



APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA MODELAGEM DE PROJETOS DE REDE  
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UM EDIFÍCIO HABITACIONAL

JULIANA MARIA DA SILVA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança – ESTIG – IPB, para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia da Construção.

Orientador:

Prof. Dr. Manuel Teixeira Braz César

Bragança

2025

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA MODELAGEM DE PROJETOS DE REDE  
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UM EDIFÍCIO HABITACIONAL

JULIANA MARIA DA SILVA

Orientador:

Prof. Dr. Manuel Teixeira Braz César

Bragança

2025

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu Pai, que está no céu, sem o qual nada disso seria possível. Agradeço por ter me dado desde cedo a convicção da profissão que devo seguir.

À minha mãe, Ilza, pelo amor incondicional e todo seu cuidado, carinho e proteção. Quem me deu o exemplo de perseverança e quem me ensinou a ser a mulher que sou hoje, batalhadora e dedicada. Sou eternamente grata por sua vida e pela educação que me destes.

Ao meu Professor Orientador Dr Manuel Brás César, pelo apoio imprescindível durante o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada por disponibilizar-se a ensinar e compartilhar seu conhecimento comigo.

Agradeço ao Instituto Politécnico de Bragança, por proporcionar uma experiência marcante em minha vida nesta jornada académica e pelos bons amigos que fiz nestes dois anos, Imanuel, Aline, Gabriela e Larissa.

Agradeço aos meus líderes Milena e Lucas, que estiveram presentes em muitos momentos, bons e menos bons, da minha vida, sempre disponíveis para me ouvir e me nortear com sábias palavras e conselhos.

Um agradecimento especial às minhas amigas Micaelle e Nathalia, que dividem comigo não só a casa, mas também a vida. Obrigada por entenderem as minhas renúncias e ausências neste período final do curso e por todo incentivo e encorajamento, essenciais para eu continuar.

Aos Pastores Adelly e Diogo, que são exemplos de liderança e determinação.

Agradeço também aos amigos e colegas de trabalho Tânia, Inês e António, que acompanharam este processo de perto. Em especial ao meu chefe, Paulo, por todo apoio e disponibilidade em ajudar.

Agradeço ainda às amigas, Lúcia e Priscila, que apoiaram desde o início a minha vinda para este país, para começar esta nova fase da minha vida.

Não poderia deixar de agradecer àqueles que estiveram comigo nos últimos anos no Brasil. Às minhas menininhas Gabriella, Daniella e Camila, que sempre me apoiaram e por não me abandonarem desde o início dessa nova fase. Aos amigos Allysson, Manuel, Ramos, Emmerson e Amanda, obrigada por todo carinho e pelos ensinamentos que trouxe comigo. Principalmente ao meu antigo chefe, Cledson, que acreditou no meu potencial, me ensinou a ter mais autonomia e decisão. Sou grata pelos seus ensinamentos.

Agradeço ainda às pessoas que fazem parte da minha vida há muito tempo, Ingrid, Samara, Wayramires, Alana e Erika, e que fazem-se presentes, independente da distância.

Ao Francisco, esposo da Daniella, e ao André, esposo da Samara, que também estiveram presentes, com todo apoio e encorajamento.

Por fim, mas não menos importante, à Dra Jareda, que me ajudou num dos momentos mais difíceis e que esteve comigo sempre, para aclarar as ideias e não deixar que os sentimentos e emoções me fizessem deixar de acreditar em mim e desistir dos meus sonhos. Sou grata pela sua vida.

## RESUMO

A crescente complexidade dos projetos de edificações, aliada à necessidade de maior eficiência no uso de recursos hídricos e à demanda por qualidade e sustentabilidade, tem impulsionado a adoção de novas ferramentas e metodologias no setor da construção civil. Entre essas inovações, a Modelação de Informação na Construção (Building Information Modeling – BIM) destaca-se como uma abordagem capaz de integrar, em um ambiente digital, diferentes disciplinas envolvidas no processo projectual, oferecendo maior precisão, interoperabilidade e suporte à tomada de decisões. No contexto das instalações prediais hidráulicas, em especial das redes de abastecimento de água, o BIM proporciona vantagens significativas ao permitir a criação de modelos tridimensionais inteligentes, que associam geometrias às informações técnicas e operacionais dos sistemas. Essa integração possibilita a análise mais detalhada do traçado das tubulações, o dimensionamento correto de diâmetros, a identificação de interferências com outras disciplinas (como por exemplo, estrutura e elétrica), além de facilitar a simulação do desempenho do sistema em diferentes quantitativos automáticos de materiais, estimativas de custos e planos de manutenção preventiva, ampliando a confiabilidade do projeto ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. A utilização da metodologia BIM no desenvolvimento de redes de abastecimento de água também contribui para a padronização de processos, a redução de retrabalhos e a diminuição de erros de execução, aspectos essenciais para obras em geral. Dessa forma, a aplicação do BIM no projeto hidráulico não apenas moderniza a prática projectual, mas também estabelece um novo paradigma de gestão integrada, no qual a informação centralizada e compartilhada se traduz em maior eficiência, sustentabilidade e segurança operacional. Este estudo evidencia, portanto, a importância da adoção do BIM na concepção de redes prediais de abastecimento de água, ressaltando seu potencial de transformar a forma como projetistas, construtores e gestores interagem e gerenciam as informações em empreendimentos.

Palavras chaves: BIM; Projeto hidráulico; Rede de abastecimento de água; Instalações prediais; Modelagem 3D.

## ABSTRACT

The growing complexity of building projects, combined with the need for greater efficiency in the use of water resources and the demand for quality and sustainability, has driven the adoption of new tools and methodologies in the civil construction sector. Among these innovations, Building Information Modelling (BIM) stands out as an approach capable of integrating, in a digital environment, different disciplines involved in the design process, offering greater accuracy, interoperability and support for decision-making. In the context of hydraulic building installations, especially water supply networks, BIM provides significant advantages by allowing the creation of intelligent three-dimensional models, which associate geometries with the technical and operational information of the systems. This integration enables a more detailed analysis of the piping layout, the correct sizing of diameters, the identification of interferences with other disciplines (such as structure and electrical), in addition to facilitating the simulation of the system's performance in different automatic quantities of materials, cost estimates and preventive maintenance plans, increasing the reliability of the project throughout the building's life cycle. The use of the BIM methodology in the development of water supply networks also contributes to the standardization of processes, the reduction of rework and the reduction of execution errors, essential aspects for works in general. In this way, the application of BIM in hydraulic design not only modernizes the design practice, but also establishes a new paradigm of integrated management, in which centralized and shared information translates into greater efficiency, sustainability, and operational safety. This study shows, therefore, the importance of adopting BIM in the design of building water supply networks, highlighting its potential to transform the way designers, builders and managers interact and manage information in projects.

Keywords: BIM; Hydraulic design; Water supply network; Building installations; 3D modelling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Países com exigências de BIM [25] .....	22
Figura 2.2 - Dimensões do BIM [29] .....	26
Figura 2.3 - Exemplo de softwares de metodologia BIM (Fonte: Elaboração própria).....	33
Figura 4.1 - Modelo arquitetônico base do projeto (Fonte: Projeto fornecido) .....	46
Figura 4.2 - Grupo de bombagem para abastecimento de água do prédio (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido) .....	48
Figura 4.3 - Especificação das tubagens utilizadas na modelagem do projeto em BIM [40] ..	54
Figura 4.4 - Características do isolamento escolhido para as tubagens de água quente [41]..	56
Figura 4.5 - Rede de abastecimento de água com retorno no piso 0 (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido) .....	57
Figura 4.6 - Especificação das curvas de 90° utilizadas na modelagem do projeto em BIM [40] .....	59
Figura 4.7 - Especificação das curvas de 45° utilizadas na modelagem do projeto em BIM [40] .....	60
Figura 4.8 - Especificação dos tês utilizados na modelagem do projeto em BIM [40] .....	61
Figura 4.9 - Especificação das reduções utilizadas [40] .....	62
Figura 4.10 - Especificação das uniões de cruzamento utilizadas [40].....	63
Figura 6.1 – Coordenação dos equipamentos hidráulicos no projeto de modelação (Fonte: Elaboração própria) .....	75
Figura 6.2 - Modelação do piso -1 (Fonte: Elaboração própria).....	76
Figura 6.3 - Modelação do rés do chão (Fonte: Elaboração própria).....	77
Figura 6.4 - Modelagem do piso 0 e 1 (Fonte: Elaboração própria) .....	78
Figura 6.5 - Modelação dos pisos 2 a 16 (Fonte: Elaboração própria) .....	79
Figura 6.6 - Modelação do piso 17 (Fonte: Elaboração própria) .....	79
Figura 6.7 - Modelação do piso 18 (Fonte: Elaboração própria) .....	80
Figura 6.8 – Modelação da rede de abastecimento de água predial (Fonte: Elaboração própria) .....	80
Figura 6.9 - Modelação em 2D de um apartamento do piso 2 (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido) .....	81
Figura 6.10 - Modelação em 3D de um apartamento do piso 2 (Fonte: Elaboração própria)..	82

Figura 6.11 – Comparação dos LOD's de cada metodologia (Fontes: Projeto fornecido/Elaboração própria).....	83
Figura 6.12 – Insuficiência do recobrimento para tubagens de água quente com isolamento (Fonte: Elaboração própria) .....	84
Figura 6.13 - Vista 3D da modelação das tubagens de abastecimento de água numa zona do piso 18 (Fonte: Elaboração própria).....	85
Figura 6.14 – Traçado em 2D das tubagens adjacentes ao contador geral no piso -1 (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido).....	86
Figura 6.15 - Modelação em 3D das tubagens adjacentes ao contador geral no piso -1 (Fonte: Elaboração própria).....	86
Figura 6.16 - Traçados das tubagens de abastecimento de água numa zona do piso 2 (idêntico aos pisos 3 a 16) (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido) .....	87
Figura 6.17 - Situação 1 da Figura 6.12 - Alteração da configuração da instalação sanitária (Fonte: Elaboração própria) .....	88
Figura 6.18 - Situação 2 da Figura 6.12 – Vários desvios no traçado das tubagens (Fonte: Elaboração própria).....	88
Figura 6.19 - Problema na conexão dos equipamentos sanitários (Fonte: Elaboração própria) .....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais níveis de desenvolvimento (LOD) .....	23
Tabela 2 - Dimensões do BIM e softwares associados .....	32
Tabela 3 - Recobrimentos mínimos recomendados .....	36
Tabela 4 - Espaçamentos mínimos entre tubagens de diferentes utilidades .....	37
Tabela 5 - Parâmetros hidráulicos recomendados.....	38
Tabela 6 - Tipos de materiais para tubagens de abastecimento de água .....	39
Tabela 7 - Aplicações do BIM nas diferentes especialidades de Engenharia .....	43
Tabela 8 - Parâmetros principais de elementos da rede de abastecimento modelados em BIM .....	44
Tabela 9 - Diâmetros a considerar nos ramais de ligação aos dispositivos de utilização .....	55
Tabela 10 - Relação entre diâmetros internos e externos dos tubos em PP-R.....	55
Tabela 11 - Especificações das curvas de 90° utilizadas.....	59
Tabela 12 – Especificações das curvas de 90° utilizadas .....	60
Tabela 13 - Especificações dos tês utilizados .....	61
Tabela 14 - Especificações das reduções utilizadas .....	62
Tabela 15 - Especificações das uniões de cruzamento utilizadas .....	63

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AI	Artificial Intelligence (Inteligência Artificial)
AR	Augmented Reality (Realidade Aumentada)
BEP	BIM Execution Plan (Plano de Execução BIM)
BIM	Building Information Modeling (Modelação de Informação na Construção)
CAD	Computer-Aided Design (Desenho Assistido por Computador)
D	Diâmetro
Dext	Diâmetro externo
Dint	Diâmetro interno
Dn	Diâmetro nominal
EIR	Exchange Information Requirements (Requisitos de Troca de Informação)
GSA	General Services Administration (Administração de Servios Gerais)
GTBIM	Grupo de Trabalho para a Implementação do BIM em Portugal
IFC	Industry Foundation Classes (Cursos da Fundação Industrial)
IFD	International Framework for Dictionaries (Quadro Internacional para Dicionários)
IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
L	Comprimento
LOD	Level of Development (Nível de Desenvolvimento)
mm	Milímetro
m	Metro
NIBS	National Institute of Building Sciences (Instituto Nacional de Ciências da Construção)
PTBIM	Congresso Português de Building Information Modelling
S	Espessura

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	2
RESUMO .....	4
ABSTRACT .....	5
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABELAS .....	8
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS.....	9
ÍNDICE .....	10
1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Contextualização .....	14
1.2 Objetivos .....	15
1.3 Estrutura da dissertação.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 Estado da arte .....	18
2.1.1 Origem e desenvolvimento do software.....	18
2.2 BIM no setor da Construção Civil.....	19
2.2.1 Em Portugal.....	19
2.2.2 Na Europa.....	20
2.2.3 No Mundo .....	21
2.3 Conceitos fundamentais .....	22
2.3.1 Definição de BIM.....	22
2.3.2 Nível de desenvolvimento (LOD) no contexto BIM.....	23
2.3.3 Gestão da informação no processo BIM .....	24
2.3.4 Dimensões do BIM e suas aplicações .....	26
2.3.5 Softwares de modelação BIM .....	31
2.4 Limitações da investigação existente do BIM.....	34

2.5	Vantagens da aplicação do BIM no projeto de abastecimento de águas.....	35
2.5.1	Parâmetros de verificação do dimensionamento da rede de abastecimento de água	36
3	METODOLOGIA .....	42
3.1	Introdução.....	42
3.2	Utilização da metodologia BIM no dimensionamento de projetos das especialidades de Engenharia Civil.....	42
3.3	Modelação de rede de abastecimento de águas sanitárias em BIM .....	43
3.3.1	Ferramenta utilizada .....	43
3.3.2	Critérios de modelação.....	43
4	ESTUDO DE CASO .....	45
4.1	Introdução.....	45
4.2	Caracterização dos modelos .....	45
4.2.1	Modelo de Arquitetura .....	46
4.2.2	Modelo de Sistemas Hidráulicos.....	47
4.3	Descrição das frações do edifício.....	48
4.3.1	Piso -1.....	48
4.3.2	Piso rés do chão.....	49
4.3.3	Pisos de 0 a 18.....	50
4.3.4	Considerações gerais da compartimentação do edifício .....	53
4.4	Materiais utilizados .....	54
4.4.1	Tubagens .....	54
4.4.2	Conexões .....	58
4.4.3	Vida útil dos materiais utilizados .....	64
5	DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PREDIAL ..	66
5.1	Introdução.....	66
5.2	Bases normativas.....	66
5.3	Levantamento de dados para o dimensionamento.....	67

5.4	Dimensionamento de água fria.....	67
5.4.1	Cálculo do caudal simultâneo .....	67
5.4.2	Seleção de diâmetros de tubagem .....	68
5.5	Dimensionamento de água quente.....	69
5.5.1	Determinação do caudal de água quente .....	69
5.5.2	Rede de distribuição e isolamento.....	69
5.6	Dimensionamento da rede de retorno.....	70
5.7	Reservatórios e grupo de bombagem .....	70
5.7.1	Dimensionamento do reservatório .....	70
5.7.2	Dimensionamento do grupo de bombagem.....	70
5.8	Perdas de carga e controle de velocidades .....	71
5.9	Observações sobre compatibilização .....	71
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	72
6.1	Introdução.....	72
6.2	Modelação do sistema de abastecimento de água predial no Revit .....	72
6.2.1	Importação das plantas em AutoCAD.....	72
6.2.2	Modelação dos elementos arquitetónicos e estruturais .....	73
6.2.3	Inserção dos equipamentos sanitários e de cozinha/lavandaria .....	73
6.2.4	Replicação dos equipamentos entre pisos .....	73
6.2.5	Coordenação com modelo arquitetónico.....	74
6.2.6	Ligação automática dos equipamentos.....	74
6.3	Resultados gerais da modelação.....	76
6.3.1	Comparação dos Níveis de Desenvolvimento (LOD) entre modelação 2D e 3D	
	81	
6.4	Dificuldades e constrangimentos .....	83
6.4.1	Espessura insuficiente de lajes e paredes .....	84
6.4.2	Reduções acentuadas de diâmetro no piso -1 .....	85

6.4.3	Passagem de tubagens em paredes com dupla instalação .....	87
6.4.4	Conexões e ligações a equipamentos sanitários .....	88
6.5	Análise e extração de informação .....	89
7	CONCLUSÃO .....	91
7.1	Síntese dos resultados.....	91
7.2	Perspetivas futuras.....	92
7.3	Considerações finais.....	93
	REFERÊNCIAS .....	94
	APÊNDICES .....	98
	Anexo 1: Modelação da rede de abastecimento de água predial em BIM.....	98
	Anexo 2: Fichas técnicas.....	113
	Anexo 3: Tabelas de quantidades.....	132

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A construção civil tem passado por transformações significativas, impulsionadas pela digitalização dos processos e pela necessidade de maior eficiência, sustentabilidade e integração multidisciplinar. Neste contexto, a Metodologia BIM tem-se destacado como uma metodologia capaz de centralizar e gerir informações gráficas e não gráficas de um empreendimento, promovendo maior colaboração e precisão em todas as fases do ciclo de vida da edificação.

O setor da construção civil representa uma das áreas de maior impacto económico e social a nível global, sendo responsável por elevados consumos de recursos naturais e energéticos, além de gerar implicações ambientais significativas. Dentre os vários subsistemas que compõem uma edificação, as instalações hidráulicas assumem um papel central, pois garantem a distribuição de água, um recurso essencial à vida humana e à qualidade habitacional. Apesar da sua importância, é frequente que projetos de redes prediais de abastecimento de água enfrentem desafios relacionados com incompatibilidades entre disciplinas, erros de dimensionamento, desperdício de materiais e retrabalhos em obra, resultando em aumento de custos, relativos à necessidade de reposição desses materiais desperdiçados e à mão de obra necessária para a sua realização, e prazos mais longos, devido à estas correções [1]. No âmbito das instalações prediais hidráulicas, particularmente das redes de abastecimento de água, a utilização do BIM representa uma inovação relevante. Esta abordagem possibilita a criação de modelos tridimensionais inteligentes que, além da representação geométrica, contém dados técnicos associados, permitindo a análise de traçados, o dimensionamento das tubulações, a verificação de interferências entre as diversas especialidades de projeto e a obtenção automatizada de quantitativos de materiais.

Estudos recentes destacam ainda a contribuição do BIM para práticas de sustentabilidade e eficiência hídrica. A integração da metodologia com simulações de desempenho, análise de consumo e sistemas de monitorização reforça o seu potencial para apoiar projetos mais sustentáveis e alinhados com estratégias de uso racional da água [2]. Na mesma linha, investigações sobre construção verde indicam que o BIM pode oferecer suporte

à gestão ecológica em todas as fases do empreendimento, desde o planejamento até a operação [3].

Contudo, a adoção do BIM em projetos hidráulicos enfrenta desafios, como a interoperabilidade entre softwares, a necessidade de formação especializada, os custos iniciais e a adaptação a normas e regulamentos locais. Além disso, a resistência cultural e institucional ainda constitui uma barreira à sua plena implementação [4].

A relevância do tema ganha ainda maior pertinência no contexto atual, marcado por exigências de sustentabilidade, eficiência no uso de recursos hídricos e pelo avanço de regulamentações que incentivam a adoção do BIM em obras públicas e privadas, como já ocorre em diversos países europeus. Dessa forma, estudar a aplicação prática do BIM no desenvolvimento de redes prediais de abastecimento de água contribui não só para avanços técnicos, mas também para a promoção de boas práticas no setor da construção.

## **1.2 Objetivos**

Esta dissertação tem como objetivo central a aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento do traçado e dimensionamento de redes prediais de abastecimento de água em edifícios habitacionais, explorando o seu potencial como ferramenta de integração, análise e gestão da informação ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. Pretende-se demonstrar como a utilização do BIM pode contribuir para superar limitações dos métodos tradicionais, nomeadamente no que se refere à compatibilização de disciplinas, à precisão técnica dos projetos, à otimização do uso de materiais e à sustentabilidade dos sistemas hidráulicos. A conjectura do trabalho é que a utilização do BIM permitirá aumentar a precisão no traçado da rede, reduzir a ocorrência de conflitos entre disciplinas, otimizar o dimensionamento das tubulações e contribuir para maior eficiência na gestão da informação ao longo do ciclo de vida da edificação.

Para alcançar o objetivo geral, este estudo estabelece como objetivos específicos, os que seguem:

- Compreender os funcionamentos do BIM e a sua aplicabilidade às instalações prediais;
- Modelar uma rede predial de abastecimento de água num edifício habitacional através de ferramentas BIM;

- Analisar a geração de quantitativos e informações técnicas extraídas do modelo;
- Comparar os resultados obtidos com os métodos tradicionais de concepção de projetos hidráulicos;
- Discutir os desafios e oportunidades de implementação do BIM em projetos hidráulicos, apontando recomendações para futuras investigações e aplicações práticas no setor habitacional.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

A dissertação encontra-se organizada em sete capítulos principais e três seções adicionais relacionadas a desenhos da modelação em BIM e materiais utilizados que são apresentadas nos Apêndices Anexo 1, 2 e 3.

No primeiro capítulo, é feita a contextualização do tema, explicitando o problema de investigação, os objetivos a serem alcançados, bem como a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo corresponde à revisão da literatura, onde são abordados os conceitos fundamentais da metodologia BIM, a sua evolução no setor da construção civil, os campos de aplicação e as várias funcionalidades do software.

O terceiro capítulo descreve a utilização da metodologia BIM no dimensionamento das várias especialidades de engenharia e em particular para o desenvolvimento do trabalho, incluindo as ferramentas utilizadas, os critérios de modelação e os procedimentos de análise na rede de abastecimento de água.

O quarto capítulo detalha as especificações dos materiais utilizados na modelagem da rede de abastecimento de água, considerando características técnicas, durabilidade esperada e periodicidade de manutenção recomendada. Este capítulo visa integrar informações técnicas diretamente no modelo BIM, permitindo planejamento da manutenção preventiva, análise da vida útil dos componentes e suporte à operação da rede ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

O quinto capítulo traz o dimensionamento da rede de abastecimento de água predial, onde serão apresentados os princípios e métodos utilizados para definir as dimensões adequadas das tubagens e dos ramais de distribuição de água dentro do edifício. Este capítulo aborda, de forma sistemática, os critérios de projeto necessários para garantir caudais e pressões adequadas nos diversos pontos de consumo. A apresentação deste capítulo permite contextualizar a análise

dos resultados, servindo como ligação entre a especificação técnica dos materiais e a avaliação do desempenho da rede predial.

O sexto capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação do BIM ao estudo de caso, discutindo os benefícios, limitações e comparações com métodos tradicionais.

Por fim, o sétimo capítulo reúne as conclusões e recomendações, destacando as principais contribuições do estudo e sugerindo perspectivas para futuros trabalhos e investigações.

Os Apêndices abrangem as seguintes informações:

- Anexo 1: Modelagem da rede predial de abastecimento de água em BIM;
- Anexo 2: Fichas técnicas dos materiais;
- Anexo 3: Tabelas de quantidades.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Este capítulo apresenta a revisão da literatura sobre a modelagem BIM. O objetivo é contextualizar a evolução do conceito, destacar seus principais fundamentos e aplicações no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), bem como apontar as contribuições já consolidadas pela pesquisa acadêmica. Essa revisão busca estabelecer a base teórica necessária para a compreensão do tema e para o desenvolvimento das análises propostas nesta dissertação.

### **2.1 Estado da arte**

#### **2.1.1 Origem e desenvolvimento do software**

O conceito que viria a ser conhecido como BIM começou a ser delineado muito antes da sua difusão como prática corrente no setor da AEC. Já na década de 1960, com os primeiros avanços da computação gráfica e do desenho assistido por computador (CAD), emergiram propostas de representação digital da construção para além do simples desenho bidimensional. Investigadores como Charles Eastman, considerado um dos precursores do BIM, desenvolveram nas décadas de 1970 e 1980 sistemas experimentais de modelação paramétrica, capaz de associar informação a objetos construtivos [5].

Durante os anos de 1980 e 1990, a difusão do CAD trouxe ganhos significativos em produtividade, mas manteve a lógica de representação geométrica e bidimensional, com pouca integração de informação. Nesse contexto, começaram a surgir soluções orientadas a objetos, que se distinguiam por representar elementos construtivos com parâmetros e atributos, e não apenas linhas ou superfícies [6]. Essa transição foi fundamental para a formação do conceito de BIM, que viria a consolidar-se como um processo colaborativo de gestão da informação do edifício ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Nos anos 2000, o termo BIM começou a ganhar maior difusão, especialmente após a sua adoção por empresas de software e instituições internacionais. Ferramentas como o Revit, ArchiCAD e Tekla Structures passaram a oferecer ambientes integrados, permitindo coordenação multidisciplinar e interoperabilidade crescente entre arquitetos, engenheiros e

construtores. Paralelamente, associações profissionais, universidades e entidades governamentais passaram a reconhecer o BIM como uma metodologia capaz de transformar os processos de projeto, construção e manutenção [5].

A partir da década de 2010, o BIM consolidou-se em diversos países como política pública e requisito contratual em obras de grande escala. O Reino Unido destacou-se pela criação do UK BIM Mandate, estabelecendo níveis de maturidade e obrigatoriedade em projetos financiados pelo governo [7].

Nos Estados Unidos, iniciativas do National Institute of Building Sciences (NIBS) impulsionaram a normalização, enquanto países da Europa e da Ásia passaram a definir estratégias nacionais de implementação. A União Europeia, por meio de diretivas, também incentivou o uso do BIM em contratos públicos [8].

Em Portugal, o debate sobre o BIM intensificou-se na última década, apoiado por associações profissionais, universidades e iniciativas governamentais. Eventos como o Congresso Português de Building Information Modelling (PTBIM) têm sido fundamentais para a difusão de conhecimento e a partilha de experiências nacionais [9]. Além disso, a criação da Comissão Técnica de Normalização CT 197 – BIM representa um marco na tentativa de alinhar o país às normas internacionais, promovendo a interoperabilidade e a padronização [10]. A adoção tem sido gradual, com destaque para grandes empresas de projeto e construção, mas tende a expandir-se com a crescente exigência de digitalização no setor.

## **2.2 BIM no setor da Construção Civil**

### **2.2.1 Em Portugal**

A adoção do BIM em Portugal encontra-se atualmente impulsionada por um quadro legal e regulamentar que acelera a digitalização dos processos de projecto e licenciamento, criando obrigações temporais claras para a sua implementação. O Decreto-Lei n.º 10/2024 [11], estabelece que a apresentação dos projetos de arquitectura modelados digital e parametricamente de acordo com a metodologia BIM será obrigatória a partir de 1 de janeiro de 2030, prevendo adicionalmente, o arranque de um projecto-piloto em 1 de janeiro de 2027, para a utilização e validação destes projectos; esta disposição integra também medidas conexas de digitalização dos procedimentos urbanísticos.

Em paralelo, a Portaria n.º 255/2023 [12] aprova o conteúdo obrigatório do projecto de execução e as instruções para a elaboração e faseamento de projetos de obras públicas, incorporando procedimentos que facilitam a integração do BIM em contratos públicos e na produção de documentação técnica.

Estes instrumentos legislativos baseiam-se ainda na autorização legislativa conferida pela Lei n.º 50/2023 [13], que concedeu ao governo competências para proceder à reforma e simplificação dos licenciamentos urbanísticos – reforma essa que coloca a digitalização e o BIM como vectores centrais da modernização administrativa do sector.

O papel das associações profissionais e dos capítulos nacionais de organismos internacionais tem sido complementar e catalisador desta transição. A buildingSMART Portugal, como capítulo nacional da buildingSMART International e organização promotora de normas abertas de interoperabilidade, tem produzido recursos práticos (por exemplo EIR, guias alinhados com a ISO 19650 e recomendações sobre IFC/IFD) que suportam a implementação técnica e contratual do OpenBIM no contexto português, contribuindo para reduzir riscos de interoperabilidade e orientar a capacitação dos agentes do sector. [14]

### 2.2.2 Na Europa

A Europa tem desempenhado um papel pioneiro na difusão do BIM, impulsionada pela Diretiva Europeia de Contratação Pública (2014/24/EU), que recomenda o uso de ferramentas digitais, em projetos financiados com fundos comunitários [15].

- Escandinávia: Países como Dinamarca, Noruega e Finlândia foram dos primeiros a exigir BIM em contratos públicos, ligando-o fortemente a objetivos de eficiência energética e à sustentabilidade, sendo utilizado não apenas para conceção e construção, mas também para gestão do ciclo de vida dos edifícios [16];
- Reino Unido: Desde 2016, todos os contratos públicos exigem pelo menos BIM nível 2, apoiados em normativas (PAS 1192, substituídas pela ISO 19650). Este modelo britânico tornou-se referência internacional, pois combina legislação, normatização e programas de formação [17];
- Alemanha e França: Apesar do início mais tardio, definiram planos de transição obrigatória para BIM em obras públicas a partir de 2020. A Alemanha, por exemplo, estabeleceu este como o ano de obrigatoriedade em projetos de infraestruturas [18];

- Espanha: Implementou uma estratégia gradual, estabelecendo a obrigatoriedade do BIM em edificação pública desde 2018 e em infraestruturas desde 2019 [19].

### 2.2.3 No Mundo

A nível global, o BIM segue trajetórias distintas:

- Estados Unidos: Um dos pioneiros, com a General Services Administration (GSA) exigindo BIM em projetos federais desde 2003, apoiada no National BIM Standard (NBIMS). O BIM é amplamente utilizado em grandes empreendimentos e está associado a ganhos significativos em produtividade e retorno sobre investimento [20];
- Singapura: É um dos exemplos mais avançados na integração do BIM em processos de licenciamento. Criou o sistema CORENET, permitindo submissão digital de modelos BIM diretamente a entidades públicas, reduzindo tempos de análise e acelerando os licenciamentos [21];
- China: Apostou fortemente em BIM como parte do seu plano de modernização da construção. Incentivada por políticas governamentais, mas marcada por grande disparidade regional [22];
- Coreia do Sul: Tornou obrigatório em projetos públicos de grande dimensão desde 2016, com forte investimento em formação e capacitação de profissionais [23];
- Brasil: Criou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR) em 2018, incluindo a exigência de BIM em etapas progressivas de obras públicas a partir de 2021. Mas ainda enfrenta barreiras culturais e estruturais semelhantes às de Portugal [24].

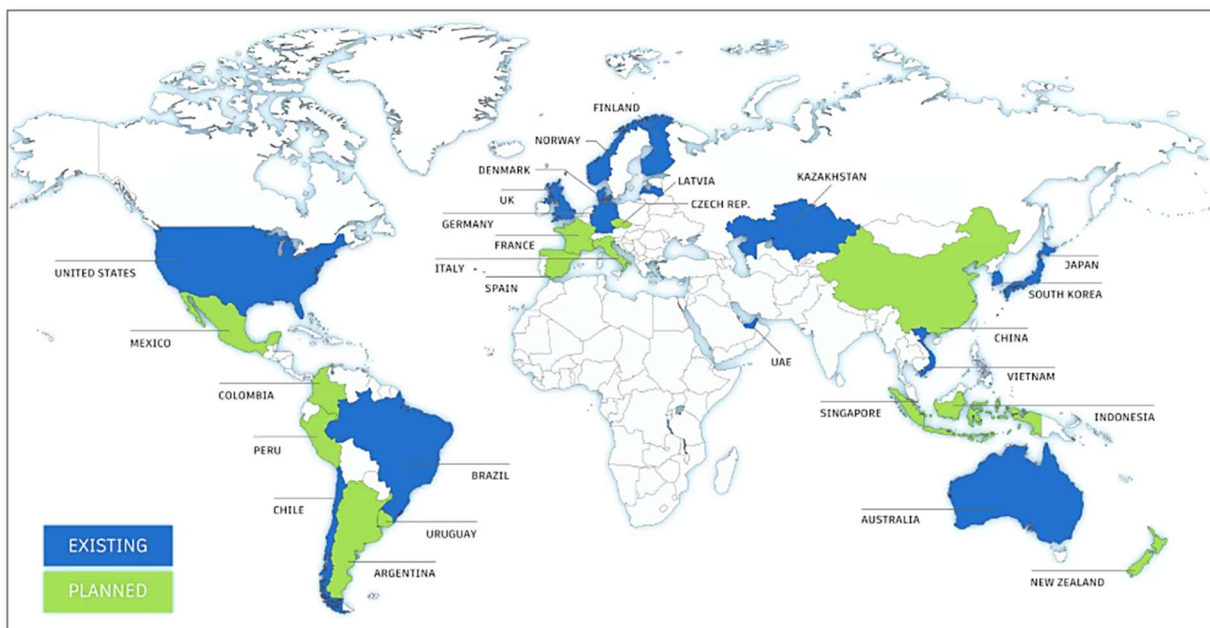


Figura 2.1 - Países com exigências de BIM [25]

## 2.3 Conceitos fundamentais

A modelagem BIM representa mais do que uma ferramenta de software, configura-se como um processo integrado que envolve criação, gestão e compartilhamento de informações digitais ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício. Com base em modelos digitais parametrizados, o BIM permite a coordenação multidisciplinar, a simulação de cenários e a tomada de decisão mais eficiente, promovendo ganhos em produtividade, qualidade e sustentabilidade.

### 2.3.1 Definição de BIM

Segundo Eastman et al. (2011) [5], o BIM consiste em representação digital das características físicas e funcionais de um edifício, integrando geometria, dados espaciais, propriedades dos materiais e informações relacionadas com o tempo e custo. No contexto português, Barata (2021) [26] e Sanches (2022) [27] reforçam que o BIM deve ser entendido como uma metodologia de gestão colaborativa, e não apenas como um software destacando a sua função de facilitar a interoperabilidade entre profissionais de arquitetura, engenharia e construção.

### 2.3.2 Nível de desenvolvimento (LOD) no contexto BIM

O Nível de Desenvolvimento (Level of Development – LOD) é um conceito essencial na metodologia BIM, pois define o grau de detalhe geométrico e informacional dos elementos modelados [28].

