

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM AO DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM REDES PREDIAIS

RICARDO JORGE SILVA COELHO

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

Orientador: Professor Doutor Nuno Manuel Monteiro Ramos

Coorientadora: Professora Doutora Inês Osório de Castro Meireles

Coorientador: Engenheiro Manuel António Duarte Rodrigues

JULHO DE 2024

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2023/2024

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil – 2023/2024 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2024*

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

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

A meus Pais

Water is the driving force of all nature

Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

Com a conclusão deste trabalho, termino a minha caminhada de 5 anos, uma das caminhadas mais importantes da minha vida, e sem o apoio daqueles que agora dedico os meus agradecimentos, não teria sido possível.

Aos meus pais pelo apoio incondicional que sempre me proporcionaram em todos os momentos desta etapa e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu orientador, o Professor Nuno Ramos, e coorientadora, a Professora Inês Meireles, pela orientação constante, paciência e por toda a informação oferecida, que tornou a realização deste trabalho mais acessível.

À BIM Source LDA, a toda a equipa por me proporcionar a oportunidade de realizar este trabalho sempre com a maior predisposição possível, e em especial ao Eng. Manuel Rodrigues pela disponibilidade e por todo o conhecimento partilhado.

À Filipa, pelo seu amor, paciência e por sempre estar a meu lado, obrigado por nunca me deixares desistir.

Aos meus amigos por todos os momentos que me proporcionaram ao longo de todo este caminho, o meu sincero obrigado.

RESUMO

A escassez de água é uma das questões mais relevantes do século XXI, afetando pessoas ao redor de todo o mundo. A crescente procura por recursos hídricos, impulsionada pelo aumento populacional e pela urbanização, pressiona os sistemas de abastecimento de água potável, exacerbando a crise global de água. Neste contexto, a eficiência hídrica em edificações torna-se crucial para a sustentabilidade e a conservação dos recursos naturais, consumindo quantidades de água considerável ao longo do seu período de utilização.

No presente trabalho serão apresentadas e analisadas algumas medidas de sustentabilidade aplicáveis a redes prediais que permitem a diminuição do consumo de água potável em edifícios, com recurso a um caso de estudo de um edifício multifamiliar.

Desta forma, serão apresentados os resultados da modelação, com recurso a metodologia *BIM*, e no software *Revit*, das redes prediais de dois cenários distintos, um com a inclusão de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) e Sistemas de Aproveitamento de Águas Cinzentas (SAAC), e outro sem a inclusão destes sistemas. Foi analisado o impacto que a inclusão dos sistemas SAAC e SAAP apresentam no projeto de redes prediais no edifício, bem como as condicionantes que possibilitam a sua instalação. Foram dimensionados alguns equipamentos das áreas técnicas destes sistemas, com base em estimativas do consumo e necessidade de águas dos ocupantes do edifício. Procedeu-se à criação de elementos no *Revit* e um script no *Dynamo* que irá automatizar processos na criação das áreas técnicas dos sistemas. Como forma de comparação dos resultados dos diferentes cenários propostos foram utilizadas algumas metodologias de análise de sustentabilidade do edifício, mais concretamente, o *BREEAM* (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), o *LEED* (*Leadership in Energy and Environmental Design*), e o *Level(s)*, a mais recente ferramenta desenvolvida pela Comissão Europeia.

Foi concluído que a inclusão de sistemas de reaproveitamento de águas têm um substancial impacto no projeto de redes prediais do edifício, com a duplicação de redes devido à distinção entre águas cinzentas e águas negras, à necessidade de uma rede de abastecimento de água não potável que percorre todas as frações do edifício e duplicação das tubagens suspensas com espaço limitado para a sua instalação. São também necessárias alterações em projetos de outras especialidades envolvidas para a inclusão das áreas técnicas dos sistemas devido a restrições sobre a localização das mesmas. É atribuído um investimento inicial para os diferentes cenários, sendo estimado um valor de 353.893,96 € para os cenários sem inclusão de sistemas, e de 491.369,84 € para os cenários com inclusão de sistemas. É concluído também que a importância atribuída pelas diferentes metodologias de análise de sustentabilidade às diferentes variantes dos cenários não é igual, sendo atribuídas classificações superiores no *BREEAM*, em comparação ao *LEED*.

PALAVRAS-CHAVE: Redes Prediais, BIM, Sustentabilidade, SAAP, SAAC

ABSTRACT

Water scarcity is one of the most critical issues of the 21st century, affecting people all over the world. The growing demand for water resources, driven by population growth and urbanization, puts pressure on drinking water supply systems, worsening the global water crisis. In this context, water efficiency in buildings becomes crucial for sustainability and the conservation of natural resources, consuming considerable amounts of water throughout their period of use.

This paper will present and analyse sustainability measures applicable to building networks that can reduce the consumption of drinking water in buildings, using a case study of a multi-family building.

In this way, the results of the modelling done, using BIM methodology and Revit software, of the building networks of two different scenarios will be presented, one with the inclusion of Rainwater Harvesting Systems (SAAP) and Greywater Recycling Systems (SAAC), and the other without the inclusion of these systems. The impact that the inclusion of SAAC and SAAP systems has on the building's network design was analysed, as well as the constraints that make their installation possible. Some of the equipment in the technical areas of these systems was sized, based on estimates of the water consumption, and needs of the building's occupants. Elements were created in Revit and a script was created in Dynamo that will automate processes in the creation of the systems' technical areas. As a way of comparing the results of the different scenarios proposed, three building sustainability analysis methodologies were used, specifically BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), and Level(s), the most recent tool developed by the European Commission.

It was concluded that the inclusion of water reuse systems has a substantial impact on the building's network design, with the duplication of networks due to the distinction between grey water and black water, the need for a non-potable water supply network that runs through all the building's fractions and the duplication of suspended pipes with limited space for their installation. Changes are also needed in the designs of other specialties involved to include the technical areas of the systems due to restrictions on their location. An initial investment is assigned to the different scenarios, with an estimated value of €353,893.96 for the scenarios without the inclusion of systems, and €491,369.84 for the scenarios with the inclusion of systems. It is also concluded that the importance attributed by the different sustainability analysis methodologies to the different variants of the scenarios is not equal, with BREEAM being given higher ratings than LEED.

KEYWORDS: Building Networks, BIM, Sustainability, SAAP, SAAC

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	1
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA	2
ESTADO DA ARTE	3
2.1. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E O IMPACTO DAS REDES PREDIAIS.....	3
2.2. METODOLOGIAS DA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS	5
2.2.1. BREEAM.....	6
2.2.2. LEED	7
2.2.3. LEVEL(S).....	8
2.3. SISTEMAS DE REDES PREDIAIS QUE PROMOVEM A SUSTENTABILIDADE.....	10
2.3.1. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS (SAAC).....	10
2.3.2. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP)	12
2.3.3. SISTEMAS ALTAMENTE EFICIENTES.....	13
2.4. CASOS DE ESTUDO APLICÁVEIS	15
2.4.1. ESTUDO DE UM SISTEMA HÍBRIDO EM BOLONHA	15
2.4.2. ESTUDOS DE CASO JÁ AVALIADOS NA BIM SOURCE	16
2.5. METODOLOGIA BIM	21
2.5.1. MODELAÇÃO PARAMÉTRICA	22
2.5.2. INTEROPERABILIDADE.....	23
2.5.3. CLASH DETECTION	23
2.5.4. REVIT	24
2.5.5. APLICABILIDADE DE BIM À SUSTENTABILIDADE.....	25
METODOLOGIA.....	27
3.1. METODOLOGIA ADOTADA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	27
3.2. CASO DE ESTUDO	29
3.2.1. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR.....	29
3.2.2. Redes prediais no edifício multifamiliar.....	31
3.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS TÉCNICAS.....	33
3.3.1. CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTO E REDES.....	33
3.3.2. DIMENSIONAMENTO DAS ÁREAS TÉCNICAS E DAS REDES DOS SISTEMAS.....	35
3.3.2.1. Dimensionamento da área técnica e rede do SAAP	35
3.3.2.2. Dimensionamento da área técnica e redes do SAAC.....	36

3.3.3. ESCOLHA DAS ÁREAS TÉCNICAS	38
3.4. MODELAÇÃO NO REVIT	39
3.5. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	44
3.5.1. BREEAM	46
3.4.1.1. B-WAT01 – Water consumption	47
3.5.1.2. B-WAT02 – Water Monitoring.....	49
3.4.1.3. B-WAT03 – Water Leak Detection	50
3.5.1.4. B-WAT04 – Water Efficient Equipment	50
3.5.2. LEED.....	50
3.5.2.1. L-PWE01, L-WE04 - Outdoor Water Use Reduction.....	51
3.5.2.2. L-PWE02, L-WE05 – Indoor Water Use Reduction.....	53
3.5.2.3. L-PWE03, L-WE07 - Building-Level Water Metering e Water Metering.....	55
3.5.2.4. L-WE06 – Cooling Tower and Process Water Use	55
3.5.3. LEVEL(S).....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1. REDES PREDIAIS DO EDIFÍCIO SEM SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS	61
4.1.1. Rede de abastecimento de água.....	61
4.1.2. Rede de drenagem de águas residuais	65
4.1.3. Rede de drenagem de águas pluviais	69
4.2. REDES PREDIAIS DO EDIFÍCIO COM SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS	72
4.2.1. ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO DA ZONA TÉCNICA DOS SISTEMAS	72
4.2.2.1. Rede de abastecimento de água.....	74
4.2.3.2. Rede de drenagem de águas residuais	78
4.2.3.3. Rede de drenagem de águas pluviais	82
4.3. ÁREAS TÉCNICAS DOS SISTEMAS	85
4.3.1. ALTERAÇÕES E INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA INCLUSÃO DOS SISTEMAS	85
4.3.1.1. Mudanças na arquitetura e projeto de estruturas do edifício	85
4.3.1.2. Volume dos reservatórios a utilizar nos sistemas	86
4.3.2. MODELAÇÃO ÁREA TÉCNICA SAAP	87
4.3.3. MODELAÇÃO ÁREA TÉCNICA SAAC	91
4.4. FAMÍLIA DE CAIXA DE VISITA COM FILTRO PARA ÁGUAS PLUVIAIS	95
4.5. DYNAMO	99
4.6. ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE	102
4.6.1. BREEAM	104
4.6.1.1. B-WAT01	104
4.6.1.2. B-WAT02	105

4.6.1.3. B-WAT03	105
4.6.1.4. B-WAT04	105
4.6.1.5. Atribuição de créditos total da certificação BREEAM	106
4.6.2. LEED	107
4.6.2.1. L-PWE01 e L-WE04	107
4.6.2.2. L-PWE02 e L-WE05	109
4.6.2.3. L-PWE03 e L-WE07	110
4.6.2.4. L-WE06.....	110
4.6.2.5. Atribuição de créditos total da certificação LEED	111
4.6.3. LEVEL(S)	112
4.7. INVESTIMENTO INICIAL E COMPARAÇÃO DAS CERTIFICAÇÕES DE SUSTENTABILIDADE.....	115
CONCLUSÃO	119
5.1. CONCLUSÕES.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Emissões de CO2 em edifícios 2010-2021 [10].....	4
Figura 2 - Emissões de edifícios em função da globalidade de emissões 2021 [10]	4
Figura 3 - Consumo de água por setor [14]	5
Figura 4 - Gráfico de água distribuída pela rede pública e população residente por ano	5
Figura 5 - Consumo de água num edifício habitacional [27]	11
Figura 6 – Exemplo de zona técnica de um SAAC	12
Figura 7 - Exemplo sistema SAAP convencional [30]	13
Figura 8 - Unified Water Label.....	14
Figura 9 - Funções dos equipamentos [1]	15
Figura 10 - Sistema híbrido de SAAP e SPRAC [29]	15
Figura 11 - Eficiência de água não potável (E) e <i>Overflow</i> (O) para diferentes dimensões de cisterna [35].....	16
Figura 12 - Edifício de escritórios analisado.....	17
Figura 13 - Rede de drenagem de águas residuais do edifício de escritórios	18
Figura 14 - Exemplo rede de drenagem de águas pluviais no edifício de escritórios.....	19
Figura 15 - Exemplo de rede de abastecimento de água no edifício de escritórios	19
Figura 16 - Esquema de princípio de abastecimento do edifício de escritórios	20
Figura 17 - Produtividade no setor da construção [37]	21
Figura 18 - Exemplo de parâmetros de um objeto	22
Figura 19 - Exemplo de um conflito.....	23
Figura 20 - Revit Plumbing & Piping.....	24
Figura 21 – Dynamo [40]	25
Figura 22 - Fluxograma da metodologia do trabalho	28
Figura 23 – Modelo 3D edifício multifamiliar	29
Figura 24 – Frações da tipologia T3.....	30
Figura 25 - Fração tipologia T3 Duplex	30
Figura 26 - Sistema GRISAL-AUT da Salher	37
Figura 27 - Informação sistema GRISAL-AUT [47]	38
Figura 28 - System selector do Revit	40
Figura 29 - Schedule com diferentes sistemas	40
Figura 30 - Conectores de um Lavatório	41
Figura 31 - System Inspector	41
Figura 32 - Método de dimensionamento do Revit	42

Figura 33 - Pipe Sizing	42
Figura 34 - Parâmetros de uma família de lavatório	43
Figura 35 - Propriedades dos parâmetros	44
Figura 36 - Caudais de cálculo presentes no Decreto Regulamentar 23/95	45
Figura 37 - Eficiência de equipamentos sanitários no "B-WAT01 Calculator"	47
Figura 38 - Níveis de desempenho base de equipamentos sanitários	48
Figura 39 - Componente da "B-WAT01 Calculator"	48
Figura 40 - Informação sobre sistemas de tratamento de águas da "B-WAT01 Calculator"	49
Figura 41 - Cálculo dos créditos em função do nível atingido da "B-WAT01 Calculator"	49
Figura 42 - Cálculo baseline do consumo de água para irrigação do LEED	52
Figura 43 - Cálculo do consumo de água para rega em função do tipo de vegetação e sistema do LEED	52
Figura 44 - Percentagem da redução da utilização de água para rega do LEED	53
Figura 45 - Introdução valores de caudal dos equipamentos hidráulicos no LEED	54
Figura 46 - Quadro síntese de L-WE05 do LEED	54
Figura 47 - Localização e bacia hidrográfica do empreendimento no software Level(s)	57
Figura 48 - Dados sobre consumo de água dos equipamentos sanitários no edifício	57
Figura 49 - Cálculo da necessidade de irrigação do edifício	58
Figura 50 - Dados sobre sistemas tratamento águas	58
Figura 51 - Comparação de diferentes soluções no Level(s)	59
Figura 52 - Tabela síntese consumo de água no Level(s)	59
Figura 53 - Todas as redes prediais do edifício nos cenários 1 e 2	61
Figura 54 - Rede de abastecimento de água do edifício nos cenários 1 e 2	62
Figura 55 - Esquema de princípio de abastecimento nos cenários 1 e 2	63
Figura 56 - Planta da rede de abastecimento de água num bloco de frações nos cenários 1 e 2	64
Figura 57 - Exemplo da rede de abastecimento de água de uma fração nos cenários 1 e 2	64
Figura 58 - Ligações tipo dos WC's nos cenários 1 e 2	65
Figura 59 - Ligações tipo nas cozinhas nos cenários 1 e 2	65
Figura 60 - Rede de drenagem de águas residuais do edifício nos cenários 1 e 2	66
Figura 61 - Drenagem de águas residuais do bloco de frações nos cenários 1 e 2	67
Figura 62 - Drenagem de águas residuais no Piso 0 nos cenários 1 e 2	67
Figura 63 - Drenagem de águas residuais no Piso -1 nos cenários 1 e 2	68
Figura 64 - Representação 3D da rede de drenagem de águas residuais do bloco de frações nos cenários 1 e 2	69

Figura 65 - Rede de drenagem de águas pluviais nos cenários 1 e 2	69
Figura 66 - Rede de drenagem de águas pluviais no Piso 0 nos cenários 1 e 2	70
Figura 67 - Rede de drenagem de águas pluviais no Piso -1 nos cenários 1 e 2	71
Figura 68 - Corte transversal rede de drenagem de águas pluviais no cenário 1 e 2	72
Figura 69 - Opções de localização de áreas técnicas.....	72
Figura 70 - Rede de água não potável nos cenários 3 e 4	74
Figura 71 - Princípio de abastecimento do edifício com os sistemas de reaproveitamento de águas nos cenários 3 e 4	75
Figura 72 - Planta da rede de abastecimento de água num bloco de frações nos cenários 3 e 4	76
Figura 73 - Exemplo da rede de abastecimento de água de uma fração nos cenários 3 e 4.....	77
Figura 74 - – Ligações tipo das cozinhas nos cenários 3 e 4	77
Figura 75 - – Ligações tipo dos WC's nos cenários 3 e 4	77
Figura 76 - Rede de drenagem de águas residuais nos cenários 3 e 4	78
Figura 77 - Drenagem de águas residuais de um bloco de frações nos cenários 3 e 4	79
Figura 78 - Drenagem de águas residuais no Piso 0 nos cenários 3 e 4	80
Figura 79 - Drenagem de águas residuais no Piso -1 nos cenários 3 e 4	81
Figura 80 - Ligação da rede de drenagem de águas cinzentas ao SAAC nos cenários 3 e 4	81
Figura 81 - Representação 3D da rede de drenagem de águas residuais do bloco de frações nos cenários 3 e 4	82
Figura 82 - Ligação das redes de drenagem de águas residuais às caixas de visita nos cenários 3 e 4	82
Figura 83 - Rede de drenagem de águas pluviais do edifício nos cenários 3 e 4	83
Figura 84 - Planta no Piso 0 da coleta de água pluviais da cobertura nos cenários 3 e 4	84
Figura 85 - Ligação da rede de drenagem de águas pluviais ao SAAP nos cenários 3 e 4.....	84
Figura 86 - Pormenor das três redes de drenagem de águas pluviais distintas nos cenários 3 e 4	85
Figura 87 - Rebaixamento da cota das sapatas no projeto de estruturas	85
Figura 88 - Área técnica SAAP de drenagem de águas pluviais	87
Figura 89 - Poço de bombagem de águas pluviais	88
Figura 90 - Secção da área técnica do SAAP	89
Figura 91 - Área técnica SAAP da rede de abastecimento de água.....	90
Figura 92 - Vista 3D área técnica SAAP	90
Figura 93 - Renderização 3D da área técnica do SAAP	91
Figura 94 - Área técnica SAAC com rede de drenagem de águas residuais.....	91
Figura 95 - Secção no interior da área técnica do SAAC.....	92

Figura 96 - Área técnica SAAC com rede de abastecimento de água	93
Figura 97 - Vista 3D da área técnica do SAAC.....	93
Figura 98 – Renderização 3D da área técnica do SAAC.....	94
Figura 99 - Prioridade de abastecimento dos reservatórios	95
Figura 100 - Família de caixa de visita e filtro de águas pluviais.....	96
Figura 101 - Parâmetro área de captação	96
Figura 102 - Parâmetro de visibilidade	97
Figura 103 - Exemplo de parâmetro de visibilidade desligado	98
Figura 104 - Parâmetros de geometria	98
Figura 105 - Vista 3D da família.....	99
Figura 106 – Família de “Filled Region” criada	100
Figura 107 - Categoria dos elementos a sofrerem alterações	100
Figura 108 – Bloco de código para obter o parâmetro que distingue os elementos pretendidos	101
Figura 109 – Verificação do valor do parâmetro “Type Name”	102
Figura 110 - Elementos isolados.....	102
Figura 111 - Dados sobre precipitação e evapotranspiração no LEED	108
Figura 112 - Consumo de água para rega no LEED	108
Figura 113 – Redução do consumo de água para rega	109
Figura 114 – Tipo de vegetação e sistema de rega no Level(s) para todos os cenários	112
Figura 115 - Consumo de água para rega no Level(s) para todos os cenários	112
Figura 116 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 1	113
Figura 117 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 2	113
Figura 118 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 3	114
Figura 119 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 4	114
Figura 120 – Consumo de água no edifício em todos os cenários.....	115

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Secções ambientais e as suas Ponderações no <i>BREEAM</i>	6
Tabela 2 – Exemplo de cálculo <i>BREEAM</i>	7
Tabela 3 – Categoria “ <i>Water</i> ” no <i>BREEAM</i>	7
Tabela 4 – Categorias do LEED e a sua pontuação	8
Tabela 5 - Categoria Water Efficiency no LEED	8
Tabela 6 - Estimativa de consumo de água anual por ocupante	9
Tabela 7 – Composição do edifício	31
Tabela 8 - Quantidade de equipamentos por tipologia	31
Tabela 9 - Cenários a apresentar na modelação das redes	31
Tabela 10 - Dados sobre precipitação na zona do caso do estudo	34
Tabela 11 - Consumo de água no edifício	34
Tabela 12 - Produção de águas cinzentas no edifício	35
Tabela 13 - Volume total possível de água reaproveitada	35
Tabela 14 – Funcionalidades Revit utilizadas	39
Tabela 15 - Consumo de água de equipamentos hidráulicos com classificação A da ANQIP	45
Tabela 16 - Cenários para avaliação da sustentabilidade do edifício	46
Tabela 17 - Quadro síntese subcapítulos <i>BREEAM</i>	47
Tabela 18 - Quadro síntese critérios do LEED	51
Tabela 19 – Atribuição de créditos do critério L-PWE01 e L-WE04	53
Tabela 20 - Atribuição de créditos do critério L-PWE02 e L-WE05	55
Tabela 21 - Atribuição de créditos do critério L-WE06	56
Tabela 22 - Dimensão reservatórios SAAP	86
Tabela 23 - Dimensão reservatórios SAAC	86
Tabela 24 - Caudais utilizados para o cenário 1 e cenário 3	103
Tabela 25 - Caudais utilizados em todos os cenários	104
Tabela 26 - Créditos nos diferentes cenários no critério B-WAT01	105
Tabela 27 - Créditos em todos os cenários no critério B-WAT04	106
Tabela 28 - Pontuação final <i>BREEAM</i> de todos os cenários	106
Tabela 29 - Redução de consumo de água no interior no LEED	110
Tabela 30 – Atribuição de créditos no critério L-WE06	111
Tabela 31 - Pontuação final LEED em todos os cenários	111
Tabela 32 - Consumo de água potável no edifício em todos os cenários	115

Tabela 33 - Investimento inicial dos diferentes cenários	116
Tabela 34 - Pontuações obtidas nas análises à sustentabilidade e investimento inicial dos diferentes cenários	117
Tabela 35 - Comparação das diferentes metodologias de avaliação de sustentabilidade	118

SIMBOLOGIA

V_u – Volume Útil

V_t – Volume Total

V_1 – Volume Disponível

V_2 – Volume Necessário

P – Pluviosidade Média Anual

A – Área de Captação

N – Número Máximo de Dias de Retenção de Água na Cisterna

C_{AE} – Consumo Anual Estimado

V_{max} – Volume Máximo de Descarga de Bacia de Retrete

V_{min} – Volume Mínimo de Descarga de Bacia de Retrete

SIGLAS USADAS

ACV – Análise Custo de Vida

BREEAM - Building Research Establishment Assessment Method

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

3D – Três Dimensões

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

SAAC – Sistema de Aproveitamento de Águas Cinzentas

AEC – Architecture, Engineering and Construction

MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing

IFC - Industry Foundation Class

COBie - Constructions Operation Building information Exchange

IDM - Information Delivery Manual

CAD – Computer-aided Design

BIM – Building Information Modeling

HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning

WEI+ - Summer Water Exploitation Index plus

RA – Rede de Abastecimento de Água

DAR – Drenagem de Águas Residuais

DAP – Drenagem de Águas Pluviais

CRL – Caixa de Ramal de Ligação

CVR – Caixas de Visita de Águas Residuais

CVP – Caixas de Visita de Águas Pluviais

CVRC – Caixas de Visita de Águas Residuais Cinzentas

PBAP – Poço de Bombagem de Água Potável

PBANP – Poço de Bombagem de Água Não Potável

AQS – Água Quente Sanitária

ETA – Especificação Técnica ANQIP

RCP - Representative Concentration Pathways

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de práticas e tecnologias que visam a redução do consumo de recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais causados pela construção civil. Este setor é reconhecidamente um dos maiores consumidores de recursos naturais e produtores de resíduos, representando cerca de 30% do consumo total de energia e emissões de gases de efeito estufa a nível global. Perante este cenário, a adoção de estratégias sustentáveis torna-se imperativa para mitigar os efeitos consequentes das atividades de construção sobre o meio ambiente e, assim, promover um desenvolvimento mais sustentável.

Entre as diversas estratégias de sustentabilidade, o reaproveitamento de águas pluviais e cinzentas destaca-se pela eficiência na redução do consumo de água potável. A implementação de sistemas de reaproveitamento de águas permite não apenas a conservação dos recursos hídricos, mas também proporciona potenciais poupanças financeiras ao reduzir os custos operacionais associados ao consumo de água [2]. Estes sistemas englobam a captação de águas pluviais ou cinzentas para uso em descargas de bacias de retrete, irrigação, ou outros sistemas, consoante o tratamento efetuado nas águas.

A metodologia *Building Information Modeling (BIM)* surge como uma ferramenta inovadora e poderosa para integrar e analisar sistemas sustentáveis em projetos de construção. O *BIM* permite a criação de modelos digitais detalhados e precisos, que facilitam a simulação de desempenho e a avaliação de diferentes cenários de sustentabilidade ao longo do ciclo de vida do edifício [3]. A utilização do *BIM* possibilita uma visão holística do projeto, onde todas as disciplinas envolvidas podem colaborar de forma integrada, otimizando o processo de decisão e garantindo a eficiência e viabilidade das soluções propostas.

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial, na BIM Source, LDA no contexto de uma colaboração com uma empresa especializada em instalações hidráulicas e na aplicação da metodologia *BIM*. A parceria com a empresa proporcionou a oportunidade de integrar conhecimentos teóricos com a prática profissional, permitindo uma análise aprofundada e realista dos benefícios e desafios da implementação de medidas de sustentabilidade em edifícios.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este estudo tem como objetivo principal analisar e comparar projetos de redes prediais de edifícios com e sem medidas de sustentabilidade associadas à eficiência hídrica, utilizando a metodologia BIM para modelação e simulação. A análise será complementada pela avaliação da sustentabilidade dos edifícios

através de diferentes metodologias de avaliação de sustentabilidade. Estas metodologias avaliam a sustentabilidade dos edifícios em diversas categorias, como eficiência hídrica, eficiência energética, materiais e recursos, inovação, e impacto ambiental ao longo do ciclo de vida do edifício. A escolha destas metodologias deve-se à sua ampla aceitação e reconhecimento internacional na área da construção civil, além de seu rigoroso conjunto de critérios que abrangem diversos aspetos da sustentabilidade [4].

Os objetivos parciais do trabalho em questão, que permitem materializar o objetivo principal, são os seguintes:

- Análise de condicionantes de projeto para inclusão de medidas de sustentabilidade;
- Modelação *BIM* de redes de abastecimento de água, redes de drenagem de águas residuais e redes de drenagem de águas pluviais em diferentes cenários;
- Modelação *BIM* e dimensionamento de equipamentos de áreas técnicas de sistemas de reaproveitamento de águas;
- Análise do impacto da inclusão de sistemas de reaproveitamento de águas nas redes prediais;
- Modelação de famílias *BIM* para utilização em sistemas de reaproveitamento de águas;
- Desenvolvimento de ferramentas em *Dynamo* para automatização de processos no *Revit*;
- Aplicação de metodologias de análise de sustentabilidade quanto à eficiência hídrica.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 diferentes capítulos:

- No Capítulo 1 é estabelecido o enquadramento do tema em apreço e os objetivos a cumprir com o desenvolvimento do trabalho;
- No Capítulo 2 são introduzidos os temas em análise na dissertação, nomeadamente as diferentes metodologias de avaliação de sustentabilidade de edifícios, as medidas de sustentabilidade que irão ser utilizadas na modelação, casos de estudo com relevância para o desenvolvimento do trabalho, e introdução sobre a metodologia *BIM*.
- No Capítulo 3 é apresentado o caso de estudo em análise, bem como os diferentes cenários que lhe serão aplicados e desenvolvidos. Foi calculado o consumo e a necessidade de água no edifício para aplicar a metodologia quanto ao dimensionamento de equipamentos das áreas técnicas dos sistemas de reaproveitamento de águas e a sua localização no edifício. Em adição foi apresentada a metodologia *BIM* que será utilizada na modelação das redes. Foi também disposto os diversos subcapítulos de cada uma das metodologias de avaliação de sustentabilidade utilizadas.
- O Capítulo 4 começa por apresentar o projeto de redes prediais do edifício sem a inclusão de sistemas de reaproveitamento de águas, seguido da demonstração das alterações necessárias para a inclusão destes sistemas. É também apresentado em pormenor a modelação e o funcionamento das áreas técnicas dos sistemas, com diversas ilustrações exportadas do *Revit*. Em complemento da modelação das áreas técnicas foram criadas famílias e automatizações com recurso ao *Dynamo*, que serão apresentadas neste capítulo. Por fim, são analisados os diferentes cenários propostos com recurso às ferramentas de análise de sustentabilidade apresentadas, bem como a comparação entre elas e com cálculo do investimento inicial de cada solução.
- No Capítulo 5, serão apresentadas conclusões retiradas da discussão dos resultados obtidos no capítulo anterior.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E O IMPACTO DAS REDES PREDIAIS

Com os 25 anos da publicação do Relatório de *Brundtland* [5], significativo para a introdução da sustentabilidade no ambiente construído, o movimento da construção sustentável tem vindo a conquistar uma força expressiva [6].

A definição mais consensual sobre o que é a construção sustentável é aquela que consta no *Relatório de Brundtland* [5]: “Entende-se por desenvolvimento sustentável o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações do futuro satisfazerem as suas próprias necessidades”. Esta definição envolve dois conceitos-chave: o conceito de necessidades, em particular as necessidades básicas das populações mais pobres; e o conceito de comprometimento, que diz respeito à imposição de limites ao atual estado de desenvolvimento tecnológico e organização social para que, em simultâneo, se possa satisfazer as necessidades atuais e futuras. Ou seja, o que se pretende com a construção sustentável é a satisfação das necessidades da população atual, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas necessidades. É amplamente descrito como o uso criterioso e equitativo dos recursos naturais, sem comprometer as necessidades das gerações futuras [7].

Enquanto, no passado, a redução de custos, a eficiência operacional e a lucratividade eram os elementos-chave na gestão da construção, os gestores de projeto estão cada vez mais preocupados com o impacto ambiental e social dos projetos de construção [8]. Esta tendência reflete a definição de “construção sustentável como a prática de criar e operar um ambiente saudável baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos” [9].

Em 2021, as atividades de construção voltaram ao nível da pré-pandemia na maioria das principais economias, adjacientemente com o uso de energia de edifícios, devido aos locais de trabalho terem reaberto, mas o ambiente híbrido de trabalho continuou. Também mais economias em crescimento aumentaram o seu uso de gases provenientes de combustíveis fósseis, e consequentemente, as emissões de CO₂ provenientes de operações de edifícios atingiram um valor recorde de cerca de 10GtCO₂, Figura 1, 5% mais alto do que em 2020 e 2% mais alto do que o antigo recorde, alcançado em 2019 [10]. A indústria da construção representa assim 37% das emissões globais, como retratado na Figura 2.

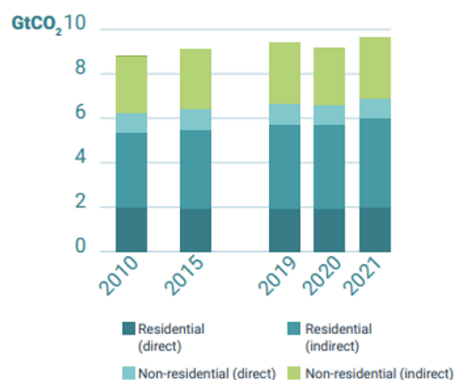


Figura 1 - Emissões de CO2 em edifícios 2010-2021 [10]

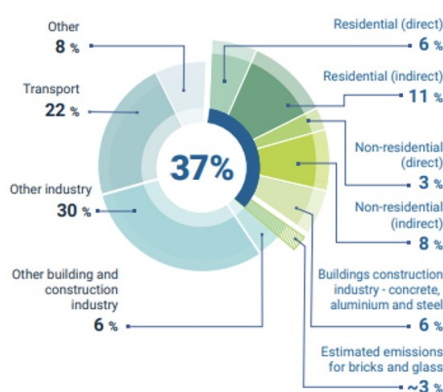


Figura 2 - Emissões de edifícios em função da globalidade de emissões 2021 [10]

De modo geral, os edifícios não só usam uma grande quantidade de água, como produzem uma grande quantidade de águas residuais para posterior tratamento. O abastecimento de água para o setor da construção, combinado com a energia usada em cada passo do processo, resulta em emissões de gases de estufa e outros gases nocivos para o ambiente. A incapacidade de planear e conduzir adequadamente avaliações ambientais de todo o sistema de abastecimento de água para edifícios aumenta o impacto negativo no ambiente o ambiente, provocando, por sua vez, uma maior deterioração do estado dos recursos hídricos globais. [11].

No entanto, mesmo com os edifícios a causarem um desperdício significativo de água, os estudos maioritariamente produzidos focam-se no uso e impacto da energia, negligenciando o impacto do uso da água. Muitas vezes esquecido é o potencial que tem a integração de soluções sustentáveis ao projetar redes de abastecimento e de drenagem para edifícios [12]. A Figura 3 mostra o consumo de água por setor de atividade, sendo que o setor urbano apenas é ultrapassado pelo setor da agricultura e pecuária, sendo assim da maior importância a consideração de medidas sustentáveis para o uso de água.

Com recurso a dados da PORDATA [13], foi introduzida a Figura 4, que representa a variação de 2007 a 2021 da água abastecida pela rede pública (em todos os setores) e a população residente em Portugal. Embora a população residente total tenha diminuído de 2007 para 2021 (-1.4%), a água distribuída pela rede pública aumentou (+9,4%). Mesmo existindo algumas oscilações nos dados, pode-se concluir que, pelo menos, não aconteceu a evolução necessária quanto ao reaproveitamento de água abastecida pela

rede pública no contexto de sustentabilidade em Portugal. Estes dados demonstram que a sustentabilidade no contexto das redes prediais ainda se encontra precária. Embora exista, cada vez mais, uma mentalidade de redução do impacto ambiental da construção, na realidade este campo acaba por ser desprezado, não sendo aplicadas técnicas sustentáveis às práticas de construção.

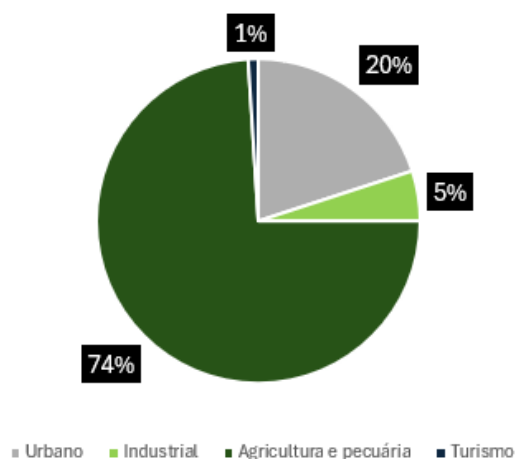


Figura 3 - Consumo de água por setor [14]

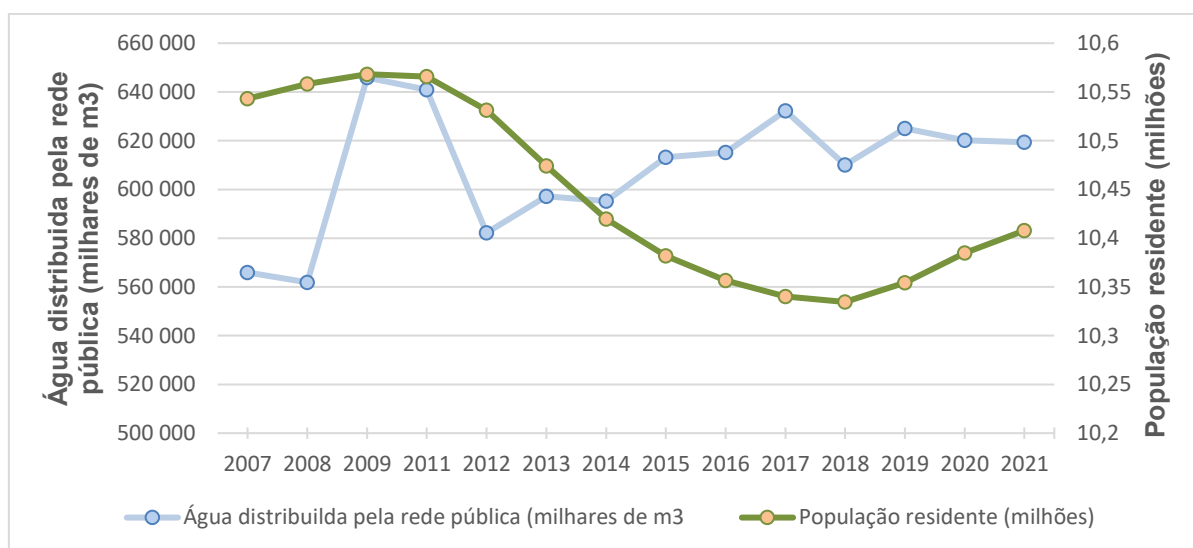


Figura 4 - Gráfico de água distribuída pela rede pública e população residente por ano

2.2. METODOLOGIAS DA AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS

A gestão da sustentabilidade dos edifícios é um problema complexo e multidisciplinar que necessita de instrumentos e métodos de avaliação adequados, suficientemente eficientes, para abordar questões complexas no que diz respeito às políticas e à legislação ambiental [15]. Os sistemas de classificação de edifícios são ferramentas ambientais e de gestão que ajudam a focar no setor da construção e a visar a sustentabilidade, bem como os benefícios económicos e sociais. Os sistemas de classificação de edifícios incorporaram a experiência e o conhecimento de metodologias ambientais, tomadas de decisão e ferramentas de gestão, que têm sido utilizadas noutros setores produtivos e, portanto, foram

influenciadas por estes. Por conseguinte, justifica-se que a maioria dos sistemas de classificação se baseie no conceito de metodologia de análise do ciclo de vida (ACV) e demonstre semelhanças com os sistemas de gestão ambiental [15]. Com o aumento da preocupação da sustentabilidade, este tipo de ferramentas tem vindo a aumentar, sendo que já existe uma diversidade das mesmas. É estimado que existam 600 sistemas de avaliação de sustentabilidade [16], sendo que estes diferem bastante em diferentes regiões do mundo. No âmbito deste trabalho apenas irão ser discutidos três diferentes metodologias: *BREEAM*, (*Building Research Establishment Assessment Method*), desenvolvida no Reino Unido, é conhecida como a primeira ferramenta de classificação para avaliar o desempenho de edifícios baseada em determinados valores-alvo para diferentes critérios; *LEED* (*Leadership in Energy and Environmental Design*), desenvolvida nos Estados Unidos, e a metodologia mais utilizada globalmente [17]; e *Level(s)*, a mais recente solução desenvolvida pela União Europeia.

2.2.1. BREEAM

A última versão da ferramenta *BREEAM* é a versão 6.1, lançada em 2023, que é uma pequena atualização da versão anterior. Tem nove secções no que diz respeito ao ambiente: Gestão (*Management*), Saúde e Bem-estar (*Health and Wellbeing*), Energia (*Energy*), Transporte (*Transport*), Água (*Water*), Materiais (*Materials*), Desperdício (*Waste*), Uso do terreno e Ecologia (*Land Use and Ecology*), Poluição (*Pollution*) e uma secção adicional, Inovação (*Innovation*). A avaliação do método *BREEAM* envolve o somatório de créditos alcançados em cada secção, sendo que cada secção tem uma ponderação, em percentagem, definido, como representado na Tabela 1. É calculada a percentagem de créditos alcançados (em função do número total de créditos disponíveis), e depois multiplicada pela ponderação de cada secção, obtendo a pontuação de secção (*section score*). Somando todas as ponderações das secções obtemos um total de 110%, podendo afirmar-se, assim, que os projetos recebem uma avaliação de um total de 110 [18]. Na Tabela 2 está presente um exemplo, com uma pontuação aleatória, de como é calculada a pontuação *BREEAM*.

Tabela 1 – Secções ambientais e as suas Ponderações no *BREEAM*

Secção ambiental	Ponderação
Gestão	12,0%
Saúde e Bem-estar	15,0%
Energia	15,0%
Transporte	9,0%
Água	7,0%
Materiais	13,5%
Desperdício	8,5%
Uso da terreno e Ecologia	10,0%
Poluição	10,0%
Total	100,0%
Inovação (adicional)	10,0%

Tabela 2 – Exemplo de cálculo *BREEAM*

Secção ambiental	Créditos alcançados	Creditos disponíveis	% créditos alcançados	Ponderação da secção	Pontuação de secção
Gestão	8	21	38,10%	12,0%	4,57%
Saúde e Bem-estar	15	21	71,43%	15,0%	10,71%
Energia	17	31	54,84%	15,0%	8,23%
Transporte	10	12	83,33%	9,0%	7,50%
Água	5	9	55,56%	7,0%	3,89%
Materiais	12	14	85,71%	13,5%	11,57%
Desperdício	4	9	44,44%	8,5%	3,78%
Uso da terreno e Ecologia	7	10	70,00%	10,0%	7,00%
Poluição	11	13	84,62%	10,0%	8,46%
Inovação	3	10	30,00%	10,0%	3,00%
Resultado final	68,71%				

Os níveis de classificação em função do resultado obtido são: *Unclassified* <30%; *Pass* ≥30% (*standard good practice*); *Good* ≥45% (*intermediate good practice*); *Very Good* ≥55% (*advanced good practice*); *Excellent* ≥85% (*best practice*); *Outstanding* ≥85% (*innovator*).

No sistema *BREEAM* são atribuídos 9 créditos com uma ponderação de 7% no resultado para avaliar o uso da água em edifícios e o seu uso externo, Tabela 3 –, sendo a secção com menor ponderação no resultado. É dividido em 4 subsecções: *Water consumption* (4 créditos); *Water monitoring* (1 crédito); *Water leak detection and prevention* (2 créditos); *Water efficient equipment* (1 crédito).

Tabela 3 – Categoria “Water” no *BREEAM*

Issues	Credits available			
WATER				
Wat 01 Water consumption	5	Up to five credits	Obligatory	To reduce the consumption of potable water for sanitary use in new buildings from all sources through the use of water efficient components and water recycling systems.
Wat 02 Water monitoring	1	1 credit	Obligatory	To ensure water consumption can be monitored and managed, and therefore encourage reductions in consumption.
Wat 03 Water leak detection and prevention	1	Leak detection system	Non-obligatory	A leak detection system which is capable of detecting a major water leak on the mains water supply within the building and between the building and the utilities' water meter is installed.
	1	Flow control devices		Flow control devices that regulate the supply of water to each WC area or facility according to demand are installed (and therefore minimise water leaks and wastage from sanitary fittings)
Wat 04 Water efficient equipment	1	1 credit	Non-obligatory	1 The design team has identified all water demands from uses other than domestic-scale drinking and sanitary use components, e.g. swimming pools, vehicle wash and irrigation equipment. 2 Systems or processes have been identified to reduce the water demand, and demonstrate, through either good practice design or specification, a meaningful reduction in the total water demand of the building.

2.2.2. LEED

A última versão da ferramenta *LEED* é a versão v5, lançada em 2023. Inclui oito categorias de avaliação, sendo que os créditos nestas categorias têm diferentes pontos, com base no seu nível de importância, totalizando 110 possíveis pontos. As seis categorias que criam um total de 100 pontos são: Localização e Transporte (*Localization and Transportation*); Estaleiros Sustentáveis (*Sustainable Sites*); Eficiência Hídrica (*Water Efficiency*); Energia e Atmosfera (*Energy and Atmosphere*); Materiais e Recursos (*Materials and Resources*); Qualidade Ambiental Interior (*Indoor Environmental Quality*); e o Processo Integrador (*Integrative Process*). As categorias que adicionam 10 pontos adicionais são a Inovação (*Innovation*), Prioridade Regional (*Regional Priority*) e o Processo Integrador (*Integrative Process*). Cada requisito e a sua definição está presente na Tabela 4. Os níveis de classificação em função dos pontos totais obtidos são: *Certified* (40-49 pontos); *Silver* (50-59 pontos); *Gold* (60-79 pontos) e *Platinum* (>80 pontos) [19].

No sistema *LEED* são atribuídos 11 pontos na categoria da eficiência hídrica, 10% do total. Existem 7 subcategorias, sendo três delas obrigatórias para obter certificação *LEED* de qualquer nível (*Outdoor*

Water Use Reduction, Indoor Water Use Reduction, Building-Level Water Metering), pelo que não contribuem para a pontuação. As quatro subcategorias adicionais são: *Increased Outdoor Water Use Reduction* (2 pontos), *Indoor Water Use Reduction* (6 pontos), *Cooling Tower Water Use* (2 pontos) e *Water Metering* (1 ponto). Todos os pontos referidos e as suas descrições estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 4 – Categorias do LEED e a sua pontuação

Categoria	Possible Points
Localização e Transporte	16
Estaleiros Sustentáveis	10
Eficiência da Água	11
Energia e Atmosfera	33
Materiais e Recursos	13
Qualidade Ambiental Interior	16
Processo Integrador	1
Inovação	6
Prioridade Regional	4
Total	110

Tabela 5 - Categoria Water Efficiency no LEED

0	2	7	2	0	Water Efficiency	Possible Points: 11
		Y			D WEp1 Outdoor Water Use Reduction	Reduce outdoor water use. Option 2: Reduce the project's landscape water requirement by at least 30% from the calculated baseline for the site's peak watering month (July?). Reductions must be achieved through plant species selection and irrigation system efficiency (WaterSense Irrigation controllers)
		Y			D WEp2 Indoor Water Use Reduction	To meet this prerequisite, the aggregate water consumption of sanitary appliances (toilets, urinals, private lavatory faucets, and showerheads) must be reduced by 20% compared to the calculated baseline. Equip cooling towers with replacement flow meters, conductivity control, overflow alarm and droplet eliminators.
		Y			D WEp3 Building-Level Water Metering	Install permanent meters for the total water consumption of the building, with collection (manual or automatic) of monthly and annual data, as well as commitment to share data with USGBC for 5 years
		1	1		D WEc1 Outdoor Water Use Reduction	2 Remove or reduce water irrigation consumption by 50/100% over baseline in the peak demand month by using adapted species and efficient irrigation
		5	1		D WEc2 Indoor Water Use Reduction	6 Reduce water consumption of toilets, urinals, washbasin and kitchen faucets and shower taps by 25-50% compared to the baseline.
		2			D WEc3 Cooling Tower Water Use	2 Obtain an analysis of the replacement water (CaCo3, alkalinity, SiO2, Cl- and conductivity) Verify number of cycles with permissible concentration of the most unfavorable parameter (>10)
		1			D WEc4 Water Metering	1 Install permanent meters for the consumption of at least two systems: irrigation, sanitary use, domestic hot water production, boilers, reclaimer water and other process water.

2.2.3. LEVEL(S)

Devido à grande heterogeneidade de metodologias de avaliação, o que dificulta a decisão política e das partes interessadas foi desenvolvido o Level(s) pela Comissão Europeia, lançado em 2020, com o objetivo de providenciar uma estrutura forte para avaliação de sustentabilidade para todos os países membros da UE [20]. Esta ferramenta é repartida em seis macro objetivos: Emissões de gases com efeito de estufa e de poluentes atmosféricos ao longo do ciclo de vida de um edifício; Ciclos de vida de materiais circulares e eficientes em termos de recursos; Utilização eficaz dos recursos hídricos; Espaços saudáveis e confortáveis; Adaptação e resiliência às alterações climáticas; Custo do ciclo de vida e valor otimizado. Cada macro objetivo apresenta diferentes indicadores, totalizando 16 indicadores. A análise Level(s) apresenta três diferentes níveis de complexidade da comunicação da sustentabilidade do projeto [21].

- Nível 1. O estudo concetual para o projeto de um edifício, o nível mais simples pois envolve avaliações qualitativas;
- Nível 2. O desempenho do projeto detalhado e construção do edifício, nível intermédio que abrange a avaliação quantitativa do desempenho projetado;
- Nível 3. O desempenho durante a utilização do edifício após conclusão e entrega ao cliente, o nível mais avançado, pois envolve a monitorização e avaliação da atividade no local.

O macro objetivo três, relativo à utilização eficaz dos recursos hídricos, apenas apresenta um indicador, que é o consumo de água em fase de utilização. Esta ferramenta não apresenta patamares de classificação como os dois previamente discutidos. A metodologia do cálculo deste indicador é fornecida pela ferramenta, juntamente com os dados de desempenho de equipamentos e aparelhos e os fatores de utilização [22].

