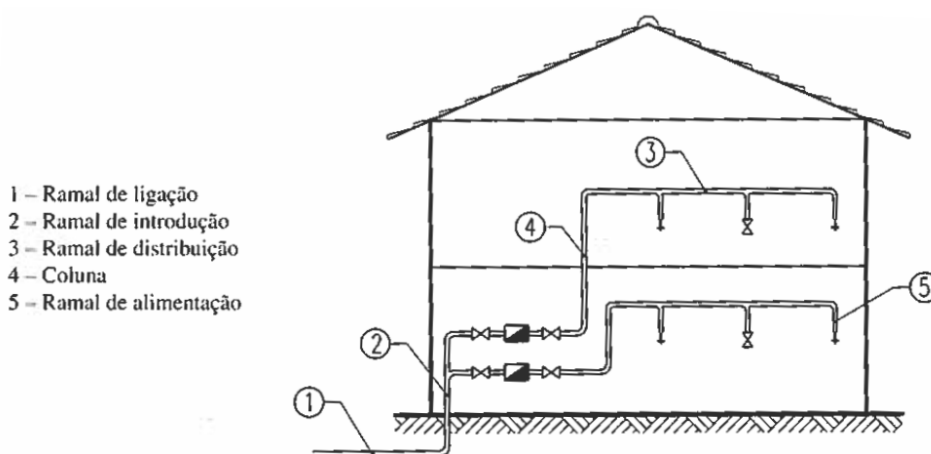


Fig. 11 – Rede de distribuição de água

Figura 2.27 - Identificação das tubagens de uma rede predial de abastecimento de água (Pedroso 2000).

Além dos contadores, cuja a instalação é feita em zonas comuns ou à entrada de uma fração para efeitos de contabilização da quantidade de água que é consumida por cada utilizador, é preciso também instalar válvulas. Existindo um conjunto de válvulas que podem ser usadas, as que se utilizam de uma maneira mais regular são as de seccionamento. Estas válvulas são introduzidas a montante dos ramais de distribuição, a montante dos purgadores de ar, de ambos os lados dos ramais de introdução, nos dispositivos instalados e nos equipamentos cujo o objetivo é a produção de água quente. Estas válvulas são colocadas sempre na rede predial de abastecimento de água caso seja necessário efetuar a manutenção de qualquer zona que o abastecimento de água abranja, sem ser necessário efetuar um corte geral.

### 2.2.1. TRAÇADO DA REDE PREDIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

No “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de água e de Drenagem de Águas Residuais, 1995” encontram-se as normas pelas quais se deve reger o desenvolvimento da rede. No “Título III Sistemas de distribuição predial de água”, que abrange os artigos desde o 82º ao 113º, encontram-se as regras para o correto funcionamento da construção de uma rede de abastecimento, de água fria e água quente.

Alguns artigos podem ser destacados para a parte do traçado da rede, nomeadamente alguns dos cuidados a ter quando se está a tentar encontrar a uma solução ótima, sendo eles (RGSPDADAR 1995):

- 82º – A separação dos sistemas caso estes tenham origens diferentes;
- 84º – A identificação das tubagens que estejam à vista ou sejam visitáveis para o reconhecimento das características da água que transportam;
- 85º – Inexistência de qualquer tipo de ligação entre a rede predial de abastecimento de água e a rede predial de drenagem de águas residuais, evitando assim qualquer tipo de contaminação da rede de abastecimento por parte de outrem;
- 87º – Ter em atenção o número e tipo de utilização dos dispositivos a instalar (não criar grandes troços com apenas um dispositivo evitando assim grandes tempos de retenção de água nas tubagens);
- 95º – Desenhar troços retos, sejam eles verticais ou horizontais, tendo os primeiros (na ligação aos equipamentos) uma inclinação de 0,5% (valor recomendável) e a colocação das tubagens de água quente de preferência paralelas à da água fria e nunca num nível inferior a estas, separadas por 5 cm;
- 96º – Não colocar as canalizações: “Sob elementos de fundação”; “Embutidas em elementos estruturais”; “Embutidas em pavimentos, exceto quando flexíveis e embainhadas”; “Em locais de difícil acesso”; “Em espaços pertencentes a chaminés e a sistemas de ventilação”;
- 101º – Colocação de válvulas conforme o seu objetivo final, seja ele de fechar parte de um circuito da rede ou de regulação de caudal, entre outros;
- 107º – Instalação dos contadores em espaços comuns caso sejam vários consumidores e à entrada do edifício, junto da via pública, caso seja um consumidor apenas.

Acima estão descritas algumas das normas necessárias ter em conta quando se começa a construir o traçado de uma rede de abastecimento de água.

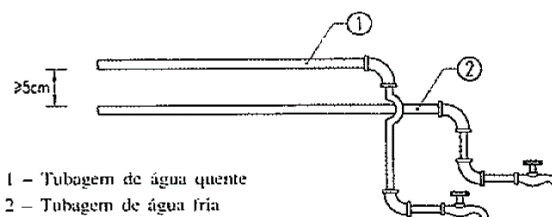


Figura 2.28 - Instalação da tubagem de água quente e água fria (Pedroso 2000).

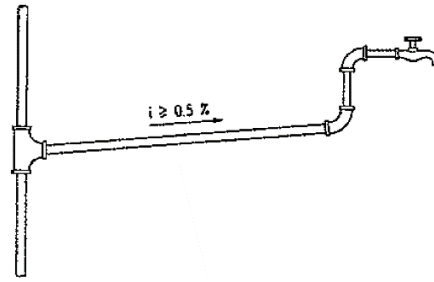


Figura 2.29 - Demonstração da inclinação necessária na ligação aos equipamentos (Pedroso 2000).

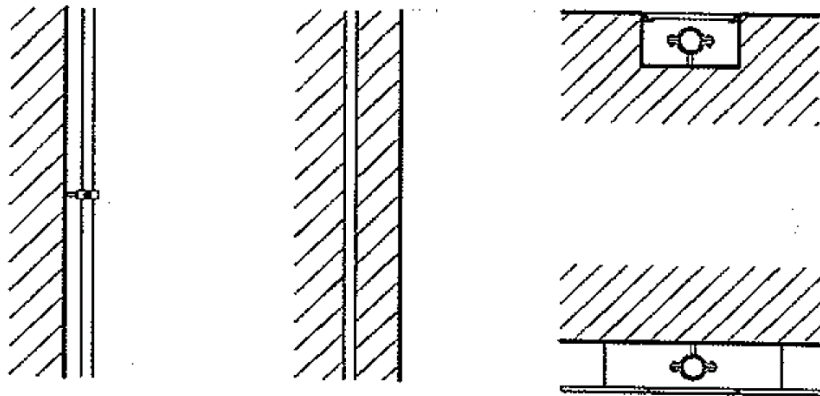


Figura 2.30 - Instalação da tubagem : à vista/ embutidas/ em caleiras/ tetos falsos (Pedroso 2000).

Durante o processo do desenho do traçado esquemático da rede de abastecimento é preciso ter presente os conceitos do cálculo hidráulico, como não criar mudanças bruscas de direção e/ou de diâmetro evitando assim problemas como a cavitação e os ruídos que podem ser originados dentro da canalização e implementar as instalações elevatórias afastadas da habitação reduzindo o ruído provocado pela bomba, não chegando este a propagar-se pela habitação, facilitando igualmente a sua manutenção. (Pedroso 2000). Importante realçar que as redes interiores podem ser instaladas/projetadas em vários locais, podendo estar à vista, instaladas em galerias, tetos falsos ou até mesmo embutidas nas paredes. Caso sejam instaladas à vista, o uso de acessórios, como as braçadeiras para o suporte da tubagem precisa de ser previsto. É, portanto, indispensável saber quais os materiais e os acessórios a usar e também a sua finalidade, como os vários tipos de válvulas ou os acessórios destinados a fazer as ligações entre tubagens. As exigências dos utilizadores finais devem ser também tidas em conta, mas sem interferir com a segurança ou com o correto funcionamento da rede.


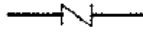
<i>Símbolo</i>	<i>Designação</i>
	Canalização de água fria
	Canalização de água quente
	Canalização de água quente de retorno
	Canalização de água para combate a incêndios
	Caleira para alojamento de canalizações ou encamisamento
	Cruzamento com ligação
	Cruzamento sem ligação
	Junta de dilatação
	Prumada ascendente com mudança de piso
	Prumada descendente com mudança de piso
	Queda da canalização da esquerda para a direita
	Queda da canalização da direita para a esquerda
	Filtro
	Purgador de ar
	Torneira de serviço (sem ou com boca roscada)
	Torneira/válvula de seccionamento
	Válvula de flutuador
	Válvula redutora de pressão
	Válvula de retenção
	Válvula de segurança
	Vaso de expansão

Figura 2.31 - Simbologia genérica a usar para os vários acessórios e equipamentos (Pedroso 2000).

### 2.2.2. CÁLCULO HIDRÁULICO

Após a fase do traçado da rede de abastecimento, procede-se ao cálculo hidráulico de acordo com as normas e as regras que vigoram.

Deste cálculo é possível obter informação como os diâmetros a utilizar, as perdas de carga, contínuas e localizadas, o caudal que percorre a tubagem, a velocidade da água dentro da tubagem e o valor das pressões que se verificam ao longo da rede.

A correta aplicação de todos estes cálculos implica uma base de conhecimento específica das leis da hidrostática e a mudança do seu comportamento quando alterados alguns dos seus parâmetros. De modo a colmatar erros de cálculo que possam ocorrer por qualquer tipo de lapso do projetista, é aconselhável criar metodologias de cálculos que passem por todas as normas em vigor, obtendo um resultado positivo face a estas.

Inicialmente é fundamental saber quais os caudais instantâneos que cada equipamento precisa para o seu correto funcionamento. O valor do caudal total advém do traçado da rede onde ficam definidas as quantidades de dispositivos instalados e que troços implicam.

Tabela 2.4 - Caudais instantâneos dos equipamentos.

Dispositivos da rede predial de água	Caudais Instantâneos (L/s)
Lavatório Individual (Lv)	0,10
Lavatório Coletivo por bica (Lvi)	0,05
Bidé (Bd)	0,10
Banheira (Ba)	0,25
Chuveiro Individual (Ch)	0,15
Autoclismo de bacia de retrete (Br)	0,10
Urinol com torneira individual (Mi)	0,15
Pia lava-louça (LI)	0,20
Máquina de lavar a louça (MI)	0,15
Máquina de lavar a roupa (Mr)	0,20
Tanque de lavar a roupa (Tq)	0,20
Bacia de retrete com fluxómetro (Brf)	0,50
Urinol com fluxómetro (Mif)	0,50
Boa de rega ou lavagem 15mm/20mm (Re)	0,30 / 0,45
Esquentador (Te)	0,20
Máquinas industriais e outros aparelhos	Caudal de acordo com as instruções do fabricante

A tabela 2.4 representa os caudais instantâneos dos dispositivos a instalar. Na fase seguinte é necessário fazer um somatório destes caudais instantâneos, obtendo assim um valor de caudal acumulado. Este valor representa o caudal total que pode ser requerido por uma rede ou por um excerto da mesma, uma vez que quanto mais longe da entrada da água da rede pública, menor será o valor deste caudal. Com este valor de caudal acumulado é possível retirar o valor do caudal de cálculo, no qual se faz uma correção usando o coeficiente de simultaneidade ( $k_s$ ), em função dos dispositivos instalados, a probabilidade de numa rede estarem em funcionamento todos os equipamentos, o que faz com que o caudal a fornecer não seja o valor da totalidade do somatório dos caudais instantâneos (caudal acumulado). Segundo as normas internacionais deverão ser evitados valores de  $k_s$  abaixo dos 0,2 no momento em que o número de dispositivos que necessitam de caudal de abastecimento seja igual ou superior a 26 (Paixão 1999). Este valor é calculado da seguinte forma:

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

- $k_s$  – Coeficiente de simultaneidade
- $n$  – Número de utilizações/equipamentos

Esta correção fará com que o valor do caudal de cálculo seja menor que o caudal acumulado, podendo então usar este para o dimensionamento da tubagem. Tendo efetuado o cálculo do coeficiente de

simultaneidade, calcula-se o valor absoluto do caudal de cálculo, proveniente do caudal acumulado corrigido com este coeficiente (Paixão 1999)

$$Q_a = \sum Q_i \quad \text{e} \quad Q_c = Q_a * k_s$$

- $Q_a$  – Caudal acumulado
- $Q_i$  – Caudal instantâneo

Existindo dispositivos com fluxómetros instalados, à fórmula do caudal de cálculo adiciona-se uma parcela que se refere especificamente a este tipo de equipamentos sanitários (Pedroso 2000).

$$Q_c = Q_a * k_s + n * Q_i$$

- $n$  – Número de fluxómetros
- $Q_i$  – Caudal instantâneo dos fluxómetros

Deduzidas as fórmulas para um método gráfico, é possível fazer a leitura do caudal de cálculo, tendo em conta os níveis de conforto a obter:

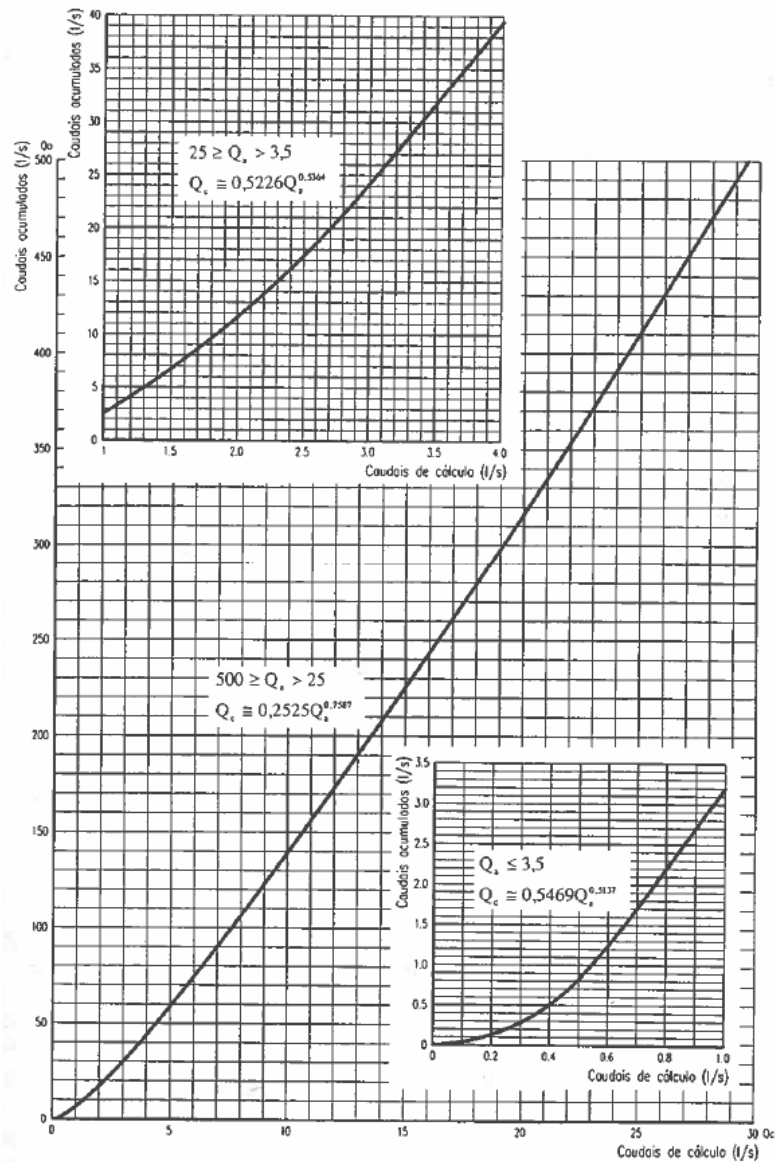


Figura 2.32 - Caudais de cálculo em função do caudal acumulado (conforto médio) (Pedroso 2000).

Para o cálculo do diâmetro das tubagens a usar na rede de abastecimento de água, além deste ser calculado iterativamente, é necessário escolher um ponto de partida. Existem duas variáveis que podem ser o ponto de partida para este processo, sendo elas a velocidade e a pressão. Ambas têm limites regulamentares que afetam diretamente o valor do diâmetro de cada tubagem. A velocidade tem um valor limite superior e inferior, tentando desta forma garantir a autolimpeza interna da tubagem através do fluir da água. Caso o limite inferior não seja respeitado poder-se-ão aglomerar-se resíduos sólidos nas tubagens propiciando problemas no correto funcionamento da rede de abastecimento de água. Além da velocidade, deve-se também ter em conta os valores limite da pressão hidráulica. Para o adequado funcionamento dos dispositivos instalados é necessário a existência de um certo valor de pressão, pois caso este não se verifique, o caudal regulamentar de cada dispositivo poderá não ser atingido (correndo apenas um fio de água no equipamento) ou até nem chegar a ser abastecido pela rede, cessando assim o escoamento de água. É também fulcral considerar as perdas de carga existentes ao longo da rede, sendo elas uma das causas na baixa de pressões no desenvolvimento da rede de abastecimento. Considera-se como razoável considerar um valor de 20% das perdas de carga contínua para as perdas de carga localizadas que ocorrem nos dispositivos, nas mudanças de direção e que derivam também da instalação de acessórios, quando necessários, na tubagem que constitui a rede de abastecimento de água.

As fórmulas para chegar ao valor do diâmetro e da perda de carga contínua (por metro) são representadas então pelas seguintes fórmulas:

$$D = \sqrt{\frac{1,273Q}{v}} \quad \text{e} \quad J = 4b * v^{\frac{7}{4}} * D^{-5/4}$$

- D – Diâmetro (m)
- Q – Caudal (m<sup>3</sup>/s)
- v – Velocidade de escoamento (m/s)
- J – Perda de Carga contínua (m/m)
- b – Parâmetro referente à rugosidade do material



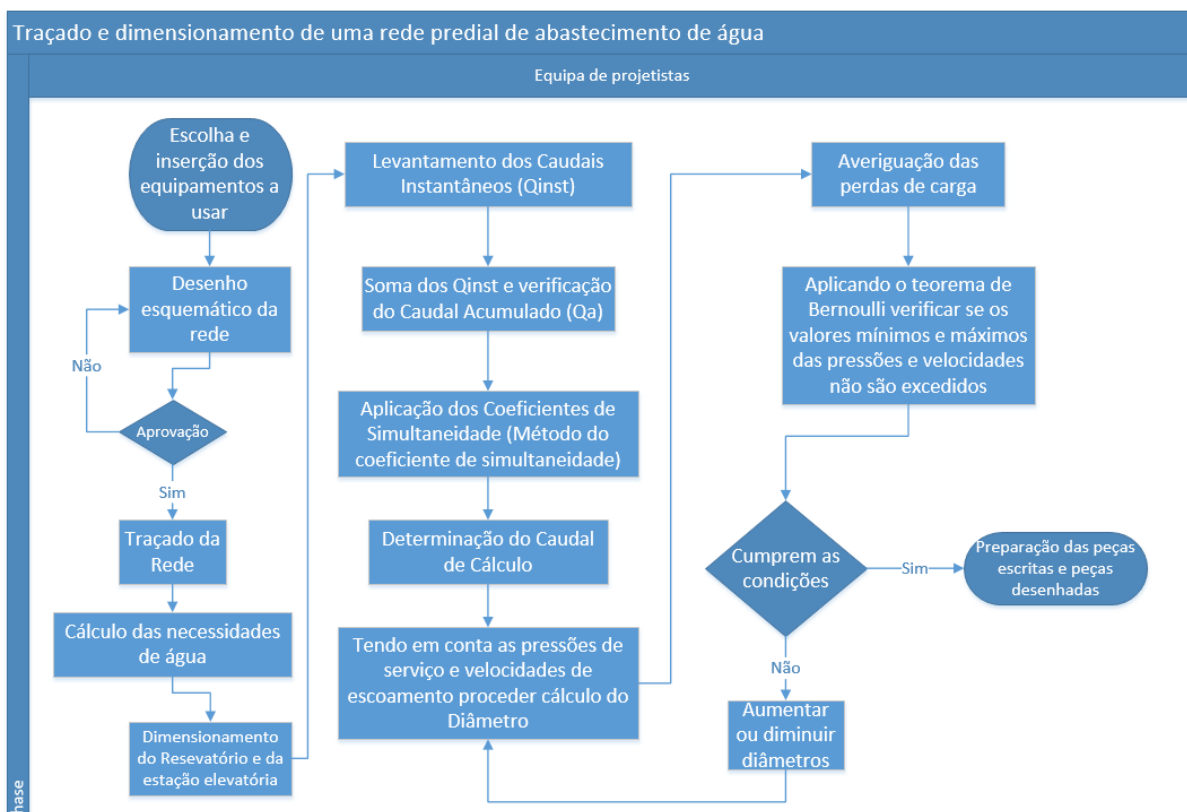


Figura 2.33 - Esquema do traçado e dimensionamento de uma rede predial de abastecimento de água

Dentro da definição de diâmetro é possível encontrar também a distinção entre diâmetro interior e diâmetro exterior. Devido à espessura do material constituinte da tubagem, este diâmetro interior é sempre inferior (ou equivalente no caso do ferro fundido) ao diâmetro exterior. O diâmetro interior é o valor a ser considerado em qualquer cálculo, pois é a partir dele que se retira a área útil por onde a água circula. Ainda dentro dos diâmetros e não havendo vantagens económicas na encomenda de diâmetros personalizados, dever-se-á aceder aos catálogos dos fornecedores para obter uma lista dos diâmetros que são comercializados por este, e retirar também a lista de materiais usados.

Existem dois grandes grupos de materiais possíveis de usar nas tubagens, sendo eles as “Tubagens metálicas” e as “Tubagens termoplásticas”. No quadro abaixo representado é possível ver uma separação dos materiais possíveis de usar, cada um deles inserido no grupo respetivo (Pedroso 2000)

Tabela 2.5 - Materiais das tubagens a usar em redes prediais de abastecimento de água

Tubagens Metálicas	Tubagens Termoplásticas
Aço galvanizado	Policloreto de vinilo (PVC)
Cobre	Poliétileno de alta densidade (PEAD)
Aço inox	Poliétileno reticulado (PEX)
Aço (ferro preto)	Polipropileno (PP)
	Poliéster com fibra de vidro (PRV)

Escolhidos o material e o diâmetro a usar na rede predial de abastecimento de água deve-se proceder à seleção da classe de resistência da tubagem que vai ser inserida no seu traçado. Esta classe de resistência, tal como o nome sugere, é o valor pelo qual os engenheiros se podem guiar, tendo assim a ideia da

pressão a que a tubagem consegue resistir e trabalhar em condições plenas, sem qualquer tipo de perfuração na rede, por exemplo, devido às altas pressões que se podem fazer sentir.

A distância entre cada ponto da rede é outro fator a ter em conta no cálculo hidráulico, pois é através do seu desenvolvimento total que é possível de quantificar as perdas de carga existentes na tubagem, ou seja, as perdas de pressão que existem ao longo de todo o percurso.

Em paralelo com o cálculo da água fria, é feito o cálculo hidráulico para todo o percurso da água quente. Os métodos de cálculo são semelhantes, onde é necessário ter atenção o uso de outro tipo de material capaz de resistir às altas temperaturas que se fazem sentir dentro da tubagem. Aquando da sua instalação é preciso também ter o cuidado de instalar elementos de proteção térmica (isolantes térmicos) para que não haja perdas de calor ao longo de todo o seu percurso.

Passando por todas estas etapas/fases e tendo presente as regras e normas que são exigidas pelo regulamento do país, é possível dizer que a rede de abastecimento predial de água se encontra dimensionada e que irá funcionar corretamente. Por outro lado, também é possível preconizar na fase de projeto um conjunto de precauções extras a ter em conta na fase de construção da rede que vá de encontro às exigências e ao tipo de utilização dos utentes finais.

### 2.2.3. MÉTODO DE TRABALHOS RECORRENDO AO CAD (MEP)

O trabalho realizado dentro dos gabinetes de projeto, independentemente da especialidade em que trabalham, seja ela de estabilidade ou de hidráulica, apoia-se no CAD para conseguir fazer os seus trabalhos. O CAD (*Computer Aided Design*) tem como base tecnologias desenvolvidas e testadas na área de desenho de projeto. Deste modo, foi possível a passagem de um método de desenho unicamente em suporte físico (papel) para um totalmente digital que permitiu a automatização dos procedimentos e o encurtamento dos prazos de entrega.