Segundo o BIMForum LOD Specification (2021), os principais níveis são:

Tabela 1 - Principais níveis de desenvolvimento (LOD)

PAS-1192-2	AIA-G202-2013	BIM Forum	SC-Caderno BIM		Descrição
LOD 1			ND 0	Levantamento de dados	Levantamento de Informações, programa de necessidades. Apenas informações não gráficas.
				Programa de Necessidades	
				Estudo de Viabilidade	
LOD 2	LOD 100	LOD 100	ND 100	Estudo Preliminar	Estudo de volumetria da edificação. Estimativas de custos para construção.
LOD 3	LOD 200	LOD 200	ND 200	Anteprojeto	Elementos do Modelo genericos contendo informações aproximadas de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas podem constar no modelo.
LOD 4	LOD 300	LOD 300	ND 300	Projeto Legal	Elementos do Modelo de projeto contendo informações precisas de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas podem constar no modelo.
		LOD 350	ND 350	Projeto Básico	Coordenação de conflitos entre disciplinas. Informações não-gráficas podem constar no modelo.
LOD 5	LOD 400	LOD 400	ND 400	Projeto Executivo	Elementos do Modelo e projeto contendo informações precisas de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Coordenação de conflitos entre disciplinas. Detalhes para fabricação, montagem e instalação. Planejamento e Orçamento do Modelo. Informações não-gráficas podem constar no modelo.
LOD 6	LOD 500	LOD 500	ND 500	Licitação da Obra	Elementos do Modelo de projeto preciso de acordo com a execução (As-Built) contendo quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas podem constar no modelo.
				Contratação da Obra	
				Obra Concluída	
LOD 7					Registro de atualização incorporando quaisquer alterações que ocorreram desde a entrega, incluindo dados de desempenho, condições e informações necessárias para Operação e Manutenção.

(FONTE: <https://biminformation.wordpress.com/2017/03/16/lodmodelobim/>)

No caso da rede de abastecimento de águas sanitárias modelada no Revit, foi adotado o LOD 350, o que permite representar os elementos com precisão suficiente para a análise hidráulica e coordenação com outras disciplinas.

### 2.3.3 Gestão da informação no processo BIM

A adoção da metodologia BIM implica em uma mudança significativa na forma como a informação é produzida, gerida e partilhada ao longo do ciclo de vida de um empreendimento. Para além da modelação geométrica, o BIM assenta na definição estruturada de requisitos informativos que garantam a consistência, a interoperabilidade e a fiabilidade dos modelos digitais.

Neste contexto, os requisitos e especificações de informação assumem um papel central, sendo fundamentais para assegurar que os modelos BIM respondam aos objetivos do Dono de Obra e às necessidades das diferentes fases do projeto. Entre os principais instrumentos associados a esta gestão destacam-se os Exchange Information Requirements (EIR) e as Information Delivery Specifications (IDS), amplamente referenciadas na literatura e em normas internacionais como pilares da gestão da informação em ambientes openBIM.

#### 2.3.3.1 EIR – Exchange Information Requirements

O EIR constitui um documento fundamental no âmbito de projetos desenvolvidos segundo a metodologia BIM, sendo habitualmente elaborados numa fase pré-contratual ou pró-licitatória. Este documento define de forma clara e estruturada os requisitos de informação, as regras de colaboração, os processos, os formatos de entrega e as responsabilidades dos diversos intervenientes ao longo do desenvolvimento do projeto.

Inicialmente introduzido pela norma PAS 1192-2 como Employer's Information Requirements, o conceito de EIR encontrava-se fortemente associado aos requisitos definidos pelo Dono de Obra. Contudo, a publicação da série de normas ISO 19650, o termo passou a ser interpretado como Exchange Information Requirements, evidenciando uma evolução conceptual relevante. Esta alteração reflete uma mudança de enfoque, passando da simples definição de informação requerida para a valorização dos processos de troca, partilha, verificação e gestão da informação entre os diferentes agentes envolvidos no processo construtivo.

O EIR estabelece orientações relativas aos usos do BIM, aos níveis de informação exigidos em casa fase do projeto, aos métodos de coordenação e validação dos modelos, bem como aos procedimentos de regra, arquivamento e controlo da informação. Deste modo, o EIR

contribui para garantir que os modelos BIM, em particular os modelos tridimensionais, sejam desenvolvidos de forma consciente, coordenada e alinhada com os objetivos estratégicos, das restantes dimensões do BIM, como o planeamento temporal, a estimativa de custos a sustentabilidade e a gestão do ativo. [5]

#### 2.3.3.2 IDS – Information Delivery Specification

A Information Delivery Specification (IDS) é um padrão desenvolvido pela buildingSMART Internacional, com o objetivo de melhorar a definição, a verificação e a validação dos requisitos informativos em projetos BIM, especialmente no contexto openBIM. Trata-se de um formato aberto que permite especificar de forma estruturada e inequívoca, quais informações devem ser presentes nos modelos IFC, sendo legível tanto pro utilizador como por sistemas computacionais.

O IDS possibilita a definição precisa de propriedade, classificações, relações e atributos associados a elementos específicos do modelo BIM, permitindo a verificação automática da conformidade dos modelos face aos requisitos previamente estabelecido. Dessa forma, o IDS atua como um instrumento técnico que traduz os requisitos informativos definidos no EIR em regras objetivas e verificáveis, reduzindo ambigüidade e promovendo uma maior qualidade e consistência da informação.

No fluxo de trabalho openBIM, o IDS desempenha um papel associado ao assegurar que os dados incorporados nos modelos sejam coerentes, interoperáveis e adequados a cada fase do ciclo de vida do edifício, desde o planeamento e projeto até à construção e à fase de operação e manutenção.

#### 2.3.3.3 Articulação entre EIR e IDS no processo BIM

Embora distintos na sua natureza e nível de aplicação, o EIR e o IDS são instrumentos complementares no processo BIM. Enquanto o EIR estabelece, a um nível estratégico e organizacional, os requisitos e os métodos de troca de informação, o IDS operacional esses requisitos a um nível técnico, permitindo a sua implementação prática e validação automática nos modelos BIM.

A articulação entre EIR e IDS é particularmente relevante para assegurar que o modelo tridimensional, que constitui a base para o desenvolvimento das restantes dimensões do BIM,

seja produzindo com um papel de nível de informação adequado e consistente. Além disso, esta relação promove a interoperabilidade entre diferentes disciplinas e plataformas de software, reforçando uma abordagem colaborativa alinhada com os princípios do openBIM.

#### 2.3.4 Dimensões do BIM e suas aplicações

O BIM combina informação geométrica e alfanumérica, permitindo a associação de dados técnicos aos elementos do modelo digital. Entre os principais componentes do BIM, estão:

- Modelos 3D – Modelagem tridimensional: representação tridimensional do edifício, que integra geometria, materiais e propriedades físicas;
- Modelos 4D – Planeamento: integração do tempo, permitindo simulações de cronogramas e logística de obra;
- Modelos 5D – Custos: vinculação de orçamentos e estimativas ao modelo, facilitando a análise financeira do projeto;
- Modelos 6D – Sustentabilidade e Desempenho: análise de eficiência energética, pegada de carbono e indicadores ambientais;
- Modelos 7D – Gestão e Manutenção: suporte ao ciclo de vida do edifício, incluindo operação e manutenção de ativos.

Além das 7 dimensões mencionadas acima, hoje em dia há um debate aberto sobre três “novas dimensões do BIM”:

- Modelos 8D – Segurança na fase de projeto e construção da obra;
- Modelos 9D – Construção enxuta;
- Modelos 10D – Industrialização da construção.



Figura 2.2 - Dimensões do BIM [29]

#### 2.3.4.1 BIM 3D – Modelagem Tridimensional

A modelagem tridimensional 3D é a primeira dimensão do BIM, pois permite que todos os intervenientes envolvidos visualizem o modelo digital da obra nas três dimensões.

Ocorre frequentemente que o BIM é tido como uma simples modelagem geométrica para aprimorar o nível de detalhe de um projeto, mas vai além disso. Por ser um modelo digital do projeto, é possível adiantar já nas primeiras fases, várias verificações que, no projeto tradicional, seriam executadas apenas na fase de realização.

Sabe-se que o modelo BIM consegue se enriquecer aproveitando dados e informações provindos de modelos de outras disciplinas. Dessa forma, existe a necessidade de um controle chamado *Model Checking*, como composto por:

- Code checking: verificar se o modelo cumpre os requisitos tanto do projeto como estabelecidos pelas normas em vigor;
- Clash detection: verificar a existência de conflitos geométricos (ou não) no modelo.

As vantagens de usar o software 3D BIM para arquitetos, engenheiros e construtores são:

- Visualização mais detalhada e precisa de todo o projeto;
- Melhor colaboração entre as equipas multidisciplinares;
- Eliminação de erros, duplicações, interferências, graças à atualização do modelo em tempo real;
- Otimização de tempo e custos.

#### 2.3.4.2 BIM 4D – Planeamento

O BIM 4D consiste no planeamento das atividades, com o grande diferencial de poder visualizar o andamento das atividades ao longo do ciclo de vida do projeto.

Os métodos tradicionais para planejar a duração dos trabalhos de uma obra (diagrama de Gantt e Pert, etc.) têm vários pontos críticos:

- Perda de informações na troca dos dados entre projetista e requerente;
- Falta de comunicação entre direção de obras e fornecedores;
- Presença e colocação precisa dos materiais no canteiro de obras;
- O acompanhamento da execução da obra.

Os pontos levantados anteriormente são algumas das causas dos atrasos e descumprimentos, e resultam em contínuas reavaliações e ajustes.

Para evitar estes problemas, é recomendável redigir uma BEP (BIM Execution Plan) para planejar o projeto de forma dinâmica, favorecendo a equipa com os seguintes benefícios: estabelecer regras de produção; proporcionar uma compreensão clara dos objetivos e expectativas do cliente; permitir integrar os objetivos BIM ao projeto, sendo também um documento colaborativo e contributivo [30]. Dessa forma, pode-se visualizar facilmente o andamento do trabalho (cronograma de obras).

Com o software de gerenciamento de projeto BIM (BIM 4D), os dados são vinculados à representação gráfica dos componentes e torna-se mais fácil para o gerente de projeto consultar e compreender as informações do projeto.

As vantagens incluem:

- Coordenação eficiente entre arquitetos, empreiteiros e equipas de trabalho em obra;
- Detecção precoce de conflitos nos modelos;
- Gerenciamento das informações de status da obra e visualização do impacto das mudanças ao longo do ciclo da vida.

#### 2.3.4.3 BIM 5D – Quantidades e Custos

A modelagem BIM 5D trata da estimação e análise dos custos. Através de softwares BIM 5D específicos para o levantamento de quantitativos, como por exemplo o ACCA (usBIM,

PriMus) e Hexagon (Smart Build), é possível criar uma ligação entre os elementos do modelo digital, o orçamento dos quantitativos e a estimação de custos.

Para os peritos de custos de construção, essas ferramentas trazem vantagens notáveis:

- Maior precisão e previsibilidade na estimação dos custos do projeto, variações nas quantidades, materiais, etc.;
- Novos métodos para levantar e analisar os custos em vários cenários;
- Visualizar os avanços nas atividades e as despesas ao longo do tempo (BIM 4D);
- Contagem automática dos componentes associados a um projeto;
- Análise simplificada de custos e análise orçamentária com despesas esperadas e reais ao longo do tempo.

#### 2.3.4.4 BIM 6D – Avaliação da Sustentabilidade

O BIM 6D é associado à eficiência energética e ao desenvolvimento sustentável de um edifício novo ou já existente.

Fala-se de sustentabilidade:

- Ambiental, no que diz respeito à reprodução e manutenção dos recursos naturais;
- Económica, concebida como a capacidade de criar rendimento e emprego;
- Social, ou seja, a capacidade de criar bem-estar.

A simulação BIM 6D permite uma análise abrangente em termos de sustentabilidade económica, ambiental e energética.

A análise do desempenho energético desde a fase de projeto, permite ao projetista pôr em prática todas as melhores soluções técnicas para garantir menor consumo e maior conforto.

Ao escolher um software para análise e simulação energética dinâmica (BIM 6D), o engenheiro pode explorar numerosas vantagens, tais como:

- A possibilidade de avaliar diferentes soluções de forma rápida e precisa;
- Análise detalhada do impacto de diferentes soluções nos aspetos económicos e operacionais durante todo o ciclo de vida do trabalho;
- Gestão mais consciente e planeada do fluxo de investimento no ativo.

#### 2.3.4.5 BIM 7D – Manutenção e Gerenciamento do Ativo

O BIM 7D trata do gerenciamento e da manutenção do edifício ao longo do seu ciclo e vida. Ao falar em ciclo de vida, há que ter em conta também seu fim, além da conclusão e entrega da obra, como também intervenções de renovação, até o fim de vida com demolições das construções e reciclagem do material.

O BIM 7D consegue levantar e rastrear dados referentes a componentes, especificações técnicas, manuais de manutenção, garantias, etc. Esta tecnologia permite otimizar o gerenciamento do ativo ao longo de todo o seu ciclo de vida. Com uma ferramenta de BIM Facility Management, o gerente de ativos poderá:

- Gerenciar eficazmente os ativos, substituir componentes e cuidar de sua manutenção;
- Simplificar as práticas e garantir eficiência, segurança e cumprimento dos padrões;
- Aprimorar os recursos e os custos de manutenção, graças a um monitoramento constante.

#### 2.3.4.6 BIM 8D – Segurança no Canteiro de Obras

O BIM 8D é a dimensão que acrescenta informações relacionadas à segurança ao modelo geométrico. Ao acrescentar estas informações ao modelo, é possível prever riscos no processo de construção e identificar atividades a serem implementadas para melhorar a segurança no trabalho e prevenir acidentes.

Com o BIM 8D é possível visualizar o canteiro de obras antes da construção, tornando mais fácil e eficaz a análise de todos os cenários possíveis para evitar perigos e criticidades.

As principais vantagens do uso de um software BIM de gerenciamento do canteiro de obras (BIM 8D) para o gerente de segurança são:

- Ter uma visão completa dos cenários do local;
- Elaboração de planos de segurança detalhados e atualizados;
- Identificar e analisar com precisão as escolhas de projeto de segurança mais apropriadas;
- Prevenir riscos ao intervir nas escolhas de projeto que podem gerar possíveis perigos;
- Visualizar o estaleiro de obras digital em 3D;
- Treinar os trabalhadores para lidar com os possíveis riscos utilizando a realidade virtual;

- E assim, reduzir o risco de acidentes.

#### 2.3.4.7 BIM 9D – Construção Enxuta

O BIM 9D é a dimensão que permite otimizar e racionalizar todas as etapas envolvidas na fase de construção de um projeto, através da digitalização dos processos.

A construção enxuta é uma abordagem que permite o gerenciamento eficiente dos recursos e envolve o monitoramento do uso de matérias-primas a fim de minimizar a incidência de resíduos. Através do monitoramento constante desses recursos, podem ser criadas estratégias para efetivamente converter o que seria desperdício, fragmentos de material ou peças ímpares em algo que agregue valor ao todo.

Com um sistema de gerenciamento BIM também é possível gerenciar eficientemente a dimensão BIM 9D, permitindo que o gerente de projeto faça:

- O melhor uso possível dos materiais;
- Manter o projeto de construção dentro do cronograma e do orçamento.

#### 2.3.4.8 BIM 10D – Industrialização da Construção

O BIM 10D visa industrializar e tornar o setor da construção mais produtivo graças às novas tecnologias e à integração de dados físicos, comerciais, ambientais e outros.

É possível atingir o objetivo do BIM 10D através do uso de ferramentas para a digitalização da construção civil, como o sistema de gestão BIM, o que permite alinhar todos os envolvidos no ciclo de vida da construção e otimizar cada fase.

As vantagens do BIM 10D para o gerente de projeto são:

- Redução do tempo de construção das envolventes da construção;
- Otimização de custos do local, com redução de desperdícios de materiais, por exemplo;
- Melhoria e implementação da segurança dos trabalhadores;
- Aumento da qualidade da construção graças à infraestrutura digital nos anos futuros;
- Controle em cada etapa da produção de cada elemento individual através de processos avançados, codificados e padronizados;

- Nenhuma dependência das condições climáticas que possam afetar as atividades do local [29].

### 2.3.5 Softwares de modelação BIM

O conceito BIM tem evoluído de forma significativa desde a sua origem, expandindo-se muito além da mera modelação tridimensional. Atualmente, o BIM é entendido como uma metodologia colaborativa multidimensional, que integra informação geométrica, temporal, financeira e operacional ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo construído [31].

As dimensões do BIM representam diferentes níveis de maturidade e complexidade na gestão da informação digital, permitindo uma integração progressiva entre as diversas fases de projeto, construção e operação.

A partir da modelação 3D – que fornece a base geométrica do projeto -, novas dimensões foram sendo adicionadas para abranger outros aspetos críticos:

- Planeamento temporal (4D);
- Custos (5D);
- Sustentabilidade (6D), e
- Gestão do ciclo de vida e operação (7D).

A tabela seguinte sintetiza as dimensões mais reconhecidas do BIM, descrevendo os seus principais objetivos e os softwares mais utilizados em cada uma delas, com ênfase nas ferramentas aplicadas em Portugal e na União Europeia.

Tabela 2 - Dimensões do BIM e softwares associados

<b>Dimensão</b>	<b>Designação</b>	<b>Objetivo principal</b>	<b>Softwares mais utilizados</b>
3D – Modelação	Modelação tridimensional e coordenação de especialidades	Criação de modelos digitais integrados (arquitetura, estruturas, MEP). Permite deteção de conflitos ( <i>clash detection</i> ) e coordenação entre disciplinas.	Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Bentley OpenBuildings Designer, Trimble SketchUp, Allplan, Tekla Structures

4D – Planeamento	Integração do modelo como tempo	Simulação da sequência construtiva e planeamento de atividades com base no modelo 3D. Permite análise de prazos e visualização do progresso.	Synchro Pro (Bentley), Navisworks Manage (Autodesk), Vico Office, Primavera P6 (integrado via plug-in BIM), MS Project (com exportação IFC)
5D – Custos	Integração do modelo com orçamento e quantidades	Cálculo automático de medições e estimativas de custos. Apoia a orçamentação e gestão financeira da obra.	CostOS (Nomitech), Navisworks Quantificatioin, iTWO (RIB), Vico Office, Revit (com plug-ins), BIMVision (para quantificação IFC)
6D – Sustentabilidade / Eficiência Energética	Análise ambiental e energética	Avaliação de desempenho energético, simulações de conforto térmico, pegada de carbono e certificação ambiental.	Autodesk Insight, DesignBuilder, IES-VE, Sefaira, Green Building Studio, Ecotect Analysis
7D – Operação e Manutenção (Facility Management)	Gestão do ciclo de vida do ativo	Ligação do modelo BIM à gestão de ativos, manutenção preventiva e operação de edifícios e infraestruturas.	Archibus, Planon, FM:Systems, Maximo (IBM), Bentley AssetWise, EcoDomus, Revit + BIM 360 Ops
8D – Segurança e Saúde	Planeamento e Prevenção de Riscos	Simulação de cenários de segurança e planeamento de medidas preventivas em obra.	Navisworks, Synchro Safety, BIM 360 Field, SafetiBase
9D – Sustentabilidade Ampliada / Digital Twin	Monitorização inteligente em tempo real	Integração do BIM com sensores IoT, Big Data e gémeos digitais para gestão em tempo real.	Bentley iTwin, Autodesk Tandem, Siemens NX / MindSphere, Dassault 3DEXPERIENCE, Trimble Connect

(Fonte: Elaboração própria)



Figura 2.3 - Exemplo de softwares de metodologia BIM (Fonte: Elaboração própria)

Em síntese, a grande extensão dimensional do BIM traduz a sua maturidade digital e a capacidade de suportar a gestão integrada do ciclo de vida dos ativos. Enquanto o BIM 3D constitui a base geométrica e informacional, as dimensões 4D a 7D acrescentam valor estratégico, permitindo análises de custos, planeamento, sustentabilidade e operação.

No contexto português, a aplicação destas dimensões encontra-se em fase de consolidação, com crescente adoção de ferramentas 4D e 5D em obras públicas e experimentações iniciais de 6D e 7D em projetos-piloto [32]. A integração com plataformas de Asset Management e Digital Twins representa o próximo passo na digitalização das infraestruturas – incluindo as redes de abastecimento de água, onde o potencial do BIM para a gestão de ativos e planeamento de manutenção é particularmente relevante [33].

## 2.4 Limitações da investigação existente do BIM

A revisão da literatura sobre a metodologia BIM evidencia avanços significativos nas últimas décadas, tanto ao nível das tecnologias de modelação tridimensional como das práticas colaborativas no setor da construção. Contudo, a análise crítica das fontes revela que persistem várias lacunas no conhecimento e na aplicação prática do BIM, que justificam a necessidade de investigação adicional.

De início, verifica-se uma discrepância entre a adoção teórica e a implementação efetiva do BIM. Apesar de o conceito estar amplamente difundido, muitas organizações continuam a operar com práticas tradicionais, limitando-se a utilizar o BIM como ferramenta de modelação 3D, sem explorar o seu potencial colaborativo e integrador ao longo do ciclo de vida do edifício. A literatura aponta que esta limitação está frequentemente associada à resistência organizacional, à falta de competências digitais e à ausência de políticas públicas claras de incentivo à digitalização da construção. [34]

Seguidamente, a interoperabilidade entre plataformas BIM continua a representar um desafio substancial. Embora os formatos abertos, como o Industry Foundation Classes (IFC), tenham sido desenvolvidos para promover a troca de informação entre softwares, a realidade mostra que persistem problemas de compatibilidade, perda de dados e inconsistências semânticas [35]. Estas limitações reduzem a eficácia da colaboração interdisciplinar, especialmente em projetos complexos que envolvem múltiplos intervenientes e especialidades técnicas.

Outra lacuna importante diz respeito à integração do BIM com outras tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), a Realidade Aumentada (AR) e a Inteligência Artificial (AI). A investigação existente tende a abordar estas combinações de forma exploratória, mas ainda carece de estudos empíricos robustos que comprovem os benefícios concretos dessas integrações em contextos reais de obra ou gestão de ativos.

Além disso, a ausência de normalização e de referenciais de maturidade BIM adequados ao contexto português e europeu tem dificultado a avaliação objetiva do nível de implementação das organizações. Embora existam modelos de maturidade desenvolvidos internacionalmente (como o BIM Maturity Matrix ou o BIM Capability Stages), poucos foram adaptados à realidade normativa, cultural e económica dos países lusófonos, o que limita a sua aplicabilidade direta.

Finalmente, a dimensão humana e organizacional da implementação do BIM permanece subexplorada. Grande parte dos estudos centra-se em aspetos tecnológicos, negligenciando os fatores sociais, culturais e de gestão da mudança que condicionam a adoção bem-sucedida da metodologia. Há, portanto, uma necessidade clara de investigações que analisem o impacto do BIM sobre a dinâmica das equipas, a comunicação entre stakeholders e o desenvolvimento de competências digitais.

Em síntese, as lacunas identificadas situam-se em cinco grandes eixos:

- i. Discrepância entre adoção conceptual e prática efetiva;

- ii. Problemas persistentes de interoperabilidade entre softwares;
- iii. Falta de estudos empíricos sobre integração com tecnologias emergentes;
- iv. Carência de referenciais normativos e modelos de maturidade adaptados ao contexto local;
- v. Insuficiente investigação sobre fatores humanos e organizacionais na implementação do BIM.

## **2.5 Vantagens da aplicação do BIM no projeto de abastecimento de águas**

A utilização do BIM na modelação e dimensionamento de redes de abastecimento de água proporciona diversos benefícios técnicos e operacionais:

- Maior precisão geométrica e informacional;
- Redução de interferências com outras disciplinas;
- Automatização de tabelas de quantidades e listas de materiais;
- Possibilidade de simulação e verificação hidráulica diretamente no modelo;
- Facilidade da gestão de manutenção e do modelo “as built”.

### **2.5.1 Parâmetros de verificação do dimensionamento da rede de abastecimento de água**

A conceção das redes prediais de água fria e quente em edificações exige a verificação de parâmetros construtivos, geométricos e hidráulicos, bem como o respeito pelo enquadramento legal português [37] [38]. O objetivo é garantir funcionalidade, durabilidade, manutenção acessível e segurança sanitária.

A metodologia BIM permite automatizar a verificação destes parâmetros, promovendo precisão, rastreabilidade legal e compatibilidade entre disciplinas.

#### **2.5.1.1 Recobrimento mínimo das tubagens**

Os recobrimentos mínimos recomendados variam conforme o tipo de tubagem, localização no edifício e proteção necessária:

Tabela 3 - Recobrimentos mínimos recomendados

Localização	Tipo de proteção	Recobrimento mínimo (m)	Observações
Pavimento interior (embutida em betonilha)	Água fria ou quente	0,05 – 0,10	Utilizar manga isolante para tubagens quentes
Paredes embutidas	Água fria ou quente	≥ 0,03	Evitar fixações que possam danificar a tubagem
Pavimento exteriores (garagem, pátio)	Água fria	≥ 0,30	Acrescentar isolamento térmico para proteção contra gelo
Pavimentos exteriores	Água quente	≥ 0,05 – 0,10	Sempre protegida com isolamento térmico adequado

*\*Adaptado das normas EN 805, EN 806, EN 1610 e Manual de Redes Prediais de Água - EPAL.*

As tubagens de água quente devem ser sempre isoladas para evitar perdas térmicas e condensação em ramais aparentes.

#### 2.5.1.2 Espaçamento entre tubagens

O espaçamento mínimo entre tubagens garante manutenção, evita interferências e preserva a eficácia hidráulica. Em edifícios habitacionais, são consideradas as distâncias entre tubagens de diferentes utilidades e entre água fria e quente conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4 - Espaçamentos mínimos entre tubagens de diferentes utilidades

Tipo de tubagem	Espaçamento horizontal mínimo (m)	Espaçamento vertical mínimo (m)	Observações
Água fria – Água quente	0,05 – 0,10	0,05 – 0,10	Permite expansão térmica e manutenção
Água – Esgotos	0,40 – 0,60	0,25	Água sempre acima de esgotos
Água – Gás	≥ 0,20	≥ 0,10	Se cruzar, usar proteção mecânica
Água – Eletricidade	≥ 0,30	≥ 0,10	Evitar interferências e riscos elétricos
Água – Telecomunicações	≥ 0,10	–	Evitar cruzamentos diretos

*\*Adaptado das normas EN 805, EN 1610, EN 1997-1, Portaria n.º 386/94, DL n.º 123/2009 e DL n.º 96/2017.*

A tubagem de água quente deve estar sempre isolada para proteger tubagens adjacentes e manter a eficiência energética.

### 2.5.1.3 Declives e alinhamentos

- Água fria e quente: Mantém-se um declive mínimo de 0,3% a 0,5% para facilitar purgas e ventilação;
- Alinhamento em prumadas: Preferencialmente reto, com curvas suaves de 45° em vez de cotovelos de 90°;
- Pontos de purga e ventilação: Devem ser previstos nos pontos baixos e altos das tubagens para manutenção de rede predial.

Em BIM, estas restrições podem ser implementadas por meio de parâmetros que definem a posição vertical das tubagens relativamente aos níveis do edifício, permitindo a aplicação de regras automáticas de verificação de declives, espaçamentos e interferências.

### 2.5.1.4 Parâmetros hidráulicos

A determinação dos parâmetros hidráulicos é fundamental para assegurar que a rede predial de água fria e quente em edifícios habitacionais opere de forma eficiente, segura e confiável. Esta análise engloba a verificação de pressões, velocidade e perdas de carga, de modo a garantir que todos os pontos de utilização recebam caudal adequado, sem comprometer a durabilidade das tubagens nem a qualidade da água.

O cálculo destes parâmetros deve ser realizado com base em normas técnicas (EN 806, ISO 4064) e integrado ao modelo BIM, permitindo simulações que identifiquem possíveis problemas de subpressão ou sobrepressão, bem como otimizar o dimensionamento dos ramais e prumadas do edifício.

*Tabela 5 - Parâmetros hidráulicos recomendados*

<b>Parâmetro</b>	<b>Limite recomendado</b>	<b>Observações</b>
Pressão mínima	$\geq 100$ kPa	Ponto terminal em ramais de água fria ou quente
Pressão máxima	$\leq 500$ kPa	Conformidade com capacidade da tubagem e acessórios

Velocidade mínima	2,0 m/s (ramais principais), 1,0 m/s (ramais secundários)	Evita ruído e erosão
Perda de carga máxima	≤ 10 mca / 100 m	Mantém eficiência hidráulica

*\*Adaptado das normas EN 806, AWWA e ISO 4064:2019.*

As tubagens de água quente podem ter ligeira redução de diâmetro em relação a água fria, dependendo da demanda, mas sempre respeitando os limites hidráulicos.

#### 2.5.1.5 Materiais e conformidade legal

O correto dimensionamento e seleção de materiais para redes prediais de água em edifícios habitacionais é fundamental para assegurar a durabilidade, a eficiência hidráulica e a segurança sanitária, em conformidade com a legislação portuguesa e normas técnicas internacionais. Além disso, a escolha dos materiais impacta diretamente a execução, manutenção e custos operacionais da instalação.

##### a) Requisitos de conformidade legal

A conformidade legal é regida por diversos diplomas, destacando-se:

- Decreto-Lei n.º 69/2023, de 21 de agosto: estabelece que todos os materiais em contato com água destinada ao consumo humano devem ser certificados, não liberando substâncias prejudiciais à saúde (art. 34.º);
- Decreto Regulamentar n.º 23/95: exige que o projeto, execução e manutenção de redes prediais assegurem segurança sanitária, funcionalidade e durabilidade (art. 1.º);
- Normas EN 806-2 e EN 806-03: definem critérios técnicos de projeto, dimensionamento e qualidade dos materiais.

Pontos essenciais de conformidade:

- Higiene e segurança: tubagens e acessórios devem garantir que a água potável não seja contaminada por metais pesados, compostos orgânicos ou microorganismos;

- **Certificação:** materiais devem possuir marcação CE ou declarações de conformidade equivalentes;
- **Durabilidade:** resistência mecânica a pressão interna, choque hidráulico e temperatura da água;
- **Compatibilidade térmica:** tubagens de água quente devem suportar temperaturas elevadas e permitir dilatação sem danificar conexões ou superfícies adjacentes;
- **Instalação correta:** uso de conectores, abraçadeiras e isolamento conforme especificações do fabricante e normas técnicas.

#### b) Tipos de materiais utilizados

Em edifícios habitacionais, as tubagens de água fria e quente podem ser confeccionadas em diferentes materiais, cada um com características específicas de resistência mecânica, compatibilidade com água potável, isolamento térmico e facilidade de instalação:

*Tabela 6 - Tipos de materiais para tubagens de abastecimento de água*

<b>Material</b>	<b>Uso recomendado</b>	<b>Características principais</b>	<b>Observações</b>
PEX (polietileno reticulado)	Água fria e quente	Flexível, resistente à pressão, boa resistência térmica	Necessita de abraçadeiras específicas e isolamento em tubagens quentes
PP-R (polipropileno random copolímero)	Água fria e quente	Rígido, resistente a temperaturas até 95°C	Requer soldagem por termofusão para conexões
Cobre	Água fria e quente	Alta durabilidade, resistente a pressões elevadas	Maior custo, risco de corrosão em água ácida
Multicamada (PEX-al-PEX ou PP-R-al-PP-R)	Água fria e quente	Combina resistência mecânica e flexibilidade	Instalação mais rápida, necessidade de conexões especiais
PVC-U / PVC-C	Água fria	Resistente, leve, fácil de cortar e colar	Não recomendado para água quente acima de 60°C

*\*Adaptado das normas EN ISO 15875, EN ISO 15874, EN 1057, EN ISO 21003, EN ISO 1452, EN ISO 15877.*

Todas as tubagens devem ser adequadamente isoladas, principalmente as de água quente, para evitar perdas térmicas e condensação.

c) Práticas construtivas e BIM

No contexto de modelação BIM, a conformidade legal e técnica pode ser integrada diretamente ao modelo:

- Cada elemento de tubagem deve ter propriedades paramétricas: material, diâmetro, pressão máxima, temperatura admissível, etc.;
- É possível associar certificados de conformidade ou normas aplicáveis diretamente a cada elemento;
- Verificações automáticas podem identificar incompatibilidade de material, necessidade de isolamento ou excesso de pressão;
- Relatórios de quantidades, materiais e especificações podem ser extraídos automaticamente para memoriais de projeto, em conformidade com o disposto no Artigo 10.º do Decreto Regulamentar n.º 23/95.

Dessa forma, a modelação em BIM não só otimiza o projeto, mas também garante rastreabilidade legal, essencial para aprovação junto das entidades competentes e fiscalização posterior.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Introdução**

Este capítulo apresenta a aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos de abastecimento de água predial, iniciando com uma fase de ações BIM com a apresentação do software utilizado e os critérios de modelação. Em seguida, é conduzida uma segunda fase, que inclui a identificação dos principais benefícios e desafios dessa abordagem, definição de uma estratégia por meio de planejamento dos processos e parâmetros de verificação do dimensionamento da rede de abastecimento de água.

#### **3.2 Utilização da metodologia BIM no dimensionamento de projetos das especialidades de Engenharia Civil**

A metodologia BIM tem revolucionado o modo como os projetos de engenharia e construção são concebidos e executados. O BIM consiste num processo integrado de criação e gestão de modelos digitais que contêm informações geométricas e não geométricas de um edifício ou infraestrutura ao longo de todo o seu ciclo de vida.

No contexto das especialidades de Engenharia – nomeadamente hidráulica, elétrica, estrutural e mecânica – o BIM permite a coordenação eficiente entre disciplinas, melhorando a comunicação, reduzindo erros de projeto e otimizando os processos de construção e manutenção.

A aplicação do BIM nas especialidades de Engenharia visa promover a interoperabilidade entre as diversas áreas técnicas. As principais utilizações encontram-se resumidas na Tabela 7.