Para o cálculo deste indicador é fornecido um template, em formato Excel, com uma base de dados já integrada com alguns valores relevantes para o cálculo. São fornecidos valores base da utilização de água por equipamento, valores sobre a bacia hidrográfica onde se irá situar o empreendimento, dados pluviométricos e relativos à evapotranspiração. Após introdução de todos os valores relevantes para o cálculo são obtidos resultados como os exemplificados na Tabela 6.

Tabela 6 - Estimativa de consumo de água anual por ocupante

Summer WEI+ =	34,50	Total Water Consumption (m ³ /o/a)	Of which potable (m ³ /o/a)	Of which non-potable (m ³ /o/a)
Sanitary fittings and devices (e.g. toilets, taps, baths and showers).	Toilets	6,57	6,57	0,00
	Bathroom taps	1,37	1,37	0,00
	Showers	13,14	13,14	0,00
	Kitchen taps	7,30	7,30	0,00
	Sub-Total	28,38	28,38	0,00
Water using appliances (e.g. dishwashers and washing machines).	Dishwashers	1,46	1,46	0,00
	Washing machines	4,71	4,71	0,00
	Sub-Total	6,17	6,17	0,00
Irrigation	Irrigation	0,29	0,29	0,00
TOTAL (m ³ /o/a)		34,84	34,84	0,00
TOTAL (%)		100	100,0	0,0

2.3. SISTEMAS DE REDES PREDIAIS QUE PROMOVEM A SUSTENTABILIDADE

A aplicação de sistemas sustentáveis em edifícios pode contribuir substancialmente para o desenvolvimento sustentável urbano e rural. O abastecimento de água potável a edifícios pode ser significativamente reduzido através do uso eficiente de água, da utilização da água da chuva e do recurso a água residual tratada [23]. No entanto, a aplicabilidade destes sistemas apoia-se fortemente na vertente financeira da sua utilização e só serão realmente utilizados se existir uma recompensa monetária que permita a sua construção.

2.3.1. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS (SAAC)

Define-se por águas negras as que contêm matéria fecal ou urina, sendo provenientes de descargas de sanitas e mictórios. As águas cinzentas são as restantes águas residuais domésticas, sendo originárias de chuveiros, lavatórios, duchas, lavagens de roupa e cozinhas [24]. É consensual que a reutilização de águas residuais domésticas em edifícios não considere águas negras. No entanto, há divergências quanto à reutilização da água das cozinhas (pia lava-loiça e máquina de lavar a loiça). Por esta razão há autores que excluem da definição de águas cinzentas as águas provenientes das cozinhas [25]. Mesmo a própria ANQIP, que as inclui nas águas cinzentas, refere que a utilização de águas residuais domésticas deve centrar-se nas águas residuais com menor concentração de poluentes, habitualmente com proveniência de banheiras, duchas e lavatórios, só acrescentado, em certas condições, as descargas de máquinas de lavar e, em condições ainda mais específicas, às águas residuais das cozinhas [24]. É importante referir que a água reaproveitada por estes sistemas é classificada como água não potável, e é submetida a um processo de tratamento (físico, biológico ou químico [26]) adequado, e deverá ser usada apenas para descargas de sanitas, abastecimento à rede de rega e para a lavagem de pavimentos [24].

A conceção, instalação e exploração dos SAAC devem respeitar as normas e regulamentos nacionais e europeus aplicáveis, incluindo legislação sobre a qualidade da água, cuja informação se encontra na EN16941-1:2021. No que se refere ao dimensionamento das redes, devem ser seguidas as disposições do Regulamento Geral Português em vigor ou as normas europeias EN 12056-2 e EN806-3. De acordo com a ANQIP, todos os SAAC deverão ser objeto de um projeto que deve respeitar as exigências da portaria nº 701-H/2008, de 29 de julho [24].

A quantidade de águas cinzentas produzidas é variável conforme o tipo de uso do edifício. Na Figura 3, é apresentada uma estimativa do consumo de um edifício habitacional por equipamento, onde 64% (torneiras, banho/duche, máquina de lavar roupa e máquina de lavar louça) da água utilizada pode ser reaproveitada na forma de água não potável, embora exista discórdia quanto a que água deve ser reaproveitada, como referido anteriormente.

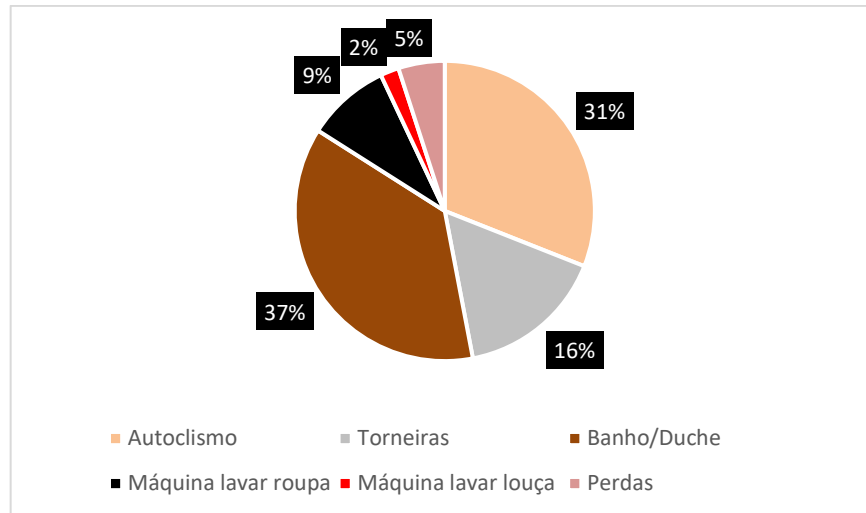


Figura 5 - Consumo de água num edifício habitacional [27]

Um exemplo tipo de um sistema SAAC vai apresentar os seguintes componentes:

- Rede de drenagem em todos os equipamentos produtores de águas cinzentas
- Tanque de água bruta para retenção de águas cinzentas.
- Sistema de tratamento de águas cinzentas.
- Tanque de água tratada não potável.
- Grupo de bombagem de água não potável.
- Rede de abastecimento de água não potável a equipamentos aplicáveis.
- Rede de abastecimento de tanques de água não potável em caso de escassez.
- Ligação à rede de drenagem em caso de excesso (overflow) nos reservatórios de água tratada.

Na Figura 6 foi representado um sistema convencional de reaproveitamento de águas cinzentas realizado em Revit com base num projeto real fornecido pela Bim Source Lda.

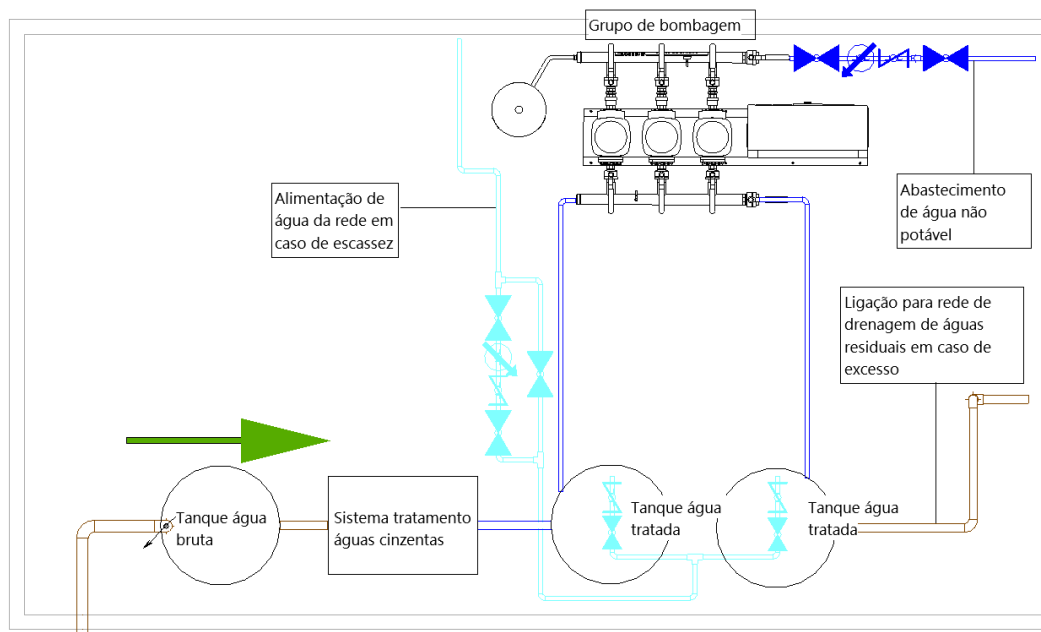


Figura 6 – Exemplo de zona técnica de um SAAC

2.3.2. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP)

O aproveitamento de águas pluviais é provavelmente a prática mais antiga quanto à sustentabilidade de recursos hídricos. Ultimamente, face à crescente importância do conceito de sustentabilidade, a valorização desta prática tem retornado [28]. Embora historicamente este sistema tenha sido utilizado em áreas onde o abastecimento de água era limitado devido ao clima, a prática do aproveitamento de águas pluviais tem sido cada vez mais utilizada em ambientes húmidos e em países desenvolvidos devido a secas extremas, necessidade de água e devido às alterações climáticas [29].

Em zonas urbanas estes sistemas consistem no armazenamento, captação, tratamento e transporte da água da chuva coletada, geralmente, de coberturas, terraços ou outras zonas impermeáveis do edifício [30]. A água captada deve ser classificada como água não potável, tal como nos SAAC, e só deve ser utilizada em rega de zonas verdes, lavagens de pavimentos ou automóveis, em descargas de autoclismos, lavagem em máquinas de lavar roupa, ou noutros usos, não relevantes para este caso de estudo, como torres de arrefecimento, redes de incêndio e HVAC [[31].

Quando usado em conjunto com soluções que permitem a infiltração da água no solo, estes sistemas ajudam também a prevenir o acontecimento de cheias [32], devido à capacidade de armazenamento de água e mitigação da velocidade de escoamento da água para a rede pública em caudais de cheia que é escoada e diminuindo assim o efeito da urbanização.

Em termos gerais, a conceção, a instalação e a exploração dos SAAP devem respeitar a legislação, a regulamentação e a normalização nacional e europeia existentes e aplicáveis a estas instalações ou a qualquer um dos seus componentes. De acordo com a ANQIP os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) devem respeitar, nas partes aplicáveis, as exigências da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho.

Relativamente às caleiras, saídas e tubos de descarga, devem ser atendidas, nas partes aplicáveis, as disposições do Decreto Regulamentar n.º 23/95 ou da Norma Europeia EN 12056-3. Os SAAP deverão igualmente respeitar as normas e regulamentos aplicáveis relativos a ruído e vibrações [31].

Assim os sistemas SAAP são constituídos pelos seguintes componentes:

- Captação, geralmente na cobertura ou na zona impermeável.
- Transporte, calças e tubos de queda que transportam a água captada para os sistemas de armazenamento.
- Desvio do escoamento inicial (*first-flush*) no caso de grandes interrupções na pluviosidade, para rejeição da água com maior concentração de poluentes.
- Filtração, para remoção de detritos e impurezas.
- Tanques de armazenamento ou cisternas de água não potável.
- Distribuição final para o edifício para os equipamentos aplicáveis através de bombagem.

Na Figura 7 está representado um sistema convencional de aproveitamento de águas pluviais.

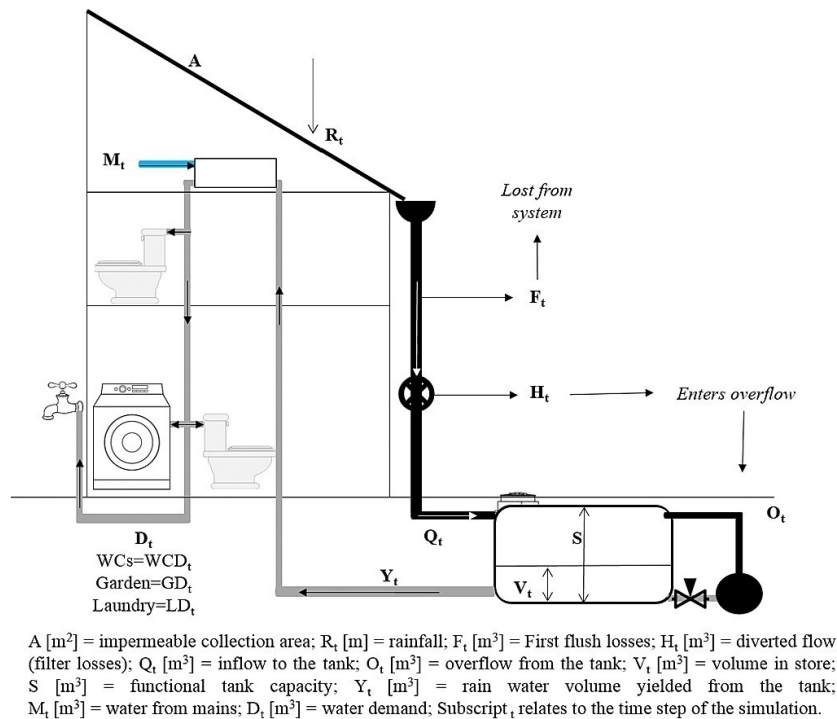


Figura 7 - Exemplo sistema SAAP convencional [30]

O dimensionamento do tanque de armazenamento é o ponto central na conceção dos sistemas SAAP. A sua dimensão é uma função entre a captação da água da chuva (quantidade de água da chuva e área de cobertura) e a sua procura (número de ocupantes do edifício e uso de água em equipamento que utilizam água não potável) [33]. É assim fundamental um bom planeamento do tamanho da cisterna de armazenamento, com recurso a uma análise financeira, para existir um equilíbrio entre a quantidade de água armazenada e a água que realmente será utilizada pelos residentes do edifício.

2.3.3. SISTEMAS ALTAMENTE EFICIENTES

A adoção de equipamentos que permitam a poupança de água devido à sua grande eficiência é talvez a medida mais facilmente aplicável no que diz respeito à sustentabilidade em redes prediais. O preço

destes equipamentos não é significativamente superior ao preço de outros menos eficientes, no que diz respeito à poupança de água, sendo o seu período de retorno, geralmente, facilmente alcançável.

Para a implementação destes equipamentos foram desenvolvidos rótulos de eficiência hídrica para ajudar o consumidor na sua escolha. A partir de 2021, era objetivo da União Europeia o uso uniforme de uma etiqueta de eficiência hídrica em todos os países membros. Surge, então, a *Unified Water Label* resultado da combinação de outros rótulos utilizados em diversos países, como a certificação da ANQIP em Portugal, e a certificação criada anteriormente pela União Europeia [34].

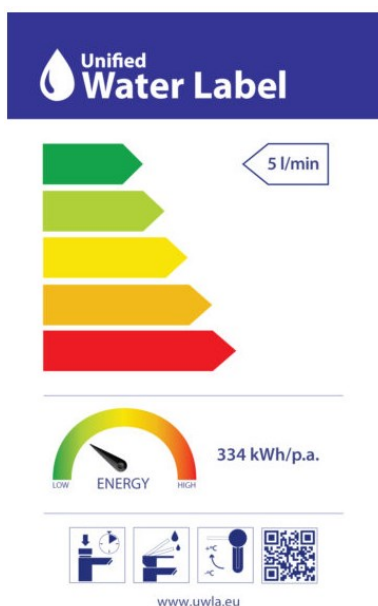


Figura 8 - Unified Water Label

Na Figura 8 está explícito um exemplo de uma etiqueta de eficiência hídrica. O primeiro elemento presente na etiqueta (de cima para baixo) refere-se à quantidade de água consumida pelo equipamento (neste exemplo, 5 l/min) e é classificada com as diferentes cores em comparação com outros equipamentos (com uma variação que vai do verde-escuro, mais eficiente, ao vermelho, menos eficiente). O segundo elemento diz respeito à quantidade de energia utilizada por ano, maioritariamente no que diz respeito ao uso de água quente. O último elemento apresenta diferentes figuras que se referem ao tipo de funções de sustentabilidade apresentadas, como possível observar em pormenor na Figura 9.



Figura 9 - Funções dos equipamentos [1]

2.4. CASOS DE ESTUDO APLICÁVEIS

2.4.1. ESTUDO DE UM SISTEMA HÍBRIDO EM BOLONHA

Foi avaliado um caso [35], em que existe um sistema híbrido que contém um tanque de armazenamento de água não potável de 16 m³ para a água da chuva e águas cinzentas (Figura 10). Note-se que os Sistemas híbridos podem ser operados como sistemas independentes separados ou, então, combinados num só tanque de armazenamento, como é o caso.

No caso de estudo é retratado um edifício multifamiliar, construído em 2014, localizado em Bolonha, Itália. Apresenta 7 pisos e inclui 22 apartamentos de diferentes áreas, de 50 m² a 170 m², e tipologias, possui um jardim de 892 m² e uma área de captação de água da chuva (cobertura) de 400 m². Foi monitorizado, de 18/12/2014 a 19/02/2016, o consumo de água em 4 apartamentos, sendo que 2 deles estiveram inabitados durante o processo de monitorização e daí foi retirado o consumo de água para irrigação já que estes apartamentos apresentavam um jardim privado com 257 m² e 281 m², respetivamente.

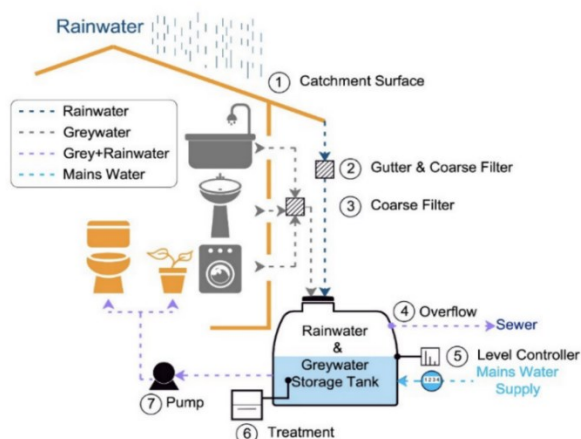


Figura 10 - Sistema híbrido de SAAP e SPRAC [29]

No presente caso de estudo foi simulado para 13 anos a pluviosidade média diária, onde o período máximo de dias sem precipitação foi de 60, sendo que a média varia entre 2,57 e 4,18 dias. É de notar que a falta de precipitação em dias consecutivos influencia o comportamento destes sistemas de aproveitamento de águas pluviais, nomeadamente na dimensão do tanque de armazenamento. Quanto mais longo for o período sem precipitação maior terá de ser a dimensão do tanque.

No entanto, neste caso em particular, como também existe um sistema de reaproveitamento de águas cinzentas, deverá compensar os dias sem precipitação, mantendo uma boa eficiência. A simulação mostrou, com uma cisterna de 16 m³, uma eficiência (E) de 75,86%, isto é, apenas 24,14% da necessidade de água não potável foi abastecida pela rede pública. Foi calculado outro fator, O, que representa a capacidade do sistema de reduzir a quantidade de águas residuais escoadas para a o sistema de drenagem, quanto mais baixo o valor de O, o melhor impacto do sistema no ambiente.

Este modelo foi também utilizado para estimar as potenciais poupanças de água potável para diferentes capacidades de armazenamento dos tanques de armazenamento, Figura 11, chegando-se à conclusão, que embora o aumento da dimensão da cisterna aumente a eficiência, esse aumento é muito marginal, sendo de apenas 3.92% com uma diferença de 16 m³ de volume. O resultado deve-se à pequena área de captação de água da chuva e às largas áreas de irrigação no verão [35].

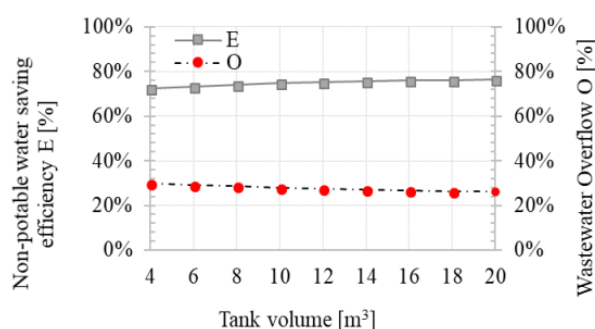


Figura 11 - Eficiência de água não potável (E) e *Overflow* (O) para diferentes dimensões de cisterna [35]

Neste estudo foram também avaliados, de modo independente entre si, os sistemas SAAC e SAAP, isto é, na existência de apenas um dos sistemas, e foram obtidos valores inferiores aos do sistema híbrido, onde para a mesma capacidade da cisterna, o sistema SPRAC obteve uma eficiência de 67%, e o sistema SPAAC de 20%.

2.4.2. ESTUDOS DE CASO JÁ AVALIADOS NA BIM SOURCE

De modo a estudar a forma como são realizadas as redes prediais em projeto, foi estudado um projeto já realizado na Bim Source. Este edifício estará situado em Moscavide, tratando-se de um complexo de escritórios com 41000 m² de área de implantação que visa a inovação e sustentabilidade como um grande objetivo na sua construção. É assim um empreendimento com uma enorme área de implantação, uma grande quantidade de serviços oferecidos e de uma grande complexidade em todas as especialidades envolvida.

É composto por três pisos enterrados destinados maioritariamente para parques de estacionamento e áreas técnicas para todas as instalações prediais, e três pisos acima do solo onde estará a área de

escritórios e dos serviços oferecidos. O edifício apresenta no piso 0 e na cobertura uma área verde com necessidade de rega, como é visível na Figura 12.

A inclusão de sistemas em edifícios com esta área de implantação é, à partida, mais benéfica devido à grande área de captação disponível para água da chuva. O uso de água de edifícios desta tipologia é também benéfico para a utilização de águas reaproveitadas já que uma grande percentagem da água usada se destina a descargas de bacias de retrete e mictórios.

Assim, neste projeto já existe a modelação total das redes de abastecimento e de drenagem. Existe também a duplicação das redes de modo a viabilizar a incorporação dos sistemas SAAC e SAAP, também já modelados.

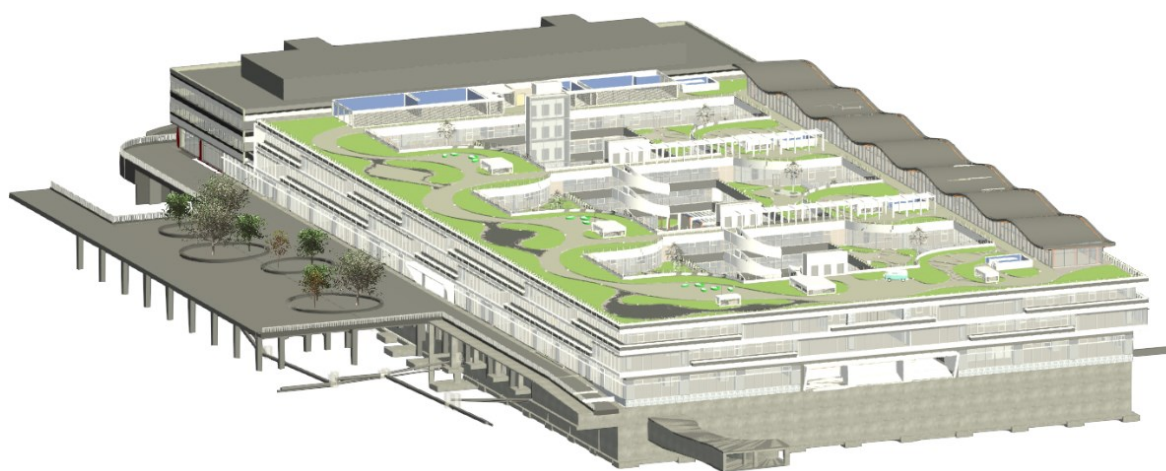


Figura 12 - Edifício de escritórios analisado

Serão agora apresentadas algumas características das redes prediais do edifício em questão, de modo a se perceber o impacto que a inclusão destes sistemas apresenta, começando pela rede de drenagem de águas residuais.

Existe uma distinção entre a rede de águas residuais cinzentas, produzidas por lavatórios e chuveiros, e aquelas provenientes de descargas de urinóis ou sanitas (águas negras), sendo que as águas cinzentas sofrem um tratamento, no SAAC presente no edifício, para serem reutilizadas para abastecerem as descargas das bacias de retrete e mictórios, ao passo que as águas negras são diretamente direcionadas para a rede pública. Está demonstrado na Figura 13 um exemplo da rede de águas residuais de uma casa de banho no piso 0, onde DAR_C se refere à rede de drenagem de águas cinzentas e DAR refere-se à drenagem de águas negras. É de notar que estas duas redes são completamente independentes, não sendo permitido nunca a junção da tubagem entre elas e por acréscimo, em projeto, existe também a diferenciação por cor.

A rede de águas residuais cinzentas encaminha a água para o SAAC, que se situa no Piso -2, sendo um sistema mais complexo do que aquele apresentado na Figura 6, devido à dimensão do caso em estudo. Ao contrário do exemplo apresentado anteriormente, este sistema não irá apresentar um sistema compacto de tratamento de águas cinzentas, mas sim, componentes de uma dimensão superior devido à grande afluência de águas cinzentas.

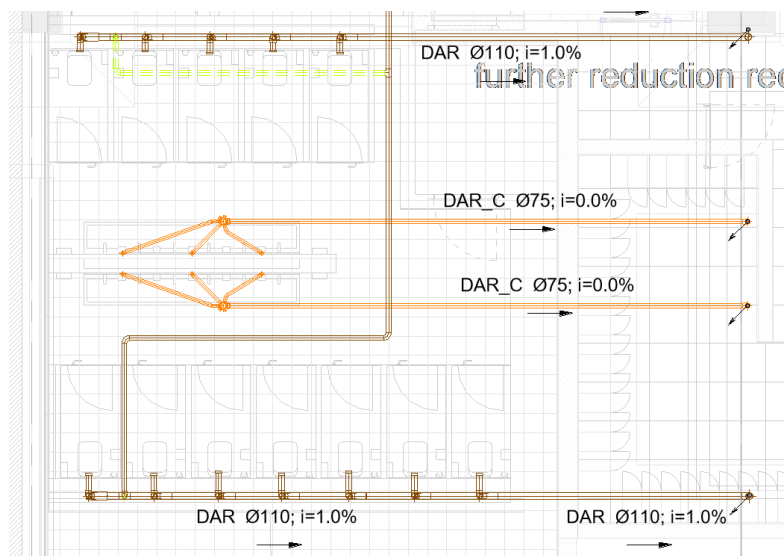


Figura 13 - Rede de drenagem de águas residuais do edifício de escritórios

A rede de drenagem de águas pluviais, em contraste à rede previamente descrita, não necessita de ser dividida em duas redes distintas. Existirão três redes de drenagem independentes devido a constrangimentos do projeto, e não da inclusão do sistema SAAP, em que duas destas redes irão encaminhar a água para o sistema, e a outra diretamente para a rede pública. Esta solução minimiza as reduções do pé-direito em virtude das pendentes das tubagens horizontais, mas sobretudo promove uma melhor distribuição do caudal afluyente à rede pública.

A drenagem é realizada através das coberturas ajardinadas, zonas técnicas e varandas, sendo neste caso, incluído também a rede de drenagem de águas oleosas nas caves no projeto da rede de drenagem de águas pluviais. Será utilizado o sistema tradicional que prevê a recolha das águas por ralos de pinha e caleiras e o seu lançamento através de tubos de queda em coletores suspensos. Desta forma as águas provenientes das diferentes zonas de captação irão ser agrupadas no teto dos pisos enterrados e encaminhados para o SAAP, ou para a rede pública.

Na Figura 14 é apresentado um exemplo da rede de drenagem de águas pluviais que encaminha a água para o sistema para reaproveitamento das águas captadas na cobertura e varandas, sendo encaminhado para o mesmo através de coletores suspensos no Piso -2.

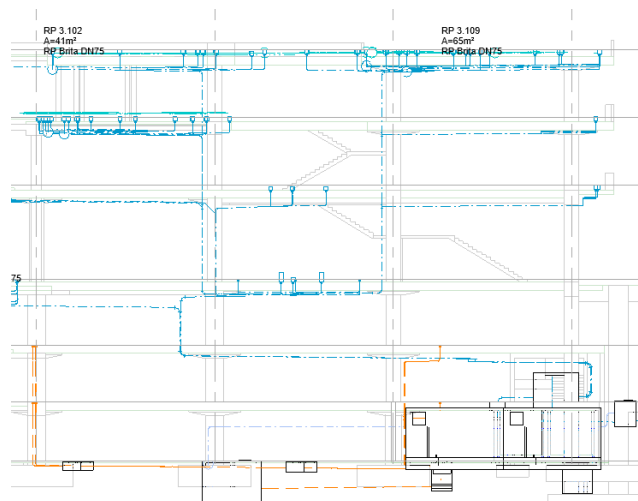


Figura 14 - Exemplo rede de drenagem de águas pluviais no edifício de escritórios

A rede de abastecimento de água irá diferenciar-se entre abastecimento de água potável, proveniente da rede pública, e abastecimento de água não potável, produzida através dos sistemas existentes no edifício. O abastecimento será gravítico nos pisos -3 a 0 e pressurizado nos pisos 1 a 3, existindo uma bateria de contadores para cada tipo referido, sendo que no caso do abastecimento da água não potável, a bombagem irá ser feita na área técnica respetiva.

Em caso de escassez de água nos reservatórios de água não potável irá, também, existir um aflente de água proveniente da rede pública, pois deste modo não é necessária a inclusão de uma rede que faria a ligação a cada equipamento. Assim, no caso de escassez no reservatório, será utilizada água potável para o abastecimento do mesmo e a rede funcionará da mesma forma. Na Figura 15 é apresentado um exemplo da rede de abastecimento de águas de uma casa de banho situada no Piso 0, onde existe a diferenciação entre a rede de abastecimento de água fria pressurizada (RA_FP), e entre a rede de abastecimento de água não potável (RA_NP). O esquema de princípio está ilustrado na Figura 16.

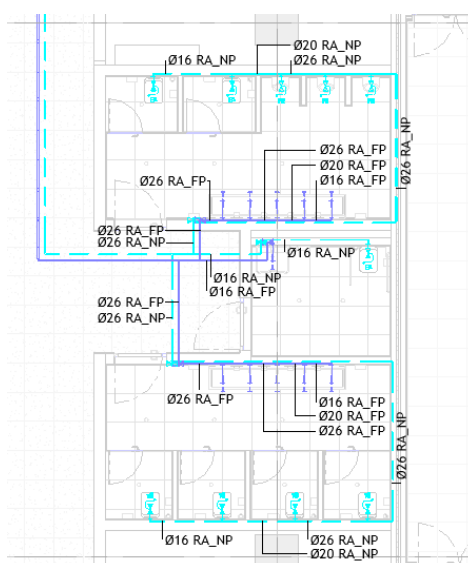


Figura 15 - Exemplo de rede de abastecimento de água no edifício de escritórios

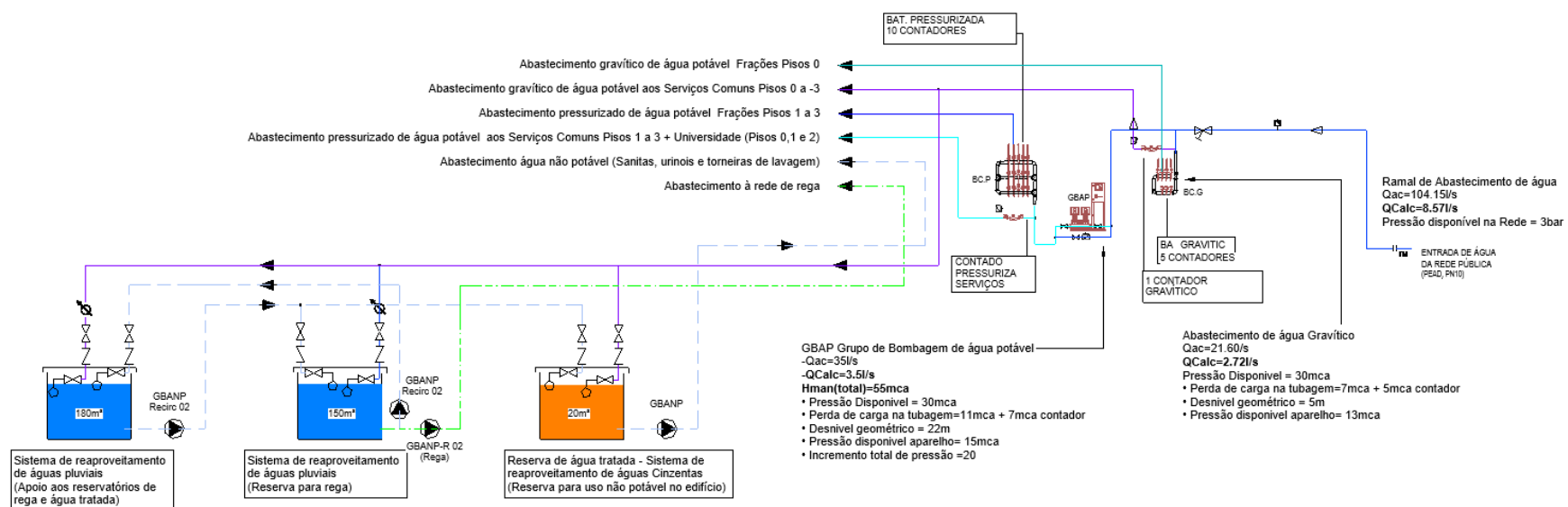


Figura 16 - Esquema de princípio de abastecimento do edifício de escritórios

2.5. METODOLOGIA BIM

Building Information Modeling (BIM) não apresenta uma definição consensual nem satisfatória. Em vez disso, pode ser analisado como um fenómeno complexo, em evolução e multidimensional podendo ser caracterizado como a representação tridimensional de um modelo, um repositório de informação para facilitar a interoperabilidade e troca de informação com os softwares aplicáveis [36]. A produtividade ao longo dos anos da indústria da construção fica aquém e outras grande indústrias, e o BIM nos últimos anos tem surgido como uma ferramenta realmente viável para alterar este aspeto na indústria AEC (arquitetura, engenharia e construção) [3]. A Figura 17 mostra a evolução da produtividade ao longo do tempo da indústria da construção e de todas as outras indústrias que não sejam do setor da agricultura, onde o setor da construção se manteve basicamente constante.

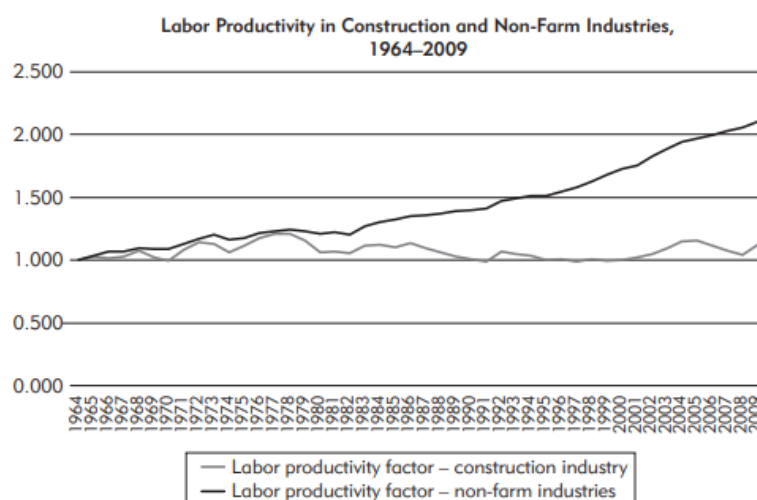


Figura 17 - Produtividade no setor da construção [37]

A metodologia BIM permite, assim, a criação de modelos digitais exatos de edifícios que contêm informação sobre todo o ciclo de vida do mesmo, permitindo uma melhor análise e controlo do que o processo tradicional. O modelo digital apresenta a mais diversa coleção de dados de todas as especialidades envolvidas na construção (MEP, estruturas, arquitetura...), usando a colaboração entre as diferentes áreas e intervenientes envolvidos na construção como o ponto fulcral no aumento da qualidade do projeto e, por consequência, do edifício a um custo total mais baixo.

É importante referir que nem toda a modelação 3D apresenta tecnologia *BIM*, como é o caso de modelos que apenas apresentam dados geométricos e de aparência de objetos, modelos onde são permitidas alterações numa vista e que não é automaticamente atualizado em todas as outras e modelos em que não é possível ajustar a posição dos objetos no modelo devido à falta de inteligência paramétrica. [37]

A utilização desta metodologia traz com ela muitas vantagens, ainda que algumas delas sejam ainda teóricas por falta de eficiência da aplicação da ferramenta, ou, ainda que algumas delas sejam ainda concetuais devido à falta de aplicação prática da ferramenta, muitas são já grandes avanços para o aumento da produtividade da indústria da construção:

- Facilidade na colaboração entre especialidades e comunicação entre os diferentes intervenientes.

- Melhorias na visualização e simulação do projeto.
- *Clash detection*.
- Estimativas precisas de quantidade de materiais e de custo.
- Modelação paramétrica.

2.5.1. MODELAÇÃO PARAMÉTRICA

Uma das vertentes mais importantes na aplicação da metodologia BIM a redes prediais é a modelação paramétrica, referida anteriormente, em que os objetos representados no modelo não estão predefinidos, mas contêm parâmetros que ao modificar o seu valor, de um parâmetro associado à geometria, por exemplo, é modificado o objeto em todas as vistas. A modelação paramétrica permite representar entidades geométricas com atributos editáveis, sendo os atributos expressos por valores independentes que atuam como um input ao modelo e as suas variações geram diferentes soluções para o modelo [38]. Por exemplo, se for alterado o valor do diâmetro de uma tubagem da rede de abastecimento do edifício, esta tubagem irá sofrer uma alteração em todas as vistas do projeto automaticamente.

É um sistema de elementos que estão conectados através de parâmetros que evoluem em conjunto [39].

No entanto, as parametrizações de objetos não se referem apenas à sua geometria, uma grande mais-valia da criação de parâmetros é a organização da informação de forma basicamente automatizada, isto é, pode ser definido o que cada objeto representa, informações técnicas, o tipo de material, o tipo de sistema, qualquer informação que se considere importante pode ser parametrizada. Na Figura 18, está representada uma lista de parâmetros no software *Revit*, que irá ser abordado posteriormente, onde por exemplo, o tipo de sistema a que a tubagem está associada, o material da tubagem e a rugosidade está facilmente acessível.

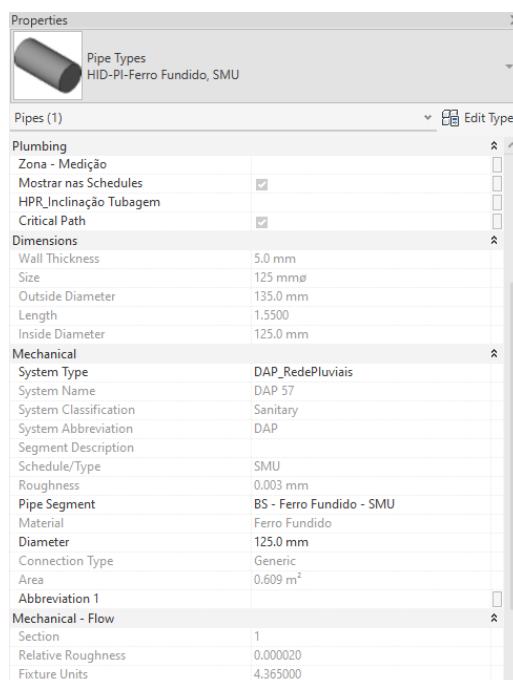


Figura 18 - Exemplo de parâmetros de um objeto

2.5.2. INTEROPERABILIDADE

É a capacidade transmitir informação entre aplicações e facilitar a comunicação entre especialidades, sendo que este aspeto, no mínimo, elimina a necessidade de copiar a informação manualmente de aplicação para aplicação [37].

Para esta troca de informação, entre os mais diversos softwares e especialidades, ser eficiente é fundamental existirem normas que standardizam estas ações. Assim, surgiram iniciativas de organizações com o intuito de viabilizar essas ações. É caso da *buildingSMART*, que com a implementação do *openBIM*, remove o problema tradicional da informação *BIM*, que estava anteriormente restringida por formatos fechados e privados de ficheiros. Permite, então, a criação de tipos de ficheiros abertos para troca de informação entre todos os intervenientes, em todo o ciclo de vida do edifício, como é o caso do *IFC* (*Industry Foundation Class*), *COBie* (*Constructions Operation Building information Exchange*) e o *IDM* (*Information Delivery Manual*). O *IFC* define como a informação é recebida entre diferentes softwares *BIM*, enquanto o *COBie* e o *IDM* definem que tipo de informação é transmitida entre diferentes intervenientes.

O *IFC* é um formato de informação que permite a representação consistente do modelo de um edifício entre diferentes softwares de AEC. É uma biblioteca de definições de objetos e propriedades que podem ser usadas para representar o projeto de um edifício [37].

2.5.3. CLASH DETECTION

Enquanto nos desenhos *CAD* o *Clash Detection* era realizado manualmente, os softwares *BIM* apresentam algoritmos que automaticamente identificam sobreposições e conflitos entre as geometrias dos vários objetos que pertencem ao modelo, como os sistemas estruturais, mecânicos, elétricos e de canalização (*MEP*). Esta característica de identificação automática de sobreposições e conflitos é particularmente importante para os sistemas *MEP*, devido ao grande volume de elementos e número de especialidades que incorporam este tipo de sistemas. Assim, os softwares *BIM* permitem a identificação precoce e a resolução imediata de conflitos, reduzindo o excesso de custos e atrasos na construção. Na Figura 19 está representado um exemplo simples onde acontece um conflito que pode ser automaticamente detetado com o uso de software *BIM*.

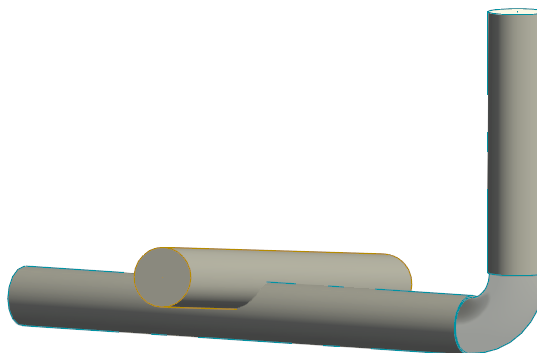


Figura 19 - Exemplo de um conflito

2.5.4. REVIT

O *Revit* será o software mais utilizado no âmbito deste trabalho.

É desenvolvido pela *Autodesk* que apresenta uma grande diversidade de plataformas *BIM* desenvolvidas para as diferentes necessidades de cada especialidade envolvida em todo o ciclo de vida do edifício.

O *Revit* engloba diferentes produtos em três diferentes especialidades: *Revit architecture*, *Revit Structures* e o *Revit MEP*. Permite também a criação de famílias, que são elementos paramétricos 3D ou simplesmente 2D com parâmetros e geometria, para qualquer uma das especialidades.

O subproduto que mais irá ser utilizado neste trabalho será o *Revit MEP*, que está agrupado na janela de *systems* e que engloba as especialidades de HVAC, *mechanical*, *plumbing* e *electrical*. Na Figura 20 está representado a especialidade que irá ser abordada, *Plumbing & Piping*.

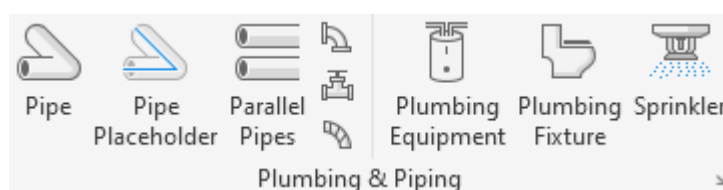


Figura 20 - Revit Plumbing & Piping

Dos elementos exibidos na Figura 20 é de salientar os seguintes:

- Pipe – permite a criação da tubagem para as diferentes redes.
- Pipe Fittings – permite modelar os acessórios da tubagem (aumentos de diâmetro, reduções, mudanças de direção).
- Pipe Accessory – Acessórios da rede, como válvulas e sifões.
- Plumbing Equipment – Equipamentos como cilindros e esquentadores.
- Plumbing Fixture - Ligação final da rede como sanitas ou lavatórios.

A utilização do *Revit MEP* automatiza o dimensionamento das redes, no entanto, o único método que está presente no programa não é utilizado em Portugal, mas a Bim Source inseriu o método de cálculo que consta no Decreto Regulamentar 23/95 no *Revit* e, assim, o dimensionamento das redes é automatizado pela regulamentação portuguesa.

Adicionalmente é oferecido, dentro do Revit, um sistema de programação visual chamado *Dynamo*. É possível, através da utilização do *Dynamo*, adicionar ferramentas que não são incluídas no *Revit*, estendendo-se a potencialidade da modelação paramétrica adicionando uma maior complexidade aos parâmetros criados. A criação de scripts no *Dynamo* permite manipular qualquer aspeto que esteja inserido no modelo.

A programação é feita através de blocos, sendo que cada bloco apresenta inputs e outputs, e os blocos são interligados através de linhas. Na Figura 21 está representado um exemplo de um script em *Dynamo*. A direção de leitura da programação não é necessariamente da esquerda para a direita, já que depende do utilizador a organização dos seus scripts.

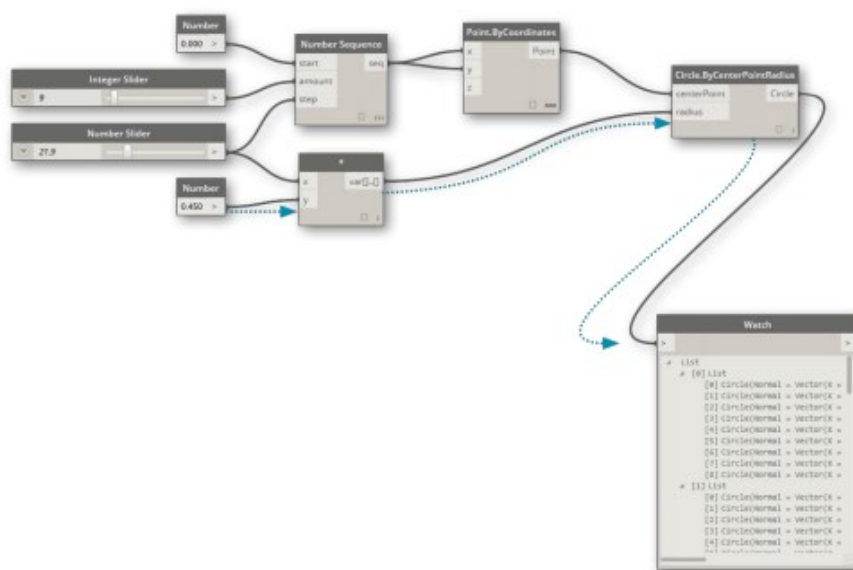


Figura 21 – Dynamo [40]

2.5.5. APLICABILIDADE DE BIM À SUSTENTABILIDADE

Uma das vantagens teóricas referidas anteriormente presente em [37] é a melhoria da eficiência energética e sustentabilidade. No entanto, o potencial BIM de melhorar a eficiência da utilização de recursos hídricos ainda não foi verificado [41]. A análise quanto ao consumo de água e a sua estimativa não é diretamente alcançável com tecnologias *BIM*, mas existem ferramentas criadas por utilizadores que permitem extrair informação relevante do modelo digital quanto a este tema.

Projetos sustentáveis podem ser alcançados através de análises ao longo do projeto, para isso, é necessário existir a informação necessária para tais análises, o que não é o caso no desenvolvimento tradicional do projeto. Então, estas análises são geralmente realizadas num momento mais tarde do projeto, muitas vezes tarde demais para existirem alterações reais no projeto.

O *BIM* permite realizar análises de eficiência energética e de emissões de carbono numa fase do projeto em que ainda podem ser feitas alterações ao modelo, já que existe uma abundante quantidade de informação de todas as especialidades desde uma fase mais precoce do projeto. A aplicação *BIM* permite aos profissionais perceberem os benefícios associados com a análise de sustentabilidade durante todo o projeto [42].

Existe alguma literatura que explorou a aplicabilidade do *BIM* à sustentabilidade e às redes prediais, como é o caso de [43], que criou uma ferramenta que automatiza a verificação de redes prediais de acordo com o Decreto Regulamentar 23/95, [44] em que foram utilizadas ferramentas BIM (*Revit Green Project Template* e *Green Building Studio*), complementadas do uso de *Dynamo*, para avaliar a eficiência da água de acordo com um certificado de sustentabilidade.

3

METODOLOGIA

3.1. METODOLOGIA ADOTADA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

De forma a alcançar os objetivos traçados no primeiro capítulo do presente trabalho foi realizado um esquema com a metodologia utilizada, ilustrada na Figura 22.

Começa com o estudo de diferentes projetos em desenvolvimento na Bim Source quanto à inclusão de diferentes sistemas de reaproveitamento de águas, onde um deles já fora apresentado no anterior capítulo. Nesta primeira fase, foi avaliado de que forma poderiam ser apresentadas as redes prediais com a inclusão dos sistemas, e também que tipologia de edifício poderia ser estudado.