A possibilidade de fazer alterações e revisões aos desenhos feitos, neste caso das redes prediais de abastecimento de água, trouxe otimizações em termos dos custos finais, visto que tornou possível fazer alterações ao traçado de uma forma mais célere.

Um dos softwares usado para aplicar este método de trabalho é da autoria da Autodesk e denomina-se de AutoCAD. Existem várias versões deste mesmo software, possibilitando ainda a construção em 3D, embora seja meramente visual e mais trabalhoso. O uso quotidiano deste software é feito na sua base de 2D, trabalhando apenas no conjunto de eixos XY na construção em plantas, e nos eixos XZ e YZ quando necessário fazer cortes ou realizar alçados.

No que toca ao projeto de redes de hidráulicas, sejam elas de abastecimento de água ou de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais, o esquema de trabalho é o mesmo, podendo haver mais ou menos elementos numa ou outra. O AutoCAD é uma ferramenta meramente de desenho, o que possibilita fazer todos os esquemas necessários para a construção da rede, deixando de lado a parte do cálculo hidráulico e da instalação de acessórios à rede.

Recebidas as bases da arquitetura, é inicialmente feita uma análise espacial ponderando todas as exigências do cliente (em princípio o utilizador final), procurando ir ao encontro das suas necessidades, providenciando um uso que seja do seu agrado. Segue-se uma primeira reunião após a receção dos trabalhos cujo o objetivo é uma discussão inicial sobre as soluções que poderão ser aplicadas e qual é que se poderá adaptar melhor ao objetivo final. Dependendo de tempo e trabalho, estas soluções têm como base as ideias e a experiência dos projetistas envolvidos no trabalho.

Estando as bases de trabalho todas definidas é possível avançar com o traçado da rede de abastecimento. Para existir uma diferença entre os vários ramais, ou seja, os já existentes, os que se irão criar e/ou os que se irão demolir, recorre-se aos “*layers*” conseguindo assim fazer uma distinção visual com recurso a cores. Estes “*layers*” são previamente programados para todos os intervenientes conseguirem entender o desenho da rede. Uma vez traçada a rede, definindo o tipo de acessórios que serão necessários usar,

desde os vários “tês”, “cotovelos” ou “válvulas”, é imperativo que se faça o seu dimensionamento. Sendo o programa AutoCAD uma ferramenta de desenho, é necessário fazer uso de outro tipo de software, tal como o Excel, facilitando todo este processo do cálculo hidráulico. Usando os dados e as fórmulas descritas em 2.2.2, tendo já os materiais e os desenvolvimentos estabelecidos, é possível fazer o seu dimensionamento. Na própria folha do traçado da rede são legendadas todas as tubagens, usando designações como “PEAD Ø20” para cada excerto da rede, independentemente da sua extensão. Este dimensionamento segue as regras dispostas em 2.2.2.

Fazendo o dimensionamento da rede, pode-se então quantificar os seus comprimentos para os diferentes diâmetros e materiais de tubagem e fazer-se um orçamento estimativo através de um Mapa de Trabalhos e Quantidades (MTQ) a realizar para o efeito. Se existirem alguns elementos essenciais ao correto funcionamento da rede e que tenham algumas especificações técnicas, tais como as estações elevatórias necessárias de instalar, além da sua quantificação em artigo próprio no MTQ, cria-se também no caderno das condições técnicas (CT) a prever em projeto de execução um capítulo próprio que caracterize e defina como deve ser feita a sua instalação e que cuidados devem ser tidos na sua implementação. Ainda dentro da parte dos “Trabalhos” das CT são descritas as formas de instalação de todos os acessórios da a tubagem que irá ser instalada na extensão da rede. Quanto às “Quantidades” a prever no MTQ é possível fazer uso da ferramenta “*Measure*” do software em causa, obtendo um valor com precisão do comprimento de cada excerto de tubagem da rede de abastecimento desenhada. Apoiado no Excel, o responsável pelas medições consegue aferir o comprimento total da tubagem usada, dividido pelos diferentes materiais (caso existam) e ainda pelos seus diâmetros. Com estas medições é possível realizar o MTQ, que em conjunto com todas as peças escritas e desenhadas que englobam o projeto, permite proceder à análise de orçamentos a receber por parte dos diferentes concorrentes à execução da obra após o lançamento do concurso da empreitada.

Ao longo de todo este processo de desenvolvimento do projeto, nas peças desenhadas da rede em estudo são realizados cortes e alçados em número e localização conforme necessário, tendo como foco esclarecer como se materializa a ligação da rede predial à rede exterior pública. Existindo várias especialidades a trabalhar em simultâneo no mesmo edifício, é preciso estabelecer uma correta e fluída coordenação interdisciplinar, de modo a evitar a ocorrência de conflitos, por exemplo, de vigas estruturais com tubagens hidráulicas. Em conjunto com este trabalho de coordenação realizado, o cliente deve ser informado ao longo de todo o processo, Dos vários detalhes e das soluções adotadas, estas que poderão ou não ter um impacto ou causar constrangimentos na implicação física na disposição da rede.

Como em todos os processos na indústria AEC, as ideias iniciais sofrem profundas alterações levando a um produto final nem sempre era o inicialmente decidido. A coordenação entre as equipas das várias especialidades e o cliente é fundamental, pois através dela é possível obter soluções técnicas com segurança, conforto e satisfação por parte de todos os envolvidos. As reuniões realizadas ao longo de todo o processo construtivo de um projeto de uma habitação são o elemento vigorante de coordenação que existe entre as equipas e o cliente, havendo troca e discussão de ideias e soluções a ser implementadas.

Terminado o traçado e o desenho da rede predial de abastecimento de água, procede-se a uma verificação de todos os elementos de projeto, após validação das soluções, devidamente compatibilizadas com todas as especialidades, dever-se-á apresentar o projeto com a estimativa orçamental deste ao Dono de Obra. A partir daqui e tendo sido dado o aval de todos os intervenientes para o avanço com o fecho do trabalho segue-se com a impressão de todos os desenhos, no formato que se adequa às plantas e aos pormenores construtivos que necessários a uma correta leitura das peças desenhadas como descrito na Portaria 701-H. As respetivas legendas deverão constar também nos desenhos impressos e anexando-se nas peças escritas que comportam a memória descritiva e todos os cálculos hidráulicos que foram necessários para chegar a todos os valores finais, isto no caso do projeto de licenciamento que inclui também os documentos oficiais do projetista como o termo de responsabilidade do autor de projeto, o cartão de cidadão, a declaração da ordem dos engenheiros e o seguro da atividade de engenharia da empresa. No caso do projeto de execução é necessário a memória descritiva, as condições técnicas, o mapa de

trabalhos e quantidades e a estimativa orçamental. Neste caso, as notas de cálculo e os documentos oficiais do projetista à partida não são necessárias, salvo seja diretamente solicitado pelo dono de obra

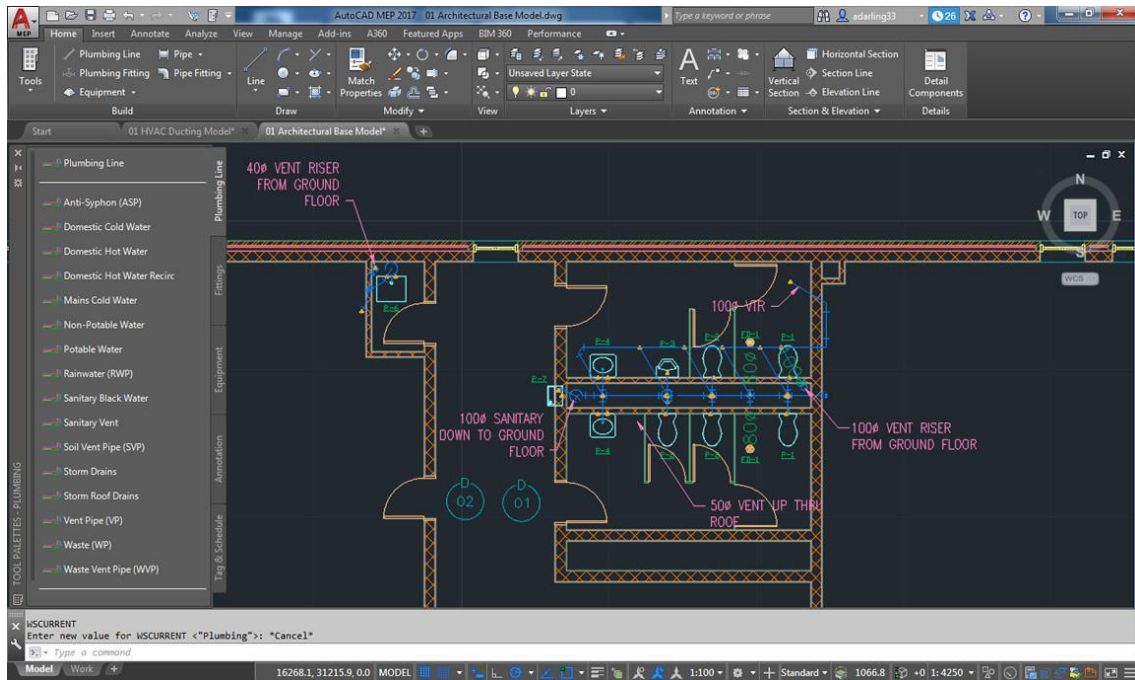


Figura 2.34 - Traçado da rede com recurso ao CAD (AUTODESK).

#### 2.2.4. MÉTODOS DE TRABALHO USADOS ATUALMENTE COM RECURSO A BIM (MEP)

Neste subcapítulo irão ser retratados os métodos usados para elaborar projetos de abastecimento de água usando BIM. Com o desenvolvimento das novas tecnologias, que procuram abranger uma maior quantidade de informação e propiciar uma melhor comunicação entre todos os intervenientes, desde os engenheiros até aos fornecedores, é possível fazer a implementação destes novos processos.

As diferenças face aos métodos tradicionais podem ser detetadas logo numa primeira fase. Nestas bases de arquitetura o trabalho não é apenas 2D, havendo uma vertente a três dimensões para uma melhor compreensão global de todo o edifício. O utilizador, ao longo de todo o processo construtivo, consegue alternar entre as vistas em 2D (plantas, cortes e alçados) e 3D (modelo virtual construído em simultâneo com as plantas). Antes de começar a pensar no traçado da rede, é necessário haver uma organização de toda a informação que é possível de utilizar e na forma como ela vai ser disposta dentro do modelo. Assim como nos métodos tradicionais, os encontros entre os intervenientes são de extrema importância para estabelecer consensos sobre as formas de trabalho e os métodos finais de entrega, como por exemplo os *templates* finais das entregas.

A criação da rede predial de abastecimento de água deixa de ser constituída apenas por “linhas” (representativas das tubagens a instalar), ou só por *layers*, passando a ser elementos onde é possível encontrar informação geométrica e física sobre estas mesmas tubagens podendo aceder a ela de uma forma direta. A simultaneidade das várias especialidades é possível de atingir fazendo a “*linkagem*” dos modelos, ou seja, conseguir trabalhar numa especialidade e ver o trabalho que outra tenha realizado sem existir interferência nos elementos da especialidade onde não se está a trabalhar.

Pormenorizando para as redes prediais de abastecimento de água, existe um conjunto de objetos que são possíveis inserir, referentes às tubagens e aos equipamentos a usar. É possível lista-los por grupos, sendo eles:

- “*Pipes*”: refere-se aos vários tipos de tubagem, sejam elas rígidas ou flexíveis, podendo dentro deste grupo definir o material que desejamos usar e o diâmetro que foi previamente calculado;
- “*Pipe fittings*”: estes permitem a instalação de juntas ao longo do desenvolvimento da tubagem desenhada para que esta funcione de uma forma correta;
- “*Pipe accessory*”: tal como o nome sugere, é a implementação de acessórios à rede de abastecimento, nomeadamente da tubagem;
- “*Plumbing fixtures*”: constituído por todos os equipamentos que existem dentro da rede predial de abastecimento de água, por exemplo, a bacia de retrete. A estes equipamentos é possível associar vários tipos de informação, tal como os fornecedores que os fabricam até ao caudal instantâneo que precisam para um correto funcionamento. Dentro destes equipamentos é possível fazer a sua personalização, ou seja, de especificar e de colocar informação sobre um equipamento que exista podendo ter a perceção de como este se irá comportar.

Munidos de todos os objetos acima descritos inicia-se o processo de construção da rede de abastecimento predial de água. Nos edifícios existem três sistemas hidráulicos a funcionar em simultâneo, o abastecimento de água fria (“*cold water system*”), o abastecimento de água quente (“*hot water system*”) e o de drenagem das águas residuais (“*sanitary system*”). Após o desenho da rede, para uma melhor organização é possível fazer a separação da tubagem através destes sistemas, facilitando toda a navegação no modelo (Bokmiller, Whitbread et al. 2015). A estes sistemas já estão associadas as cores respetivas, azul, vermelho e verde, não necessitando de aceder à informação que existe nestes elementos para saber qual a sua finalidade.

Construindo estes sistemas, o desenho é feito de uma forma livre, aproximando-se inclusive dos métodos tradicionais, tendo sempre em conta as regras de traçado da rede já descritas. Existindo mudanças de direções e interseções no desenvolvimento do traçado, os acessórios e as juntas que são necessárias instalar são colocadas de uma forma automática por parte do software onde se está a trabalhar, tendo estes já as dimensões adequadas para o correto funcionamento da rede de abastecimento de água. Estas dimensões são previamente definidas, tais como os diâmetros possíveis de instalar e os ângulos que são permitidos fazer. Com igual importância poder-se-á fazer uso da ferramenta “*pipe accessory*”, possibilitando a instalação de válvulas, permitindo o isolamento de excertos.

Uma das ferramentas bastante úteis é o “*filter*”, que filtra dentro de todos os elementos que constituem o modelo virtual construído, o intervalo de elementos que se pretende visualizar. É uma função usada para conseguir contemplar partes do modelo, como por exemplo, apenas visualizar o sistema de água fria concebido.

Acima descritos estão os acessórios físicos que compõem as redes prediais de abastecimento de água. Os programas que fazem parte integrante do BIM estão munidos de ferramentas de cálculo que auxiliam todo o processo de desenho.

O cálculo hidráulico é também possível de realizar também dentro destes mesmos programas. Portanto pressupõe-se uma especial atenção a todos estes métodos de cálculo, pois a legislação que vigora sobre os trabalhos a realizar não é idêntica a nível internacional, existindo mudanças de país para país, sendo indispensável um especial cuidado neste ponto.

Este cálculo é realizado de uma forma iterativa dentro do próprio software, servindo como um guia para os valores finais que irão ser adotados. Conhecendo todas as características dos fluídos que circulam dentro das tubagens, retiram-se os relatórios das pressões que se fazem sentir ao longo da tubagem, estando neles incluídos todos os acessórios, dimensões e o material constituintes das tubagens. Revisto e aprovado este dimensionamento, inicia-se então um “*clash report*”.

Caso o projeto da habitação seja de dimensões reduzidas, esta análise pode ser feita manualmente, mas ainda assim despendendo de tempo útil. Com recurso a um software exterior, tal como o Navisworks, este tipo de relatórios é elaborado de uma forma automática, tendo apenas posteriormente de ser feita a análise sobre os resultados obtidos. Esta fase é uma das grandes diferenças do uso do BIM face os

processos tradicionais. Através desta análise, os erros em obra são reduzidos quando comparados com os métodos tradicionais, diminuindo os custos de reparação de erros e os tempos em que estes são feitos.

Estando a rede predial de abastecimento de água desenhada e dimensionada, e colocados os modelos das outras especialidades “*linkados*” a este, faz-se uma apreciação global de todo o projeto. As plantas, os cortes e os alçados são produzidos automaticamente, e, qualquer alteração que se faça num deles irá ser replicada nos outros, não sendo necessário fazer a alteração um a um em cada desenho.

O cliente, nesta fase final, é consultado com o modelo virtual construído, possibilitando uma melhor percepção da relação conceito-imagem do produto final. Ao longo de todo, o cliente consegue ter um acesso remoto ao trabalho, se assim o desejar, disponibilizando um processo de intervenção ativa em tempo real. A documentação necessária à aprovação do projeto é inserida ao longo de todo o processo de construção, estando no final centralizada e de fácil acesso. Esta centralização faz com que dentro do próprio programa, as medições finais para realizar o Mapa de Trabalhos e Quantidades, sejam retiradas de uma forma automática e se encontre repartida de acordo com as especificidades que sejam necessárias. A separação das várias tubagens, através do material ou do seu diâmetro, é também retirada de forma automática. Sendo este um processo dinâmico, indicando também o preço por metro de tubagem, o orçamento é feito em simultâneo com as quantidades.

Os ficheiros entregues na fase final do processo são em IFC, possibilitando a sua leitura por qualquer software, tal como demonstrado em 2.1.2.1. Atingindo um “*BIM level 3*”, todos os processos acima descritos atingem uma maior fluidez, embora que mesmo num nível mais baixo seja já uma grande mudança face aos processos tradicionais.

# 3

## DESCRIÇÃO DE PROCESSOS TRADICIONAIS DENTRO DA SOPSEC

### 3.1. APRESENTAÇÃO DA SOPSEC

A SOPSEC é uma empresa que fornece serviços de engenharia de trabalhos de construção. O projeto diz respeito à fase onde o edifício é pensado nas várias especialidades, centrando-se também na procura de soluções. Os serviços prestados passam desde a estabilidade, infraestruturas até às instalações hidráulicas, entre muitos outros. Os profissionais envolvidos têm competências técnicas para os trabalhos que são designados.

### 3.2. RECURSOS HUMANOS E TECNOLÓGICOS DISPONÍVEIS

Na empresa em causa, a SOPSEC, tanto os recursos humanos como os tecnológicos estão presentes nos trabalhos diários. A equipas das várias especialidades têm uma estrutura definida, sendo que dentro de cada uma existe um conjunto de softwares direcionado para os objetivos a concretizar, como por exemplo o uso do Autodesk Robot Structural Analysis. Na especialidade de instalações hidráulicas o mesmo se verifica.

No início do desenvolvimento de cada projeto existe sempre um engenheiro coordenador, ou seja, alguém que esteja atento aos vários problemas que vão surgindo dentro de cada especialidade, e que, de alguma forma, tente levar a cabo uma solução conjunta. Para os trabalhos a realizar, cabe à equipa de projetistas conceber uma solução. Os recursos humanos existentes são compostos por engenheiros, desenhadores, medidores e secretariado.

No apoio aos recursos humanos existe também um conjunto de recursos tecnológicos. Estes são divididos em software e hardware. O software usado é de apoio à simulação, análise, desenho e a todo o cálculo envolvido em Engenharia. Para a rede predial de abastecimento de água, a equipa de projetistas usa macros de Excel desenvolvidas internamente para o cálculo hidráulico, o AutoCad para apoiar o traçado realizado, e ainda uma macro de Excel, desenvolvida pela APTA (Associação de Produtores de Tubos e Acessórios) para o caso de redes de incêndio e *sprinklers*. O Autodesk Revit é também usado, não como uma ferramenta completa, mas como apoio ao desenho quando assim é requerido pelo Dono de Obra. O software usado é apoiado por hardware que seja capaz de suportar estas ferramentas, fornecendo um trabalho fluído e sem falhas.

Acerca da informação que seja necessária recolher, tal como levantamentos e/ou ensaios laboratoriais que sejam complementares a todo o trabalho de base, a SOPSEC procederá à subcontratação a empresas que realizem estes trabalhos. Em casos específicos, e caso não haja capacidade interna de concluir certos trabalhos da área de especialização da SOPSEC, esta fará também a subcontratação a empresas similares.

Facilitando todas as entregas, a SOPSEC encontra-se munida de todo o material necessário à impressão, edição, encadernação e arquivação de todos os documentos que são produzidos por parte dos seus intervenientes.

### **3.3. INÍCIO DE CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO E SEU DESENVOLVIMENTO**

Focando agora nos trabalhos de instalações hidráulicas, estes repartem-se em abastecimento de água (inclui combate a incêndio) e drenagem de águas residuais e pluviais. Todos os trabalhos levados a cabo por esta empresa prezam os interesses do cliente, procurando sempre garantir a melhor solução possível. O trabalho realizado é focado nas redes prediais de abastecimento de água.

Tal como descrito no ponto 1 do artigo 3º da Portaria 701-H, o projeto desdobra-se em quatro etapas distintas:

- Programa base: “documento elaborado pelo Projetista a partir do programa preliminar resultando da particularização deste, visando a verificação da viabilidade da obra e do estudo de soluções alternativas, o qual, depois de aprovado pelo Dono de Obra, serve de base ao desenvolvimento das fases ulteriores do projeto”;
- Estudo Prévio: “documento elabora pelo Projetista, depois da aprovação do programa base, visando a opção pela solução que melhor se ajuste ao programa, especialmente no que respeita à conceção geral de obra”;
- Anteprojecto / Projecto de Licenciamento: “documento a elaborar pelo Projetista, correspondente ao desenvolvimento do Estudo prévio aprovado pelo Dono de Obra, destinado a estabelecer, em definitivo, as bases a que deve obedecer a continuação do estudo sob a forma de Projecto de execução”;
- Projecto de Execução: “documento elaborado pelo Projetista, a partir do estudo prévio ou do anteprojecto aprovado pelo Dono da Obra, destinado a facultar todos os elementos necessários à definição rigorosa dos trabalhos a executar”.

Distribuída por ordem cronológica, a quantidade de informação recolhida e colocada ao longo deste percurso vai crescendo. A definição de cada uma destas etapas encontra-se descrita na mesma Portaria 701-H, no Artigo 1º, conforme possível ver nos pontos anteriormente apresentados. Algumas das fases apresentadas poderão ser dispensadas se o Dono de Obra e o Projetista assim o entenderem.

A SOPSEC tem, como método de trabalho, iniciar o desenvolvimento dos projetos no Estudo Prévio, após a receção das bases de arquitetura de cada projeto. Em todas as fases os elementos apresentados são idênticos, mas, como já foi referido, com a possibilidade de acrescentar informação na passagem em cada fase. Para as redes prediais de abastecimento de água são apresentados sempre os “Elementos do Processo e Documentos”, os “Elementos Gerais”, as “Peças Escritas” e as “Peças Desenhadas”.

Ao longo de todas as fases, com o acréscimo de informação, é no Projeto de Execução onde a informação deve estar completa. Como tal, é possível fazer uma descrição dos elementos necessários a apresentar, consoante a separação feita anteriormente (SOPSEC 2009).

Elementos do Processo e Documentos:

- Organização dos documentos, com o índice geral e peças escritas;
- Identificação do projeto, composto pelo nome do cliente, a obra em causa, a fase e a designação do projetista;
- Peças escritas;
- Peças desenhadas.



#### Elementos Gerais:

- Aprovação das fases anteriores, com anotação das observações do Dono de Obra face às fases anteriores;
- Registo da(s) visita(s) ao local e cadastro;
- Recolha de elementos fotográficos derivados da(s) visita(s) à obra;
- Pesquisa da regulamentação aplicável à obra específica;
- Critérios do dimensionamento face às várias partes da obra;
- Manifestação dos processos construtivos, da natureza dos materiais e dos equipamentos constituintes da rede predial de abastecimento de água;
- Condições técnicas específicas à correta instalação de todos os elementos da rede predial de abastecimento de água, tal como exigências técnicas especiais, se assim o for necessário;
- Verificação da concordância entre o projeto e a regulação em vigor;
- Levantamentos topográficos e reconhecimentos geológicos e geotécnicos do local.

#### Elementos Escritos:

- Memória Descritiva: identificação do requerente e do local da obra; objetivo a atingir e tipo de utilização; regulamentação consultada; identificação da rede que constitui o projeto; exposição dos métodos de instalação e das soluções adotadas para a rede de abastecimento; bases do dimensionamento no cálculo hidráulico; materiais, equipamentos, tubagens e instalações; data do projeto e assinatura do projetista;
- Condições Técnicas: condições técnicas específicas dos materiais usados e da execução dos trabalhos, descritos anteriormente na memória descritiva;
- Mapa de Trabalhos e Quantidades(MTQ): cálculo das quantidades/medições de equipamentos e materiais usados em projeto; concordância com outras especialidades evitando a duplicação dos trabalhos e medições;
- Estimativa Orçamental: com base no MTQ apresentado, e considerando os valores dados pelos fornecedores, é realizado um orçamento para a realização da obra. São tidos em conta os custos parciais e totais para as várias especialidades.