Tabela 7 - Aplicações do BIM nas diferentes especialidades de Engenharia

<b>Especialidade</b>	<b>Aplicações principais</b>	<b>Benefícios esperados</b>
Estrutural	Modelação de elementos em betão e aço; integração com softwares de cálculo estrutural.	Precisão geométrica e redução de retrabalhos.
Elétrica	Modelação de redes, quadros e circuitos; cálculo de cargas e quedas de tensão.	Coordenação com AVAC e hidráulica; documentação automática.
Mecânica/AVAC	Simulação de fluxos de ar e dimensionamento de condutas.	Melhoria de eficiência energética.
Hidráulica/Sanitária	Modelação de redes de abastecimento e drenagem; cálculo de caudais e pressões.	Análise hidráulica integrada e redução de conflitos.

*\*Adaptado de Eastman et al. (2011) [20] e Succar (2009)[36].*

### 3.3 Modelação de rede de abastecimento de águas sanitárias em BIM

#### 3.3.1 Ferramenta utilizada

Para a modelação e dimensionamento da rede de abastecimento de águas sanitárias neste trabalho foi utilizado o software Autodesk Revit, programa amplamente adotado na indústria AEC. O Revit permite a criação de sistemas paramétricos de tubagens, nos quais cada elemento possui propriedades físicas e funcionais, como diâmetro, material, pressão nominal e caudal de serviço.

#### 3.3.2 Critérios de modelação

Os critérios de modelação foram definidos para garantir coerência técnica e compatibilidade com as normas em vigor. Estes critérios incluem:

- Definição de sistemas separados para água fria, água quente e retorno de AQS (água quente sanitária), com codificação cromática distinta (azul, vermelho e laranja/preto, respetivamente);
- Utilização de famílias paramétricas para tubagens, válvulas, torneiras e reservatórios, assegurando a uniformidade dos parâmetros;

- Consideração das condições hidráulicas: pressão de serviço, perdas de carga e declives mínimos;
- Cumprimento das normas EN 806, EN 1717, e dos regulamentos nacionais aplicáveis.

A Tabela 8 apresenta um exemplo de parâmetros considerados no modelo BIM.

*Tabela 8 - Parâmetros principais de elementos da rede de abastecimento modelados em BIM*

<b>Elemento</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Descrição</b>
Tubagem principal	Diâmetro nominal (DN)	mm	Dimensionamento conforme caudal total e perda de carga.
Válvula de seccionamento	Pressão de serviço	bar	Verificação de compatibilidade com rede principal.
Aparelho sanitário	Caudal de projeto (Qp)	L/s	Determinado conforme simultaneidade de uso.
Bomba de reforço	Altura manométrica total	mca	Calculada com base na pressão mínima requerida.

*\*Adaptado das normas EN 806, EN 1074, EN 12056 e CIBSE Guide B.*

A escolha adequada de materiais e o cumprimento da legislação vigente são pilares para garantir que as redes prediais em edifícios habitacionais operam com segurança, eficiência e durabilidade.

O uso integrado do BIM permite consolidar todas as informações técnicas, normativas e legais, reduzindo erros de execução e garantindo que o projeto esteja em plena conformidade com os requisitos portugueses.

## **4 ESTUDO DE CASO**

### **4.1 Introdução**

Este capítulo apresenta o estudo de caso desenvolvido com o propósito de aplicar na prática, os conceitos e metodologias de modelação da rede de abastecimento de água em BIM. Recorreu-se ao software Autodesk Revit para a criação do modelo digital de uma edificação, abrangendo a especialidade de instalações hidráulicas prediais, com enfoque na rede de distribuição de água fria e quente.

O estudo de caso visa demonstrar o potencial do BIM na representação tridimensional, na coordenação interdisciplinar e na extração de informação relevante para o projeto hidráulico, permitindo análises mais rigorosas e um processo de trabalho mais integrado. A modelação foi conduzida de forma a evidenciar as vantagens da metodologia em relação aos processos convencionais de projeto, nomeadamente no que respeita à automatização de medições, à deteção de incompatibilidades e à produção de documentação técnica normalizada.

### **4.2 Caracterização dos modelos**

Para o estudo de caso, foram considerados os modelos e desenhos disponibilizados da especialidade de Arquitetura, bem como as peças desenhadas em formato 2D, elaboradas no software AutoCAD, correspondentes ao projeto de abastecimento de água predial. Estes elementos constituíram o ponto de partida para a estruturação do modelo tridimensional no Revit, permitindo a transposição da informação bidimensional para um ambiente digital paramétrico.

Neste contexto, serão descritas de seguida as características gerais dos modelos utilizados, incluindo a sua organização, sistema de coordenadas e níveis de detalhe. São igualmente abordados os procedimentos de compatibilização e verificação de consistência entre os desenhos de arquitetura e as plantas hidráulicas em 2D, de forma a garantir a coerência e a integridade da informação incorporada no processo de modelação.

#### 4.2.1 Modelo de Arquitetura

O modelo arquitetônico (Figura 4.1) constituiu a base geométrica fundamental para o desenvolvimento da modelação da rede de abastecimento de água em ambiente BIM. O trabalho foi inicialmente concebido a partir de um projeto real de um edifício habitacional, cujos elementos serviram de referência para a criação do modelo utilizado neste estudo.

Contudo, durante a fase de análise preliminar, verificou-se que as lajes do projeto original apresentavam espessuras reduzidas, o que limitava a passagem das tubagens de abastecimento e drenagem de águas. Por esse motivo, optou-se por não considerar o modelo como um projeto real, passando a tratá-lo como um protótipo de exemplo, desenvolvido somente para servir de base ao presente trabalho. Este protótipo manteve as principais características geométricas e tipológicas do edifício original, assegurando a representatividade necessária para a aplicação prática da metodologia BIM.

A edificação em análise, corresponde a um prédio habitacional com 22 pisos, distribuídos em duas caves, nomeadamente pisos -2 e -1, rés do chão e 19 pisos acima do solo, numerados de 0 a 18. Durante a avaliação do modelo arquitetónico, constatou-se que alguns dos pisos apresentavam configurações repetidas, nomeadamente os pisos 0 e 1, e os pisos de 2 a 16, o que permitiu otimizar o processo de modelação e reduzir a redundância de elementos.

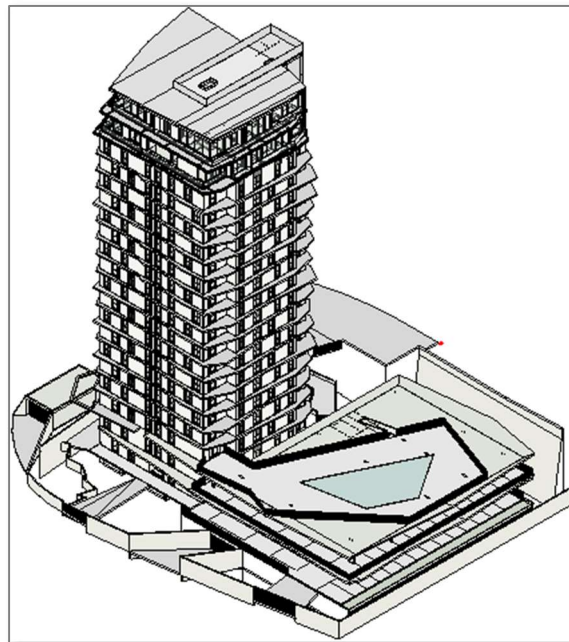


Figura 4.1 - Modelo arquitetónico base do projeto (Fonte: Projeto fornecido)

O modelo arquitetônico foi desenvolvido com um nível de dimensionamento adequado ao objetivo do estudo, garantindo a representação dos principais elementos construtivos relevantes para a integração da rede de abastecimento de água, como paredes, pavimentos, shafts técnicos e zonas de serviço. A sua estruturação cuidada é essencial para a compatibilização entre especialidades e para a obtenção de resultados precisos no ambiente BIM.

Assim, o modelo arquitetônico apresentado constituiu um protótipo representativo de um edifício habitacional de grande porte, utilizado como base experimental para o desenvolvimento da modelação BIM da rede de abastecimento de água, permitindo avaliar a aplicabilidade e as potencialidades desta metodologia em projetos prediais de elevada complexidade.

#### 4.2.2 Modelo de Sistemas Hidráulicos

O modelo do sistema hidráulico teve como base o projeto de abastecimento de água fornecido em formato 2D, elaborado para visualização em software AutoCAD. As plantas hidráulicas contêm informações para a modelação da rede, nomeadamente a definição dos diâmetros das tubagens associadas a cada equipamento, a localização e especificação dos contadores, a identificação dos ramais de distribuição e outros elementos característicos de um sistema predial de abastecimento de água.

O edifício de estudo é dotado de um grupo de bombagem, localizado no piso -1, que está dividido em três bombas, tendo sido definidas conforme esquema abaixo:

- Bomba 1: Para abastecimento dos pisos de -1 a 5, com caudal de 5L/s e altura manométrica de 75mca;
- Bomba 2: Para abastecimento dos pisos de 6 a 12, com caudal de 5L/s e altura manométrica de 105mca;
- Bomba 3: Para abastecimento dos pisos de 13 a 18, com caudal de 5L/s e altura manométrica de 135mca.

Esse grupo de bombagem é composto por três reservatórios, que asseguram a armazenagem e o fornecimento de água às diversas zonas da edificação.

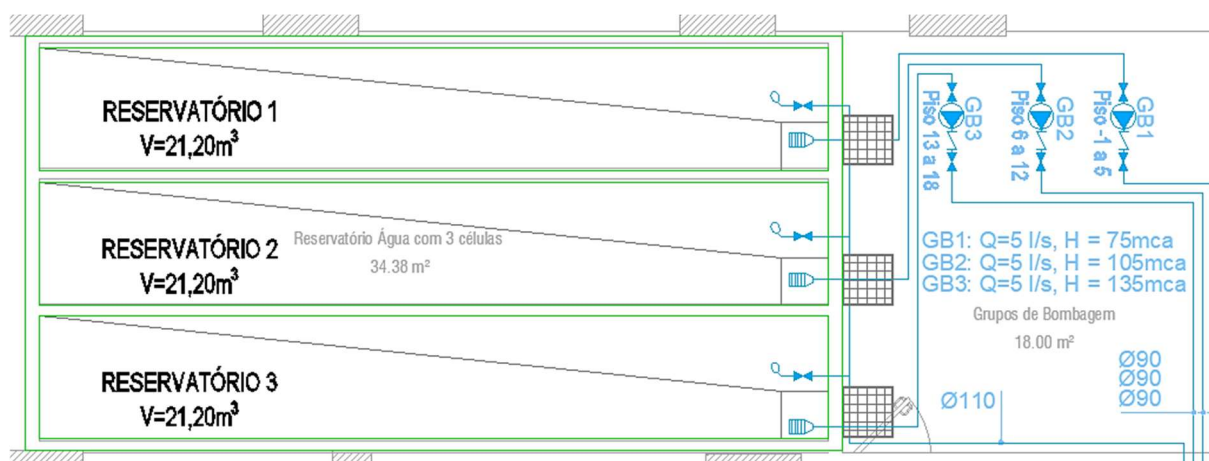


Figura 4.2 - Grupo de bombagem para abastecimento de água do prédio (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido)

### 4.3 Descrição das frações do edifício

#### 4.3.1 Piso -1

O piso -1 corresponde a zona técnica principal do edifício, desempenhando um papel fundamental no funcionamento das infraestruturas prediais. Este nível encontra-se abaixo do solo e alberga os sistemas de apoio e de abastecimento, sendo composto pelos seguintes compartimentos e áreas funcionais:

- Reservatório de água: localizado numa zona técnica isolada e destina-se ao armazenamento de água para consumo predial. É dimensionado de forma a garantir a autonomia necessária em situações de interrupção temporária do fornecimento público. O reservatório encontra-se ligado diretamente ao sistema de bombagem.
- Grupo de bombagem: instalado na mesma divisão do reservatório, é constituído por bombas centrífugas dispostas em paralelo, com controlo automático da pressão de serviço. Este sistema assegura a distribuição da água para todos os pisos superiores, compensando a diferença de carga hidráulica associada à altura total do edifício.
- Áreas técnicas e arrumos: incluem compartimentos destinados ao alojamento de equipamentos de apoio e manutenção às instalações elétricas, mecânicas e hidráulicas, bem como espaços de armazenamento destinados à cada fração do edifício habitacional.

- Sala de quadros elétricos: local onde se encontram os quadros gerais (QG) e os quadros parciais das diferentes especialidades. Esta área deve possuir condições adequadas de ventilação e segurança, garantindo o funcionamento eficiente dos sistemas elétricos.
- Halls e corredores de ligação: asseguram a circulação interna entre os diferentes compartimentos técnicos e zonas de arrumos, permitindo o acesso de manutenção e inspeção de forma segura. Estes espaços são geralmente dotados de sinalização e iluminação de emergência, cumprindo as normas de segurança em edifícios de grande porte.

O piso -1, portanto, constitui o núcleo operacional das instalações prediais, sendo o ponto de partida das redes de abastecimento de água fria, quente e retorno, bem como o local onde se encontram os principais elementos de controlo e monitorização do sistema hidráulico.

#### 4.3.2 Piso rés do chão

O piso rés do chão tem uma função predominantemente social e de serviços comuns, reunindo espaços de utilização coletiva e de apoio aos residentes. Este nível, com acesso direto ao exterior, é caracterizado pela diversidade de ambientes e pela integração entre zonas de convívio e áreas funcionais. Os principais compartimentos são:

- Salas de reuniões: concebidas para uso partilhado dos condóminos e da administração do edifício, destinam-se à realização de assembleias, encontros e outras atividades de carácter comunitário. Estas salas dispõem de instalação sanitária própria e ligação às redes de água fria e quente.
- Lavandaria comum: equipada com máquinas de lavar e secar, constitui uma área de apoio aos moradores. O sistema de abastecimento de água deve garantir caudal e temperatura adequados para o funcionamento simultâneo dos equipamentos, considerando o elevado consumo pontual.
- Ginásio: espaço destinado à prática de exercício físico, provido de pontos de consumo de água fria e quente, designadamente em chuveiros e lavatórios nos balneários. O ginásio está articulado com outras áreas complementares.
- Balneários: associados ao ginásio, são compostos por áreas de duchas, lavatórios e sanitas, sendo uma das zonas de maior densidade hidráulica do piso. Estas áreas

exigem um dimensionamento adequado das redes de abastecimento e de drenagem, bem como a previsão de isolamento térmico das tubagens de água quente.

- Gabinete de massagens: ambiente de utilização restrita, localizado junto ao ginásio, concebido para atividades de relaxamento e bem-estar. Dispõe de lavatório e ligação ao sistema de água quente, com controlo individual de temperatura.
- Espaço de co-working / sala de condomínio: concebido para uso multifuncional, permite o trabalho partilhado ou reuniões informais dos condóminos. Inclui pontos de abastecimento de água e pequena copa de apoio, reforçando o carácter comunitário do piso.

O rés do chão, portanto, representa uma zona de serviços e convivência, onde a integração das redes hidráulicas deve considerar a simultaneidade de utilização e a compatibilização com as demais especialidades (arquitetura, AVAC e eletricidade).

#### 4.3.3 Pisos de 0 a 18

Os pisos de 0 a 18 correspondem à zona habitacional do edifício, destinada exclusivamente a apartamentos de tipologias T2 e T3. Estes pisos apresentam uma repetição modular da planta, o que facilita o processo de modelação em BIM e a racionalização das redes técnicas, em especial as de abastecimento de água fria, quente e retorno.

A disposição dos apartamentos, bem como a configuração dos espaços húmidos (casas de banho, lavabos e cozinhas), constitui um dos principais fatores a influenciar o traçado e o dimensionamento das tubagens, sendo, portanto, relevante para a análise hidráulica do edifício.

##### 4.3.3.1 Pisos 0 e 1

Os pisos 0 e 1 possuem uma configuração idêntica, cada um composto por três apartamentos, sendo um T3 e dois T2.

- Apartamento T3:
  - Composição: 1 suite, 2 quartos, 1 casa de banho comum, 1 lavabo, sala de estar, sala de jantar e cozinha.

- Características hidráulicas: apresenta uma elevada concentração de pontos de consumo, distribuídos por três zonas húmidas principais (duas casas de banho e cozinha), com a suite localizada na extremidade oposta ao ponto de alimentação.
- Rede de retorno: a instalação de um ramal de retorno de água quente foi prevista especificamente para este apartamento, ligando a saída de água quente da suite ao coletor principal. Esta solução garante a circulação contínua de água quente no trecho mais extenso da tubagem, evitando arrefecimento e desperdício de água durante o tempo de espera pelo aquecimento.
- Dois apartamentos T2:
  - Composição: 2 quartos com 1 casa de banho partilhada, 1 lavabo, sala de estar, jantar e cozinha.
  - Características hidráulicas: apresenta um esquema mais simples, com menor número de pontos de consumo, facilitando o traçado das redes.

Nos pisos 0 e 1 o traçado da rede de abastecimento foi condicionado pela necessidade e passagem das tubagens entre paredes divisórias e enchimento de pavimento, garantindo simultaneamente a compatibilização com a estrutura e a acústica.

#### 4.3.3.2 Pisos 2 a 16

Do piso 2 ao piso 16, a arquitetura repete-se integralmente, constituindo a zona de apartamentos tipo, o que permitiu otimizar o processo de modelação em BIM através da utilização de modelos paramétricos repetidos (famílias tipo).

Cada um destes pisos é composto por cinco apartamentos de tipologia T2, distribuídos da seguinte forma:

- Dois apartamentos T2 com uma suíte e um quarto:
  - Composição: 1 suite, 1 quarto, 1 casa de banho, sala de estar, sala de jantar e cozinha.
  - Características hidráulicas: o traçado da rede é compacto, com menor distância entre cozinha e instalações sanitárias, o que minimiza perdas de carga e comprimentos de tubagens.
- Dois apartamentos T2 com dois quartos e uma casa de banho:

- Composição: 2 quartos, 1 casa de banho, sala de estar, sala de jantar e cozinha.
- Características hidráulicas: tipologia simples, com um único conjunto sanitário, o que reduz o consumo simultâneo e permite otimizar o diâmetro dos ramais individuais.
- Um apartamento T2 com uma suite, um quarto, uma casa de banho e um lavabo:
  - Composição: 1 suite, 1 quarto, 1 casa de banho, 1 lavabo, sala de estar, sala de jantar e cozinha.
  - Características hidráulicas: a existência de um lavabo adicional exige a derivação de um ramal específico, mantendo o equilíbrio hidráulico da coluna correspondente.

A repartição destas tipologias entre os pisos 2 e 16 proporciona uniformidade na modelação e facilita a análise de desempenho hidráulico, permitindo replicar parâmetros de dimensionamento e testar cenários de consumo com maior consistência.

#### 4.3.3.3 Piso 17

O piso 17 apresenta uma configuração distinta, composta por quatro apartamentos T2, com variações internas de compartimentação.

- Dois apartamentos T2 com uma suite e um quarto:
  - Composição: 1 suite, 1 quarto, 1 casa de banho, sala de estar, sala de jantar e cozinha.
- Um apartamento T2 com duas suites:
  - Composição: 2 suites, 1 lavabo, sala de estar, sala de jantar e cozinha.
  - Características hidráulicas: este tipo apresenta maior complexidade hidráulica, com três zonas de consumo sanitário e um elevado número de pontos simultâneos de utilização.
- Um apartamento T2 com dois quartos e uma casa de banho:
  - Composição: 2 quartos, 1 casa de banho, sala de estar, sala de jantar e cozinha.

O piso 17 combina, portanto, diferentes configurações internas, resultando em distribuições de caudais diferenciadas para cada ramal principal, exigindo uma modelação mais detalhada no software para garantir a coerência do sistema de abastecimento.

#### 4.3.3.4 Piso 18

O piso 18, último nível habitacional do edifício, é composto por dois apartamentos T2, ambos com características idênticas em termos de compartimentação e organização funcional. Este piso localiza-se imediatamente abaixo da cobertura, o que o torna hidraulicamente o mais desfavorável do edifício no que respeita à distribuição de água fria, devido à maior distância vertical em relação ao reservatório e ao grupo de bombagem localizados no piso -1.

- Dois apartamentos T2:
  - Composição: 2 suites, 1 lavabo, sala de estar, sala de jantar e cozinha.
  - Características hidráulicas e de retorno: As zonas húmidas (casas de banho e cozinha) estão distribuídas em áreas opostas do apartamento, o que implica percursos de tubagem relativamente extensos para o abastecimento de água quente, especialmente até às casas de banho das suites.

Assim, o piso 18 desempenha um papel técnico crucial na rede de abastecimento, por representar o nível superior do edifício e concentrar as instalações hidráulicas mais desfavoráveis em termos de pressão e perda térmica.

#### 4.3.4 Considerações gerais da compartimentação do edifício

A descrição destes pisos demonstra a complexidade funcional do edifício, que combina zonas técnicas, de serviços comuns e pisos habitacionais, que evidencia a variação tipológica e a repetição modular das plantas. No contexto da modelação BIM, a correta representação destes espaços foi essencial para o planeamento do traçado das redes de abastecimento, garantindo acessibilidade, eficiência hidráulica e compatibilidade entre especialidades.

Durante a execução do modelo BIM, a identificação dos compartimentos húmidos (cozinha, casas de banho e lavabos) permitiu definir percursos otimizados de tubagens, reduzindo o comprimento dos ramais para facilitar a compatibilização entre especialidades.

Além disso, a repetição de tipologias nos pisos 2 a 16 possibilitou a aplicação de parâmetros padronizados, garantindo consistência no cálculo dos caudais simultâneos e nas verificações de perda de carga.

Em conjunto, a definição detalhada dos ambientes dos pisos habitacionais constituiu a base da modelação da rede de abastecimento de água em BIM, assegurando a fiabilidade técnica do projeto e a coerência construtiva entre os diversos níveis do edifício.

## 4.4 Materiais utilizados

### 4.4.1 Tubagens

No presente projeto, foi adotado o sistema de tubagens NIRON, em Polipropileno Random Copolímero (PP-R), com classe de pressão PN20, destinado à distribuição de água fria e quente em redes prediais sob pressão. Este sistema, desenvolvido pela NUPI Industrie Italiane S.p.A. e comercializado em Portugal pela NUPI Portugal, é amplamente utilizado em redes prediais de água potável pela sua resistência, durabilidade e facilidade de instalação.

O sistema NIRON é constituído por uma gama completa de tubagens e acessórios em PP-R do tipo monocamada SDR6/Série 2,5, produzidos de acordo com as normas EN ISO 15874 e DIN 8077/8078, adequadas para o transporte de água fria e quente sob pressão, tanto em aplicações residenciais como comerciais. O material apresenta elevada resistência mecânica e térmica, excelente comportamento químico e baixa rugosidade interna, o que reduz as perdas de carga e contribui para a eficiência hidráulica do sistema [39].



Figura 4.3 - Especificação das tubagens utilizadas na modelagem do projeto em BIM [40]

Entre as principais vantagens do PP-R NIRON destacam-se:

- Resistência à corrosão e à incrustação, garantindo maior durabilidade do sistema em comparação com materiais metálicos;
- Estantiquidade total nas uniões, obtida através de soldadura por termofusão, que assegura continuidade material entre tubo e acessório;
- Elevada resistência a pressões e temperaturas, compatível com as exigências de redes prediais de água quente e fria;
- Baixa condutividade térmica, contribuindo para a manutenção da temperatura da água e para a eficiência energética;
- Facilidade de instalação e reduzido peso, o que simplifica o manuseamento em obra e reduz o tempo de execução.

Tabela 9 - Diâmetros a considerar nos ramais de ligação aos dispositivos de utilização

Equipamento	Øext (mm)	Øint (mm)
Lavatório	16	10,6
Chuveiro	20	13,2
Retrete	16	10,6
Máquina de lavar roupa	20	13,2
Máquina de lavar louça	20	13,2
Pia de lavar louça	20	13,2

\*Tubagens em PP-R

(Fornecido no projeto de abastecimento de água)

Tabela 10 - Relação entre diâmetros internos e externos dos tubos em PP-R

Tubagem em PP-R	
Ø ext (mm)	Ø int (mm)
16	10,6
20	13,2
25	16,6
32	21,2
40	26,6
50	33,2
63	42,0
75	50,0
90	60,0
110	79,6
125	102,2

(Fornecido no projeto de abastecimento de água)

No âmbito deste projeto, as tubagens de água quente em PP-R NIRON foram previstas com isolamento em espuma elastómera. A espuma elastómera apresenta baixa condutividade térmica, reduzindo significativamente as perdas de calor ao longo da rede e contribuindo para a eficácia energética do sistema. O isolamento das tubagens foi realizado com produtos do fabricante ISOPIPE S.A., reconhecido pela sua especialização em sistemas de isolamento térmico flexíveis.

Os produtos ISOPIPE são frequentemente utilizados em sistemas de aquecimento, canalização, ar condicionado e refrigeração, oferecendo excelente desempenho térmico e resistência à condensação devido à sua estrutura de células fechadas. Para o presente projeto, o isolamento aplicado às tubagens de água quente possui espessura de 20mm, assegurando a redução das perdas térmicas e prevenindo a condensação superficial. Além disso, os materiais apresentam elevada resistência à propagação de chamas e baixa emissão de fumos, conforme a classificação B-s2, d0 segundo a norma EN 135501-1.

Esse tipo de isolamento flexível, resistente a intempéries e à radiação UV, fácil de instalar em tubagens curvas ou com acessórios, e mantém a integridade ao longo da vida útil prevista do sistema, garantindo proteção térmica e operacional contínua da rede. A escolha de produtos ISOPIPE com espessura de 20mm para o isolamento das tubagens de água quente neste projeto garante eficiência energética, durabilidade e conformidade com as exigências de segurança previstas para instalações prediais de grande porte.

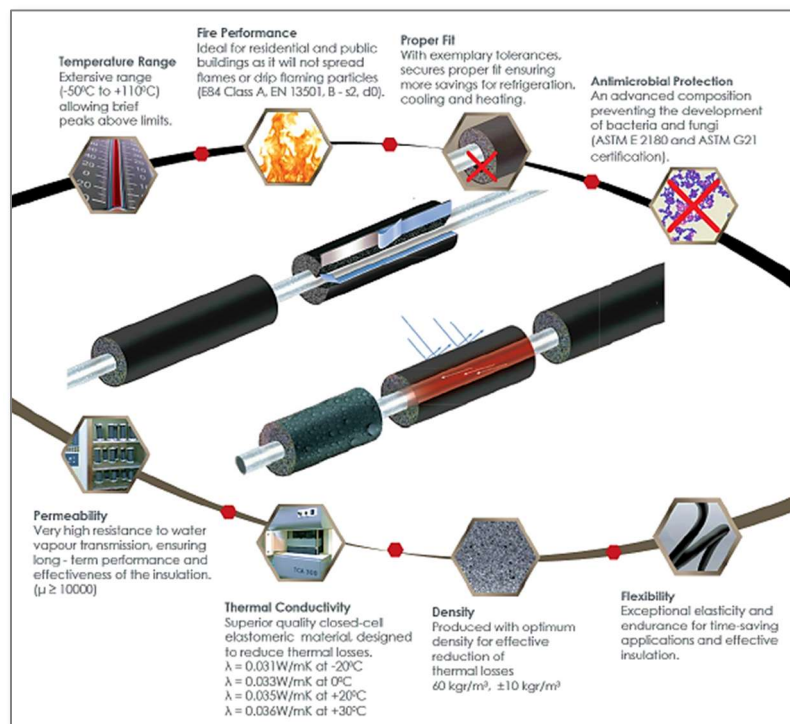


Figura 4.4 - Características do isolamento escolhido para as tubagens de água quente [41]

O sistema de retorno de água quente sanitária foi concebido com o objetivo de assegurar a circulação da água aquecida, reduzindo o tempo de espera no ponto de utilização e garantindo o conforto térmico e a eficiência energética da instalação. Este sistema permite manter a temperatura da água quente nas colunas principais e nos ramais mais afastados, evitando desperdícios associados à descarga de água fria durante o tempo de espera até à chegada da água aquecida.

Para a execução desta rede, foram utilizadas tubagens do mesmo tipo e fabricante adotados para a rede principal de água fria e quente, garantindo assim a compatibilidade de materiais e de métodos de ligação. No entanto, dado o menor caudal necessário para o circuito de recirculação, foi especificado o diâmetro nominal de 16mm para toda a rede de retorno, suficiente para assegurar o caudal de retorno e o equilíbrio térmico do sistema.

As tubagens de retorno foram aplicadas exclusivamente nos pisos 0, 1 e 18, locais onde se verificou a necessidade de manter a estabilidade térmica da rede e a eficiência do grupo de bombagem associado ao sistema de abastecimento.

Tal como nas tubagens de água quente, as de retorno foram revestidas com isolamento em espuma elastómera ISOPIPE, com espessura mínima de 20mm, de modo a minimizar as perdas de calor durante o percurso e evitar a condensação superficial em zonas térmicas. Esta solução contribui para o controlo energético da instalação, mantendo a temperatura operacional e prolongando a durabilidade dos componentes.

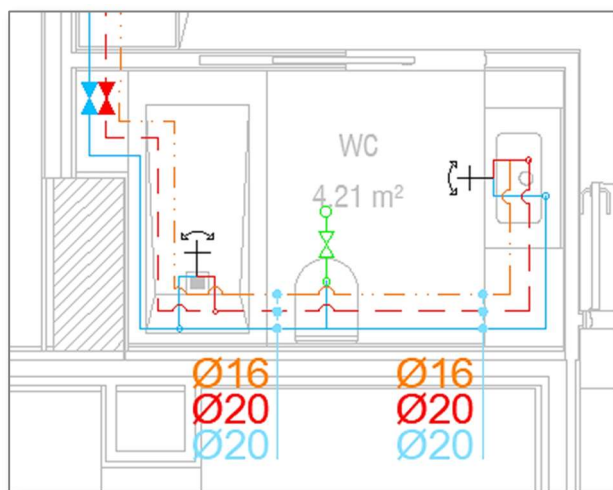


Figura 4.5 - Rede de abastecimento de água com retorno no piso 0 (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido)

Essas informações serviram de base para a modelação tridimensional do sistema hidráulico no Revit, permitindo transpor para o ambiente BIM os elementos definidos em 2D,

com o respetivo nível de dimensionamento e os parâmetros técnicos necessários à análise e coordenação com as restantes especialidades.

#### 4.4.2 Conexões

Para este projeto, foram utilizadas as conexões pertencentes ao sistema NIRON, igualmente às tubagens. Estas conexões são produzidas em PP-R ou PP-RCT (polipropileno de resistência cristalina melhorada), com padrão SDR11 e método de união por electrossoldadura. Esta combinação assegura elevada resistência mecânica, estanquidade duradoura e compatibilidade térmica com as tubagens do mesmo sistema.

As conexões são concebidas segundo as normas EN ISO 15874 e DIN 8077/8078, aplicáveis a sistemas de tubagens em PP-R e PP-RCT para transporte de água quente e fria sob pressão.

Estas integram elementos metálicos de resistência elétrica embutidos, que permitem a fusão controlada entre o tubo e a peça. O processo de eletro fusão é executado através de equipamento elétrico dedicado, que aplica corrente à resistência interna da conexão. A fusão do material do tubo e da conexão forma uma união monolítica, livre de juntas mecânicas ou colas, resultando numa ligação permanente e estanque.

A compatibilidade entre o material das tubagens e das conexões garante homogeneidade estrutural e uniformidade de dilatação térmica, aspetos essenciais para redes com variação de temperatura – como as de água quente e retorno.

##### 4.4.2.1 Tipologia das conexões e aplicações no projeto

A modelação no Revit incluiu uma representação detalhada das conexões, com famílias paramétricas, que podem ser personalizadas, sendo obtidas as versões padronizadas com o próprio fabricante e/ou em plataformas online certificadas que disponibilizam este tipo de informação de vários fabricantes, e refletem os tipos efetivamente utilizados no projeto. Essa abordagem permite visualizar interferências geométricas, validar percursos de tubagem e gerar listagens de quantidades automaticamente.

Os principais tipos de conexões utilizados foram:

a) Curvas (cotovelos)

As curvas de 90° e 45° electrossoldáveis foram amplamente utilizadas para permitir mudanças de direção nas redes de abastecimento.

- As curvas de 90° ligam as colunas verticais aos ramais de piso e nas transições mais bruscas, como esquinas e elevação de tubagens para passagem de cruzamento de água quente e fria;
- As curvas de 45° eram aplicadas em transições suaves, reduzindo perdas de carga e melhorando o fluxo hidráulico, sempre que possível.



Figura 4.6 - Especificação das curvas de 90° utilizadas na modelagem do projeto em BIM [40]

Tabela 11 - Especificações das curvas de 90° utilizadas

Ø	Tipo	Dn (mm)	D (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)
40mm	A	40,0	56,0	42,5	75,0	95,0	67,5	95,0
50mm	A	50,0	65,0	48,0	86,0	110,0	77,0	111,0
63mm	A	63,0	78,0	54,0	103,0	130,5	88,0	130,5
75mm	A	75,0	101,0	60,0	116,0	153,0	102,5	153,0
90mm	A	90,0	115,0	70,0	144,0	182,0	122,0	182,0
110mm	A	110,0	139,5	83,0	164,0	210,0	140,5	210,0
125mm	A	125,0	155,0	88,0	182,0	233,0	153,5	233,0
160mm	B	160,0	-	90,0	173,0	208,5	269,0	269,0
200mm	C	200,0	-	100,0	213,0	253,5	334,0	334,0

\*Adaptada de NUPI Portugal



Figura 4.7 - Especificação das curvas de 45° utilizadas na modelagem do projeto em BIM [40]

Tabela 12 – Especificações das curvas de 90° utilizadas

Ø	Tipo	Dn (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)	H (mm)
40mm	A	40,0	42,0	52,0	74,5	109,0
50mm	A	50,0	47,0	63,0	85,0	126,0
63mm	A	63,0	54,0	68,0	100,0	146,0
75mm	A	75,0	60,0	81,0	112,5	169,0
90mm	A	90,0	67,0	97,0	132,0	219,0
110mm	A	110,0	81,0	107,0	152,0	249,0
125mm	A	125,0	88,0	123,0	188,0	262,0
160mm	B	160,0	90,0	134,0	208,5	296,0
200mm	C	200,0	97,5	167,0	250,5	368,0

\*Adaptada de NUPI Portugal

#### b) Tês de derivação

Os tês electrossoldáveis asseguram a divisão de caudal entre ramais e colunas principais.