É seguido de um cálculo sobre o consumo e a necessidade de água no edifício para conseguir dimensionar as áreas técnicas, mais concretamente, o volume dos reservatórios ou os equipamentos a utilizar dos sistemas de aproveitamento de águas cinzentas e pluviais.

Conhecendo a área que estes sistemas irão ocupar, é escolhida a zona em que se irão localizar em função das condicionantes do projeto.

Após conhecimento desta informação é realizado a modelação de todos os traçados e equipamentos necessários para a implementação dos sistemas pretendidos, incluindo todos os acessórios e dispositivos afetos às redes. Neste passo também será demonstrado o processo de criação de elementos, sobre a forma de famílias em Revit, que facilitem a modelação. Serão apresentadas diferentes vertentes, uma com o edifício sem qualquer tipo de sistemas de reaproveitamento de águas, e outro com a inclusão destes sistemas, fazendo uma comparação entre as diferenças observadas nas redes prediais. Para automatizar processos na modelação da área técnica, será criado um script em *Dynamo*.

Realizada a modelação irão ser analisados os cenários modelados com uso das ferramentas de certificação de sustentabilidade apresentadas, demonstrando o impacto que a incorporação dos sistemas teve no projeto. A par desta análise de sustentabilidade será também realizado um estudo sobre o custo do investimento inicial.

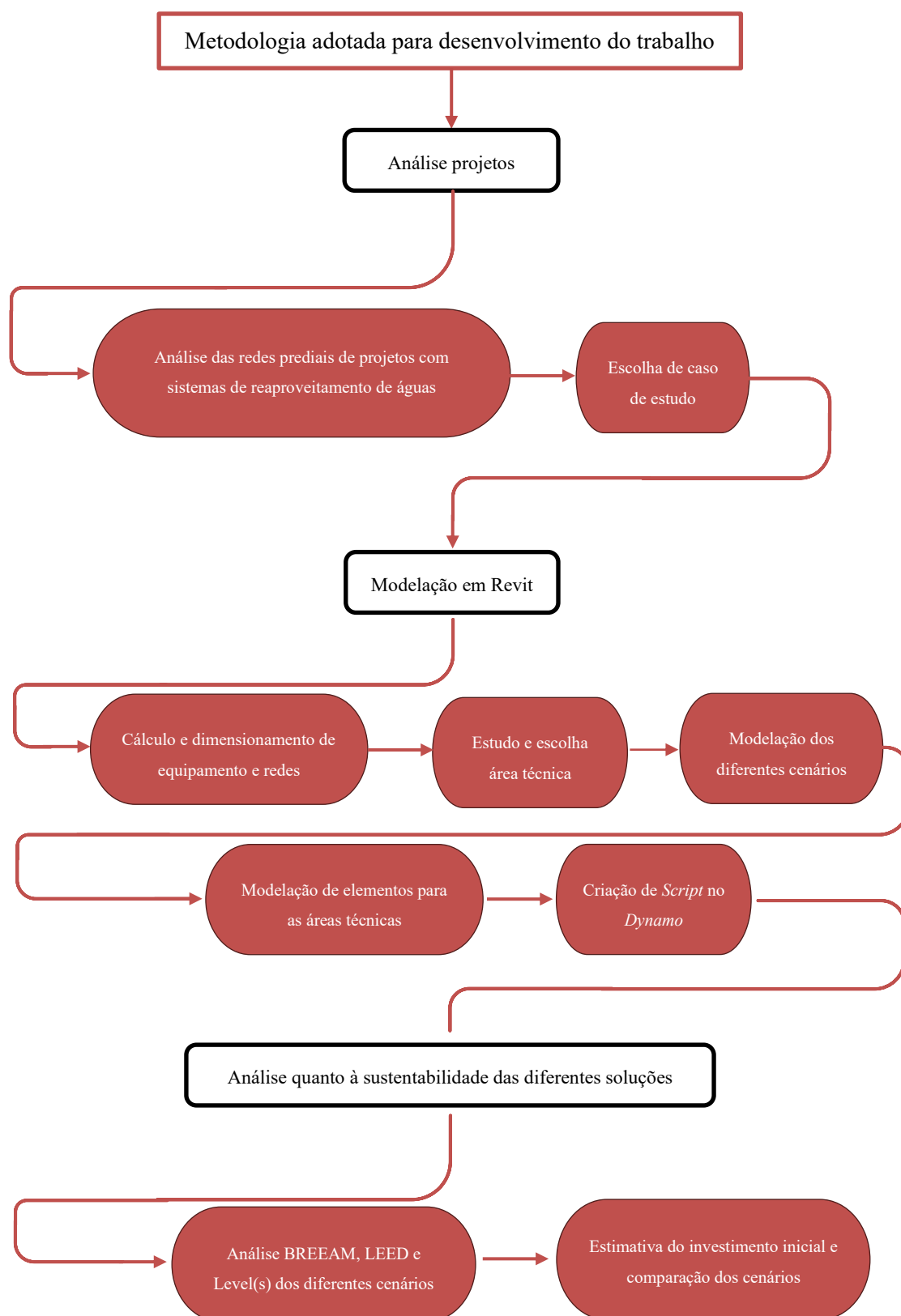


Figura 22 - Fluxograma da metodologia do trabalho

3.2. CASO DE ESTUDO

3.2.1. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR

Este caso de estudo trata-se de um edifício multifamiliar, situado em Oeiras, cujo projeto se encontra em desenvolvimento na Bim Source. O modelo 3D deste projeto é apresentado na Figura 23.

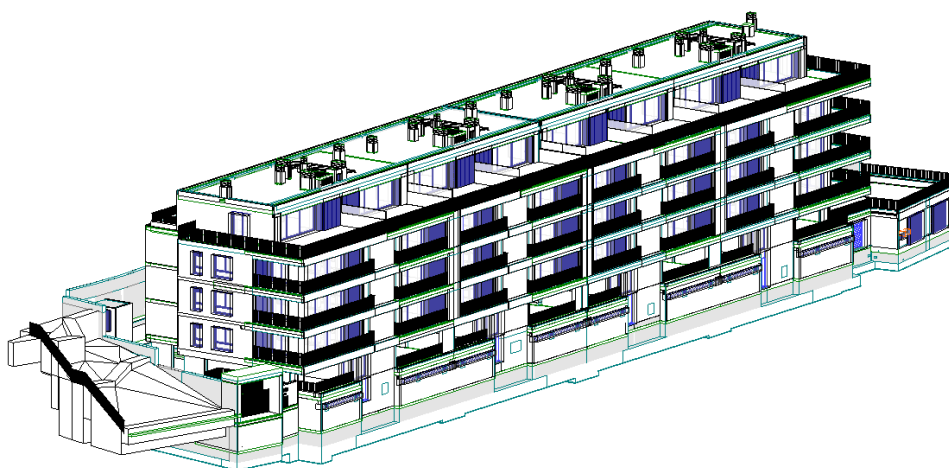


Figura 23 – Modelo 3D edifício multifamiliar

O edifício apresenta 4 pisos acima do solo, destinados à habitação, e 1 piso enterrado, destinado ao estacionamento dos seus ocupantes. O piso 0 é um espaço comum a todo o edifício onde se situam os acessos para os pisos superiores. Os pisos 1 e 2 são iguais, sendo que apresentam 8 apartamentos da tipologia T3, em cada piso. Nos últimos dois pisos, 3 e 4, existem 8 apartamentos da tipologia T3 Duplex, ou seja, frações que ocupam os dois pisos. Há assim no total 16 apartamentos T3 e 8 apartamentos T3 duplex no edifício.

Fração de tipologia T3: Representada na Figura 24 (são apresentadas duas frações), esta tipologia apresenta três WC (com três bacias de retrete, quatro lavatórios, dois chuveiros e um bidê) uma delas pertencente ao quarto e uma cozinha (com um lava-louça, uma máquina de lavar louça e uma máquina de lavar roupa). As frações na extremidade oposta à representada apresentam ligeiras diferenças na área das divisões, mas basicamente indiferente para a rede de abastecimento e drenagem de águas, já que apresentam o mesmo número de equipamentos.

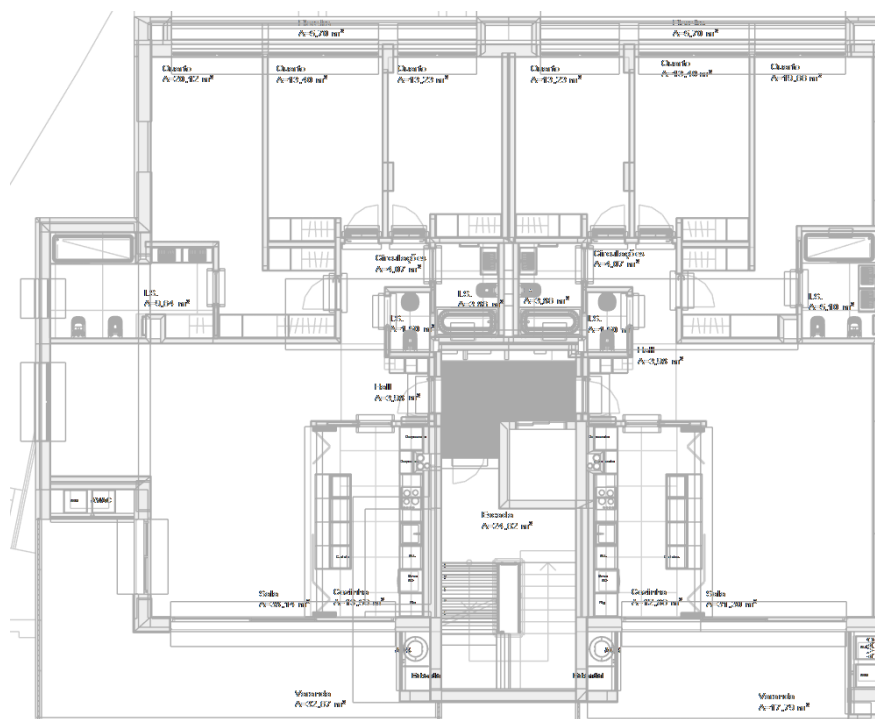


Figura 24 – Frações da tipologia T3

Fração da tipologia T3 Duplex: Na Figura 25 está ilustrado este tipo de tipologia através de um modelo 3D devido à dificuldade de representar em planta na medida que estas frações contêm dois pisos. O piso 3 que contém o primeiro piso do apartamento é semelhante aos apresentados na tipologia anterior, com inclusão do piso 4 que apresenta mais um WC e um lavatório na parte exterior da varanda. Assim, a fração apresenta esta fração apresenta, em adição à tipologia T3, três lavatórios, um chuveiro, um bidê e uma bacia de retrete.

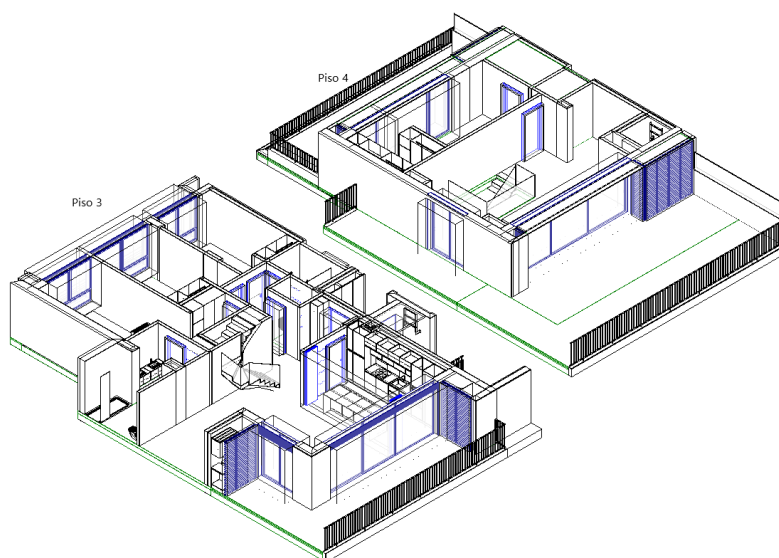


Figura 25 - Fração tipologia T3 Duplex

Na Tabela 7 é apresentado uma síntese da composição do edifício.

Tabela 7 – Composição do edifício

	Utilização	Tipologia
Cobertura	-	-
Piso 3 e Piso 4	Área Habitação	8 frações da tipologia T3 Duplex
Piso 2	Área Habitação	8 frações da tipologia T3
Piso 1	Área Habitação	8 frações da tipologia T3
Piso 0	Zona comum para entrada nas frações	-
Piso -1	Zona estacionamento e área técnica de abastecimento de água e ligação à rede pública	-

Na Tabela 8 é apresentado a quantidade de equipamentos por tipologia e por fração no edifício do caso de estudo, que irá ser útil para a análise de sustentabilidade que será exposta nos capítulos seguintes.

Tabela 8 - Quantidade de equipamentos por tipologia

Tipologia da Fração	Quantidade equipamentos						
	Bacia de retrete	Lavatório	Chuveiro	Bidê	Lava-Louça	Máquina de lavar roupa	Máquina de lavar louça
T3	3	4	2	1	1	1	1
T3 Duplex	4	7	3	2	1	1	1

3.2.2. Redes prediais no edifício multifamiliar

De forma a ser possível demonstrar o impacto que a inclusão de sistemas de reaproveitamento de águas têm em projeto irão ser apresentados dois cenários diferentes no que diz respeito à modelação das redes prediais. Os cenários 1 e 2 representarão redes prediais tradicionais, isto é, sem reaproveitamento de qualquer tipo de água, sendo toda a água consumida proveniente da rede pública. Para os cenários 3 e 4 irão ser adicionados os sistemas de reaproveitamento de águas e as alterações nas redes prediais necessárias para o correto funcionamento dos mesmos.

Tabela 9 - Cenários a apresentar na modelação das redes

	Descrição
Cenário 1 e 2	Projeto de instalações hidráulicas sem a inclusão de sistemas de reaproveitamento de águas
Cenário 3 e 4	Projeto de instalações hidráulicas com a inclusão de sistemas de reaproveitamento de águas

Para a modelação das redes serão necessários alguns pressupostos, que já foram discutidos no desenvolvimento do projeto na Bim Source.

Rede de abastecimento de água:

O abastecimento de água no edifício é realizado através de dois patamares, um primeiro gravítico (até ao piso 1) e um pressurizado (nos restantes pisos), em função da pressão da rede pública disponível, que não é suficiente para abastecer todos os pontos da rede em boas condições de pressão e caudal diretamente da rede pública. Ambas são abastecidas pelo mesmo ramal e parte da rede é pressurizada com recurso a um grupo hidropressor de velocidade variável.

O troço imediatamente a jusante da central de abastecimento alimenta as baterias de contadores que estarão localizadas em zona técnica no Piso -1. A partir da bateria de contadores, após passar pelo respetivo contador, será alimentada cada uma das frações. O troço localizado entre o contador e a entrada da respetiva fração é feito através de zona comum. Existirão duas baterias de contadores, uma para a rede gravítica, que abastece as respetivas zonas comuns, incluindo pontos de lavagem dos pavimentos exteriores e estacionamento, e outra bateria para o abastecimento de águas nas diferentes frações. Será instalada uma válvula de seccionamento à entrada de cada zona independente que permitem o corte na alimentação de água sem prejuízo dos restantes compartimentos. Toda tubagem andarà em teto falso nas frações, fazendo a descida para abastecimento dos equipamentos por trás dos lavatórios e lava-loiças.

A rede de água quente será destinada a alimentar todos os aparelhos sanitários previstos no projeto, exceto máquinas e bacias de retrete. De modo a garantir a existência de água quente em qualquer ponto da rede em qualquer momento, será executada uma rede de retorno na rede de abastecimento de água sanitária nos apartamentos. Os princípios de distribuição da rede de água quente e retorno serão similares à água fria.

Rede de drenagem de águas residuais:

De um modo geral, as redes de drenagem de águas residuais serão compostas por tubos de queda instalados na courette, seguindo a arquitetura do edifício, que serão coletados por redes suspensas que irão conduzir todo o caudal para as caixas de ramal de ligação (CRL) de forma a proceder a ligação à rede pública.

A drenagem dos dispositivos será feita através de ramais individuais que irão ligar a uma caixa pavimento. Nesta caixa vão-se reunir os ramais de diferentes aparelhos e prosseguirá um único ramal coletivo até ao tubo de queda mais próximo. Isto à exceção da bacia de retrete, cujo ramal de descarga liga diretamente ao tubo de queda.

De forma a recolher todos os tubos de queda dos pisos superiores, a rede suspensa terá de ser localizada no Piso 0, onde depois fará a ligação, descendo até ao Piso -1 onde ligará à CRL.

Para bom funcionamento da rede serão instaladas bocas de limpeza nas redes suspensas sempre que estas mudarem de direção, na parte superior junto à mais alta inserção do ramal de descarga no tubo de queda e na parte inferior do tubo de queda na ligação com as redes horizontais.

A fim de evitar diminuição excessiva do pé-direito (no caso de tubagem suspensa no teto) irá ser adotada uma inclinação de 1%, sendo que os calibres da tubagem serão dimensionados para esta situação.

Para evitar a dessifonagem dos aparelhos deve garantir-se a ventilação da rede, através da ventilação da primeira caixa de visita e coletor suspenso. Neste caso todos os tubos de queda serão prolongados à cobertura para ventilação das redes.

Rede de drenagem de águas pluviais:

A rede de drenagem de águas pluviais capta a água na cobertura, nas zonas exteriores e nos pavimentos de zonas técnicas, se tal for o caso, e conduz toda a água através de tubos de queda instalados nas courettes no edifício para uma rede suspensa. A recolha e condução das águas pluviais das coberturas aos ramais de descarga e tubos de queda, deverão ser efetuadas com o complemento da existência de caleiras de dimensão franca e dotadas de descarregadores de superfície, de modo a fazer face a potenciais entupimentos por falta de limpeza ou mesmo por grande quantidade de caudal concentrado, devido a um valor elevado de índice de precipitação, por exemplo.

Sendo realizada a captação da água na cobertura e nos terraços através de ralos ligados a tubos de queda, a água é depois conduzida até à rede suspensa no teto do piso 0 e, após recolher todos os tubos de queda, desce ao piso -1 onde ligará para a CRL.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS TÉCNICAS

3.3.1. CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTO E REDES

Para escolher a área técnica em que irão existir estes sistemas, primeiramente é necessário realizar o seu dimensionamento e a quantidade de espaço necessária para a inclusão dos mesmos. Irá ser preciso apurar as características técnicas do edifício em questão, como por exemplo, a quantidade de água que será possível recolher, tanto das águas da chuva como águas cinzentas. Será necessário também dimensionar os tanques de armazenamento de forma que maximizem a sua eficiência financeira, que como demonstrado no Capítulo 2, o maior investimento neste tipo de sistemas dá-se com o tamanho deste reservatório. É preciso também ter atenção ao tipo de solução adotada e em que cota irá ser instalada devido a preocupações com a manutenção dos sistemas e eficiência dos mesmos. Estas, e outras, preocupações irão ser avaliadas no presente capítulo.

É fundamental calcular a capacidade de produção de águas de possível tratamento e estimar o seu consumo pelos ocupantes da infraestrutura de forma a dimensionar o sistema da melhor forma. No caso do aproveitamento de águas pluviais, é importante conhecer a localização do empreendimento de forma a estimar a pluviosidade da região e a área de cobertura disponível para captação. Irá ser utilizada uma estimativa, com dados no cenário RCP4.5 entre os anos de 2011 a 2040 fornecidos pelo Portal do Clima [45], da região da área metropolitana de Lisboa, onde está situado Oeiras. Este cenário é uma representação plausível e simplificada do clima futuro, sendo que o RCP4.5 é uma patamar de estabilização intermediário em que o forçamento radiativo está estabilizado a aproximadamente $4,5 \text{ Wm}^{-2}$ e $6,0 \text{ Wm}^{-2}$ após 2100 [45]. Na Tabela 10 encontra-se representado uma síntese dos dados a utilizar, onde foi utilizado um coeficiente de escoamento, C, com o valor de 1 de forma a simplificar o cálculo e uma eficiência do sistema comum de 80%, e onde podemos retirar o valor do volume diário recolhido de água da chuva.

Tabela 10 - Dados sobre precipitação na zona do caso do estudo

	Região	Area Cobertura Recolhida (m ²)	Coefficiente de Escoamento (C)	Eficiência do sistema	Area Ponderada
	Lisboa	750	1	80%	600 m ²

	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação média mensal IPMA (mm)	101,3	89,7	79,4	56	37,4	13,4	3	5,6	22,1	64	95,2	125,8
nº dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Volume diário recolhido (m ³)	2,0	1,9	1,5	1,1	0,7	0,3	0,1	0,1	0,4	1,2	1,9	2,4
Volume mensal recolhido (m ³)	60,78	53,82	47,64	33,60	22,44	8,04	1,80	3,36	13,26	38,40	57,12	75,48

É também necessário realizar uma estimativa sobre o consumo de água feito pelos ocupantes do edifício e para fins de rega, sabendo que a água reaproveitada será utilizada para descargas de sanitas, redes de rega e limpeza e lavagem de roupa como água não potável. A população total foi obtida de acordo com a tipologia das frações, ou seja, para um T3 estima-se 4 ocupantes, obtendo assim uma ocupação total de 104 habitantes. Assim foi estruturada a Tabela 11 que mostra o consumo de água no edifício para utilizações em que é possível utilizar água não potável. Foi utilizado uma média de 180 litros de água consumidos por dia por habitante, sendo um valor que se encontra presente na metodologia Level(s), mais concretamente, no template, em formato Excel, do indicador de utilização eficaz dos recursos hídricos, para o consumo de água por habitante em Portugal [46]. Para a percentagem de água utilizada em WC's e em máquinas de lavar foi utilizado uma média de um estudo previamente realizado pela Bim Source em que se estima que 19% da água seja utilizada em descargas e 14% utilizada em máquinas de lavar, totalizando assim os 33%. A água também será usada para fins de rega da área verde do empreendimento em questão, que totaliza 376 m², como exposto na Tabela 11. Foi utilizado um valor de 5 l/dia/m² e assim totalizando um valor a rondar os 2 m³ e assim um total de água não potável consumida de 8 m³ como mostrado na Tabela 11, novamente.

Tabela 11 - Consumo de água no edifício

Uso de água no Edifício						
Tipo de Ocupação	População Total	Capitação (lts/dia/hab)	Consumo Diário (litros)	Consumo Diário (m ³)	Água utilizada em WC e máquinas de lavar	Volume de água consumido em descargas e máquinas de lavar
Habitação	104	180	18720	19	33%	6

Uso de água para rega				
Tipo de uso	Area total (m ²)	Consumo l/dia/m ²	Consumo Diário (lts)	Consumo Diário (m ³)
Rega	376	5	1880	2

Consumo diário Total	8 m ³
----------------------	------------------

Quanto à produção de águas cinzentas no edifício, no seguimento da estimativa utilizada para o consumo de água não potável no edifício, que incluía a água utilizada em descargas e em máquinas de lavar roupa e que totalizava 33% do consumo total em edifícios de habitação, ao retirar o consumo dos lava-loiças que totaliza 17% e 2% do consumo das máquinas de lavar roupa do consumo total doméstico, devido ao maior valor de carga poluente, ficamos com 48% do consumo total que pode ser utilizado como água cinzenta. Este valor inclui águas utilizadas em lavatórios, chuveiros e banheiras. Com este raciocínio, e com uma eficiência do sistema de 80% chegou-se a um valor de 7,2 m³ de águas cinzentas produzidas diariamente, como representado na Tabela 12.

Tabela 12 - Produção de águas cinzentas no edifício

Uso de água no Edifício							
Tipo de Ocupação	População Total	Capitação (lts/dia/hab)	Consumo Diário (lts)	Consumo Diário (m ³)	Percentagem de águas cinzentas produzidas	Eficiência Sistema	Valor total de águas cinzentas produzidas(m ³)
Habitação	104	180	18720	19	48%	80%	7,2

Através do somatório de ambos os valores de águas reaproveitadas, disposta na Tabela 13, percebe-se que a capacidade de reaproveitamento de águas difere nos diferentes meses, devido à estimativa de precipitação utilizada, e apresenta valores desde 7,3 m³ a 9,6 m³. Considerando que a necessidade máxima de águas não potáveis é de 8 m³ diários, em alguns meses do ano, devido à menor pluviosidade, o volume total de água reaproveitada não alcança os valores necessários e será assim expectável a utilização de água da rede pública em conjunto com a água reaproveitada. É de notar também nos meses de maior necessidade de rega, na estação mais quente, que a capacidade de reaproveitamento é menor.

Tabela 13 - Volume total possível de água reaproveitada

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume total possível de água reaproveitada (m ³)	9,2	9,1	8,7	8,3	7,9	7,5	7,3	7,3	7,6	8,4	9,1	9,6

3.3.2. DIMENSIONAMENTO DAS ÁREAS TÉCNICAS E DAS REDES DOS SISTEMAS

3.3.2.1. Dimensionamento da área técnica e rede do SAAP

Para o dimensionamento do sistema SAAP será utilizada a ETA 0701 da ANQIP [31], que embora não seja regulamentada, é a especificação técnica mais indicada para o estudo em caso. Esta especificação técnica afirma que as cisternas devem ser dimensionadas de acordo com critérios económicos, técnicos e ambientais, como já fora referido anteriormente. Recomenda também que o volume total (V_t) seja, no mínimo 20% superior ao volume útil (V_u), para ter em atenção o volume morto e a profundidade da boca de captação. Irá ser utilizado um período de reserva inferior a 30 dias, como indicado na especificação técnica, dado que não existe uma utilização significativa da água para rega.

Dado ao tipo de edifício, relativamente de pequena dimensão, a cisterna pode ser dimensionada através de métodos simplificados. A expressão seguinte mostra o cálculo do volume (V em litros) da cisterna a utilizar no sistema:

$$V = \text{Min} (V1 \text{ ou } V2) \quad (1)$$

Sendo que,

$$V1 = 0,0015 * P * A * N \quad (2)$$

E,

$$V2 = 0,0027 * C_{AE} * N \quad (3)$$

Em que, V1 é o volume disponível, V2 o volume necessário, P refere-se à pluviosidade média anual no local de instalação, A diz respeito à área de captação, N especifica o número máximo de dias de retenção de água na cisterna e C_{AE} é o consumo anual estimado. Todos estes valores necessários para o cálculo do volume da cisterna já se encontram no subcapítulo anterior.

A área técnica do SAAP irá também conter um filtro de modo a proceder à remoção de detritos e poeiras da água pluvial captada, e este irá estar presente no interior de uma caixa de visita de águas pluviais, sendo que o seu dimensionamento é realizado em função da área de captação. Este equipamento será escolhido no capítulo seguinte, bem como a sua modelação, como irá ser apresentado.

Também será necessário a bombagem da água tratada para abastecimento dos equipamentos e, dependendo da zona escolhida para a área técnica, poderá também ser necessário um grupo de bombagem para a drenagem de eventuais excedentes de água no sistema.

O dimensionamento da restante rede em suporte do SAAP, deverá ser feita de modo análogo ao dimensionamento da rede potável e para idênticos níveis de conforto, neste caso conforto médio. Será necessário a criação de uma rede de água não potável com ligação a todos os equipamentos que a irão utilizar e uma rede de drenagem que irá conduzir a água captada para a área técnica.

3.3.2.2. Dimensionamento da área técnica e redes do SAAC

Para o dimensionamento da área técnica do SAAC irá ser consultada a ETA 0905 da ANQIP [24], que embora não seja regulamentada, novamente, é a norma portuguesa mais indicada para o estudo em caso. Tem como base a norma europeia EN16941-1 que não se refere ao dimensionamento do sistema em si, mas sim ao cálculo da quantidade de água cinzenta produzida e consumida pelos ocupantes do edifício, sendo esta idêntica à realizada neste trabalho.

O sistema que irá ser utilizado neste caso de estudo, é o um sistema semelhante ao apresentado no Capítulo 2, em que existe uma cisterna de água bruta, ou seja, água cinzenta drenada diretamente dos equipamentos, um equipamento que realiza o tratamento da água e uma cisterna de água tratada que servirá de abastecimento como água não potável. Foi escolhido este tipo de sistema devido à área que ocupa, sendo bastante mais compacto que outros comparáveis, e embora tenha uma capacidade de tratamento por m^3/h menor que outros possíveis sistemas, é perfeitamente adequado para o uso num edifício desta dimensão.

Na análise do caso de estudo já desenvolvido na Bim Source, no Capítulo 2, o sistema de aproveitamento de águas cinzentas é diferente do que será modelado. O sistema presente nesse projeto é mais

direcionado para grandes caudais de água, fruto da tipologia e da dimensão do edifício, sendo que este tipo de sistemas dificilmente poderia ser implementado devido à sua maior complexidade, maior ocupação de espaço, e no fundo, uma capacidade de tratamento de águas demasiado elevada. Desta forma, e na necessidade de utilizar um sistema mais compacto foram procuradas empresas especializadas em estações de tratamento de águas cinzentas, de forma a implementar no projeto a ser estudado. Para maior fidelidade deste sistema, foi pedido à empresa o ficheiro 3D do sistema escolhido, pois caso contrário, dificilmente iria ser realizada a modelação exata de um sistema deste tipo.

Desta forma o equipamento escolhido foi o sistema GRISAL-AUT 3, fornecido pela Salher, demonstrado na Figura 26. Este sistema realiza o tratamento às águas cinzentas, sendo necessário os tanques de água bruta e de água tratada. O sistema apresenta dois elementos principais para realizar o tratamento das águas, o filtro de alto rendimento e o depósito reativo que realiza o tratamento da água através de radiação ultravioleta.

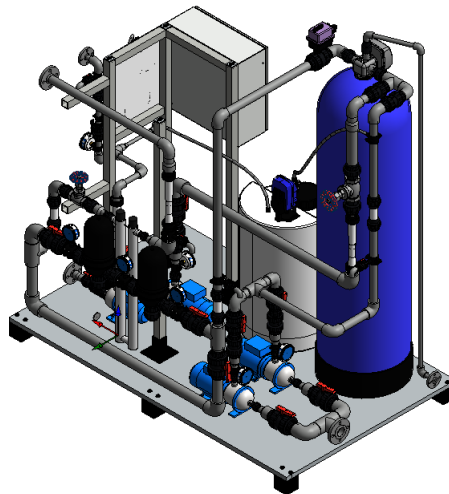


Figura 26 - Sistema GRISAL-AUT da Salher

Não existe especificado no documento da ANQIP o dimensionamento para este tipo de sistemas, sendo o que está representado, uma descrição mais geral. No entanto, para dimensionamento adequado das cisternas e do equipamento de tratamento de águas cinzentas, será utilizada informação do fornecedor do equipamento, neste caso a informação disponível no seu catálogo [47]. É importante referir que embora exista a possibilidade de tratamento de $7,2 \text{ m}^3$ de água por dia, a afluência de água no sistema não acontece toda à mesma hora do dia, e assim é apenas necessário dimensionar o equipamento de tratamento de águas cinzentas para o caudal de pico. Com isto, é assumido que existem dois horários do dia em que se atinge o caudal de pico, ao início do dia e ao final da tarde, já que é habitual que nestes horários exista maior número de ocupantes nas frações.

Na Figura 27 são apresentadas as características deste equipamento, em que, na primeira coluna à esquerda são dispostas as diferentes capacidades do equipamento que escolhermos, em que conforme aumentamos a capacidade de tratamento de águas por m^3/h , aumentamos também a potência utilizada e, por consequência, o custo de utilização o espaço ocupado pelo equipamento e o custo inicial. É importante não sobre dimensionar o equipamento a utilizar e ter em atenção a capacidade de produção de águas cinzentas do edifício. Nas colunas referentes aos tanques de água, são apresentadas

recomendações do fabricante do equipamento quanto ao volume necessário em consequência da capacidade de tratamento de águas escolhida, sugestão que será utilizada no âmbito deste trabalho.

Assim tendo em consideração que existirão dois caudais de pico, onde será utilizada a maior parte da água calculada, o equipamento escolhido necessitará de apresentar uma capacidade de tratamento por m³/h que se adeque a um valor próximo da metade do total da água consumida, já que existirá de igual forma consumo de água ao longo de todo o dia, apenas numa quantidade mais reduzida do que nos caudais de pico.

M3/H	TANQUE ÁGUA BRUTA ENTERRADO			TANQUE ÁGUA LIMPA SUPERFÍCIE	
	CVC-E [LITROS]	MEDIDAS [MM]	BOMBAS [UD. X KW]	CVC-FP [LITROS]	MEDIDAS TA LIMPA [M]
0,25*	1000	Ø 1,2 X H 1	1 X 0,55	1000	Ø 1,2 X H 1,3
0,5	1000	Ø 1,2 X H 1	1 X 0,55	1500	Ø 1,2 X H 1,33
1	1000	Ø 1,2 X H 1	1 X 0,55	2000	Ø 1,4 X H 1,3
1,5	1000	Ø 1,2 X H 1	1 X 0,55	3000	Ø 1,4 X H 2,1
3	1500	Ø 1,2 X H 1,45	1 X 0,75	5000	Ø 1,7 X H 2,25
5	1500	Ø 1,2 X H 1,45	1 X 0,75	7000	Ø 1,7 X H 2,25
7,5	2000	Ø 1,4 X H 1,44	1 X 1,5	10000	Ø 2,25 X H 2,52
10	3000	Ø 1,7 X H 1,79	1 X 2	12000	Ø 2,5 X H 2,5
15	5000	Ø 2 X H 1,8	1 X 2	20000	Ø 3 X H 2,82

Figura 27 - Informação sistema GRISAL-AUT [47]

Sendo que apenas serão utilizadas águas cinzentas provenientes das casas de banho, existirão duas redes de drenagem de águas residuais distintas, uma delas que irá encaminhar diretamente esta água para a rede pública, que é o caso que já está presente no caso de estudo, e outra que encaminhará a água para a área técnica para posterior abastecimento ao edifício como água não potável. É também necessária a inclusão de uma rede de abastecimento à cisterna de água tratada em caso de escassez de água cinzenta tratável, e também uma rede de drenagem para a rede pública no caso de excesso, que pode ou não incluir um grupo de bombagem, dependendo da localização do sistema no edifício.

3.3.3. ESCOLHA DAS ÁREAS TÉCNICAS

A escolha da localização adequada para incorporação dos sistemas é fundamental para a eficiência dos mesmos, sendo que existem diversas problemáticas na sua decisão. O impacto em projeto da incorporação de áreas técnicas após o projeto de instalações hidráulicas, de arquitetura e de estruturas se encontrar determinado é bastante significativo, pelo que, em algumas localizações em que numa primeira vista seria possível, existem alguns fatores que a inviabilizam.

É necessário também avaliar as necessidades das áreas técnicas em função da sua localização, isto é, se será necessário um grupo de bombagem para a drenagem de águas de *first-flush* ou de águas que estejam em excesso nos reservatórios.

As problemáticas físicas do projeto também terão de ser tidas em consideração, sendo que, por exemplo, poderá não existir altura suficiente nos pisos para acomodar uma tubagem que faz a coleta de água no edifício, já que esta tubagem terá de ter pendente de pelo menos 1%. Se a extensão do edifício for de 30

metros esta tubagem iria descer 30cm e dependendo do espaço vertical de cada piso, esta descida pode inviabilizar a localização de uma área técnica que se situe numa extremidade do edifício.

Existe também a possibilidade que caso não exista o espaço necessário para a inclusão das zonas técnicas nos pisos existente, a inclusão da área técnica numa zona enterrada, criando um piso abaixo do solo. Esta solução, de um ponto de vista inicial, assume um custo monetário mais elevado, devido à necessidade de escavação e alteração do projeto de estruturas e arquitetura. É necessário avaliar se a inclusão dos sistemas cumpre com o regulamento a cumprir pelo Plano Diretor Municipal em questão, já que por vezes, os projetos se encontram no limite quanto a algumas diretrizes.

3.4. MODELAÇÃO NO REVIT

Após a escolha do local e do dimensionamento dos componentes das áreas técnicas, é agora apresentado a metodologia seguida para a sua modelação em *Revit*. A modelação consistiu na zona das áreas técnicas, com a realização de uma modelação de arquitetura em acréscimo à modelação *MEP*, uma vez que estes espaços não existiam, à modelação das redes necessárias para a condução das águas a estas zonas e modelação da rede de abastecimento de água não potável. Sendo que no caso das águas pluviais a rede de drenagem existente irá agora direcionar-se para as áreas técnicas, ao invés de ser drenada diretamente para a rede pública e na drenagem de águas residuais irá agora existir duas redes distintas, como explicado anteriormente.

As funcionalidades do *Revit* que serão utilizadas podem agrupar-se da forma exposta na Tabela 14, e cada grupo irá conter a informação disposta na tabela.

Tabela 14 – Funcionalidades Revit utilizadas

Tubagem	Acessórios e fittings	Equipamento sanitário
➤ Modelação; ➤ Classificação do sistema em função da sua finalidade; ➤ Caudal; ➤ Material da tubagem; ➤ Abreviação do sistema para representar em desenho.	➤ Transições de material; ➤ Transições de tubagem; de diferentes diâmetros; ➤ Válvulas; ➤ Caixas de passagem; ➤ Curvas; ➤ Juncão de tubagem.	➤ Equipamentos sanitários (banheira, lavatório...); ➤ Reservatórios; ➤ Caixas de visita; ➤ Bateria de contadores; ➤ Termoacumulador ou cilindro.

A rede irá ser modelada no teto falso do edifício em cada piso, descendo à entrada de cada divisão que irá conter equipamentos sanitários, com as válvulas de seccionamento no ramal vertical, geralmente debaixo do lavatório, quando aplicável. Para cada tubagem será escolhido um sistema, isto é, a escolha da tubagem de acordo com a sua finalidade, que irá separar os diferentes sistemas visualmente (abastecimento de água fria de cor azul e abastecimento de água quente de cor vermelha, por exemplo). Esta escolha de sistemas é também relevante para a separação de redes que contêm a mesma finalidade, de forma a separar por piso ou até por fração a tubagem, de forma a uma melhor gestão da informação contida no modelo. Na Figura 28 está exemplificado o menu para esta funcionalidade do *Revit*, onde

neste caso o sistema atribuído à tubagem selecionada era de abastecimento de água quente que se situava no 1º piso na fração 2.

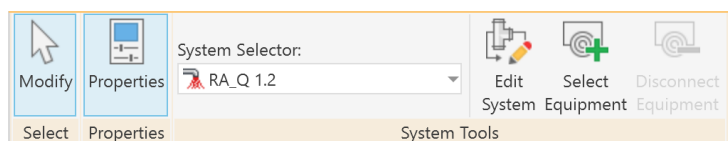


Figura 28 - System selector do Revit

Esta informação é, após criação de um Schedule, que são tabelas contidas internamente no Revit que atualizam automaticamente conforme as mudanças realizadas no modelo e que permitem a adição de qualquer parâmetro presente no modelo, agrupada por sistema com a informação necessária de cada tubagem ou secção, como disposto na Figura 29.

ABT-AQ - Cálculo Tubagem - Geral											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Referência		Caudal	Caudal de	Diametro	Velocidade	Comprimen	Perda de	Perda de Carga	Perda Total	Folga	Perda de
System Name	Secção	Acumula	Cálculo (L/s)	Comercial	m/s	to m	Carga	(bar)	(m.c.a.)	para	Carga Total
RA_Q 1.2											
RA_Q 1.2	1	0.2	0.95	20 mmø	5.36	3.17	1782	0.57 bar	5.77	15%	6.63
RA_Q 1.2	2	1	0.95	32 mmø	1.78	5.54	117	0.06 bar	0.66	15%	0.76
RA_Q 1.2	3	0.1	0.95	16 mmø	9.11	0.10	6813	0.07 bar	0.72	15%	0.82
RA_Q 1.2	4	0.25	0.95	26 mmø	3.01	6.46	425	0.27 bar	2.80	15%	3.22
RA_Q 1.2	5	0.7	0.95	26 mmø	3.01	0.20	425	0.01 bar	0.09	15%	0.10
RA_Q 1.3											
RA_Q 1.3	1	0.2	0.95	20 mmø	5.36	2.97	1782	0.53 bar	5.40	15%	6.21
RA_Q 1.3	2	1	0.95	32 mmø	1.78	5.62	117	0.07 bar	0.67	15%	0.77
RA_Q 1.3	3	0.1	0.95	16 mmø	9.11	0.10	6813	0.07 bar	0.72	15%	0.82
RA_Q 1.3	4	0.25	0.95	26 mmø	3.01	6.26	425	0.27 bar	2.71	15%	3.12
RA_Q 1.3	5	0.7	0.95	26 mmø	3.01	0.22	425	0.01 bar	0.10	15%	0.11

Figura 29 - Schedule com diferentes sistemas

Para a tubagem se comportar de forma inteligente, de acordo com a *Autodesk*, é na especialidade de MEP, maioritariamente, oferecido a funcionalidade dos conectores, que são pontos específicos contidos nos equipamentos sanitários que permitem a conexão com a tubagem. Estes elementos permitem estabelecer um caudal nos equipamentos, e como a tubagem está ligada a esse equipamento através de um conector, o software automaticamente estabelece o caudal que percorre aquela tubagem. Cada família, em que é útil perceber o caudal que irá utilizar, irá fazer o uso dos conectores, sendo que estes podem ainda indicar o fluxo do caudal, como é o caso de um lavatório, por exemplo, que recebe água fria e água quente, portanto dois conectores, e drena a água utilizada, outro conector. Geralmente quando o fluxo tem direção para dentro do equipamento é denominado de In, e quando tem direção para fora do equipamento é denominado de out. Na Figura 30 é apresentado um exemplo de uma família de lavatório, facultada pela Bim Source, em que na zona superior apresenta os conectores destinados ao abastecimento da água e na parte inferior o conector para a drenagem das águas. A existência de conectores permite também com o *System Selector*, apresentado anteriormente, classificar os equipamentos para os diferentes sistemas. No decurso da modelação, no âmbito deste trabalho, todos os equipamentos sanitários irão apresentar estes elementos de forma a realizar o seu dimensionamento de

uma forma mais eficiente. É importante referir que se em algum local da tubagem, se não estiver conectada a nada e o seu caudal for 0, o *Revit* mostrará uma mensagem de erro a informar exatamente isso.

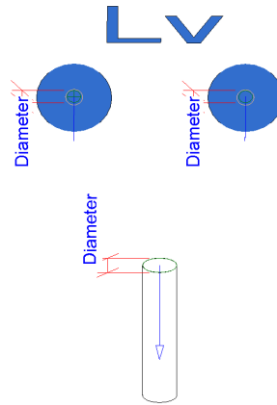


Figura 30 - Conectores de um Lavatório

O sentido dos conectores é importante para outro passo que se segue na modelação, que é o *System Inspector*. Esta ferramenta permite observar o sentido do caudal, onde ele começa e onde acaba, ou mudanças de direção, como demonstrado na Figura 31, de forma a perceber se o sistema está a funcionar da forma correta. Demonstra também informação sobre o caudal em cada tubagem e as suas perdas de carga ao colocar o cursor por cima do elemento desejado.

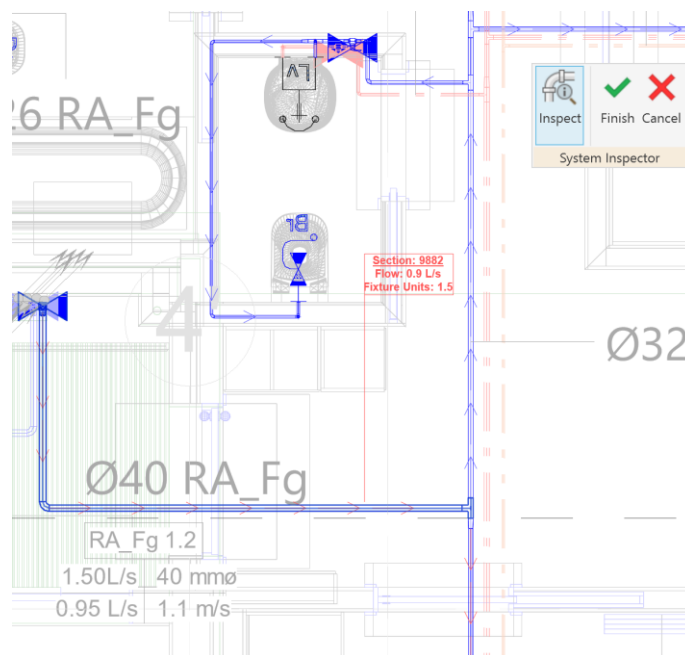


Figura 31 - System Inspector

Após estes passos, podemos prosseguir para o dimensionamento da tubagem, que como dito em capítulos anteriores, a Bim Source utiliza uma forma de dimensionamento automático de acordo com a regulamentação portuguesa dentro do *Revit*. O software disponibiliza este dimensionamento automático apenas de acordo com o *Internation Plumbing Code* de 2012, como mostrado na Figura 32.

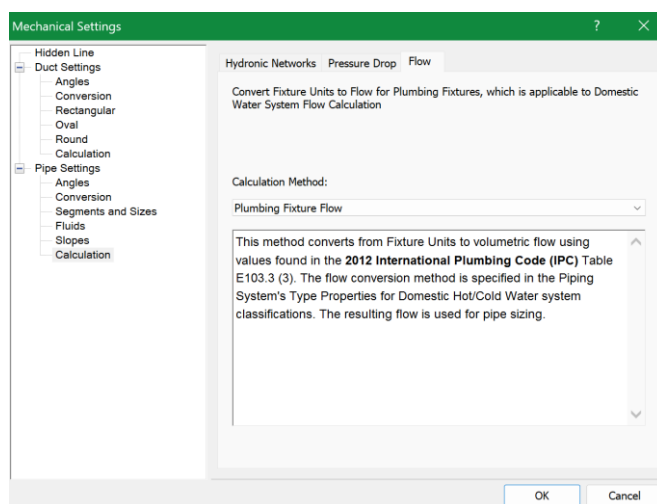


Figura 32 - Método de dimensionamento do Revit

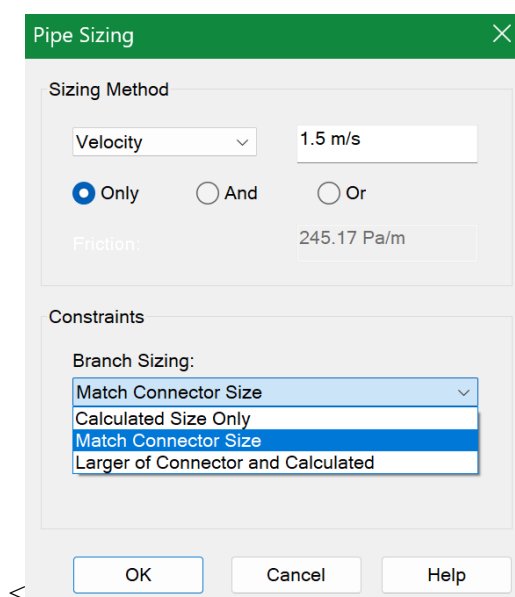


Figura 33 - Pipe Sizing

Com o método de cálculo correto, basta determinar a velocidade pretendida no interior da tubagem, e é calculado o diâmetro do tubo que estabelece uma velocidade mais baixa, mas próxima desse valor pretendido, sendo que neste caso a tubagem irá ser dimensionada com velocidade de 1.5 m/s. Na Figura 33 é exposto este menu que permite realizar o dimensionamento, e é também importante referir as opções sobre o *branch sizing*. Ao escolher a opção de *Calculated Size Only*, o software irá realizar o

dimensionamento do sistema ignorando o diâmetro do conector do equipamento, dimensionando as tubagens com base em parâmetros de projeto. A opção *Match Connector Size* irá automaticamente dimensionar o sistema para corresponder ao diâmetro do conector. E por último, a opção *Larger of Connector and Calculated* irá comparar os dois métodos anteriores e escolher o maior diâmetro.

Ao terminar o dimensionamento, se a ligação da tubagem ao equipamento estiver muito próxima dos equipamentos, e se for alterado o diâmetro no dimensionamento automático, por vezes, pode existir a ocorrência de erros devido à falta de espaço para aplicar os acessórios necessários, sendo assim necessário alterar a opção do Branch Sizing mencionado anteriormente dependendo da situação de cada modelo.

No processo de modelação das redes e equipamentos serão utilizadas famílias, que se definem como um grupo de elementos do modelo que partilham as mesmas características ou parâmetros. Algumas das famílias utilizadas serão importadas do primeiro projeto analisado, enquanto outras serão alteradas ou criadas de raiz para uma melhor implementação no projeto a modelar. Na criação de uma família, estabelece-se a sua geometria para a representação no modelo, mas também os seus parâmetros que é a vertente mais importante, sendo que irá apresentar toda a informação do elemento em questão. Na Figura 34 são apresentados os parâmetros de uma família de lavatório presente no modelo em questão, onde estes estão agrupados por grupos de acordo com o tipo de informação fornecida. Também é possível atribuir fórmulas a cada um, facilitando o cálculo de algum tipo de equipamento em que o seja necessário. Neste estudo em questão irá ser utilizada esta função para do sistema SAAP, já que a quantidade de filtros se relaciona diretamente com a área de captação do edifício, e atribuindo uma área de captação de água da chuva para a família que contém o filtro, automaticamente irá alterar o número de filtros no modelo e a sua geometria.