#### Elementos Desenhados:

- Identificação das peças usadas na construção da rede de abastecimento usando a simbologia própria para este efeito;
- Localização dos seccionamentos;
- Legenda dos materiais a usar;
- Reconhecimento das zonas alvo de desenhos de pormenor;
- Plantas gerais ou de excertos da rede à escala de 1:1000 ou 1:500, indicando os nós, os diâmetros usados nas tubagens, os seus declives e os acessórios a instalar;
- Desenho pormenorizado dos acessórios usados no projeto.

Realizado e apresentado todos os elementos acima descritos nos pontos, o projeto encontra-se pronto a realizar. Os elementos são necessários para que, em obra, a rede predial de abastecimento de água seja corretamente construída e instalada.

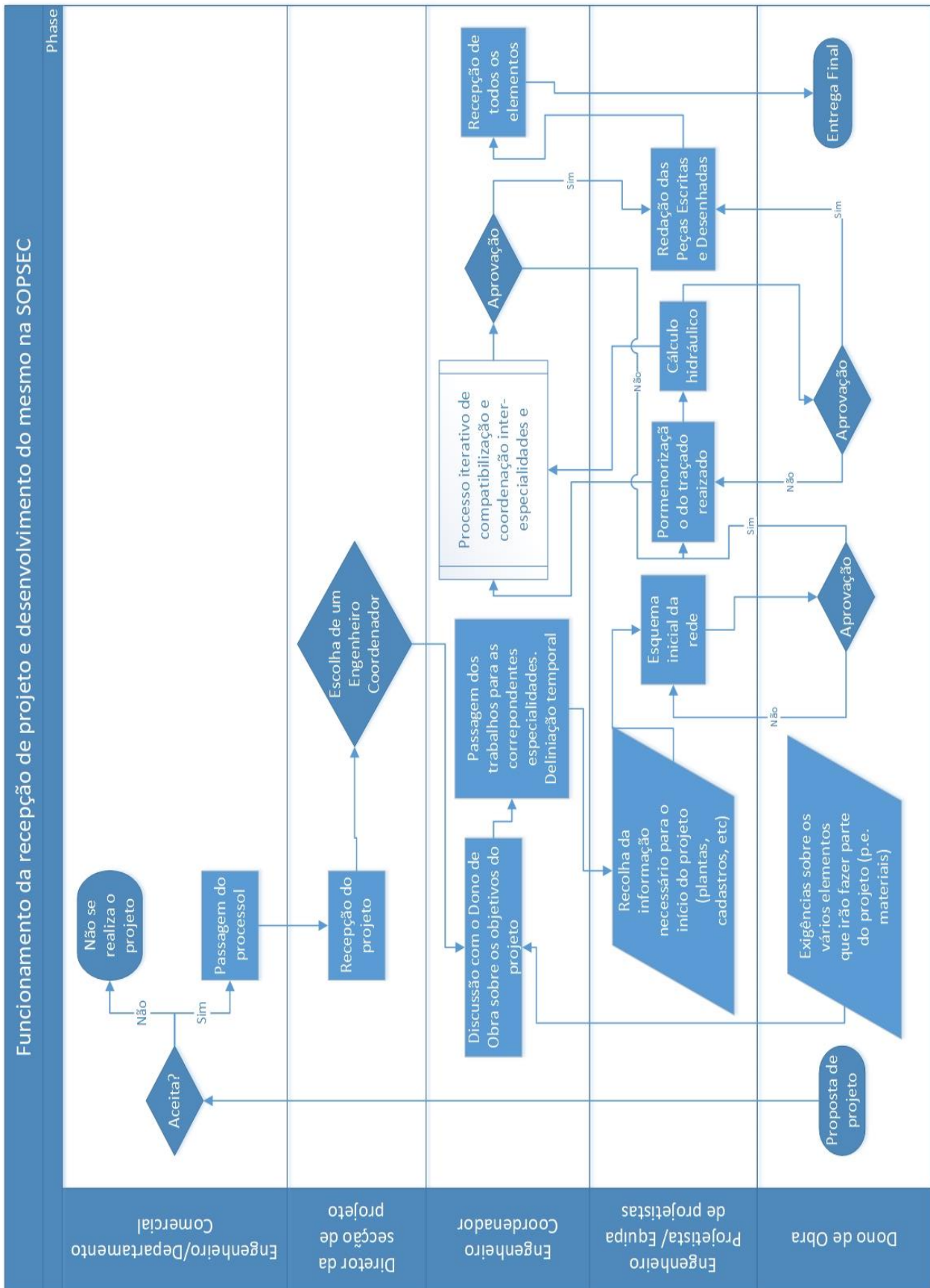


Figura 3.1 - Esquema do funcionamento interno da SOPSEC face à proposta de um projeto

### 3.3.1. CÁLCULO EXPEDITO, ESQUEMA DAS REDES

Tal como referido em 3.2, para o projeto da rede predial de abastecimento de água, usam-se os recursos humanos e tecnológicos que estejam disponíveis. A empresa em causa emprega métodos de trabalho tradicionais, não tendo ainda implementado o BIM nos projetos de instalações hidráulicas.

Inicialmente, tal como demonstrado em/na (*swimlane*), são discutidas, com o Dono de Obra, todas as suas intenções para a obra que é encomendada. Todos os pormenores são discutidos para que seja possível começar a avançar com o projeto. Tendo em conta os objetivos do Dono de Obra, inicia-se a pesquisa de informação ajustadas a todas as características da obra, recolhendo o cadastro do que está ou não construído, as plantas de arquitetura, topográficas e os elementos geotécnicos necessários. Simultaneamente, é imperativo recolher toda a informação relativa à legislação adequando todo o traçado e cálculo hidráulico consoante a regulamentação que vigora na altura. Recolhida toda a informação necessária é possível avançar para o traçado da rede.

Inicialmente é realizado um esquema da rede predial de abastecimento para poder discutir as soluções a implementar e verificar a possibilidade de as realizar. Obtendo a aprovação por parte do Dono de Obra, existe uma evolução deste desenho inicial, pormenorizando todos os detalhes conforme o objetivo final pretendido e dependendo da etapa em que o projeto se encontra. O esquema da rede referida é feito com o auxílio do AutoCad (ferramenta CAD), com recurso aos *layers* e à simbologia apresentada no subcapítulo 2.2.1, na figura 31. Sendo uma simbologia genérica, por vezes é necessário existir uma personalização da mesma, como por exemplo o recurso a cores para uma fácil perceção dos vários sistemas de abastecimento existentes, como por exemplo, um excerto cuja a demolição seja necessária.

TIPO DE TRAÇO	ESP.	DESCRIÇÃO	APLICAÇÕES
	Grosso	CONTINUOUS	- Rede de Abastecimento de Água
	Grosso	DASHDOT	- Rede de Água Quente

Figura 3.2 - Excerto da simbologia usada internamente na SOPSEC (SOPSEC 2017).

LAYER	DESCRIÇÃO	COR	LTYPE	ESPESSURA
S-XREF-ARQ	Base de arquitetura sob a qual será executado o trabalho desta especialidade	9	-	0,15
S-AA-REDE EXISTENTE	Abastecimento de água em zonas exteriores existente – rede, simbologia e texto associados	7	DIVIDE	0,20

Figura 3.3 - Excerto dos *layers* existentes para projetos de instalações hidráulicas (SOPSEC 2017).

Definido o traçado, realiza-se o cálculo hidráulico. Este cálculo é feito no Excel, através de uma folha de macros desenvolvida internamente, que tem em conta todos os parâmetros descritos em 2.2.2. Nesta

folha é possível identificar o material que se irá usar (acordado com o Dono de Obra) nas tubagens a instalar. Os diâmetros retirados da folha de cálculo têm como base os caudais instantâneos de cada equipamento presentes nos troços que estão em análise. As fórmulas de passagem do caudal acumulado para caudal de cálculo, bem como a inserção do desenvolvimento para o cálculo das pressões existentes, estão todas “escondidas” por detrás da programação desta folha de macros de Excel. Os diâmetros resultados do cálculo realizado, vão de encontro aos diâmetros comerciais produzidos pelos fornecedores, reduzindo assim o custo do projeto evitando diâmetros personalizados e que não sejam produzidos em série no mercado.

REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA																			
Rede em tubagem Polipropileno tipo "Coprax PN10"										Limite de velocidade =	1,5	m/s							
										Perdas de cargas localizadas =	20	% jL							
										Limite inferior para o coef. de similt. =	10	%							
										K <sub>folgado</sub> =	1,0E-05	m							
										v =	1,16E-06	m <sup>2</sup> /s							
Troço	Disposit.	Caudal Acum.	Coef. Simu.	Caudal Cál.	Diâmetro Comercial (mm)	U	j	1,20j	Comp. Real	Perdas de Cargas	Psaid.	Pent.							
0	1				ext. int.	m/s	mca	mca	m	1,20jL JL H	mca	mca	mca	mca					
	Lv	1	0	1															
	Ba	0	0	0															
	Ch	0	0	0															
	Br	0	0	0															
	Bd	0	0	0															
	Ll	0	0	0															
	Ml	0	0	0															
	Tq	0	0	0															
	Mr	0	0	0															
	Mi	0	0	0															
						0,1	100,0	0,10	16	10,6	1,13	0,198	0,238	10,0	2,38			15,00	17,38

0		1	
chuveiro		nivel de conforto	
[0] - chuiveiros % curva	16	10,6	
[1] - chuiveiros 100%	20	13,2	
	25	16,6	
	32	21,2	
[0] - minimo	40	26,6	
[1] - médio	50	33,2	
[2] - elevado	63	42	
	75	50	
	90	60	

PP-R PN20	ext.	int.
127,324	0,10	0,1
100,00	0,25	0
100,00	0,15	0
0,00	0,10	0
1,000	0,10	0
0,100	0,20	0
0,100	0,15	0
0,100	0,20	0
0,100	0,20	0
1,000	0,15	0

Figura 3.4 - Excerto da folha de macros do Excel usada no cálculo hidráulico.

Estando definidos os diâmetros que irão ser usados em cada troço e o material a usar, é necessário proceder à legenda do esquema realizado. A legenda pode variar de projeto para projeto, dependendo das exigências do Dono de Obra, mas, de forma genérica, é feita no AutoCad com uma indicação do tipo “PP-R PN20 Ø32”, a título de exemplo.

Ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, existe um processo de comunicação e coordenação, seja entre especialidades dentro da empresa, seja com o Dono de Obra, indo este último aprovando as soluções obtidas, para que estas possam ser adotadas. Este processo de comunicação entre especialidades distintas é essencial, para, em obra, evitar erros construtivos, tais como tubagens a passar no meio de vigas. Este processo é contínuo, desde o esboço inicial da rede até ao desenho final aplicado no projeto.

Após o desenvolvimento do traçado da rede predial de abastecimento de água, e de realizado o cálculo hidráulico, dá-se como fechado o projeto. Caso a etapa seja a de “Projeto de Execução”, pode então seguir para os intervenientes em obra, podendo estes orientar-se pelas instruções que constam no projeto.

### 3.3.2. FORMATOS/MÉTODOS DE ENTREGA

Logo após a conclusão do projeto final deve-se proceder à entrega de toda a documentação necessária e a que seja requerida pelo Dono de Obra. Existindo métodos internos definidos, e uma estruturação organizada, depende do Dono de Obra a forma como esta entrega é realizada.

Tendo os elementos apresentados em 3.3 concluídos, estes ficam guardados nos servidores da SOPSEC, seguindo normas de organizações internas. Podendo existir mais do que uma especialidade, estas ficam bem delineadas, existindo uma separação das mesmas.

Seguindo os *templates* que são realizados para estes efeitos, são entregues, para além de todos os elementos em papel para o licenciamento da obra e registo da mesma, ficheiros no formato dwg, dwf e pdf. Estes são entregues ao Dono de Obra num CD para consulta futura destes elementos, estando identificado o que ele contém.

### 3.4. VANTAGENS E INCONVENIENTES

Os métodos usados tradicionalmente por parte da indústria AEC e pela SOPSEC apresentam as suas vantagens, mas não existindo métodos perfeitos, apresentam também certas limitações. À medida que a tecnologia avança, a indústria tende a evoluir com ela, acompanhando os processos automáticos que são criados.

É possível enumerar algumas das vantagens e dos inconvenientes presentes nestes métodos de trabalho, ajudando assim a compreender onde poderão haver melhorias.

Tabela 3.1 - Vantagens e inconvenientes dos métodos tradicionais vs BIM.

Vantagens	Inconvenientes
Experiência dos projetistas	Falta de coordenação em tempo real
Baixo custo em software	Fraca comunicação visual com o cliente
Rapidez na fase inicial	Documentação a gerar (redação completa de documentos)
Uso geral por parte de outros intervenientes	Excesso de tempo em tarefas simplistas

A falta de processos automáticos no desenvolvimento de documentos generalistas, e muitas das vezes com o mesmo formato, como o caso de plantas da especialidade, é uma das desvantagens deste método de trabalho. O tempo despendido a fazer uma simples alteração, tendo de a fazer em todas as plantas, cortes e alçados, demonstra a falta de automação que o avanço tecnológico pode trazer à indústria AEC.

A separação da construção de um modelo virtual, que melhora a comunicação visual entre os intervenientes, torna todo o processo construtivo dispendioso, tanto em tempo, como em custos. A coordenação interespecialidades, nomeadamente para a análise de colisões entre elementos, é também um processo moroso e que sofre erros devido à extensão dos projetos elaborados. Os baixos custos de software e de aprendizagem dos mesmos, subsequentemente à implementação completa destes processos na indústria, tornam a construção do projeto mais fluída, aumentando a rapidez do arranque do projeto.

A construção de projetos de pequenas dimensões traz mais vantagens do que os de maior dimensão, pois os elementos a inserir no projeto não são tão numerosos, facilitando o controlo e a coordenação necessária.



# 4

## PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS, APLICADA A REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### 4.1. SOFTWARE DE MODELAÇÃO

O trabalho realizado foi aplicado a um modelo em Revit, sendo o software de modelação usado pela SOPSEC. O acesso à licença de estudante do mesmo, não havendo restrições das potencialidades deste programa, facilitou em parte o seu estudo. Este software encontra-se já implementado no mercado, havendo um uso regular do mesmo por parte de algumas empresas que implementam o BIM. A versão usada neste trabalho foi o Revit 2018.

Tal como apresentado em 2.1.2.2, o Revit é um software desenvolvido pela Autodesk cujo o funcionamento é baseado em processos BIM. É uma ferramenta de modelação virtual, mas também de CAD, sendo por isso possível o trabalho em 2D. Através do Revit é possível realizar projetos das especialidades de equipamentos hidráulicos e mecânicos (MEP), de estruturas, de construções e de arquitetura. O trabalho realizado foi feito no âmbito do MEP, focado na rede predial de abastecimento de água. Como complemento a este software, quando o nível de desenvolvimento do BIM não é elevado, poderão usar-se softwares exteriores de apoio ao desenho pormenorizado, facilitando o processo construtivo (Construction 2014).

Este programa vai de encontro aos trabalhos descritos em 2.2.4, fazendo uso da criação de famílias dentro do Revit. Estas famílias referem-se ao conjunto de elementos possíveis de inserir no modelo, adaptando-se ao projeto, tal como a família de tubagens que quando é usada admite o diâmetro pré-definido, podendo fazer a mudança do mesmo e adotando automaticamente as ligações feitas a montante e jusante. As análises realizadas dentro do software passam por um relatório de pressões, pela análise dos caudais instantâneos e acumulados, havendo a possibilidade de verificar qual o caudal que percorre cada excerto de tubagem.

Na fase inicial da criação de um projeto é necessário escolher o tipo de *template* desejado. Para os trabalhos na especialidade de instalações hidráulicas, nomeadamente de redes de abastecimento predial de água, deverá ser usado o *template* “*mechanical*”, capacitando a realização dos cálculos hidráulicos como apoio.

Começando a realizar o projeto no Revit, é necessário um trabalho de preparação inicial, onde todas as vistas para a impressão ou melhor compreensão do projeto e os parâmetros referentes às tubagens (*pipes*) e seus acessórios (*pipe accessories* e *pipe fittings*) são configurados. Desta forma consegue-se controlar os intervalos de valores que são possíveis inserir, como por exemplo os valores de diâmetros possíveis de adotar ou os ângulos possíveis de fazer, eliminando desde o início valores que não são credíveis de implementar.

A ligação entre os programas usados em complemento ao Revit é conseguida usando os ficheiros IFC, permitindo a partilha de vários modelos. Os ficheiros provenientes de métodos de trabalho tradicionais (CAD) são também possíveis de abrir através do Revit, não havendo perda de informação geométrica,

como as plantas realizadas nos gabinetes de arquitetura caso estes não implementem o BIM, tendo assim uma base de trabalho. Esta partilha não é feita de uma forma completamente aberta, pois existe uma proteção ao autor dos projetos sobre as famílias de objetos criados, impedindo assim a cópia dos trabalhos.

As bases de arquitetura partilhadas com a equipa de projetistas, podem sofrer alterações, mas através da automatização do programa em utilização as mudanças refletem-se de forma automática no modelo onde se está a trabalhar. A cooperação interespecialidades é realizada de forma instantânea quando é atingido um nível de maturidade elevado.

#### 4.1.1. REVIT API E MACROS

O Revit, software descrito em 4.1, para além de todas as possibilidades existentes, é possível uma amplificação das mesmas através destas duas ferramentas, a criação de macros e do uso da *Application Programming Interface* (API) do Revit.

As macros criadas dentro do Revit são semelhantes às do Excel, ou seja, automatizam processos e tarefas repetitivas, tal como a nomeação de folhas para impressão e entrega. A criação destas macros é feita dentro do Revit usando uma linguagem de programação, podendo esta ser *C#*, *VB.NET*, *Ruby* ou *Python*. Esta programação usa também a API do Revit, podendo-se definir este conceito como a biblioteca interna do software. A API define os nomes atribuídos a todos os elementos que são possíveis de usar dentro do Revit, diferenciando assim paredes, de coberturas, de tubagens e até de parâmetros como o diâmetro das tubagens (Law 2014). A ligação entre vários softwares ao Revit é então possível de realizar através do acesso à sua API.

À personalização de cada projeto, ajudando na automatização das tarefas necessárias de realizar, estão associadas poupanças de custo e de tempo. No final da construção de um modelo, por vezes é necessário criar duplicação de cortes, plantas ou alçados para mostrar diferentes soluções, tendo assim um leque de opções para mostrar do Dono de Obra. Caso o projeto seja de uma grande dimensão, esta seria uma tarefa repetitiva. Através da programação de uma macro é possível duplicar as vistas para depois proceder às pequenas alterações consideradas necessárias (Kilkelly 2016).

É possível considerar o uso de macros e da API como uma extensão do Revit, conseguindo realizar tarefas ou processos que o Revit não tem por defeito, e fazendo mudanças consoante o projeto que se está a construir.

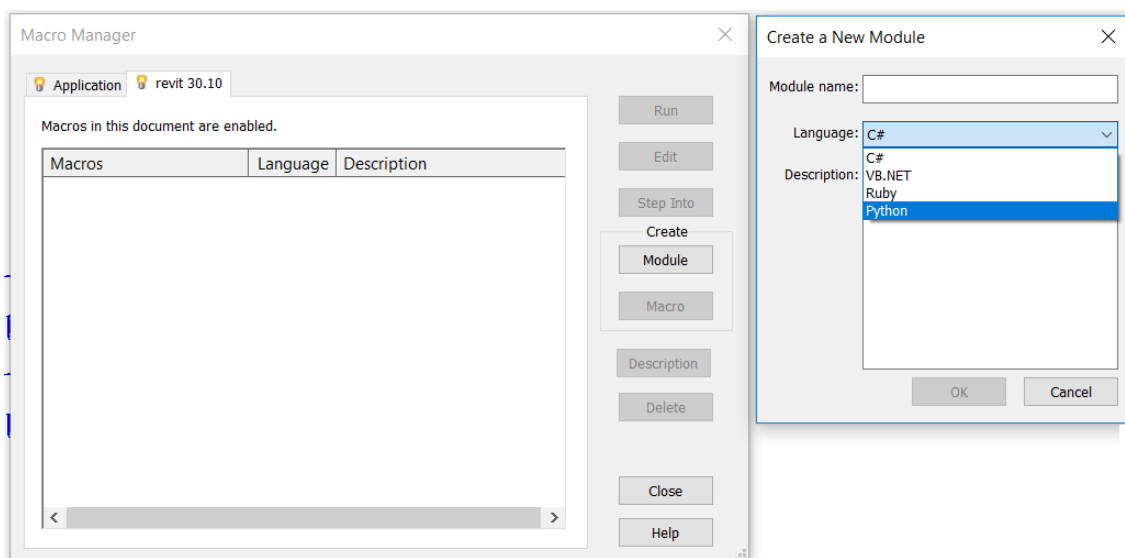


Figura 4.1 - "Macro manager" dentro do Revit e possíveis linguagens para a criação da macro.



#### 4.1.2. DYNAMO – REVIT – EXCEL

Tal como descrito no subcapítulo anterior, 4.1.1, o Revit possui a capacidade de criação de ferramentas, que permitem a personalização de tarefas a realizar, através da sua API. Conhecendo a linguagem e o seu funcionamento é possível construir estas ferramentas. O Dynamo é um software de modelação paramétrica, de formato aberto, ou seja, não sendo preciso qualquer investimento para poder fazer uso do mesmo. Este programa usa a API do Revit não sendo necessário interagir diretamente com a mesma.

Usando um método de programação visual, *Virtual Programming Language* (VPL), e tendo uma interação direta com o Revit, o utilizador consegue em tempo real ver as alterações que realizou (Scheer 2013). Esta interação visual no Dynamo é realizada através de “nós” (“nodes”), fazendo a ligação entre eles através de conectores. A ligação entre eles é permitida caso o formato de saída (“output”) seja equivalente ao formato de entrada (“input”) do nó posterior (Kensek 2014). Através deste programa é possível fazer a modelação geométrica de modelos mais complexos, que o Revit de origem não consegue realizar, e fazer também gestão e a manipulação de informação proveniente de outros *softwares*. Caso não existam certos nós referentes a certas tarefas, pode-se criar nós personalizados através do “code block” que permite esta mesma criação usando uma linguagem de programação, como por exemplo “python” (Mahdjoubi, Brebbia et al. 2015).

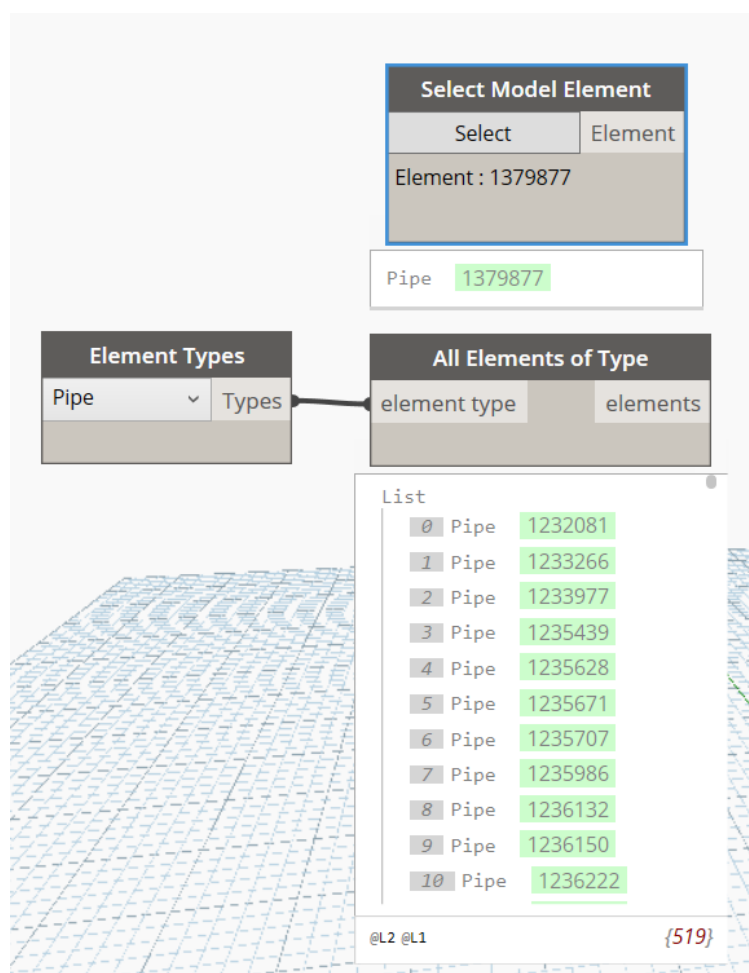


Figura 4.2 - Exemplo dos nós do Dynamo. Reconhecimento das tubagens de um modelo.