**Acessórios PP-R Electrossoldáveis**

Tê fêmea/macho/fêmea SDR11 solda elétrica (classe 1/6, classe 2/6, classe 4/6, classe 5/4)

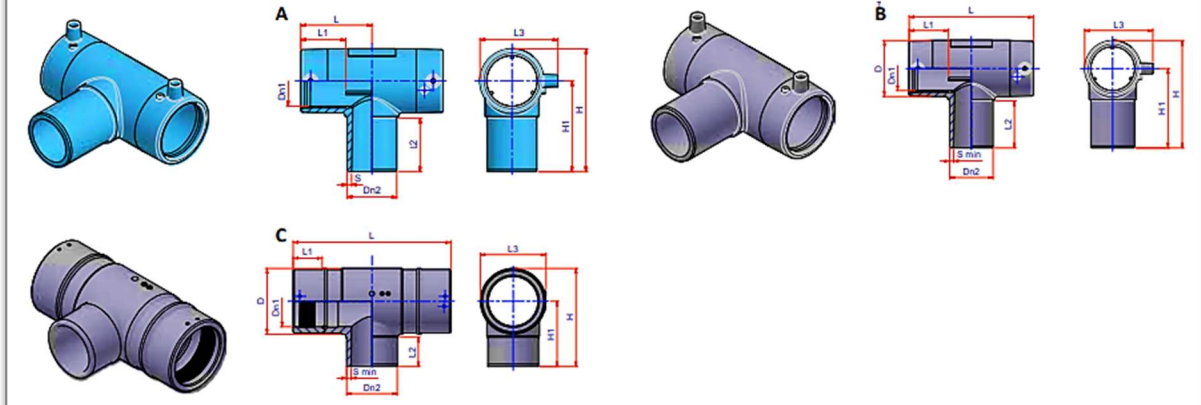


Figura 4.8 - Especificação dos têes utilizados na modelagem do projeto em BIM [40]

Tabela 13 - Especificações dos têes utilizados

Ø	Tipo	Dn1-Dn2 (mm)	S (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L (mm)
40mm	A	40,0	3,7	44,0	54,0	74,0	66,5
50mm	A	50,0	4,6	46,5	61,0	85,0	76,5
63mm	A	63,0	5,8	57,0	68,0	99,0	90,0
75mm	A	75,0	6,8	58,0	72,0	112,0	98,0
90mm	A	90,0	8,2	70,0	84,0	139,5	122,0
110mm	A	110,0	10,0	83,0	88,5	156,5	144,0
125mm	B	125,0	11,4	88,0	94,0	174,0	157,5
160mm	A	160,0	14,6	87,0	105,0	201,5	151,0
200mm	C	200,0	18,3	114,8	116,0	260,0	311,5

\*Adaptada de NUPI Portugal

c) Reduções

As reduções concêntricas foram utilizadas para transições progressivas de diâmetro, evitando descontinuidade e turbulência.

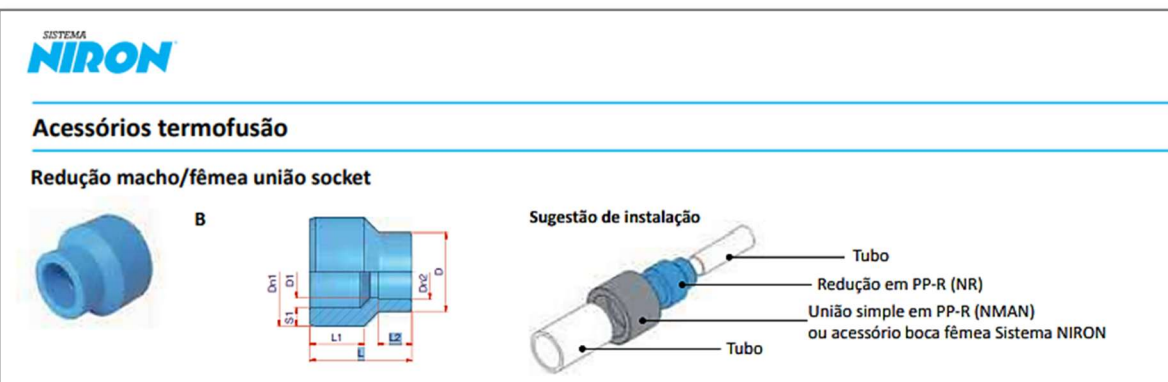


Figura 4.9 - Especificação das reduções utilizadas [40]

Tabela 14 - Especificações das reduções utilizadas

Ø	Tipo	Dn1 (mm)	S1 (mm)	Dn2 (mm)	D (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)
20/16mm	A	20,0	3,4	16,0	24,0	16,0	18,0	37,0
25/16mm	A	25,0	4,2	16,0	26,0	19,0	18,0	39,0
25/20mm	A	25,0	4,2	20,0	29,0	19,0	16,0	41,0
32/25mm	A	32,0	5,4	25,0	35,0	22,0	17,0	44,0
40/32mm	A	40,0	6,7	32,0	46,0	25,0	20,0	50,0
50/40mm	A	50,0	8,3	40,0	56,0	28,0	22,0	55,0
63/50mm	A	63,0	10,5	50,0	70,0	32,0	25,0	54,0
75/63mm	A	75,0	12,5	63,0	83,0	36,0	29,0	74,0
90/75mm	A	90,0	15,0	75,0	96,0	37,0	34,0	80,0
110/90mm	A	110,0	18,3	90,0	130,0	55,0	35,0	110,0
125/110mm	A	125,0	20,8	110,0	139,0	50,0	43,0	114,0

Ø	Tipo	Dn1 (mm)	S1 (mm)	Dn2 (mm)	D1 (mm)	D (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)
32/20mm	B	32,0	5,4	20,0	16,0	29,0	20,0	16,0	45,0
40/20mm	B	40,0	6,7	20,0	16,0	29,0	25,0	16,0	45,0

40/25mm	B	40,0	6,7	25,0	21,0	35,0	25,0	17,0	45,0
50/20mm	B	50,0	8,3	20,0	16,0	29,0	28,0	16,0	53,0
50/25mm	B	50,0	8,3	25,0	21,0	35,0	28,0	17,0	53,0
50/32mm	B	63,0	8,3	32,0	30,0	46,0	28,0	20,0	53,0
63/25mm	B	63,0	10,5	25,0	21,0	35,0	32,0	17,0	60,0
63/32mm	B	63,0	10,5	32,0	30,0	46,0	32,0	20,0	60,0
63/40mm	B	63,0	10,5	40,0	37,0	56,0	32,0	22,0	60,0
75/20mm	B	75,0	12,5	20,0	20,0	26,5	35,0	5,0	62,0
75/25mm	B	75,0	12,5	25,0	25,0	33,0	34,0	9,0	62,0
75/32mm	B	75,0	12,5	32,0	32,0	43,0	35,0	12,0	62,0
75/40mm	B	75,0	12,5	40,0	40,0	43,0	35,0	25,0	62,0
75/50mm	B	75,0	12,5	50,0	50,0	66,0	34,0	20,0	59,0
110/63mm	B	110,0	18,3	63,0	59,0	88,0	46,0	29,0	80,0

*\*Adaptada de NUPI Portugal*

#### d) Acessórios especiais

Foram utilizados também uniões de cruzamento, para transposição entre tubagens de água fria, quente e retorno.

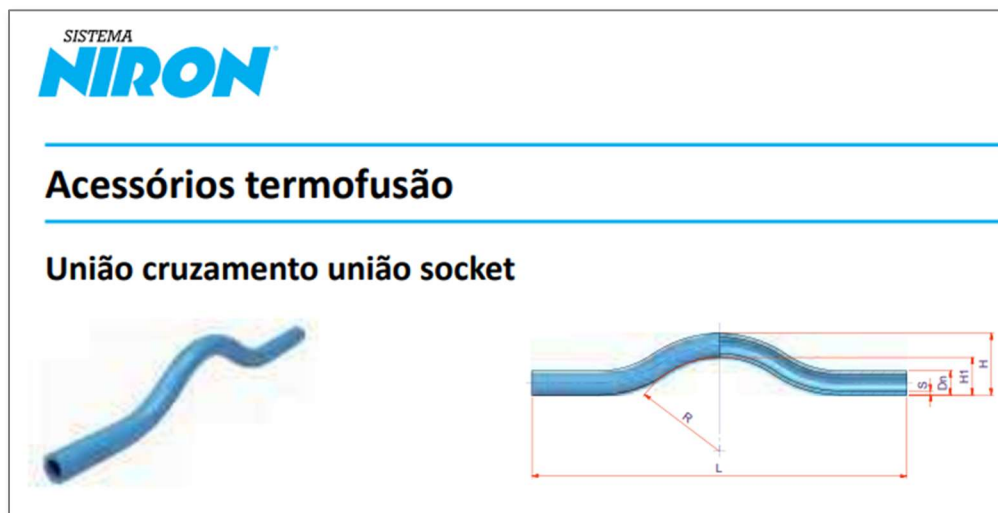


Figura 4.10 - Especificação das uniões de cruzamento utilizadas [40]

Tabela 15 - Especificações das uniões de cruzamento utilizadas

Ø	Dn (mm)	S (mm)	R (mm)	L (mm)	H1 (mm)	H (mm)
20mm	20,0	3,4	100,0	390,0	39,0	59,0
25mm	25,0	4,2	97,5	390,0	39,0	64,0
32mm	32,0	5,4	94,0	390,0	39,0	71,0

*\*Adaptada de NUPI Portugal*

#### 4.4.3 Vida útil dos materiais utilizados

##### 4.4.3.1 Tubagens NIRON (PP-R / PP-RCT)

De acordo com informações do fabricante NUPI Industrie Italiane S.p.A., responsável pela linha de produtos NIRON, as tubagens em PP-R e PP-RCT apresentam uma elevada resistência mecânica e térmica, sendo projetadas para aplicações de longa duração em redes de água fria e quente.

De acordo com a Declaração Ambiental de Produto (EPD) da NIRON, a vida útil de referência do sistema é de aproximadamente 50 anos, considerando condições normais de utilização em edifícios residenciais [42]. Contudo, ensaios laboratoriais e simulações de durabilidade indicam que, sob condições ideais de pressão e temperatura, o material pode alcançar uma longevidade superior a 100 anos [43].

Para o presente projeto, e considerando a natureza da instalação e as condições previstas de operação é adotada uma vida útil de referência de 50 anos para as tubagens NIRON PP-R, podendo este período ser estendido em função das condições ambientais, qualidade da instalação e manutenção preventiva.

##### 4.4.3.2 Isolamento em espuma elastómera ISOPIPE

O isolamento térmico utilizado nas redes de água quente e retorno corresponde à espuma elastómera ISOPIPE, com espessura mínima de 20mm, cuja função principal é a redução das perdas térmicas e a prevenção da condensação superficial.

De acordo com os dados técnicos do fabricante ISOPIPE S.A., o material apresenta elevada resistência térmica e estabilidade dimensional, mantendo o desempenho para temperaturas de serviço entre -40°C e +120°C [44]. Em condições normais de operação, a vida útil estimada situa-se entre 30 e 50 anos, variando conforme o ambiente de instalação, exposição à radiação UV, humidade e manutenção periódica.

A substituição preventiva do isolamento é recomendada a partir dos 30 anos de serviço, especialmente em locais de maior exposição a agentes físicos ou químicos, de forma a preservar a eficiência energética e o conforto térmico do sistema.

Desta forma:

- As tubagens NIRON PP-R / PP-RCT devem ser consideradas com uma durabilidade nominal de 50 anos, com inspeções recomendadas a cada 25-30 anos;
- O isolamento ISOPIPE em espuma elastómera deverá ser revisto ou substituído após 30 a 40 anos, dependendo das condições de exposição e uso.

## 5 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PREDIAL

### 5.1 Introdução

O dimensionamento de redes de abastecimento de água predial é um processo fundamental para garantir a eficiência hidráulica, segurança sanitária e conforto dos utilizadores. Este capítulo apresenta os princípios, métodos e normas aplicáveis ao dimensionamento de água fria, água quente e sistemas de retorno em edifício habitacional, com 22 pisos (2 caves, rés do chão e 19 pisos superiores), incluindo a implantação de reservatórios e grupo de bombagem.

O objetivo é fornecer uma base metodológica para projetos prediais complexos, alinhada com a legislação portuguesa e normas europeias.

### 5.2 Bases normativas

O dimensionamento deve considerar:

- Regulamentação Portuguesa:
  - Decreto-Lei n.º 306/2007 – Requisitos de instalações prediais de água [45];
  - Decreto-Lei n.º 23/95 – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais [38].
- Normas Europeias (EN):
  - EN 806-1 a 806-5 – Especificações gerais, dimensionamento e projeto de sistemas de água potável em edifícios [46];
  - EN 1717 – Proteção contra contaminação de água potável [47];
  - EN 14336 / EN 12828 – Sistemas de aquecimento central, quando aplicável ao dimensionamento de água quente [48] [49].
- Outras referências técnicas:
  - EN ISO 15874 – Tubagens em PP-R para água quente e fria [50];

→ Boas práticas de engenharia hidráulica predial.

O cumprimento destas normas garante segurança, eficiência e durabilidade da rede, prevenindo riscos sanitários e operacionais.

### 5.3 Levantamento de dados para o dimensionamento

Para um edifício habitacional de 22 pisos, é necessário levantar os seguintes dados:

- a. Número de unidades habitacionais por piso;
- b. Número e tipo de aparelhos sanitários por fração (lavatórios, chuveiros, sanitas, cozinhas);
- c. Altura de cada piso e desnível total;
- d. Pressão disponível na rede pública;
- e. Requisitos de caudal e pressão mínima em pontos de consumo, conforme EN 806-2;
- f. Distâncias horizontais e verticais para cálculo de perdas de carga;
- g. Número de reservatórios e localização do grupo de bombagem.

Com estes dados, é possível determinar os caudais simultâneos e totais, a perda de carga admissível e os diâmetros mínimos das tubagens.

### 5.4 Dimensionamento de água fria

#### 5.4.1 Cálculo do caudal simultâneo

- Determinar o caudal nominal por aparelho sanitário (litros/minuto), de acordo com NP 4426 e EN 806.
- Aplicar fatores de simultaneidade, que reduzem o caudal total considerando que nem todos os aparelhos funcionam ao mesmo tempo;
- Fórmula simplificada:

$$Q_s = \sum Q_i \times K_s$$

Onde:

- $Q_s$  = Caudal simultâneo total (L/s)
- $Q_i$  = Caudal nominal do aparelho (L/s)
- $K_s$  = coeficiente de simultaneidade (art. 91.º do DL n.º 23/95)

#### 5.4.2 Seleção de diâmetros de tubagem

O dimensionamento hidráulico das tubagens deve garantir que o caudal necessário seja entregue a todos os pontos de consumo com velocidade adequada e pressão mínima, considerando a altura do edifício e as perdas de carga ao longo do percurso. Para tal, é necessário combinar cálculo de diâmetro com análise de perda de carga.

a) Cálculo preliminar do diâmetro:

- Determinar velocidade máxima admissível (geralmente 1,5-2 m/s para água fria);
- O diâmetro interno inicial pode ser estimado com base na velocidade máxima recomendada para tubagens prediais.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Onde:

- $D$  = Diâmetro interno da tubagem (m)
- $Q$  = Caudal simultâneo ( $m^3/s$ )
- $v$  = Velocidade do fluido (m/s)
- $\pi \approx 3,1416$

b) Cálculo da perda de carga

- Para assegurar a pressão mínima dos pontos de consumo, é necessário calcular a perda de carga distribuída e localizada.

- Perda de carga distribuída (tubagem):

- Usando a fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Onde:

- $h_f$  = Perda de carga distribuída (m)
- $f$  = Fator de atrito (adimensional, PP-R  $\approx 0,02 - 0,03$ )
- $L$  = Comprimento da tubagem (m)
- $D$  = Diâmetro interno (m)
- $v$  = Velocidade do fluido (m/s)
- $g$  = Gravidade ( $9,81\text{m/s}^2$ )

- Perda de carga localizada (curvas, tês, válvulas):

$$h_s = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Onde:

- $K$  = Coeficiente da peça (ex.: curva  $90^\circ \approx 0,3$ )

- Perda de carga total:

$$H_{total} = \sum h_f + \sum h_s$$

c) Selecionar diâmetro nominal (DN) adequado para garantir caudal e pressão mínima no ponto mais desfavorável.

## 5.5 Dimensionamento de água quente

### 5.5.1 Determinação do caudal de água quente

- Baseia-se no número de pontos de consumo com necessidade de água quente;
- Considerar perdas térmicas na tubagem, especialmente em percursos longos ou isolados;
- Aplicar fator de simultaneidade, semelhante ao da água fria, mas geralmente menor devido a menor utilização simultânea.

### 5.5.2 Rede de distribuição e isolamento

- As tubagens de água quente devem ser isoladas termicamente (ex.: espuma elastómera 20mm), conforme DL 23/95;

- A velocidade máxima recomendada é de 1-1,5 m/s, para reduzir perdas térmicas e ruído;
- Reduções de diâmetro devem ser graduais, evitando quedas abruptas que aumentes perdas de carga.

## **5.6 Dimensionamento da rede de retorno**

- Em edifícios altos, a rede de retorno de água quente mantém a temperatura constante nas extremidades, evitando desperdícios e consumos excessivos de energia;
- Podem ser utilizadas tubagens menores (ex.: 16-20mm), conectando ao coletor principal;
- O dimensionamento considera perda de carga mínima e equilíbrio térmico garantindo que a água quente esteja disponível rapidamente nos pontos de consumo.

## **5.7 Reservatórios e grupo de bombagem**

### **5.7.1 Dimensionamento do reservatório**

- Capacidade do reservatório: suficiente para garantir o abastecimento contínuo em períodos de pico, conforme DL 23/95 e EN 806-3;
- Para edifícios habitacionais de 22 pisos: normalmente 10-20% do consumo diário total, distribuído em um ou mais reservatórios no piso -1;
- Reservatórios devem estar equipados com bocas de limpeza, transbordo e ventilação.

### **5.7.2 Dimensionamento do grupo de bombagem**

- Dimensionamento para fornecer pressão suficiente no ponto mais desfavorável (último piso);
- Pressão calculada considerando:

$$H_{total} = H_{geod} + H_{perdas} + H_{pressão\ mínima}$$

Onde:

- $H_{geod}$  = Altura geométrica do ponto mais alto;
  - $H_{perdas}$  = Perda de carga nas tubagens e conexões;
  - $H_{pressão\ mínima}$  = pressão mínima exigida no ponto de consumo (geralmente 2-3 bar).
- 
- Bombagem com velocidade variável (VSD) pode ser utilizada para otimizar consumo energético e manter pressão constante.

## 5.8 Perdas de carga e controle de velocidades

- Para tubagens de PP-R / PP-RCT a perda de carga é calculada segundo a EN 806 e ISO 15874, considerando diâmetro, comprimento, rugosidade e conexões;
- A velocidade recomendada é de 1-2 m/s (água fria) e 1-1,5 m/s (água quente);
- As reduções abruptas devem ser evitadas, exceto quando justificadas por limitações construtivas.

## 5.9 Observações sobre compatibilização

- O dimensionamento deve ser coordenado com a arquitetura e a estrutura;
- Shafts, lajes, paredes técnicas e percursos devem permitir a passagem de tubagens com isolamento;
- Conexões, curvas e uniões devem ser planeadas para reduzir interferências;
- O BIM facilita a verificação de compatibilidade entre percursos de tubagens e elementos construtivos.

## **6 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **6.1 Introdução**

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com a modelação BIM do sistema de abastecimento de água fria, quente e retorno do edifício em estudo, desenvolvida no Revit. O objetivo é analisar as principais observações técnicas e dificuldades encontradas, bem como evidenciar as limitações geométricas e de compatibilização entre especialidades identificadas ao longo do processo.

A modelação tridimensional das redes de abastecimento de água permitiu não apenas compreender as condições espaciais reais de instalação, mas também avaliar a viabilidade construtiva e o desempenho técnico do sistema, reforçando o papel do BIM como ferramenta de diagnóstico, coordenação e otimização de projetos.

### **6.2 Modelação do sistema de abastecimento de água predial no Revit**

A modelação das redes de água fria, água quente e retorno baseou-se nas plantas fornecidas em 2D, com recurso ao software AutoCAD para sua visualização. A partir destas plantas, foram definidas as trajetórias das tubagens, os diâmetros correspondentes e os pontos de consumo, para criação da modelagem em 3D, no software Revit.

#### **6.2.1 Importação das plantas em AutoCAD**

Numa fase inicial, deve-se proceder à importação das plantas de cada piso em formato AutoCAD (DWG) para o Revit, as quais servem como base de referência para a modelação tridimensional. Cada planta é corretamente posicionada e escalonada, garantindo a correspondência geométrica entre os diferentes pisos do edifício.

As plantas são inseridas como vínculos externos, permitindo manter a integridade dos ficheiros originais e facilitando eventuais atualizações futuras. Após a importação, são ajustadas

as unidades, a orientação e os níveis de cada piso, assegurando a correta sobreposição entre os desenhos bidimensionais e o modelo tridimensional.

#### 6.2.2 Modelação dos elementos arquitetónicos e estruturais

Com base nas plantas importadas, é realizada a modelação tridimensional das paredes, pisos e principais elementos estruturais, como lajes e pilares, de forma a criar um modelo arquitetónico coerente e compatível com o desenvolvimento das especialidades.

Esta modelação em 3D é fundamental para:

- Garantir a correta inserção das tubagens em relação aos elementos construtivos;
- Evitar interferências com elementos estruturais;
- Facilitar a coordenação entre as diferentes disciplinas de projetos.

Os níveis de cada piso são definidos previamente, permitindo a correta associação dos elementos arquitetónicos e das futuras redes prediais.

#### 6.2.3 Inserção dos equipamentos sanitários e de cozinha/lavandaria

Após a modelação do edifício, procede-se à inserção dos equipamentos sanitários e de apoio doméstico, que constituem os pontos terminais da rede de abastecimento de água. São incluídos, entre outros, nas instalações sanitárias, lavatórios, sanitas, duches, torneiras e misturadoras, e nas cozinhas e lavandarias, pios, máquinas de lavar loiça e lavar roupa, termoacumuladores e outros.

Os equipamentos utilizados correspondem a famílias paramétricas, contendo informações sobre ligações hidráulicas, diâmetros de conexão e requisitos de água fria e quente, o que permite uma ligação mais eficiente às redes prediais.

#### 6.2.4 Replicação dos equipamentos entre pisos

Em edifícios habitacionais, é comum a repartição da tipologia arquitetônica entre pisos. Assim, quando os compartimentos e equipamentos se repetem, é utilizado o comando copiar e colar alinhado por nível, permitindo replicar os equipamentos do piso inferior para os pisos superiores.

Esta abordagem contribuiu para:

- Redução do tempo de modelação;
- Garantia de uniformidade entre pisos;
- Minimização de erros de posicionamento.

#### 6.2.5 Coordenação com modelo arquitetónico

Para este trabalho, o modelo arquitetónico tridimensional foi fornecido previamente, tendo sido utilizado como vínculo no projeto de instalações prediais. A partir deste vínculo, foi utilizado o comando “Copiar/Monitorar” selecionando os equipamentos hidráulicos relevantes para o desenvolvimento da rede de abastecimento de água. Este processo permitiu copiar múltiplos elementos do modelo arquitetónico para o modelo da especialidade em caso, mantendo a coordenação entre os dois projetos.

Como resultado:

- Os equipamentos copiados mantiveram a sua posição e níveis corretos;
- Foi possível monitorar alterações futuras no modelo arquitetónico;
- Garantiu-se maior consistência entre arquitetura e instalações hidráulicas.

#### 6.2.6 Ligação automática dos equipamentos

Uma vez copiados os equipamentos hidráulicos para o projeto de abastecimento, a ligação às tubagens de água foi efetuada de forma automática, graças às configurações das famílias paramétricas utilizadas. Estas famílias continham conectores hidráulicos previamente

definidos para água fria e quente, permitindo que o software reconhecesse os pontos de ligação adequados.

Este procedimento facilitou significativamente o traçado das tubagens, assegurando coerência nos diâmetros, direções de escoamento e conexões.

Relativamente aos lavatórios e pios das casas de banho, o traçado das tubagens de abastecimento de água foi realizado diretamente a partir dos próprios pios, uma vez que estes equipamentos já possuíam, na sua parametrização, as ligações hidráulicas necessárias. Desta forma, não foi necessária a cópia individual das torneiras associadas a estes elementos.

Por outro lado, nos pios das cozinhas, verificou-se que as famílias utilizadas não incluíam conectores hidráulicos integrados no próprio pio. Assim, o traçado das tubagens foi efetuado diretamente nas misturadoras, que continham os conectores adequados para água fria e quente.

Este procedimento garantiu a correta ligação funcional da rede, respeitando as limitações das famílias disponíveis.

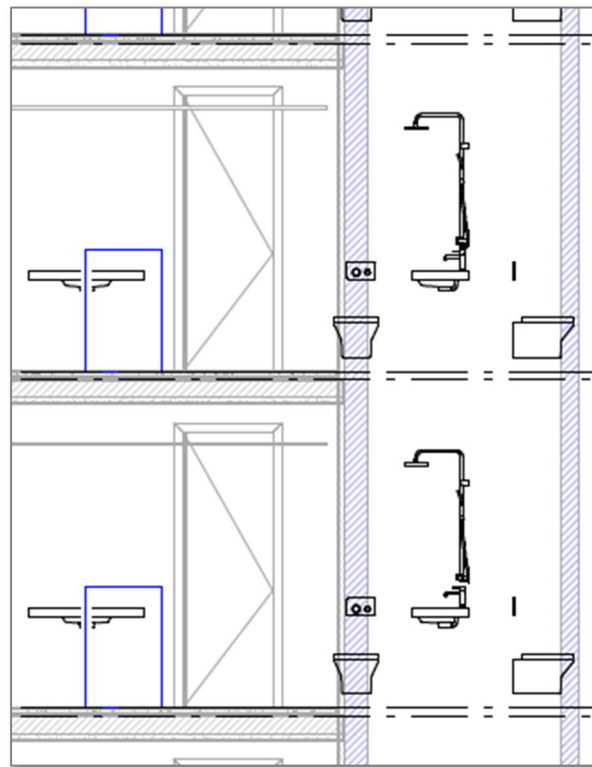


Figura 6.1 – Coordenação dos equipamentos hidráulicos no projeto de modelação (Fonte: Elaboração própria)

### 6.3 Resultados gerais da modelação

O sistema hidráulico foi alimentado por grupo de bombagem localizado no piso -1, associado a três reservatórios responsáveis pelo abastecimento de todo o edifício. Este conjunto foi modelado de forma simplificada, permitindo verificar os percursos de saída das tubagens principais e a ligação às colunas de distribuição. O abastecimento dos pisos foi dividido em três grupos, sendo o primeiro grupo para abastecer do piso -1 ao piso 5, o segundo grupo para abastecer do piso 6 ao piso 12 e o terceiro grupo para abastecer do piso 13 ao piso 18.

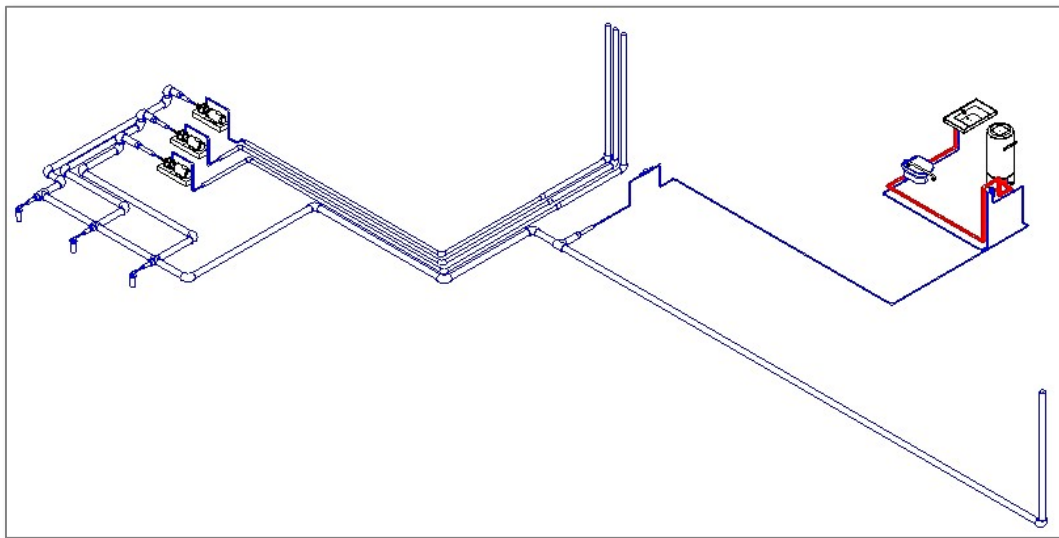


Figura 6.2 - Modelação do piso -1 (Fonte: Elaboração própria)

O piso rés do chão foi destinado a áreas comuns e de serviços, incluindo salas de reuniões, ginásio, lavandaria, balneários e zona de co-working. A modelação revelou uma maior densidade de tubagens horizontais, uma vez que as instalações sanitárias e os balneários concentravam vários pontos de consumo próximos.

Neste piso, as colunas verticais provenientes do piso -1 foram integradas no modelo com transições suaves e acessíveis, permitindo futuras inspeções e manutenções. Os percursos das tubagens de água quente e fria foram otimizados para evitar interferências com outras condutas, frequentemente sobrepostas em zonas do pavimento.

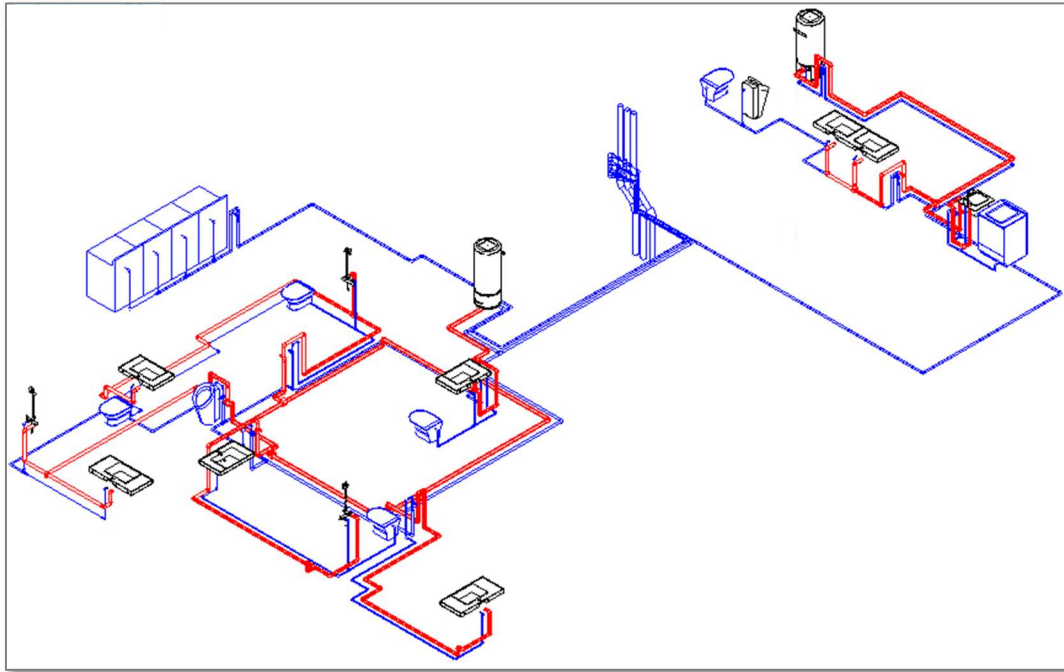


Figura 6.3 - Modelação do rés do chão (Fonte: Elaboração própria)

Os pisos superiores são destinados à habitação. Cada apartamento manteve autonomia hidráulica, com termoacumulador próprio e sistemas independentes de água fria, quente e retorno. Os termoacumuladores foram posicionados em locais estratégicos, geralmente nas cozinhas. Além deste equipamento, cada apartamento dispões de máquinas lavar loiça, máquinas de lavar e secar roupas e pio, instalado na sua maior parte na cozinha, além dos equipamentos sanitários, nomeadamente sanitas, lavatórios e bases de duche.

Nos pisos 0 e 1 a modelação incluiu três apartamentos por nível – um T3 e dois T2. O apartamento T3 apresentou maior complexidade hidráulica devido à inclusão de uma rede de retorno de água quente, destinada a manter a temperatura constante até a suite, o ponto mais desfavorável.

Durante a modelação no Revit, foi possível visualizar com precisão o circuito de retorno, a partir do termoacumulador até o ponto do terminal, e o percurso de regresso.

Nos apartamentos de tipologia T2, a rede de retorno não foi aplicada, por se tratarem de sistemas mais compactos, com percursos reduzidos e perdas térmicas pouco significativas.

A modelação tridimensional permitiu também verificar incompatibilidades entre as tubagens e as lajes e paredes, devido a pouca espessura destas, especialmente junto de pilares e nas travessias entre casas de banho e cozinha. Estas situações foram resolvidas através de

ajustes locais de cotas e alinhamentos, mantendo o cumprimento das normas de instalação. Deverá ser feita, juntamente com o projetista responsável pela especialidade de arquitetura, a compatibilização e retificação dos projetos e plantas, para adequação do sistema.

Devido a repetição arquitetônica, foi possível otimizar a modelação com base em módulos paramétricos, permitindo replicar as redes hidráulicas de um piso para o outro, com as devidas adaptações às ligações verticais.