Parameter	Value	Formula	Lock
Constraints			
Default Elevation	0.000	z	☐
Plumbing			
RAA_Caudal	0.100000	z	
RAA_Perda de Carga Localizada	0.000000 Pa	z	
Simb	Lv	z	
Vent Connection	☒	z	
Waste Connection	☒	z	
CW Connection	☒	z	
HW Connection	☒	z	
Dimensions			
Altura do Conector	400.000	z	☐
Dre-Diametro	40.000	z	☐
Dre-ØLigação	40.000	z	☐
RAA_Diametro	16.000	z	☐
Mechanical			

Figura 34 - Parâmetros de uma família de lavatório

Os parâmetros podem também apresentar diferentes propriedades de acordo com o uso mais indicado de cada um. Existem *Family Parameters*, que são parâmetros que são utilizados apenas no projeto em questão, ou no projeto em que foram criados e que estão apenas indicados para a família, e controlam os aspetos gerais do elemento que ao serem alterados todos os elementos dessa família também sofrem a alteração. O outro parâmetro existente é o *Shared Parameter* que é um tipo de parâmetro que pode ser utilizado em diferentes famílias ou projetos e que é guardado numa pasta que não se relaciona com os modelos, externo, e assim é protegida por qualquer alteração realizada. Este tipo de parâmetro pode ser apresentado numa Schedule e também pode ser utilizado como *Tag*. Permite a consistência da informação, sendo essencial para a eficiência do trabalho no modelo. Na criação de um novo parâmetro pode também ser escolhido se este valor é alterado apenas no elemento da família que consta o parâmetro, *Instance Parameter*, ou se é alterado em todos os elementos da família, *Type Parameter*. Ao seleccionar um elemento, os parâmetros que são exibidos na janela de propriedades do elemento são os *Type Parameters* em que apenas o elemento seleccionado é alterado. Se ao seleccionar o elemento e na janela de propriedades for escolhida a opção de *Edit Type* irão ser apresentados todos os *Type Parameters* da família. Na Figura 35 é apresentado o menu da criação de um novo parâmetro com todas as propriedades mencionadas.

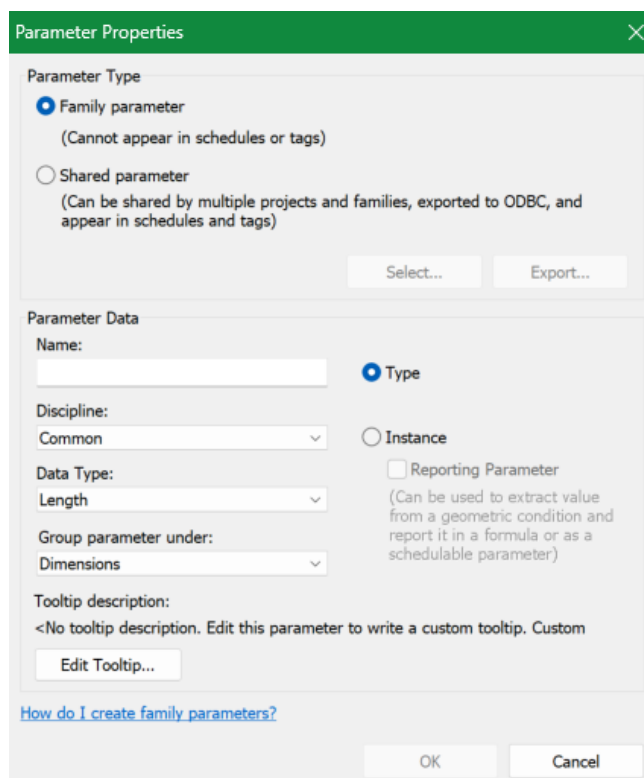


Figura 35 - Propriedades dos parâmetros

3.5. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

Após apresentação geral das metodologias de sustentabilidade apresentadas no Capítulo 2, serão agora analisadas em detalhe para aplicação no caso de estudo. Para melhor compreensão e simplicidade dos subcapítulos de cada certificação, irá ser atribuída uma designação a cada um deles, NomeCertificação-Subcapítulo. Por exemplo, se for o primeiro subcapítulo do *BREEAM* iria ter a designação B-WAT01.

Esta metodologia irá ser utilizada em todas as certificações, exceto no *Level(s)*, já que não apresenta subcapítulos.

Para a análise da sustentabilidade em questão serão criados vários cenários. Sendo que o caso de estudo em questão não apresenta uma proposta sobre as instalações sanitária a utilizar na execução, isto é, não estão ainda definidos os fornecedores e os modelos de qualquer equipamento hidráulico, será assumido num dos cenários a utilização de equipamentos com certificação de eficiência hídrica A, pela classificação da ANQIP, ilustrado na Tabela 15. Noutro cenário, serão utilizados os caudais de cálculo presentes no Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de agosto, demonstrados na Figura 36, sendo que estes valores serão os máximos que qualquer equipamento poderá utilizar, já que a tubagem foi calculada com estes dados. Estes valores que estão apresentados em l/s, serão calculados para l/min, uma vez que é a unidade utilizada pela certificação da ANQIP. Depois, será apresentado um cenário em que irá incluir os sistemas dimensionados e que irão estar modelados com os equipamentos de eficiência hídrica A, e outro cenário com os sistemas e com os equipamentos a utilizar o caudal de cálculo.

Desta forma, serão analisados quatro diferentes cenários com as medidas que serão referidas no presente subcapítulo.

Tabela 15 - Consumo de água de equipamentos hidráulicos com classificação A da ANQIP

Equipamentos hidráulicos	Certificação ANQIP	Consumo de água
Bacia de retrete (Dual-Flush)	A	Vmax= 6,0 - 6,5 l Vmin= 3,0 - 4,0 l
Lavatório	A	$2,0 \leq Q \leq 4,0$ (l/min)
Bidê	A	$2,0 \leq Q \leq 4,0$ (l/min)
Chuveiro	A	$5,0 \leq Q \leq 7,2$ (l/min)
Lava-Loiça	A	$4,0 \leq Q \leq 6,0$ (l/min)
Máquina de lavar roupa	-	-
Máquina de lavar-loiça	-	-

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

Figura 36 - Caudais de cálculo presentes no Decreto Regulamentar 23/95

Não será possível obter o valor de descargas das bacias de retrete utilizando os caudais de cálculo, já que o valor dado é em L/s, e o valor utilizado nas certificações será L/descarga.

No caso das máquinas de lavar roupa e máquinas de lavar louça, a ANQIP, não fornece uma certificação para este tipo de equipamentos, daí o valor não ser preenchido na Tabela 15.

O cálculo com os caudais demonstrados na Figura 36, não será possível também, uma vez que é necessário o consumo de água por utilização, e o valor que obteríamos seria o consumo de água por um determinado período.

A determinação dos caudais para estes equipamentos será apresentada no próximo capítulo.

Na Tabela 16 estão demonstrados os quatro cenários acima descritos que serão avaliados através da certificação que será apresentada neste subcapítulo.

Tabela 16 - Cenários para avaliação da sustentabilidade do edifício

	Descrição
Cenário 1	Utilização de equipamentos que utilizam o caudal de calculo presente no Decreto Regulamentar 23/95
Cenário 2	Utilização de equipamentos eficientes com certificação de eficiencia hídrica A da ANQIP
Cenário 3	Cenário 1 + Inclusão do SAAC e do SAAP
Cenário 4	Cenário 2 + Inclusão do SAAC e do SAAP

3.5.1. BREEAM

Como exposto anteriormente, o *BREEAM* apresenta quatro subcapítulos no que diz respeito à eficiência hídrica, o B-WAT01 que apresenta o maior número de créditos possíveis a obter e que diz respeito ao consumo de água, o B-WAT02 que aborda a existência de ferramentas de monitorização da água consumida, o B-WAT03 que se refere à deteção de fugas de água na rede, reduzindo o consumo não intencional e o B-WAT04 que diz respeito à eficiência hídrica de equipamentos que não se destinem a uso doméstico e sanitário. É importante referir que o edifício será analisado como “*Partially Fitted*”, ou parcialmente equipado, sendo que isto significa que não se encontra mencionado o tipo de equipamentos hidráulicos a utilizar. É relevante analisar desta forma, pois alguns critérios não se irão aplicar sendo um edifício parcialmente equipado.

Na Tabela 17 é apresentado um quadro síntese com a informação acima descrita.

Tabela 17 - Quadro síntese subcapítulos BREEAM

Designação	Descrição	Créditos possíveis
B-WAT01 - Water consumption	Reduzir consumo de água potável através de acessórios sanitários eficientes, de uso de água da chuva e de água proveniente de sistemas de tratamento de águas cinzentas	5
B-WAT02 - Water monitoring	Utilização de contadores de água para gestão e monitorização do uso de água potável	1
B-WAT03 - Water leak detection	Reduzir consumo não intencional de água instalando sistemas de deteção de fugas e dispositivos de controlo de fluxo	2
B-WAT04 - Water efficient equipment	Reduzir consumo de água em usos não domésticos e sanitários	1

O número de créditos possível pode variar de acordo com a tipologia do edifício, com as necessidades do edifício e com o tipo de informação disponível. Como será explicado à frente, para algumas tipologias do edifício, alguns critérios poderão não ser aplicáveis. A Tabela 17 apresenta o número de créditos possível sem distinguir as diferentes tipologias do edifício.

3.5.1.1. B-WAT01 – Water consumption

O número de créditos atribuídos neste critério é atribuído de acordo com uma comparação de uma eficiência hídrica *Baseline*, ou seja, a eficiência base, comum a todas as avaliações realizadas neste critério, com o que realmente existe ou está projetado num edifício. A percentagem de melhoria desta comparação é o que define o número de créditos atribuídos. Este critério avalia então a eficiência das instalações sanitárias e eficiência dos sistemas de tratamento de águas existentes, fornecendo valores base tabelados e um template, em formato Excel que permite o cálculo da melhoria do consumo de água no edifício. Neste template, denominado de “Wat01 Calculator” é possível introduzir o tipo de edifício a ser avaliado, sendo que, neste caso de estudo, o edifício habitacional insere-se na categoria de “*Other Building*”. Nesta categoria de edifício, é necessário introduzir o número de equipamentos sanitários de cada tipo, ou seja, a quantidade de bacias de retrete, de chuveiros, de lavatórios, por exemplo, e o seu consumo de água de acordo com a unidade especificada, como representado na Figura 37, com alguns equipamentos sanitários.

Water consumption - building microcomponents				
		WC	Wash hand basin taps	Baths
Component assessed for building type (if specified)		Yes	Yes	Yes
Please confirm if this component type is specified in the building and will be installed		Specified	Specified	Specified
Please select the number of different types of specification that you wish to enter for this component type?		1	1	1
Type 1	Water component performance - Type 1	4,00	5,00	150,00
	Units	litres	litres/min	litres
	Please confirm the no. of type 1 components specified	82	123	58

Figura 37 - Eficiência de equipamentos sanitários no "B-WAT01 Calculator"

Estes valores são depois comparados com valores de base, apresentado um excerto desta tabela na Figura 38, fornecidos pelo proprietário da certificação *BREEAM* e é atribuído um nível de desempenho baseado nesses valores de base. Se por exemplo for utilizado uma bacia de retrete com uma descarga que utiliza mais de 3.5L e menos ou 3.75L de água, será atribuído um nível de desempenho a este equipamento de 3, por exemplo. Nesta tabela é também apresentada o nível de eficiência dos sistemas, também relevante para o cálculo dos créditos atribuídos.

Component	Performance levels (quoted numbers are minimum performance required to achieve the level)						Unit
	Base	1	2	3	4	5	
WC	6	4.5	4	3.75	3.5	3	Effective flush volume (litres) (see Definitions on page 216)
Wash-hand basin taps	10	8	6	5	4	3	litres/min
Showers	12	10	8	6	5	3.50	litres/min
Baths	200	180	160	140	120	100	litres
Urinal (2 or more urinals)	7.50	6	3	1.50	0.75	0	litres/bowl/hour
Urinal (1 urinal only)	10	8	4	2	1	0	litres/bowl/hour
Greywater and rainwater system	0%	0%	0%	25%	50%	75%	% of WC or urinal flushing demand met using recycled non-potable water

Figura 38 - Níveis de desempenho base de equipamentos sanitários

É calculado, assim, o nível global de desempenho dos equipamentos sanitários, com um valor do peso de cada equipamento em relação ao tipo de edifício fornecido automaticamente pela ferramenta fornecida. Pela Figura 39, com valores não finais do caso de estudo em questão, percebe-se que foi conseguido um nível de 3.31, este valor sendo arredondado para o cálculo final dos créditos atribuídos.

Total number of fittings for water component		123	58
Averaged water components performance	4,00	5,00	150,00
Level achieved for water component type	2	3	2
Component weighting factor for building type	33%	28,93%	3,76%
Contribution to overall component level achieved	0,67	0,87	0,08
Overall component level achieved	3,31		

Figura 39 - Componente da "B-WAT01 Calculator"

Após o estudo da eficiência dos equipamentos, segue-se a informação sobre a existência, ou não, dos sistemas de tratamento de águas, sendo também necessário a introdução de um valor da percentagem total da água utilizada em descargas do edifício em que é utilizada água não potável, ou seja, água proveniente destes sistemas. Esta informação está disposta na Figura 39.

Non potable water yield - water recycling	
Greywater system specified and installed in compliance with BS8525-1:2010 Greywater Systems - Part 1	Yes
Rainwater system specified and installed in compliance with BS EN 16941-1:2018 Rainwater Harvesting	Yes
Other permissible source of non potable recycled water	No
Please give a brief description of source/system	e.g. waste water from building process
Please select from the drop down list below how you would like to assess performance of the specified system(s) and then system(s)	80,00%
BREEAM component level achieved for water recycling	5

Figura 40 - Informação sobre sistemas de tratamento de águas da "B-WAT01 Calculator"

Com esta informação é apresentado, assim, um valor final dos créditos atribuídos, sendo importante referir que mesmo que seja atingido um valor máximo de eficiência dos sistemas de tratamento de águas, o valor final de créditos atribuído está limitado pelo nível atingido na eficiência dos equipamentos sanitários. Isto é, se for apenas conseguido o nível 1 na eficiência dos equipamentos sanitários e um nível 5 na eficiência dos sistemas, os créditos finais estão limitados a apenas 3, ao contrário do máximo de 5, por exemplo. Assim, mesmo que os sistemas sejam extremamente eficientes e atinjam um nível máximo estão sempre limitados pela eficiência dos equipamentos sanitários, como exposto na Figura 41.

	Greywater and rainwater level achieved (see Water efficient consumption levels by component type on the next page)		
	-	Level 4	Level 5
Overall component level			
Baseline	0 credits	1 credit	2 credits
Level 1	1 credit	2 credits	3 credits
Level 2	2 credits	3 credits	4 credits
Level 3 or 4	3 credits	4 credits	5 credits
Level 5	4 credits	5 credits	5 credits

Figura 41 - Cálculo dos créditos em função do nível atingido da "B-WAT01 Calculator"

3.5.1.2. B-WAT02 – Water Monitoring

Este critério terá o propósito de identificar e monitorizar grandes consumos de água para melhorar a gestão e manutenção e encorajar redução em consumo desnecessário dos recursos hídricos. Para atribuição de créditos deste critério é necessário a existência de contadores no abastecimento de água de todos os edifícios estudados. É também exigido para todas as frações em que o consumo de água supere 10% do total a instalação de um subcontador de água facilmente acessível. Em acréscimo à instalação destes equipamentos é exigido, também, a ligação dos mesmo a um sistema de monitorização e gestão das instalações do edifício.

Sendo o edifício em questão de tipologia habitacional já existe em projeto um contador para cada fração e um contador para o abastecimento de água proveniente da rede pública para todo o edifício.

Este crédito atribuído por este critério é assim bastante acessível de um ponto de vista financeiro de incluir em qualquer edifício, sendo que a grande maioria já apresenta estas medidas mesmo sem a necessidade da certificação.

3.5.1.3. B-WAT03 – Water Leak Detection

Este critério tem como finalidade a redução do desperdício de água potável proveniente de fugas na tubagem, reduzindo assim os custos no consumo de água. Este critério divide-se em duas partes: um crédito para um sistema de deteção de fugas e um crédito para equipamentos de controlo de fluxo. O sistema de deteção de fugas define-se como um sistema permanente automatizado de deteção de fugas que alerta os ocupantes do edifício para a fuga e é ativado quando o fluxo de água que passa na tubagem está acima de um máximo definido previamente por um período também definido previamente. É necessário a sua instalação entre edifícios, se tal for o caso, ou entre o edifício e as instalações de abastecimento de água.

Para ser alcançado outro crédito, em todo o tipo de edifícios exceto os de tipologia residencial, é necessário também a instalação de um equipamento de controlo de fluxo que regula o abastecimento de água a todas as zonas sanitárias de modo a diminuir desperdício de água não detetado e fugas provenientes de acessórios da tubagem.

Para o caso da tipologia do edifício for residencial, para atribuição de um crédito, terá de haver válvulas de seccionamento, facilmente acessíveis, que permite isolar a água quente e água fria independentemente na entrada da fração, lavatórios, chuveiros, nos sistemas de aquecimento de água, e nos eletrodomésticos com necessidade de água.

3.5.1.4. B-WAT04 – Water Efficient Equipment

Este critério tem como fundamento a redução do consumo de água potável para fins não domésticos ou sanitários. Estes fins englobam os seguintes usos de água: Piscinas, jacúzis ou piscinas de hidroterapia, equipamento de rega, equipamento de lavagem de automóveis, serviços do edifício (por exemplo, sistemas de humificação, torres de refrigeração). Se o edifício não apresentar nenhum uso de água que não seja doméstico ou sanitário, este critério não é aplicável nesse caso e para obter o crédito é necessário identificar um processo ou sistema que reduza o consumo de água através de boa prática ou por especificação de equipamentos mais eficientes. No fundo, este critério avalia a eficiência do consumo de água no edifício em todos os usos que não são especificados no critério B-WAT01.

No caso de estudo em questão, o único uso não doméstico e sanitário é o consumo de água para irrigação, e então irá ser estudado este uso de água em específico.

3.5.2. LEED

Seguindo a mesma metodologia da nomenclatura da certificação anterior, a designação dos critérios do LEED acrescentará apenas o termo de Pré-Requisito, sendo que nesta certificação existe esta diferenciação entre os critérios que realmente alcançam créditos e os critérios que são obrigatórios para obter a certificação. Desta forma, os critérios que são um Pré-Requisito, na sua designação irão conter um P, como por exemplo, L-PWE01, que é um critério do *LEED*, L, que é um Pré-Requisito, P, que consta no capítulo de *Water Efficiency*, WE, e é o 1º critério a ser analisado neste trabalho, 01.

Como referenciado anteriormente, a certificação *LEED* apresenta três pré-requisitos: L-PWE01, L-PWE02 e L-PWE03; e apresenta onze possíveis créditos repartidos por quatro diferentes critérios: L-WE04, L-WE05, L-WE06 e LWE07. Esta informação encontra-se sintetizada na Tabela 18.

O caso de estudo em questão será classificado como “*New Construction*”, o que revela, uma vez que diferentes tipologias apresentam um diferente número de créditos em alguns dos critérios que serão apresentados.

Alguns dos critérios serão referenciados no mesmo subcapítulo, uma vez que os critérios que apresentam a mesma designação são basicamente complementares dos pré-requisitos, isto é, o pré-requisito L-PWE01 é complementado pelo L-WE04, e desta forma, faz sentido descrição de ambos os critérios agrupados.

Tabela 18 - Quadro síntese critérios do LEED

Designação	Designação no LEED	Finalidade	Créditos possíveis
L-PWE01	WE Prerequisite: Outdoor Water Use Reduction	Reduzir consumo de água no exterior do edifício através de maior eficiência na irrigação	-
L-PWE02	WE Prerequisite: Indoor Water Use Reduction	Reduzir consumo de água no interior do edifício com equipamentos sanitários mais eficientes	-
L-PWE03	WE Prerequisite: Building-Level Water Metering	Suportar a gestão eficiente da água e identificar oportunidades para poupanças de água adicionais ao monitorizar o consumo de água	-
L-WE04	WE Credit: Outdoor Water Use Reduction	Reduzir consumo de água no exterior do edifício através de maior eficiência na irrigação	2
L-WE05	WE Credit: Indoor Water Use Reduction	Reduzir consumo de água no interior do edifício com equipamentos sanitários mais eficientes	6
L-WE06	WE Credit: Cooling Tower and Process Water Use	Conservar água usada para processos mecânicos e utilização de águas recicladas	2
L-WE07	WE Credit: Water Metering	Suportar a gestão eficiente da água e identificar oportunidades para poupanças de água adicionais ao monitorizar o consumo de água	1

3.5.2.1. L-PWE01, L-WE04 - Outdoor Water Use Reduction

Neste critério é avaliado o consumo de água para irrigação do edifício, sendo que se não houver esta necessidade o critério não se aplica, mesmo sendo um pré-requisito. Para o cálculo da redução do consumo de água, é calculado um valor *baseline* da água utilizada para rega para uma determinada área, para o mês de maior escassez de água, e em função da diferença entre a evapotranspiração e a precipitação encontrada no local do empreendimento, obtendo um valor total da água utilizada por mês, sendo esse o valor a comparar com a solução que irá ser proposta. Na Figura 42 é demonstrado um exemplo deste cálculo para uma área de rega de 200 m².

Landscaped area (sq m)	200
------------------------	-----

Table: Peak watering month

Determine the peak watering month at the project location by entering the monthly rainfall and evapotranspiration rate in the table below. The month with the highest watering demand is the peak watering month.

	Monthly Rainfall (mm)	Monthly ETo (mm)	Watering Demand (mm)
January	52,64	50,89	-2
February	54,15	56,78	3
March	52,31	72,66	20
April	51,94	77,40	25
May	39,20	79,25	40
June	19,66	66,58	47
July	4,55	49,36	45
August	9,36	35,81	26
September	30,77	30,25	-1
October	86,53	34,50	-52
November	70,11	35,29	-35
December	59,79	42,57	-17
Peak watering month			June
Peak watering demand (mm)			47
Peak watering month ETo (mm)			67
Landscape water allowance (l/month)			9 321
Landscape water baseline (l/month)			13 315

Figura 42 - Cálculo baseline do consumo de água para irrigação do LEED

Este valor calculado é depois comparado com um outro que tem por base o tipo de vegetação a ser regada e o tipo de sistema que o irá realizar, e assim sendo, a única forma de reduzir o consumo de água para rega neste critério será com a utilização de equipamentos mais eficientes e de vegetação que necessite de uma menor quantidade de água. Ao selecionar estes dois dados, o coeficiente (K_L) e a distribuição de água do sistema (DU_{LO}) é automaticamente preenchido pelo software e calculado um valor de litros por mês de água utilizada da soma de todas as áreas de rega, como demonstrado na Figura 43. Finalmente estes valores são sintetizados numa outra folha de cálculo onde mostra a redução do consumo de água para irrigação, sendo esse o valor final para a atribuição de créditos deste critério, como está disposto na Figura 44.

Average monthly rainfall for the site's peak watering month (mm/month)	19,65676341
--	-------------

Table: Landscape water requirement

Zone ID	Hydrozone or Landscape Feature Area (sq m)	Plant Type or Landscape Feature	Water Requirement	Landscape Coefficient (K_L)	Irrigation Type	Distribution Uniformity (DU_{LO})	LWR _{it} (l/month)
1	100	Shrubs	Medium	0,5	Drip (standard)	70%	4053
2	100	Shrubs	Low	0,2	Drip (standard)	70%	1200
							0
							0
							0
							0
							0
							0
							0
							0
Total hydrozone or landscape feature area (sq m)							200
Landscape water requirement based on the site's peak watering month (l/month)							5 254

Figura 43 - Cálculo do consumo de água para rega em função do tipo de vegetação e sistema do LEED

Summary

Note: All information on this tab is READ-ONLY. To edit, see previous tabs.

Landscape water baseline (l/month)

13 315

Landscape water requirement (LWR) (l/month)

5 254

Percentage reduction from baseline (%)

61%

Must be at least 30%

Figura 44 - Percentagem da redução da utilização de água para rega do LEED

Na Tabela 19 é apresentado um quadro síntese no que diz respeito ao cumprimento mínimo da redução do consumo de água para rega, e os valores de redução necessários para atribuição de créditos. É de notar, novamente, que o Pré-Requisito L-PWE01 e os créditos do L-WE04 são dois critérios distintos, e apenas foram agrupados de forma a simplificar a sua apresentação.

Tabela 19 – Atribuição de créditos do critério L-PWE01 e L-WE04

Redução do consumo de água para rega	Créditos atribuídos
30%	Pré-Requisito
50%	1
100%	2

3.5.2.2. L-PWE02, L-WE05 – Indoor Water Use Reduction

Novamente, estes dois critérios irão ser apresentados em grupo, uma vez que ambos avaliam exatamente a mesma métrica, apenas com o pré-requisito estabelecendo um valor mínimo, sendo que o critério que fornece os créditos estabelece mais patamares de eficiência deste critério.

Assim, este critério tem o objetivo de diminuir o consumo de água no interior do edifício, aumentando a eficiência dos equipamentos hidráulicos utilizados. De forma semelhante ao critério que diz respeito à irrigação, para avaliação deste também é estabelecido uma eficiência dos equipamentos base, tabelada, e fornecida pelo fornecedor desta ferramenta. É, também, fornecido um template, em formato Excel, que permite o cálculo dos valores necessários. Nesse template é fornecido as medidas de consumo de água dos equipamentos base, bem como a quantidade de usos por dia de cada equipamento dependente da tipologia do edifício.

É necessária a introdução da quantidade de ocupantes do edifício, fazendo a diferenciação por género, e também o número de dias de funcionamento. Posteriormente, são introduzidos todos os equipamentos a utilizar no edifício, onde para cada um é atribuído um valor base de duração de utilização e de caudal, sendo necessário introduzir o caudal do equipamento que irá estar em projeto. A ferramenta após

introdução do caudal calcula automaticamente o consumo de água do equipamento para todo o edifício e para todos os ocupantes. Esta informação está disposta na Figura 45.

Fixture Information		Duration		Flow Rate		Percent of Occupants (%)	Uses per Day		Total Daily Uses		Total Daily Water Use	
Fixture ID	Fixture Type	Default (sec)	Non-default (sec) (Optional)	Baseline Flow Rate (lpm)	Design Flow Rate (lpm)		Employees (FTE)	Residential	Default	Non-default (Optional)	Baseline (liters)	Design (liters)
2	Residential kitchen faucet	60		8,30	6	100	0,0	4,0	400,0		3 320,00	2 400,00
							0,0	0,0	0,0		0,00	0,00
							0,0	0,0	0,0		0,00	0,00
							0,0	0,0	0,0		0,00	0,00
							0,0	0,0	0,0		0,00	0,00
Baseline case annual flow volume (liters/year)						1211800,00						
Design case annual flow volume (liters/year)						876 000,00						

Figura 45 - Introdução valores de caudal dos equipamentos hidráulicos no LEED

Após introdução de todos os equipamentos, a informação é resumida numa outra folha de cálculo, onde é calculada também a redução do consumo de água, valor final para atribuição do crédito. A medida disposta nesta tabela é em litros/ano, como demonstrado na Figura 46.

Na

Tabela 20 é apresentado um quadro síntese para a percentagem de redução do consumo de água por equipamentos hidráulicos no interior do edifício necessária para cumprimento do pré-requisito e para atribuição de critérios, estando ambos os critérios L-PWE02 e o L-WE05 agrupados, pelos motivos referenciados anteriormente.

Summary for Design and Construction Rating Systems

Note: All information on this tab is READ-ONLY. To edit, see the previous tab(s).

Refresh Groups

Group Name	Baseline Case (liters/year)			Design Case (liters/year)		
	Annual Flush Volume	Annual Flow Volume	Annual Consumption	Annual Flush Volume	Annual Flow Volume	Annual Consumption
Group 1	5 475,00	1 211 800,00	1 217 275,00	3 650,00	876 000,00	879 650,00
Annual baseline water consumption (liters/year)						1 217 275,00
Annual design water consumption (liters/year)						879 650,00
Percent water use reduction (%)						27,74%

Figura 46 - Quadro síntese de L-WE05 do LEED

Tabela 20 - Atribuição de créditos do critério L-PWE02 e L-WE05

Percentagem de redução	Créditos atribuídos
20%	Pré-Requisito
25%	1
30%	2
35%	3
40%	4
45%	5
50%	6

3.5.2.3. L-PWE03, L-WE07 - Building-Level Water Metering e Water Metering

Estes dois critérios irão ser apresentados de forma conjunta, uma vez que, o crédito é basicamente uma continuação do pré-requisito.

Para verificar o pré-requisito L-PWE03, é necessária a instalação de um contador que realize a leitura do consumo de água potável no edifício e esta informação deve ser guardada em registos mensalmente a anualmente, sendo que as medições podem ser manuais ou automatizadas. Este compromisso deve ser realizado durante cinco anos ou até mudança do dono do edifício.

Para obtenção do crédito L-WE07 deve existir um contador em dois dos seguintes sistemas (serão apresentados apenas os sistemas relevantes para o estudo em caso):

- Irrigação - Contadores de água que realizem a leitura do consumo para 80% da área de rega do edifício, sendo que a vegetação que não necessita de rega deve ser excluída da área.
- Equipamentos hidráulicos no interior – Contadores que fazem a medição de pelo menos 80% das instalações descritas no critério L-WE05.
- Água quente doméstica – Contador em pelo menos 80% dos equipamentos de aquecimento de água.
- Águas reutilizadas – Contador de água para os sistemas reutilização.

3.5.2.4. L-WE06 – Cooling Tower and Process Water Use

Este critério apresenta três diferentes opções para obtenção dos créditos, em que, uma destas opções é escolhida para o projeto. As primeiras duas opções referem-se a torres de refrigeração e, assim, não têm interesse neste caso de estudo, uma vez que não existem em projeto. A terceira opção diz respeito à utilização de águas provenientes de qualquer sistema de reaproveitamento de águas, que é a que será avaliada no âmbito deste trabalho. Assim, irá avaliar a influência da utilização dos sistemas (SAAP e SAAC) no consumo de água do edifício.

Para obtenção de um crédito é necessário a utilização de 20% de água reutilizada para um sistema, e de 30% para obtenção de dois créditos, como disposto na Tabela 21. Esta percentagem deve ser obtida durante o mês com a maior necessidade de água, isto é, nos meses mais quentes.

Tabela 21 - Atribuição de créditos do critério L-WE06

Utilização de água reaproveitada em sistema	Créditos atribuídos
20%	1
30%	2

O primeiro passo para avaliação deste critério é a identificação do sistema em que a água reutilizada será efetivamente utilizada, neste caso, será em descargas de bacias de retrete e para máquinas de lavar, sendo que, para este critério não deve ser considerada a água utilizada para rega. O sistema terá de representar pelo menos 10% do consumo total de água do edifício para ser avaliado.

É depois, necessário identificar os sistemas que irão produzir esta água reciclada e quantificar a água passível de tratamento pelos mesmos. Por fim é necessário confirmar que no, mês de maior escassez de água, é possível, pelo menos, a utilização de 20% de água reciclada no sistema, para desta forma, este critério ser creditado.

3.5.3. LEVEL(S)

Como já apresentado, a certificação Level(s) apresenta-se repartido em macro objetivos, sendo o único que será avaliado no âmbito deste trabalho o macro objetivo 3, denominado de “Utilização Eficaz dos Recursos Hídricos”. Este método apresenta diferentes níveis de aplicação, sendo o nível que será analisado neste caso de estudo o nível 2, ou seja, a nível do projeto que aborda a avaliação quantitativa do desempenho projetado. O nível 3 desta ferramenta avalia o consumo de água através de dados empíricos, ou seja, através da leitura dos contadores de água ao longo de um ano, por exemplo, e assim não será aplicável neste estudo devido à não existência desses valores.

O estudo realizado previamente neste capítulo, no que diz respeito ao consumo e necessidade de água no edifício, não será necessário na utilização deste método, pelo que, já existem dados pluviométricos para a região relevante, bem como, os dados sobre o consumo de água por ocupante e por instalação sanitária. No entanto, a estimativa realizada anteriormente é bastante semelhante aos dados utilizados por esta ferramenta.

Assim, será utilizada uma metodologia com base num template, em formato Excel, em que o primeiro input será a localização do empreendimento e a bacia hidrográfica que abrange essa localização. Neste caso, situa-se no centro de Portugal e é abrangido pela bacia hidrográfica do Tejo, como demonstrado na Figura 47. Após esta informação, a ferramenta automaticamente atualiza o dado WEI+ (“*Summer Water Exploitation Index plus*”), que é essencialmente a quantidade de água captada de uma bacia hidrográfica pela atividade humana dividida pela média dos recursos renováveis de água doce presentes nessa bacia durante esse período. Quanto maior é este valor, mais provável será a escassez de água na região escolhida, sendo que para o software valores superiores a 20 já revelam uma região com escassez de água, e valores superiores a 40 uma região de severa escassez de água. A bacia do Tejo situa-se numa posição bastante desfavorável, em 8º, sendo uma das piores quanto a este indicador.

Country:	Portugal_PT	
River basin:	WFD3_Tagus_and_Western_Basins	
Summer WEI+:	34,50	(WEI+ >20 is a region of water stress, WEI+ >40 is a region of severe water stress)
Summer WEI+ ranking:	8	(out of 105)

Figura 47 - Localização e bacia hidrográfica do empreendimento no software Level(s)

O 2º passo na utilização deste método é a introdução de valores em relação ao consumo de água dos equipamentos sanitários por utilização ou por unidade de tempo, dependendo do tipo de equipamento em questão, a quantidade de dias em que estes equipamentos irão ser utilizados (podia-se considerar que o edifício não estaria em uso em períodos de férias dos ocupantes), e a quantidade de utilizações que cada equipamento irá sofrer ao longo do dia. Alguns destes valores, não podendo ser calculados, devido à falta de informação serão estimados. Estes valores são depois multiplicados, obtendo assim, o consumo diário por ocupante do edifício, e por consequência, o valor total de água consumida por ocupante do edifício de todos os equipamentos em questão. Esta informação está disposta na Figura 48. Esta tabela referente ao consumo de água no edifício varia dependendo da tipologia do edifício, já que no caso de que o edifício tivesse a finalidade de utilização de escritórios, seria necessário, por exemplo introduzir a percentagem de ocupantes em relação ao seu género.

Building use factor	365 days/annum		
Sanitary fittings	Consumption rates	Usage factor	Daily consumption per occupant
Toilet (full flush)	7,5 L/full flush	1 flushes/o/day	7,5 L/o/d
Toilet (small flush)	4,5 L/small-flush	4 flushes/o/day	18 L/o/d
Bathroom tap	10 L/minute	75 seconds/o/day	12,5 L/o/d
Shower	12 L/minute	360 seconds/o/day	72 L/o/d
Bath-tub	185 L/bath	0,11 baths/o/day	20,35 L/o/d
Kitchen tap	12 L/minute	240 seconds/o/day	48 L/o/d
Sanitary devices sub-total			178,35 L/o/d
Water using appliances	Consumption rates	Usage factor	Daily consumption per occupant
Dishwasher	11,5 L/cycle	0,4 cycles/o/day	4,6 L/o/d
Washing machine	43,5 L/cycle	0,3 cycles/o/day	13,05 L/o/d
Appliances sub-total			17,65 L/o/d

Figura 48 – Dados sobre consumo de água dos equipamentos sanitários no edifício

Posteriormente, caso aplicável, se existir necessidade de rega, é necessário fornecer a área e o tipo de vegetação a irrigar. Com a escolha da bacia hidrográfica o software automaticamente fornece uma tabela com o cálculo do balanço de água entre a precipitação e a evapotranspiração, utilizando esses dados para a necessidade de água para rega nas zonas verdes. É possível escolher o tipo de vegetação, necessidade de água para cada área existente e a densidade da vegetação, de modo que o consumo de água para rega seja mais preciso. Ao escolher estes dados, os coeficientes são automaticamente atualizados pelo software. Na Figura 49 é também fornecido uma tabela com toda a água necessária para rega nos diferentes meses do ano, tendo em conta o consumo e o balanço entre a precipitação e a evapotranspiração para as diferentes áreas verdes consideradas. Este valor final do consumo de água para irrigação é influenciado também pela eficiência do tipo de sistema escolhido para rega, uma maior eficiência irá levar a um menor consumo de água. Por interpretação da Figura 49, com os dados

fornecidos neste caso exemplo, que o edifício não apresenta necessidade de consumo de água para rega nos meses de setembro até janeiro, uma vez que o valor é 0 na tabela.

	Area	Vegetation type	Water demand	K _{Sp}	Microclimate / Heat island effect	K _M	Density of vegetation	Density (shading) factor (K _d)	Vegetated area coefficient K _{VA}
Sub area-1	140 m2	Lawn grass	High water demand	0,8	High	1,2	Medium density	1,00	0,96
Sub area-2	65 m2	Trees	Medium water demand	0,5	High	1,4	Medium density	1,00	0,7
Sub area-3	15 m2	Bushes	Medium water demand	0,5	Medium	1	High density	0,50	0,25
Sub-area-4	10 m2	Creeping plants	High water demand	0,7	Low	0,5	Low density	1,10	0,385
Total vegetated area	230 m2								

Net water balance without irrigation (mm/month)												Total			Irrigation system		Irrigation system efficiency
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	mm/yr	m³/m²/yr	m³/yr			
0,0	-2,6	-20,4	-25,5	-40,0	-46,9	-44,8	-26,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-198,4	0,283	39,7	Sprinklers	0,70	
0,0	-2,5	-19,5	-24,4	-38,4	-45,0	-43,0	-25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-144,7	0,152	9,9	Perforated pipes installed underground	0,95	
0,0	-1,8	-14,3	-17,8	-28,0	-32,8	-31,4	-18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-51,7	0,065	1,0	Diffusers and micro-sprinklers	0,80	
0,0	-1,0	-7,8	-9,8	-15,4	-18,1	-17,3	-10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-79,6	0,133	1,3	Manual or other	0,60	
														Total	51,9		

Figura 49 - Cálculo da necessidade de irrigação do edifício

O próximo passo nesta metodologia é fornecer ao software informação sobre os sistemas de tratamento de águas, se eles existem ou não, quais os equipamentos que produzem águas cinzentas para tratamento e quais são abastecidos por águas tratadas. A Figura 50 mostra a tabela onde é possível introduzir esta informação, e também os valores totais de água da chuva captados e águas cinzentas de possível tratamento, de acordo com os equipamentos selecionados que as irão produzir.

Providing greywater?	Accepting Greywater/Rainwater?	Greywater/Rainwater consumption			Rainwater (RW) collected?		
N/A	Yes	7,50	L/o/d		Yes		
N/A	Yes	18,00	L/o/d		Annual Rainfall		
Yes	No	0,00	L/o/d		531	mm/year	
Yes	No	0,00	L/o/d		Collection area		
Yes	No	0,00	L/o/d		100	m ²	
No	No	0,00	L/o/d		Total collected		
					53,1	m ³ /year	
					145,5	L/d (average)	
No	No	0,00	L/o/d		Yield corrected collection		
No	No	0,00	L/o/d		101,8	L/d (average)	
					Yield factor		
N/A	Yes	1,29	L/o/d		0,70		
104,85	26,79						
GW/RW availability factor =	7,72						
Corrected GW/RW factor =	1,00						

Figura 50 - Dados sobre sistemas tratamento águas

Este software permite também a análise de diferentes soluções no projeto de forma a melhor compreensão da eficiência das opções escolhidas. O valor é obtido na forma do consumo de água total por m³ por ocupante por ano, sendo esse o valor mais importante a ser comparado com as diferentes

opções. Na Figura 51 é apresentado a folha de cálculo com esta comparação, com soluções genéricas apenas de exemplo.

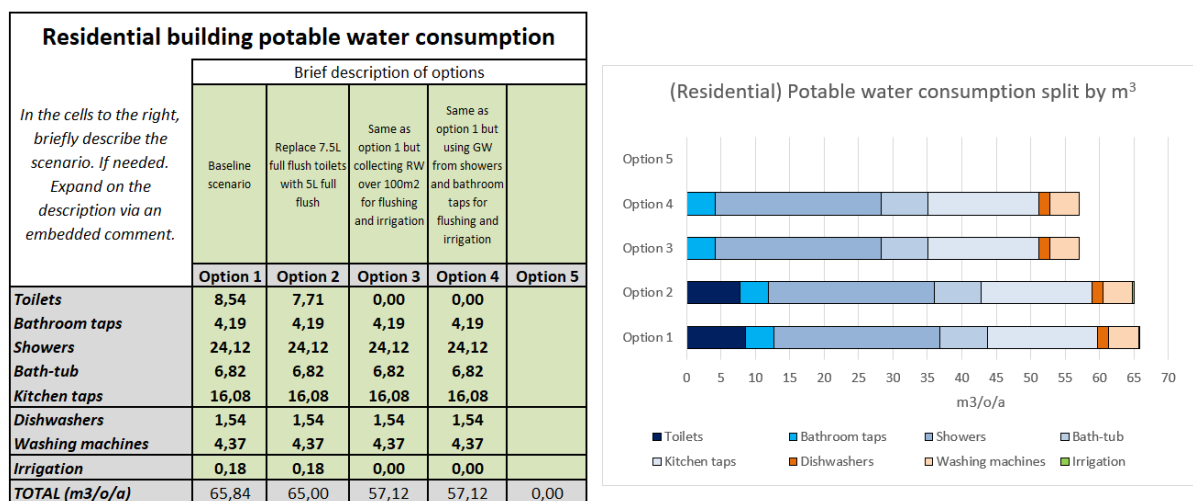


Figura 51 - Comparação de diferentes soluções no Level(s)

O último produto deste software é uma tabela síntese que engloba toda a informação anterior num só lugar, traduzindo o consumo de água por m³ por ocupante por ano e fazendo a diferenciação entre água não potável e água potável. O valor final do consumo de água é o valor que deve ser considerado na avaliação final de sustentabilidade dos recursos hídricos no edifício, como demonstrado na Figura 52.

Summer WEI+ =	34,50	Total Water Consumption (m ³ /o/a)	Of which potable (m3/o/a)	Of which non-potable (m3/o/a)
Sanitary fittings and devices (e.g. toilets, taps, baths and showers).	Toilets	9,31	0,00	9,31
	Bathroom taps	4,56	4,56	0,00
	Showers	26,28	26,28	0,00
	Bath-tub	7,43	7,43	0,00
	Kitchen taps	17,52	17,52	0,00
	Sub-Total	65,10	55,79	9,31
Water using appliances (e.g. dishwashers and washing machines).	Dishwashers	1,68	1,68	0,00
	Washing machines	4,76	4,76	0,00
	Sub-Total	6,44	6,44	0,00
Irrigation	Irrigation	17,29	0,00	17,29
	TOTAL (m³/o/a)	88,83	62,23	26,60
	TOTAL (%)	100	70,1	29,9

Figura 52 - Tabela síntese consumo de água no Level(s)

4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. REDES PREDIAIS DO EDIFÍCIO SEM SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS

Serão agora apresentados os resultados da modelação das redes prediais no edifício nos cenários 1 e 2. A análise dos cenários será realizada de forma parcial no edifício, devido à grande dimensão do mesmo, sendo apenas demonstrado, maioritariamente, as frações existentes num dos pisos na extremidade esquerda do edifício. Esta zona do edifício é demonstrada na Figura 53, a rodeado. A zona que foi sinalizada repete-se ao longo do edifício a cada duas frações por piso, ou seja, existem quatro blocos de frações que apresentam as redes prediais simétricas.

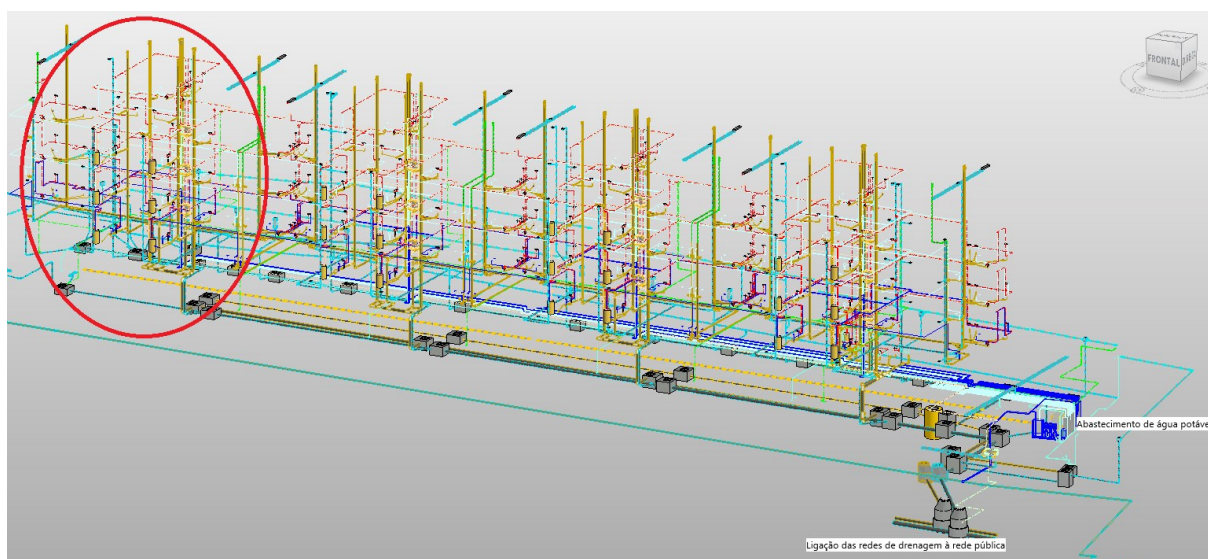


Figura 53 - Todas as redes prediais do edifício nos cenários 1 e 2

4.1.1. Rede de abastecimento de água

Começando pela rede de abastecimento de água que, neste cenário, sem a existência de sistemas de reaproveitamento de águas, corresponde a apenas a água potável proveniente da rede pública, que se encontra representada na Figura 54.

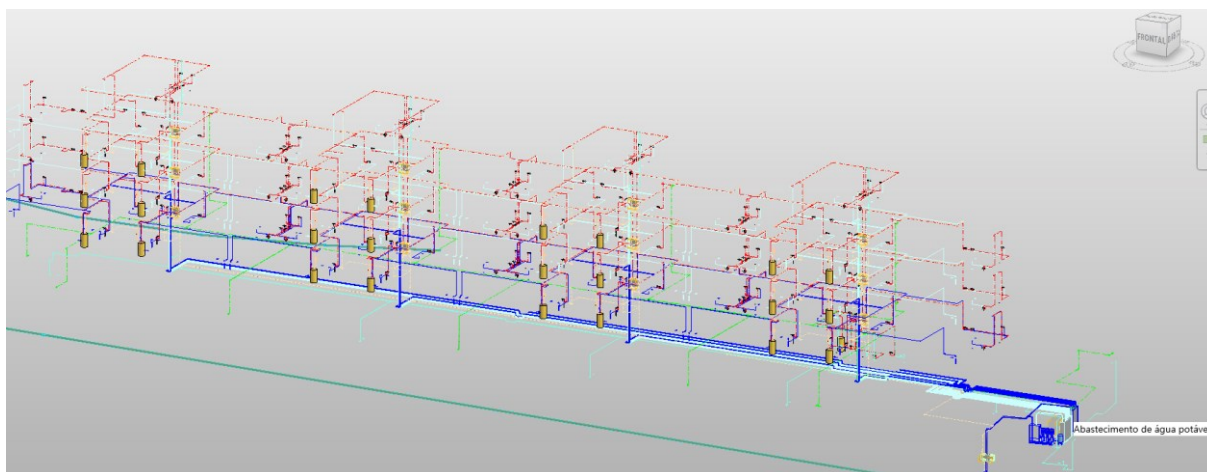


Figura 54 - Rede de abastecimento de água do edifício nos cenários 1 e 2

A rede predial liga à rede pública de abastecimento de água na extremidade direita do edifício, no Piso -1. Dividida entre rede pressurizada e rede gravítica, sendo a rede gravítica referente às zonas que são abastecidas diretamente da rede pública, e a rede pressurizada, às zonas que, devido à falta de pressão de água nos pisos superiores, exigem um grupo de bombagem à entrada da rede no edifício para o aumento de pressão na água que irá efetuar o abastecimento a essa zona. Devido a esta divisão das redes haverá também dois grupos de contadores em bateria independentes, um para a rede de água gravítica e outro para a rede de água pressurizada, que se situam à entrada do edifício como visível na Figura 54 e, estas duas redes farão o seu percurso sempre paralelas entre si. Incluído no contador de água gravítico estará também a água com a finalidade de abastecer os serviços comuns do edifício, como torneiras de lavagem e redes de rega para as zonas verdes. Todo este equipamento estará situado numa área técnica no Piso -1.