A conexão com o Revit e o Dynamo é realizada em tempo real, havendo uma constante comunicação entre os mesmos. A gestão de dados referida anteriormente pode ser de informação proveniente do Revit ou de outro software. Com recurso aos seus nós, e com base no estudo a realizar, foi necessário criar

uma ligação entre o Excel para a inserção de informação do Excel para o Dynamo, que por sua vez transfere a informação para o Revit. O inverso é também possível de realizar, caso seja necessário criar uma base de dados numa folha de Excel ou de outro software que permita esta ligação.

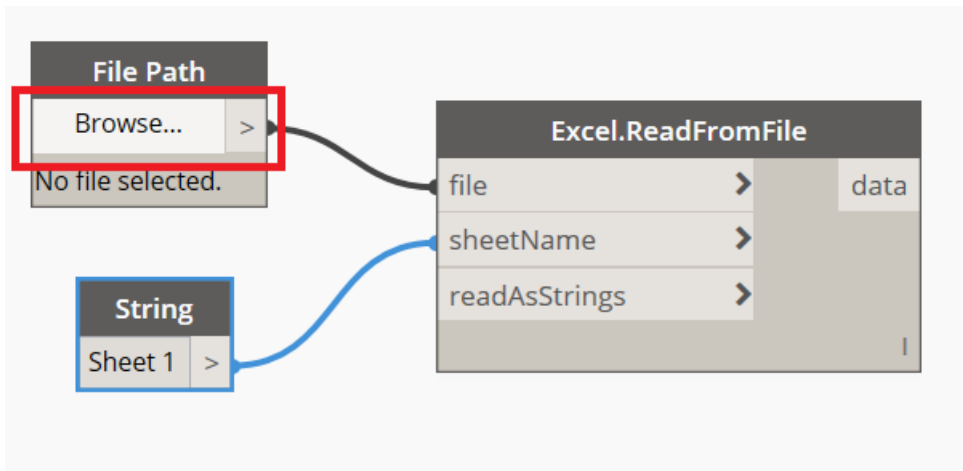


Figura 4.3 - Ligação do Dynamo ao Excel, escolha do ficheiro a abrir.

Estas ligações realizadas e as ferramentas desenvolvidas dentro do Dynamo são denominadas por *scripts*, “uma secção de código executável que automatiza uma tarefa” (Dictionary.com). Na última versão do Revit 2018 foi desenvolvido um plugin com o Revit que permite executar *scripts* do Dynamo, não sendo necessário abrir este software, apenas indicar onde estes estão guardados. Este plugin denomina-se de “DynamoPlayer”, com uma interface bastante simples e de fácil compreensão.

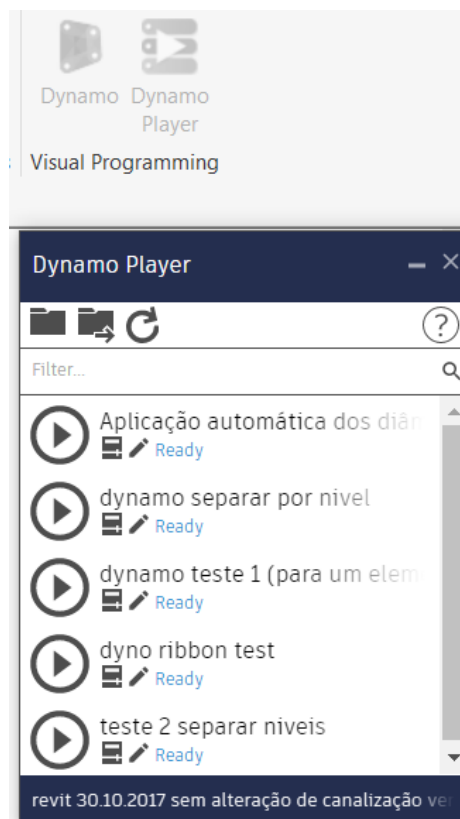


Figura 4.4 - Interface do Dynamo Player dentro do Revit 2018.

#### 4.1.2.1. Automatização de processos e ferramentas de auxílio à modelação

As ferramentas desenvolvidas no Dynamo podem ser generalistas ou aplicadas a um projeto, apenas tendo em conta os obstáculos necessários de enfrentar. No desenvolvimento do processo construtivo de um edifício existem várias etapas, como por exemplo, o desenho inicial do traçado da rede de abastecimento predial de água. O Dynamo apresenta-se como uma resposta para aumentar a produtividade e a eficiência no desenvolvimento destas fases, estendendo as funcionalidades que o Revit proporciona (Anderle and Allen 2016).

A construção de um modelo tridimensional é um processo longo e, quanto maior a dimensão do projeto, mais tempo demorará a sua construção. Este processo construtivo usando o BIM requer uma preparação prévia dos elementos que irão ser usados no modelo, como demonstrado em 4.1, como a preparação de *templates* e de todos os outros parâmetros que são utilizados. A automatização de processos e tarefas, auxiliando a construção do modelo, rentabilizam o tempo despendido agilizando certas partes do processo construtivo dos projetos em causa (Anderle and Allen 2016). Os desafios provenientes do uso do BIM em projetos de construção vão de encontro à informação necessária inserir no sistema e à fluidez de toda a construção do modelo tridimensional, encontrando alternativas às soluções desenhadas, aumentando as opções a apresentar ao cliente. Estas alternativas, geradas de uma forma automática, são um bom exemplo de como a automação funciona.

Existem já algumas ferramentas desenvolvidas visando a automatização das várias tarefas existentes no processo construtivo. Estes processos automáticos relacionam-se, em grande parte, com a informação que existe nos modelos e as formas finais de apresentação das folhas, ou seja, muitas delas servem para renomear as folhas correspondentes aos vários níveis. O próprio Revit consegue fornecer soluções esquemáticas de redes consoante os equipamentos existentes, embora as soluções não sejam sempre aceitáveis.

No âmbito do trabalho realizado foram construídos dois *scripts* em Dynamo, contendo ligações diretas e constantes ao Revit, sendo distintas das existentes. Uma delas refere-se à modelação das redes prediais de abastecimento de água, e a outra ao cálculo de quantidades, complementando todos os trabalhos que o Revit já consegue fazer. Os *scripts* desenvolvidos são um complemento a todos os trabalhos que o Revit já consegue fazer, apenas agilizando e rentabilizando os tempos e custos envolvidos na elaboração de um projeto de redes prediais de abastecimento de água.

## 4.2. APLICAÇÃO AUTOMÁTICA DE DIÂMETROS

Esta ferramenta de auxílio à modelação relaciona-se diretamente com a folha de macros em Excel desenvolvida internamente na SOPSEC, havendo uma personalização perante as dificuldades que foram apresentadas. Usando ainda algumas formas de métodos tradicionais de trabalho, a incorporação dos mesmos em BIM facilita a implementação do mesmo.

Sendo o Revit um software desenvolvido por uma empresa internacional, não existe um foco face à legislação dos vários países. O cálculo hidráulico incorporado no Revit para o dimensionamento das tubagens usa as “*fixture units*”, que correspondem a valores tabelados, não tendo estes valores as mesmas unidades usadas a nível nacional (l/s). Este obstáculo é ultrapassado acedendo aos modelos dos equipamentos que são usados e inserindo diretamente neles o caudal instantâneo que necessitam para um correto funcionamento, faltando a parte expedita do dimensionamento das tubagens. O Revit efetua internamente um dimensionamento das tubagens a usar, não obtendo valores de completa confiança, pois o caudal considerado nestes cálculos é o acumulado e não o de cálculo, havendo sempre uma circulação de água da totalidade dos caudais instantâneos de todos os equipamentos instalados.

O dimensionamento foi o problema tido em conta na construção desta ferramenta, visando sempre uma maior dinâmica na implementação do BIM. Usando o Dynamo, em conjunto com o Revit e o Excel, foi possível incorporar os processos de dimensionamento da SOPSEC e uni-los num processo apenas. O

desenvolvimento da ferramenta passou por três etapas distintas, a primeira de reconhecimento dos elementos (as tubagens da rede predial de abastecimento de água) dentro do modelo tridimensional construído, a segunda de conexão dos dados do Excel provenientes da folha de dimensionamento e a terceira de passagem dos dados para os elementos a que os dados se referem.

Primeira etapa:

Existindo inúmeras tubagens constituintes do projeto de instalações sanitárias foi necessário filtrar apenas aquelas que se inserem na rede predial de abastecimento de água. Essa filtração, não sendo exequível fazer a seleção uma a uma no modelo, pois o projeto pode ser de grande dimensão, implicou a definição e atribuição de uma “marca” em cada tubagem a dimensionar. A folha de Excel faz o dimensionamento por troços e escolhendo dois nós extremos de uma tubagem foi possível nomeá-las, ficando “troço 1-2”, “troço 2-3”, “troço 3-4”, até toda a rede estar incluída. A marcação passou pelo uso do valor do nó a montante do troço em causa, sendo que a tubagem do troço “1-2” foi nomeada, na secção “comentários” do Revit das propriedades do elemento em estudo com um “1”, e assim sucessivamente até estarem todas as tubagens incorporadas nesta nomeação. Através deste método foi possível fazer a separação das tubagens na sua totalidade. Estes elementos estão incorporados numa lista com tantos índices quanto o número de tubagens existentes.

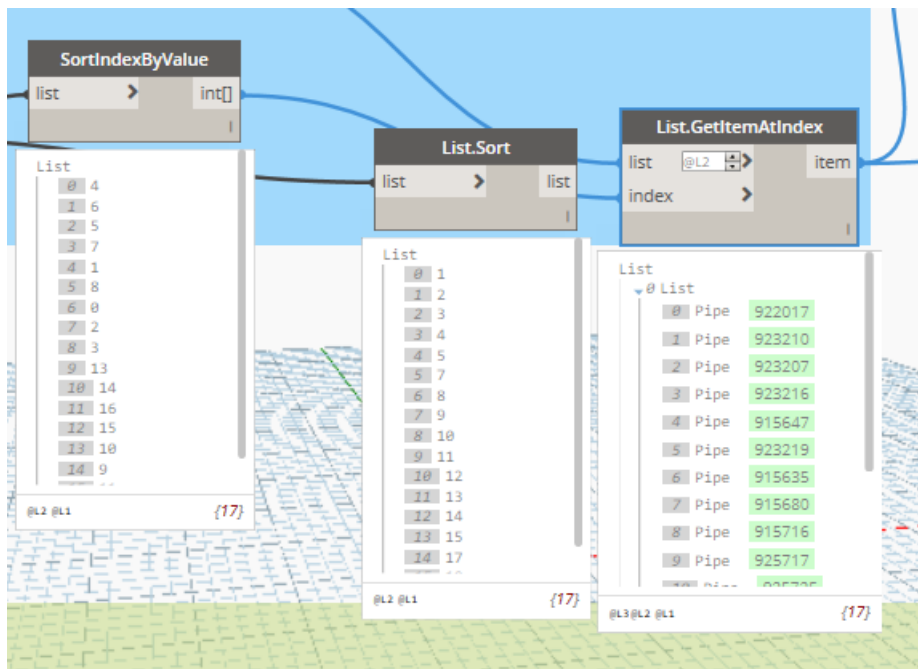


Figura 4.5 - Separação dos ramais segundo os troços a que pertencem.

Segunda etapa:

Nesta fase, relacionada com a gestão de dados e de informação relativa ao trabalho em causa, foi usada e aproveitada a ligação constante do Dynamo com o Excel, tirando partido de um método de trabalho tradicional e adaptando-o ao BIM.

Cumprindo as regras e as normas em vigor, é possível usar a macro do Excel da SOPSEC para efetuar o correto dimensionamento das tubagens da rede predial de abastecimento de água. Tal como referido em 3.3.1, a folha em causa tem em conta todos os parâmetros necessários. Os dados transmitidos do Excel para o Dynamo são organizados em listas. Sabendo que os dados do Excel são organizados em linhas e colunas, pressupõe um tratamento da informação para esta ser legível e compreendida dentro do Dynamo. Através da criação de uma lista única, onde nos vários índices são agrupados os nomes dos troços e os valores dos diâmetros é possível então organiza-los para poder associá-los às tubagens correspondentes. Os valores que constituem esta lista foram organizados por ordem crescente do número

dado a cada nó a montante dos troços em estudo. Facilitando a leitura dos dados, os valores obtidos na folha de macros foram organizados numa folha de Excel, à parte tendo apenas num quadro os resultados relevantes para a construção desta ferramenta de auxílio à modelação.

	A	B	C
1	Troço		Diametro
2	1	2	20
3	2	3	25
4	3	4	32
5	5	6	32
6	4	5	40
7	8	9	16
8	9	10	32
9	10	5	32
10	7	4	20
11	11	12	18
12	12	13	25
13	13	14	40
14	14	15	40
15	15	16	50
16	17	18	18
17	18	19	40
18	19	20	50

Figura 4.6 - Quadro tipo dos valores referentes aos troços e aos diâmetros calculados.

Terceira etapa:

Obtendo e tendo os dados referentes ao cálculo hidráulico tratados, estando todos eles organizados, bem como os elementos constituintes do modelo tridimensional da rede predial de abastecimento de água, prossegue-se com a sua ligação. Antes do início desta etapa é importante referir que toda a informação analisada anteriormente se encontra organizada em listas separadas, mas com o mesmo número de índices.

Esta fase de conclusão do desenvolvimento do script consiste na ligação do Dynamo com o Revit, incorporando os dados nos elementos em estudo. No caso em estudo a mudança refere-se aos diâmetros das tubagens. Através das potencialidades do Dynamo, e usando um conjunto de nós que permitem fazer esta ligação, estabeleceu-se a correspondência dos valores das duas listas. Esta correspondência define a ligação correta entre cada tubagem e o valor do seu diâmetro, passando então o diâmetro para o modelo no Revit, obtendo a alteração automática de todos os diâmetros das tubagens em estudo.

Esta ferramenta é útil pois permite um maior controlo sobre a modelação feita, sabendo que diâmetro está associado a cada tubagem. Além de poder consultar estes valores dentro do Revit, tarefa por vezes um pouco complexa sobretudo nos casos de projetos de grandes dimensões, estes valores continuam organizados dentro da folha de Excel. Qualquer alteração realizada na folha de Excel, terá repercussões no modelo em Revit, bastando apenas executar o script.

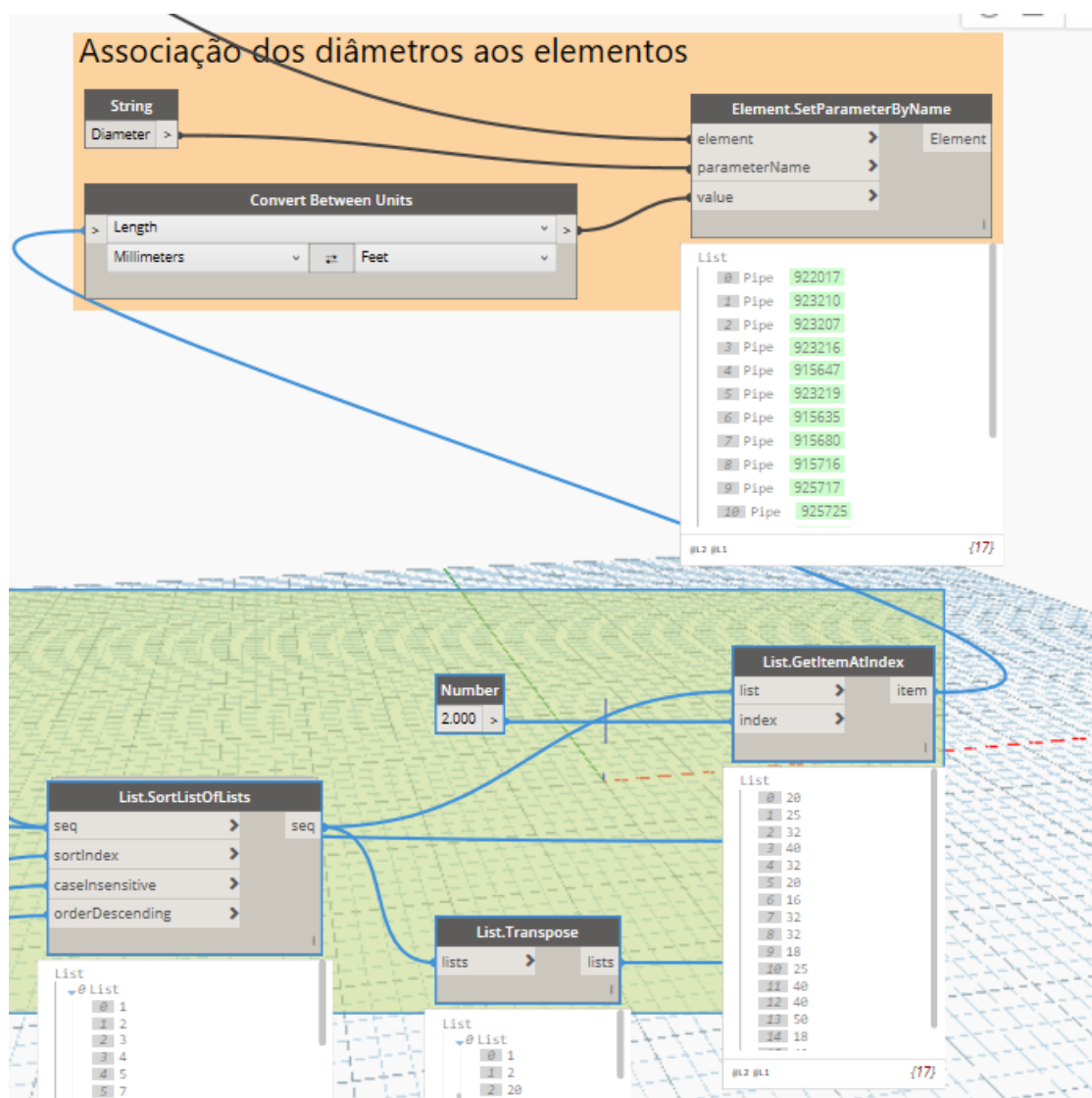


Figura 4.7 - Associação dos diâmetros aos elementos correspondentes.

### 4.3. AUXÍLIO NA MEDIÇÃO DAS QUANTIDADES PARA O MAPA DE TAREFAS E QUANTIDADES

Esta ferramenta foi construída como um complemento aos trabalhos que o Revit já consegue fazer. Dentro deste software, tal como explicado anteriormente, é possível fazer a medição das quantidades de material a usar, separadas por elementos construtivos. No caso em estudo a separação destes elementos refere-se aos diferentes tipos de tubagem, sendo possível separá-los por material usado (no caso de tubagens para a água fria e a água quente) e pelos vários diâmetros. Na modelação da rede predial de abastecimento de água, sendo que é necessário instalar tubagens a várias cotas, é preciso modelar as colunas que fazem a ligação com os vários ramais existentes.

Todos os elementos existentes e instalados dentro do Revit precisam de estar associados a um nível, o qual está compreendido entre dois valores distintos. Os equipamentos ou os elementos modelados estão associados a um nível, habitualmente dentro dos valores dos mesmos, podendo haver exceções, tal como o caso de existirem tubagens ligeiramente abaixo da cota do piso térreo e onde não haja cave. As colunas que fazem as ligações entre os ramais dos vários pisos ficam associadas ao piso onde se iniciam, mas podendo atingir cotas de níveis superiores. Caso o projeto seja de pequenas dimensões é

possível fazer as medições por níveis, separando manualmente os comprimentos das várias colunas instaladas, mas, se o projeto for de grande escala, a medição das colunas, uma a uma, torna-se uma tarefa repetitiva e na qual se despende demasiado tempo. O *script* é uma forma de resposta a este problema.

O *script* desenvolvido tem como objetivo fazer a separação das tubagens por nível, conseguindo então, de uma forma automática, perceber a extensão das tubagens nas cotas necessárias. Tendo em conta que o Revit já faz esta separação para as tubagens horizontais, estas não foram tidas em conta, evitando a duplicação dos trabalhos.

Numa fase inicial foi preciso entender como se faria a separação das tubagens verticais das horizontais, podendo então trabalhar nos elementos que interessam para o objetivo final. Após obter uma lista completa de todas as tubagens existentes no modelo, procedeu-se à criação de uma marca nas colunas, neste caso identificando como verticais as mesmas recorrendo à secção “*comments*” das propriedades do elemento e escrevendo “*vertical*”, obtendo-se desta forma uma separação bem sucedida. Tendo as colunas separadas das restantes tubagens, é possível realizar o cálculo da extensão parcial e total das mesmas, proporcionando uma ideia da extensão das tubagens verticais.

Baseando-se na separação das colunas por níveis, é necessário fazer a sua intersecção, atingindo uma separação virtual para o cálculo das quantidades. No Revit os níveis não são considerados elementos, como paredes ou tubagens, logo, as potencialidades de manipulação não estão tão bem desenvolvidas. Para conseguir trabalhar com os níveis, foi necessário torná-los numa geometria, não sendo assim apenas um valor, fazendo então planos “*infinitos*” que cortam todo o projeto. Estes planos são feitos um a um para os níveis em causa, mas retiram as várias quantidades, superiores e inferiores, das colunas em estudo.

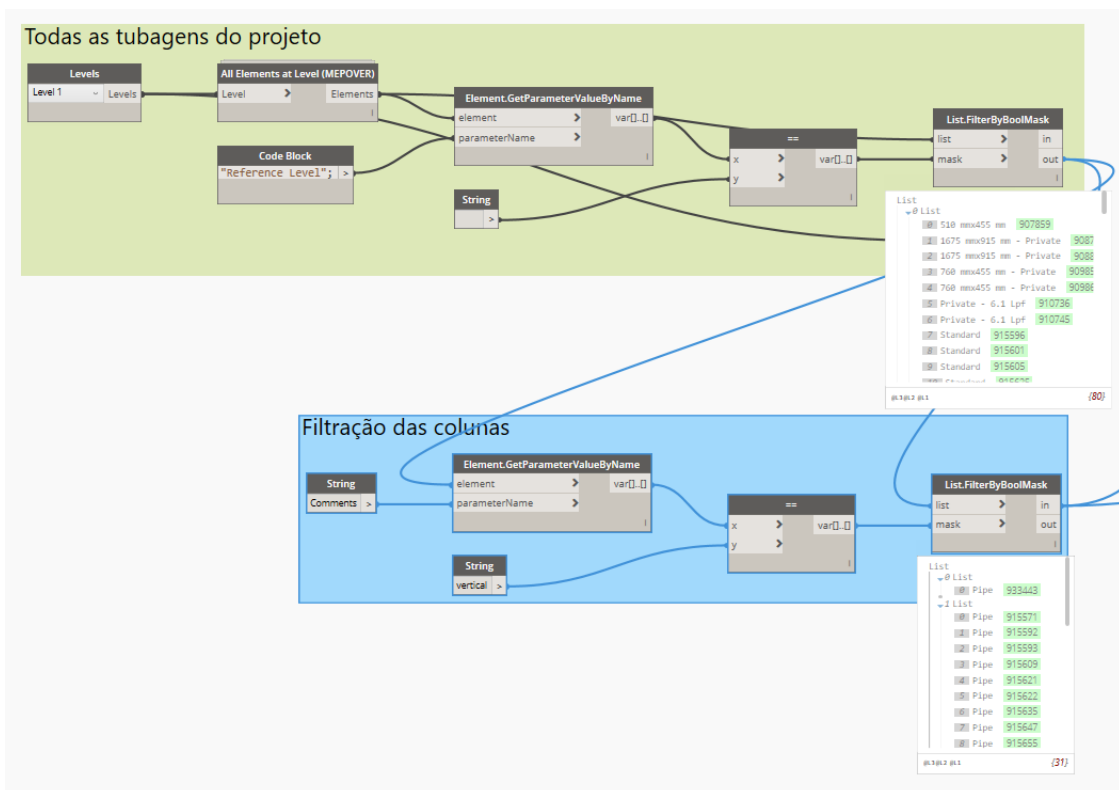


Figura 4.8 - Separação das colunas existentes.