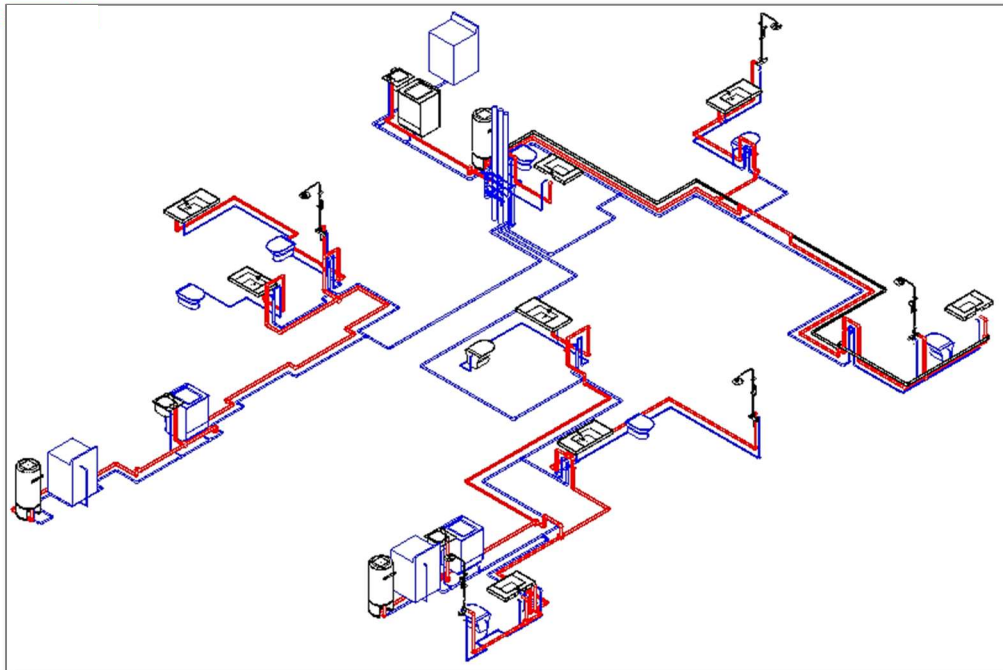


Figura 6.4 - Modelagem do piso 0 e 1 (Fonte: Elaboração própria)

Os pisos intermédios (2 a 16) apresentaram configuração repetitiva, com cinco apartamentos T2 por piso, totalizando a maior parte das unidades habitacionais do edifício. Nestes pisos, também foi possível otimizar a modelação, devido à repetição arquitetônica, replicando as redes hidráulicas de um piso para os seguintes e adaptando as ligações verticais.

A ausência de rede de retorno nestes pisos simplificou o traçado, mas ficou evidenciada a importância da compatibilização entre a arquitetura e as especialidades, uma vez que a espessura reduzida das lajes limitava a passagem das tubagens de maior diâmetro.

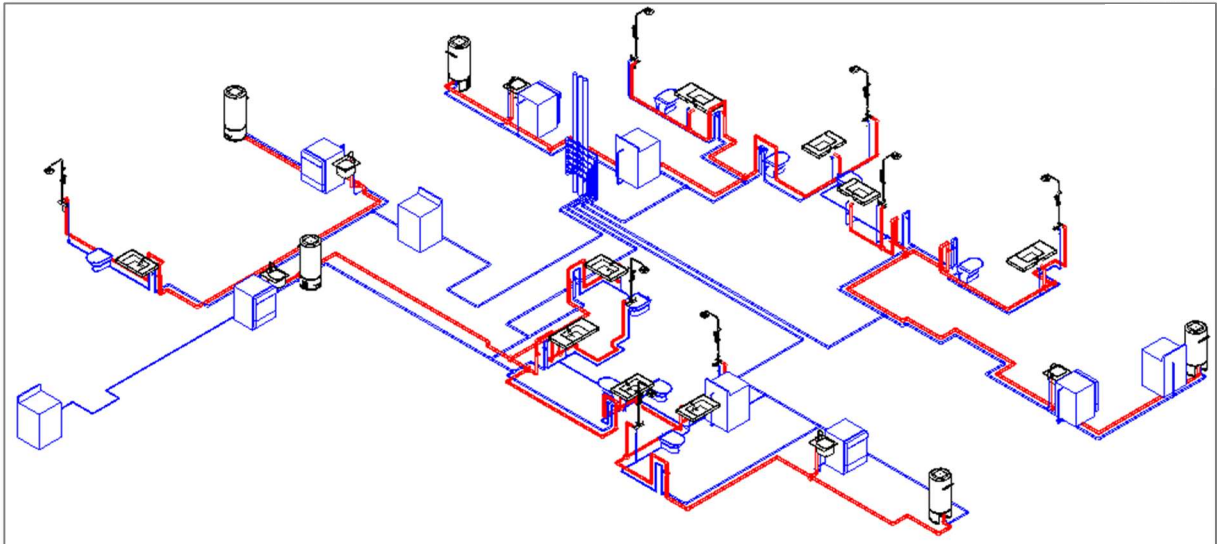


Figura 6.5 - Modelação dos pisos 2 a 16 (Fonte: Elaboração própria)

O piso 17 apresentou quatro apartamentos do tipo T2 com variação ligeira nas tipologias internas, resultando em diferentes configurações das zonas húmidas (cozinhas e instalações sanitárias). Essa diversidade exigiu uma modelação cuidada, especialmente no posicionamento das colunas e na distribuição interna das tubagens de cada fração.

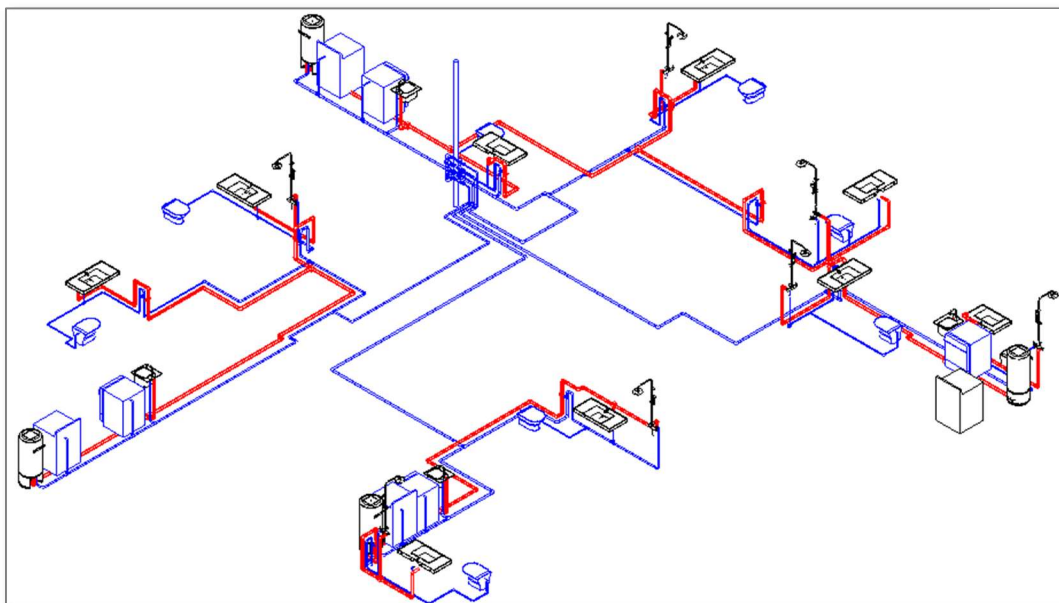


Figura 6.6 - Modelação do piso 17 (Fonte: Elaboração própria)

O piso 18 contém dois apartamentos de tipologia T2, com sistemas individuais de água quente e redes de retorno internas. Dada a maior distância do reservatório aos equipamentos sanitários, cada apartamento possui circuito fechado de retorno de água quente. Estes sistemas

asseguram a circulação contínua de água quente até ao ponto mais desfavorável (duche e lavatório), regressando ao termoacumulador e garantindo conforto térmico aos utilizadores.

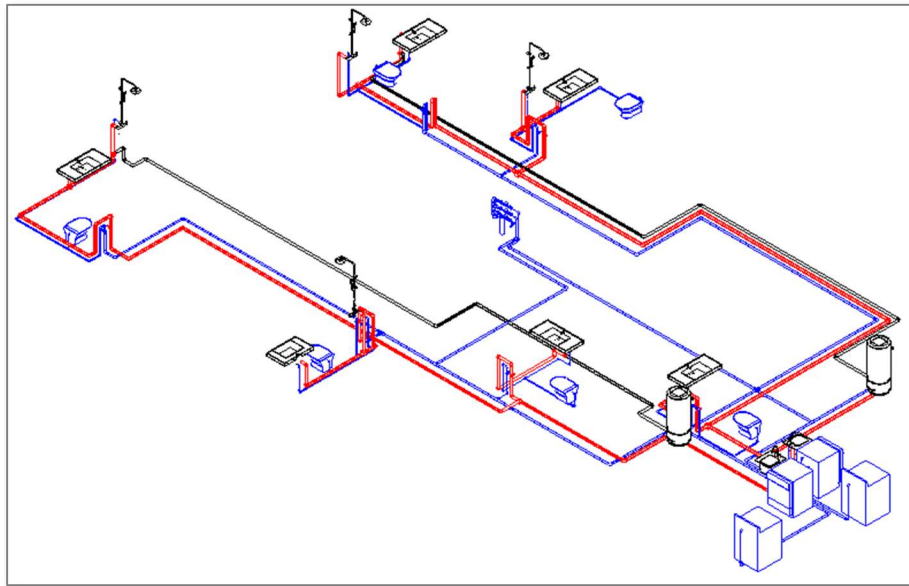


Figura 6.7 - Modelação do piso 18 (Fonte: Elaboração própria)

Durante a modelação, foi necessário ajustar percursos horizontais nas zonas de diferença de nível nos pavimentos, com garantia da continuidade das tubagens sem interferir com os elementos estruturais.

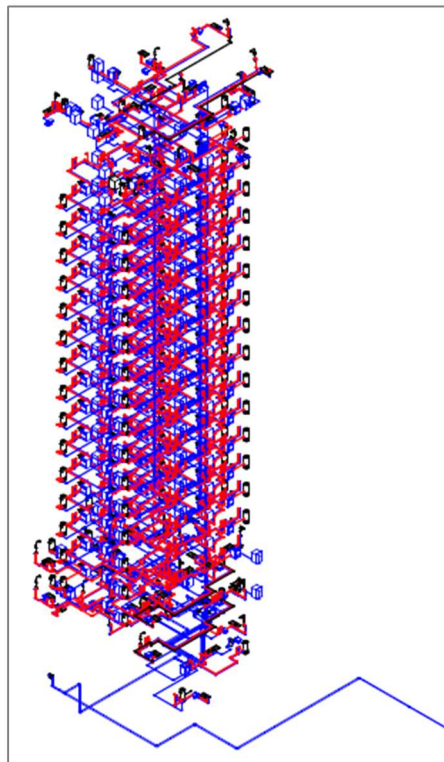


Figura 6.8 – Modelação da rede de abastecimento de água predial (Fonte: Elaboração própria)

### 6.3.1 Comparação dos Níveis de Desenvolvimento (LOD) entre modelação 2D e 3D

A análise dos resultados da modelação do sistema predial de abastecimento de água evidencia diferenças significativas entre a abordagem tradicional em 2D e a modelação 3D em ambiente BIM, particularmente no que se refere aos Níveis de Desenvolvimento (LOD) alcançados em cada metodologia.

Na modelação em 2D, desenvolvida em ambiente CAD, o nível de informação associado aos elementos é limitado essencialmente à sua representação gráfica. Normalmente, este tipo de abordagem corresponde a um LOD 100 ou 200, no qual as tubagens e equipamentos são representados de forma esquemática, sem informação precisa sobre cotas altimétricas, interferências espaciais, parâmetros hidráulicos ou características construtivas detalhadas. Como resultado, a leitura do projeto depende fortemente da interpretação do projetista e da sobreposição mental de diferentes peças desenhadas, aumentando o risco de ambiguidades e erros de coordenação.

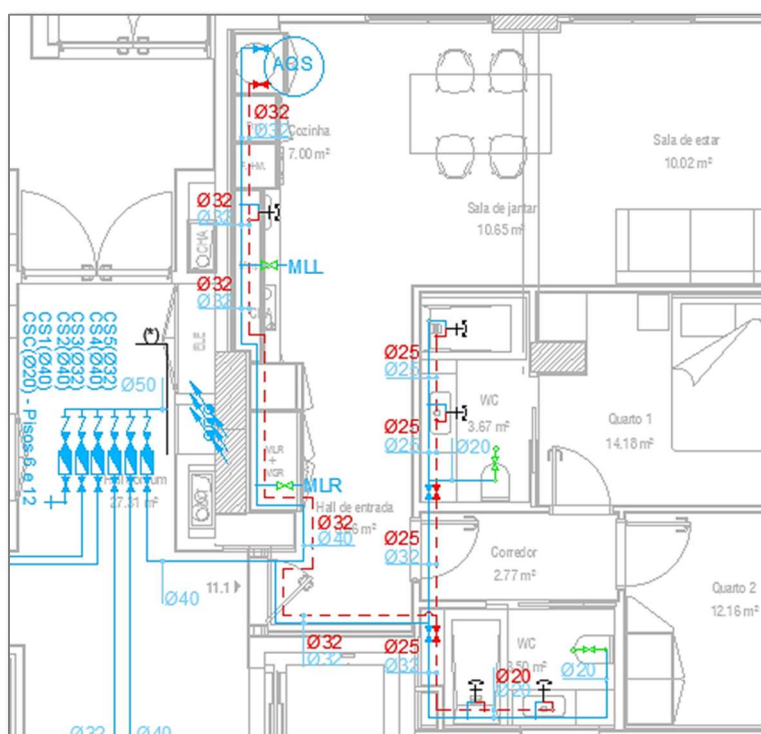


Figura 6.9 - Modelação em 2D de um apartamento do piso 2 (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido)

Em contrapartida, a modelação 3D no Revit permitiu atingir níveis mais elevados de desenvolvimento, nomeadamente LOD 300 e 350, nos quais cada elemento do sistema de abastecimento de água possui uma geometria precisa, localização espacial definida e parâmetros associados, como diâmetro, material, tipo de sistema (água fria ou quente) e relações com outros elementos do edifício. Esta evolução no LOD traduziu-se numa maior clareza do projeto, possibilitando a visualização imediata do traçado das tubagens, das prumadas e das ligações aos equipamentos terminais.

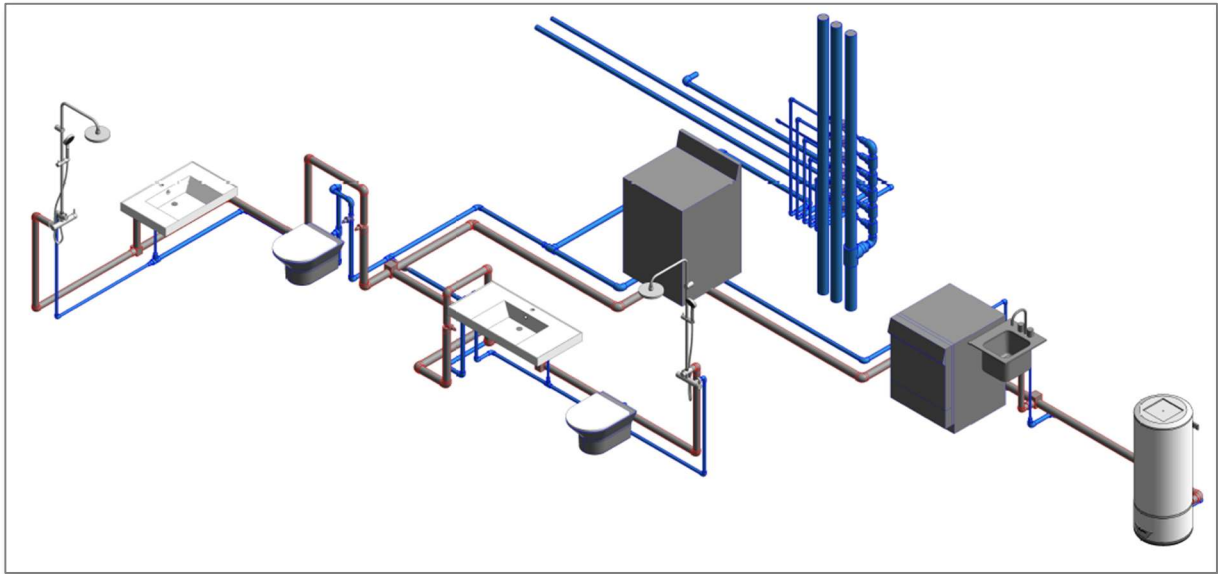


Figura 6.10 - Modelação em 3D de um apartamento do piso 2 (Fonte: Elaboração própria)

Outro aspecto relevante observado nos resultados, foi a capacidade da modelação 3D em suportar verificações automáticas, como deteção de interferências e controlo de alinhamentos e cotas, algo inexistente na modelação 2D. Esta funcionalidade contribui diretamente para a redução de inconformidades em obra, refletindo um avanço qualitativo do LOD ao longo do processo de projeto.

Adicionalmente, a evolução do LOD em ambiente BIM permitiu que o modelo não servisse apenas como representação gráfica, mas também como uma base de dados técnicos, a partir da qual foi possível extrair quantidades, especificações e informação necessária para memoriais descritivos. Este nível de integração é praticamente inviável em modelos 2D, nos quais a informação se encontra dispersa e não associada diretamente aos elementos representados.

Em síntese, os resultados da modelação demonstram que a transição da abordagem 2D para a modelação 3D em BIM resulta num aumento significativo do nível de desenvolvimento do projeto, refletido numa maior precisão geométrica, melhor coordenação entre especialidades e maior fiabilidade da informação. O aumento do LOD não representa apenas um maior detalhe visual, mas sim uma melhoria substancial na qualidade, consistência e utilidade do modelo ao longo do ciclo de vida do edifício.

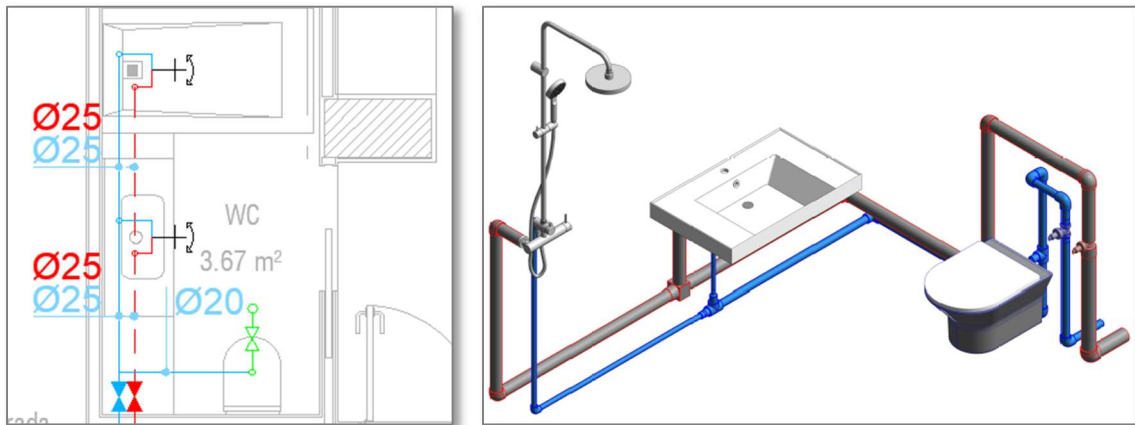


Figura 6.11 – Comparação dos LOD's de cada metodologia (Fontes: Projeto fornecido/Elaboração própria)

#### 6.4 Dificuldades e constrangimentos

Durante o processo de modelação, verificaram-se diversas condições construtivas desfavoráveis que exigiram ajustes geométricos e técnicos. As principais dificuldades relacionaram-se com:

- A espessura das lajes e paredes;
- A presença de pilares em zonas críticas;
- As transições de diâmetro em espaços reduzidos, e
- As limitações nas passagens de tubagens entre instalações sanitárias adjacentes.

Estas limitações exigiram a adoção de ajustes pontuais ao traçado das redes, nomeadamente através de:

- Deslocamentos verticais e horizontais das tubagens, de modo a evitar interferências;
- Reconfiguração de trechos de ramais secundários, para garantir o cumprimento das espessuras mínimas de recobrimento;

- Avaliação de alternativas construtivas que pudessem minimizar o conflito no sistema.

#### 6.4.1 Espessura insuficiente de lajes e paredes

Uma das limitações mais significativas foi a espessura reduzida das lajes e paredes, sobretudo nas zonas com elevada concentração de equipamentos sanitários.

O enchimento da laje apresentava, em muitos pontos, espessuras inferiores às necessárias para albergar as tubagens e respetivo isolamento térmico, obrigando a ajustes nas cotas de passagem ou ao reposicionamento dos percursos horizontais.

As paredes adjacentes a pilares também criaram conflitos frequentes. Em certos compartimentos, o alinhamento entre pilares e pontos de alimentação de lavatórios, sanitas e duches impedia a passagem normal das tubagens, exigindo soluções alternativas de encaminhamento e, por vezes, a desativação da ligação automática entre tubagens e equipamentos para possibilitar a representação correta e evitar interferências geométricas.

Estas situações evidenciaram a importância do ambiente BIM como ferramenta de verificação de compatibilidades e deteção de interferências (clash detection), permitindo antever conflitos que, num processo tradicional, só seriam identificados em obra.

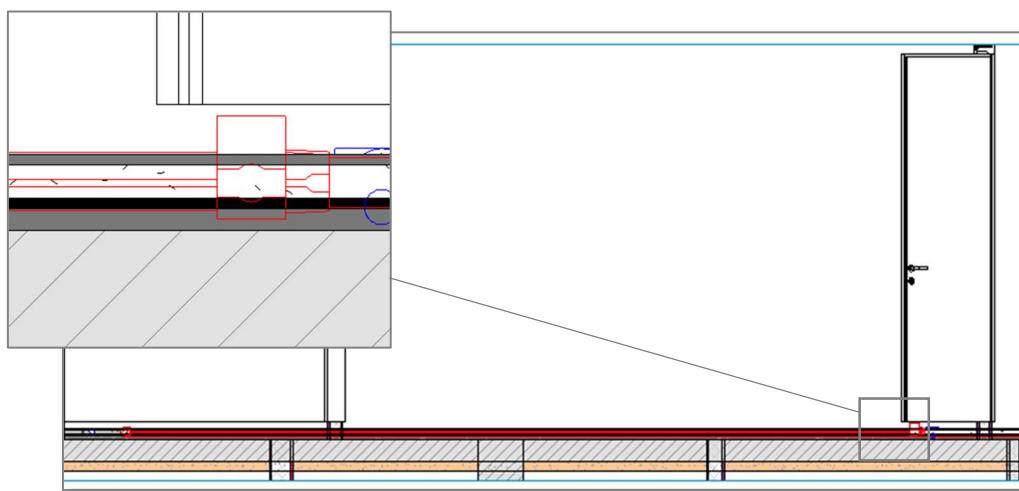


Figura 6.12 – Insuficiência do recobrimento para tubagens de água quente com isolamento (Fonte: Elaboração própria)

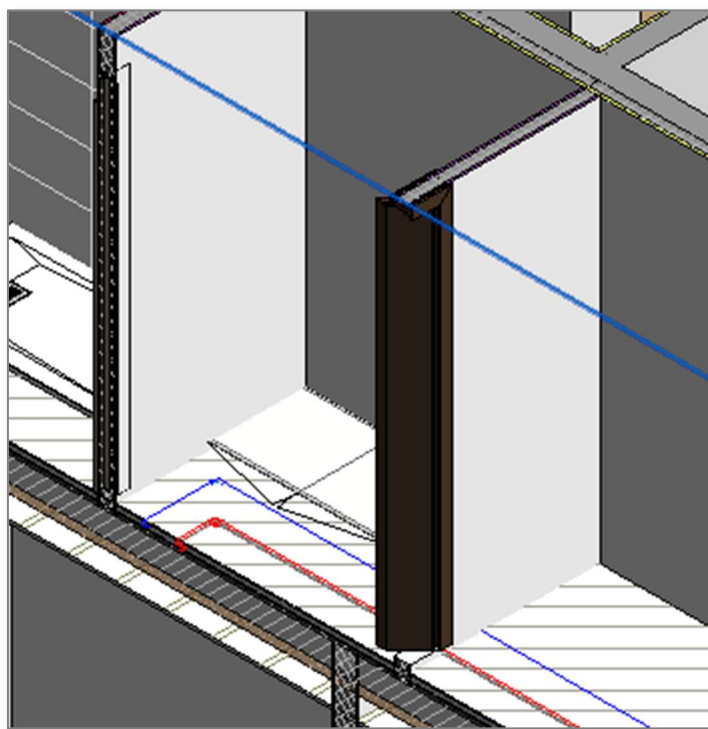


Figura 6.13 - Vista 3D da modelação das tubagens de abastecimento de água numa zona do piso 18 (Fonte: Elaboração própria)

#### 6.4.2 Reduções acentuadas de diâmetro no piso -1

Outro desafio identificado ocorreu no piso -1, na zona de saída dos reservatórios e do grupo de bombagem. Nessa região, foi necessária a realização de grandes reduções de diâmetro, passando de tubagens principais de 110mm para ramos de ligação ao contador de 20mm em curtos comprimentos de rede.

Esta condição, embora funcionalmente justificável pela transição entre o coletor de distribuição e o ramal de ligação do contador, trouxe implicações significativas para a modelação e para o desempenho hidráulico.

Do ponto de vista construtivo, a diferença abrupta de diâmetros obrigou a utilização de várias conexões sucessivas, o que aumentou o número de elementos no modelo e exigiu um cuidadoso posicionamento no software, de modo a evitar sobreposição entre peças.

Além disso, do ponto de vista técnico, essa configuração pode gerar perdas de carga localizadas e impactos na uniformidade de pressão, o que reforça a necessidade de avaliação hidráulica detalhada e, idealmente, de ajuste do desenho original antes da execução.

Esta situação é um exemplo claro de como o ambiente BIM pode evidenciar condições de projeto dificilmente detetáveis em desenhos 2D, permitindo que sejam corrigidas em fase de projeto, antes da construção.

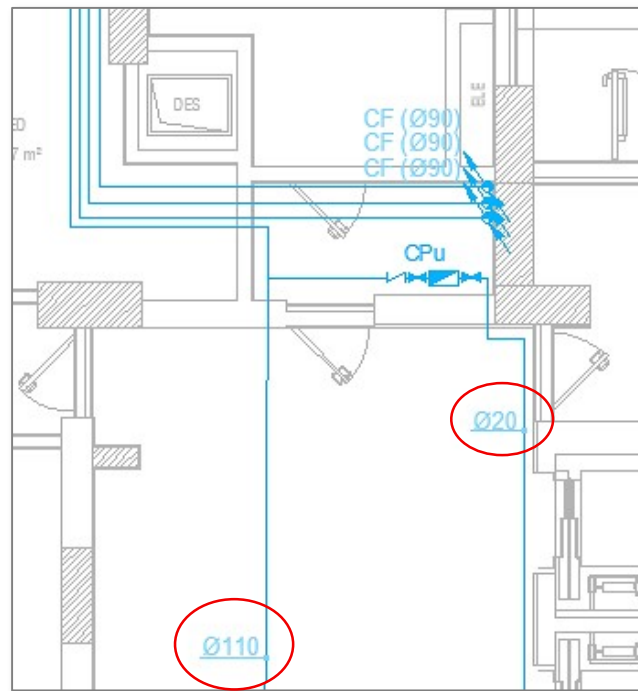


Figura 6.14 – Traçado em 2D das tubagens adjacentes ao contador geral no piso -1 (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido)

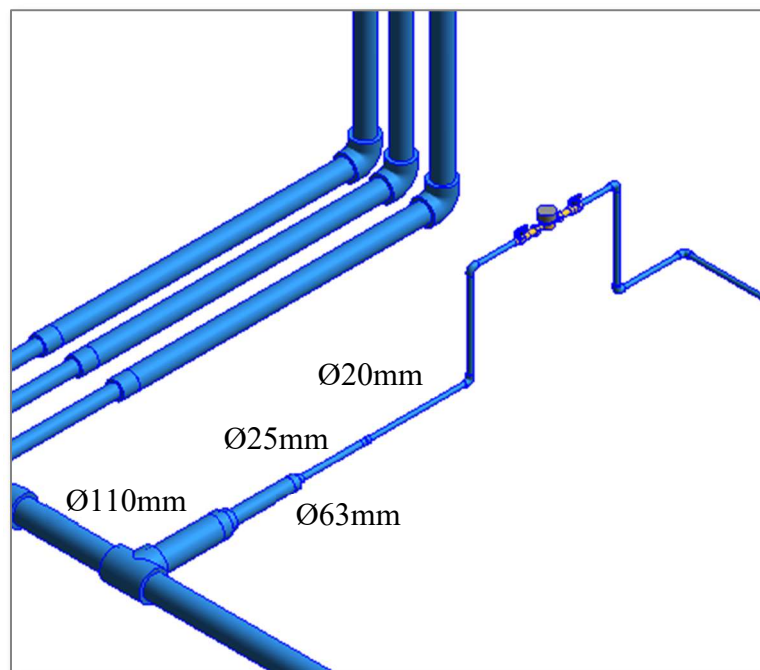


Figura 6.15 - Modelação em 3D das tubagens adjacentes ao contador geral no piso -1 (Fonte: Elaboração própria)

### 6.4.3 Passagem de tubagens em paredes com dupla instalação

Foi também observada a dificuldade na passagem simultânea de tubagens de duas instalações sanitárias pela mesma parede divisória.

As paredes de pequena espessura não possuíam espaço suficiente para acomodar tubagens de água fria e quente com isolamento de duas instalações diferentes, resultando em interferências entre percursos paralelos. Este problema ocorreu com certa frequência em pisos repetitivos, onde as instalações sanitárias eram espelhadas entre frações.

Como solução, foram testados desvios laterais no percurso e ajustes de cotas, contudo, essas alterações nem sempre foram suficientes. A modelação mostrou a necessidade de redefinição do espaço técnico disponível, evidenciando uma lacuna de coordenação entre a arquitetura e as especialidades hidráulicas.

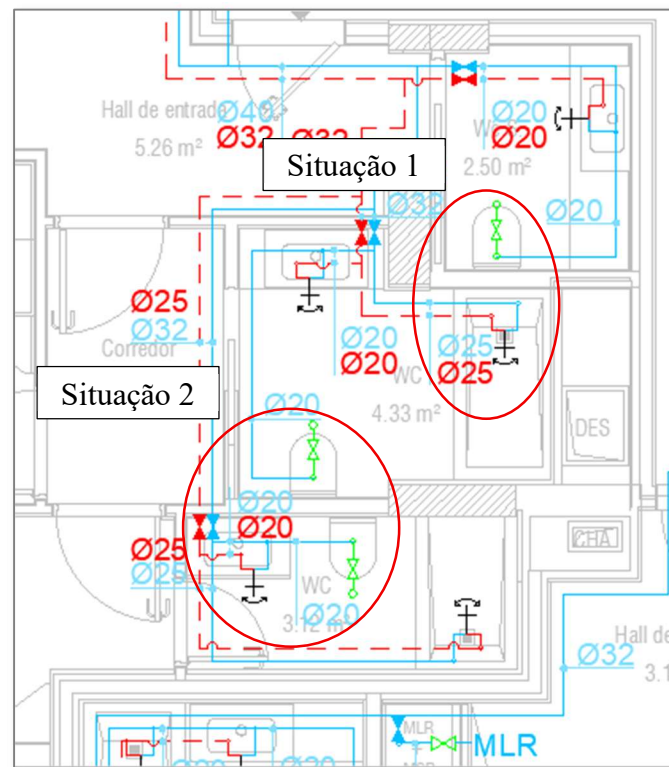


Figura 6.16 - Traçados das tubagens de abastecimento de água numa zona do piso 2 (idêntico aos pisos 3 a 16) (Fonte: Projeto Hidráulico fornecido)

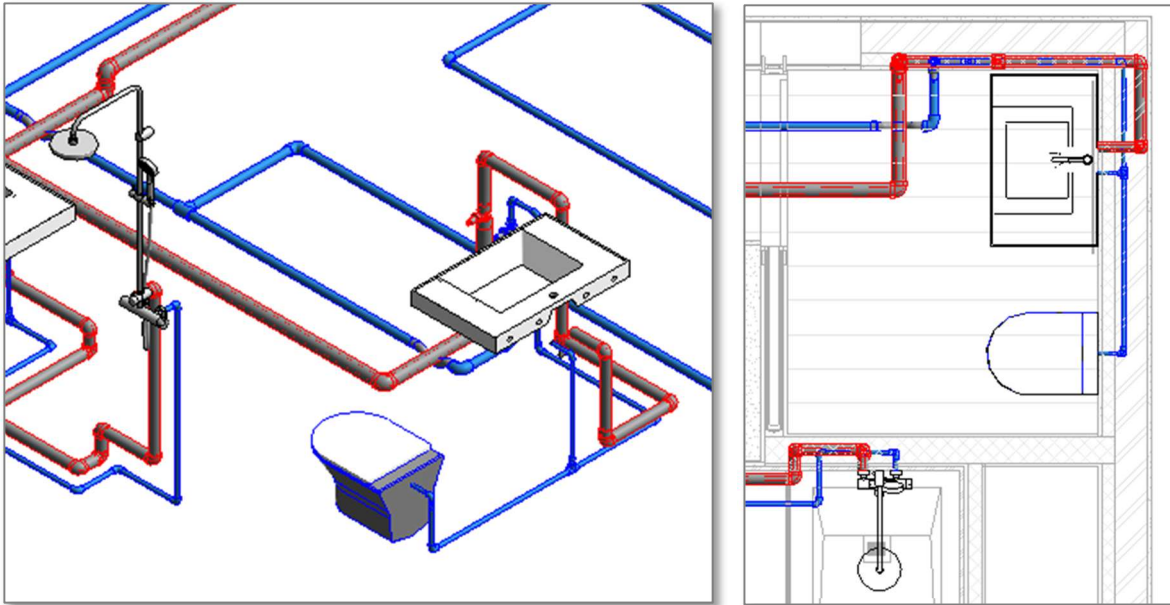


Figura 6.17 - Situação 1 da Figura 6.16 - Alteração da configuração da instalação sanitária (Fonte: Elaboração própria)

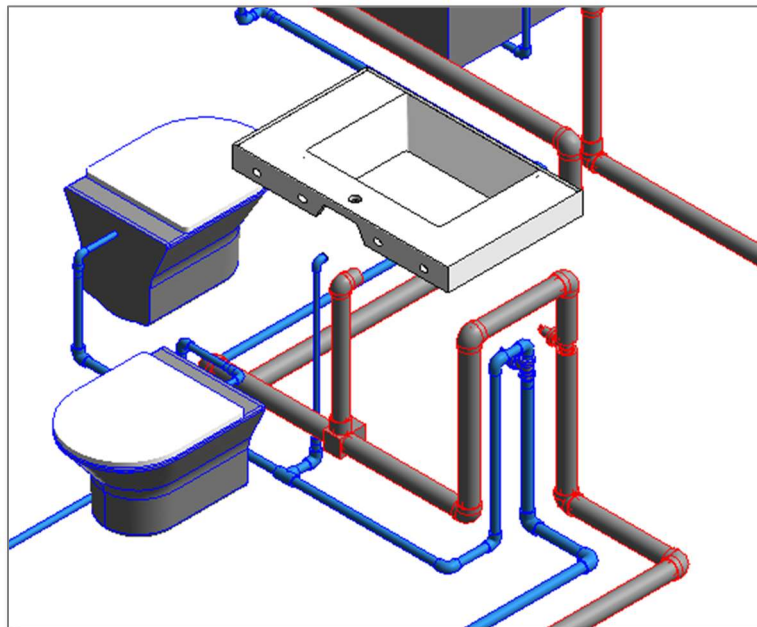


Figura 6.18 - Situação 2 da Figura 6.16 – Vários desvios no traçado das tubagens (Fonte: Elaboração própria)

#### 6.4.4 Conexões e ligações a equipamentos sanitários

Durante a modelação das ligações entre tubagens e equipamentos sanitários, observou-se que o algoritmo de ligação automática do software gerava, em alguns casos, geometrias inviáveis, especialmente em zonas com pouca margem espacial.