O abastecimento às frações será realizado em blocos, existindo quatro subidas da tubagem vertical nas courettes, ao longo do edifício, em que cada uma dessas subidas irá alimentar a rede de água de duas frações em cada piso, em que à entrada de cada uma das frações existirá uma válvula de seccionamento de modo a cortar todo o caudal afluente. Incluída na rede gravítica está também a água que fará o abastecimento aos serviços comuns do edifício, destinada para equipamento sanitários no Piso 0, torneiras de limpeza na zona de estacionamento e torneira de limpeza na cobertura. As torneiras de limpeza situadas na cobertura podem ser abastecidas graviticamente, uma vez que a pressão não é tão relevante quanto à pressão no interior das frações, não sendo necessário o aumento de pressão no grupo de bombagem.

A rede de abastecimento vai incluir a rede de rega, a rede de água fria gravítica, água fria pressurizada, água para serviços comuns, água quente e água de retorno, sendo todas elas ilustradas com uma diferente cor e traçado em projeto.

Esta informação está disposta num esquema de princípio na Figura 55, em que apenas é demonstrado parte do edifício, repetindo-se este princípio para toda a extensão do mesmo.

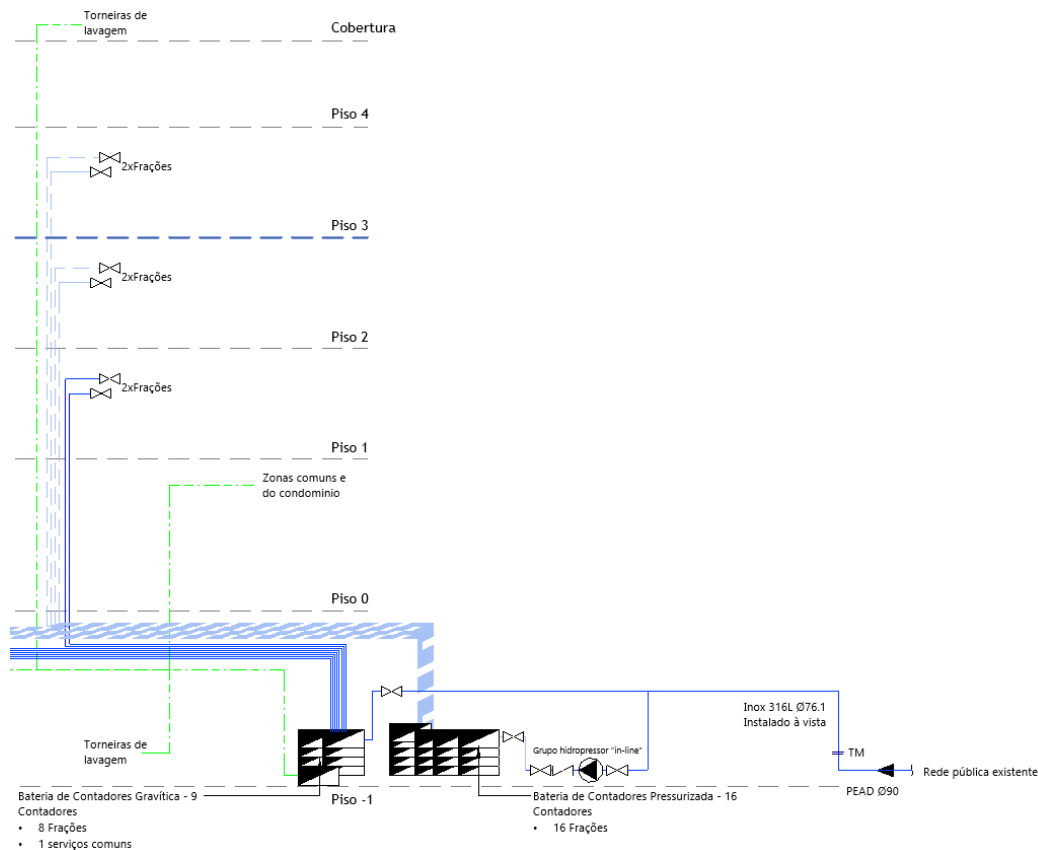


Figura 55 - Esquema de princípio de abastecimento nos cenários 1 e 2

Quanto à rede de abastecimento de água no interior de cada fração, esta realizará a sua entrada para o interior das frações na porta de entrada de cada uma, a nível alto, no interior do teto falso. É depois distribuída por toda a fração, também a nível alto, no interior do teto falso, realizando a descida para abastecimento dos equipamentos por detrás do lavatório ou do lava-loiça, onde haverá uma válvula de seccionamento por baixo dos mesmos, para a rede de água fria, para a rede de água quente e para a rede de retorno. Existe um equipamento produtor de água quente sanitária (AQS) na cozinha, onde também haverá uma rede de retorno, que permitirá a circulação permanente, ou a circulação apenas em períodos específicos, de água quente na rede.

Na Figura 56 é demonstrada a planta do bloco de frações situado no Piso 2, onde é possível observar também toda a continuação da tubagem vertical que efetuará o abastecimento de água a pisos superiores. Encontra-se, também, referenciado o tipo de sistema e o diâmetro de cada tubagem, que foi realizado automaticamente, devido à criação de diferentes sistemas e abreviações dos mesmos previamente à modelação, como explicado anteriormente. A funcionalidade de “Tag” do *Revit*, realiza depois a leitura da tubagem quando ao “System Abreviation” e ao diâmetro e cria uma referência em texto destas duas informações. Nesta planta existem três sistemas diferentes da rede abastecimento de água (RA), a água fria pressurizada (RA_Fp), a água quente (RA_Q) e a rede de retorno (RA_RET)

Na Figura 57 é possível observar a rede de abastecimento, da fração da esquerda da figura anterior, em formato 3D com toda a arquitetura incluída. Sendo que a descida da tubagem é realizada no interior da parede não é perceptível com a inclusão da arquitetura. No entanto, se o intuito fosse observar a descida

da tubagem, sendo que a arquitetura do edifício, e a tubagem são dois elementos independentes, poderia ser ocultada a arquitetura e apenas apresentada a tubagem requerida.

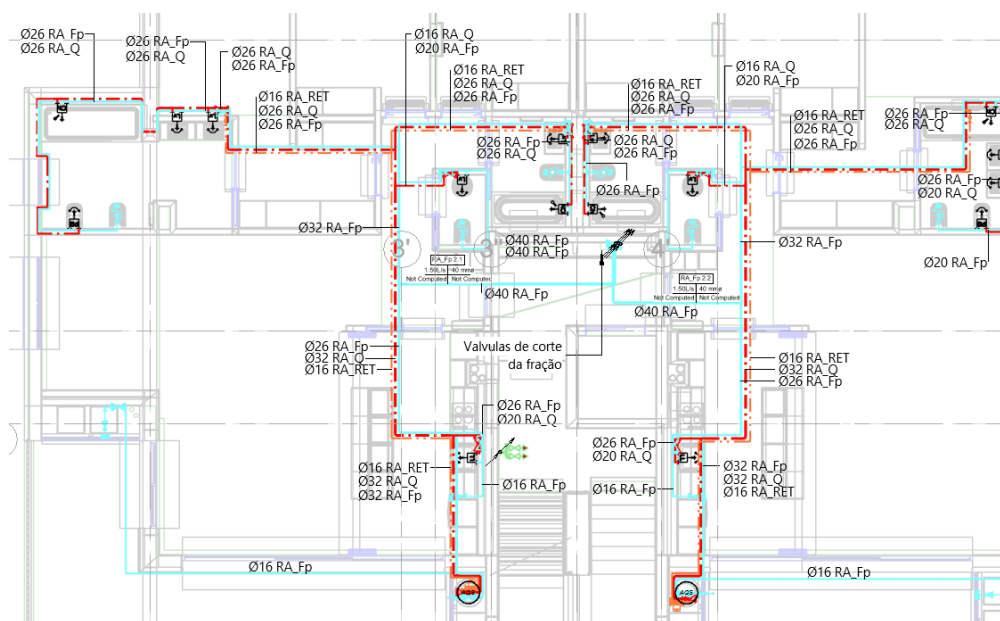


Figura 56 - Planta da rede de abastecimento de água num bloco de frações nos cenários 1 e 2

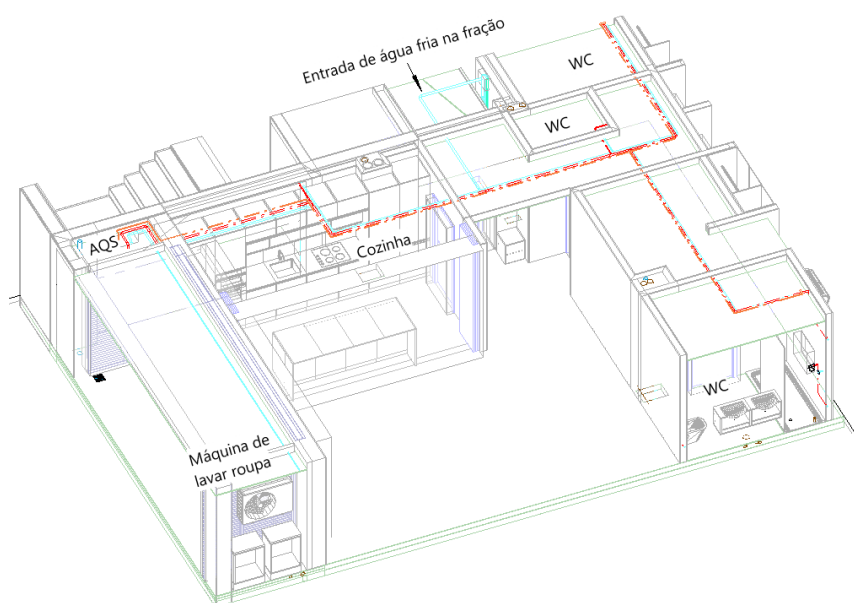


Figura 57 - Exemplo da rede de abastecimento de água de uma fração nos cenários 1 e 2

Para melhor percepção das descidas, é providenciado então a Figura 58, referente às ligações tipo no edifício dos WC's, e a Figura 59, referente às ligações tipo das cozinhas do edifício. A tubagem de água quente encontra-se sempre a uma cota superior à tubagem de água fria, pois neste caso, a água quente

não poderá aquecer a água fria, sendo considerado boa prática a realização das redes de abastecimento com este princípio.

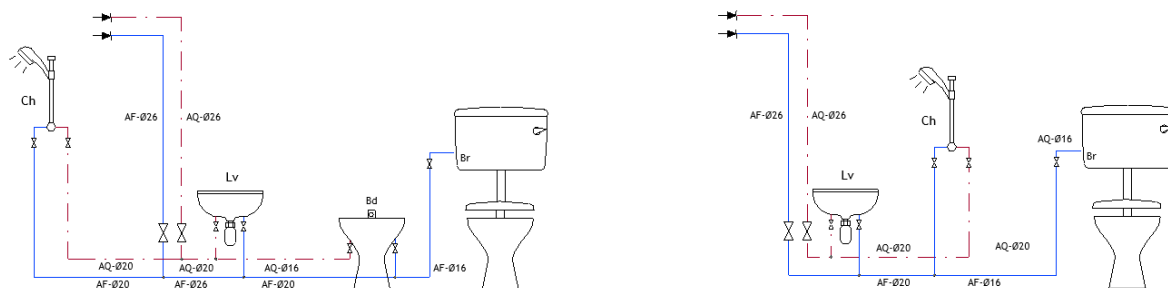


Figura 58 – Ligações tipo dos WC's nos cenários 1 e 2

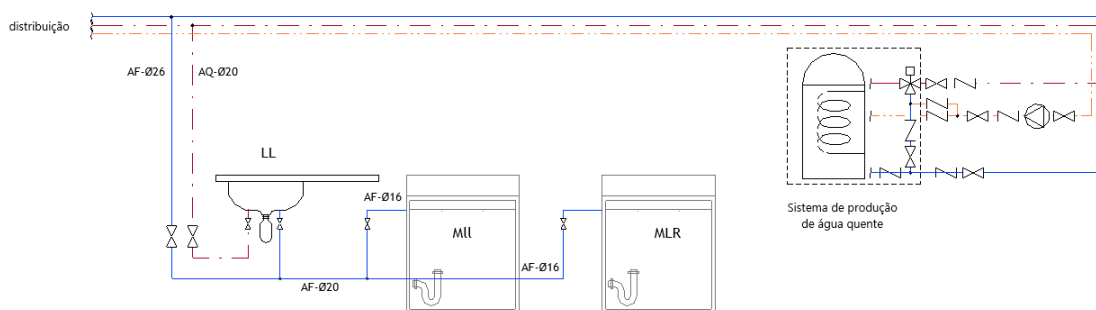


Figura 59 – Ligações tipo nas cozinhas nos cenários 1 e 2

4.1.2. Rede de drenagem de águas residuais

A rede de drenagem de águas residuais conduzirá graviticamente os esgotos diretamente para a rede pública, no cenário 1 e 2. É possível observar toda a rede de drenagem de águas residuais do edifício na Figura 60.

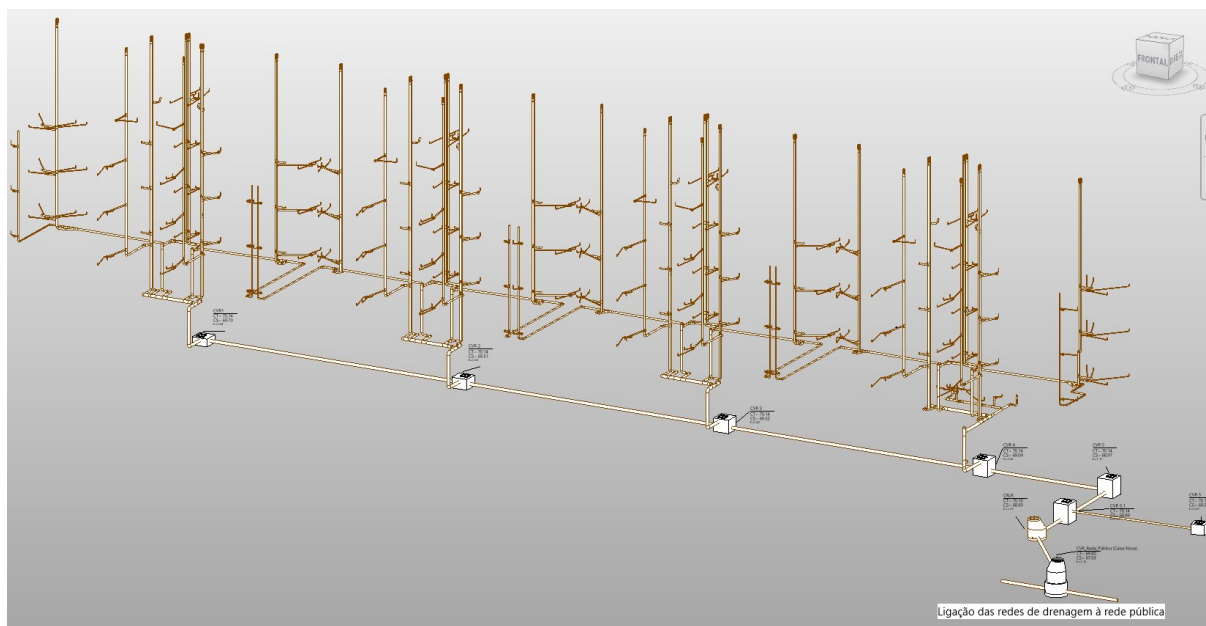


Figura 60 - Rede de drenagem de águas residuais do edifício nos cenários 1 e 2

As descargas das sanitas estarão separadas nos tubos de queda de todas as outras águas residuais, no entanto, todas as águas serão agrupadas na tubagem suspensa presente no Piso -1 e no Piso 0, que fará a ligação às caixas de visita de águas residuais, enterradas no Piso -1.

As águas não provenientes das descargas das sanitas serão ligadas a caixas de pavimento através de ramais individuais e conduzidas para o tubo de queda por um único ramal. De forma à melhor distinção dos tubos de queda e de organizar informação será atribuída uma numeração à totalidade dos mesmos, como está disposto na Figura 61, onde podemos observar um bloco de frações situada no Piso 2 do edifício.

Alguns dos tubos de queda irão diretamente para a rede suspensa no Piso -1, enquanto outros farão a ligação a uma tubagem suspensa no Piso 0, sendo agrupados para depois efetuar a descida ao Piso -1 também. Foi tomada esta decisão devido a constrangimentos com a arquitetura, já que a parede em que desce a tubagem, entre o Piso 0 e o Piso -1 não existe, pelo que torna impossível a descida no local do tubo de queda diretamente para o Piso -1.

Os tubos de queda que realizam diretamente a ligação à rede suspensa no Piso -1 são os pertencentes à casa de banho de serviços nas frações, ou seja, o TQ R3, e o TQ R4. Ao longo do edifício, embora não apresentem a mesma numeração, os tubos de queda pertencentes a esta casa de banho de serviço realizaram sempre a ligação direta à tubagem suspensa no Piso -1, e todos os outros irão primeiro realizar a ligação à tubagem suspensa no Piso 0, efetuando a descida, como um único ramal.

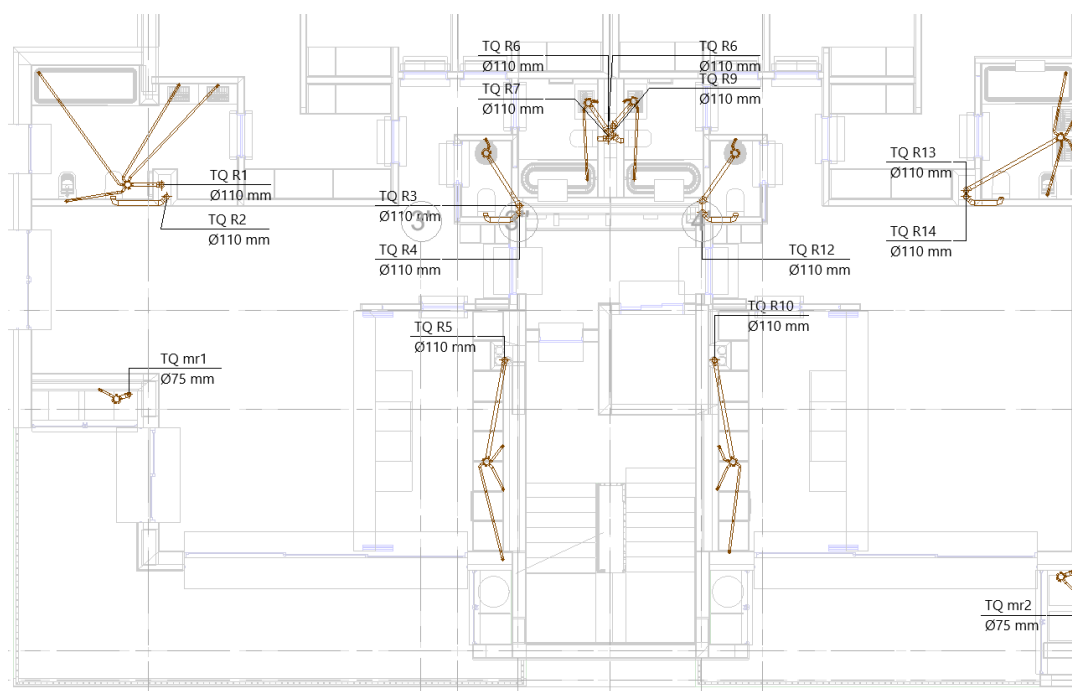


Figura 61 - Drenagem de águas residuais do bloco de frações nos cenários 1 e 2

Na Figura 62, na planta do piso 0 de drenagem de águas residuais, é possível também observar que o tubo de queda proveniente da cozinha das frações, TQ R5, é encaminhado, através de uma tubagem suspensa para os tubos de queda que realizam a ligação direta ao Piso -1. Foi adotado este método, devido a restrições da arquitetura, uma vez que, entre o Piso 0 e o Piso -1, não existe uma parede, e desta forma fica impossibilitada a descida da tubagem diretamente ao Piso -1. A configuração da rede de drenagem de águas residuais em todos os pisos irá ser simétrica ao longo de todo o edifício, sendo repetida em blocos de duas frações.

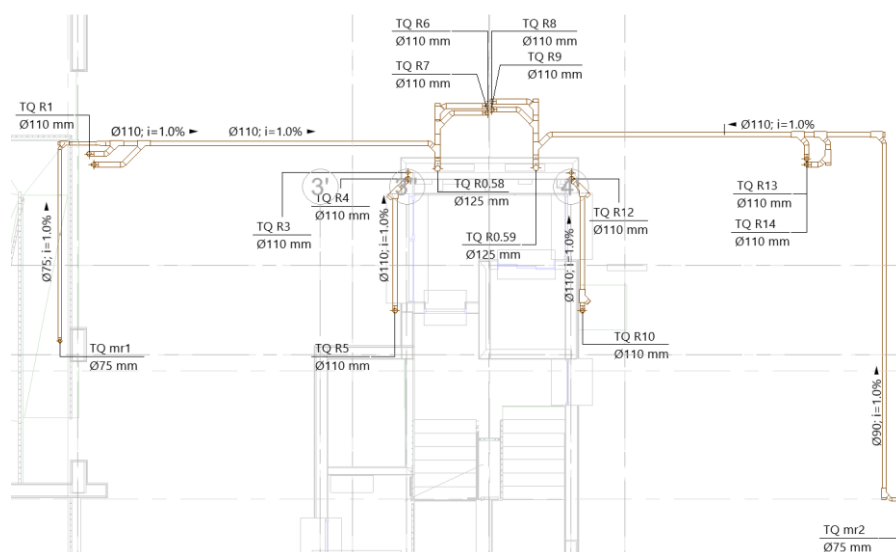


Figura 62 - Drenagem de águas residuais no Piso 0 nos cenários 1 e 2

Na Figura 63 é demonstrada a tubagem suspensa no Piso -1, onde são agrupadas todas as águas residuais provenientes dos dois blocos de frações apresentados em todos os pisos. Esta tubagem realiza a ligação à caixa de visita de águas residuais número 1 (CVR1), neste caso, onde depois a água que chega a esta caixa é encaminhada para outra caixa de visita, e assim sucessivamente até serem captadas todas as águas residuais do edifício, realizando depois a ligação à rede pública. Esta tubagem apresenta um declive de 1% em todo o edifício, sendo assim necessário, que as caixas de visita sejam cada vez mais profundas.

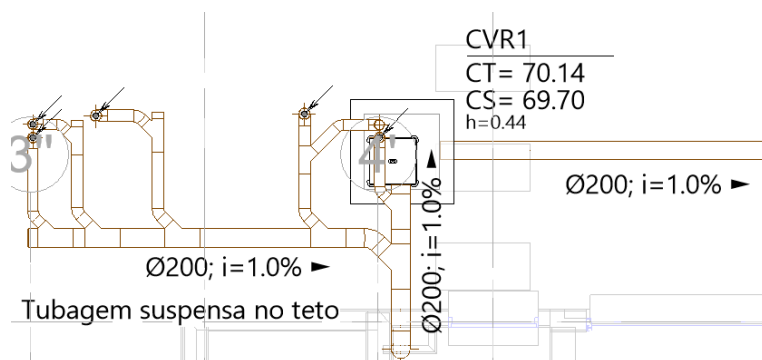


Figura 63 - Drenagem de águas residuais no Piso -1 nos cenários 1 e 2

Na Figura 64 está representado, em formato 3D, a rede de drenagem de águas residuais de todos os pisos do bloco de frações apresentado anteriormente. Toda a tubagem apresenta referências de texto que foram criadas da mesma forma como anteriormente apresentado.

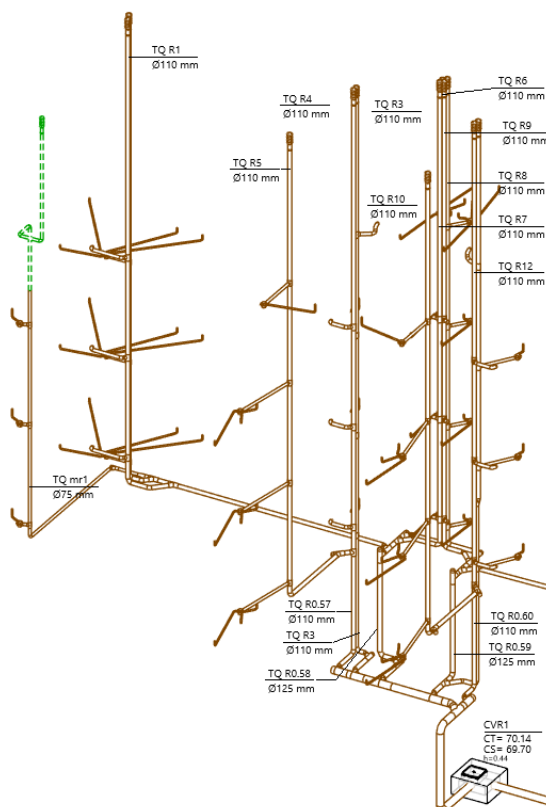


Figura 64 - Representação 3D da rede de drenagem de águas residuais do bloco de frações nos cenários 1 e 2

4.1.3. Rede de drenagem de águas pluviais

A água da chuva será captada nas coberturas, nas varandas e nas floreiras sendo drenada graviticamente e direcionada diretamente para a rede pública. A rede de drenagem de águas pluviais no edifício está representada na Figura 65.

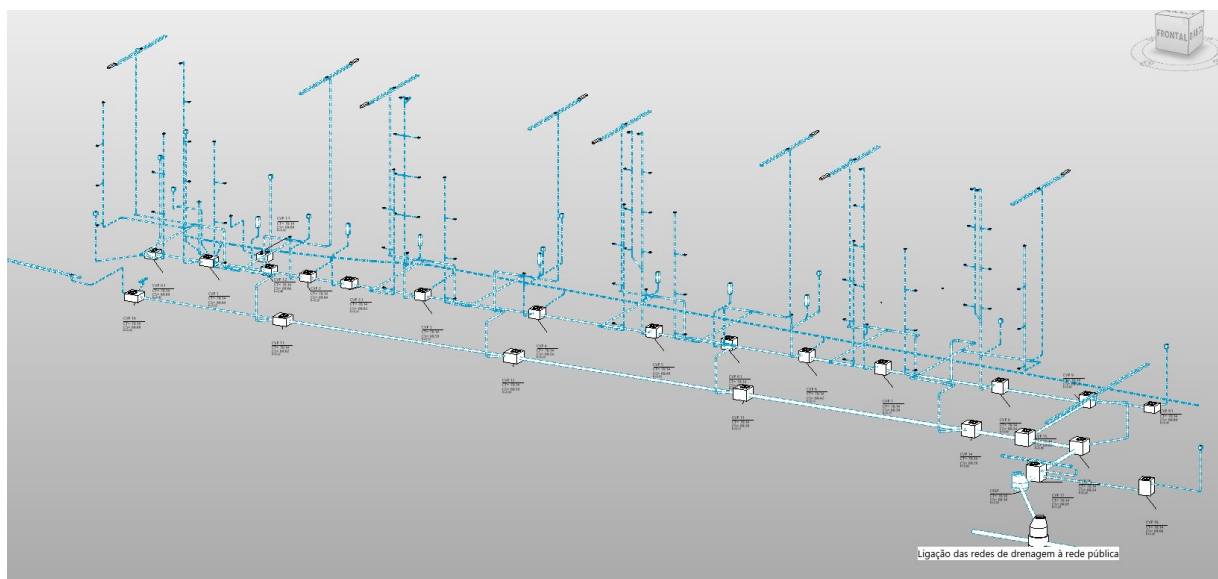


Figura 65 - Rede de drenagem de águas pluviais nos cenários 1 e 2

A captação da água na cobertura irá ser realizada com recurso a caleiras e a ralos que ligam a tubos de queda que realizam a descida até ao Piso 0, agrupando com a água coletada nas zonas impermeáveis ao nível do solo, e com a água coleta das varandas da frente do edifício, através de uma rede suspensa, como ilustrado na Figura 66. Esta tubagem desce depois até ao Piso -1 onde é realizada a ligação à caixa de visita. Esta metodologia é repetida ao longo de todo o edifício.

A água captada nas varandas e floreiras das frações nas traseiras do edifício é drenada através de uma rede independente da anterior, apenas interligando-se na ligação à rede pública. A captação de água é realizada através de ralos colocados nas varandas que ligam a tubos de queda, que por sua vez realizam a ligação diretamente para o Piso -1, a uma tubagem suspensa e posteriormente para as caixas de visita.

Desta forma, existem dois grupos de caixas de visita no Piso -1 que percorrem o edifício paralelamente entre si, apenas se agrupando exatamente a montante da ligação à rede pública, como demonstrado na Figura 67.

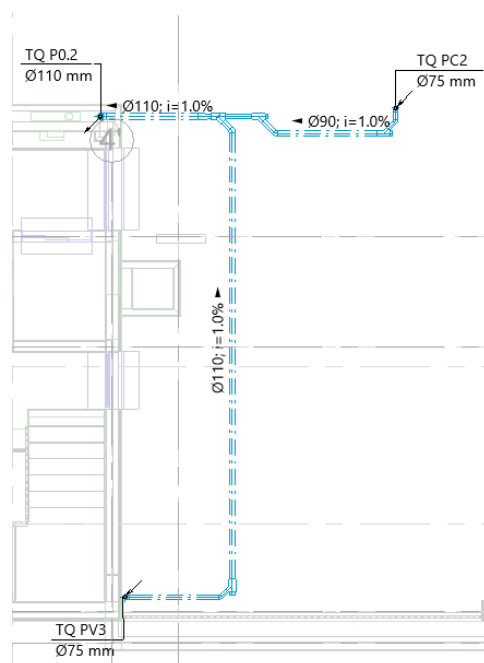


Figura 66 - Rede de drenagem de águas pluviais no Piso 0 nos cenários 1 e 2

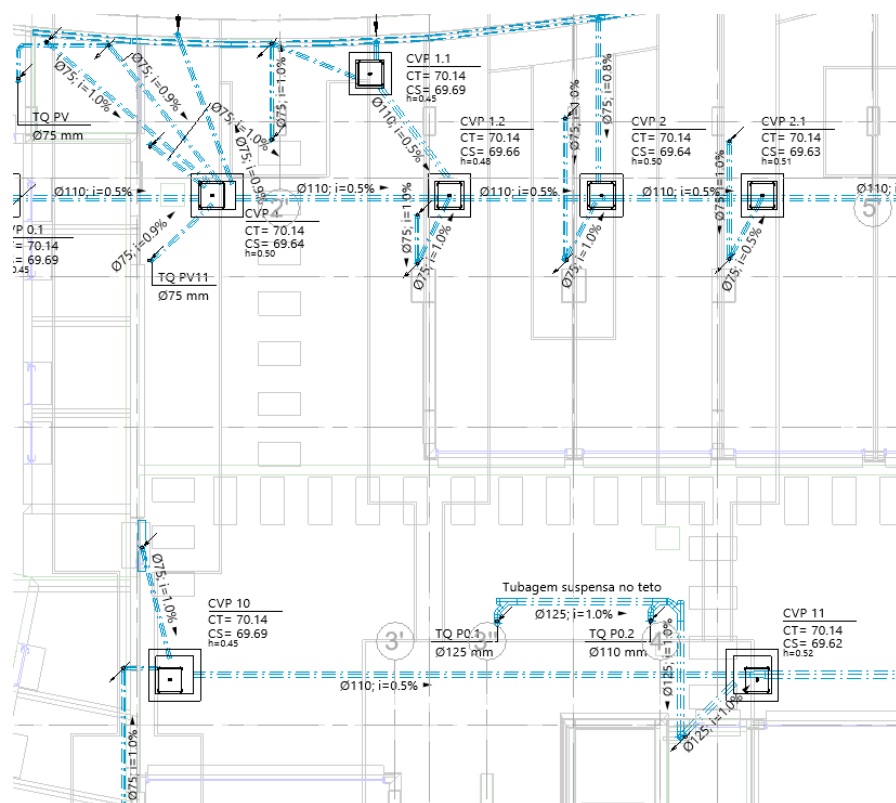


Figura 67 - Rede de drenagem de águas pluviais no Piso -1 nos cenários 1 e 2

Na Figura 68 é apresentado um corte transversal do edifício onde é realizada a ligação à rede pública da rede de drenagem e águas pluviais. As duas redes independentes previamente descritas realizam a ligação entre si na caixa de visita número 15 (CVP 15), onde esta depois faz a ligação à rede pública.

Toda a tubagem enterrada e suspensa irá apresentar um declive de pelo menos 0,5% no sentido do escoamento. Da mesma forma das redes apresentadas anteriormente, foi atribuído um sistema a todos os componentes da rede e numeradas todas as caixas de visita, sendo depois com referência de texto demonstrada essa informação visualmente no corte.

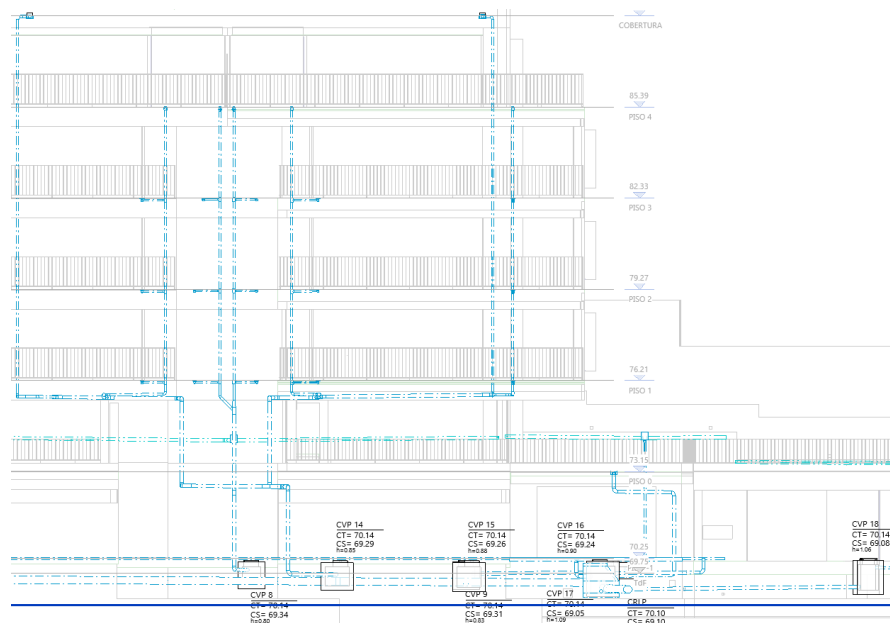


Figura 68 - Corte transversal rede de drenagem de águas pluviais no cenário 1 e 2

4.2. REDES PREDIAIS DO EDIFÍCIO COM SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS

4.2.1. ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO DA ZONA TÉCNICA DOS SISTEMAS

Sendo necessária a definição da localização das áreas técnicas para modelação das redes prediais nos cenários 3 e 4, em que existem sistemas de reaproveitamento de águas, esta será apresentada previamente à modelação das redes.

Para melhor compreensão das condicionantes e do processo de escolha da zona da área técnica serão apresentadas diferentes opções com a justificação da sua possibilidade ou não possibilidade de albergar estas zonas. Na Figura 69 são apresentadas em planta no Piso -1 as opções possíveis da localização das áreas técnicas, sendo que na extremidade direita não é possível a inclusão dos sistemas uma vez que já se encontra ocupado por equipamentos da área técnica de uma piscina.

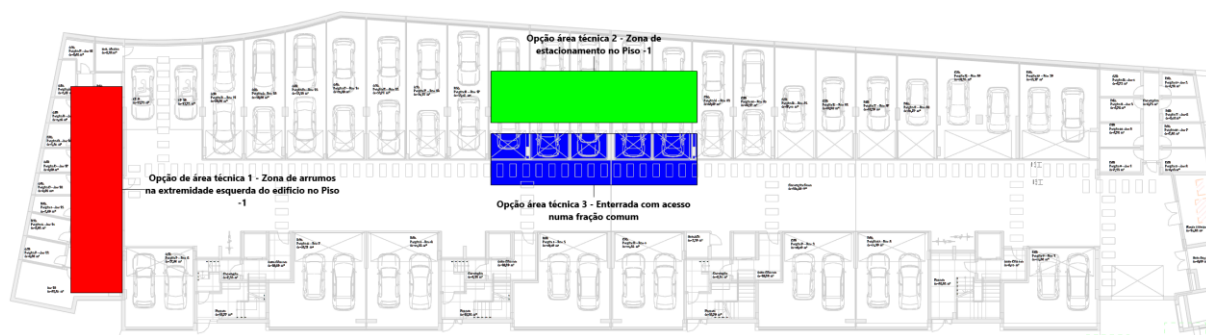


Figura 69 - Opções de localização de áreas técnicas

Opção da área técnica 1: Na zona de arrumos na extremidade esquerda do edifício no Piso -1

A colocação das áreas técnicas nesta zona é uma possibilidade realística devido ao espaço que pode ser utilizado, já que a zona de arrumos poderá ser substituída por outros equipamentos, sem grandes condicionantes. Também como se encontra numa cota superior à da ligação das redes de drenagem de águas à rede pública não seria necessário a incorporação de um grupo de bombagem, e a água que seria encaminhada para a rede pública seria drenada graviticamente.

No entanto, incorporação da área técnica numa extremidade do edifício apresenta condicionantes físicas do projeto, mais concretamente, devido ao pé direito do Piso -1. Sendo que este piso apresenta apenas um pé direito de 2,3m e sendo necessário que a tubagem horizontal no teto do Piso -1 que realiza a ligação às áreas técnicas apresente um declive de 1%, a tubagem chegaria a uma cota demasiado baixa, e assim, causando um problema para a passagem de carros ou peões. Ao chegar a uma cota baixa ao reservatório, o volume útil de água também diminui, uma vez que, a altura máxima de água do reservatório é condicionada pela altura que em que a tubagem realiza a sua ligação.

Uma forma de diminuir este impacto seria apenas coletar as águas passíveis de tratamento de metade do edifício, e assim encurtando a extensão horizontal da tubagem no teto do Piso -1, aumentando assim a cota de chegada ao reservatório da tubagem. Esta solução tem um impacto na quantidade de água não potável produzida, reduzindo para metade o valor apresentado anteriormente, apenas coletando a água de metade da cobertura e as águas cinzentas de metade das frações.

Opção da área técnica 2: Na zona de estacionamento no Piso -1

A instalação das áreas técnicas do sistema nesta zona soluciona os problemas da 1ª opção, já que, se situando a meio do edifício, a cota de chegada da tubagem horizontal já não seria uma condicionante. Estando também numa cota superior à ligação à rede pública, a água que seria encaminhada para a rede pública existente não necessita de um grupo de bombagem, sendo conduzida de forma gravítica. No entanto, devido à exigência legal do número mínimo de lugares de estacionamento para um edifício de tipologia multifamiliar estabelecida no Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM) no Artigo 75º, ou no Anexo X, e este edifício já estando no limite em relação a este critério, não poderão ser removidos quaisquer lugares neste edifício, o que impossibilita esta solução, já que a área técnica iria certamente ocupar vários lugares de estacionamento, caso implementada no Piso -1.

Se esta solução fosse viável, seria certamente a mais indicada, devido à não necessidade de escavação ou de um grupo de bombagem para as águas encaminhadas para a rede pública, apresentando um menor custo de investimento e maior eficiência dos sistemas em relação a outras soluções. No entanto, ocuparia também um espaço útil do Piso -1, que mesmo não existindo esse problema de não poderem ser retirados lugares de estacionamento do projeto, reduziria o espaço a utilizar do edifício, o que é indesejado.

Opção da área técnica 3: Enterrada com acesso numa fração comum

A incorporação desta opção exige a escavação de uma área do Piso -1, com acesso superior através de uma escada numa zona comum da área de estacionamento, já que este acesso não pode ser feito no interior de uma fração (um estacionamento é considerado parte de uma fração).

Esta opção exige a existência de um grupo de bombagem para a drenagem de águas (provenientes da descarga de fundo e de superfície dos reservatórios) para a rede pública, uma vez que, os sistemas se situam a uma cota inferior à ligação à rede pública, impossibilitando a solução gravítica da drenagem.

Acarreta também condicionantes quanto à solução estrutural do edifício, já que sendo necessário a escavação, será também necessário baixar a cota das fundações. Esta solução, embora, através de uma

análise geral, apresente o investimento mais elevado devido à necessidade de escavação e de um grupo de bombagem, é a única possível de forma a obter a máxima eficiência dos sistemas em questão, uma vez que permite recolher água da máxima área de cobertura possível e também a única possível no quadro legal, já que nenhum lugar de estacionamento será removido.

Concluindo, a zona em que irá ser modelada a área técnica será a zona da opção 3 apresentada. Desta forma, a entrada para as áreas técnicas irá situar-se no Piso -1, através do acesso de uma escada vertical até ao Piso -2, que será criado no âmbito deste estudo, e assim não provocando transtorno para a circulação de veículos e peões, já que o Piso -1 tem como função estacionamento.

4.2.2.1. Rede de abastecimento de água

A maior alteração, com a inclusão dos sistemas de reaproveitamento de água, na rede de abastecimento de água do edifício, será a necessidade de uma rede de água não potável que previamente não existia, que irá abastecer todas as frações, em todos os pisos nos equipamentos que a irão utilizar. Assim, na Figura 70, é representada a rede de água não potável que irá existir no edifício, em adição a toda a rede previamente demonstrada na Figura 54.

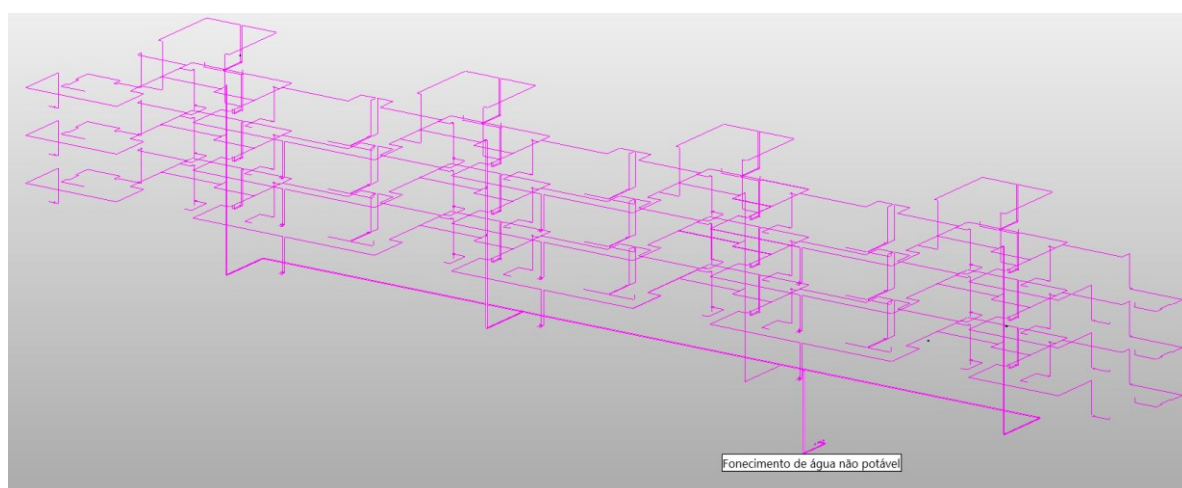


Figura 70 - Rede de água não potável nos cenários 3 e 4

O abastecimento de água potável às frações permanecerá exatamente igual no caso da não existência de sistemas de reaproveitamento de águas, sendo adicionada uma rede de água não potável em cada fração. Esta rede de água não potável fará a subida para as frações desde o Piso -2, no mesmo sítio da rede de água não potável já existente, sendo que cada tubagem que realiza a subida abastecerá duas frações em cada piso. O esquema de abastecimento do edifício está exposto na Figura 71.

Será, no entanto, necessária a instalação de uma tubagem que realizará o abastecimento de água proveniente da rede pública nos reservatórios do SAAP e do SAAC em caso de escassez de água nos mesmos. Esta rede estará localizada paralelamente à rede existente, fazendo a descida ao Piso -2, no local das áreas técnicas. A rede de rega e de serviços comuns do edifício também sofrerá alterações, já que previamente era abastecida pela rede pública, sendo alterado agora apenas o abastecimento a esta, cortando a ligação à rede pública e encaminhado a água não potável para estas redes.

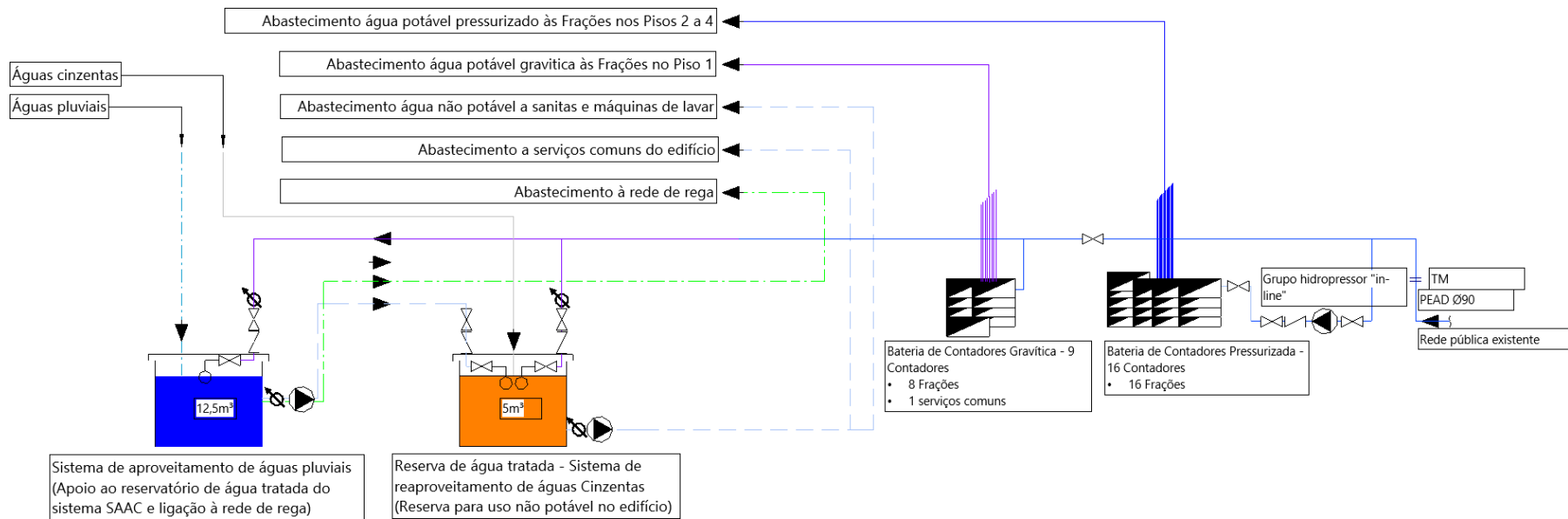


Figura 71 - Princípio de abastecimento do edifício com os sistemas de reaproveitamento de águas nos cenários 3 e 4

Na Figura 72 e Figura 73 estão dispostas a planta das frações, analisadas previamente, e a sua vista 3D, respetivamente, onde será adicionada a tubagem da rede de água não potável, denominada por RA_NP, e andar-á a uma cota superior às restantes de forma a não colidir com nenhuma e realiza a entrada na fração no mesmo local.

A rede de água não potável andar-á paralelamente às restantes redes, com a necessidade também da instalação de válvulas de seccionamento na entrada das divisões, no mesmo local das válvulas das restantes redes, por baixo dos lavatórios ou lava-loiças.

A acrescida complexidade, devido à instalação da tubagem de água não potável, da rede no interior da fração dificulta a sua instalação e pode, também, não existir espaço no interior da parede ou no teto falso para a sua adição.