Após separadas as colunas e construídos os planos referentes aos níveis, foi possível fazer a sua interseção. Resultante deste processo visualizam-se os vários valores em coordenadas cartesianas, separadas por “XX”, “YY” e “ZZ”, aferindo também a distância entre as tubagens.

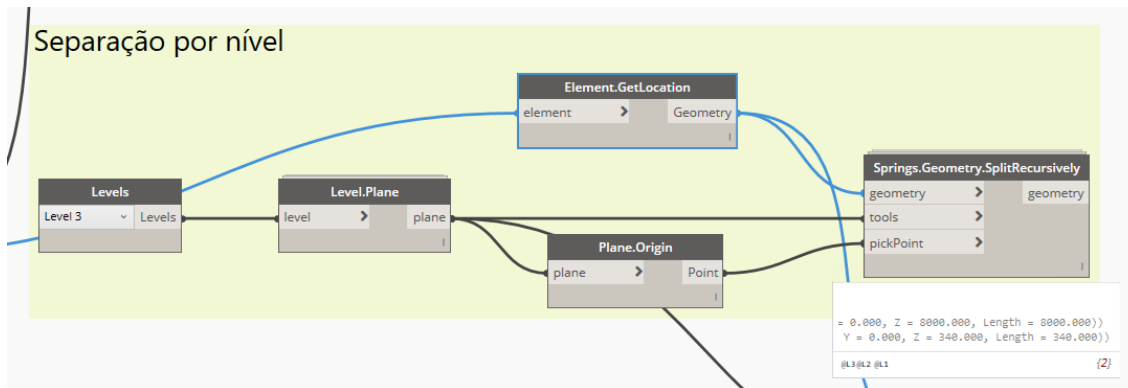


Figura 4.9 - Comprimento separado por nível.

Este *script* aumenta as capacidades existentes do Revit, tornando possível a separação e corte de elementos contínuos nos pontos desejados. Estes cortes e interseções realizadas não interferem no modelo tridimensional, ou seja, não existe nenhuma alteração visual da tubagem em causa.



# 5

## APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À MODELAÇÃO DESENVOLVIDAS

### 5.1. INTRODUÇÃO AO CASO DE ESTUDO

O trabalho realizado no contexto da criação de ferramentas de auxílio à modelação usando BIM, tornando todo este processo construtivo mais fluído, foi empregue a um caso prático, comprovando a sua aplicabilidade.

O modelo para a aplicação do caso de estudo foi cedido por parte da SOPSEC. Este modelo foi realizado no âmbito de um projeto de instalações hidráulicas, sofrendo algumas alterações, nomeadamente para a aplicação das ferramentas. A identificação das tubagens em estudo foram as alterações realizadas, considerando um LOD 300, como explicado em 2.1. Através deste nível de desenvolvimento é possível aferir os pormenores da rede predial de abastecimento de água, percebendo quais os sistemas existentes no modelo e toda a informação relacionada com o mesmo.

A composição deste modelo BIM teve em conta as potencialidades do software em uso. Os métodos de trabalho descritos em 2.2.4 foram aplicados a este caso de estudo, excetuando a interoperabilidade com outras especialidades. Esta interoperabilidade não foi um dos focos deste trabalho, pelo que não foi demonstrada por completo a sua dinâmica.

### 5.2. CASO DE ESTUDO – MORADIA

O modelo do caso de estudo é uma moradia constituída por dois pisos. Por motivos profissionais não é possível divulgar mais informação sobre a mesma.

#### 5.2.1. BASE DE ARQUITETURA

A base de arquitetura, tal como o modelo tridimensional do projeto em causa, foi cedida para a aplicação de todo o trabalho em estudo. O modelo de arquitetura encontra-se em segundo plano, ou seja, aplicando um modelo “*linkado*”, sendo possível trabalhar em sobreposição a esta especialidade não havendo a possibilidade de efetuar alterações ao mesmo, salvaguardando o modelo, por não ser o autor do mesmo.

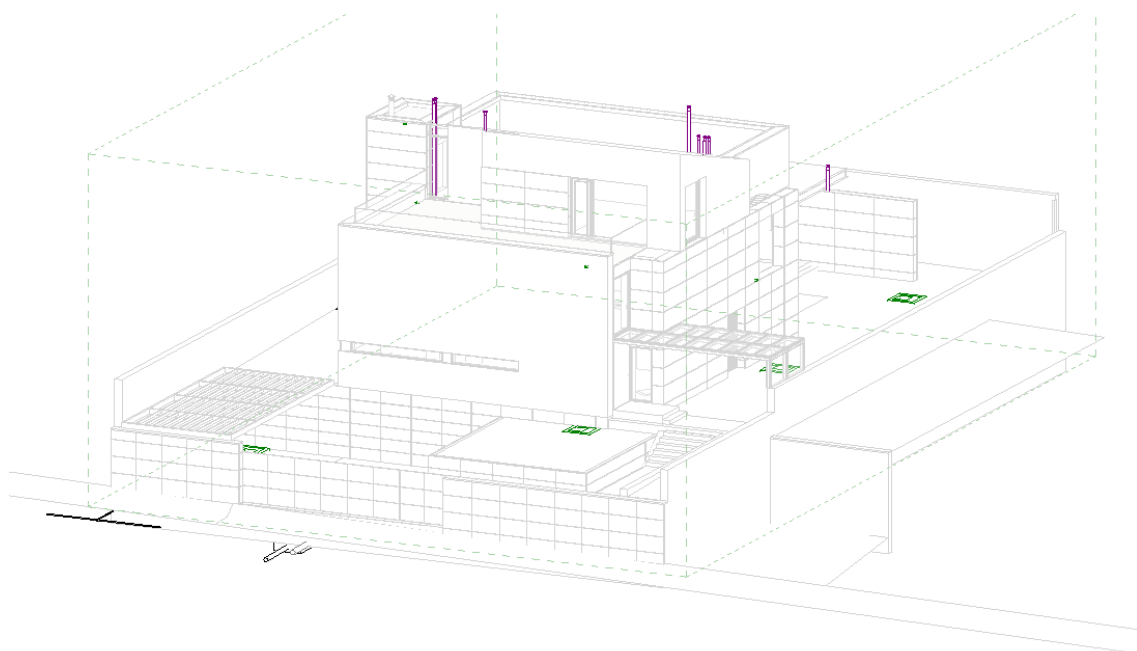


Figura 5.1 - Modelo da base em 3D da arquitetura da moradia em estudo.

Como é possível perceber na figura 5.1, os elementos referentes à arquitetura deste projeto encontram-se a meio tom, facilitando a percepção de todo o espaço geométrico referente à moradia. Esta é a primeira etapa para entender todo o projeto e o início do processo construtivo, estabelecendo uma base de trabalho para poder criar e testar as soluções passíveis de adotar.

No modelo de arquitetura, as soluções referentes aos elementos construtivos adotados não são definitivas, podendo sofrer alterações conforme a equipa de projetistas assim o decidir. A informação inserida nos elementos, como por exemplo os materiais a usar, não está definida por completo nesta fase inicial.

#### 5.2.2. BASE DE INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

A rede predial de abastecimento de água é uma das partes da especialidade de hidráulica focada nos edifícios. Na aplicação do trabalho desenvolvido, e tendo em conta as várias redes modeladas, tanto de abastecimento como de drenagem de água, foi necessário fazer uma filtração visual das mesmas, deixando apenas a rede na qual se irá fazer o estudo. Como tal, a rede predial de abastecimento de água foi separada das restantes. Tal como na base de arquitetura cedida é importante referir que este modelo da especialidade de hidráulica foi modelado com a ajuda de outros autores, podendo então demonstrar o poder visual no uso do Revit na compreensão global do projeto, bem como a sua potencialidade de fazer uma filtração dos elementos que se desejam estudar, pormenorizando os trabalhos em causa.

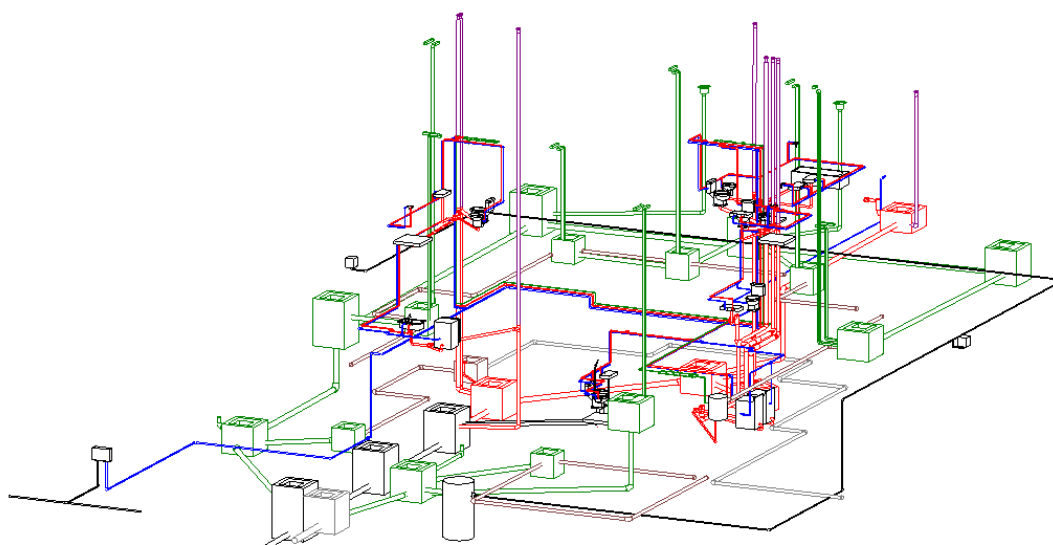


Figura 5.2 - Vista tridimensional das redes de abastecimento e drenagem de água.

É neste modelo que todos os trabalhos são realizados, no *template* que corresponde à especialidade em causa. É possível também retirar todas as folhas para entrega, das plantas, cortes e alçados em 2D relacionadas com o projeto em estudo. Em paralelo com estes desenhos há também a possibilidade de fazer desenhos de pormenor para uma melhor visualização do espaço físico.

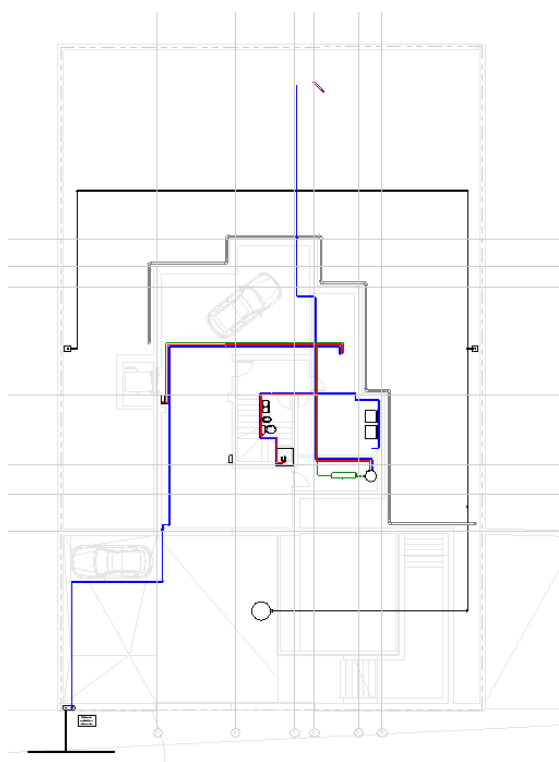


Figura 5.3 - Planta de um piso com os elementos da rede predial de abastecimento de água.

Com recurso às cores é possível distinguir o abastecimento de água quente e de água fria de uma forma nítida. Estas cores são associadas aquando da construção da rede, inserindo as tubagens em sistemas diferentes de abastecimento.

### 5.2.2.1. Modelação da rede predial de abastecimento de água

Iniciando a modelação da rede predial de abastecimento de água é aconselhável delinear as características inerentes aos elementos que vão ser modelados. Estas propriedades passam pelos ângulos possíveis de ocorrerem, pelos diâmetros disponíveis para adoção, o tipo de fluido nas tubagens e as suas propriedades, inclinações que se usam e as fórmulas a aplicar no cálculo da perda de pressões (equação de Haaland ou de Colebrook). Para o dimensionamento, o Revit usa o método do “*Plumbing Fixture Flow*”, baseado no “*2012 International Plumbing Code*”, servindo como uma referência aos valores finais a adotar.

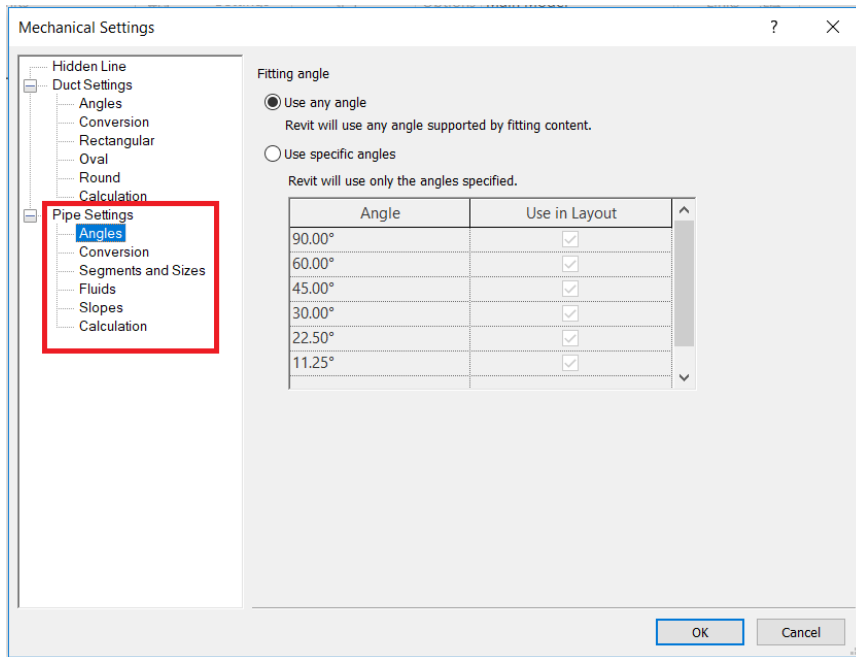


Figura 5.4 - Conjunto das características editáveis (em destaque a vermelho).

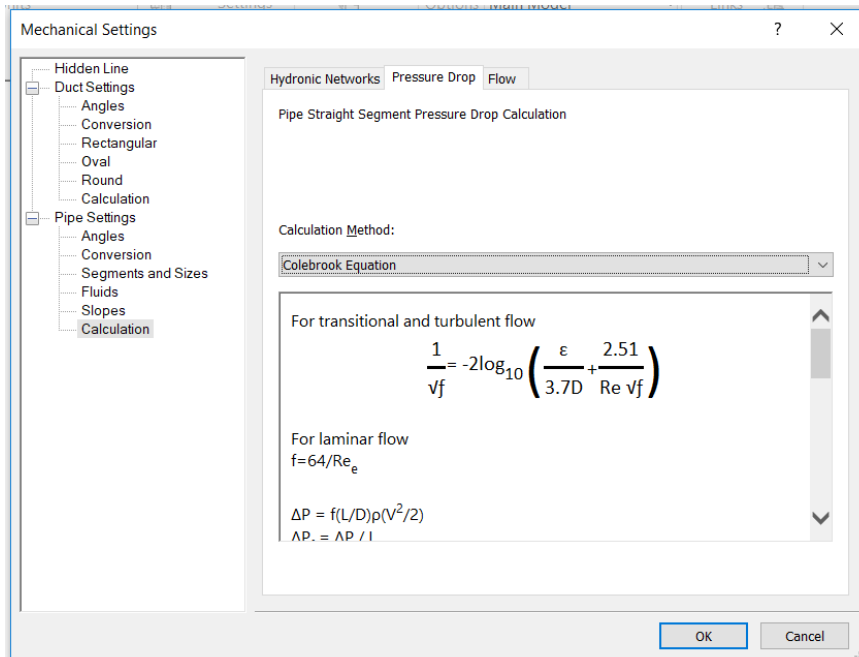


Figura 5.5 - Exemplo de uma das características (cálculo das pressões).

Definidas todas estas características, procede-se à edição dos equipamentos a usar no projeto, para uma correta compreensão por parte do software. Os equipamentos usados neste projeto não são da obra do autor pois o próprio software disponibiliza alguns equipamentos padrão, sobre os quais foi necessário efetuar algumas alterações para fazer um correto estudo. À parte das características geométricas, foi necessário inserir os caudais instantâneos que cada equipamento exige individualmente, podendo assim aferir o caudal acumulado que percorre cada excerto da rede. A par da instalação dos equipamentos inicia-se simultaneamente a criação dos sistemas existentes, de água quente ou água fria, distinguindo-os assim de uma forma inequívoca.

Systems	Flow	Size	Space Narr
Af 3	0.9 L/s		
ASH_Sandring...	0.2 L/s	20 mm	
ASH_Sandring...	0.2 L/s	20 mm	
ASH_Sandring...	0.2 L/s	20 mm	
ASH_Sandring...	0.2 L/s	20 mm	
Bidé: Normal	0.1 L/s	16 mm	
Bidé: Normal	0.1 L/s	16 mm	
Bidé: Normal	0.1 L/s	16 mm	
Bidé: Normal	0.1 L/s	16 mm	
Lava Louça: 76...	0.2 L/s	20 mm	
Lavatorio: 109...	0.1 L/s	16 mm	
Lavatorio: 109...	0.1 L/s	16 mm	
Lavatorio: 109...	0.1 L/s	16 mm	
Lavatorio: 109...	0.1 L/s	16 mm	
Lavatorio: 109...	0.1 L/s	16 mm	
Maquina lavar...	0.2 L/s	20 mm	
Misturadora d...	0.2 L/s	20 mm	
Máquina de la...	0.2 L/s	20 mm	
Máquina de s...	N/A	20 mm	
Sanita: Standa...	0.1 L/s	16 mm	
Sanita: Standa...	0.1 L/s	16 mm	
Sanita: Standa...	0.1 L/s	16 mm	
Sanita: Standa...	0.1 L/s	16 mm	
Sanita: Standa...	0.1 L/s	16 mm	
Termo acumul...	N/A	32 mm	

Figura 5.6 - Grupo de equipamentos associados ao sistema de abastecimento de água fria.

A rede predial de abastecimento de água é então construída tendo em conta as regras do traçado descritas anteriormente. Como tal é desenvolvido um esquema inicial para discussão com o Dono de Obra, e após a aprovação deste é possível então fazer um traçado definitivo. Com base neste traçado inserem-se as várias tubagens ligadas aos equipamentos dos sistemas de água fria e de água quente criados. Os acessórios de ligação a implementar na rede, como têes e cotovelos são associados automaticamente, quando existem mudanças de direção ou mudanças de diâmetro. Dever-se-á proceder à colocação das válvulas conforme as normas em vigor.

Após o desenho da rede, segue-se a fase do cálculo hidráulico. Não sendo uma ferramenta direcionada para o cálculo hidráulico, o Revit tem ainda algumas funcionalidades relacionadas com o mesmo. É possível efetuar um pré-dimensionamento através do “*Pipe sizing*” (dimensionamento), salvaguardando-se, contudo, que este cálculo não se encontra totalmente de acordo com as normas portuguesas de dimensionamento. O caudal que o software usa é o caudal acumulado, não obtendo os valores finais dos vários diâmetros das tubagens. O valor do diâmetro, neste ponto de desenvolvimento tem de ser calculado através de métodos exteriores ao Revit. Potencializando uma perceção, existe a possibilidade do uso de cores, bem como de identificadores (“*tag*”) no qual se insere o diâmetro usado fazendo a sua separação através dos mesmos.

No projeto em questão selecionou-se ainda as quantidades de tubagem usada em todo o projeto, contabilizando-se os comprimentos e os diâmetros, podendo agrupa-los da forma desejada. Foram agrupados pelos sistemas de abastecimento no qual se inserem, existentes ou não existentes.

<Tubagem>			
A	B	C	D
Sistema	Material	Diameter	Comprimento
S-Af-Adução			
40 mm			
S-Af-Adução	Pipe Types: Abastecimento-PEAD	40.0 mm	14.69
4			14.69
16 mm			
S-Af-Adução	Pipe Types: Abastecimento-TRI	16.0 mm	9.39
36			9.39
20 mm			
S-Af-Adução	Pipe Types: Abastecimento-TRI	20.0 mm	36.03
45			36.03
26 mm			
S-Af-Adução	Pipe Types: Abastecimento-TRI	26.0 mm	34.76
35			34.76
32 mm			
S-Af-Adução	Pipe Types: Abastecimento-TRI	32.0 mm	23.76
18			23.76
40 mm			
S-Af-Adução	Pipe Types: Abastecimento-TRI	40.0 mm	19.77
8			19.77
16 mm			
S-Af-Adução	Pipe Types: Esgotos_PP_Rede Embebida	16.0 mm	0.02
1			0.02
S-Af-Existente			
40 mm			
S-Af-Existente	Pipe Types: Abastecimento-PEAD	40.0 mm	7.45
4			7.45

Figura 5.7 - Excerto da tabela de medições das quantidades das tubagens usadas.

Através da interoperabilidade desenvolvida e, não havendo obrigações contratuais, os ficheiros para entrega elaborados internamente no Revit podem ser convertidos em dwg. Destaca-se, contudo, que nesta conversão existe a possibilidade de perda de informação, nomeadamente dentro do software que abre estes ficheiros dwg. Uma forma de colmatar esta situação e de preservar alguma desta informação é através da associação de *layers*.

Estando desenvolvido o modelo é possível fazer a visualização em 3D de partes específicas do projeto para controlo de colisões. Uma vez que esta vertente tridimensional existe, podendo também fazer uso ao software Autodesk Navisworks que retira todas as conformidades existentes, não sendo usada neste caso devido aos modelos linkados, fez-se a visualização de uma secção onde os vários sistemas se intersectam. Na figura 5.8 podemos aperceber-nos que não há qualquer tipo de contacto entre as tubagens, obtendo uma construção correta em obra.

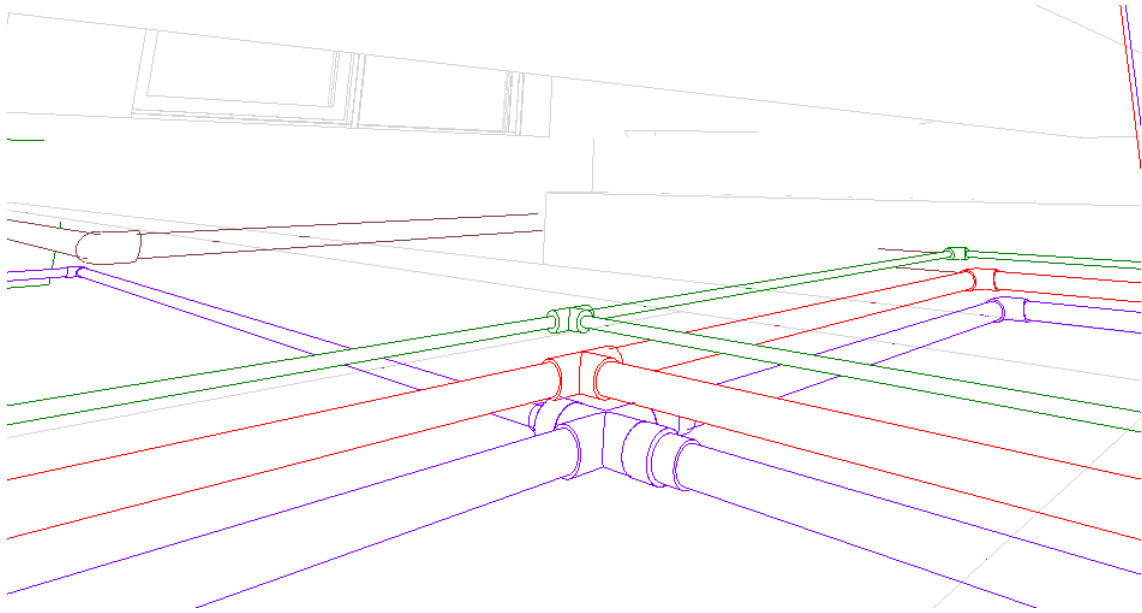


Figura 5.8 - Visualização 3D da intersecção entre os vários sistemas modelados

### 5.3. APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Estando o modelo realizado é possível proceder à aplicação das ferramentas desenvolvidas. Estas ferramentas são aplicadas em fases distintas da construção do projeto. A primeira ferramenta, da aplicação automática dos diâmetros das tubagens, após o dimensionamento usando o Excel, é utilizada durante a parte final da modelação da rede, apresentando assim os corretos diâmetros. A segunda ferramenta, da separação das tubagens verticais, será numa fase posterior, aquando do levantamento das quantidades de material aplicado no projeto da rede predial de abastecimento de água.