Para garantir fidelidade ao traçado real, tornou-se necessário “desligar” manualmente certas tubagens dos equipamentos, ajustando a ligação de forma personalizada. Essa abordagem permitiu corrigir ângulos de conexão, reduzir interferências visuais e melhorar a coerência técnica do modelo. Por outro lado, esta descontinuação na ligação das tubagens aos equipamentos afetou a funcionalidade do software de efetuar automaticamente os cálculos de caudal e/ou pressão necessária para o sistema, em caso de verificação daquilo que foi definido em projeto e do que a edificação real necessita de fato.

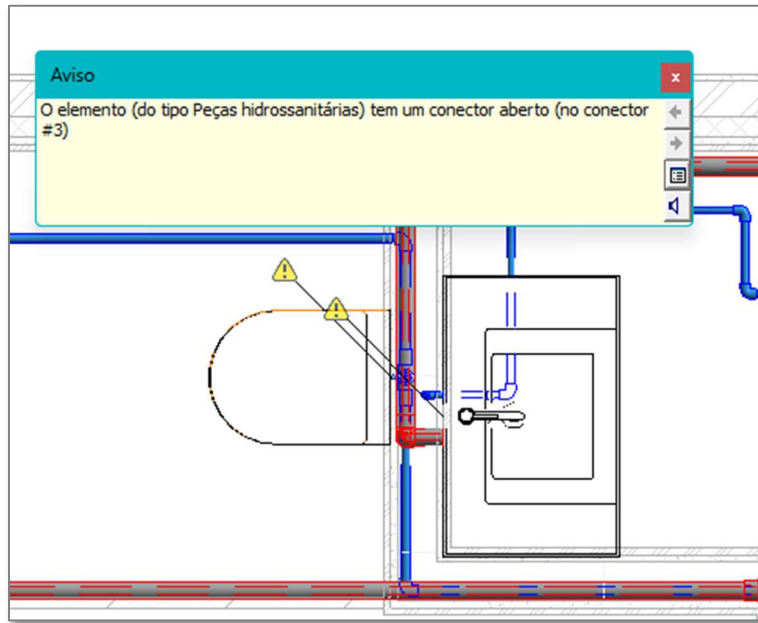


Figura 6.19 - Problema na conexão dos equipamentos sanitários (Fonte: Elaboração própria)

## 6.5 Análise e extração de informação

Após a conclusão da modelação, foram geradas tabelas de quantidades automáticas no software, permitindo quantificar:

- O comprimento total de tubagens por sistema (água fria, água quente e retorno);
- Os diâmetros e materiais utilizados;
- O tipo e espessura do isolamento.

Com relação às famílias de materiais utilizadas, os elementos apresentavam algumas incongruências, nomeadamente não especificação dos tipos de conexões (tês, curvas, válvulas, reduções, etc.), não especificação dos equipamentos sanitários (lavatórios, pios, duches, sanitas, etc.) e eletrodomésticos (máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar loiça, etc.), entre outros.

As famílias utilizadas, foram fornecidas previamente, junto com os projetos e plantas das especialidades. Sem estas informações detalhadas, não foi possível efetuar a extração completa das informações necessárias para quantificação dos materiais e equipamentos.

Estas incongruências podem ser resolvidas com a personalização de cada elemento, conforme necessidade da informação a ser extraída para utilização nas demais dimensões do BIM.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como foco principal o desenvolvimento e a análise da modelação BIM de uma rede de abastecimento de água predial, aplicada a um edifício habitacional de grande porte, com vinte e dois pisos, incluindo duas caves técnicas, rés do chão e dezanove pisos superiores. Através da utilização do software Autodesk Revit, foi possível criar um modelo tridimensional detalhado do sistema de abastecimento de água fria, quente e retorno, permitindo a compreensão abrangente das condições construtivas, espaciais e funcionais do edifício.

### 7.1 Síntese dos resultados

A implementação da metodologia BIM demonstrou ser uma ferramenta fundamental para a integração e coordenação das especialidades técnicas, possibilitando a visualização e deteção de conflitos entre elementos arquitetónicos, estruturais e hidráulicos. As principais dificuldades – espessuras reduzidas, grandes reduções de diâmetro, presença de pilares em zonas críticas e falta de espaço para tubagens embutidas – demonstraram que a qualidade do modelo arquitetónico e o nível de coordenação interdisciplinar têm impacto direto na viabilidade e eficiência das redes hidráulicas.

A modelação BIM permite quantificar com precisão todos os elementos da rede – tubagens, conexões, válvulas e acessórios –, facilitando a elaboração de listagens automáticas e a estimativa de materiais. Apesar desta funcionalidade, o projeto em causa não teve maiores perspectivas de quantificação, devido o facto de que a família dos elementos hidráulicos utilizada não dispunha de grandes detalhes e características dos componentes empregados na modelação.

Verificou-se que a falta de compatibilização prévia entre as especialidades de arquitetura e instalações prediais é uma das principais fontes de conflitos em projetos desta natureza, reforçando a importância da adoção de um processo colaborativo de projeto integrado, apoiado por ferramentas BIM.

A estruturação de sistemas de água fria, quente e retorno mostrou-se adequada ao tipo de edifício em análise, com soluções individualizadas por fração habitacional e eficiência térmica assegurada pela utilização de isolamentos em espuma nas tubagens necessitadas. Ainda

assim, situações como grandes reduções de diâmetro em curtos trechos e zonas de difícil acessibilidade apontam para a necessidade de uma análise mais criteriosa das condições arquitetônicas e estruturais nas fases iniciais do projeto.

## **7.2 Perspetivas futuras**

Como perspetiva de continuidade do projeto, sugere-se a integração efetiva das especialidades de arquitetura, estruturas e instalações técnicas (elétrica, AVAC, SCI e outras) num ambiente BIM colaborativo, de modo a permitir a deteção precoce de interferências e a otimização conjunta das soluções.

A implementação de modelos paramétricos mais inteligentes, capazes de ajustar automaticamente as dimensões e os traçados das tubagens conforme restrições espaciais, poderá aumentar significativamente a eficiência do processo de modelação.

Outra vertente promissora é a integração de simulações hidráulicas e energéticas diretamente no modelo BIM, possibilitando avaliar o desempenho real do sistema – pressões, caudais e perdas térmicas – em tempo real.

Da mesma forma, a incorporação de metodologias Facility Management, permitirá que o modelo BIM evolua de uma ferramenta de projeto para um instrumento de operação e manutenção, assegurando o acompanhamento contínuo do ciclo de vida do edifício. A médio prazo, a integração de metodologias de análise de ciclo de vida (LCA) e de avaliação ambiental dos materiais poderá consolidar a utilização do BIM como ferramenta de apoio à sustentabilidade e à gestão inteligente de edifícios.

Outra perspetiva de evolução reside na utilização de famílias BIM mais detalhadas e completas, contendo características técnicas precisas dos materiais, tais como propriedades mecânicas, características físicas e de durabilidade. A adoção de bibliotecas paramétricas enriquecidas permitirá maior realismo construtivo e precisão nas análises de desempenho, além de facilitar a futura integração do modelo em fases operacionais e manutenção do edifício (Facility Management).

### **7.3 Considerações finais**

Em conclusão, o presente trabalho demonstrou que a adoção da metodologia BIM na conceção de redes prediais de abastecimento de água constitui um avanço significativo na forma de projetar e gerir infraestruturas técnicas em edifícios complexos.

A sua aplicação não só aumenta a precisão e qualidade do projeto, como também promove uma mudança de paradigma rumo a uma engenharia mais colaborativa, digital e sustentável, melhorando a representação técnica e potencializando a comunicação entre especialidades, permitindo corrigir incongruências em fase de projeto e garantir soluções construtivas exequíveis. A experiência obtida neste estudo de caso reforça a importância de que arquitetos, engenheiros e modeladores BIM trabalhem de forma integrada, desde as fases iniciais, para alcançar edifícios mais eficientes, coordenados e sustentáveis.

Este estudo contribui, assim, para a consolidação do BIM como prática corrente no contexto das instalações prediais em Portugal, reforçando a importância da coordenação interdisciplinar, da precisão construtiva digital e da inovação tecnológica como pilares essenciais do futuro da engenharia e da construção.

## REFERÊNCIAS

- [1] Wei, T., Cheng, G., & Wang, J. (2017). The applications of BIM in the building water supply and drainage engineering design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 100(1), 012117.
- [2] Liu, R., Issa, R. R. A., Olbina, S., & Hinze, J. (2019). Building Information Modelling (BIM) for facility management – Literature review and future needs. *Electronics*, 8(6), 599.
- [3] Zhang, Y., Li, W. & Wang, X. (2023). Research on the application of BIM-based green construction technology in water conservancy and hydropower engineering. *Water Supply*, 23(8), 3309-3321.
- [4] Kamunda, A., Monyane, T., & Emuze, F. (2021). Barriers to BIM adoption in the south African construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), 2432-2452.
- [5] Eastman, C. Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (2nd ed.). Hoboken: Wiley.
- [6] Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building information modelling: A strategic implementation guide*. Hoboken: Wiley.
- [7] UK BIM Task Group. (2013). *BIM strategy report*. London: UK Cabinet Office.
- [8] European Commission. (2014). *Directive 2014/24/EU on public procurement*. Official Journal of the European Union.
- [9] Cunha, P., Rodrigues, H., & Almeida, F. (2017). *Atas do 1º Congresso Português de Building Information Modelling (PTBIM)*. Universidade do Minho.
- [10] COTEC Portugal. (2019). *Building Information Modelling: relatório do grupo de trabalho COTEC*. Lisboa: COTEC.
- [11] Decreto-Lei n.º 10/2024, de 8 de janeiro. Reforma e simplificação dos licenciamentos no âmbito do urbanismo, ordenamento do território e indústria. *Diário da República*, 1.ª série.
- [12] Portaria n.º 255/2023, de 7 de agosto. Instruções para a elaboração de projetos de obras. *Diário da República*, 1ª série.
- [13] Lei n.º 50/2023, de 28 de agosto. Reforma e simplificação dos licenciamentos no âmbito do urbanismo e ordenamento do território. *Diário da República*, 1ª série.

- [14] buildingSMART Portugal, (s.d.). Grupo de trabalhos. Disponível em: <https://buildingsmart.pt/grupos-de-trabalho/>.
- [15] Eadie, R. Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36 145-151.
- [16] Howard, R., & Björk, B. C. (2008). Building information modelling – experts’ views on standardization and industry deployment. *Advanced Engineering Informatic*, 22(2), 271-280.
- [17] Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro-BIM adoption: Comparative market analysis. *Automation in Construction*, 81, 286-299.
- [18] PlanRadar. (2024). BIM adoption in Europe: 7 countries compared. Disponível em: <https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>
- [19] BuildingSMART Spain. (2018). Guía BIM España Madrid.
- [20] Eastman, C., Teicholz, P., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook*. Wiley.
- [21] Teo, E. A. L., et al. (2015). BIM in Singapore: Challenges and strategies. *Construction Innovation*, 15(4), 428-445.
- [22] Zhang, S., Pan, F., & Li, S. (2016). Application of BIM in China: Policies, practices and prospects. *Procedia Engineering*, 164, 487-494.
- [23] Lee, G., Lee, J., & Jones, J. (2012). BIM and Design Collaboration. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26(3), 224-236.
- [24] Governo Federal do Brasil. (2018). *Estratégia Nacional de Disseminação do BIM*. Brasília.
- [25] Autodesk. (s.d.). Benefícios da BIM – Por que usar a BIM? Autodesk. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/solutions/bim/benefits-of-bim>.
- [26] Barata, J. C. S. (2021). *Implementação da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos de estruturas*. [Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa]. Repositório Científico do IPL.
- [27] Sanches, S. H. (2022). *Aplicação da metodologia BIM na gestão de edifícios* [Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Viseu]. Repositório Científico do IPV.
- [28] BIMForum. (2021). *Level of Development (LOD) Specification – 2021 Edition*. BIMForum.
- [29] BibLus. (2024, 28 de novembro). *As 10 dimensões do BIM: um jeito intuitivo de mapear os diferentes dados de informação em um projeto baseado em BIM*. BibLus.

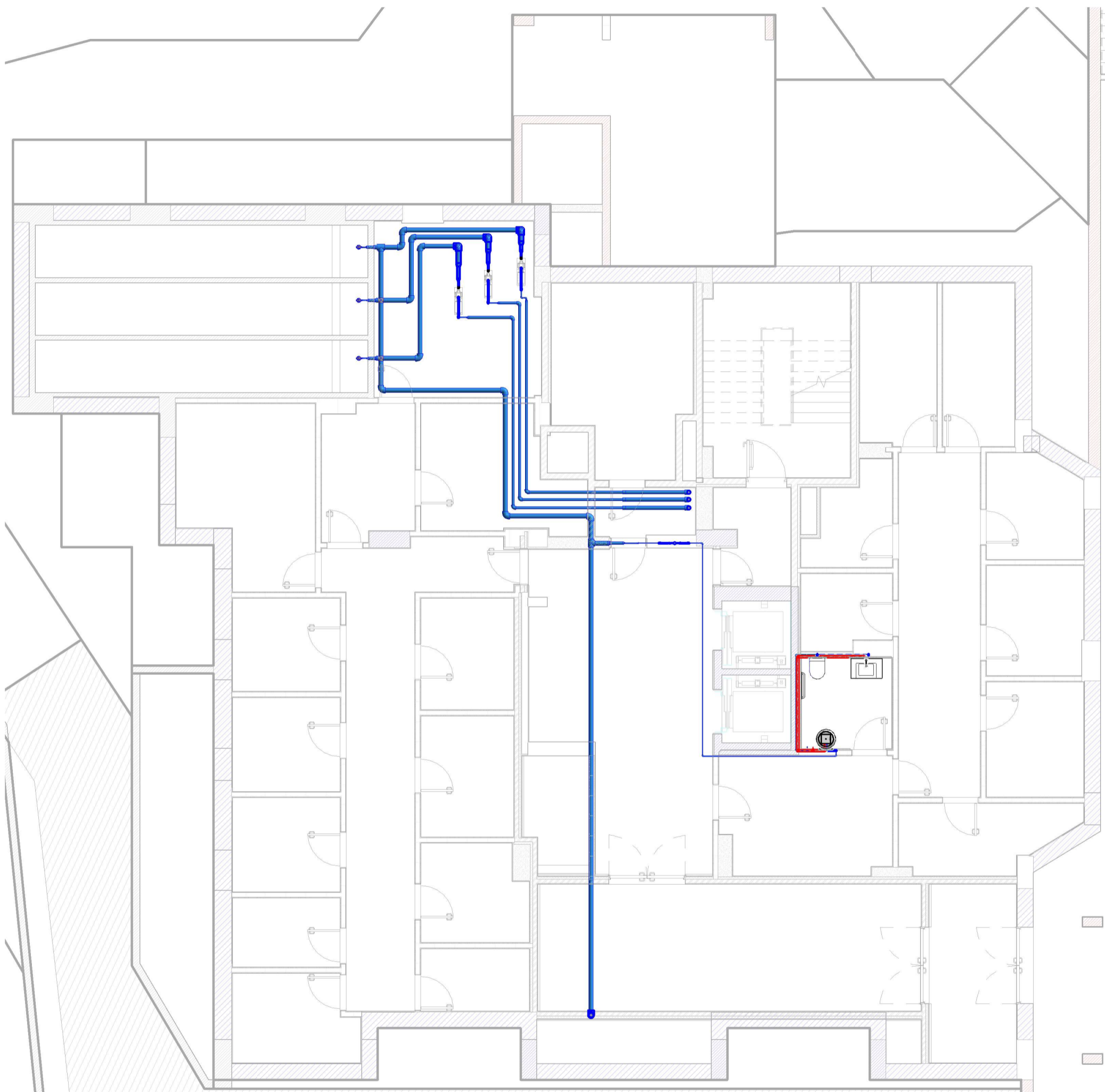
- Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>.
- [30] Catenda. (s.d.). BEP – BIM Execution Plan. Disponível em: <https://catenda.com/glossary/bim-execution-plan/>.
- [31] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers (3<sup>rd</sup> ed.). Wiley.
- [32] Cardoso, D., Costa, A. A., & Grilo, A. (2021). BIM implementation in Portugal: Evaluation of public sector adoption barriers. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 512-530.
- [33] LNEC. (2022). Implementação do BIM em infraestruturas hidráulicas: desafios e oportunidades. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- [34] Kassem, M., & Succar, B. (2017). Macro BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 81, 210-222.
- [35] Venugopal, M. Eastman, C. M., Sacks, R., & Teizer, J. (2012). Semantics of model views for building information modeling. *Advance Engineering Informatics*, 26(2), 411-428.
- [36] Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
- [37] Decreto-Lei n.º 69/2023, de 21 de agosto. Regime jurídico da qualidade da água destinada ao consumo humano. *Diário da República*, 1.ª série.
- [38] Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. *Diário da República*, 1.º série-B.
- [39] NUPI Portugal, (s.d.). Sistema NIRON. Disponível em: <http://nupiportugal.pt/sistema-niron/>
- [40] NUPI Portugal, (s.d.). Tubulação e acessórios de PP-R & PP-RCT. Disponível em: [https://nupiportugal.pt/wp-content/uploads/Catalogo\\_Sistema\\_Niron\\_PT.pdf](https://nupiportugal.pt/wp-content/uploads/Catalogo_Sistema_Niron_PT.pdf)
- [41] ISOPIPE, S.A. (s.d.). ISOPIPE TC: Isolamento térmico flexível em espuma elastomérica. Disponível em: <http://www.isopipe.eu/en/isopipe-tc-nbr>
- [42] NUPI Industrie Italiane S.p.A. (2021). Environmental Product Declaration – NIRON PPR Pipes. NUPI Americas. Disponível em: [http://www.nupiamericas.com/docs/2021/img\\_18e67d6f97.pdf](http://www.nupiamericas.com/docs/2021/img_18e67d6f97.pdf)

- [43] ISOPIPE S.A. (2023). Product data sheet - ISOPIPE closed cell elastomeric insulation. ISOPIPE Group. Disponível em: <http://www.isoplus.group/servisse-support/help-center/-/faq/>
- [44] F.W. Webb. (2016); F.W. Webb introduces NIRON piping system to U.S. market. PHCPro. Disponível em: <http://www.phcpro.com/articles/548-f-w-webb-introduces-niron-piping-system-to-u-s-market>
- [45] Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto. Regime da qualidade da água destinada ao consumo humano. Diário da República, 1.ª série.
- [46] CEN. (2000-2012). EN 806-1 to EN 806-5 – Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption. European Committee for Standardization (CEN).
- [47] CEN. (2025). EN 1717 - Protection against pollution of water intended for human consumption in potable water installations and general requirements for devices to prevent pollution by backflow. European Committee for Standardization (CEN).
- [48] CEN. (2025). EN 14336 - Heating systems in buildings - Installation and commissioning of water based heating and cooling systems. European Committee for Standardization (CEN).
- [49] CEN. (2014). EN 12828 - Heating systems in buildings - Design for water-based heating systems. European Committee for Standardization (CEN).
- [50] IPQ. (2013). EN ISO 15874 – Sistemas de tubagens em plástico para instalações de água quente e fria – Polipropileno (PP). Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

## **APÊNDICES**

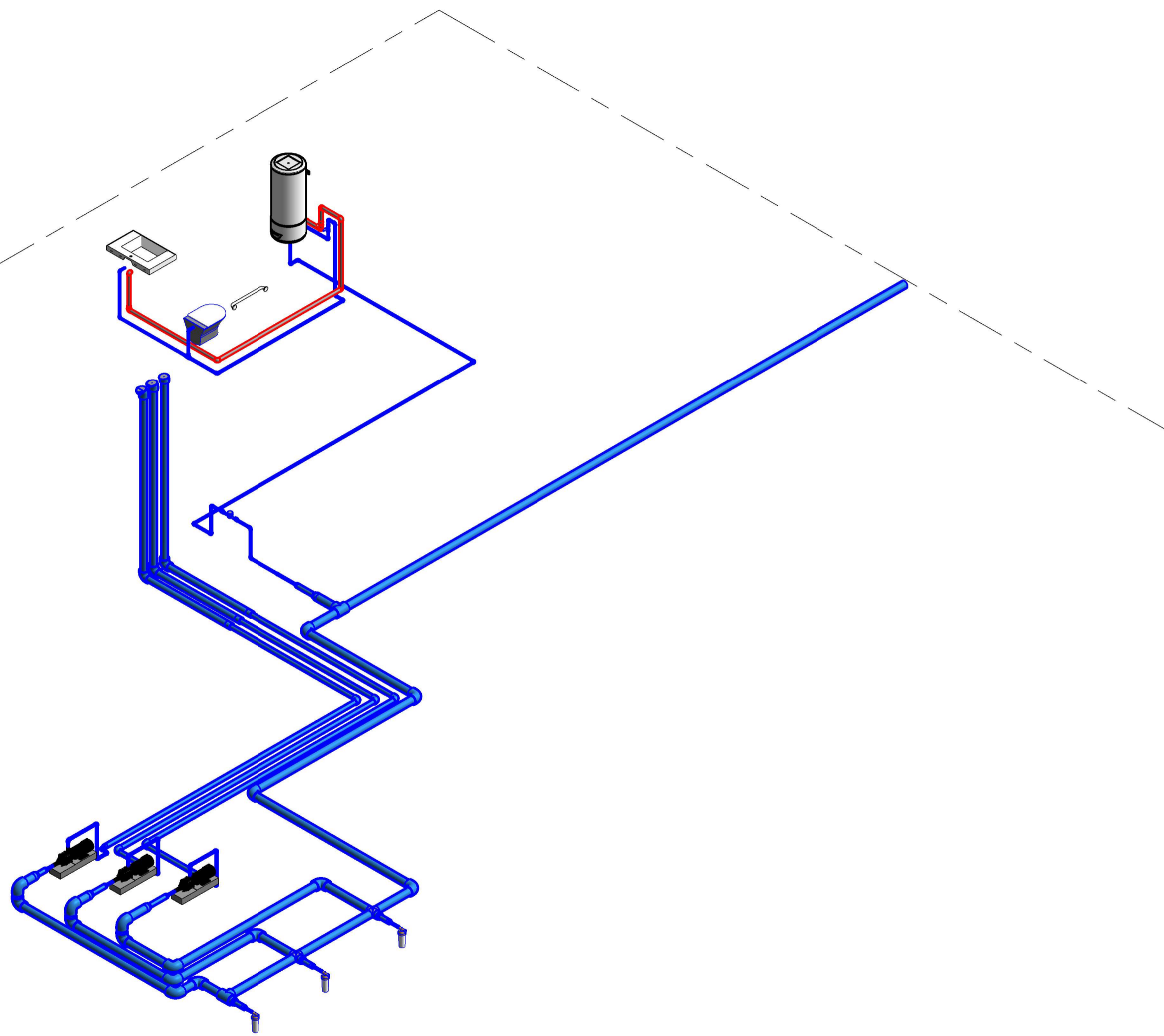
### **Anexo 1: Modelação da rede de abastecimento de água predial em BIM**

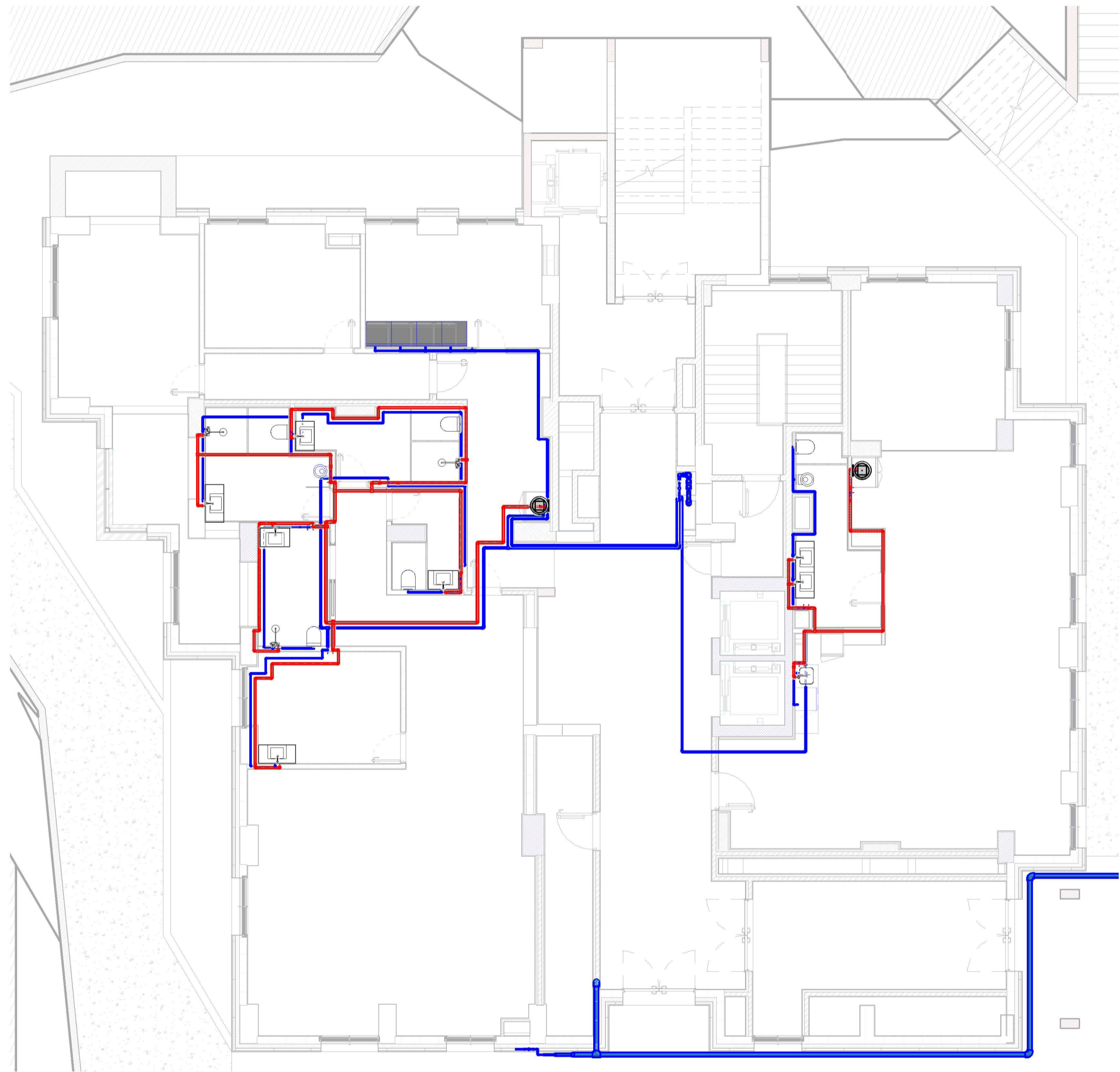
Modelação da rede de abastecimento de água predial em BIM, utilizando o software Autodesk Revit