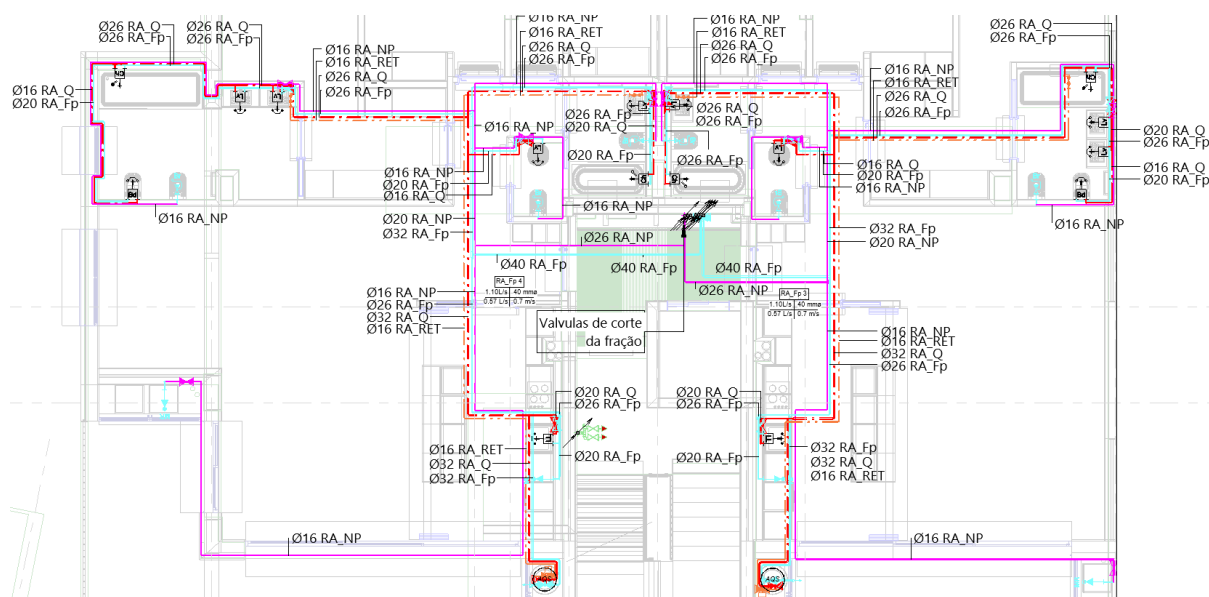


Figura 72 - Planta da rede de abastecimento de água num bloco de frações nos cenários 3 e 4

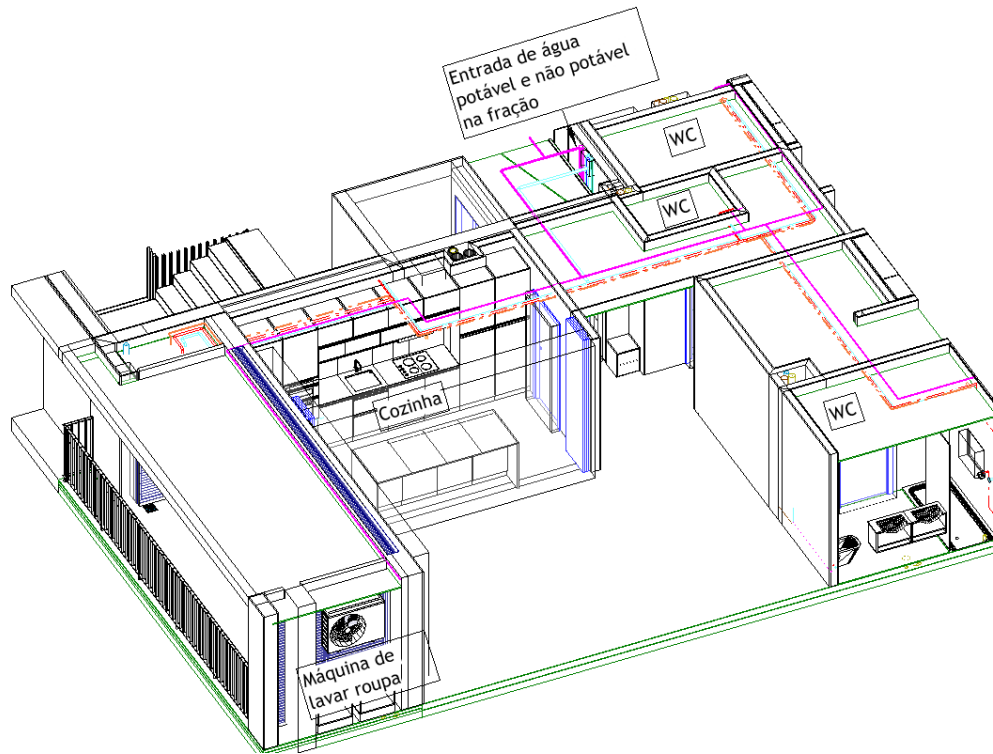


Figura 73 - Exemplo da rede de abastecimento de água de uma fração nos cenários 3 e 4

As ligações tipo do cenário 2 estão dispostas na Figura 74 e na Figura 75, uma vez que, estes apresentam alterações quando comparadas com as ligações tipo do cenário 1.

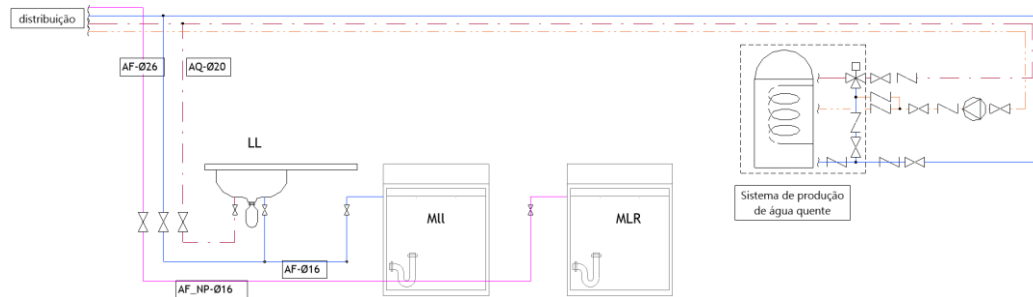


Figura 74 - -- Ligações tipo das cozinhas nos cenários 3 e 4

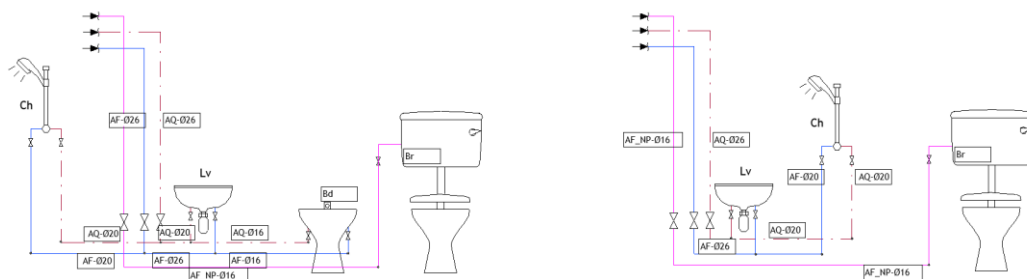


Figura 75 - -- Ligações tipo dos WC's nos cenários 3 e 4

4.2.3.2. Rede de drenagem de águas residuais

Com a inclusão dos sistemas existem agora, no edifício, dois distintos tipos de águas residuais, as águas residuais negras e as águas residuais cinzentas. Estas águas nunca poderão entrar em contacto, devido ao risco de contaminação das águas cinzentas, que irão sofrer um tratamento para serem reaproveitadas, e considerando que todas as águas residuais eram coletadas pela mesma tubagem no Piso -1, surgiu a necessidade da duplicação da rede.

Na Figura 76 está demonstrada a rede de drenagem de águas residuais de todo o edifício, onde existe agora a diferenciação por cor da rede de águas cinzentas e da rede de águas negras.

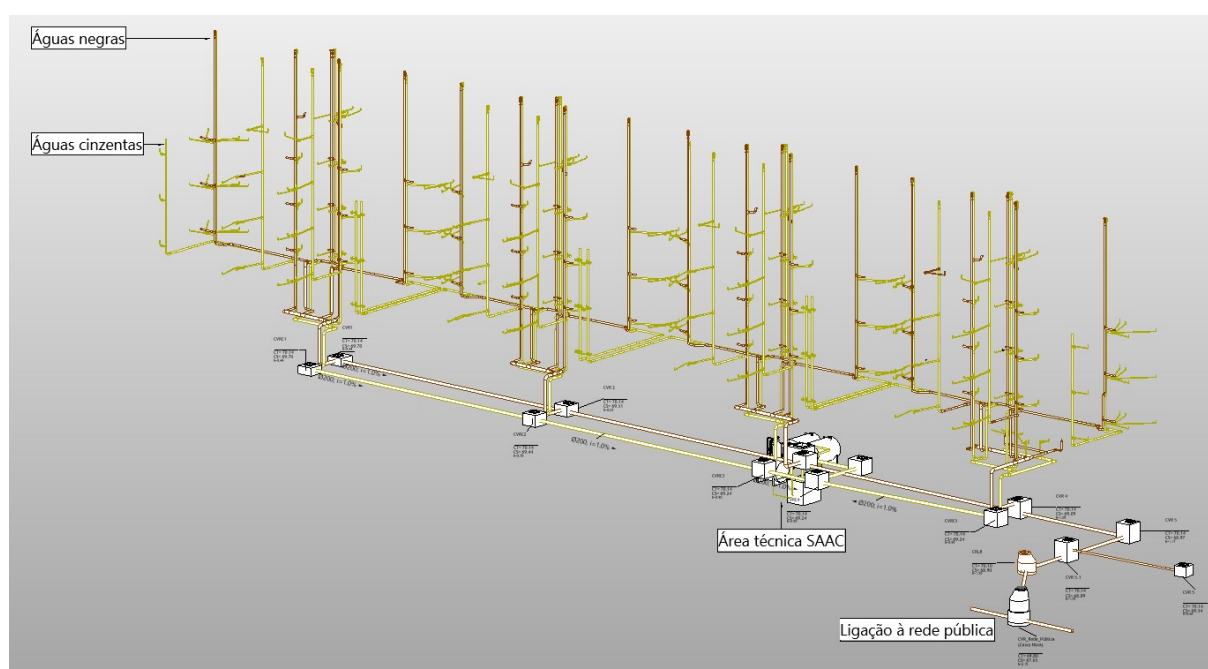


Figura 76 - Rede de drenagem de águas residuais nos cenários 3 e 4

Com isto, e como previamente explicado, foi criada a rede de drenagem de águas cinzentas, DAR_C, que irá realizar a drenagem de todas as águas cinzentas para o SAAC, sendo completamente independente da rede de drenagem de águas residuais negras.

Para os tubos de queda que contêm águas cinzentas, foi atribuída uma diferente nomenclatura dos restantes, como representado na Figura 77, sendo ela TQ_C (tubo de queda águas cinzentas).

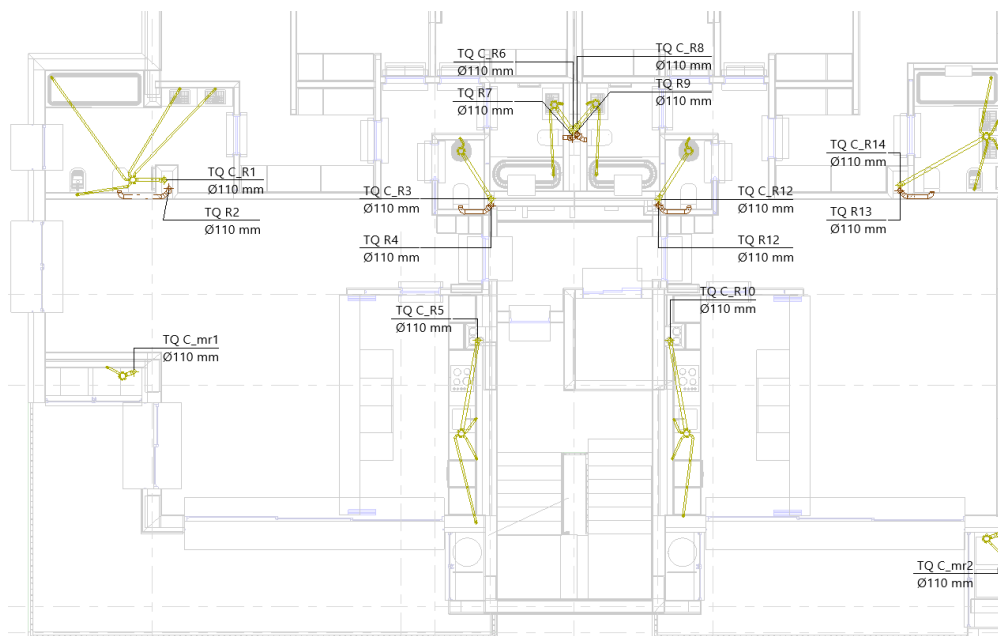


Figura 77 - Drenagem de águas residuais de um bloco de frações nos cenários 3 e 4

Foi assim duplicada e separada a rede suspensa que se encontrava no Piso 0, ao longo de todo o edifício de forma simétrica. Neste cenário irá existir uma rede suspensa no Piso 0 destinada a captar as águas de descarga das bacias de retrete drenadas pelos tubos de queda, e uma rede suspensa que irá captar todas as águas cinzentas.

Previamente, só existiam duas descidas por bloco de frações de todos os pisos para o Piso -1, sendo agora duplicado, com duas descidas destinadas às águas cinzentas e duas descidas destinadas às águas negras. A planta referente à rede de drenagem de águas residuais, do bloco de frações, no Piso 0 está apresentada na Figura 78.

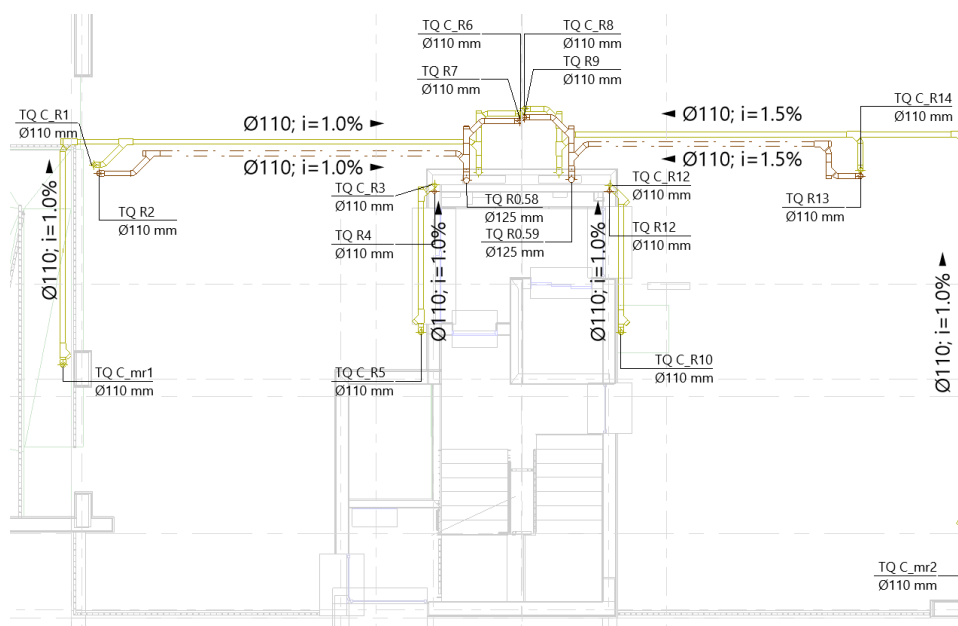


Figura 78 - Drenagem de águas residuais no Piso 0 nos cenários 3 e 4

Com a chegada das águas residuais ao Piso -1, foi duplicado, novamente, a tubagem suspensa no teto, como representado na Figura 79. Esta duplicação da rede neste piso irá ter um grande impacto na complexidade devido ao espaço vertical necessário no teto falso para incorporar duas tubagens suspensas independentes no mesmo local.

No Piso -1 foi também criada uma rede enterrada destinada a encaminhar as águas cinzentas para as caixas de visita, sendo que estas foram também denominadas de forma diferente da rede de drenagem de águas previamente demonstrada.

As águas cinzentas irão ser encaminhadas para a CVRC1 (caixa de visita de águas residuais cinzentas), enquanto as restantes irão ser encaminhadas para a CVR1, como apresentado na Figura 79.

Estas redes de caixas de visita são completamente independentes, sendo as águas que chegam à CVRC1 e às restantes caixas de visita de águas residuais cinzentas encaminhadas para o SAAC, e as águas que chegam à CVR1 e às restantes caixas de águas residuais encaminhadas diretamente para a rede pública.

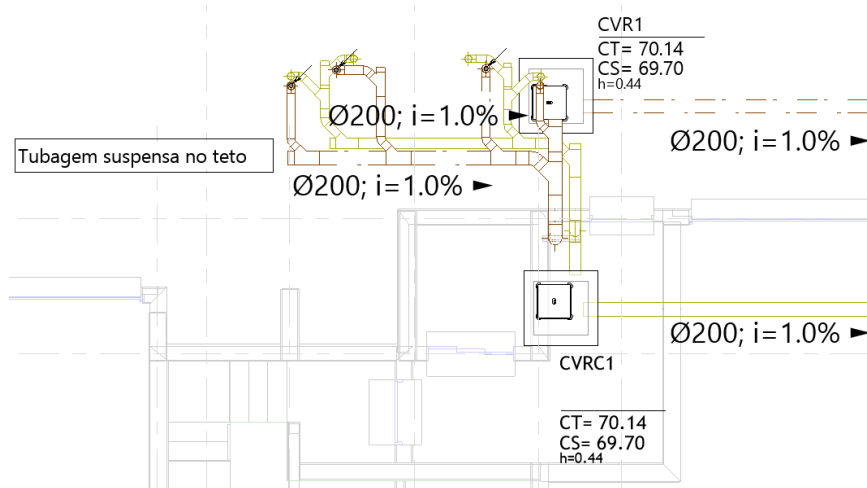


Figura 79 - Drenagem de águas residuais no Piso -1 nos cenários 3 e 4

Na Figura 80 é demonstrada a ligação da rede de drenagem de águas cinzentas à área técnica do SAAC.

A CVRC4 realiza a captação de todas as águas cinzentas do edifício, da extremidade esquerda e da extremidade direita. Foi incluída também a CVRC6 devido à mudança de direção da tubagem enterrada, para depois encaminhar as águas residuais para a CVRC7, já no interior da área técnica.

Paralelamente, é possível visualizar a rede de drenagem de águas residuais, onde a CVR3, pertencente a esta rede irá estar ligada ao poço de bombagem da área técnica do SAAC.

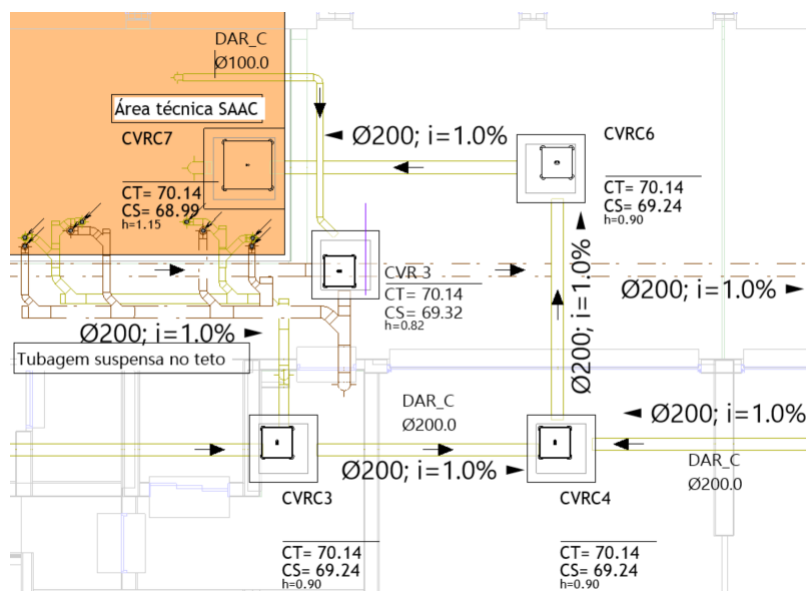


Figura 80 - Ligação da rede de drenagem de águas cinzentas ao SAAC nos cenários 3 e 4

Na Figura 81 é apresentada a vista 3D das duas redes de drenagem de águas residuais dos blocos de frações em todos os pisos e a sua ligação às caixas de visita.

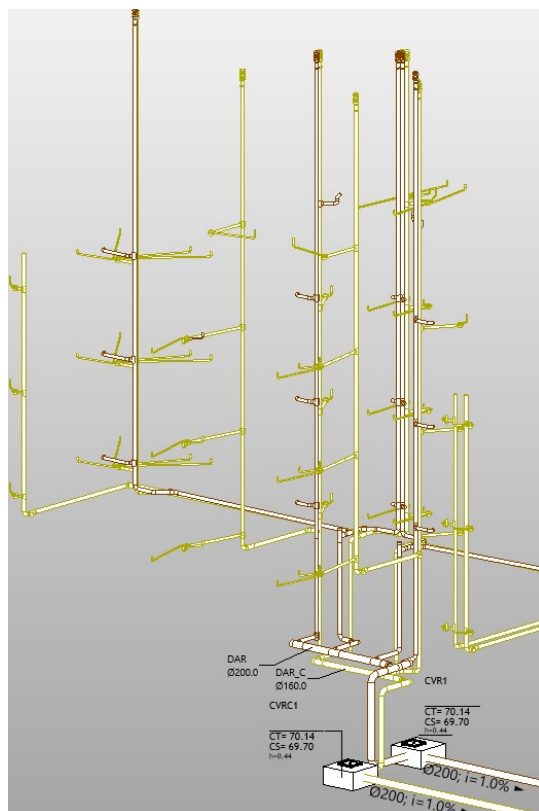


Figura 81 - Representação 3D da rede de drenagem de águas residuais do bloco de frações nos cenários 3 e 4

Na Figura 82 é ilustrado, em maior pormenor, a duplicação das caixas de visita e da tubagem suspensa presentes no Piso -1, existindo agora, uma série de caixas de visita completamente independentes das duas redes de drenagem de águas residuais.

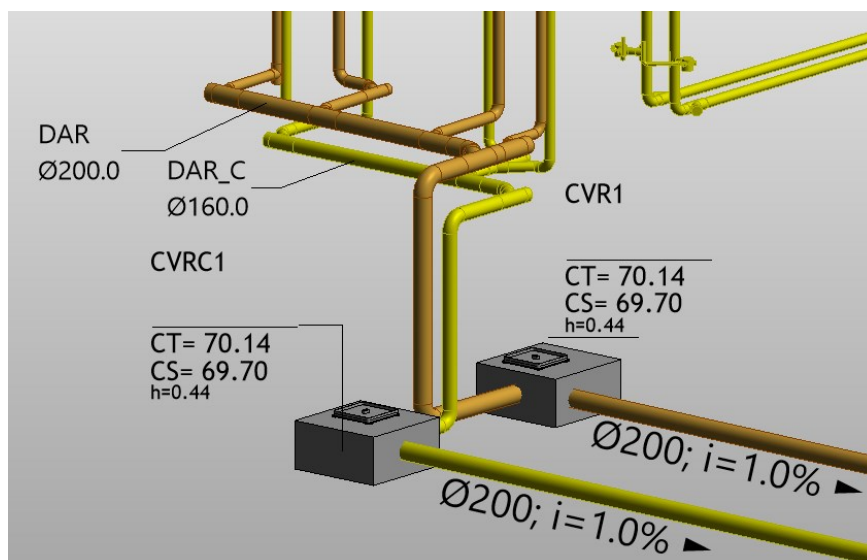


Figura 82 - Ligação das redes de drenagem de águas residuais às caixas de visita nos cenários 3 e 4

4.2.3.3. Rede de drenagem de águas pluviais

A rede de drenagem de águas pluviais nos cenários 3 e 4 terá de encaminhar toda a água coletada na cobertura para o SAAP. A rede de águas pluviais de todo o edifício encontra-se presente na Figura 83.

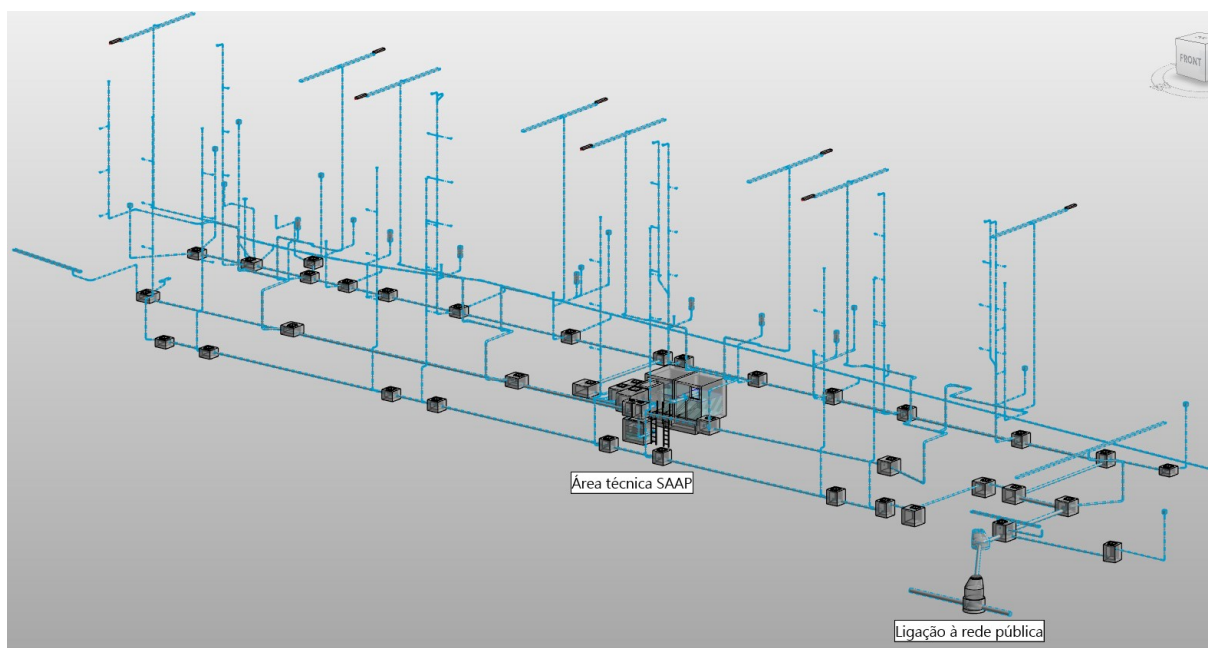


Figura 83 - Rede de drenagem de águas pluviais do edifício nos cenários 3 e 4

Neste caso, a rede de águas pluviais que coletava a água das varandas da frente do edifício teve de ser separada da rede de águas pluviais que coletava a água da cobertura, sendo que, todo o SAAP foi calculado com base apenas na área de cobertura do edifício. O aproveitamento de águas da chuva provenientes de varandas e floreiras oferece um maior risco, pois não é possível o controle sobre o tipo de líquidos usados, para limpeza, por exemplo, pelos ocupantes das frações, correndo um maior risco da contaminação das águas.

Desta forma, as águas que são provenientes das varandas da frente do edifício, são encaminhadas agora diretamente para o piso -1, com a criação de uma série de caixas de visita de águas pluviais, independente, que direciona a água para a rede pública.

As águas pluviais provenientes da cobertura estão agora separadas de todas as outras, sendo isto necessário, uma vez que o cálculo foi realizado apenas para a coleta de água na cobertura. Na Figura 84 é demonstrado a tubagem suspensa presente no Piso 0, sendo mantidas as localizações dos tubos de queda do cenário prévio.

As redes de águas pluviais captadas nas traseiras do edifício não sofreram qualquer alteração, estando já separadas da drenagem de águas pluviais da cobertura.

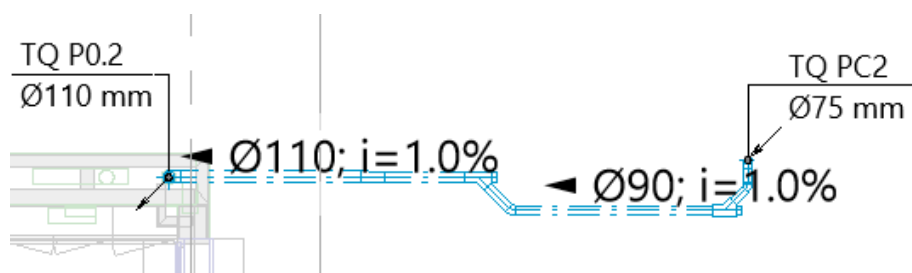


Figura 84 - Planta no Piso 0 da coleta de água pluviais da cobertura nos cenários 3 e 4

A rede de águas pluviais que coleta a água da cobertura no Piso -1 não sofreu qualquer alteração, pelo que não existe necessidade da sua demonstração.

Na Figura 85 está ilustrada a ligação ao SAAP da rede de drenagem de águas pluviais no Piso -1, onde a CVP 12 coleta toda a água proveniente da cobertura da extremidade esquerda do edifício, e a CVP 13 coleta toda a água da cobertura da extremidade direita do edifício, ligando depois à caixa CV_Entrada já no interior da área técnica.

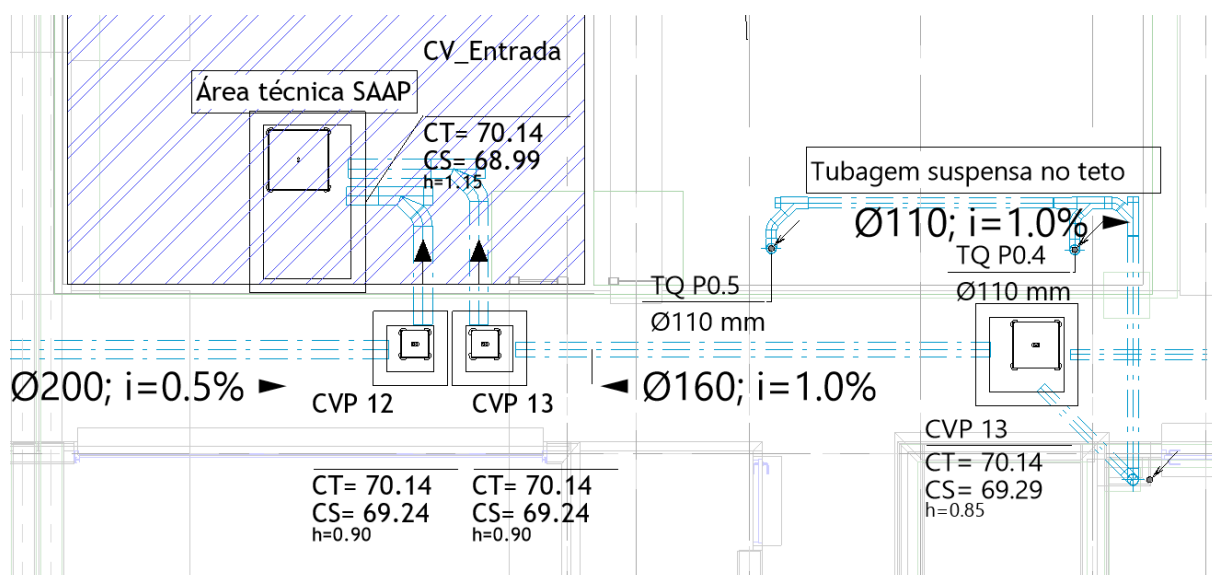


Figura 85 - Ligação da rede de drenagem de águas pluviais ao SAAP nos cenários 3 e 4

Na Figura 86 é ilustrada a ligação das três redes de drenagem de águas pluviais às caixas de visita, que se irá repetir ao longo de todo o edifício.

Esta rede, de facto, não sofreu grandes alterações, uma vez que, anteriormente na modelação da rede sem sistemas, a água proveniente da cobertura já estaria a ser drenada praticamente isoladamente, sendo apenas necessário desconectar a rede que coleta água das varandas da frente do edifício da rede da cobertura.

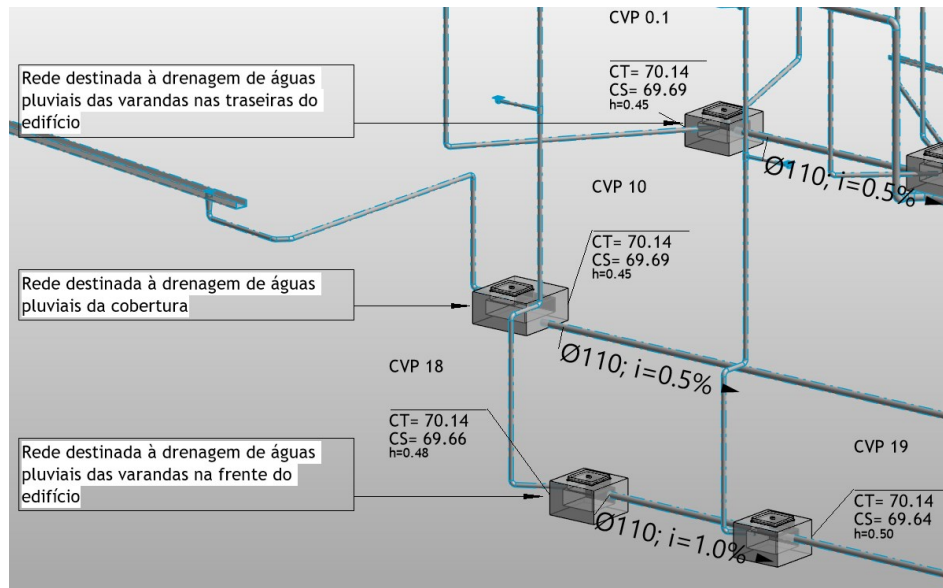


Figura 86 - Pormenor das três redes de drenagem de águas pluviais distintas nos cenários 3 e 4

4.3. ÁREAS TÉCNICAS DOS SISTEMAS

4.3.1. ALTERAÇÕES E INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA INCLUSÃO DOS SISTEMAS

4.3.1.1. Mudanças na arquitetura e projeto de estruturas do edifício

O primeiro passo para a inclusão dos sistemas, sendo que estes irão situar-se enterrados, como explicado anteriormente, será alterações na arquitetura e estrutura do edifício.

Será necessário a criação de um novo piso, o Piso -2, e baixar a cota das fundações existentes no edifício, pois não será possível a inclusão das áreas técnicas no interior de uma sapata.

O projeto de estruturas encontra-se num modelo diferente do projeto de redes prediais, estando apresentado no modelo como “link”. Esta ferramenta do *Revit* permite a facilidade na coordenação entre as diferentes especialidades, uma vez que, o projeto de estruturas é apresentado no modelo de redes prediais, sem ser possível a sua alteração.

É assim necessário para alterar as cotas das sapatas, abrir o modelo do projeto de estruturas, realizar a alteração, gravar o projeto, e depois automaticamente a mudança realizada é apresentada no modelo de redes prediais.

O rebaixamento realizado está presente na Figura 87, onde será apenas necessária esta mudança na zona pertencente às áreas técnicas, aproximadamente no meio do edifício.

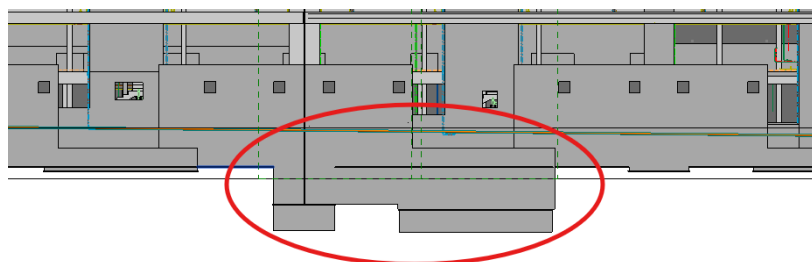


Figura 87 - Rebaixamento da cota das sapatas no projeto de estruturas

4.3.1.2. Volume dos reservatórios a utilizar nos sistemas

Para determinação do reservatório do SAAP foram utilizadas as fórmulas (1), (2) e (3), onde o menor valor que se obteve na fórmula (2), correspondente ao V1, com o valor de 12,47 m³. Este valor será repartido entre dois reservatórios do mesmo volume, 6,24 m³, de forma a facilitar a manutenção do sistema, pois assim nunca será necessária a total interrupção do mesmo. No caso de mau funcionamento ou manutenção dos reservatórios, simplesmente poderá ser fechada a válvula de seccionamento, interrompendo todo o caudal para um deles.

Foi utilizado um número máximo de 20 dias de retenção de água nos reservatórios, seguindo a recomendação da ANQIP [31], e de projetos previamente realizados na Bim Source. Sendo que a água aproveitada por este sistema irá ser utilizada para rega e para abastecimento em caso de escassez do reservatório do SAAC, foi utilizado o valor previamente obtido, que previa um consumo de 2 m³ diários de água para rega e multiplicado por todos os dias do ano. Este valor não tem grande relevância, pois é apenas utilizado no cálculo do V2, e este volume é bastante superior ao V1, pelo que dificilmente seria utilizado como valor final de volume a utilizar. A informação sintetizada sobre a dimensão do reservatório SAAP encontra-se ilustrada na Tabela 22

Tabela 22 - Dimensão reservatórios SAAP

Sistema	Somatório precipitação média anual (mm)	Área de captação (m ²)	Número máximo de dias de retenção de água nos reservatórios (dias)	Consumo anual estimado para rega (m ³)	Volume V1 (m ³)	Volume V2 (m ³)	Volume Total Reservatórios a utilizar (m ³)
Aproveitamento de águas pluviais	692,9	600	20	730	12,47	35,04	12,47

Para dimensionamento dos reservatórios necessários, de água bruta e água tratada, para incorporação do SAAC, foi utilizada a Figura 27. Uma vez que a produção total de águas cinzentas no edifício foi estimada para 7,2 m³, a escolha do equipamento foi obtida tendo em conta dois horários de pico de consumo, como referido anteriormente.

Desta forma, a escolha ficaria, realisticamente, entre o equipamento com eficiência de 3 m³/h e o equipamento com 5 m³/h, e uma vez que se multiplicarmos os 5 m³/h por dois (dois caudais de pico) a capacidade de tratamento de águas cinzentas seria consideravelmente superior à produção das mesmas, foi escolhido o equipamento com eficiência de 3 m³/h. Ao utilizar este equipamento teríamos uma capacidade total nas duas horas de pico de 6 m³, sendo as restantes águas cinzentas, 1,2 m³, produzidas e tratadas ao longo de todo o dia.

Assim, com a escolha do equipamento, foram utilizados os reservatórios recomendados pelo fabricante, que, para o reservatório de água bruta será de 1500L ou 1,5 m³ e para o reservatório de águas tratadas será de 5000L ou 5,0 m³, perfazendo um total de 6,5 m³, como disposto na Tabela 23. Pelo mesmo motivo apresentado acima, o volume total de reservatório de águas tratadas será repartido em dois reservatórios.

Tabela 23 - Dimensão reservatórios SAAC

Sistema	Eficiência equipamento escolhido (m ³ /h)	Dimensão reservatório de água bruta (m ³)	Dimensão de reservatório de água tratada (m ³)	Dimensão do equipamento (m)	Volume Reservatórios (m ³)
Reaproveitamento de águas cinzentas	3	1,5	5	2,1x1,3x2,28	6,5

4.3.2. MODELAÇÃO ÁREA TÉCNICA SAAP

Realizadas as alterações necessárias na arquitetura e estruturas do edifício para inclusão das áreas técnicas, pode agora ser realizada a sua modelação. De forma a simplificar a apresentação das áreas técnicas, serão apresentadas as plantas das mesmas, mas repartidas pelas diferentes redes, isto é, será apresentada o SAAP apenas com a rede de águas pluviais, e depois apenas com a rede de abastecimento de água.

Na Figura 88 é apresentada a planta do SAAP com a rede de drenagem de águas pluviais.

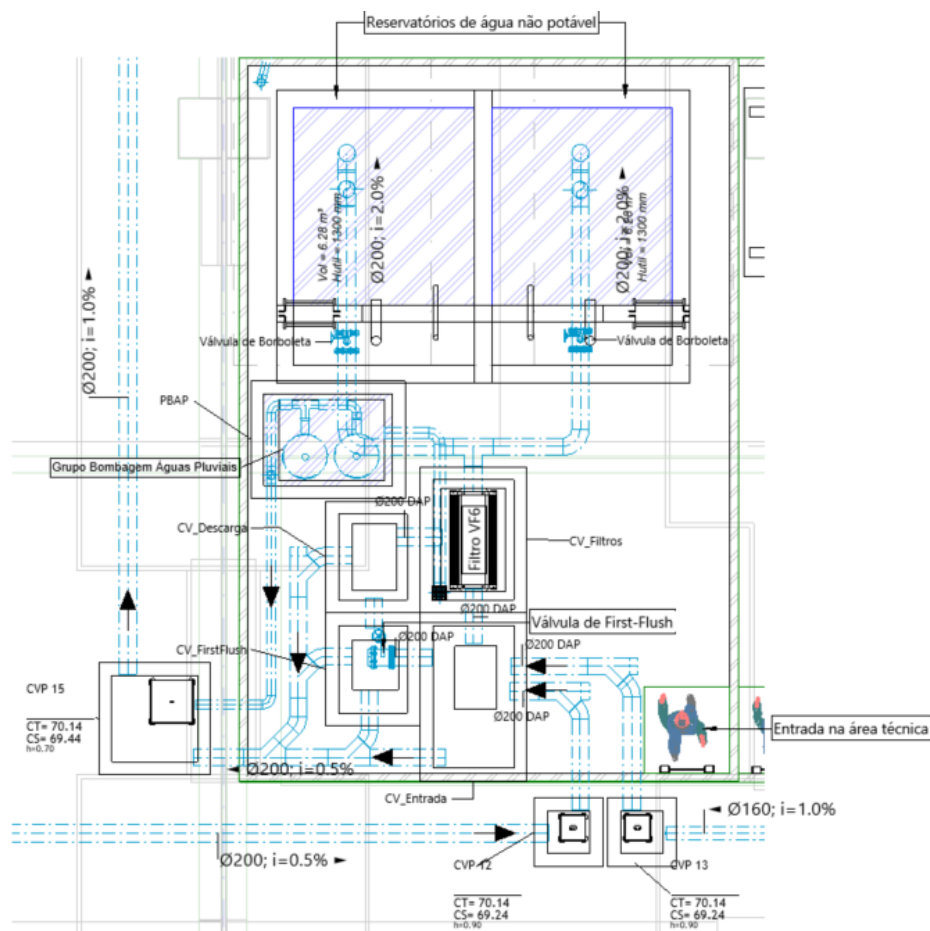


Figura 88 - Área técnica SAAP de drenagem de águas pluviais

A caixa de visita 12 (CVP 12) irá recolher as águas provenientes da extremidade esquerda do edifício, enquanto a CVP 13 irá recolher as águas provenientes da extremidade direita, e depois ambas as caixas de visita, encaminham a água para a caixa de visita de entrada (CV_Entrada).

A CV_Entrada apresenta uma ligação para a caixa de visita que contém os filtros necessários para limpeza das águas pluviais (CV_Filtros) e uma ligação para a caixa de visita de *first-flush* (CV_first-flush), necessária para o primeiro arranque dos sistemas quando existe algum tempo sem a sua utilização, devido às grandes estiagens de verão, por exemplo. A CV_Entrada apresenta também uma descarga que fará a ligação à CVP 15 que encaminhará a água para a rede pública. Todas as caixas de visita no sistema apresentarão uma descarga que ligará para a CVP 15, de modo a facilitar a sua

manutenção e limpeza, sendo esta drenagem sempre realizada graviticamente, pois as caixas de visita se encontram numa cota superior à da ligação à rede pública.

A CV_Filtros vai realizar a ligação aos reservatórios de água não potável, e contém o filtro que irá realizar a filtragem da água da chuva, apresentando uma ligação para uma caixa de visita de descarga (CV_Descarga), para que quando for necessária a drenagem de águas da CV_Filtros, devido a avaria ou a excesso de água, esta drenagem seja possível. Nesta caixa de visita que contém os filtros é também instalado um ralo de descarga de fundo, recomendado pelo fabricante do filtro, em projetos anteriores realizados na Bim Source, que será ligado ao poço de bombagem, já que não é possível a sua drenagem graviticamente.

Irão existir dois reservatórios de água não potável com volume de $6,28 \text{ m}^3$, para assim, facilitar a sua limpeza e manutenção, já que não será necessário interromper todo o sistema, podendo ser cortado o caudal através das válvulas de borboleta a cada um dos reservatórios. Irão apresentar também uma descarga de fundo e de superfície, que já se encontram modeladas na família Revit dos reservatórios, que ligará ao poço de bombagem de águas pluviais (PBAP), pois ao contrário do caso anteriormente explicado, os reservatórios encontram-se a uma cota inferior da ligação à rede pública, sendo necessário pressurizar a água proveniente destes.

Este poço de bombagem irá apresentar duas bombas, que apresentam diferentes níveis de funcionamento, como ilustrado na Figura 89. O primeiro nível significa o arranque de uma das bombas quando a água atinge aquela cota, o segundo nível irá representar o arranque de ambas as bombas, caso a água o atinja, e o terceiro nível irá ser soado um alarme devido ao excesso de água a ser drenada para o poço de bombagem. A água proveniente deste poço será também encaminhada à CVP 15.

Na Figura 90 é apresentado um corte no interior da área técnica do SAAP, que ilustra o abastecimento de água não potável aos reservatórios.

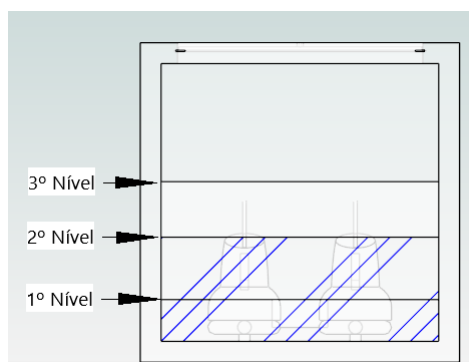


Figura 89 - Poço de bombagem de águas pluviais

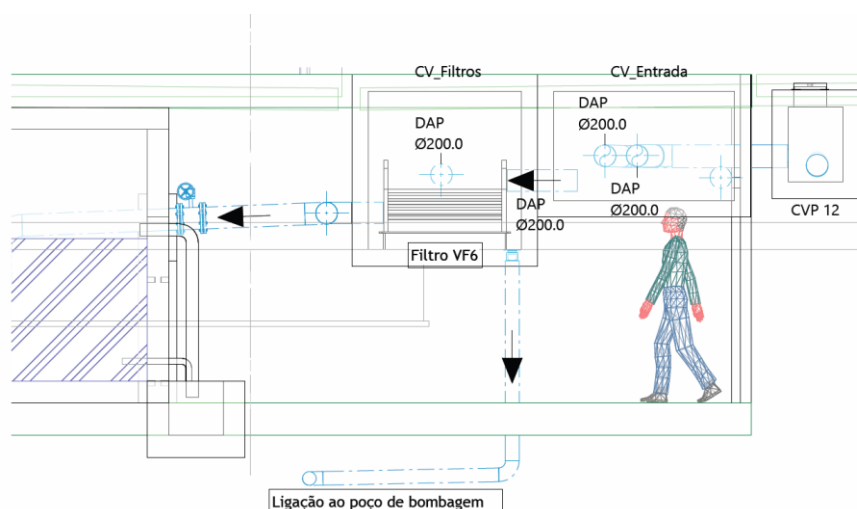


Figura 90 - Seção da área técnica do SAAP

A rede de abastecimento de água, presente na área técnica do SAAP, irá incluir a rede de água potável, denominada por RA_Fg (Rede de abastecimento de água fria gravítica) que abastece os reservatórios em caso de escassez, a rede de rega, RA_REGA, e a rede de água não potável, RA_NP (Rede de abastecimento de água não potável) que efetua ligação com os reservatórios do SAAC para assim os abastecer em caso de falta de água.

Ambas as redes de rega e de água não potável terão de ser pressurizadas através de um grupo de bombagem de água não potável (GBANP), onde posteriormente serão encaminhadas para os locais adequados.

As redes deverão ser equipadas com acessórios, mais concretamente, válvulas de seccionamento para ser possível cortar o caudal afluente nos reservatórios, uma válvula de retenção para não ser permitida a alteração do sentido do caudal, um contador instalado em cada tubagem e uma válvula de flutuador para controlar o volume de água no interior do reservatório.

Os reservatórios irão estar equipados também com um acesso no exterior e no interior através de uma escada, para ser possível a sua fácil manutenção e limpeza.

O acesso para a área técnica é realizado através de uma escada vertical com acesso no Piso -1.

As redes e os equipamentos afetos a elas estão dispostos na Figura 91.

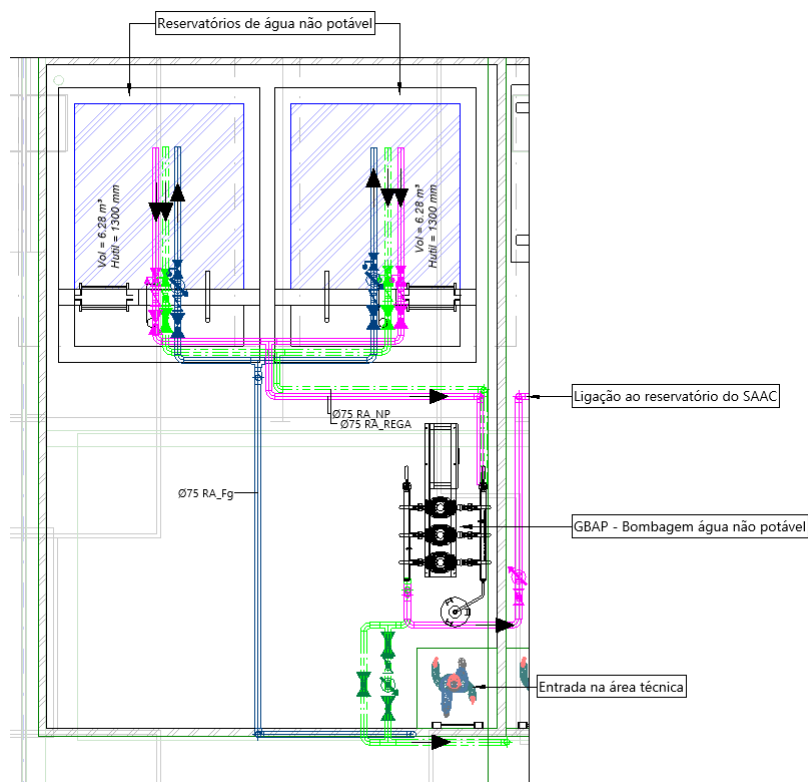


Figura 91 - Área técnica SAAP da rede de abastecimento de água

Também são apresentadas as vistas 3D da área técnica, em que primeiramente na Figura 92, é apresentada uma vista de trabalho, isto é, uma vista em que se consegue distinguir as diferentes redes e realizar anotações. Na Figura 93 é efetuada uma renderização, ferramenta disponibilizada pelo Revit, que permite uma vista semelhante à realidade.