Para a sua aplicação é necessário estabelecer algumas mudanças ao nível da informação dos elementos instalados, nomeadamente na sua identificação. Após este processo de identificação é viável a aplicação destas ferramentas.

Como o modelo era já existente houve a necessidade de modificação de alguns elementos sendo necessário identificar cada excerto de tubagem para subsequentemente conseguir executar corretamente o primeiro “*script*” da mudança automática dos diâmetros. Os diâmetros foram todos alterados para um valor por defeito com que se inicia a simulação, neste caso 10 mm. Usando a folha de Excel cedida pela SOPSEC, e procedendo ao seu correto uso, foi possível retirar os valores de diâmetros finais a usar.

Troço		Diâmetro	
1	2	16	
2	3	20	
3	4	20	
4	5	20	
5	6	20	
6	7	20	
7	8	26	
8	9	26	
9	10	32	

Figura 5.9 - Excerto da organização da tabela dos diâmetros proveniente da folha de cálculo

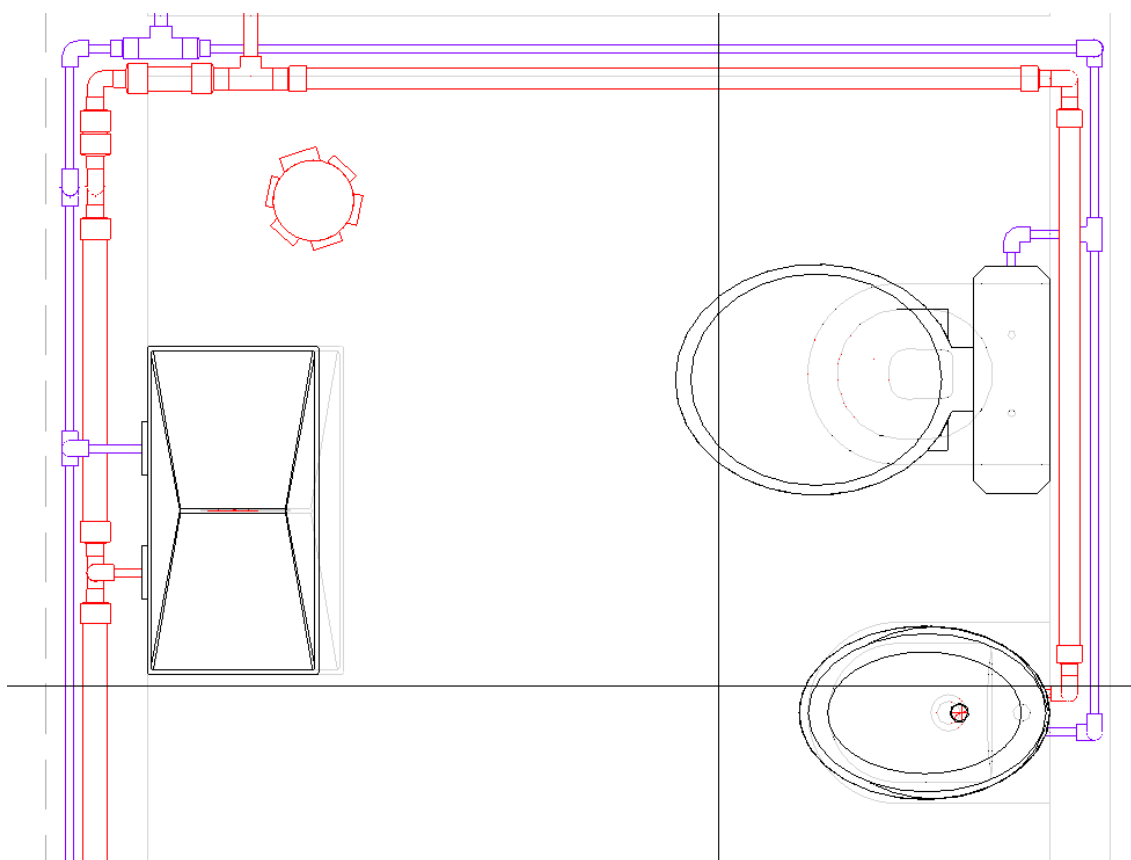


Figura 5.10 - Vista em pormenor da modelação com um valor pré-definido de 10mm



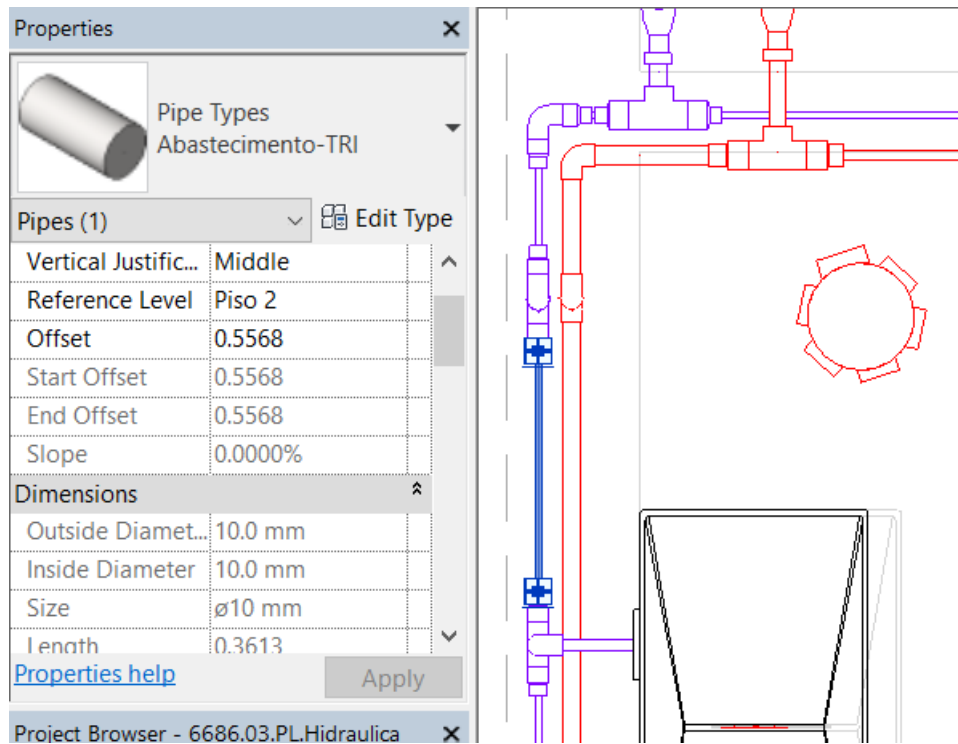


Figura 5.11 - Propriedades do elemento (tubagem) antes da aplicação automática dos diâmetros

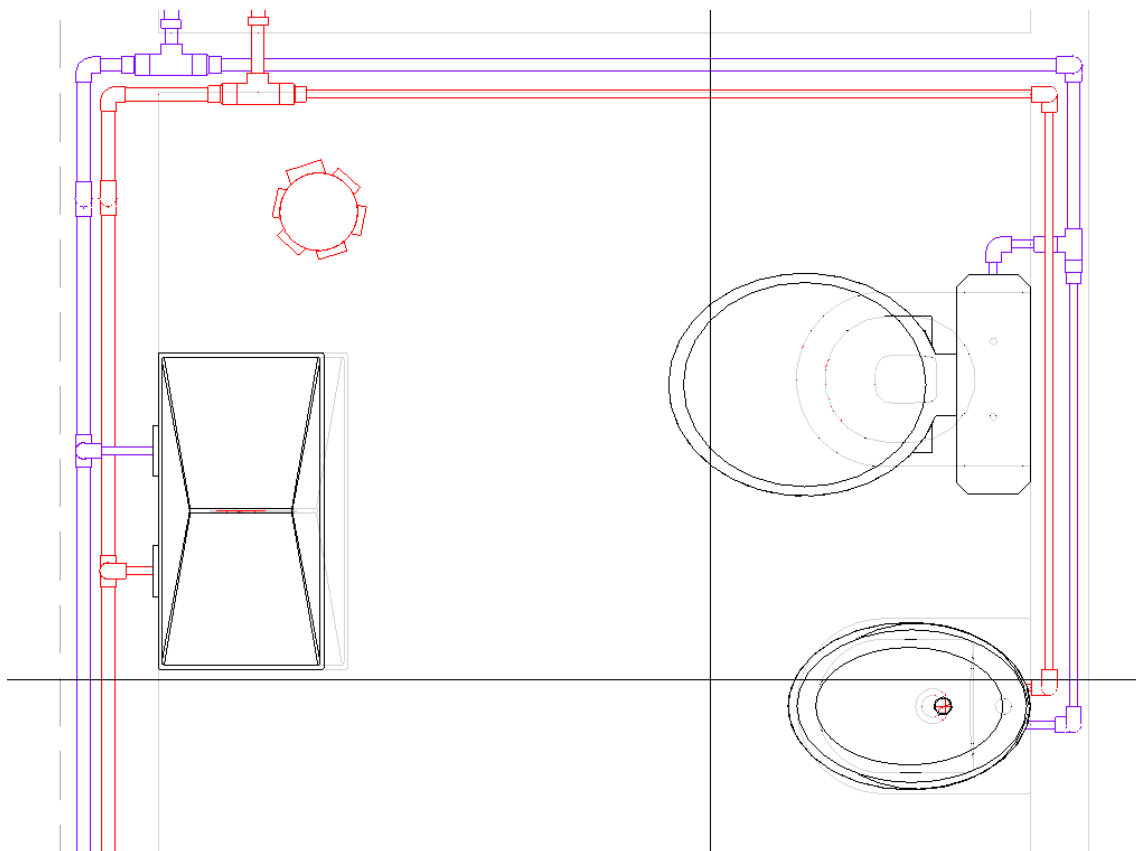


Figura 5.12 - Após a aplicação da ferramenta, mudando assim os diâmetros calculados das tubagens do modelo

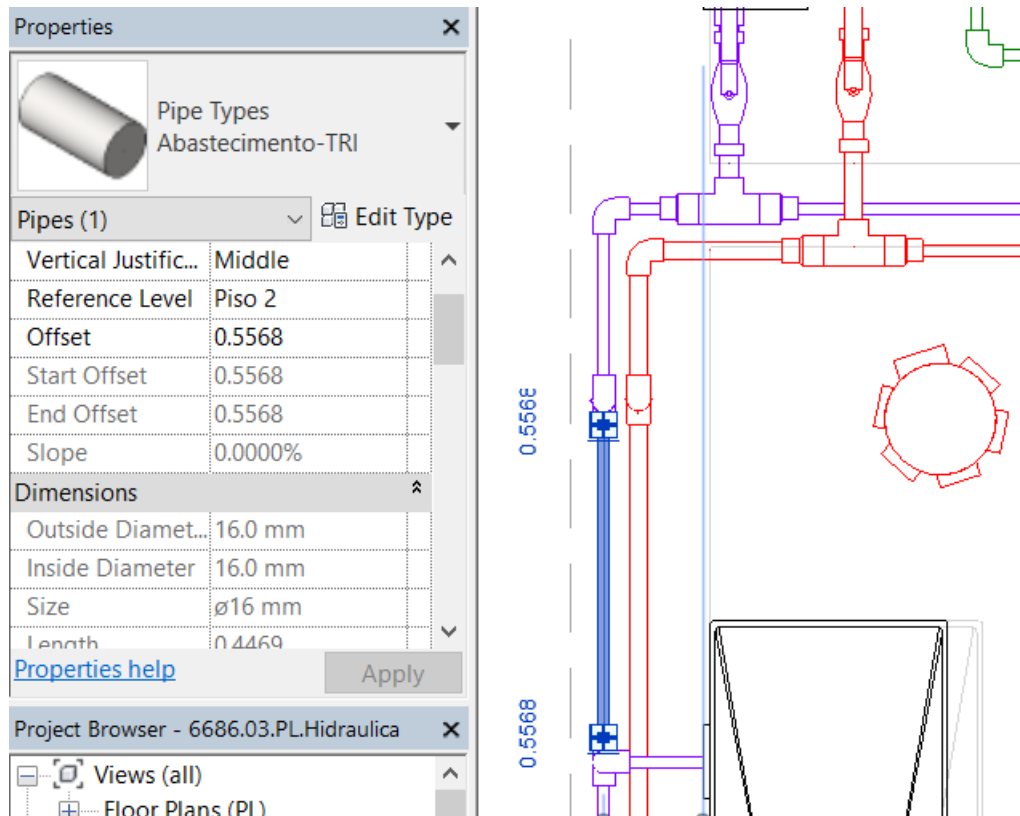


Figura 5.13 - Propriedades do elemento (tubagem) após a aplicação automática dos diâmetros

Acima representado nas figuras 5.10 e 5.12 estão os dois resultados, o antes e o depois da aplicação desta ferramenta. Além de se ter documentado a mudança dos diâmetros, constatou-se que a ligação entre a folha de Excel e o Revit continua a existir, o que permite que futuramente, caso seja necessário fazer alguma alteração do valor do mesmo, este não seja diretamente alterado no modelo, mas sim na folha de cálculo com a qual se trabalhou.

Simultaneamente é possível aplicar a segunda ferramenta, na qual se retiram os valores das tubagens verticais compreendidas entre dois níveis. Este valor, no caso de projetos de grande dimensão torna-se necessário para o caso de encomendas de material a instalar em obra. Tendo acesso às coordenadas de cada elemento, é possível então realizar o corte e verificar o comprimento que existe compreendido entre cada um dos pisos. Esta ferramenta não possui uma interface amigável ao utilizador pois o processo é realizado interiormente no Dynamo, com recurso a coordenadas cartesianas, onde apenas interessa o eixo ZZ.

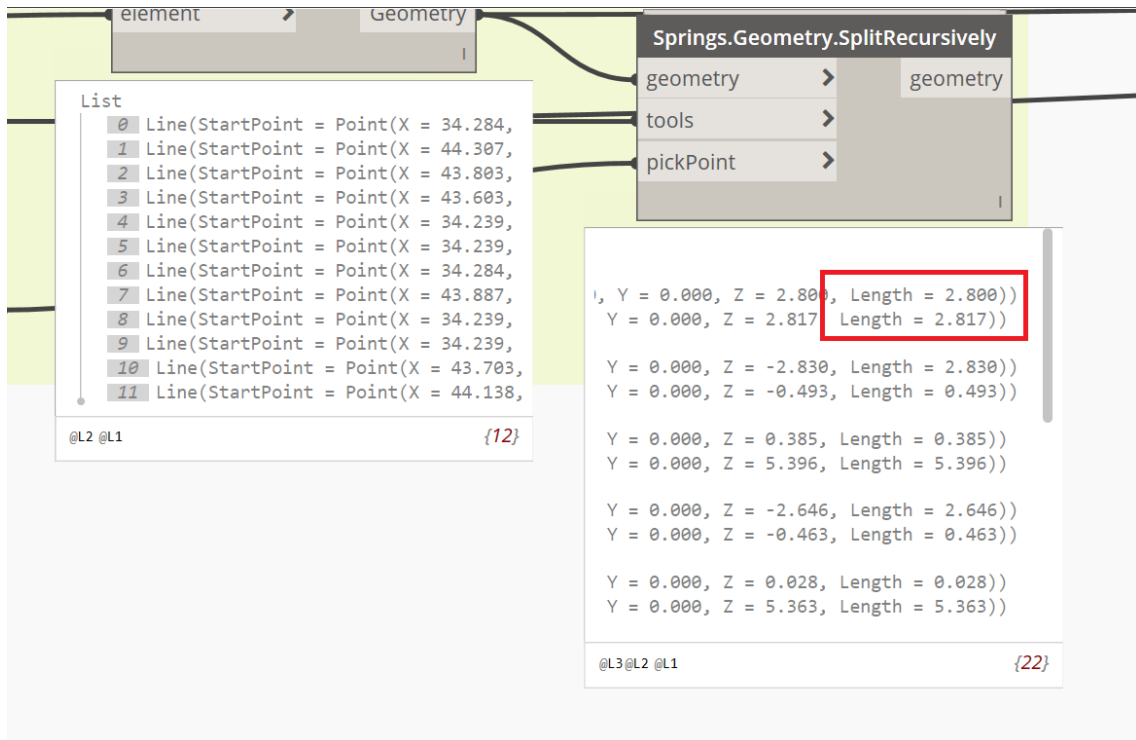


Figura 5.14

Figura 5.15 - Medição final do corte das tubagens verticais. 2.817m acima do piso 1.

Na figura 5.14 é possível perceber que a tubagem que foi intersectada com o piso 1 tem 2,80 metros de tubagem abaixo do piso 1 e 2,817 acima deste nível.

Através da manipulação deste modelo foi possível verificar o funcionamento das ferramentas desenvolvidas no âmbito deste trabalho. Estas ferramentas mostraram-se capazes de realizar as tarefas para as quais foram pensadas.



# 6

## CONCLUSÃO

### 6.1. CONCLUSÃO

Concluídos os trabalhos propostos inicialmente, é possível assimilar e interiorizar os processos à volta do BIM, pormenorizando os trabalhos relacionados com o projeto da rede predial de abastecimento de água, salientando-se contudo que estes trabalhos poderão facilmente ser sobrepostos àqueles de outras especialidades, apesar destas não terem sido objeto deste estudo. Colocaram-se também em evidência as vantagens e limitações referentes quer aos métodos tradicionais, quer aos novos processos. Sendo a SOPSEC uma empresa de serviços de engenharia, as ferramentas desenvolvidas foram de apoio e ao encontro do trabalho realizado internamente pela empresa, mas com foco na área de projeto e instalações hidráulicas.

Ao longo de toda a dissertação esteve sempre presente uma proximidade com as formas de trabalho tradicional, de elevada importância no caráter formativo e relativo a este projeto. Houve um contacto direto e constante com as folhas de cálculo existentes para a concretização do cálculo hidráulico e com os *softwares* à produção de folhas dos traçados da rede predial de abastecimento.

BIM é um conceito que se tem tornado uma tendência ao longo dos últimos anos, havendo uma adoção crescente a nível nacional e internacional. Foram apresentadas algumas técnicas de implementação usadas em alguns países e ainda a forma como Portugal começa a entrar nesta tendência. Devido à evolução constante da interoperabilidade, a implementação do BIM tornou-se mais fluída, possibilitando assim a comunicação entre vários programas de modelação, não sendo necessário ficar restrito a apenas um *software*. A sua implementação deverá ser uma afirmação, embora os passos a tomar sejam demorados e encarados na globalidade que é a indústria AEC.

Foram encontradas algumas dificuldades na realização deste estudo. Os trabalhos relativos às instalações hidráulicas revelaram-se bastante trabalhosos e de demorada execução. No que diz respeito ao *software* usado, neste caso o Revit, ao contrário de outras áreas, demonstrou grandes potencialidades e capacidade de resposta, embora claro que com algumas limitações. Este *software* não incorpora ferramentas de cálculo que sejam possíveis de usar com um elevado grau de confiança, aquando da execução deste trabalho. A falta de formação sobre estes processos é uma das barreiras à sua implementação, pois os métodos de trabalho sofrem grandes alterações, tanto durante o processo construtivo, como nas formas de entrega de um projeto. Em conjunto com a falta de formação, a carência relativa à legislação, que se mostrou em alguns países essencial à implementação do BIM, é outro dos obstáculos.

Integrando estes novos métodos foram descobertas também vantagens. O projeto é construído em três dimensões, facilitando a visualização e a comunicação com o cliente, adequando-se mais facilmente às várias entidades implicadas, muitas vezes que se encontram fora das áreas mais técnicas da construção.. A coordenação e a comunicação constante, reduzindo os tempos para a realização do trabalho em causa, é uma evolução notória. A automação como uma parte integrante destes processos BIM, reduzindo o tempo, e conseqüentemente os custos face aos métodos correntes, torna todo o processo de desenho e do cálculo hidráulico dinâmico.

Através das VPL foi possível aumentar as capacidades existentes do software Revit. A capacidade de personalizar algumas tarefas aquando da realização de um projeto de redes prediais de abastecimento de

água revelou-se útil. É uma forma de programação amigável, sendo bastante intuitiva no seu uso, podendo ver em tempo real a influência das rotinas criadas.

As ferramentas desenvolvidas têm como objetivo principal assistir nos trabalhos de modelação e de cálculo das quantidades de material, que se revelaram um algo limitadas na especialidade em estudo. A sua criação focou-se também na aproximação de métodos tradicionais do processo construtivo referente ao cálculo hidráulico, atraindo os profissionais da área, tornando apelativo o seu uso.

## 6.2. TRABALHOS FUTUROS

Acompanhando a evolução deste trabalho, conhecendo as capacidades do uso da VPL, através do Dynamo, várias soluções podem continuar a ser desenvolvidas. A personalização das tarefas pode estar relacionada diretamente com um projeto apenas, ou num conjunto.

Nas duas ferramentas desenvolvidas poder-se-á aperfeiçoar as *interfaces* das rotinas, tornando-as mais amigáveis para um uso futuro. A aproximação aos métodos tradicionais, interetando-os com o BIM, é uma forma útil para a sua implementação final, tornando o processo de mudança gradual.

Usando estas rotinas a automação dos métodos usados, vários trabalhos podem ser realizados, tais como a criação automática das folhas, personalização dos elementos existentes ou a realização de cálculos que o software não realiza de forma original.

Fica então aberta uma possibilidade considerável de caminhos futuros na utilização destas novas tecnologias e métodos, não esquecendo que a progressão para um futuro mais tecnológico e automático deverá ter sempre em conta o passado tradicional, de forma a responder de forma ajustada às necessidades correntes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFUL. "Definition of Interoperability.", <http://interoperability-definition.info/en/>.

Anderle, M. and R. Allen (2016). 20 Practical Uses of Dynamo for Revit to Improve Team Efficiency. Autodesk University.

Andrade, M. L. V. X. d. and R. C. Ruschel (2009). "Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC."

Antunes, D. A. E. (2013). Integração de modelos BIM com redes de sensores num edifício. Departamento de Engenharia Electrotécnica Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.

areo (2016). "BIM Interoperability - is the industry sailing under false colors?", <http://blog.areo.io/bim-interoperability/>.

AUTODESK. , <https://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>.

Azhar, S., et al. (2008). Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects. First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I) "Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice".

Beale and Company (2013). "Building Information Model (BIM) Protocol - Standar Protocol for use in projects using Building Information Models."

Bentley., <https://www.bentley.com/pt/products/product-line/modeling-and-visualization-software/microstation>.

BIMFORUM (2017)., <http://bimforum.org/lod/>.

BIMTaskGroup., <http://www.bimtaskgroup.org/about/>.

BJØRKHAUG, L. (2010). "What on earth is IFD?"., <http://catenda.no/archives/228>.

Bokmiller, D., et al. (2015). Mastering Autodesk Revit MEP 2015.

BuildingSMART., <http://www.buildingsmart.org>.

BuildingSMART. "Data Dictionary.", <https://www.buildingsmart.org/standards/standards-tools-services/data-dictionary/>.

BuildingSMART. "IFC Introduction.", <https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>.

Burchett, R. (2017). "Putting the "I" in BIM: How to Work with the Information Needed for a Building Information Model.", <https://www.augi.com/articles/detail/putting-the-i-in-bim-how-to-work-with-the-information-needed-for-a-building>.

CADdigest (2016). "15 Terms Every BIM User Needs to Know.", <https://www.caddigest.com/15-terms-every-bim-user-needs-to-know/>

Construction, M. H. (2014). "The Business Value of BIM for Construction in Major Global Market: How Constructors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling."