**Piso -1**

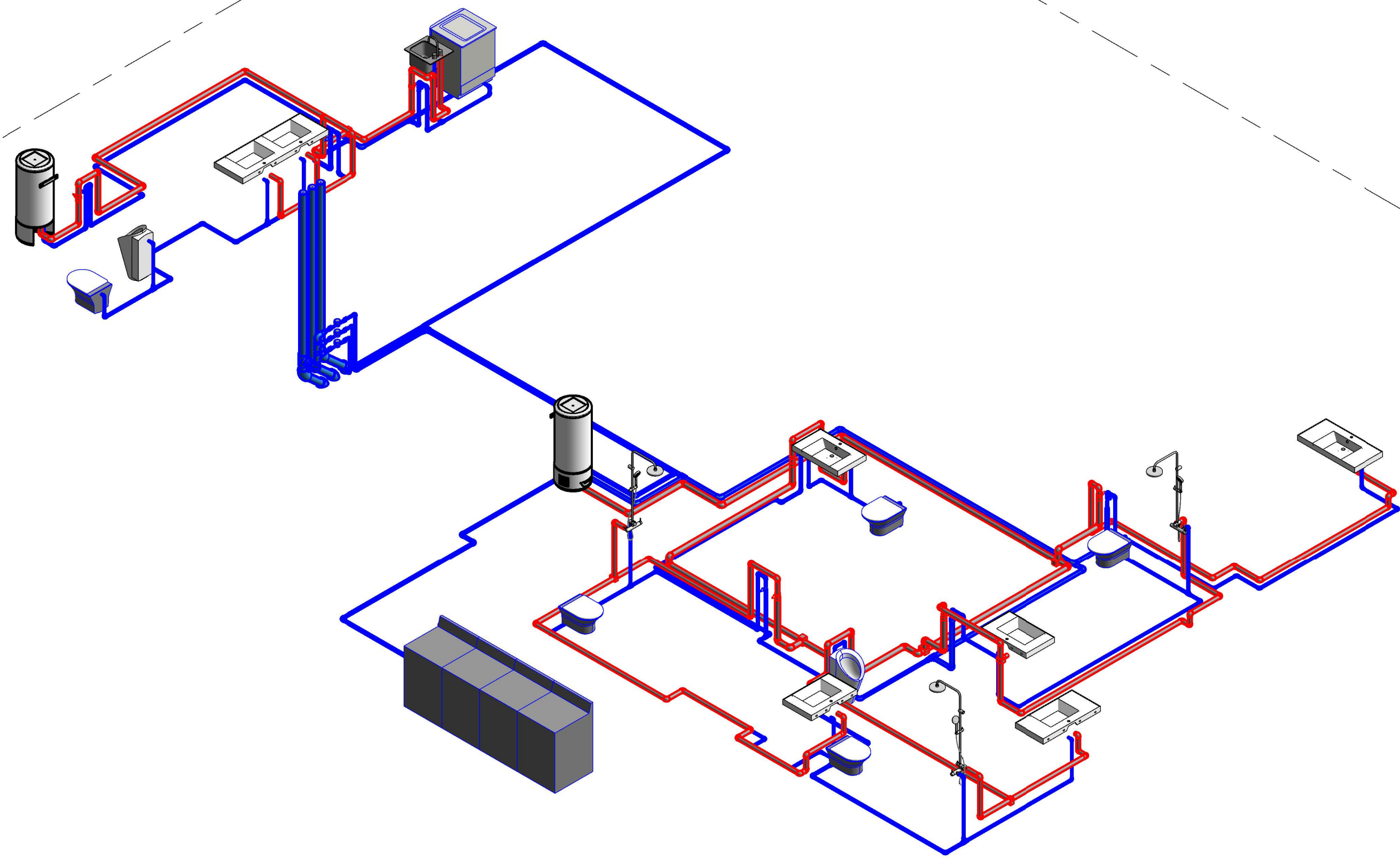
B. PISO -1  
733.91





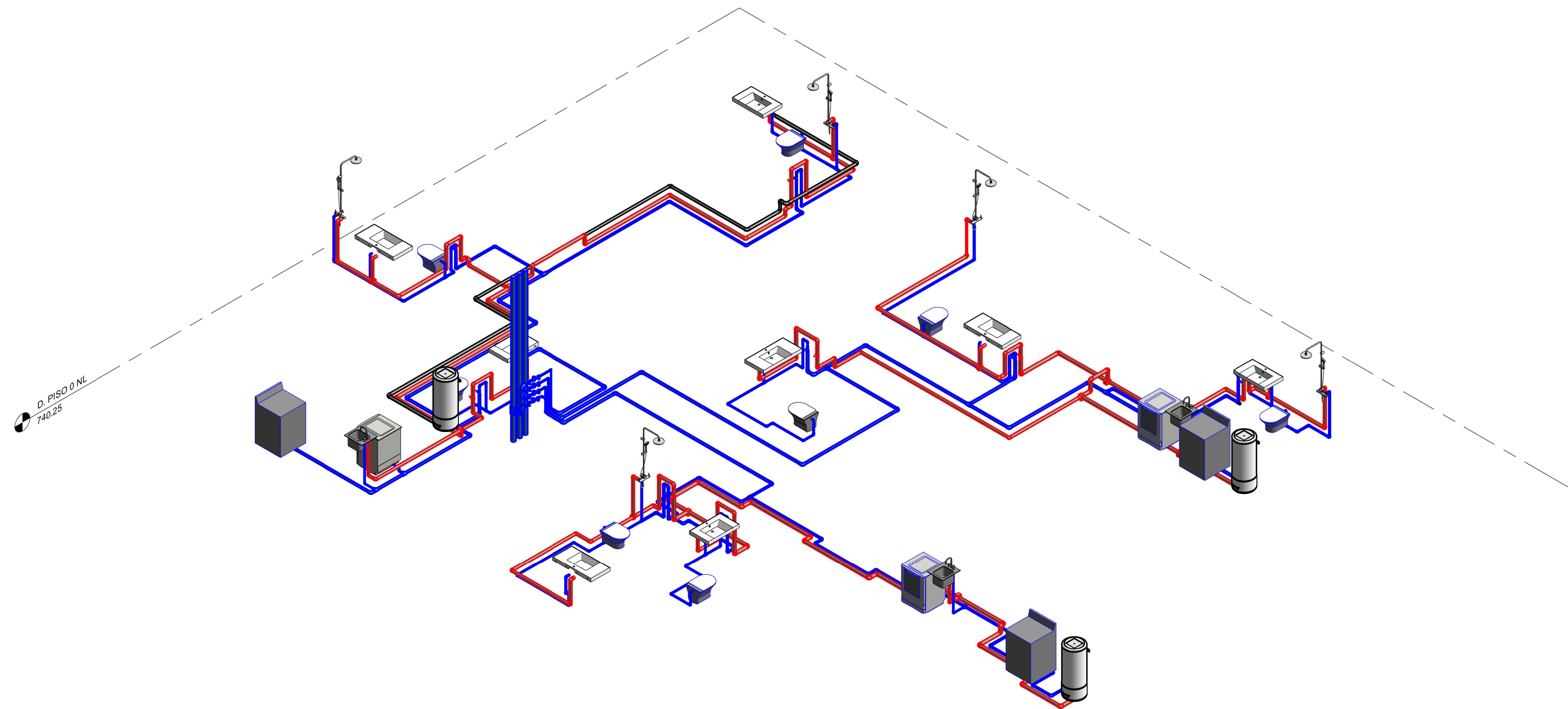
# Piso RC

C. PISO RC 1  
737.02





**Pisos 0 e 1**

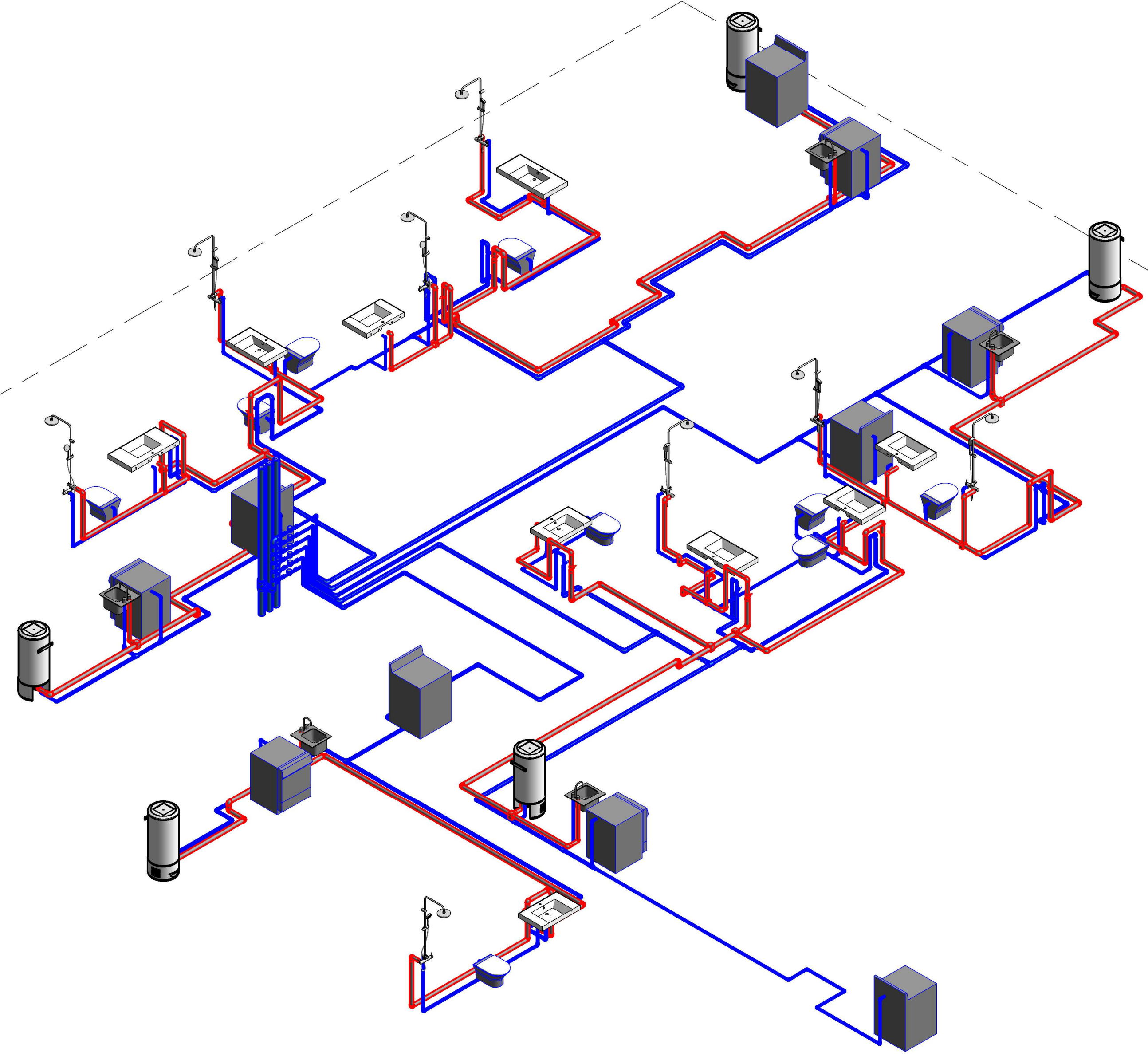


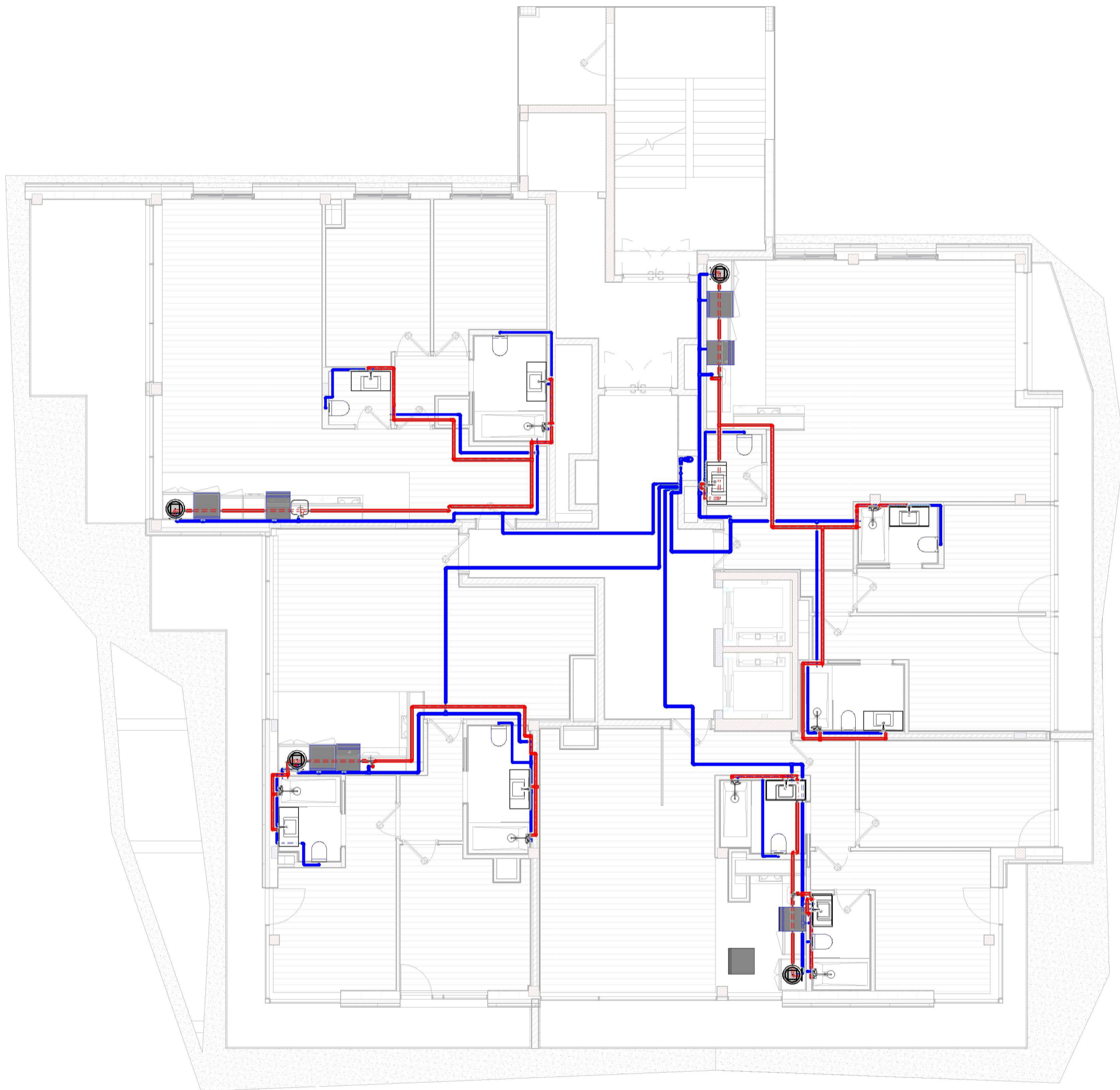
D. PISO 0 NL  
740.25



**Pisos 2 a 16**

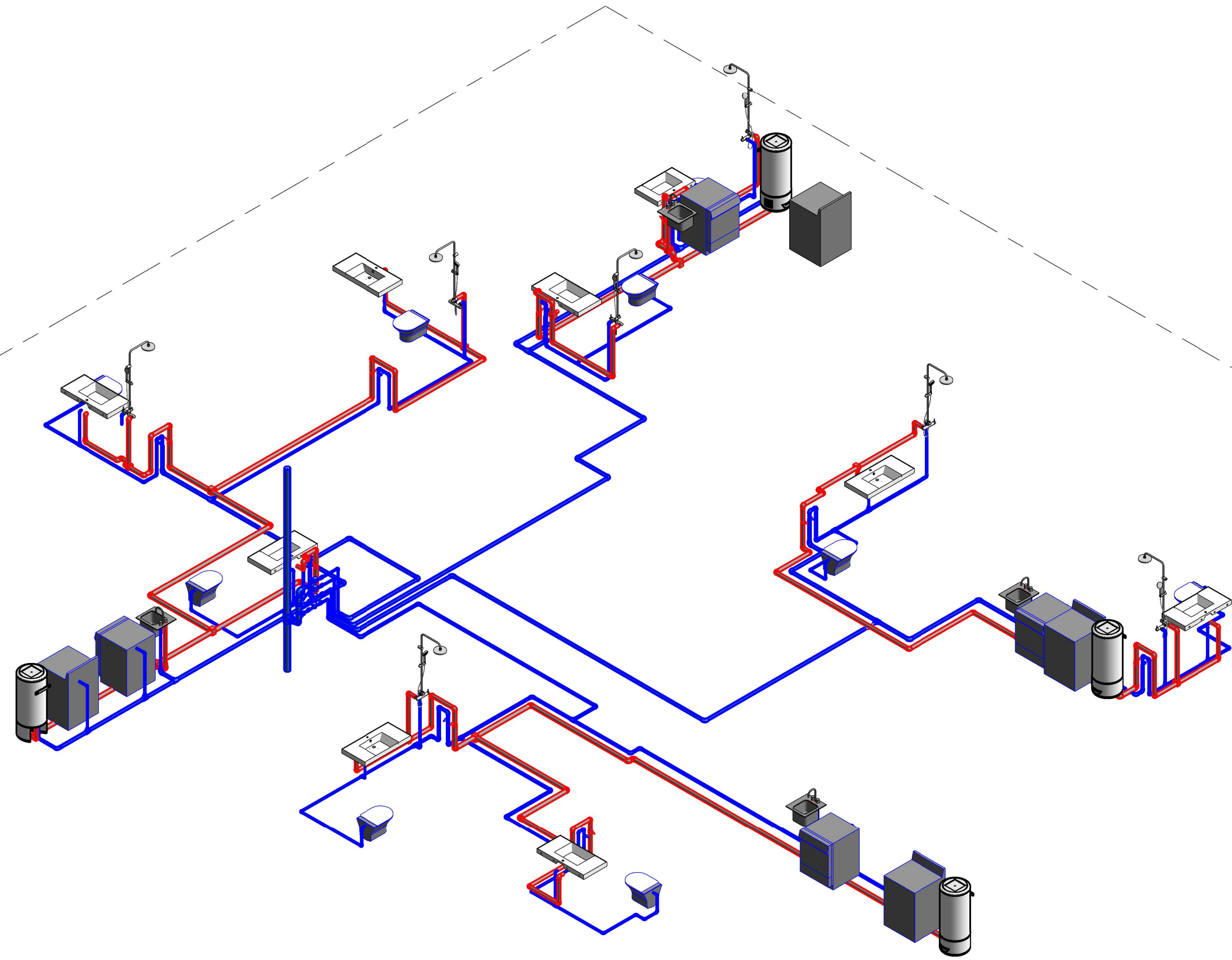
F. PISO 2 NL  
747.08

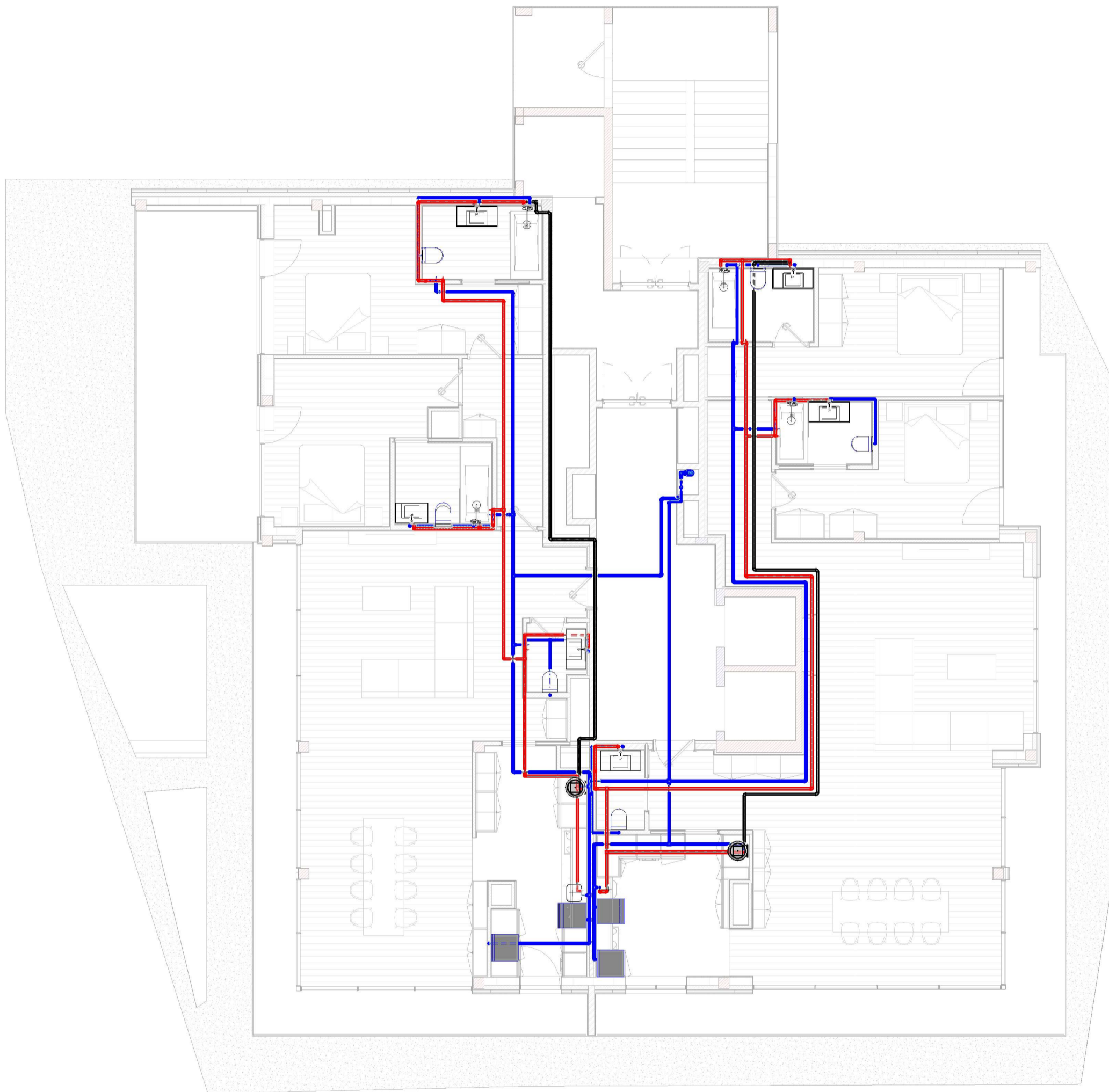




**Piso 17**

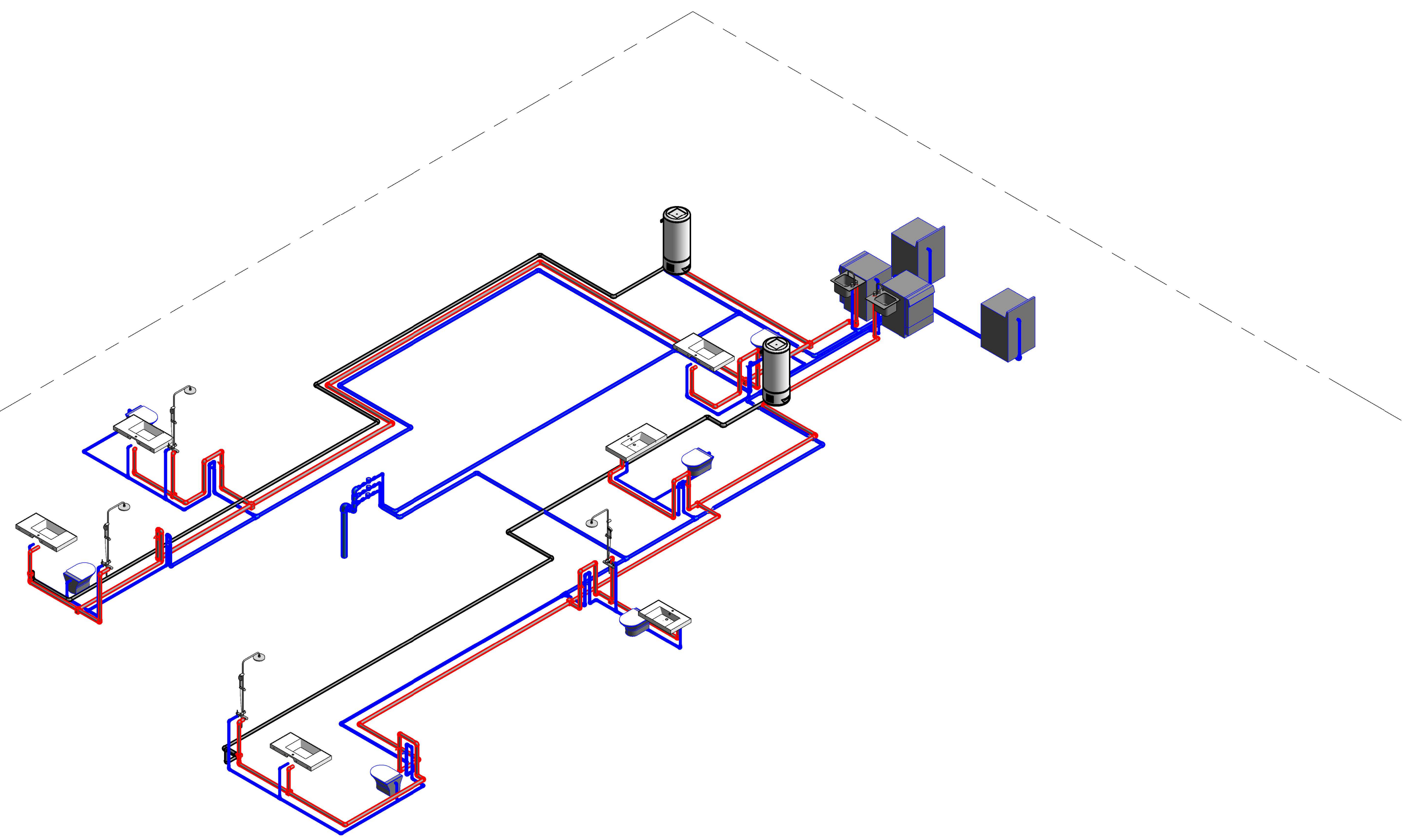
V. PISO  
791.52





**Piso 18**

V. PISO 18 NL  
795.08



## **Anexo 2: Fichas técnicas**

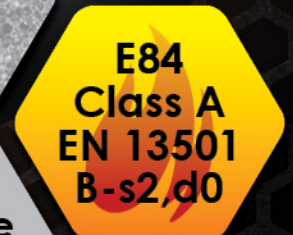
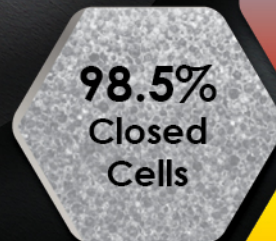
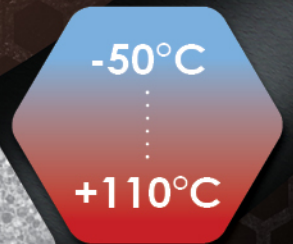
Fichas técnicas dos materiais utilizados

# ISOPIPE<sup>®</sup>



Flexible Elastomeric Foam Insulation (FEF)

Conserving energy for a better planet



Integrated Insulation Systems

[www.isopipe.eu](http://www.isopipe.eu)

# ISOPIPE TC provides long-term and reliable thermal insulation

98.5%  
Closed  
Cells

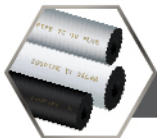
Nitrile  
Butadiene  
Rubber  
NBR

## Description & Benefits

ISOPIPE TC - is an **NBR** based flexible elastomeric foam insulation with significantly high percentage, **98.5%**, of **closed - cells**.

- ✓ Thanks to its closed cell structure, **ISOPIPE TC** has **excellent insulation properties**.
- ✓ **ISOPIPE TC** has **outstanding thermal performance** and **condensation resistance** due to the high percentage, 98.5%, of closed cells.
- ✓ **ISOPIPE TC** insulation systems are manufactured with all due **respect** for the **human health** and the **environment**.
- ✓ **ISOPIPE TC** is **certified** for Anti-Microbial and Fungal Protection according to ASTM E2180 and ASTM G21.
- ✓ As an NBR based product, **ISOPIPE TC** insulation, provides great **oil** and **grease resistance**.
- ✓ **ISOPIPE TC** is offered in a wide range of sizes and forms, making its application easier.
- ✓ **Short lead time** due to our **high flexibility of production**.
- ✓ The outstanding performance of **ISOPIPE TC** material is guaranteed through **continuous supervision** and **factory tests**.

## Product Range



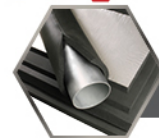
### Pipes

- Available in thickness of: 6, 9, 13, 19, 25, 32, 40, 50 mm and pipe diameters up to 139 mm.
- Pipe's standard length is 2 meters and 1 meter.
- Available in: **ISOPIPE TC, ISOPIPE COVERINGS: SOLAR, SOLAR SG, HP, UV PLUS & HEAVY DUTY (HD)**



### Rolls

- Available in thickness of: 6, 10, 13, 19, 25, 32, 40, 50 mm.
- Available in width of 1.00 m and length up to 30 meters.
- Available in: **ISOROLLS TC, ISOROLLS COVERINGS: SOLAR, HP, UV PLUS & HEAVY DUTY (HD) (with or without self-adhesive)**
- **ISOROLLS** are also available in the form of Sheets. The dimensions of **ISOSHEETS** are 1 x 1 in width of 1.20 m or/ and 1.50 m upon request.



### System

- A custom-width sheet to accurately cover large pipes of any diameter, **cut in angle** to ensure proper fit and better edge bonding.
- Available in thickness of: 13, 19, 25, 32, 40 mm and pipe diameter from 114 mm up to the desired diameter.
- Packaged in 1 meter length.
- Available in: **ISOSYSTEM TC, ISOSYSTEM COVERINGS: SOLAR, HP & UV PLUS**



### Slit & Seal

- **Pre slit pipe with self-adhesive tape and self-adhesive overlap.** Significantly reduces application and installation time and labor costs. Perfect for already existing pipe systems.
- Available in pipe form with thickness of: 9, 13, 19, 25, 32, 40 mm and pipe diameters up to 114 mm.
- Pipe's standard length is 2 meters and 1 meter.
- Available in: **ISOPIPE TC, ISOPIPE COVERINGS: SOLAR, HP & UV PLUS**



### Coil

- It is highly practical for installers and technicians. No scraps; cut only the necessary length and store the rest. Less use of glue and less hassle.
- Available in thickness of: 6, 9, 13 mm and pipe diameter up to 28 mm, coiled in continued lengths of up to 76 meters.
- Available in two size boxes at the same price. Ruler on each box.
- Available in: **ISOCOIL TC**

For more information please refer to ISOPIPE COVERINGS: SOLAR, UV PLUS, HP & HEAVY DUTY Brochure.

# Product Characteristics

**Material:** Closed - cell synthetic rubber elastomeric foam.

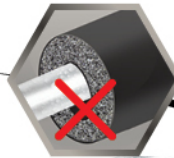
**Temperature Range**  
Extensive range (-50°C to +110°C) allowing brief peaks above limits.



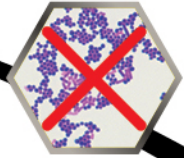
**Fire Performance**  
Ideal for residential and public buildings as it will not spread flames or drip flaming particles (E84 Class A, EN 13501, B - s2, d0).



**Proper Fit**  
With exemplary tolerances, secures proper fit ensuring more savings for refrigeration, cooling and heating.



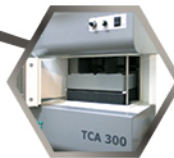
**Antimicrobial Protection**  
An advanced composition preventing the development of bacteria and fungi (ASTM E 2180 and ASTM G21 certification).



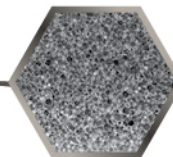
**Permeability**  
Very high resistance to water vapour transmission, ensuring long - term performance and effectiveness of the insulation. ( $\mu \geq 10000$ )



**Thermal Conductivity**  
Superior quality closed-cell elastomeric material, designed to reduce thermal losses.  
 $\lambda = 0.031\text{W/mK}$  at -20°C  
 $\lambda = 0.033\text{W/mK}$  at 0°C  
 $\lambda = 0.035\text{W/mK}$  at +20°C  
 $\lambda = 0.036\text{W/mK}$  at +30°C



**Density**  
Produced with optimum density for effective reduction of thermal losses  
60 kgr/m<sup>3</sup>, ±10 kgr/m<sup>3</sup>



**Flexibility**  
Exceptional elasticity and endurance for time-saving applications and effective insulation.



## A wide range of Applications



Heating



Plumbing



Air Conditioning



Refrigeration



Solar Energy

## New User Friendly App for Tablet & Mobile Devices

ISOPIPE Insulation Calculator has been developed to offer exact measurements for Certified Insulation, NBR and EPDM based.

Through the Program's Calculations the user receives many recommendations, but also the techno-economic choice towards energy savings.

### ISOPIPE Insulation Calculator Highlights:

- ✓ The app **works Offline**, online use while sending the PDF file
- ✓ **Save** the **Calculation** inside the Program
- ✓ More than **2000** Calculations can be Saved and seen any time
- ✓ **Send** the Calculation in any **Email** address in PDF form
- ✓ **Send** Multiple Saved Calculations in a **Single PDF** file
- ✓ **Translated** in **8 languages**
- ✓ **Download** it for **free** in *Apple Store & Google Play Store*

# ISOPIPE® Insulation Calculator



## Company's Profile

ISOPIPE S.A. is a leader in the field of insulation and heating. Its industrial unit is one of three worldwide specializing in vertical production of elastomeric insulation.

ISOPIPE S.A. was founded in 1997. In 2008 the company completed a large investment by obtaining the know-how of TORRENT, the Greek market leader in cast iron boilers. In 2009, the company expanded with the establishment of its subsidiary Iberica sl in Barcelona, Spain.

ISOPIPE S.A. factory is located 73km north of Athens, with a covered area of 60,000 m<sup>2</sup> and buildings of 30,000 m<sup>2</sup>.

Our quality system is EN ISO 9001:2015 certified, while our production program, as well as the quality and properties of all our ISOPIPE products, are based on EN 14304.

Please, watch our video for more information.



# ISOPIPE® S.A.

**Rebuild the future!**

[www.isopipe.eu](http://www.isopipe.eu)

#### GREECE

##### Head Office:

Nafpliou & Daskalogianni  
144 52 Metamorfofi Attikis  
T.: +30 210 28 28 603  
F.: +30 210 28 19 210  
E.: export@isopipe.gr

##### Plant:

73rd km Nat. Road Athens - Lamia  
341 00 Ritsona Halkida  
T.: +30 22620 89 800  
F.: +30 22620 72 006  
E.: export@isopipe.gr

#### SPAIN

##### Barcelona:

C/ Costa i Deu 71 - 79 (esq. C/ Tamarit)  
08205, Sabadell, Barcelona, España

##### Madrid:

Calle Pedro Duque, 5,  
Polígono Industrial GITESA,  
28.814- Daganzo de Arriba (Madrid),  
Madrid Community

T.: +34 93 879 1195  
F.: +34 93 879 1313  
E.: pedidos@isopipe.es

#### UNITED KINGDOM

##### Head Office:

178 Seven Sisters Road  
London N7 7PX  
United Kingdom

##### Warehouse:

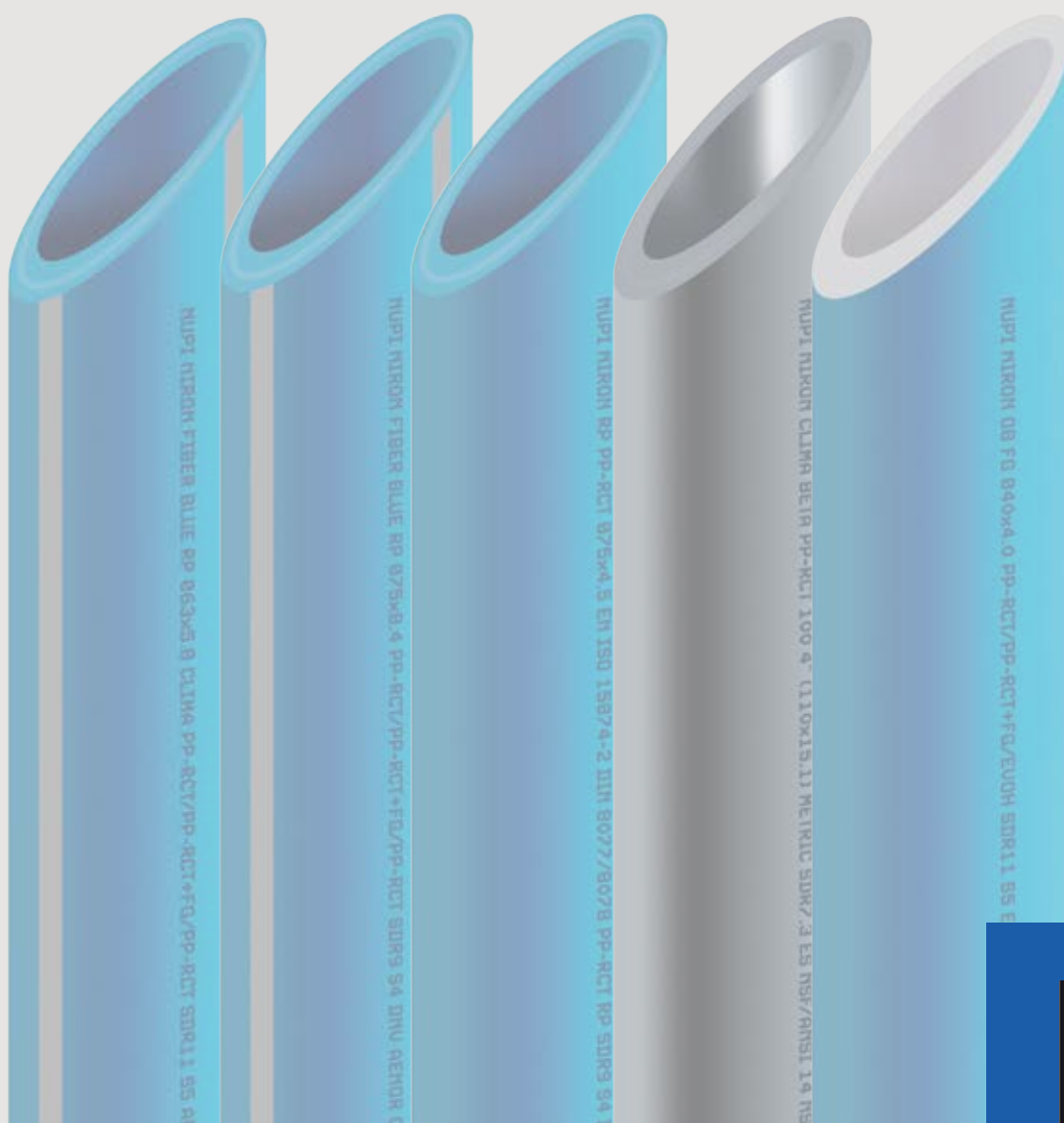
Airfield Industrial Estate Warboys, Huntingdon  
Cambridgeshire PE28 2SH  
United Kingdom

T.: +44 (0) 208 299 9545  
E.: orders@isopipe.eu

SISTEMA  
**NIRON**

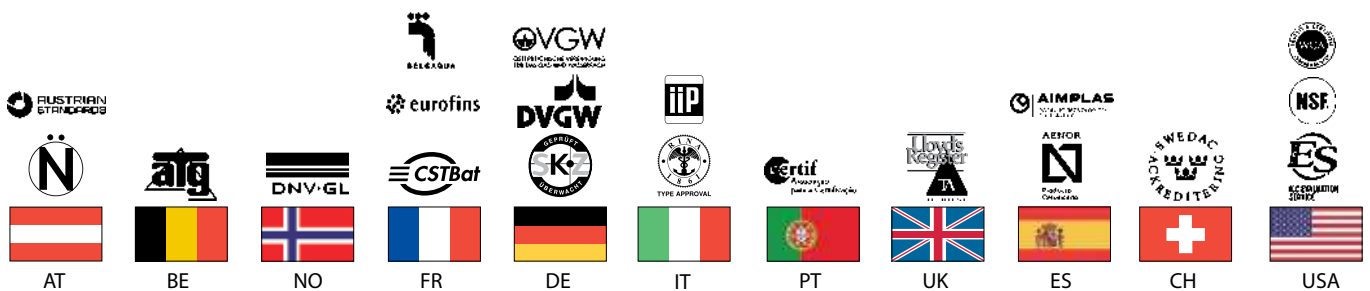
SISTEMA  
**NIRON PREMIUM**

## Tubulação e acessórios de PP-R & PP-RCT



# Catálogo

# Qualidade e inovação



## A “alma máter” da empresa

Investigação, inovação, qualidade, controlo e serviço concedeu-nos o mais alto reconhecimento internacional.