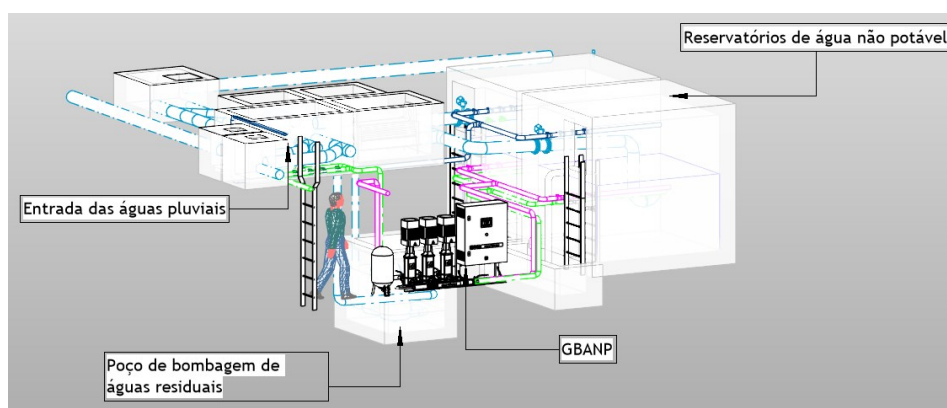


Figura 92 - Vista 3D área técnica SAAP

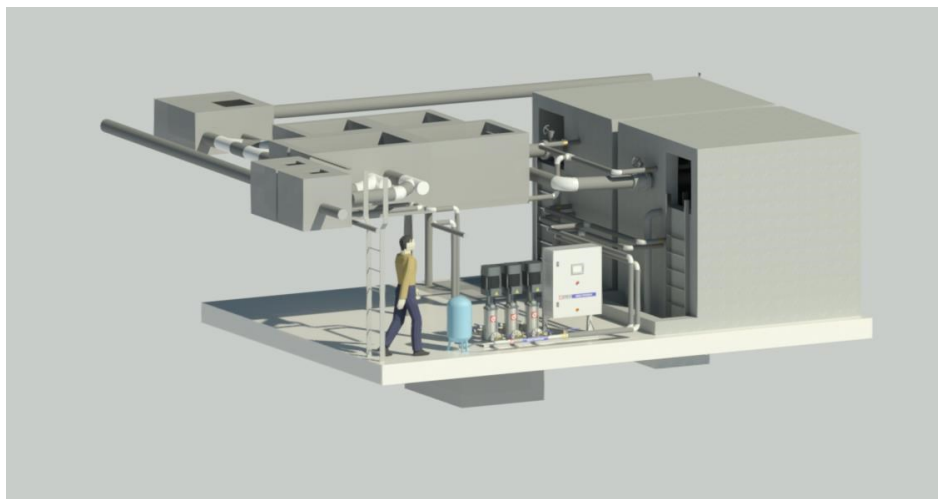


Figura 93 - Renderização 3D da área técnica do SAAP

4.3.3. MODELAÇÃO ÁREA TÉCNICA SAAC

A representação em planta da rede de drenagem de águas residuais da área técnica do SAAC está demonstrada na Figura 94.

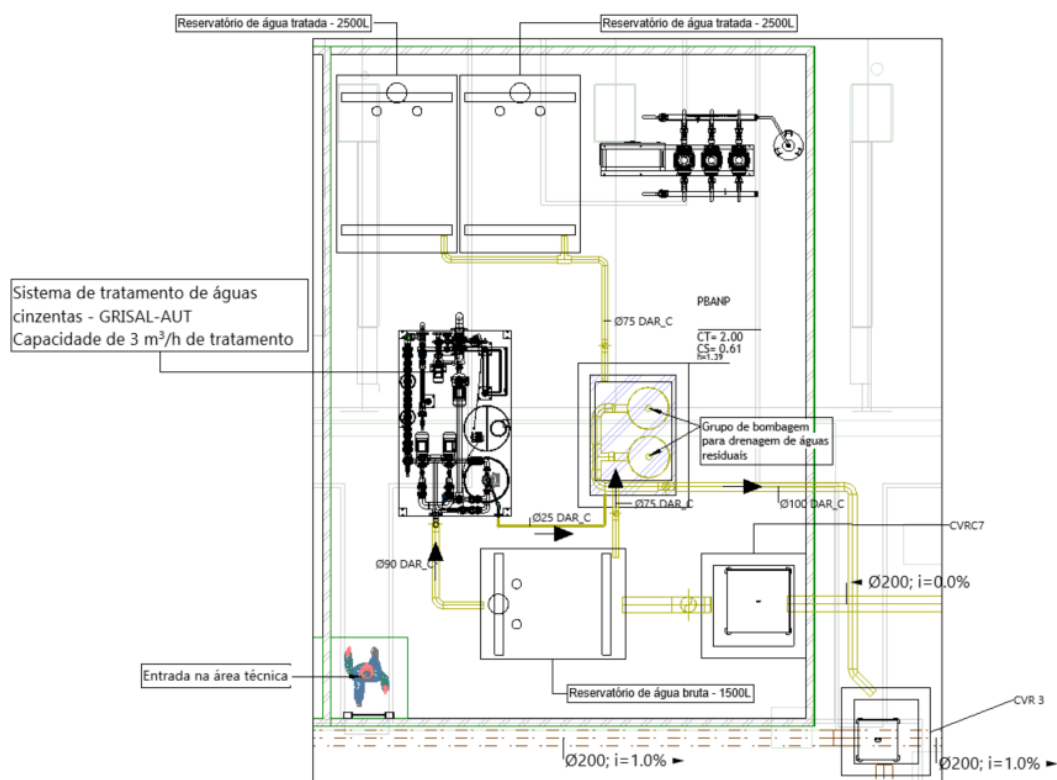


Figura 94 - Área técnica SAAC com rede de drenagem de águas residuais

Para a modelação desta área técnica, primeiramente foi necessário a criação de um novo sistema para a tubagem, a rede de drenagem de águas residuais cinzentas, DAR_C, sendo que previamente só existia a rede de drenagem de águas residuais, DAR.

As águas que serão tratadas realizam a entrada na área técnica pela caixa de visita de águas residuais cinzentas 7 (CVRC 7), onde são encaminhadas para um reservatório de água bruta, com o volume recomendado pelo fornecedor do sistema de tratamento de águas cinzentas. Este reservatório apresenta uma descarga de fundo que realiza a drenagem da água, em caso de necessidade, para um poço de bombagem de água não potável, semelhante ao previamente utilizado, (PBANP), necessário pois a cota do reservatório está abaixo da cota da ligação à rede pública.

Após entrada no reservatório de água bruta, as águas residuais cinzentas são encaminhadas para o equipamento GRISAL-AUT, que realizará o tratamento das águas. Este equipamento apresenta uma descarga de fundo, pelo que esta foi de igual modo ligada ao poço de bombagem.

Após a passagem pelo equipamento de tratamento de águas cinzentas, o sistema da tubagem passa a estar representado como água não potável, consequentemente, não é possível observar esta ligação Figura 94. No entanto, nos reservatórios é igualmente necessária uma descarga de fundo que facilitará a manutenção e limpeza dos mesmos que fará a ligação ao poço de bombagem.

Este poço de bombagem apresenta os mesmos princípios do apresentado na área técnica do SAAP e faz a ligação à rede de drenagem de águas residuais já existente no edifício, na CVR 3.

Na Figura 95 é apresentada uma secção de corte no interior da área técnica.

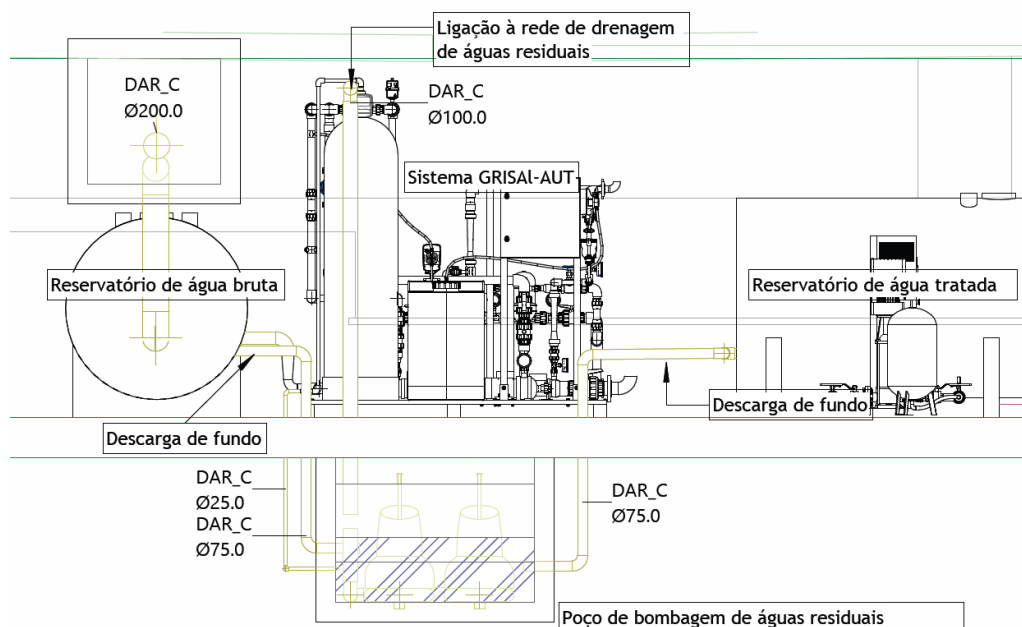


Figura 95 - Secção no interior da área técnica do SAAC

A rede de abastecimento de água da área técnica do SAAC, representada na Figura 96, inclui a rede de abastecimento de água fria gravítica (RA_Fg), e a rede de abastecimento de água não potável (RA_NP).

Existe um grupo de bombagem de água não potável (GBANP), que irá pressurizar a água não potável proveniente dos reservatórios de água tratada para as descargas das bacias de retrete e para as máquinas de lavar roupa.

As redes deverão ser equipadas com acessórios, mais concretamente, válvulas de seccionamento, para ser possível cortar o caudal afluente nos reservatórios, uma válvula de retenção para não ser permitido

alterar o sentido do caudal, um contador instalado em cada tubagem e uma válvula de flutuador para controlar o volume de água no interior do reservatório.

A entrada nesta área técnica é realizada de forma semelhante à da área técnica do SAAP, sendo feito através do Piso -1 numa escada vertical.

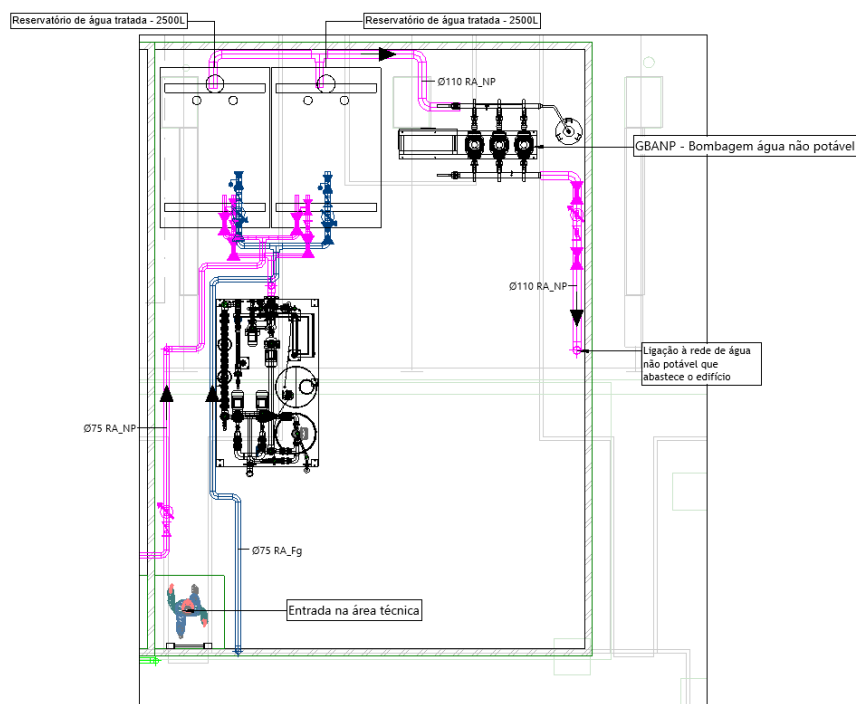


Figura 96 - Área técnica SAAC com rede de abastecimento de água

As vistas 3D desta área técnica estão representadas pela Figura 97 e pela Figura 98, onde de igual forma à área técnica anterior, é apresentada uma vista de trabalho com anotações para melhor compreensão do sistema, e uma vista de uma renderização realizada com maior semelhança à realidade.

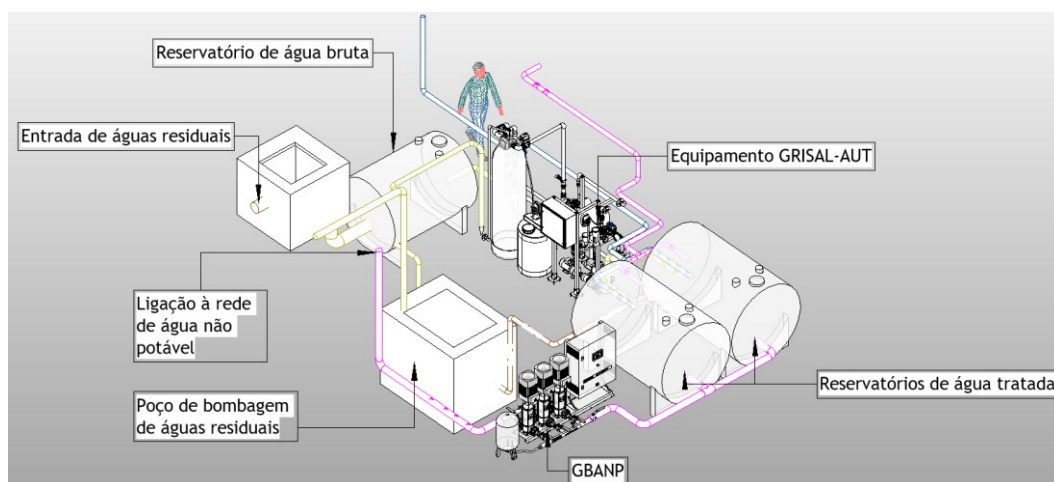


Figura 97 - Vista 3D da área técnica do SAAC

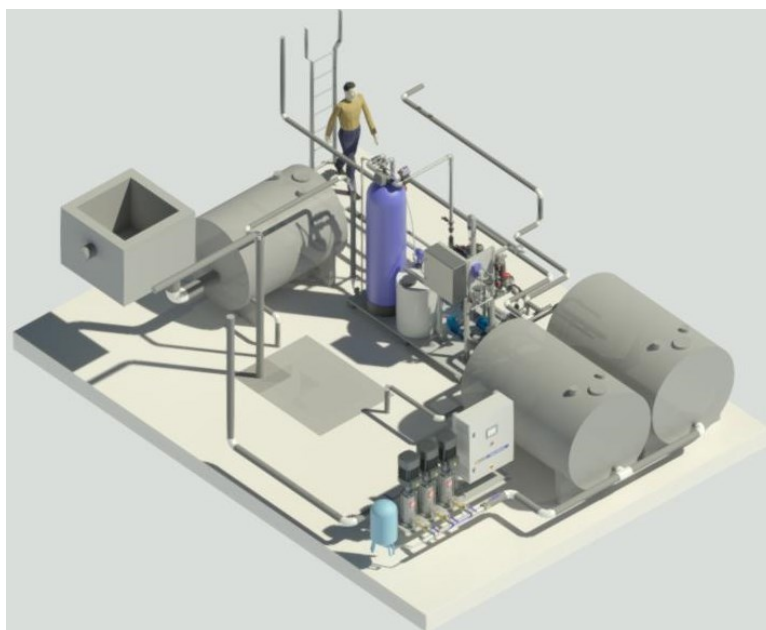


Figura 98 – Renderização 3D da área técnica do SAAC

Por existirem diversas redes que podem abastecer os reservatórios, terá de ser definida uma prioridade para o abastecimento dos mesmos, isto porque os reservatórios nunca podem ficar completamente sem nenhum volume de água. Se ficarem completamente vazios devido à escassez de água da chuva para o SAAP ou de águas cinzentas para o SAAC, não existirá caudal de água para rega ou para a descarga das bacias de retrete e utilização das máquinas de lavar roupa, uma vez que estes equipamentos só se encontram abastecidos pela rede de abastecimento de água não potável (ver Figura 71).

Assim, a primeira prioridade dos reservatórios será a água produzida pelos sistemas instalados, ou seja, para o reservatório do SAAP, serão as águas pluviais, e para o sistema SAAC serão as águas cinzentas reaproveitadas.

A segunda prioridade para o reservatório do SAAP, será água potável proveniente da rede pública, enquanto para o SAAC será água não potável proveniente dos reservatórios do SAAP.

Na terceira e última prioridade de abastecimento, no caso do reservatório SAAC será abastecido com água potável proveniente da rede pública. O equipamento que fará o controlo do volume de água nos reservatórios será a válvula de flutuador instalada em cada rede que abastece os reservatórios.

Esta informação está esquematizada na Figura 99.

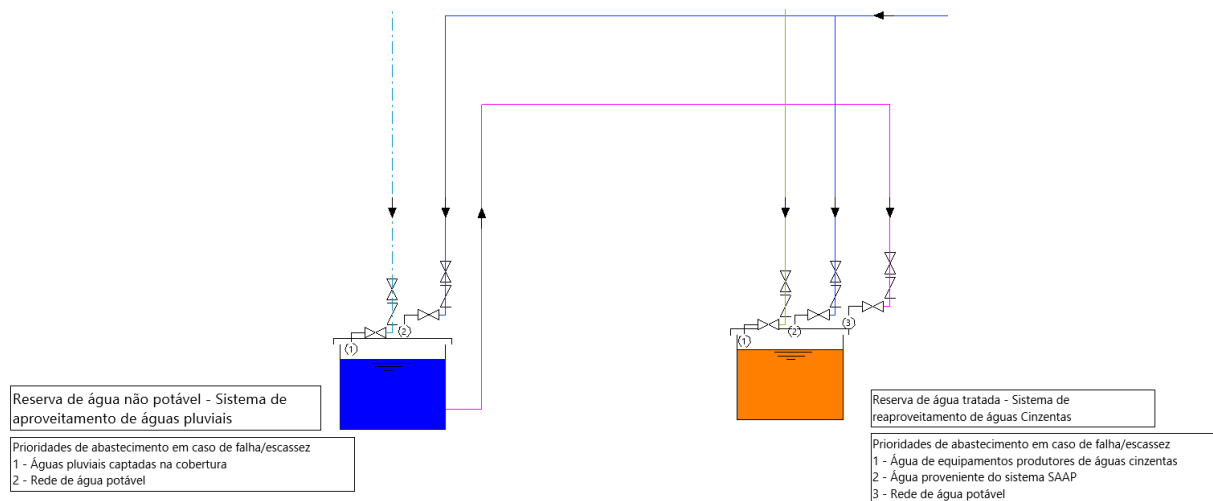


Figura 99 - Prioridade de abastecimento dos reservatórios

4.4. FAMÍLIA DE CAIXA DE VISITA COM FILTRO PARA ÁGUAS PLUVIAIS

Ao realizar a modelação da nova rede criada, existe a necessidade no SAAP da inclusão de filtros no interior de uma caixa de visita de águas pluviais que efetua a remoção de detritos e poeiras da água pluvial captada.

Após a análise realizada no edifício de escritórios, estes dois elementos encontravam-se independentes, isto é, como duas famílias separadas, existindo assim a família de caixa de visita e a família do filtro para águas pluviais. Com esta forma de proceder, seria crucial, conforme o número de filtros necessários, em consequência da área de captação da cobertura, estabelecer o tamanho da caixa de visita de águas pluviais sempre que fosse alterado o número de filtros.

É importante referir também que o filtro utilizado foi o VF6 CQUASAVE / 3P TECHNIK, bem como a sua família na modelação, que tem capacidade de filtração para uma área de captação até 1800 m², sendo perfeitamente capaz de filtrar toda a água captada no edifício. De modo a não ser necessário alterar as dimensões da caixa por cada vez que se altera o número de filtros no interior da mesma, foi criada uma família que incorpora os dois elementos num só, em que sendo dada a informação a essa família sobre área de captação do edifício, automaticamente se estabelece o número de filtros e as dimensões da geometria da caixa de visita.

Para tal, foi necessário utilizar a funcionalidade do *Revit* que permite editar famílias, tendo como base a família da caixa de visita de águas pluviais, foi importado para esta família o elemento do filtro anteriormente mencionado. Na Figura 100 é apresentada a família na funcionalidade de edição mencionada.

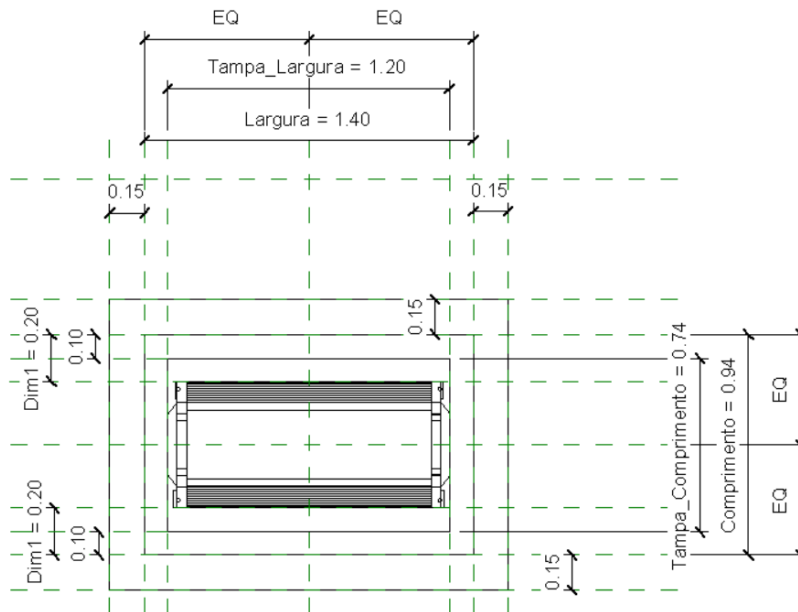


Figura 100 - Família de caixa de visita e filtro de águas pluviais

Para a criação deste elemento, e de qualquer outro, utilizando o *Revit*, é essencial a definição de planos de referência, que irão restringir a geometria conforme as limitações do plano, que são as linhas intermitentes de cor verde que estão representadas na Figura 100. O filtro que está no interior da caixa de visita foi restringido ao plano de referência que se encontra a 0.10 cm da extremidade interior da caixa de visita, representado pela “Dim1”.

Posteriormente, visto a necessidade de existir a opção de vários filtros serem necessários, foi criado um “array” linear do filtro. Um “array” é uma ferramenta que permite a criação de vários elementos apenas introduzindo o valor pretendido, sendo o afastamento entre as instâncias definido pelo afastamento entre o 1º e o 2º elemento. Ao ser criado um “array”, é importante mencionar, que automaticamente todos os elementos são colocados num grupo e assim todos são manipulados ao mesmo tempo, e que, mesmo que o elemento singular apresentasse um conector, ao ser agrupado, esta funcionalidade é perdida. Neste caso, o conector não será importante para a modelação.

É necessário agora associar o parâmetro de número de filtros, que representa o “array”, e a área de captação. Para isto foi estabelecido uma condição no parâmetro de número de filtros, como representado na Figura 101, em que, a área de captação introduzida pelo utilizador é dividida pela capacidade de funcionamento do filtro, neste caso, 1800 m². Desta forma, o único dado que é necessário introduzir é a área de captação de água da chuva do edifício, sendo automaticamente atualizado o número de filtros necessários.

Parameter	Value	Formula
Text		
Designacao (default)	CVP	= Caixa de Visita com Filtro para Águas Pluviais
Plumbing		
Área_Captação	5000.000	=
Número_Filtros	3	= if(Área_Captação / 1800 m ² < 1, 2, Área_Captação / 1800 m ²)

Figura 101 - Parâmetro área de captação

No entanto, surgiu um problema para quando é necessário apenas um filtro no interior da caixa de visita, uma vez que, a ferramenta de “array” não permite o valor de 1, sendo que apenas poderão existir 2 ou mais elementos quando estão em grupo. No caso deste edifício, é precisamente apenas necessário 1 filtro para tratamento de toda a água da chuva captada, e assim a família não funcionaria para este caso. Esta dificuldade é traduzida na Figura 101, em que existe uma condição no parâmetro que estabelece que o valor do número de filtros nunca poderá ser 1, caso contrário apresentaria uma mensagem de erro. Quando a área de captação for inferior a 1800 m², o número de filtros será 2 e caso contrário apresentará o valor da divisão mencionada acima.

A modelação foi realizada na versão de 2024 do *Revit*, sendo que, não existe uma solução direta para este problema, contudo é de se notar que a futura versão de 2025 fornece uma solução direta para esta problemática, podendo o *array* apresentar valores de 0 e 1. No entanto, foi utilizada a versão de 2024, pelo que foi necessário resolver este problema com as ferramentas disponíveis.

Para resolução desta dificuldade, foi introduzido um outro elemento da família de filtros, mas desta vez um elemento singular, não agrupado, estando agora incluídos na caixa de visita, um “array” de filtros e um elemento singular dos mesmos. Associados ao grupo e ao elemento singular foram atribuídos parâmetros de visibilidade, isto é, parâmetros que estabelecem a sua visibilidade no projeto perante alguma condição. Se a área de captação do edifício for inferior a 1800 m² será ocultado o grupo de elementos, e opostamente, se for superior a 1800 m² será ocultado o elemento singular. Esta metodologia está apresentada na Figura 102.

Visibility		
ArrayOff (default)	☐	= Área_Captação / 1800 m ² < 1
ArrayOn (default)	☒	= not(ArrayOff)

Figura 102 - Parâmetro de visibilidade

Na Figura 103 é apresentado um caso em que a área de captação introduzida é inferior a 1800 m² e o parâmetro de visibilidade mencionado se encontra desligado. Percebe-se que ambos os elementos se encontram visíveis e desta forma encontra-se sobrepostos, pelo que é essencial a inclusão do parâmetro de visibilidade.

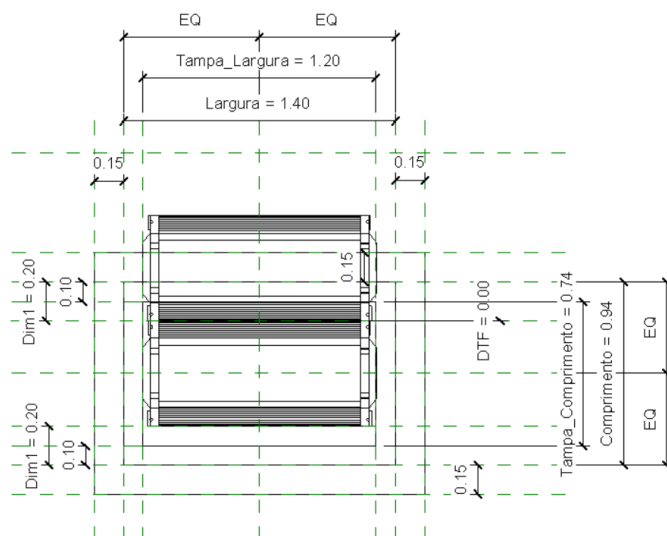


Figura 103 - Exemplo de parâmetro de visibilidade desligado

Em adição aos parâmetros, são também exigidas as condições para a geometria da caixa de vista, essenciais para o bom funcionamento da família. Foram estabelecidas, novamente, duas condições para alguns dos parâmetros, um valor para quando existe apenas um filtro no interior da caixa de visita e outro para quando existem dois ou mais. Para a condição em que existe apenas um filtro, a geometria é fixa com um valor (no parâmetro de comprimento da caixa é 0.94 metros, por exemplo). No caso de existirem dois ou mais filtros, a geometria é estabelecida através da multiplicação do número de filtros por um valor introduzido pelo utilizador que permita um distanciamento adequado entre filtros e da caixa de visita. Nesta secção das dimensões da caixa de visita e, estão estabelecidas medidas para o comprimento, largura, distância entre filtros, altura e dimensões da tampa para acesso à caixa.

Dimensions		
CS (default)	-1.1500	= CT - AlturaCV
CT (default)	0.0000	=
Comprimento (default)	0.9400	= if(Área_Captação / 1800 m ² < 1, 0.94 m, Número_Filtros * 0.6618 m + 0.4 m - 0.1218 m)
Dim1 (default)	0.2000	=
Dim2 (default)	0.2900	=
Distância entre Filtros	0.0000	= if(Área_Captação / 1800 m ² < 1, 0 m, 0.1218 m)
Largura (default)	1.4000	=
Tampa Comprimento (default)	0.7400	= if(Área_Captação / 1800 m ² < 1, 0.74 m, Número_Filtros * 0.6618 m + 0.2 m - 0.1218 m)
Tampa Largura (default)	1.2000	=

Figura 104 - Parâmetros de geometria

Na Figura 105 é apresentado um exemplo da representação da família criada em projeto, no caso de serem necessários três filtros.

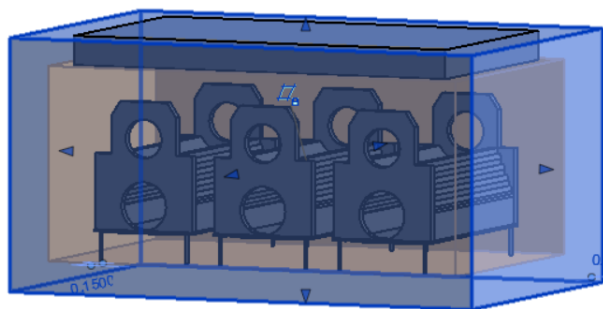


Figura 105 - Vista 3D da família

4.5. DYNAMO

De forma de automatizar ainda mais o processo da inclusão dos sistemas, foi desenvolvida a família da caixa de visita para filtros pluviais, previamente apresentada. Esta caixa altera a sua geometria e o seu número de filtros em relação com a área de captação de água da chuva que irá abastecer o SAAP. Esta área de captação, para introduzir na família da caixa de visita para filtros pluviais, teria de ser calculada manualmente somando todas as áreas com este objetivo. Este cenário complica-se se forem coletadas todas as águas pluviais de todas as zonas do edifício, nas varandas, floreiras e coberturas, pois neste caso, todas as pequenas áreas seriam adicionadas manualmente.

Assim, com o objetivo de desenvolver o trabalho já previamente criado, e de forma a automatizar ainda mais a criação da área técnica para o SAAP, foi criado um script no *Dynamo* que facilita este processo.

O primeiro passo para a resolução deste problema, foi a percepção de como o *Revit* poderia realizar o cálculo de uma área e foi concluído que poderia ser utilizado um elemento já integrado no software, denominado de “*Filled Region*”. Este elemento é apenas 2D, sendo apenas visível em planta ou em cortes, e funciona como uma ferramenta de anotação, mas ao fazer uma “*Filled Region*”, esta já apresenta um parâmetro de área, que calcula a área delimitada pelos limites realizados pelo utilizador. Desta forma, se realizarmos uma anotação com este elemento, em planta, irá ser sempre calculada a área, e ao realizar várias, referentes às diversas áreas de coleção de águas da chuva, este parâmetro da área irá ser calculado em todas elas. Para esta família ser distinguível das outras “*Filled Regions*” que se encontram em projeto, foi necessário a duplicação de uma delas e alterar o seu nome para DAP Filtro, como apresentado na Figura 106, bem como o parâmetro da área já incorporado no menu das propriedades e a ilustração do elemento.

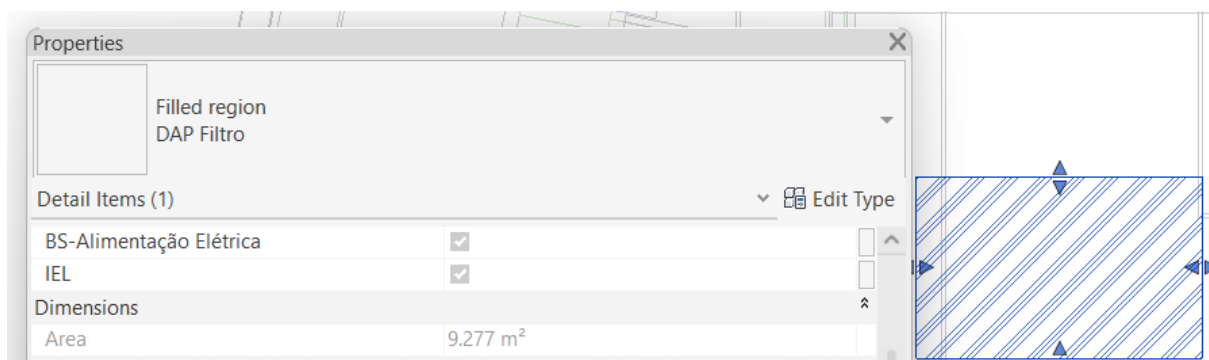


Figura 106 – Família de “Filled Region” criada

Com a obtenção de todos os parâmetros de área dos elementos, estes depois seriam incorporado no parâmetro de área de captação da família da caixa de visita de filtros pluviais, já criada anteriormente, e desta forma a sua geometria e o número de filtros iriam ser alterados mediante a área ocupada pelas “Filled Region” da família da DAP Filtro.

Para isto é necessário o recurso ao *Dynamo*, onde para iniciar a construção do script, antes demais, é necessário identificar a categoria dos elementos a serem alterados. Esta categoria está também presente na Figura 106, sendo o elemento DAP Filtro da categoria de “Detail Items”, e a caixa de visita previamente criada da categoria de “Plumbing Fixtures”, os blocos de código para esta identificação estão presentes na Figura 107. Com os blocos de código “Watch”, é possível observar o resultado do script. Com estes elementos reunidos é possível obter uma lista de todos os elementos da categoria de “Detail Items” e de “Plumbing Fixtures”, sendo este o passo inicial.

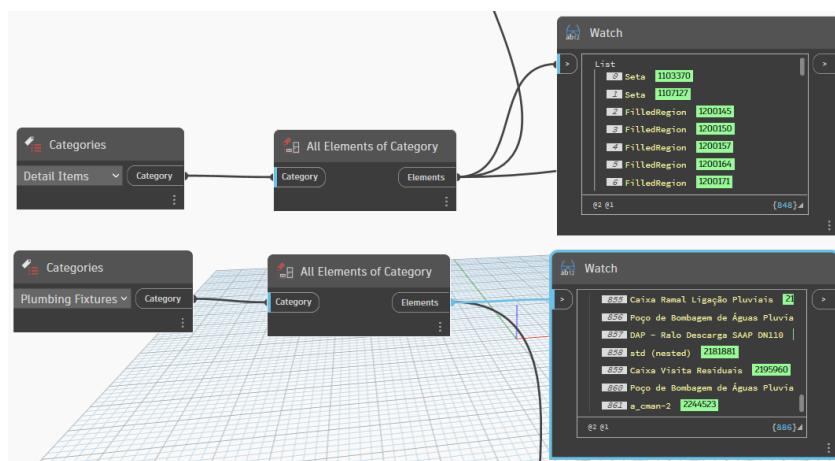


Figura 107 - Categoria dos elementos a sofrerem alterações

Segue-se o isolamento dos elementos que irão sofrer alterações, sendo que para tal foi necessário procurar o parâmetro que distingue os elementos pretendidos de todos os outros da mesma categoria. O parâmetro encontrado para esta função foi o “Type Name”, sendo este um parâmetro de “type”, isto é, se for alterado o seu valor é aplicado em todos os elementos dessa família.

A lista anterior, apresentada na Figura 107, enumera todas as instâncias dos elementos das determinadas categorias, e com isto apenas contém informação sobre os parâmetros “*instance*”, e neste caso precisamos dos parâmetros “*type*”, pelo que foi adicionado o bloco de código “*Element.ElementType*”, ilustrado na Figura 108. Este código transforma a lista de elementos no formato “*instance*” para o formato “*type*”, obtendo assim os parâmetros pretendidos. Foram depois obtidos os valores do parâmetro “*Type Name*” de todos os elementos com o código “*Element.GetParameterValueByName*”.

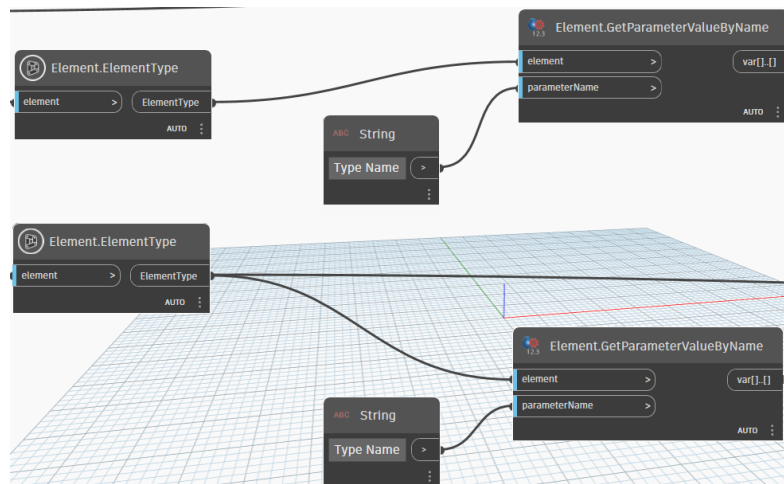


Figura 108 – Bloco de código para obter o parâmetro que distingue os elementos pretendidos

Obtendo todos os valores de todos os elementos do parâmetro “*Type Name*”, precisamos agora de obter os elementos que serão utilizados. O valor deste parâmetro para a “*Filled Region*” será DAP Filtro, nome da família criada, e para a caixa de visita será Caixa Visita para Filtros Pluviais. É, assim, realizada uma verificação de todos os elementos e quais têm o valor pretendido para esse parâmetro, como ilustrado na Figura 109. É necessário transformar todos os valores em texto, ou “*String*”, com o bloco de código “*String from Object*”, para ser possível realizar esta verificação. Esta verificação vai produzir uma lista de verdadeiros e falsos, sendo os verdadeiros os elementos que têm o parâmetro com o valor pretendido, e os falsos todos os outros.

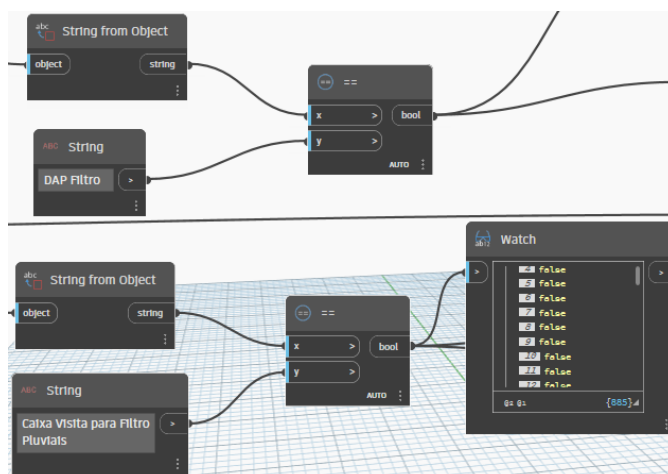


Figura 109 – Verificação do valor do parâmetro “Type Name”

Para finalmente obter os elementos pretendidos isolados é agora necessário filtrar a lista obtida na Figura 107, com a listra de verdadeiros e falsos obtida na Figura 109, sendo ligadas ao bloco de código “*List.FilterByBoolMask*”, obtendo os elementos pretendidos, como demonstrado na Figura 110.

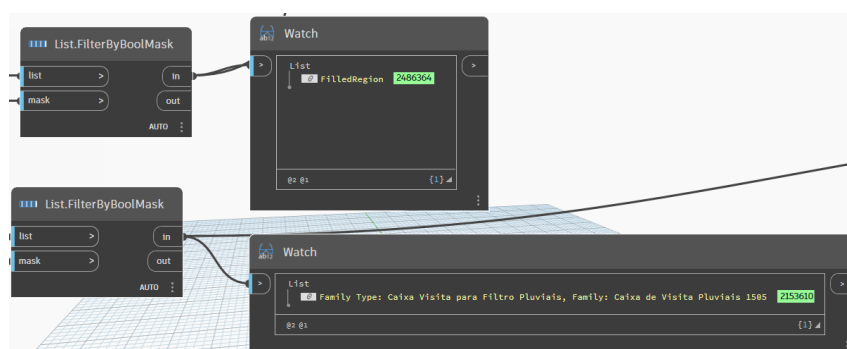


Figura 110 - Elementos isolados

4.6. ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE

Para obtenção dos valores a ser utilizados para as máquinas de lavar roupa e para as máquinas de lavar loiça foi utilizada uma diferente metodologia dos restantes equipamentos, já que, a ANQIP não fornece classificações de eficiência hídrica para este tipo de equipamentos, e os caudais de cálculo apenas apresentam um consumo de água por unidade de tempo, sendo necessário o consumo de água por ciclo. Poderia ser assumido um determinado período de cada ciclo, mas esta forma de proceder poderia ser incorreta devido à grande variedade de modos, e por sua vez tempos, que estas máquinas apresentam.

Desta forma, foi utilizado o *Unified Water Label*, apresentando no Capítulo 2, que apresenta uma funcionalidade que permite a pesquisa de equipamentos que se encontram certificados, no entanto, ao realizar a pesquisa destes dois equipamentos, não foram encontrados quaisquer resultados.

No rótulo da certificação energética, nestes dois tipos de equipamentos, existe uma métrica da utilização de água por ciclo, mas a classificação energética não é congruente com essa métrica, pelo que, existem casos em que uma classificação energética A utiliza mais água do que uma classificação energética E, e assim não poderia ser utilizada esta forma de proceder.

No caso das máquinas de lavar roupa existe, no entanto, uma consequência da capacidade de carga na quantidade de água utilizada por ciclo. Isto é, quanto mais capacidade de carga tem uma máquina, maior é o consumo de água por ciclo. Assim, na análise de sustentabilidade, no cenário em que é calculado com os equipamentos eficientes, será utilizado o valor do consumo de água de uma máquina de capacidade de 9kg, enquanto no cenário que são utilizados os caudais de cálculo será utilizado o valor do consumo de água de uma máquina de 13kg, para obter os valores do consumo de água por utilização. esta abordagem foi feita apenas para distinguir uma situação onde se gasta mais água por ciclo e outra menos, assumindo que o número de ciclos seria semelhante a usar uma máquina menos eficiente e outra mais eficiente.

No caso das máquinas de lavar loiça não foi encontrada uma relação similar, pelo que, a maioria das máquinas utiliza um consumo de água por ciclo muito semelhante, à volta dos 10 L/ciclo. Assim, como não existe uma grande variação, será utilizado o mesmo valor para todos os cenários.

Também não será possível, no equipamento da bacia de retrete, utilizar o valor dado pelo caudal de cálculo. Isto porque este valor é um consumo de água por unidade de tempo, e é necessário o consumo de água por descarga, já que todas as certificações utilizam esse valor. Desta forma, para os cenários 1 e 3, para este equipamento, será utilizado o valor de descarga para um equipamento de classificação C da ANQIP, de sistema *Dual-Flush*.

Os lavatórios e os bidês serão agrupados, já que, as certificações não consideram a utilização de bidês na sua análise, e uma vez que, este equipamento utiliza uma torneira semelhante à dos lavatórios, com o mesmo caudal, como apresentado na Tabela 24 e na Tabela 25, será utilizado esta forma de proceder.

Na Tabela 24 são apresentados os valores a utilizar na análise nos cenários 1 e 3. Na Tabela 25 é resumido os valores a utilizar em todos os cenários.

Tabela 24 - Caudais utilizados para o cenário 1 e cenário 3

	Caudais de cálculo (l/s)	Caudais utilizados na análise
Bacia de retrete (dual-flush)	0,10 l/s	9/4 L/descarga
Lavatório e bidê	0,10 l/s	6 L/min
Chuveiro	0,15 l/s	9 L/min
Lava-Loiça	0,20 l/s	12 L/min
Máquina de lavar roupa	0,20 l/s	68 L/ciclo
Máquina de lavar-loiça	0,15 l/s	10 L/ciclo

Tabela 25 - Caudais utilizados em todos os cenários

	Cenário 1 e 3	Cenário 2 e 4
Bacia de retrete (dual-flush)	9/4 L/descarga	6/3 L/descarga
Lavatório e bidê	6 L/min	3 L/min
Chuveiro	9 L/min	6 L/min
Lava-Loiça	12 L/min	5 L/min
Máquina de lavar roupa	68 L/ciclo	43 L/min
Máquina de lavar-loiça	10 L/ciclo	10 L/min

4.6.1. BREEAM

4.6.1.1. B-WAT01

Para o cálculo dos créditos atribuídos neste critério foi utilizada a calculadora do consumo de água, como referido anteriormente. Os valores que foram alterados entre cenários, neste caso, foram a eficiência dos equipamentos hidráulicos e a existência do SAAC e do SAAP.

Com a utilização de bacias de retrete com o sistema de descarga de *dual-flush* é necessário calcular o seu consumo médio por descarga, sendo que esta fórmula é disponibilizada pelo *BREEAM*, como demonstrado por (4).

$$((V_{max} * 1) + (V_{min} * 2))/3 \quad (4)$$

Assim, com o cálculo utilizando a fórmula, o consumo de água da bacia de retrete dos cenários 1 e 3 irá ser de 5,67 L/descarga, enquanto a bacia de retrete utilizada nos cenários 2 e 4 irá ser de 4 L/descarga.

Para os cenários 2 e 4 é também necessário introduzir o valor da percentagem da necessidade de água para descarga das bacias de retretes que é atendida pelo uso de água não potável. Neste caso, como demonstrado anteriormente, com a utilização dos sistemas, não existe necessidade de água potável para descargas, e assim, o valor que irá ser introduzido na ferramenta de cálculo será de 100%. Toda a necessidade de água para descarga é conseguida através da utilização de água não potável proveniente dos sistemas.

Os créditos totais alcançados nos diferentes cenários neste critério encontram-se demonstrados na Tabela 26.

Tabela 26 - Créditos nos diferentes cenários no critério B-WAT01

B-WAT01			
	Nível atribuído pela eficiência dos equipamentos hidráulicos	Nível atribuído pela utilização de sistemas de reutilização de águas	Créditos totais
Cenário 1	Baseline	Baseline	0
Cenário 2	3,4	Baseline	3
Cenário 3	Baseline	5	2
Cenário 4	3,4	5	5

4.6.1.2. B-WAT02

Neste critério, a utilização de equipamentos eficientes não tem relevância, sendo apenas exigido para atribuição do crédito que exista um contador para todo o edifício, e para cada fração com consumo de água superior a 10% do total. Ora, existindo um contador para cada fração e para o edifício, o que existe em qualquer um dos cenários, quer exista sistemas de reaproveitamento de águas quer não, é sempre atribuído 1 crédito para este critério em qualquer um dos cenários.

4.6.1.3. B-WAT03

Sendo o edifício analisado como parcialmente equipado, como referido anteriormente, o critério para a existência de um sistema de detecção de fugas não se irá aplicar, já que só é aplicável se o edifício for considerado totalmente equipado.

Também não será aplicável a avaliação da existência de um sistema de controlo de fluxo, sendo este critério não aplicável a edifícios residenciais.

Assim o único critério aplicável para obtenção de crédito será a existência de válvulas seccionamento de forma a isolar a água quente e fria manualmente. Como disposto anteriormente, nas ligações tipo do edifício, existe sempre uma válvula à entrada de qualquer WC, e cozinha e também em cada equipamento. Assim, este crédito deste critério será atribuído a todos os cenários, uma vez que, embora as ligações tipo dos cenários que apresentam os sistemas de reaproveitamento de águas sejam diferentes, com a adição da água não potável, existe de igual forma válvulas à entrada das frações, e dos equipamentos.