Costa, A. A. (2016). Visão Construção 2020 - ONS/IST : Digitalização da Indústria da Construção.

Czmoch, I. and A. Pekala (2014). "Traditional Design versus BIM Based Design."

Dictionary.com., <http://www.dictionary.com/browse/script>.

Dynamo. de <http://dynamobim.org/>.

Eastman, C., et al. (1974). "An Outline of the Building Description System." 23.

Eastman, C., et al. (2008). Bim Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, John Wiley & Sons, Inc.

Eastman, C. M. (1999). "Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction."

Editor, T. (2016). What Interoperability really means in a BIM context?

General Services Administration, G., <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling>.

Graphisoft, <http://www.graphisoft.com/archicad/>.

Hardin, B. (2009). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows, Wiley Publishing, Inc.

Hardin, B. and D. Mcool (2015). "BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows Second Edition."

Hattab, M. A. and F. Hamzeh (2013). "Information flow comparison between traditional and bim-based projects in the design phase."



Institution, T. B. S. (2013). PAS 1192-2 : Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling.

Kensek, K. M. (2014). "Integration of Environmental Sensors with BIM: case studies using Arduino, Dynamo, and the Revit API."

Kent, B. J. (2014). Current BIM Practices of Commercial MEP Contractors. Construction Engineering and Management Commons, Brigham Young University - Provo.

Khosrowshahi, F. and Y. Arayici (2012). "Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry."

Kilkelly, M. (2016). "Easily Duplicate Views with this Revit Macro." , <http://archsmarter.com/duplicate-views-revit-macro/>.

Kiviniemi, A., et al. (2008). Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM.

Kiviniemi, A. (2008). "Support for Building Elements in the IFC 2x3 Implementations based on 6th Certification Workshop Results in May 2007."

Kiviniemi, A. (2010). BIM - just another buzzword or a real change in the industry?

Law, M. (2014). "Getting Started with Revit Macros." from <https://www.augi.com/articles/detail/getting-started-with-revit-macos>.

Liebich, T. (2013). IFC4 – the new buildingSMART Standard : What's new in IFC4 ?

Mahdjoubi, L., et al. (2015). Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations, WIT Press.

Maritan, F. (2014). "O que é essa "coisa" chamada LOD?!?!".

Martins, J. P. (2016). Especificações do modelo \_LOD, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Martins, J. P. (2016). Gestão da Informação na Construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Martins, J. P. and A. Monteiro (2011). Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação.

McPartland, R. (2017). "What is an Information Delivery Manual (IDM)?"., <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-an-information-delivery-manual-idm>.

McPhee, A. (2013). "What is this thing called LOD." , <http://practicalbim.blogspot.pt/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>.

Medeiros, C. (2016). Abastecimento de água fria Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Microsoft., <https://www.microsoft.com/pt-pt>.

Mills, F. (2015). "What is a common data environment?" .

NBIMS, N. B. I. M. S. (2007). "Part 1 : Overview, Principles, and Methodologies."

Newsroom (2017). "IFC what's it for? What's its connection with BIM?",  
<http://biblus.accasoftware.com/en/ifc-whats-it-for-whats-its-connection-with-bim/>.

Office, C. and I. a. P. Authority (2016). "Government Construction Strategy: 2016 - 2020."

ONS/IST (2016). RELATÓRIO CT 197 – BIM 2016.

Paixão, M. d. A. (1999). Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais.

Pedroso, V. M. R. (2000). Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas, LNEC.

RGSPDADAR (1995). "Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais."

Rouse, M. (2006). "Interoperability." ,  
<http://searchmicroservices.techtarget.com/definition/interoperability>.

Scheer, D. (2013). "Fun with Dynamo for BPA - Automatic shading design." ,  
<http://autodesk.typepad.com/bpa/2013/08/more-fun-with-dynamo-for-bpa-automatic-shading-design.html>.

Shepherd, D. (2015). "BIM Level 3: Sorting fact from fantasy."

Singh, I. (2017). "BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations."

Smith, P. (2014). "BIM impementation - global strategies."

SOPSEC (2009). Infraestruturas Hidráulicas.

SOPSEC (2017). Funcionamento de desenho.

SRINSOFT. "BIM Level of Development(LOD) 100, 200, 300, 400 & 500." ,  
<http://www.srinsofttech.eu/bim-level-of-development-lod-300-400-500.html>.

Succar, B. (2008). "Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders."

Sunesen, S. (2011). "buildingSMART Data Dictionary (IFD Library) : General overview."

Technologies, G. , <http://www.gehrytechnologies.com/en/>.

TopInformática. , <http://www.topinformatica.pt/index.php?cat=13&item=137>.

Withers, I. (2012). "Government wants UK to be BIM global leader." , <https://www.building.co.uk/news/government-wants-uk-to-be-bim-global-leader/5046951.article>.

Wong, A. K. D., et al. (2009). "COMPARATIVE ROLES OF MAJOR STAKEHOLDERS FOR THE IMPLEMENTATION OF BIM IN VARIOUS COUNTRIES."

**ANEXOS A**

**Ferramentas em Dynamo**

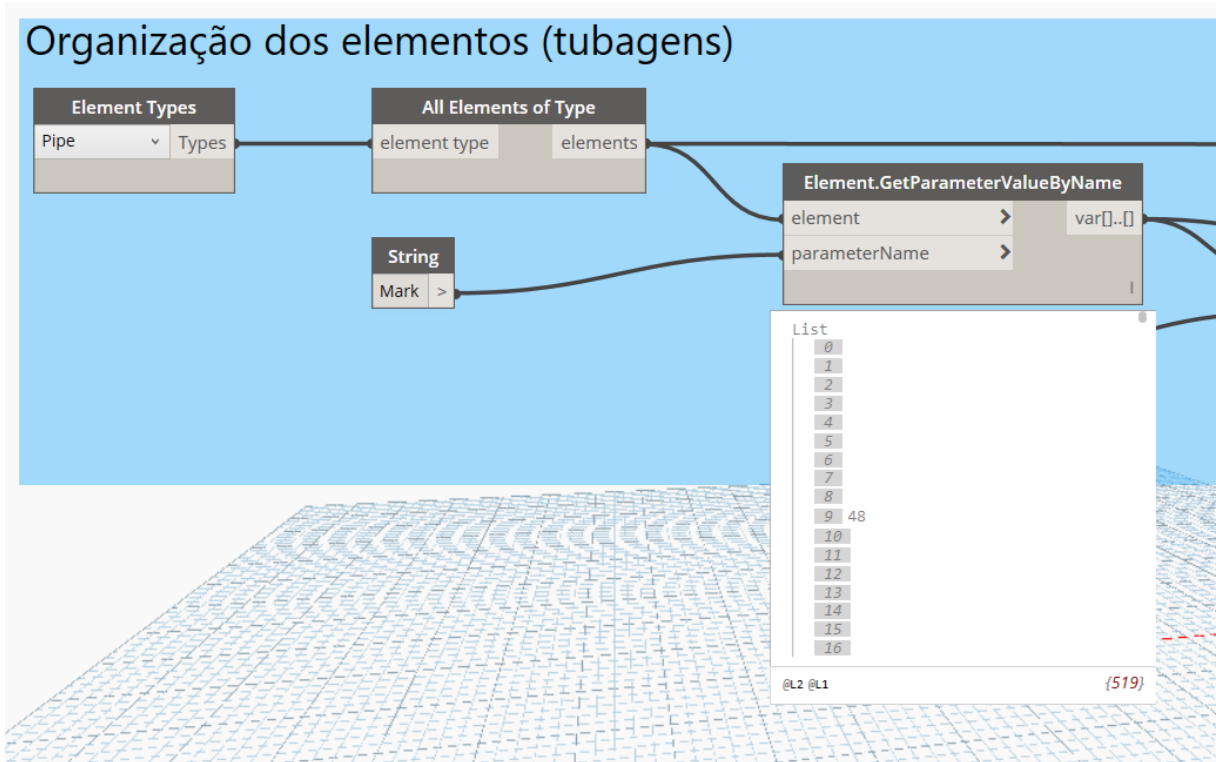


Fig A.1 – Extração de todos os elementos existentes no modelo no âmbito da especialidade de instalações hidráulicas.

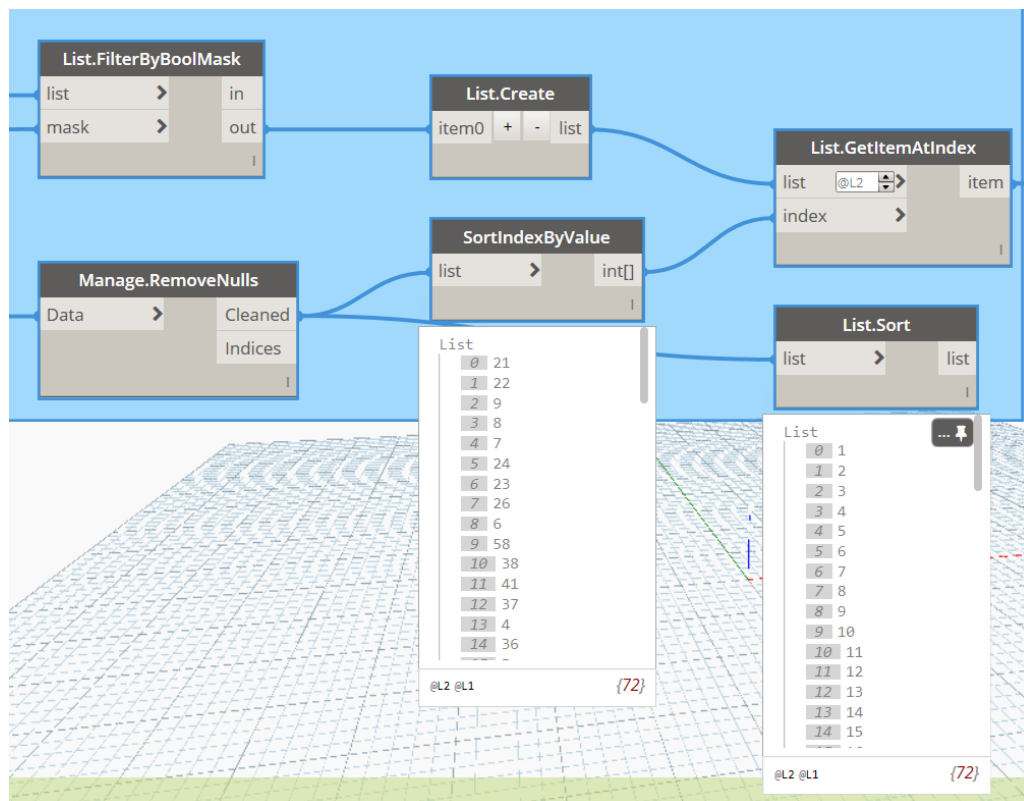


Fig A.2 – Filtração e organização dos elementos extraídos.

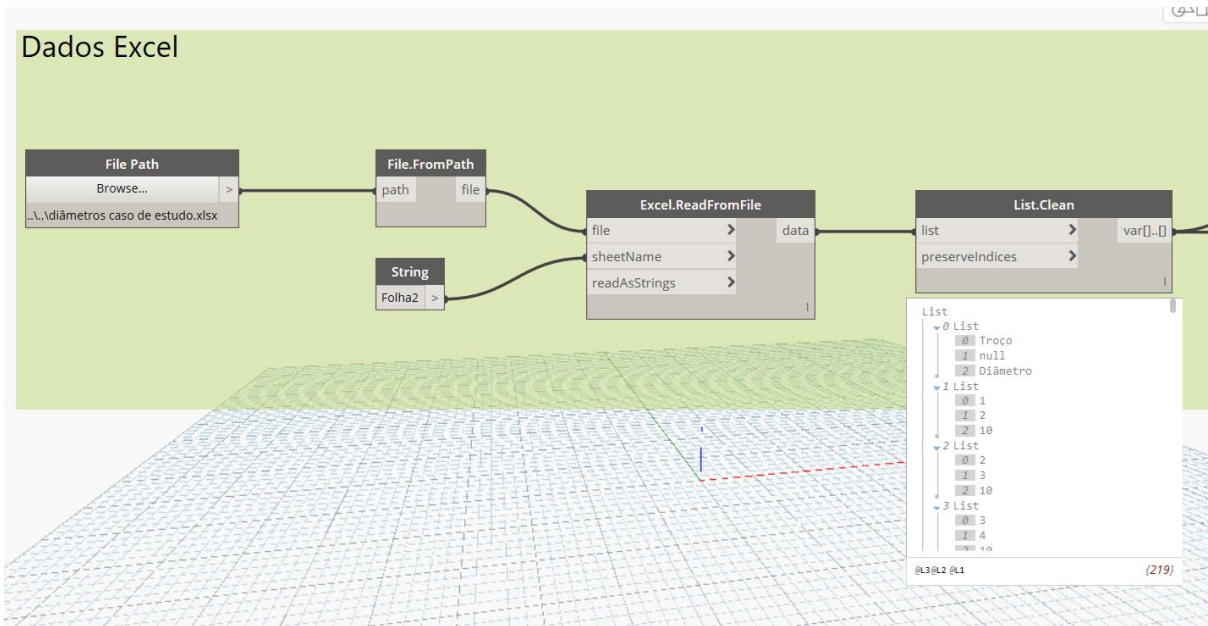


Fig A.3 – Extração dos dados da macros de Excel para posterior associação a cada tubagem.

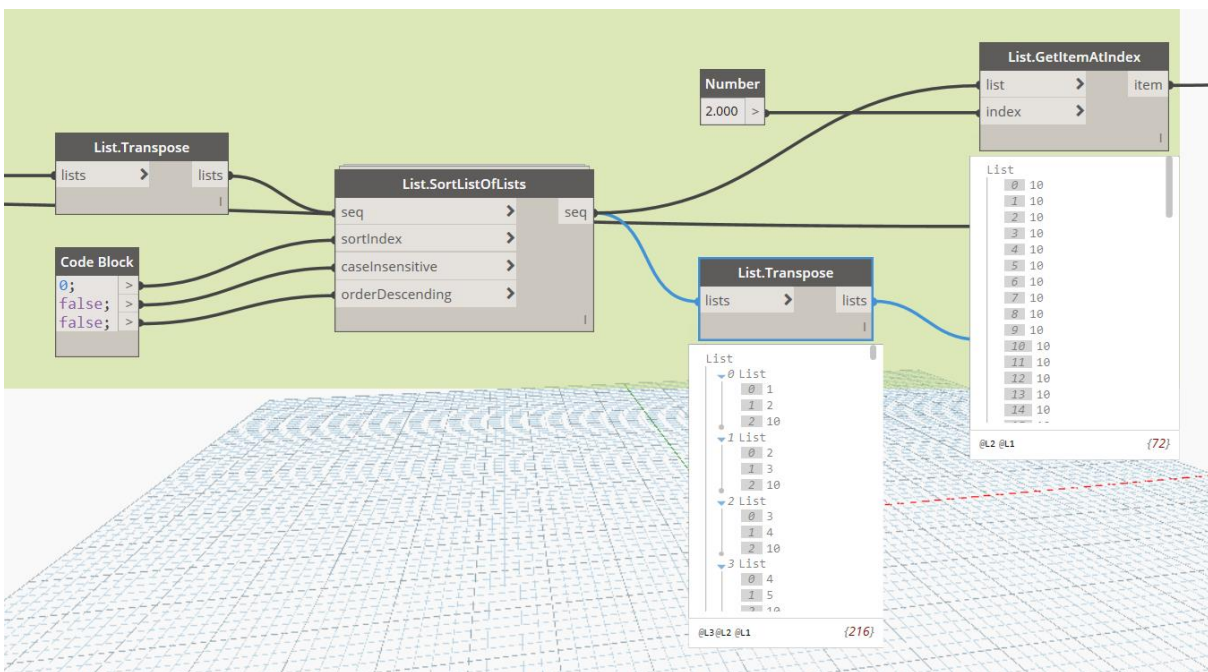


Fig A.4 – Organização dos dados do Excel para uma correta correspondência dos diâmetros.

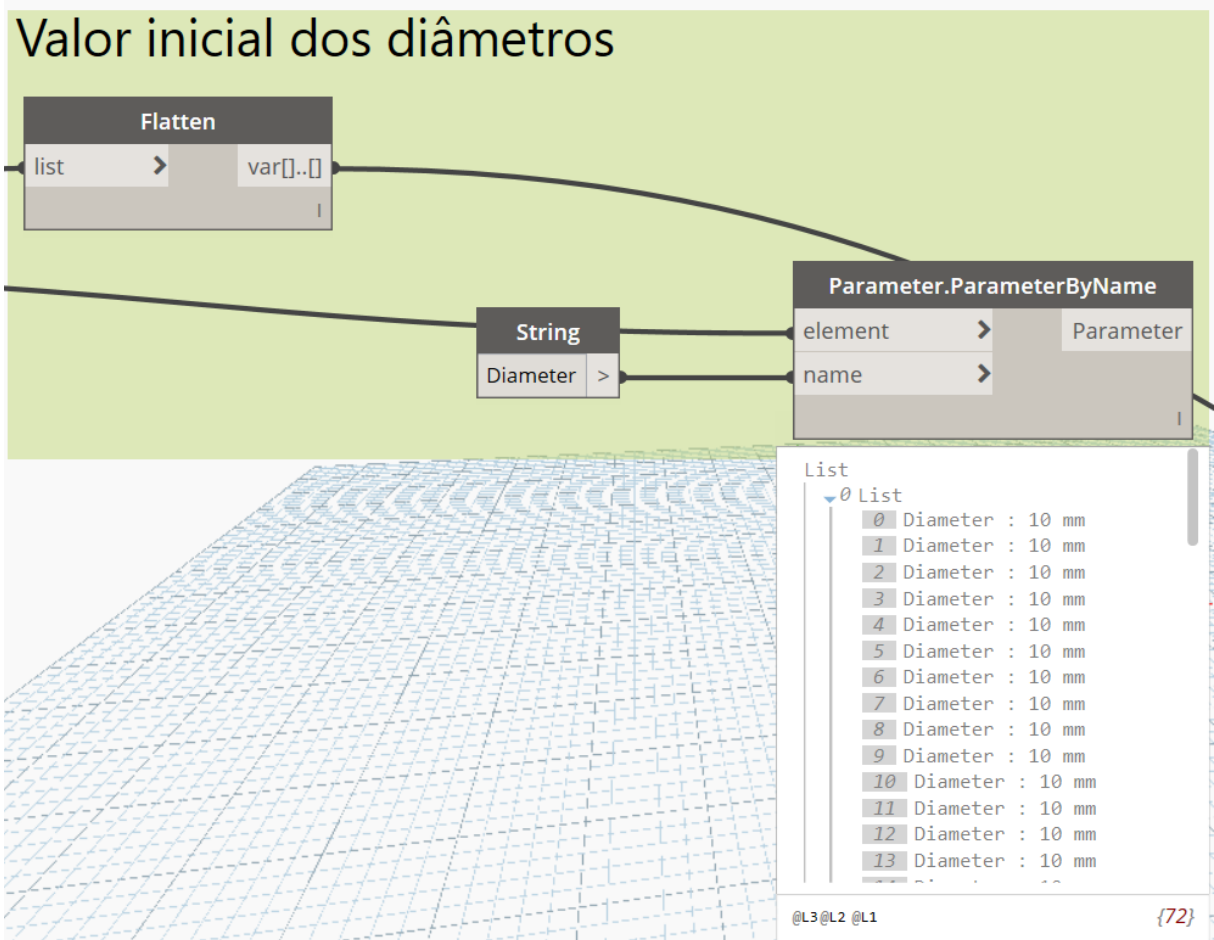


Fig A.5 – Valores dos diâmetros antes da mudança.

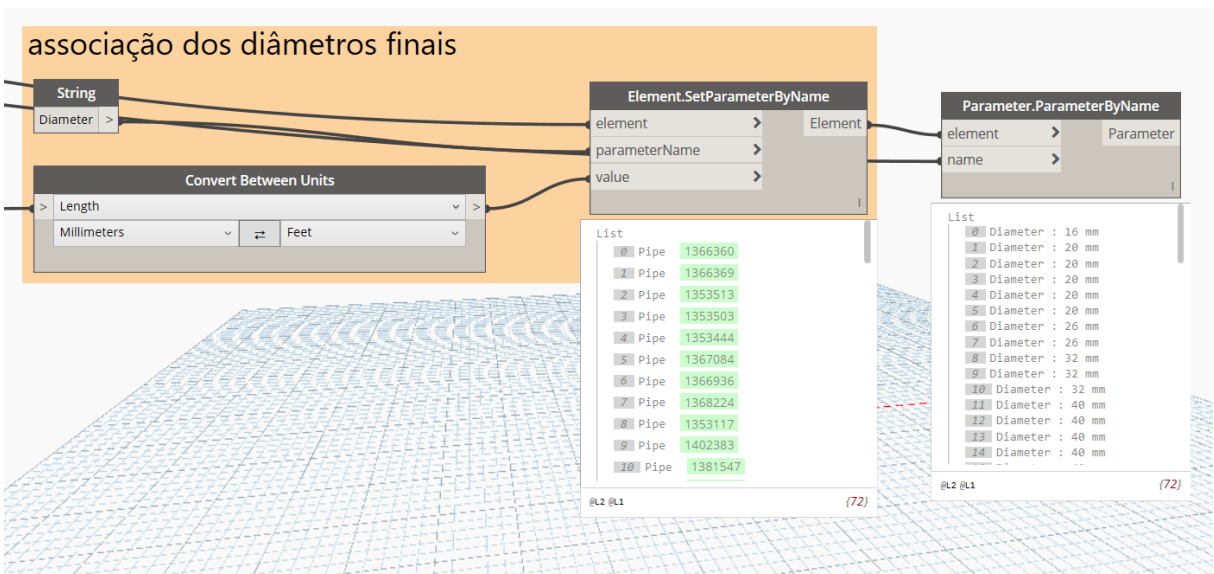


Fig A.6 – Associação dos diâmetros às tubagens correspondentes para proceder à mudança automática dos mesmos.

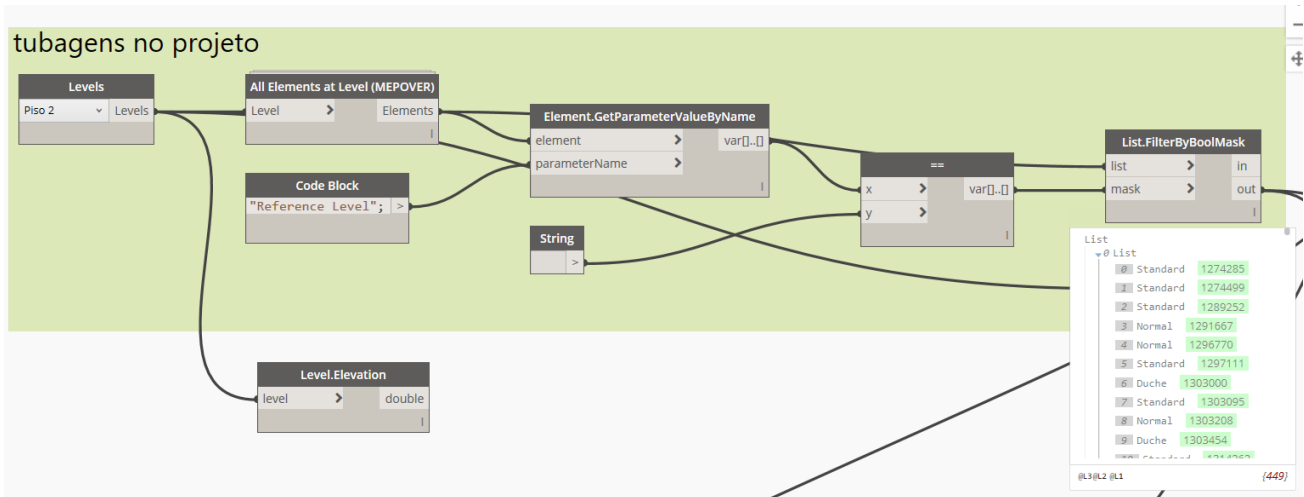


Fig A.7 – Seleção de todas as tubagens existentes no modelo.