Todos os sistemas de tubulação e acessórios são fabricados com as técnicas de produção mais modernas e comercializados com marcas distintas, fornecendo uma solução técnica para cada tipo de circuito de fluido.

A garantia de qualidade dos nossos produtos é refletidos em certificações obtidas e ensaios de acordo com os regulamentos necessários de acordo com os regulamentos exigidos nos 5 continentes.

# Índice

---

## Sistema de tubulação e acessórios Sistema NIRON

---

4	Tubulação	56	Acessórios termofusão roscados
28	Acessórios electrossoldáveis	66	Torneira
34	Acessórios termofusão	71	Aro soldar

---

## Sistema de tubulação e acessórios Sistema NIRON PREMIUM

---

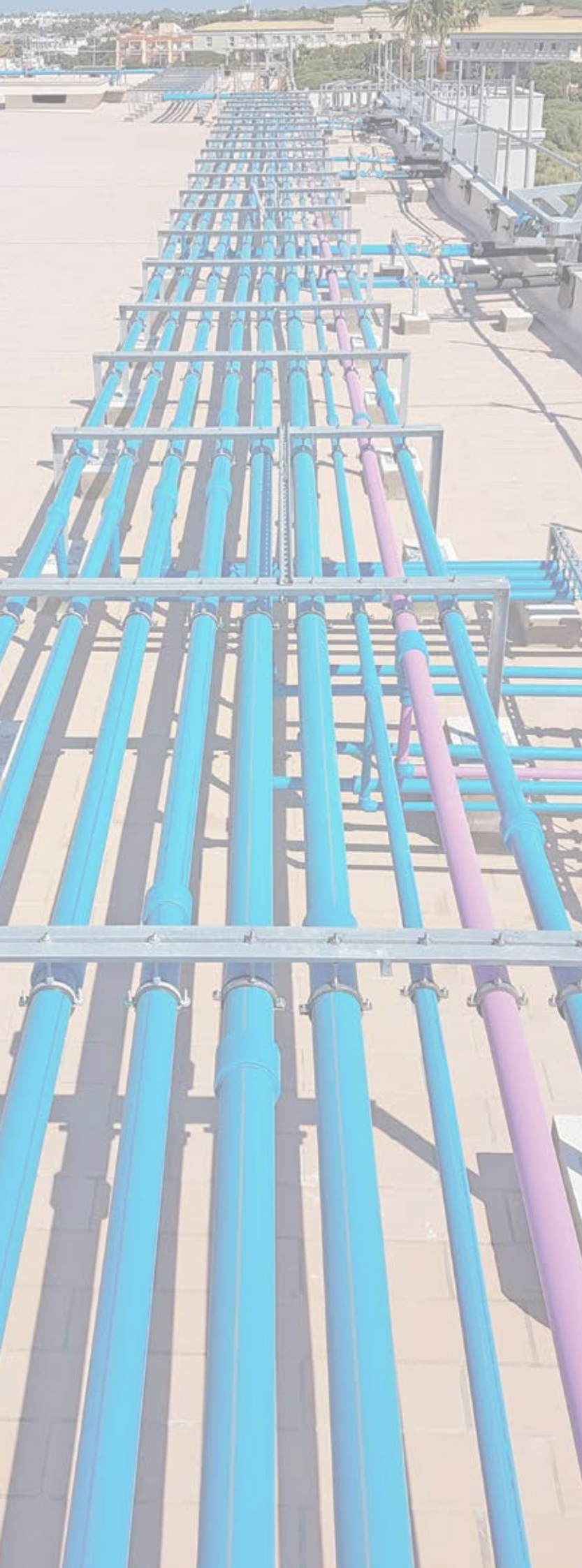
76	Tubulação	91	Acessórios roscados
79	União electrossoldáveis	97	Torneira
81	Acessórios termofusão	99	Aro soldar

---

## Produtos comuns

---

101	Válvulas	111	Colares de derivação electrossoldáveis
105	Flanges	115	Ferramentas
108	Abraçadeiras	119	Máquinas



# Tubulação



Água potável



Instalações  
hidrosanitárias



Salas de  
caldeiras



Instalações  
climatização



Aquecimento a  
alta e baixa  
temperatura



Aplicações  
geotérmicas



Construção  
naval



Transferência  
de produtos  
químicos



Ar  
comprimido



Águas  
recuperadas



Não expor  
ao sol

## Tubulação Monocamada PP-R

### Tubulação Monocamada SDR6/Série 2,5 (PN20)



**Descrição**

-Tubo monocamada SDR6/SÉRIE 2,5  
-Classe 1/10 bar, classe 2/8 bar,  
Classe 4/10 bar, classe 5/6 bar

**Fornecimento:**

-Em barras de 4 metros

**Aplicações**



Código	Ø	Espessura (mm)	L (m)	Metros/Saco	Palet (m)
TNIRR16 *	16 mm	2,7	4	100	4600
TNIRR20	20 mm	3,4	4	100	3000
TNIRR25	25 mm	4,2	4	100	2000
TNIRR32	32 mm	5,4	4	60	1320
TNIRR40	40 mm	6,7	4	40	800
TNIRR50	50 mm	8,4	4	20	560
TNIRR63	63 mm	10,5	4	16	352
TNIRR75	75 mm	12,5	4	12	240
TNIRR90	90 mm	15,0	4	8	160
TNIRR110	110 mm	18,4	4	8	112
TNIRR125	125 mm	20,8	4	4	80
TNIRR160	160 mm	26,6	4	4	48

\* Até final das existências.

## Tubulação Monocamada PP-R

### Pressões de trabalho tubulação monocamada SDR6/SÉRIE 2,5

NIRON Monocamada RP SDR6/Série 2,5			
Classe	1	10	
	2	8	
	4	10	
	5	6	
T máxima fluido (°C)	Anos no exercício contínuo	Pressão de serviço (bar)	Pressão de serviço (bar)
		Circuito aberto	Circuito fechado
10	1	35,0	42,0
	5	33,2	39,8
	10	32,1	38,5
	25	31,1	37,3
	50	30,3	36,4
20	1	30,0	36,0
	5	28,1	33,7
	10	27,3	32,8
	25	26,5	31,8
	50	25,7	30,8
30	1	25,5	30,6
	5	23,9	28,7
	10	23,1	27,7
	25	22,3	26,8
	50	21,8	26,2
40	1	21,5	25,8
	5	20,2	24,2
	10	19,6	23,5
	25	18,8	22,6
	50	18,3	22,0
50	1	18,3	22,0
	5	17,0	20,4
	10	16,5	19,8
	25	15,9	19,1
	50	15,4	18,5
60	1	15,4	18,5
	5	14,3	17,2
	10	13,8	16,6
	25	13,3	16,0
	50	12,7	15,2
70	1	13,0	15,6
	5	11,9	14,3
	10	11,7	14,0
	25	10,1	12,1
	50	8,5	10,2
80	1	10,9	13,1
	5	9,6	11,5
	10	8,0	9,6
	25	6,4	7,7
95	1	7,7	9,2
	5	5,0	6,0

Circuito aberto: Coeficiente de segurança de 1,5 aplicado de acordo com a norma UNE EN 15874

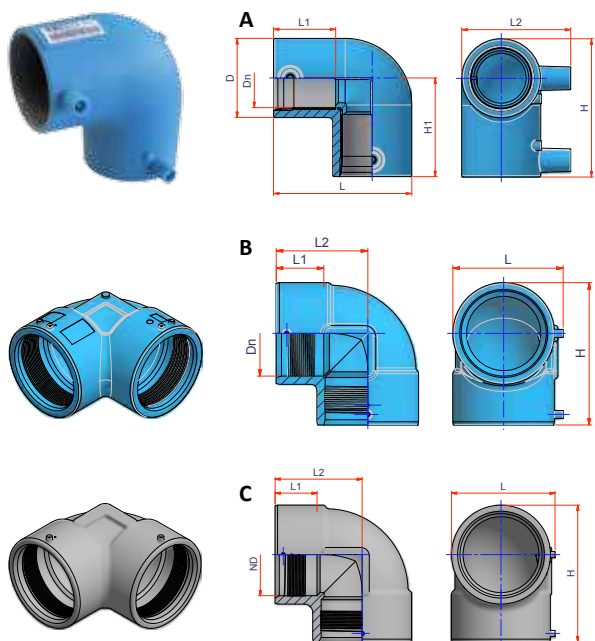
Circuito fechado: Coeficiente de segurança de 1,25 aplicado de acordo com a norma DIN 8077/78



## Acessórios electrossoldáveis

## Acessórios PP-R Electrossoldáveis

Joelho 90° SDR11 solda elétrica (classe 1/6, classe 2/6, classe 4/6, classe 5/4)

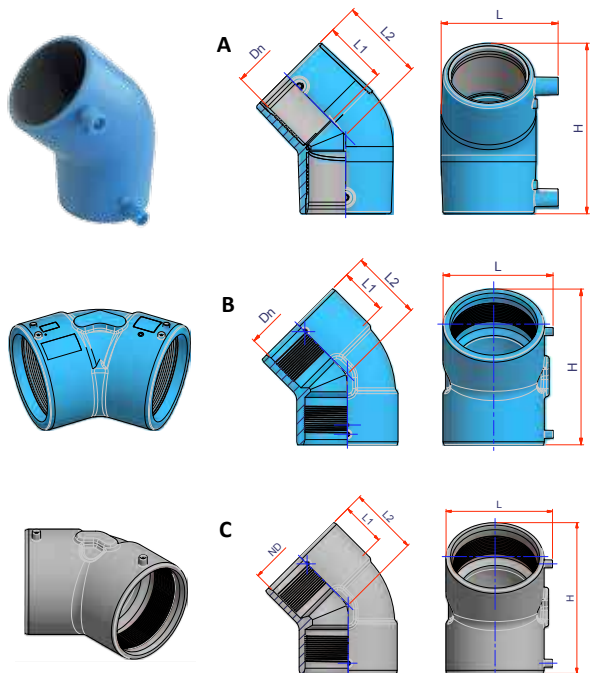


Código	Tipo	Ø	Uds. Caixa	Dn (mm)	D (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)	H1 (mm)	H (mm)
NGEM40	A	40 mm	40	40,0	56,0	42,5	75,0	95,0	67,5	95,0
NGEM50	A	50 mm	25	50,0	65,0	48,0	86,0	111,0	77,0	111,0
NGEM63	A	63 mm	15	63,0	78,0	54,0	103,0	130,5	88,0	130,5
NGEM75	A	75 mm	12	75,0	101,0	60,0	116,0	153,0	102,5	153,0
NGEM90	A	90 mm	14	90,0	115,0	70,0	144,0	182,0	122,0	182,0
NGEM110	A	110 mm	10	110,0	139,5	83,0	164,0	210,0	140,5	210,0
NGEM125	A	125 mm	1	125,0	155,0	88,0	182,0	233,0	153,5	233,0
NGE160	B	160 mm	1	160,0	-	90,0	173,0	208,5	269,0	269,0
27NGEM200*	C	200 mm	1	200,0	-	100,0	213,0	253,5	334,0	334,0

\* NGEM200 TIPO B em azul ou cinzento em função do stock disponível.

## Acessórios PP-R Electrossoldáveis

Joelho 45° SDR11 solda elétrica (classe 1/6, classe 2/6, classe 4/6, classe 5/4)

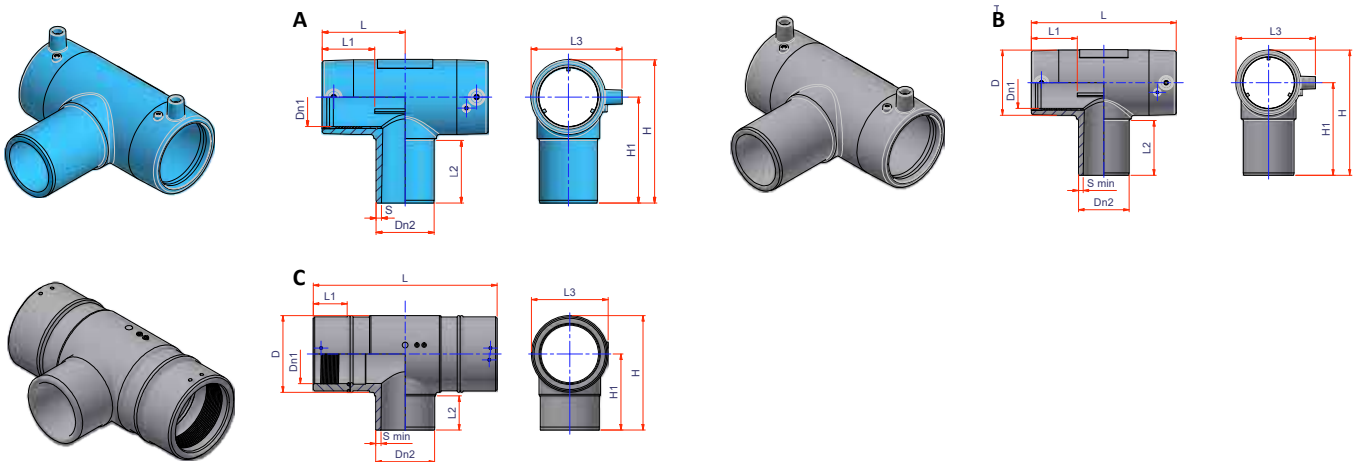


Código	Tipo	Ø	Uds. Caixa	Dn (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)	H (mm)
NCEM40	A	40 mm	40	40,0	42,0	52,0	74,5	109,0
NCEM50	A	50 mm	30	50,0	47,0	63,0	85,0	126,0
NCEM63	A	63 mm	20	63,0	54,0	68,0	100,0	146,0
NCEM75	A	75 mm	14	75,0	60,0	81,0	112,5	169,0
NCEM90	A	90 mm	15	90,0	67,0	97,0	132,0	219,0
NCEM110	A	110 mm	12	110,0	81,0	107,0	152,0	249,0
NCEM125	A	125 mm	1	125,0	88,0	123,0	180,0	262,0
NCE160	B	160 mm	1	160,0	90,0	134,0	208,5	296,0
27NCEM200*	C	200 mm	1	200,0	97,5	167,0	250,5	368,0

\* NCEM200 TIPO B em azul ou cinzento em função do stock disponível.

## Acessórios PP-R Electrossoldáveis

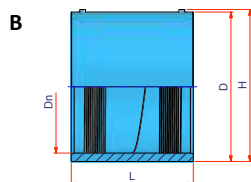
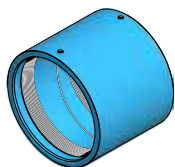
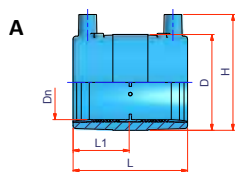
Tê fêmea/macho/fêmea SDR11 solda elétrica (classe 1/6, classe 2/6, classe 4/6, classe 5/4)



Código	Tipo	Ø	Uds. Caixa	Dn1-Dn2 (mm)	S (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L (mm)	H1 (mm)	H (mm)
NTCE040	A	40 mm	12	40,0	3,7	44,0	54,0	74,0	66,5	84,0	111,0
NTCE050	A	50 mm	15	50,0	4,6	46,5	61,0	85,0	76,5	100,0	133,5
NTCE063	A	63 mm	10	63,0	5,8	57,0	68,0	99,0	90,0	115,0	156,0
NTCE075	A	75 mm	6	75,0	6,8	58,0	72,0	112,0	98,0	130,0	178,0
NTCE090	A	90 mm	10	90,0	8,2	70,0	84,0	139,5	122,0	150,0	209,0
NTCE110	A	110 mm	1	110,0	10,0	83,0	88,5	156,5	144,0	177,0	247,0
27NTCE125	B	125 mm	5	125,0	11,4	88,0	94,0	174,0	157,5	191,5	270,0
NTCE160	A	160 mm	1	160,0	14,6	87,0	105,0	201,5	151,0	208,0	303,0
27NTCE200	C	200 mm	1	200,0	18,3	114,8	116,0	260,0	311,5	258,0	337,8

## Acessórios PP-R Electrossoldáveis

União SDR11 solda elétrica (classe 1/6, classe 2/6, classe 4/6, classe 5/4)

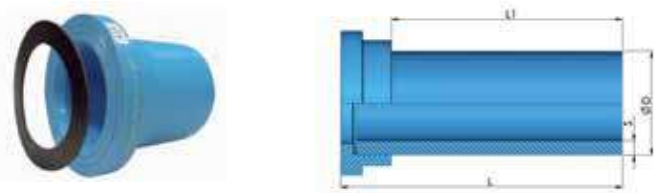


Código	Tipo	Ø	Uds. Caixa	Dn (mm)	L1 (mm)	L (mm)	H (mm)	D (mm)
NME20	A	20 mm	100	20,0	34,0	70,0	52,0	33,0
NME25	A	25 mm	30	25,0	34,0	70,0	58,0	38,5
NME32	A	32 mm	80	32,0	34,0	70,0	65,0	45,5
NME40	A	40 mm	30	40,0	41,0	85,0	75,0	55,0
NME50	A	50 mm	40	50,0	42,5	88,0	87,0	68,0
NME63	A	63 mm	30	63,0	47,5	98,0	100,0	82,0
NME75	A	75 mm	24	75,0	61,0	125,0	114,0	98,0
NME90	A	90 mm	30	90,0	72,0	146,0	130,0	113,0
NME110	A	110 mm	22	110,0	77,0	155,0	144,0	136,0
NME125	A	125 mm	16	125,0	82,0	166,0	167,0	156,5
NME160	A	160 mm	1	160,0	86,5	175,0	201,5	190,0
NME200	A	200 mm	1	200,0	91,5	185,0	243,0	232,0
NME250	A	250 mm	1	250,0	106,0	212,0	300,0	296,0
NME315	B	315 mm	1	315,0	-	300,0	398,0	396,0

Cor dentro da união em azul/cinza de acordo com a fabricação.

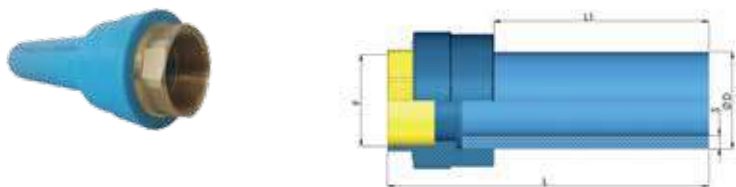
## Acessórios PP-R Electrossoldáveis

### Aro soldar fêmea com o'ring para accesorio electrossoldáveis



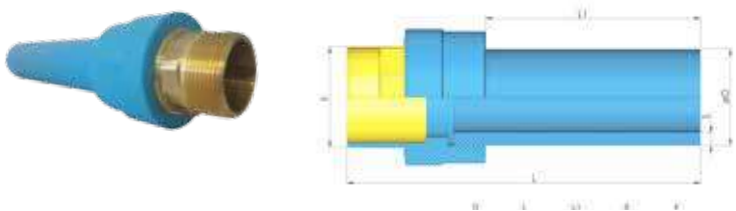
Código	Ø	Uds. Caixa	Dn (mm)	L (mm)	L1 (mm)	S (mm)
NCOSA40MAN	40 mm	1	40,0	230,0	200,0	5,5
NCOSA50MAN	50 mm	1	50,0	234,0	200,0	6,9
NCOSA63MAN	63 mm	1	63,0	238,0	200,0	8,7
NCOSA75MAN	75 mm	1	75,0	242,0	200,0	10,4
NCOSA90MAN	90 mm	1	90,0	246,0	200,0	12,5
NCOSA110MAN	110 mm	1	110,0	257,0	200,0	15,2
NCOSA125MAN	125 mm	1	125,0	262,5	200,0	17,1

### União macho rosca fêmea manipulada união socket o acessório elétrico



Código	Ø	Uds. Caixa	D (mm)	L2 (mm)	L1 (mm)	S (mm)	F
NRFF40114MAN	40 mm	1	40,0	269,0	200,0	5,5	1¼"
NRFF50112MAN	50 mm	1	50,0	255,0	200,0	6,9	1½"
NRFF632MAN	63 mm	1	63,0	265,0	200,0	8,7	2"
NRFF75212MAN	75 mm	1	75,0	289,0	200,0	10,4	2½"
NRFF903MAN	90 mm	1	90,0	299,0	200,0	12,5	3"
NRFF1104MAN	110 mm	1	110,0	311,0	200,0	15,2	4"
NRFF1254MAN	125 mm	1	125,0	315,5	200,0	17,1	4"

### União macho rosca macho manipulada união socket o acessório elétrico



Código	Ø	Uds. Caixa	D (mm)	L2 (mm)	L1 (mm)	S (mm)	F
NRFM40114MAN	40 mm	1	40,0	291,0	200,0	5,5	1¼"
NRFM50112MAN	50 mm	1	50,0	293,0	200,0	6,9	1½"
NRFM632MAN	63 mm	1	63,0	305,0	200,0	8,7	2"
NRFM75212MAN	75 mm	1	75,0	312,0	200,0	10,4	2½"
NRFM903MAN	90 mm	1	90,0	329,0	200,0	12,5	3"
NRFM1104MAN	110 mm	1	110,0	348,0	200,0	15,2	4"
NRFM1254MAN	125 mm	1	125,0	352,5	200,0	17,1	4"



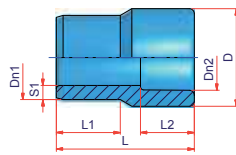
## Acessórios termofusão

## Acessórios termofusão

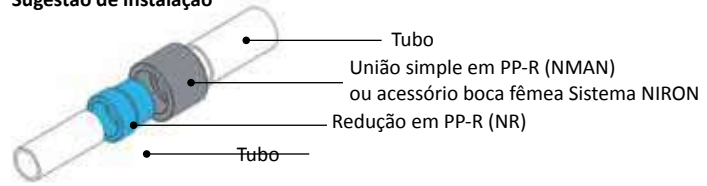
### Redução macho/fêmea união socket



A



#### Sugestão de instalação

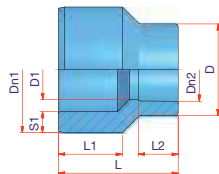


Código	Tipo	∅	Uds. Caixa	Dn1 (mm)	S1 (mm)	Dn2 (mm)	D (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)
NR2016 *	A	20/16 mm	150	20,0	3,4	16,0	24,0	16,0	18,0	37,0
NR2516 *	A	25/16 mm	100	25,0	4,2	16,0	26,0	19,0	18,0	39,0
NR2520	A	25/20 mm	100	25,0	4,2	20,0	29,0	19,0	16,0	41,0
NR3225	A	32/25 mm	80	32,0	5,4	25,0	35,0	22,0	17,0	44,0
NR4032	A	40/32 mm	40	40,0	6,7	32,0	46,0	25,0	20,0	50,0
NR5040	A	50/40 mm	40	50,0	8,3	40,0	56,0	28,0	22,0	55,0
NR6350	A	63/50 mm	20	63,0	10,5	50,0	70,0	32,0	25,0	54,0
NR7563	A	75/63 mm	12	75,0	12,5	63,0	83,0	36,0	29,0	74,0
NR9075	A	90/75 mm	18	90,0	15,0	75,0	96,0	37,0	34,0	80,0
NR11090	A	110/90 mm	6	110,0	18,3	90,0	130,0	55,0	35,0	110,0
NR125110	A	125/110 mm	4	125,0	20,8	110,0	139,0	50,0	43,0	114,0

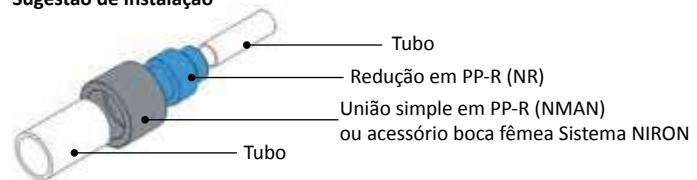
\* Até final das existências.



B



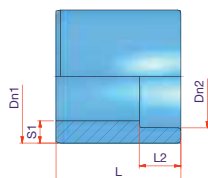
#### Sugestão de instalação



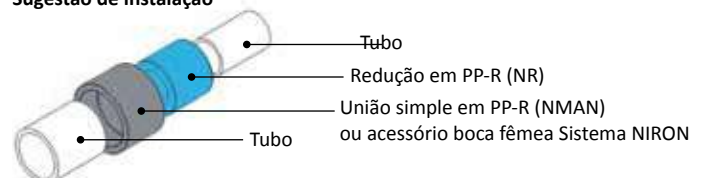
Código	Tipo	∅	Uds. Caixa	Dn1 (mm)	S1 (mm)	Dn2 (mm)	D1 (mm)	D (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L (mm)
NR3220	B	32/20 mm	80	32,0	5,4	20,0	16,0	29,0	20,0	16,0	45,0
NR4020	B	40/20 mm	60	40,0	6,7	20,0	16,0	29,0	25,0	16,0	45,0
NR4025	B	40/25 mm	60	40,0	6,7	25,0	21,0	35,0	25,0	17,0	45,0
NR5020	B	50/20 mm	50	50,0	8,3	20,0	16,0	29,0	28,0	16,0	53,0
NR5025	B	50/25 mm	40	50,0	8,3	25,0	21,0	35,0	28,0	17,0	53,0
NR5032	B	50/32 mm	30	63,0	8,3	32,0	30,0	46,0	28,0	20,0	53,0
NR6325	B	63/25 mm	30	63,0	10,5	25,0	21,0	35,0	32,0	17,0	60,0
NR6332	B	63/32 mm	20	63,0	10,5	32,0	30,0	46,0	32,0	20,0	60,0
NR6340	B	63/40 mm	25	63,0	10,5	40,0	37,0	56,0	32,0	22,0	60,0
NR7520	B	75/20 mm	16	75,0	12,5	20,0	20,0	26,5	35,0	5,0	62,0
NR7525	B	75/25 mm	20	75,0	12,5	25,0	25,0	33,0	34,0	9,0	62,0
NR7532	B	75/32 mm	20	75,0	12,5	32,0	32,0	43,0	35,0	12,0	62,0
NR7540	B	75/40 mm	18	75,0	12,5	40,0	40,0	43,0	35,0	25,0	62,0
NR7550	B	75/50 mm	20	75,0	12,5	50,0	50,0	66,0	34,0	20,0	59,0
NR11063	B	110/63 mm	25	110,0	18,3	63,0	59,0	88,0	46,0	29,0	80,0



C



#### Sugestão de instalação



Código	Tipo	∅	Uds. Caixa	Dn1 (mm)	S1 (mm)	Dn2 (mm)	L2 (mm)	L (mm)
NR9063	C	90/63 mm	6	90,0	15,0	63,0	29,0	81,0
NR11075	C	110/75 mm	25	110,0	20,8	75,0	32,0	80,0
NR12590	C	125/90 mm	8	125,0	20,8	90,0	37,0	104,0
NR160110	C	160/110 mm	1	160,0	26,6	110,0	43,0	143,0
NR160125	C	160/125 mm	1	160,0	26,6	125,0	50,0	150,0

### **Anexo 3: Tabelas de quantidades**

Tabelas de quantificação dos componentes da rede de abastecimento de água extraídas do Revit

Tabela de tubagens		
Classificação do sistema	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
Retorno hidrónico	16 mm	61.36
Água fria doméstica	16 mm	4.31
Água fria doméstica	20 mm	189.64
Água fria doméstica	25 mm	100.98
Água fria doméstica	32 mm	746.34
Água fria doméstica	40 mm	604.87
Água fria doméstica	50 mm	4.95
Água fria doméstica	63 mm	28.50
Água fria doméstica	90 mm	124.64
Água fria doméstica	110 mm	69.83
Água quente residencial	20 mm	114.19
Água quente residencial	25 mm	227.87
Água quente residencial	32 mm	684.87
Total geral		2962.34

Tabela de isolamentos			
Sistema	Tipo de isolamento	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
Retorno hidrónico	Fiberglass	16 mm	61.36
Água quente residencial	Fiberglass	20 mm	114.19
Água quente residencial	Fiberglass	25 mm	227.87
Água quente residencial	Fiberglass	32 mm	683.25
Total geral			1086.67

Tabela de registos de corte		
Tipo do sistema	Diâmetro (mm)	Quantidade
Água fria doméstica	20 mmø-20 mmø	124
Água fria doméstica	25 mmø-25 mmø	163
Água quente residencial	25 mmø-25 mmø	162

Tabela de conexões			
Classificação do sistema	Descrição	Size	Count
Fornecimento hidrónico	Reducción Termofusión	25 mmø-25 mmø	4
Não definido	Reducción Termofusión	32 mmø-25 mmø	2
Retorno hidrónico	Codo Termofusión	16 mmø-16 mmø	7
Retorno hidrónico	Codo Termofusión	18 mmø-18 mmø	34
Retorno hidrónico	Reducción Termofusión	18 mmø-16 mmø	8
Água fria doméstica	Codo Termofusión	16 mmø-16 mmø	395
Água fria doméstica	Codo Termofusión	20 mmø-20 mmø	1293
Água fria doméstica	Codo Termofusión	25 mmø-25 mmø	536
Água fria doméstica	Codo Termofusión	32 mmø-32 mmø	872
Água fria doméstica	Codo Termofusión	40 mmø-40 mmø	407
Água fria doméstica	Codo Termofusión	50 mmø-50 mmø	40
Água fria doméstica	Codo Termofusión	63 mmø-63 mmø	6
Água fria doméstica	Codo Termofusión	90 mmø-90 mmø	18
Água fria doméstica	Codo Termofusión	110 mmø-110 mmø	21
Água fria doméstica	Curva de Transposição Soldável	20 mmø-20 mmø	1
Água fria doméstica	Curva de Transposição Soldável	25 mmø-25 mmø	3
Água fria doméstica	Curva de Transposição Soldável	32 mmø-32 mmø	65
Água fria doméstica	Curva de Transposição Soldável	40 mmø-40 mmø	37
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	18 mmø-16 mmø	2
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	20 mmø-16 mmø	187
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	20 mmø-19 mmø	7
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	25 mmø-16 mmø	163
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	25 mmø-20 mmø	177
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	25 mmø-23 mmø	1
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	25 mmø-25 mmø	2
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	32 mmø-16 mmø	96
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	32 mmø-20 mmø	272
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	32 mmø-25 mmø	211
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	40 mmø-16 mmø	39
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	40 mmø-20 mmø	130
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	40 mmø-25 mmø	44
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	40 mmø-32 mmø	134
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	50 mmø-20 mmø	107
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	63 mmø-25 mmø	10
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	63 mmø-32 mmø	1
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	63 mmø-50 mmø	1
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	90 mmø-50 mmø	20
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	90 mmø-63 mmø	3
Água fria doméstica	Reducción Termofusión	110 mmø-63 mmø	9
Água fria doméstica	Te Termofusión	16 mmø-16 mmø-16 mmø	48
Água fria doméstica	Te Termofusión	20 mmø-20 mmø-20 mmø	113
Água fria doméstica	Te Termofusión	25 mmø-25 mmø-25 mmø	141
Água fria doméstica	Te Termofusión	32 mmø-32 mmø-32 mmø	299
Água fria doméstica	Te Termofusión	40 mmø-40 mmø-40 mmø	168
Água fria doméstica	Te Termofusión	40 mmø-40 mmø-40 mmø-40 mmø	1
Água fria doméstica	Te Termofusión	50 mmø-50 mmø-50 mmø	87
Água fria doméstica	Te Termofusión	90 mmø-90 mmø-90 mmø	17
Água fria doméstica	Te Termofusión	110 mmø-110 mmø-110 mmø	3
Água fria doméstica	Te Termofusión	110 mmø-110 mmø-110 mmø-110 mmø	2
Água quente residencial	Codo Termofusión	16 mmø-16 mmø	224
Água quente residencial	Codo Termofusión	20 mmø-20 mmø	689
Água quente residencial	Codo Termofusión	25 mmø-25 mmø	767
Água quente residencial	Codo Termofusión	32 mmø-32 mmø	814
Água quente residencial	Reducción Termofusión	18 mmø-16 mmø	3
Água quente residencial	Reducción Termofusión	20 mmø-16 mmø	96
Água quente residencial	Reducción Termofusión	25 mmø-16 mmø	100
Água quente residencial	Reducción Termofusión	25 mmø-20 mmø	221
Água quente residencial	Reducción Termofusión	32 mmø-16 mmø	68
Água quente residencial	Reducción Termofusión	32 mmø-20 mmø	114
Água quente residencial	Reducción Termofusión	32 mmø-25 mmø	188
Água quente residencial	Te Termofusión	16 mmø-16 mmø-16 mmø	4
Água quente residencial	Te Termofusión	20 mmø-20 mmø-20 mmø	28
Água quente residencial	Te Termofusión	25 mmø-25 mmø-25 mmø	125
Água quente residencial	Te Termofusión	32 mmø-32 mmø-32 mmø	164