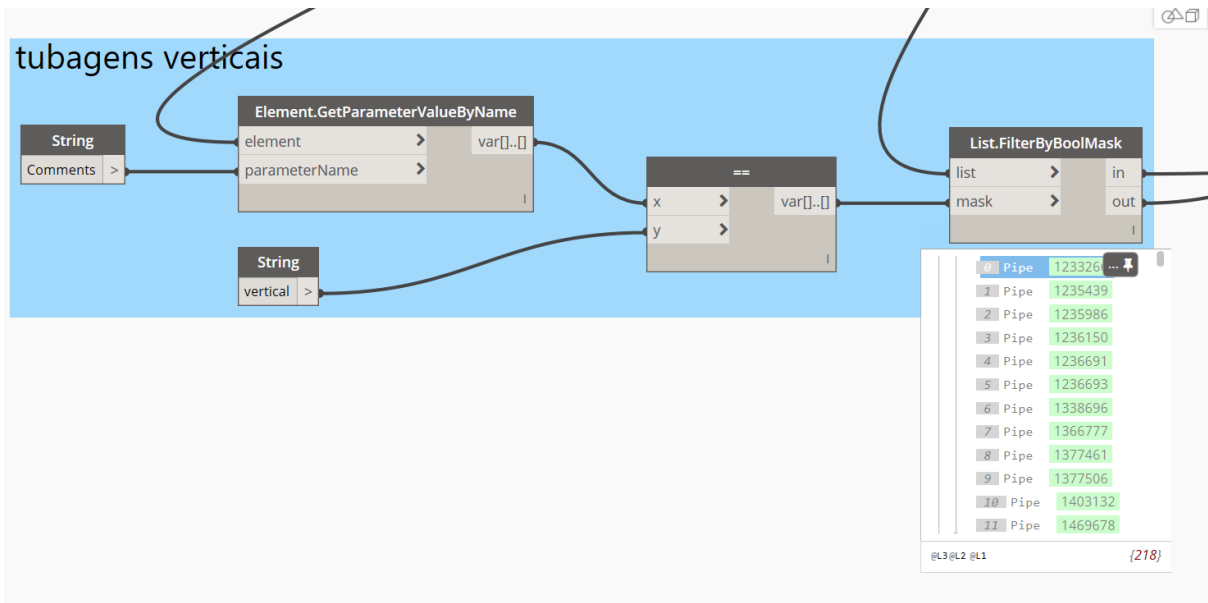


Fig A.8 – Filtração das tubagens verticais.



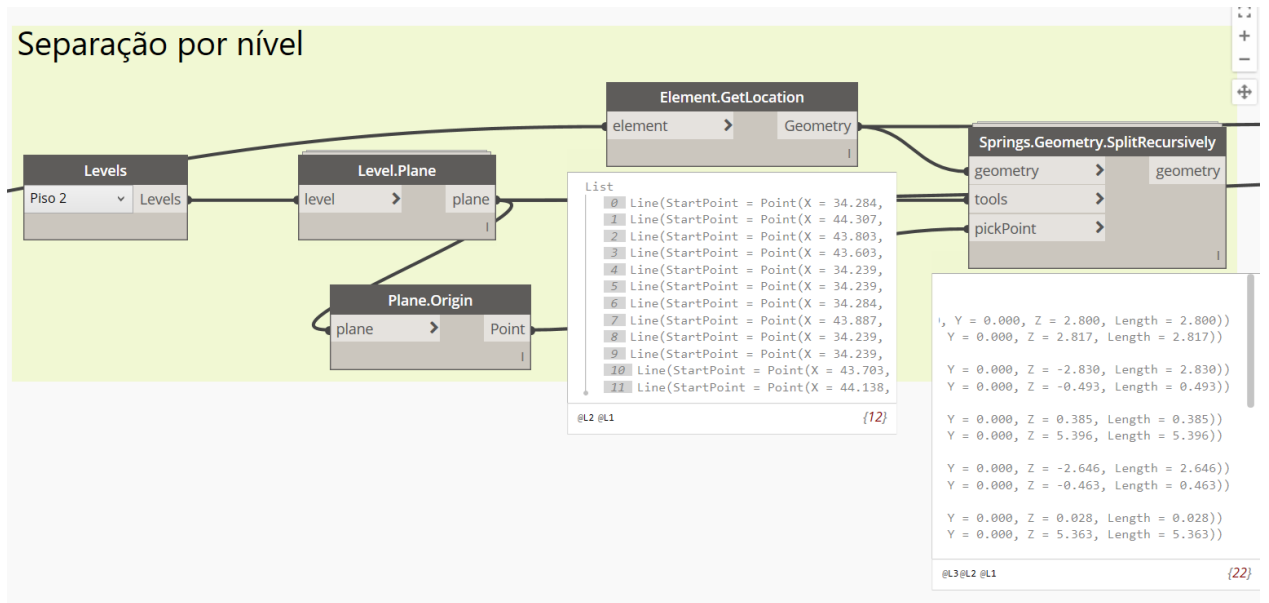


Fig A.9 – Separação das tubagens por nível e resultados finais.

## **ANEXOS B**

### **Caso de Estudo**

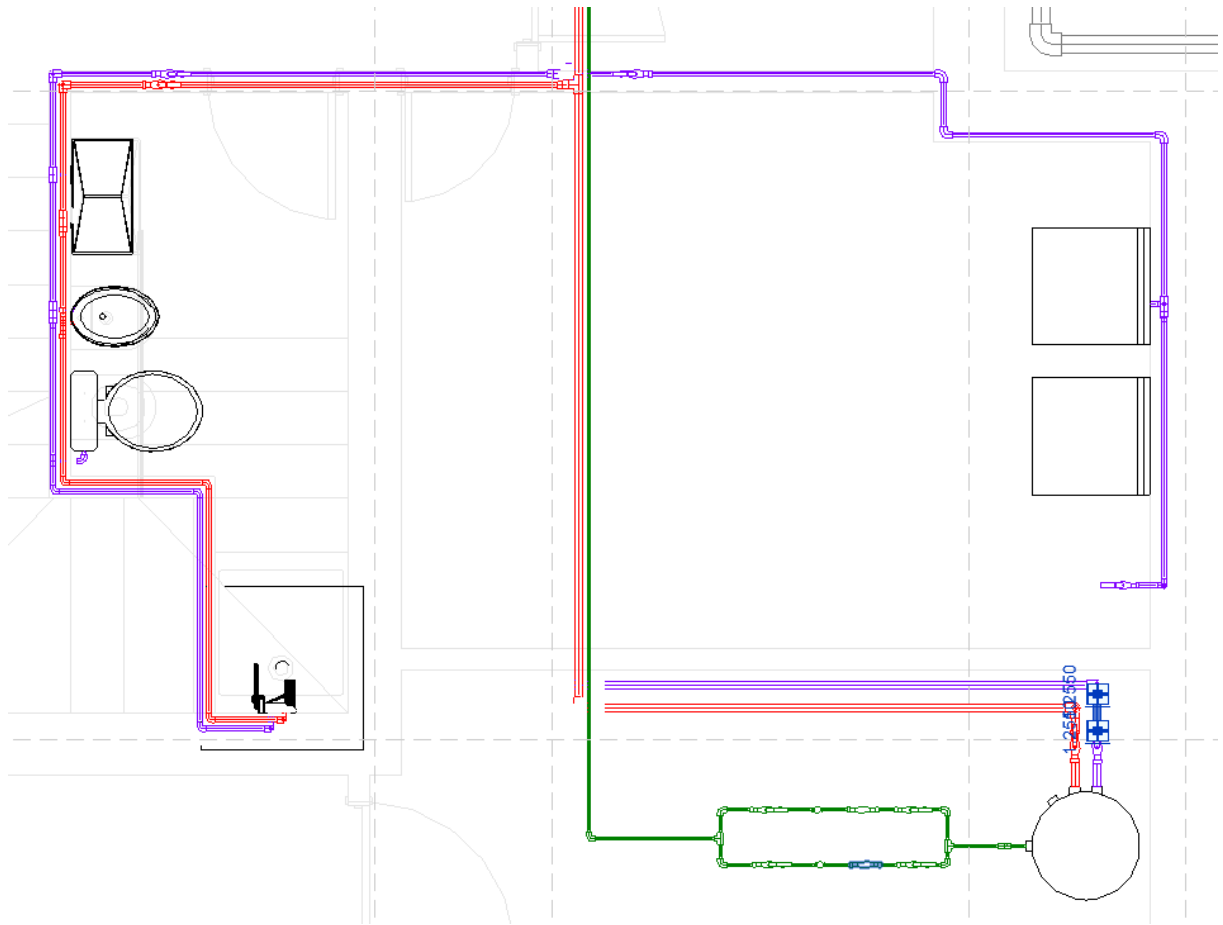


Fig B.1 – Divisão em planta do piso 0 da rede predial de abastecimento

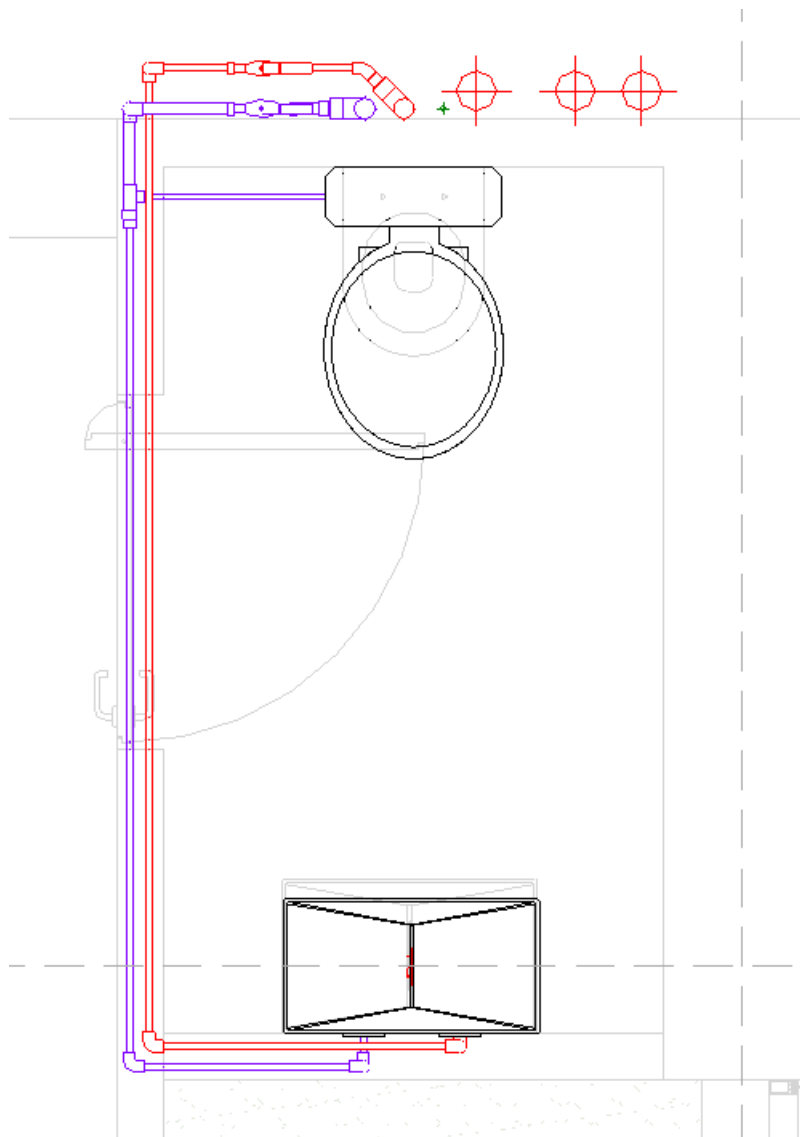


Fig B.2 – Divisão (1) em planta do piso 1 da rede predial de abastecimento

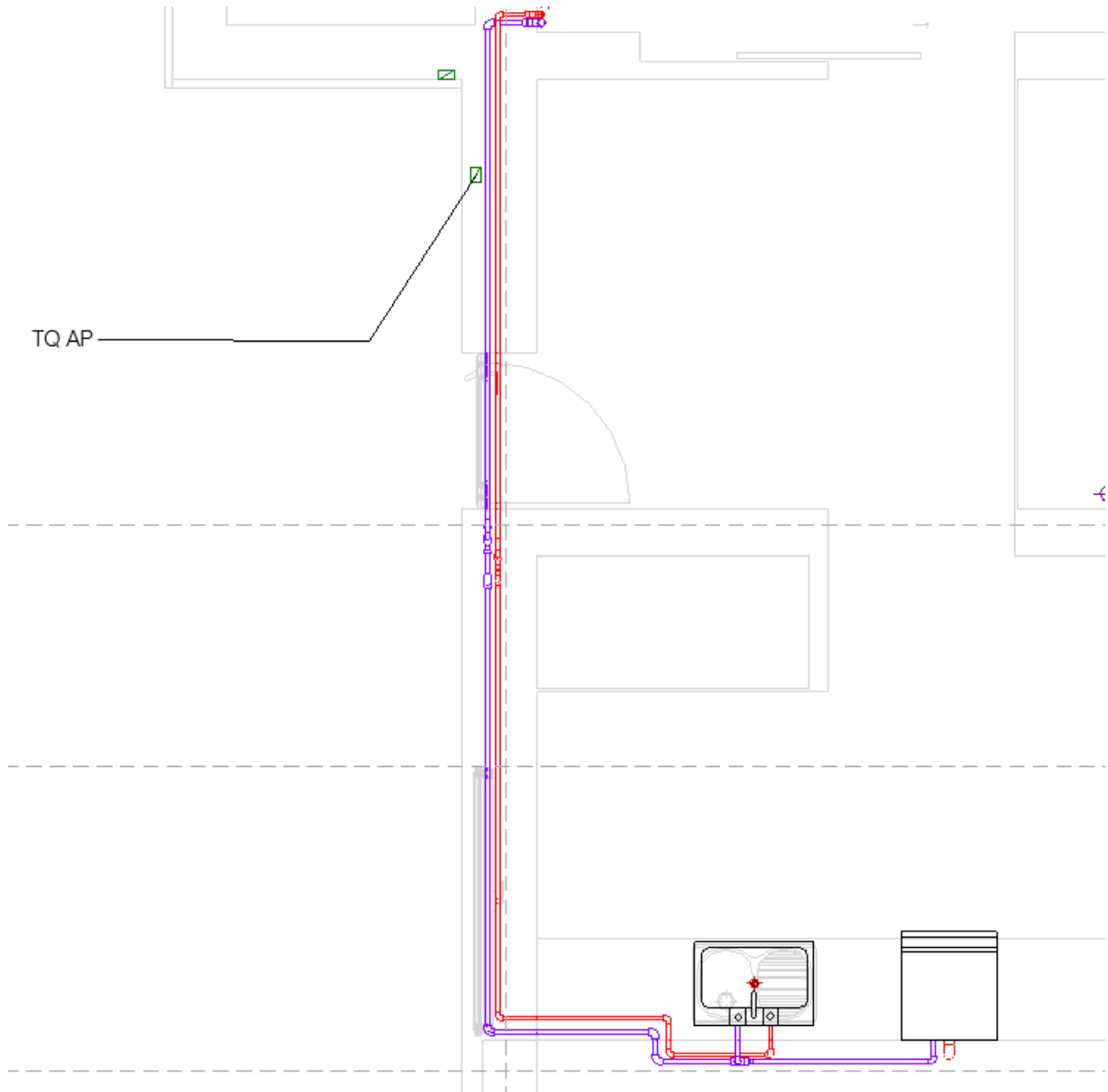


Fig B.3 – Divisão (2) em planta do piso 1 da rede predial de abastecimento

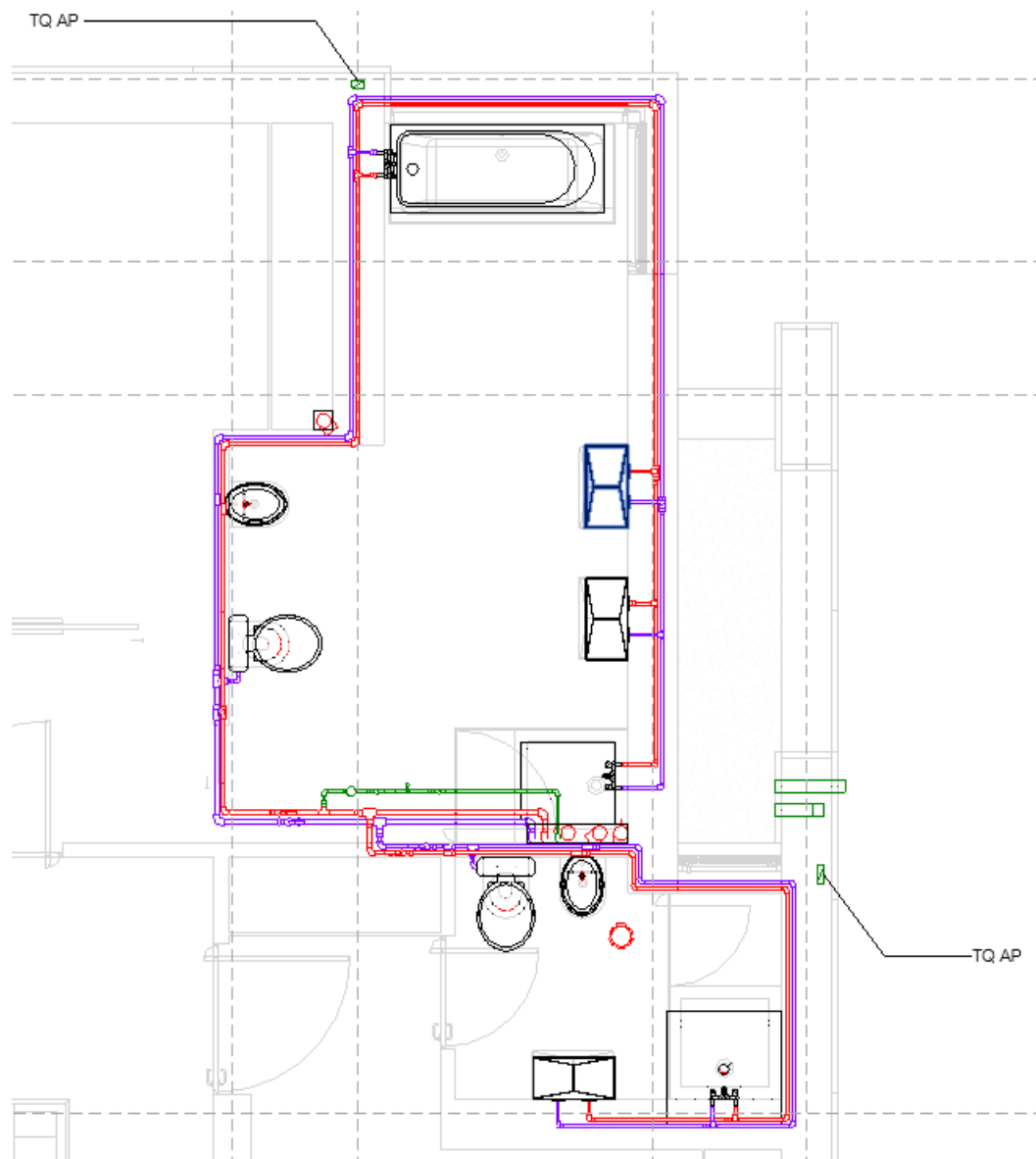


Fig B.4 – Divisão (1) em planta do piso 2 da rede predial de abastecimento

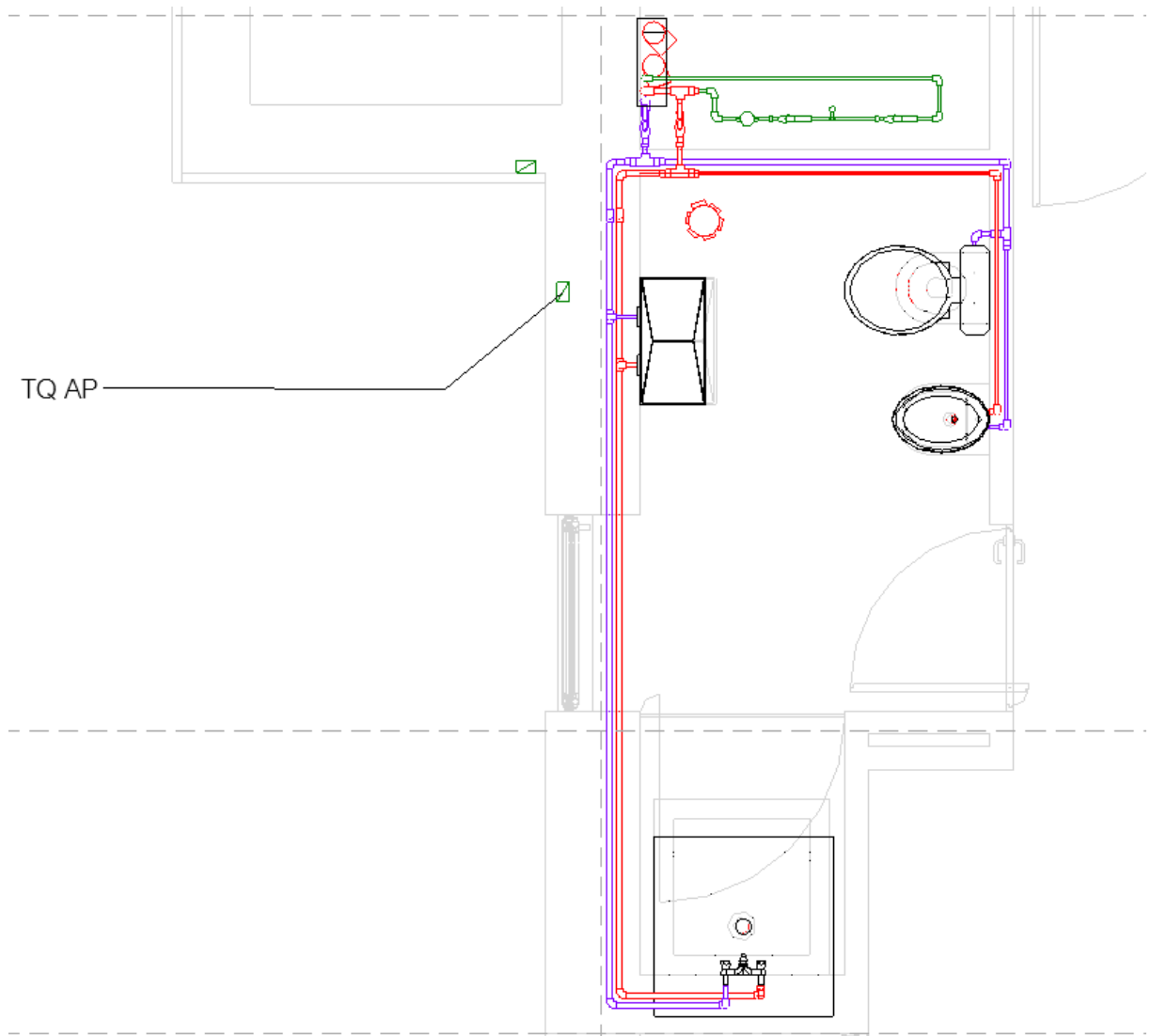


Fig B.5 – Divisão (2) em planta do piso 2 da rede predial de abastecimento

Troço	Diâmetro
1	16
2	20
3	20
4	20
5	20
6	20
7	26
8	26
9	32
10	32
11	32
12	40
13	40
14	40
15	40
16	40
17	40
18	40
19	40
20	40
21	20
22	20
23	26
24	26
25	26
26	26
27	26
28	26
29	26

Fig B.6 – Dados em Excel para atribuição dos diâmetros.



30	31	32
31	32	32
32	9	32
33	34	20
34	35	20
35	36	20
36	37	20
38	39	16
39	40	20
40	37	20
37	41	26
41	15	26
43	44	16
44	45	16
45	46	20
46	47	20
47	48	20
48	11	32
49	50	20
50	51	26
51	52	26
52	53	26
53	54	26
54	55	26
55	56	26
56	15	32
57	58	20
58	59	26
59	60	26

Fig B.7 – Dados em Excel para atribuição dos diâmetros (continuação).

60	61	26
61	62	26
62	12	32
63	64	20
64	65	20
65	66	20
66	67	20
67	68	20
68	69	26
69	70	26
70	62	26
71	72	32
72	73	32
73	62	32
20	21	40

Fig B.8 – Dados em Excel para atribuição dos diâmetros (continuação).