Desta forma é obtido o número máximo de créditos neste critério, já que apenas é possível a obtenção de um crédito, de acordo com as características do edifício.

4.6.1.4. B-WAT04

Para atribuição deste crédito é necessária a redução de água em usos não domésticos, sendo que neste caso, o único uso não doméstico é a irrigação dos espaços verdes. Sendo o caso de estudo um edifício residencial, neste critério é apenas precisa a existência de reservas de água da chuva para atribuição de crédito. Não existem requisitos para o volume do reservatório, sendo que, este é avaliado pelo assessor BREEAM de acordo com o tamanho do edificado e das condições climáticas da região.

Neste caso, existindo um reservatório de água não potável que será utilizado para irrigação nos cenários 3 e 4, será atribuído 1 crédito, no caso dos cenários 1 e 2 não será atribuído qualquer crédito, como ilustrado na Tabela 27.

Tabela 27 - Créditos em todos os cenários no critério B-WAT04

B-WAT04		
	Reservatório de água não potável disponível para rega	Créditos atribuídos
Cenário 1	Não	0
Cenário 2	Não	0
Cenário 3	Sim	1
Cenário 4	Sim	1

4.6.1.5. Atribuição de créditos total da certificação BREEAM

Analisados todos os critérios pode ser atribuído um valor total de créditos a todos os cenários.

No entanto, a análise BREEAM, como explicado anteriormente, não utiliza o número de créditos como contribuição final para classificação. É desta forma necessário utilizar o cálculo, como apresentando no Capítulo 2, em que é calculada a contribuição final da categoria com a utilização da ponderação da secção da eficiência hídrica. Esta ponderação da secção é multiplicada pela percentagem de créditos alcançados e é obtida a pontuação final. Esta informação está disposta na Tabela 28 onde é a apresentada a pontuação final de todos os cenários estudados.

Tabela 28 - Pontuação final BREEAM de todos os cenários

	Créditos atribuídos					Pontuação final BREEAM da categoria "Water"			
	B-WAT01	B-WAT02	B-WAT03	B-WAT04	Total	Créditos disponíveis	% créditos alcançados	Ponderação na secção	Pontuação final
Cenário 1	0	1	1	0	2	9	22%	7%	1,56%
Cenário 2	3	1	1	0	5		56%		3,89%
Cenário 3	2	1	1	1	5		56%		3,89%
Cenário 4	5	1	1	1	8		89%		6,22%

O cenário 4, logicamente, será aquele que consegue adquirir uma maior pontuação, devido à utilização de equipamentos eficientes e dos sistemas de reaproveitamento de águas.

No entanto, é importante referir, que embora no cenário 3 estejam presentes os sistemas e tenha sido obtido num nível máximo na utilização de água para descargas, foi obtida uma classificação final exatamente igual à apenas a utilização de equipamentos hidráulicos eficientes, no cenário 2.

Embora os equipamentos utilizados no cenário 2 e 4 não apresentem o maior nível de eficiência apresentado na Figura 38, foi atingido o nível 3.40, sendo suficiente para com a utilização dos sistemas de reaproveitamento de águas atingir uma classificação máxima neste critério.

Caso, por exemplo, fosse apenas obtido um nível de 2 para a eficiência dos equipamentos hidráulicos, a pontuação do critério B-WAT01 nunca poderia ser superior a 4 créditos, como demonstrado na Figura 41.

Realizada a análise com a certificação BREEAM, não poderá ser atribuída uma classificação final, uma vez que apenas foi analisada a secção de eficiência hídrica da ferramenta.

4.6.2. LEED

4.6.2.1. L-PWE01 e L-WE04

Para este critério, os diferentes cenários não irão influenciar a quantidade de créditos a receber, pois este critério apenas avalia que tipo de vegetação irá ser irrigada, para assim entender a quantidade necessária de água, e a eficiência do sistema que efetuará a rega.

Como esta informação não é conhecida no caso de estudo, uma vez que geralmente o projeto de rega é realizado em obra e independentemente do projeto de redes prediais, sendo apenas possível saber a área de rega, foi assumido o tipo de vegetação e o tipo de sistema que será utilizado.

De forma a ser congruente com os valores, a informação sobre a pluviosidade da zona do edificado utilizada para este critério foi semelhante à que irá ser atualizada na certificação Level(s), que será apresentado no próximo subcapítulo.

Assim, foi assumida uma área com necessidade de rega que pode melhor representar a realidade, com a inclusão de diferentes tipos de vegetação.

Para análise deste critério, é primeiro necessário a introdução dos valores referentes à precipitação e evapotranspiração na zona do edifício, fazendo depois um balanço entre os dois e identificando o mês com maior escassez de água, sendo esse o que será utilizado para o cálculo da necessidade de rega. Os valores da precipitação são os mesmos que foram utilizados para o cálculo do consumo de água no edifício no Capítulo 3, provenientes de 2011 a 2040 [45]. Já os valores da evapotranspiração foram calculados com base no modelo de Hargreaves-Samani, que se revelou adequado para determinar valores de evapotranspiração em Portugal [48], utilizando valores de precipitação mensal média, máxima e mínima provenientes do cenário RCP4.5 de 2011 a 2040 [45] e valores de radiação média mensal [49], no local de estudo. Na Figura 111 estão representados estes valores, onde se concluiu, devido a existir uma maior necessidade de água para rega, que o mês de julho é o que será analisado.

Landscaped area (sq m)	376
------------------------	-----

Table: Peak watering month

Determine the peak watering month at the project location by entering the monthly rainfall and evapotranspiration rate in the table below. The month with the highest watering demand is the peak watering month.

	Monthly Rainfall (mm)	Monthly ETo (mm)	Watering Demand (mm)
January	101,30	33,78	-68
February	89,70	43,67	-46
March	79,40	68,95	-10
April	56,00	91,58	36
May	37,40	119,33	82
June	13,40	144,02	131
July	3,00	166,17	163
August	5,60	154,95	149
September	22,10	110,30	88
October	64,00	70,70	7
November	95,20	41,37	-54
December	125,80	31,32	-94
Peak watering month			July
Peak watering demand (mm)			163
Peak watering month ETo (mm)			166
Landscape water allowance (l/month)			43 736
Landscape water baseline (l/month)			62 480

Figura 111 - Dados sobre precipitação e evapotranspiração no LEED

Agora, assumindo o sistema de rega utilizado como um sistema por aspersores, que apresenta uma eficiência intermédia nesta ferramenta de 70%, um tipo de vegetação que engloba diferentes áreas de relvado, árvores e arbustos e a necessidade de água para cada um dos tipos, foi obtida a Figura 112.

Average monthly rainfall for the site's peak watering month (mm/month)	3
--	---

Table: Landscape water requirement

[illegible]

Figura 112 - Consumo de água para rega no LEED

Depois do cálculo da necessidade de água para o mês de maior escassez, é comparado o valor base fornecido pela ferramenta e calculada a percentagem de redução comparativamente, obtendo um valor de 53%, como demonstrado na Figura 113.

Summary	
Note: All information on this tab is READ-ONLY. To edit, see previous tabs.	
Landscape water baseline (l/month)	62 480
Landscape water requirement (LWR) (l/month)	29 318
Percentage reduction from baseline (%)	53%

Figura 113 – Redução do consumo de água para rega

Obtido um valor de 53%, este critério cumpre o pré-requisito definido pelo L-PWE01, e é atribuído 1 crédito, já que existe uma redução de mais de 50% do consumo de água para rega.

Todos os cenários irão obter um crédito com este critério, uma vez que, as diferenças em cada um dos cenários não influenciam, nesta certificação, a quantidade de água para rega.

4.3.2.2. L-PWE02 e L-WE05

Depois do preenchimento da tabela disposta na Figura 45 com os valores do consumo de água dos diferentes equipamentos hidráulicos de todos os cenários, é disposta uma percentagem da redução do consumo de água comparativamente a um valor base estabelecido pela certificação e com o mesmo valor para qualquer projeto. Essa redução é depois introduzida automaticamente na tabela da Figura 46, sendo esse o valor que será utilizado para a atribuição dos créditos neste critério.

É importante mencionar que o template, em formato Excel, que foi realizado o cálculo não menciona, nem não estabelece um valor de caudal base, nem uma quantidade de usos por ocupante para as máquinas de lavar roupa e de lavar loiça e, desta forma, estes equipamentos não serão avaliados por este critério.

Os valores da percentagem da redução do consumo de água obtidos nos diferentes cenários estão apresentados na Tabela 29.

Nos cenários 1 e 3 não é cumprido o pré-requisito mínimo da redução do consumo de água de 20%, pelo que, por este critério, estes cenários não poderiam ser certificados pelo LEED. Os cenários 2 e 4 apresentam uma redução de 42,37% sendo atribuído 4 créditos para este critério.

Os sistemas de reaproveitamento não têm influência neste critério, ao contrário da certificação BREEAM que engloba a eficiência dos equipamentos hidráulicos com a utilização de sistemas de reaproveitamento de águas, sendo neste critério LEED apenas analisado a eficiência dos equipamentos.

Tabela 29 - Redução de consumo de água no interior no LEED

L-WE05		
	Percentagem de redução do consumo de água	Créditos atribuídos
Cenário 1	-1,58%	Não cumpre o pré-requisito
Cenário 2	42,37%	4
Cenário 3	-1,58%	Não cumpre o pré-requisito
Cenário 4	42,37%	4

4.6.2.3. L-PWE03 e L-WE07

Para o pré-requisito L-PWE03, em que é necessária a instalação de um contador que realizará a leitura do consumo de água potável no edifício e esta informação ser guardada em registos mensalmente a anualmente, será assumido que estes registos serão realizados, sendo que não há forma de o prever nesta fase do projeto. Já se encontram instalados contadores para o edifício inteiro e para cada fração individual em qualquer um dos cenários, pelo que, o pré-requisito é sempre cumprido.

Para a atribuição do crédito L-WE07 em que é exigido a instalação de um contador em pelo menos dois sistemas dos apresentados no Capítulo 3, em todos os cenários existe um contador para qualquer um dos sistemas, e assim é também atribuído um crédito para todos os cenários.

4.6.2.4. L-WE06

Foi escolhida a terceira opção deste critério que irá avaliar a eficiência dos sistemas de reaproveitamento de águas em utilização no edifício, sendo que as duas outras opções se referem à utilização de torres de refrigeração, e como essas não existem no projeto, estas opções não são aplicáveis.

O sistema analisado, para estudo da quantidade de água reutilizada consumida, será o de descargas de bacias de retrete.

Este sistema, nos cenários 3 e 4, como apresentado anteriormente, é totalmente abastecido por água não potável e, assim, é atribuído o número de créditos máximo para este critério. No caso dos cenários 1 e 2, em que não existem sistemas de reaproveitamento de águas, não é atribuído qualquer crédito, como demonstrado na Tabela 30.

Tabela 30 – Atribuição de créditos no critério L-WE06

L-WE06		
	Utilização de água reaproveitada na descarga de bacias de retrete	Créditos atribuídos
Cenário 1	0%	0
Cenário 2	0%	0
Cenário 3	100%	2
Cenário 4	100%	2

4.6.2.5. Atribuição de créditos total da certificação LEED

Com todos os critérios analisados, pode agora ser atribuído um número total de créditos para a categoria da eficiência hídrica do LEED para todos os cenários, apresentado na Tabela 31.

Tabela 31 - Pontuação final LEED em todos os cenários

Créditos atribuídos								
	L-PWE01	L-PWE02	L-PWE03	L-WE04	L-WE05	L-WE06	L-WE07	Total
Cenário 1	Cumprido	Não cumprido	Cumprido	1	0	0	1	Não cumprido
Cenário 2	Cumprido	Cumprido	Cumprido	1	4	0	1	6
Cenário 3	Cumprido	Não cumprido	Cumprido	1	0	2	1	Não cumprido
Cenário 4	Cumprido	Cumprido	Cumprido	1	4	2	1	8

Os cenários que não apresentam a utilização de equipamentos eficientes, cenário 1 e 3, não podem ser certificados pelo LEED, já que não cumprem um pré-requisito, mesmo adquirindo pontos nos restantes critérios. O cenário 3, mesmo com a pontuação máxima no critério L-WE06, devido à existência do SAAP e do SAAC, não cumprindo pré-requisito da eficiência dos equipamentos hidráulicos, não pode ser creditado.

Como já referido, não foi avaliada a eficiência hídrica das máquinas de lavar, pelo que, esta certificação não oferece essa opção, e caso pudessem ser avaliados estes equipamentos, o pré-requisito poderia talvez ser cumprido, possibilitando a certificação dos cenários 1 e 3. Isto porque, os dados do consumo de água utilizados para estes equipamentos foram semelhantes em todos os cenários.

Os cenários 2 e 4 poderão ser certificados, obtendo a classificação de 6 e 8 créditos, respetivamente. Em ambos os cenários foi perdido um crédito no critério L-WE04, no consumo de água para rega, sendo que este critério não pode ser controlado nesta fase do projeto, estando muito dependente do tipo de vegetação e do sistema de rega utilizado, muitas vezes restringido por outros intervenientes do projeto. Assim, foi obtido 55% do número total de créditos no cenário 2, e 73% do número total de créditos no cenário 4.

Assim, sendo nos critérios L-PWE02 e L-WE05, analisados independentemente da utilização de sistema de reaproveitamento de águas, o não cumprimento das exigências mínimas de eficiência dos equipamentos é bastante penalizadora na certificação desta secção, já que mesmo com um esforço adicional da inclusão do SAAC e do SAAP, o edifício pode correr o risco de não ser certificado.

4.6.3. LEVEL(S)

Esta ferramenta, ao contrário das anteriores apresentadas, só irá apresentar um indicador que será o consumo de água por ocupante por ano, sendo distinguido o consumo de água potável e água não potável.

Assim, foi seleccionada a localização e a bacia hidrográfica correspondente do edifício, sendo obtido valores quanto à pluviosidade, necessários para o cálculo do consumo de água para irrigação. Foi decidido utilizar os valores fornecidos pelo Level(s) para a pluviosidade, que são distintos dos dados utilizados noutras instâncias do presente trabalho. Este cálculo é semelhante ao utilizado no LEED, sendo novamente necessário, a seleção do tipo de vegetação e o sistema utilizado para rega. Como referenciado, foram utilizados valores semelhantes, dentro do possível devido ao que está disponível em cada certificação, do tipo de vegetação e do sistema de rega. No caso do Level(s) realiza um cálculo sobre o consumo de água ao longo de todo o ano por ocupante, ao contrário do LEED, que realiza este cálculo para o mês de maior escassez.

Foi assim obtida a Figura 114 e a Figura 115, que serão utilizados os mesmos valores para todos os cenários, já que as diferenças entre eles não têm relevância para o consumo de água para rega.

	Area	Vegetation type	Water demand	K _{sp}	Microclimate / Heat island effect	K _{st}	Density of vegetation	Density (shading) factor (K _d)	Vegetated area coefficient K _{va}
Sub area-1	150 m ²	Bushes	Low water demand	0,2	Low	0,5	Low density	1,10	0,11
Sub area-2	100 m ²	Lawn grass	Medium water demand	0,7	Medium	1	Medium density	1,00	0,7
Sub area-3	126 m ²	Trees	Low water demand	0,2	Low	0,5	Low density	1,30	0,13
Total vegetated area	376 m ²								

Figura 114 – Tipo de vegetação e sistema de rega no Level(s) para todos os cenários

Net water balance without irrigation (mm/month)												Total			Irrigation system		Irrigation system efficiency
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	mm/yr	m³/m²/yr	m³/yr			
0,0	-2,6	-20,4	-25,5	-40,0	-46,9	-44,8	-26,4	0,0	0,0	0,0	0,0						
0,0	-0,3	-2,2	-2,8	-4,4	-5,2	-4,9	-2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-22,7	0,032	4,9	Sprinklers	0,70	
0,0	-1,8	-14,3	-17,8	-28,0	-32,8	-31,4	-18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-144,7	0,207	20,7	Sprinklers	0,70	
0,0	-0,3	-2,6	-3,3	-5,2	-6,1	-5,8	-3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-26,9	0,038	4,8	Sprinklers	0,70	
												Total	30,4				

Figura 115 - Consumo de água para rega no Level(s) para todos os cenários

Com os dados do consumo de água para rega é agora necessário preencher o consumo de água dos equipamentos hidráulicos e a existência, ou não, de equipamentos de reaproveitamento de águas.

Introduzindo os valores referentes ao cenário 1, é obtida a Figura 116, onde se prevê um consumo de 58,29 m³/o/a (metros cúbicos por ocupantes por ano), em que toda a água utilizada é água potável proveniente da rede pública.

Summer WEI+ =	34,50	Total Water Consumption (m ³ /o/a)	Of which potable (m ³ /o/a)	Of which non-potable (m ³ /o/a)
Sanitary fittings and devices (e.g. toilets, taps, baths and showers).	Toilets	9,13	9,13	0,00
	Bathroom taps	2,74	2,74	0,00
	Showers	19,71	19,71	0,00
	Kitchen taps	17,52	17,52	0,00
	Sub-Total	49,09	49,09	0,00
Water using appliances (e.g. dishwashers and washing machines).	Dishwashers	1,46	1,46	0,00
	Washing machines	7,45	7,45	0,00
	Sub-Total	8,91	8,91	0,00
Irrigation	Irrigation	0,29	0,29	0,00
TOTAL (m ³ /o/a)		58,29	58,29	0,00
TOTAL (%)		100	100,0	0,0

Figura 116 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 1

No cenário 2, com a instalação de equipamentos hidráulicos mais eficientes de classificação A, é obtida a Figura 117, sendo obtido o valor de 34,84 m³/o/a, uma redução de 40% face ao cenário 1. Neste caso, sem a existência de sistemas, toda a água utilizada, é também, proveniente da rede pública, ou seja, água potável.

Summer WEI+ =	34,50	Total Water Consumption (m ³ /o/a)	Of which potable (m ³ /o/a)	Of which non-potable (m ³ /o/a)
Sanitary fittings and devices (e.g. toilets, taps, baths and showers).	Toilets	6,57	6,57	0,00
	Bathroom taps	1,37	1,37	0,00
	Showers	13,14	13,14	0,00
	Kitchen taps	7,30	7,30	0,00
	Sub-Total	28,38	28,38	0,00
Water using appliances (e.g. dishwashers and washing machines).	Dishwashers	1,46	1,46	0,00
	Washing machines	4,71	4,71	0,00
	Sub-Total	6,17	6,17	0,00
Irrigation	Irrigation	0,29	0,29	0,00
TOTAL (m ³ /o/a)		34,84	34,84	0,00
TOTAL (%)		100	100,0	0,0

Figura 117 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 2

Com a existência de sistemas de reaproveitamento de águas, no cenário 3, e com a utilização de equipamentos hidráulicos não eficientes é obtido o valor de 58,29 m³/o/a, como ilustrado na Figura 118. No entanto, 28% da água total utilizada será água não potável, destinada a descargas de bacias de retrete, máquinas de lavar roupa e irrigação. Mas, mesmo assim, a água potável utilizada neste cenário é superior à do cenário 2, mais concretamente, 16% superior, e desta forma seria poupada mais água sendo utilizada unicamente os equipamentos hidráulicos eficientes.

Summer WEI+ =	34,50	Total Water Consumption (m ³ /o/a)	Of which potable (m ³ /o/a)	Of which non-potable (m ³ /o/a)
Sanitary fittings and devices (e.g. toilets, taps, baths and showers).	Toilets	9,13	0,00	9,13
	Bathroom taps	2,74	2,74	0,00
	Showers	19,71	19,71	0,00
	Kitchen taps	17,52	17,52	0,00
	Sub-Total	49,09	39,97	9,13
Water using appliances (e.g. dishwashers and washing machines).	Dishwashers	1,46	1,46	0,00
	Washing machines	7,45	0,00	7,45
	Sub-Total	8,91	1,46	7,45
Irrigation	Irrigation	0,29	0,00	0,29
TOTAL (m ³ /o/a)		58,29	41,43	16,86
TOTAL (%)		100	71,1	28,9

Figura 118 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 3

Agora, com equipamentos hidráulicos eficientes e instalação dos sistemas SAAP e SAAC, são obtidos os valores da Figura 119. É obtido um valor de consumo total de água igual ao do cenário 2, uma vez que, são os mesmos equipamentos, de 34,84 m³/o/a. Mas, com a existência dos sistemas que irão fornecer água não potável aos respetivos equipamentos, parte deste valor total de água não utilizada, será água não potável, mais concretamente, 11,57 m³/o/a, 33% do total de água consumida no edifício. Neste cenário seria apenas consumida 23,27 m³/o/a de água proveniente da rede pública, um valor muito inferior ao apresentado em qualquer um dos cenários.

Summer WEI+ =	34,50	Total Water Consumption (m ³ /o/a)	Of which potable (m ³ /o/a)	Of which non-potable (m ³ /o/a)
Sanitary fittings and devices (e.g. toilets, taps, baths and showers).	Toilets	6,57	0,00	6,57
	Bathroom taps	1,37	1,37	0,00
	Showers	13,14	13,14	0,00
	Kitchen taps	7,30	7,30	0,00
	Sub-Total	28,38	21,81	6,57
Water using appliances (e.g. dishwashers and washing machines).	Dishwashers	1,46	1,46	0,00
	Washing machines	4,71	0,00	4,71
	Sub-Total	6,17	1,46	4,71
Irrigation	Irrigation	0,29	0,00	0,29
TOTAL (m ³ /o/a)		34,84	23,27	11,57
TOTAL (%)		100	66,8	33,2

Figura 119 - Consumo de água no edifício no Level(s) no cenário 4

Com todos estes valores, é possível construir o gráfico presente na Figura 120, em que a negrito estão apresentados os valores referentes ao consumo de água potável em cada cenário. No caso dos cenários que apresentam sistemas de reaproveitamento de águas, cenário 3 e 4, os equipamentos que irão utilizar água não potável estão representados a picotado.

Embora no cenário 3, sejam utilizadas mais águas reaproveitadas do que no cenário 4, devido ao maior consumo de água pelos equipamentos não eficientes e desta forma maior produção de águas cinzentas, o consumo de água potável é bastante inferior no cenário 4, pelo que este valor é que deve ser o utilizado na comparação dos diferentes cenários. Não tem relevância que seja utilizada mais água reaproveitada, se ao mesmo tempo, o consumo de água potável for também superior.

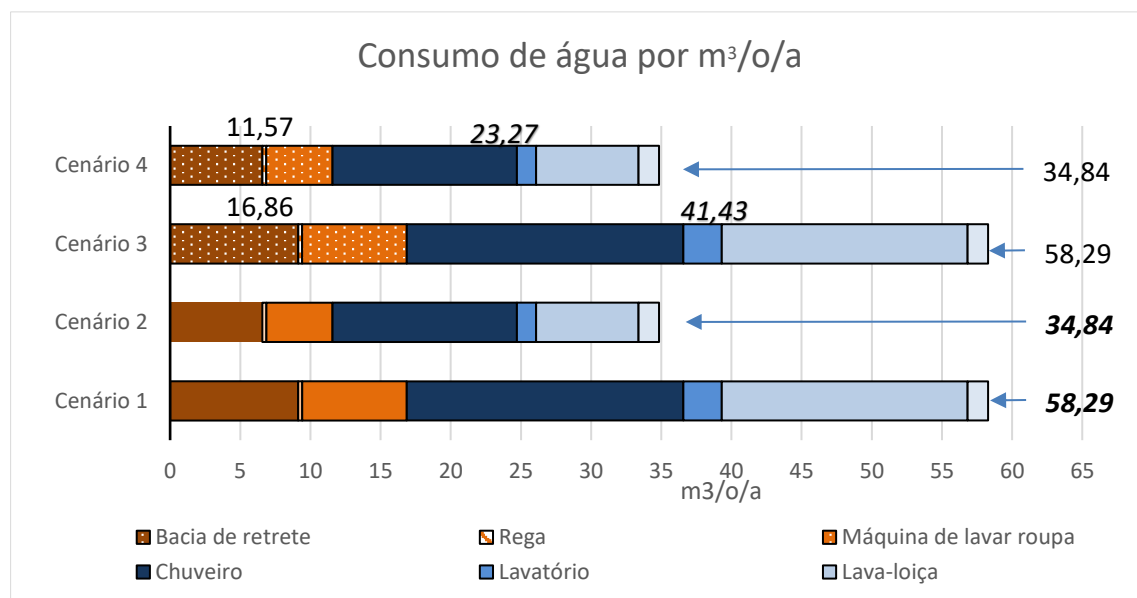


Figura 120 – Consumo de água no edifício em todos os cenários

Para melhor percepção da água que poderá ser poupada nos diferentes cenários foi construída a Tabela 32, que reflete o consumo de água potável em todo o edifício por todos os ocupantes.

Entre os cenários extremos, o cenário 1 e o cenário 4, existe uma poupança de água potável de aproximadamente 60%, que equivale a cerca de 10000 litros diários em todo o edifício.

Entre o cenário 2 e 4, com a utilização de equipamentos hidráulicos eficientes em ambos, mas com a instalação de um SAAP e um SAAC no cenário 4, são poupados cerca de 3300 litros diários de água potável.

Tabela 32 - Consumo de água potável no edifício em todos os cenários

	Consumo de água potável no edifício (m3/ano)	Consumo de água potável no edifício (m3/dia)
Cenário 1	6062,2	16,6
Cenário 2	3623,4	9,9
Cenário 3	4308,7	11,8
Cenário 4	2420,1	6,6

4.7. INVESTIMENTO INICIAL E COMPARAÇÃO DAS CERTIFICAÇÕES DE SUSTENTABILIDADE

Será importante estudar o custo dos diferentes cenários apresentados. Com acesso a mapas de trabalhos e quantidades de projetos de redes prediais já realizados na Bim Source serão utilizados os preços unitários dos equipamentos necessários. Assim, será apresentada uma estimativa orçamental para o edifício sem a incorporação de sistemas, e uma estimativa orçamental para o edifício com a incorporação dos sistemas. Não será considerado o custo dos equipamentos hidráulicos no interior das frações, uma vez que, estes elementos não estão dependentes do projetista de instalações hidráulicas, e geralmente,

são escolhidos por outra especialidade interveniente em obra. O custo destes equipamentos também não é diretamente proporcional à sua eficiência no consumo de água, sendo que, o que realmente tem consequência no custo dos equipamentos será o seu aspeto, o tipo de material e as diferentes funcionalidades que apresentam.

Na Tabela 33 foi realizada a estimativa do investimento inicial em cada um dos cenários, sendo que os cenários 1 e 2, e os cenários 3 e 4, encontram-se agrupados, pelo que a única diferença entre eles seriam os equipamentos hidráulicos e estes não foram considerados.

O comprimento de toda a tubagem utilizada nas redes prediais foi obtido com recurso às Schedules no Revit, onde as tubagens foram divididas pelo tipo de sistemas e assim obtido o seu comprimento total pelos diferentes diâmetros utilizados.

A diferença entre os equipamentos e acessórios resume-se basicamente à quantidade de caixas de visita utilizadas e a adição de várias válvulas para o bom funcionamento da rede.

O cálculo do custo das áreas técnicas foi estimado com base em projetos prévios realizados na Bim Source.

Com isto, o investimento inicial das redes prediais sem sistemas de reaproveitamento de água seria de 353 894,0€, enquanto o investimento inicial com sistemas de reaproveitamento de águas seria de 491 369,8€, um aumento de cerca de 28%. Os equipamentos utilizados nas áreas técnicas são os que apresentam o maior custo, representado cerca de 20% do investimento total nos cenários 3 e 4. O investimento inicial do SAAC revela-se superior ao do SAAP.

Tabela 33 - Investimento inicial dos diferentes cenários

Investimento Inicial	Cenário 1 e 2	Cenário 3 e 4	% aumento investimento
Tubagem			
Rede de abastecimento de água	128 734,20 €	147 277,20 €	13%
Rede de drenagem de águas residuais	42 319,7 €	45 994,6 €	8%
Rede de drenagem de águas pluviais	25 610,7 €	27 301,5 €	6%
Total tubagem	196 664,5 €	220 573,3 €	11%
Equipamentos e acessórios			
Rede de abastecimento de água	86 210,9 €	88 670,9 €	3%
Rede de drenagem de águas residuais	31 939,1 €	36 439,1 €	12%
Rede de drenagem de águas pluviais	39 079,4 €	46 569,4 €	16%
Total equipamentos e acessórios	157 229,4 €	171 679,4 €	8%
Áreas técnicas			
SAAP	-	45 436,1 €	-
SAAC	-	53 681,0 €	-
Total áreas técnicas	-	99 117,1 €	-
Total global	353 894,0 €	491 369,8 €	28%

A Tabela 34 apresenta a pontuação obtida nos quatro diferentes cenários em relação às metodologias de avaliação de sustentabilidade BREEAM e LEED, bem como o consumo de água potável proveniente da rede pública (m³/o/a) providenciado pelo Level(s), e o investimento inicial necessário para cada cenário.

No Cenário 1, a pontuação obtida no BREEAM foi de 1,56%, bastante mais baixo do máximo possível de 7%. No LEED, este cenário não cumpre os pré-requisitos para obtenção de créditos. O consumo de

água total registado foi de 58,29 m³/o/a, não existindo o consumo de água não potável e o investimento inicial necessário foi de 353.893,96 €.

No Cenário 2, houve uma melhoria significativa na pontuação do BREEAM, que subiu para 3,89%, com a incorporação dos equipamentos hidráulicos eficientes. No sistema LEED, este cenário conseguiu atingir 6 créditos num máximo de 11. O consumo de água total diminuiu para 34,84 m³/o/a, mantendo o investimento inicial de 353.893,96 €.

O Cenário 3 manteve a pontuação de 3,89% no BREEAM que o Cenário 2, mas, assim como no Cenário 1, não conseguiu cumprir os requisitos para créditos no LEED. O consumo de água total foi de 58,29 m³/o/a, no entanto, com a instalação dos sistemas de reaproveitamento de águas, existiu o consumo de água não potável de 16,86 m³/o/a. Mesmo assim, o consumo de água potável proveniente da rede pública, de valor 41,43 m³/o/a, produto da diferença entre o consumo total de água e o consumo de água não potável, foi superior ao do Cenário 2, mas consideravelmente menor que o do Cenário 1. No entanto, o investimento inicial aumentou significativamente para 491.369,84 €.

Por fim, no Cenário 4, houve uma melhoria considerável, com a pontuação do BREEAM subindo para 6,22%, próximo do máximo de 7%. Este cenário conseguiu obter 8 créditos na certificação LEED. O consumo de água total foi semelhante ao do Cenário 2, no entanto existiu uma grande poupança de água potável, sendo consumida, apenas 23,27 m³/o/a, o valor mais baixo de todos os cenários, devido ao consumo de água não potável existente neste cenário de 11,57 m³/o/a. O investimento inicial para este cenário foi de 491.369,84 €, igual ao do Cenário 3.

Pela interpretação dos resultados, pode-se afirmar que os melhores resultados na pontuação obtida nas diferentes metodologias nem sempre são proporcionais ao aumento do investimento inicial. Por exemplo, o Cenário 2 apresenta o investimento inicial mais baixo e obteve o 2º melhor resultado de todos os cenários analisados. As certificações estudadas estabelecem, assim, uma grande importância na incorporação de equipamentos hidráulicos eficientes, demonstrado pelos resultados do Cenário 2. A metodologia LEED revela-se mais exigente quanto a este critério, sendo que não cumprindo o pré-requisito estabelecido nem sequer é possível a obtenção da certificação no capítulo da eficiência hídrica.

Tabela 34 - Pontuações obtidas nas análises à sustentabilidade e investimento inicial dos diferentes cenários

	Pontuação obtida					Investimento inicial
	BREEAM e LEED		Level(s) (m³/o/a)			
	BREEAM (%) (Máximo de 7%)	LEED (Créditos) (Máximo de 11)	Consumo de água total	Consumo de água potável	Consumo de água não potável	
Cenário 1	1,56%	Não cumpre	58,29	58,29	0	353 893,96 €
Cenário 2	3,89%	6	34,84	34,84	0	353 893,96 €
Cenário 3	3,89%	Não cumpre	58,29	41,43	16,86	491 369,84 €
Cenário 4	6,22%	8	34,84	23,27	11,57	491 369,84 €

Como forma de estabelecer uma relação entre as diferentes metodologias e comparar as pontuações obtidas nos diferentes cenários, foi construída a Tabela 35, que calcula a percentagem de créditos obtidos em relação ao máximo possível. O Level(s), como resultado, apresenta um valor absoluto do consumo de água, pelo que, a comparação com as outras duas metodologias é dificultada. No entanto, para o Level(s), foi considerado como cenário base o Cenário 1 e calculada a melhoria em relação ao consumo

de água potável dos restantes cenários. Desta forma, o Cenário 1 apresenta um valor de 0% de melhoria, uma vez que é o cenário base, e caso não existisse qualquer consumo de água potável iria ter um valor de 100% na Tabela 35.

No Cenário 2, obtendo uma percentagem da pontuação máxima de 55,56% e 55%, para o BREEAM e o LEED, respetivamente, revela-se um equilíbrio nas duas metodologias quanto a este cenário. No entanto, este resultado não se mantém no Cenário 4, obtendo no BREEAM, uma classificação de 88,89%, significativamente superior à classificação obtida no LEED, de 73%. Sendo que a única diferença entre estes cenários é a incorporação dos sistemas de reaproveitamento de águas, poderá concluir-se que o BREEAM estabelece uma importância superior à utilização de água não potável no edifício.

No caso do Level(s), entre o Cenário 1 e o Cenário 2 existe uma melhoria de 40% no consumo de água potável, sendo que nestes cenários, o único elemento que foi alterado foi a utilização de equipamentos hidráulicos eficientes. Entre o Cenário 2 e o Cenário 4, onde foram adicionados sistemas de reaproveitamento de águas no último, houve uma melhoria de apenas 20%, mais uma vez, como as outras certificações, estabelecendo uma importância superior à utilização de equipamentos mais eficientes.

Tabela 35 - Comparação das diferentes metodologias de avaliação de sustentabilidade

	% da pontuação obtida quanto à pontuação máxima		
	BREEAM	LEED	Level(s) (consumo de água potável) (m ³ /o/a)
Cenário 1	22,29%	Não cumpre	0%
Cenário 2	55,56%	55%	40%
Cenário 3	55,56%	Não cumpre	29%
Cenário 4	88,89%	73%	60%

5

CONCLUSÃO

5.1. CONCLUSÕES

Terminado o presente trabalho é possível concluir que os objetivos iniciais foram alcançados. A comparação das redes prediais de um caso de estudo, entre diferentes cenários, com aplicação de medidas de sustentabilidade, permitiu o desenvolvimento de conhecimentos profissionais importantes para a integração do autor na vida profissional.

Referente à revisão bibliográfica, é concluído que em Portugal não existe legislação quanto ao dimensionamento dos equipamentos referentes aos SAAP e SAAC, mas sim notas técnicas da ANQIP, ETA 0701 e ETA 0905, respetivamente, baseadas na Norma Europeia 16941-2. A nota técnica da ANQIP referente ao SAAC, ETA 0905, não fornece informação quanto ao dimensionamento dos equipamentos inerentes aos sistemas, pelo que foi utilizado informação de fornecedores deste tipo de sistemas.

Foram analisados 4 diferentes cenários na modelação das redes prediais e na análise de sustentabilidade. Estes cenários apresentam duas variantes, a utilização, ou não, de equipamentos hidráulicos eficientes e a inclusão, ou não, de sistemas de reaproveitamento de águas. O Cenário 1 apresentou equipamentos hidráulicos não eficientes, sendo utilizados os caudais de cálculo para os diferentes equipamentos dispostos no Decreto Regulamentar nº 23/95 e sem a existência de sistemas. No Cenário 2 foram utilizados equipamentos dotados de elevada eficiência hídrica, sendo utilizado os valores de caudal dos equipamentos referentes à classificação A da ANQIP e sem a inclusão dos sistemas. Nos Cenários 3 e 4 foram incluídos um SAAP e um SAAC, em ambos os cenários, sendo utilizados equipamentos hidráulicos não eficientes no Cenário 3 e equipamentos eficientes no Cenário 4.

Sendo apresentada a modelação das redes prediais, no caso de estudo e nos diferentes cenários, é observado o grande aumento da complexidade das mesmas com a inclusão dos sistemas de reaproveitamento de águas. Primeiramente, devido à necessidade de áreas técnicas para albergar estes sistemas é ocupada uma substancial área útil do edifício, e sendo que no caso de estudo este espaço disponível não existiu, houve a necessidade de enterrar as áreas técnicas. Com isto, é fundamental a alteração do projeto das outras especialidades envolvidas para incluir esta área enterrada, e como a área técnica estará a uma cota inferior à da ligação das redes à rede pública, é exigida a inclusão de grupos de bombagem para a drenagem de águas em excesso nos equipamentos. Será necessária a duplicação das redes de modo a realizar a distinção entre águas cinzentas e negras, uma rede de abastecimento de água não potável proveniente dos sistemas que irá percorrer todas as frações, a adição de caixas de visita enterradas devido à duplicação das redes e duplicação da tubagem suspensa no teto falso com espaço limitado.

A modelação de todos os cenários foi realizada com recurso à metodologia BIM. Foi utilizado o cálculo automático do *Revit*, bem como a ferramenta de programação visual *Dynamo* para automatização de processos. Foi perceptível a complexidade e a possibilidade que a utilização de scripts *Dynamo* pode obter na execução de um projeto, sendo necessário rever várias vezes a programação efetuada para obter o objetivo pretendido. Com a criação da família de caixa de visita para filtros pluviais, em que a geometria da mesma e o número de filtros no interior da caixa é automaticamente atualizada conforme a área de captação de águas pluviais no edifício, foi também compreensível a importância que uma biblioteca de famílias do *Revit* tem para a capacidade de poupanças de tempo e na execução mais precisa de projeto.

A análise de sustentabilidade de edifícios utilizando as metodologias *BREEAM*, *LEED* e *Level(s)* revelou-se fundamental para a compreensão dos diferentes cenários. Cada uma destas metodologias oferece uma abordagem distinta e criteriosa para a avaliação da sustentabilidade, sendo que as duas primeiras, obtêm uma classificação final à base de créditos, enquanto a última oferece um valor final absoluto do consumo de água no edifício. Com os diferentes resultados obtidos em cada uma das metodologias é perceptível a importância as alterações realizadas nos diferentes cenários apresentam. O investimento inicial dos diferentes cenários foi analisado conjuntamente com as classificações obtidas pelas certificações, tendo sido obtido um valor de 353.893,96 € para os Cenários 1 e 2 e de 491.369,84 € para os Cenários 3 e 4.

No caso do LEED, a não utilização de equipamentos minimamente eficientes leva a que o edifício não cumpra os pré-requisitos delineados pela metodologia e, desta forma, que não seja certificado. A utilização de sistemas de reaproveitamento de águas revelou ter pouco peso no cálculo da classificação final, sendo que entre o Cenário 2 e o Cenário 4 apenas foram obtidos mais 2 créditos, ou, cerca de 20% do total. Desta forma, esta metodologia valoriza mais a utilização de equipamentos eficientes, sendo até um pré-requisito, do que a possibilidade do consumo de água não potável no edifício.

O BREEAM revelou uma maior importância da inclusão de sistemas de reaproveitamento de águas, com uma melhoria de 33% entre o Cenário 2 e o Cenário 4. Mostrou também ser menos exigente na utilização de equipamentos hidráulicos eficientes, tendo sido obtido o mesmo resultado entre o Cenário 2 e o Cenário 3.

O Level(s), embora não ofereça uma classificação final, como resultado é atribuído um valor absoluto do consumo de água por ocupante, o que permite uma melhor perceção das poupanças de água potável nos diferentes cenários. Entre os dois cenários extremos, o Cenário 1 e o Cenário 4, existe uma poupança de água potável diária, em todo o edifício, de cerca de 10 000L. No caso, dos dois melhores cenários quanto ao consumo de água, o Cenário 2 e o Cenário 4, foi conseguida com a utilização de sistemas uma poupança de água diária de cerca de 3 000L.

Com a implementação de um SAAC e um SAAP, é possível diminuir o consumo de água potável no edifício, mas, de forma geral, a inclusão dos sistemas sem a utilização de equipamentos eficientes, como é o caso do Cenário 3, não resultou numa melhor classificação quanto à sustentabilidade do edifício, mesmo com um investimento inicial consideravelmente superior. Desta forma, é imperial a utilização destes equipamentos para assim ser obtida uma boa classificação, justificando o investimento no edifício. É necessária também a perceção da grande complexidade acrescida das redes prediais com a inclusão dos SAAP e dos SAAC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. D. Fábio Aparício, Deonilde Lourenço, Filipa Nunes. "Rótulo europeu ajuda a poupar água e energia." <https://www.deco.proteste.pt/sustentabilidade/artigo/rotulo-europeu-ajuda-a-poupar-agua-e-energia> (accessed 21/03, 2024).
- [2] Z. Li, F. Boyle, and A. Reynolds, "Rainwater Harvesting and Greywater Treatment Systems for Domestic Application in Ireland," *Desalination*, vol. 260, pp. 1-8, 09/01 2010, doi: 10.1016/j.desal.2010.05.035.
- [3] S. Azhar, "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry," *Leadership and Management in Engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 241-252, 2011/07/01 2011, doi: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127.
- [4] D. T. Doan, A. Ghaffarianhoseini, N. Naismith, T. Zhang, A. Ghaffarianhoseini, and J. Tookey, "A critical comparison of green building rating systems," *Building and Environment*, Review vol. 123, pp. 243-260, 2017, doi: 10.1016/j.buildenv.2017.07.007.
- [5] G. H. Brundtland *et al.*, "Our common future ; by world commission on environment and development," 1987.
- [6] C. J. Kibert, *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. Wiley, 2016, p. 600.
- [7] I. Dickie, N. Howard, and B. R. Establishment, *Assessing Environmental Impacts of Construction: Industry Consensus, BREEAM and UK Ecopoints*. Building Research Establishment, 2000.
- [8] O. Ortiz, F. Castells, and G. Sonnemann, "Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA," *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 1, pp. 28-39, 2009/01/01/ 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012>.
- [9] C. J. Kibert, S. International Council for Building Research, and D. T. 16, *Sustainable Construction: Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16, November 6-9, 1994, Tampa, Florida, U.S.A.* Center for Construction and Environment, M.E. Rinker Sr. School of Building Construction, College of Architecture, University of Florida, 1994.
- [10] U. E. Programme, "2022 Global Status Report for Buildings and Construction," 2022.
- [11] M. Mannan and S. G. Al-Ghamdi, "Environmental impact of water-use in buildings: Latest developments from a life-cycle assessment perspective," *Journal of Environmental Management*, vol. 261, p. 110198, 2020/05/01/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110198>.
- [12] L. B. Jack and J. A. Swaffield, "Embedding sustainability in the design of water supply and drainage systems for buildings," *Renewable Energy*, vol. 34, no. 9, pp. 2061-2066, 2009/09/01/ 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.009>.
- [13] PORDATA. [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/db/portugal/ambiente+de+consulta/tabela>
- [14] A. P. d. Ambiente, "Plano Nacional da Água," 2015.

- [15] E. Giama and A. M. Papadopoulos, "Sustainable building management: overview of certification schemes and standards," *Advances in Building Energy Research*, vol. 6, no. 2, pp. 242-258, 2012/10/01 2012, doi: 10.1080/17512549.2012.740905.
- [16] S. Vierra, "Green building standards and certification systems," *National Institute of Building Sciences, Washington, DC*, 2016.
- [17] J. Ferreira, M. D. Pinheiro, and J. de Brito, "Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis," *Energy and Buildings*, vol. 69, pp. 451-463, 2014/02/01/ 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.039>.
- [18] O. Suzer, "Analyzing the compliance and correlation of LEED and BREEAM by conducting a criteria-based comparative analysis and evaluating dual-certified projects," *Building and Environment*, vol. 147, pp. 158-170, 2019/01/01/ 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.001>.
- [19] A. Ferreira, M. D. Pinheiro, J. d. Brito, and R. Mateus, "A critical analysis of LEED, BREEAM and DGNB as sustainability assessment methods for retail buildings," *Journal of Building Engineering*, vol. 66, p. 105825, 2023/05/01/ 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105825>.
- [20] A. Sánchez Cordero, S. Gómez Melgar, and J. M. Andújar Márquez, "Green Building Rating Systems and the New Framework Level(s): A Critical Review of Sustainability Certification within Europe," *Energies*, vol. 13, no. 1, doi: 10.3390/en13010066.
- [21] S. D. Nicholas Dodd, Mauro Cordella, "Level(s) - Quadro comum da União Europeia para os indicadores principais de sustentabilidade dos edifícios de escritórios e residenciais," European Commission, JRC TECHNICAL REPORTS, 2021.
- [22] S. D. Nicholas Dodd, Mauro Cordella, Marzia Traverso, "Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings," European Commission, JRC Science, 2017.
- [23] T. Schuetze, J.-W. Lee, and T.-G. Lee, "Sustainable Urban (re-)Development with Building Integrated Energy, Water and Waste Systems," *Sustainability*, vol. 5, no. 3, pp. 1114-1127doi: 10.3390/su5031114.
- [24] *ETA 0905 SISTEMAS PREDIAIS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS (SPRAC)*, ANQIP, 2023.
- [25] O. R. Al-Jayyousi, "Greywater reuse: Towards sustainable water management," *Desalination*, Article vol. 156, no. 1-3, pp. 181-192, 2003, doi: 10.1016/S0011-9164(03)00340-0.
- [26] S. De Gisi, P. Casella, M. Notarnicola, and R. Farina, "Grey water in buildings: a mini-review of guidelines, technologies and case studies," *Civil Engineering and Environmental Systems*, vol. 33, no. 1, pp. 35-54, 2016/01/02 2016, doi: 10.1080/10286608.2015.1124868.
- [27] L. P. M. Barroso, "CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – SOLUÇÕES COMPARATIVAS PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA NOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO," Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, 2010.
- [28] C. C. Amos, A. Rahman, and J. M. Gathenya, "Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: A Review of the Global Situation with a Special Focus on Australia and Kenya," *Water (Switzerland)*, Review vol. 8, no. 4, 2016, Art no. 149, doi: 10.3390/w8040149.

- [29] M. P. Jones and W. F. Hunt, "Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 54, no. 10, pp. 623-629, 2010/08/01/ 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.11.002>.
- [30] A. Campisano *et al.*, "Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives," *Water Research*, vol. 115, pp. 195-209, 2017/05/15/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>.
- [31] *SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFÍCIOS (SAAP) ETA 0701*, ANQIP, 2009.
- [32] G. Freni and L. Liuzzo, "Effectiveness of Rainwater Harvesting Systems for Flood Reduction in Residential Urban Areas," *Water*, vol. 11, no. 7, doi: 10.3390/w11071389.
- [33] T. Morales-Pinzón, J. Rieradevall, C. M. Gasol, and X. Gabarrell, "Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems," *Journal of Cleaner Production*, vol. 87, pp. 613-626, 2015/01/15/ 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.021>.
- [34] E. Union. "Unified Water Label." <https://uwla.eu/> (accessed 21/03, 2024).
- [35] S. Cipolla, M. Altobelli, and M. Maglionico, "Systems for rainwater harvesting and greywater reuse at the building scale: A modelling approach," *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 17, pp. 2349-2360, 10/01 2018, doi: 10.30638/eemj.2018.233.
- [36] R. Miettinen and S. Paavola, "Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling," *Automation in Construction*, vol. 43, pp. 84-91, 2014/07/01/ 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>.
- [37] C. M. Eastman, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, 2011.
- [38] M. Turrin, S. Sariyildiz, and J. Paul, *Interdisciplinary parametric design: the XXL experience*. 2015.
- [39] R. Woodbury, *Elements of Parametric Design*. 2010.
- [40] S. Mengana and T. Mousiadis, "Parametric BIM : Energy Performance Analysis Using Dynamo for Revit," Independent thesis Advanced level (degree of Master (Two Years)) Student thesis, Examensarbete Byggnadsteknik, 2016. [Online]. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-199637>
- [41] Z. Liu, C. Zhang, Y. Guo, M. Osmani, and P. Demian, "A Building Information Modelling (BIM) based Water Efficiency (BWe) Framework for Sustainable Building Design and Construction Management," *Electronics*, vol. 8, no. 6, doi: 10.3390/electronics8060599.
- [42] S. N. Kamaruzzaman, H. Salleh, E. C. Weng Lou, R. Edwards, and P. F. Wong, "Assessment Schemes for Sustainability Design through BIM: Lessons Learnt," *MATEC Web Conf.*, 10.1051/mateconf/20166600080 vol. 66, // 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600080>.
- [43] J. P. Martins and A. Monteiro, "LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems," *Automation in Construction*, vol. 29, pp. 12-23, 2013/01/01/ 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.08.008>.

- [44] G. Khoshdelnezamiha, S. C. Liew, V. N. Shin Bong, and D. E. L. Ong, "EVALUATION OF BIM APPLICATION FOR WATER EFFICIENCY ASSESSMENT," *Journal of Green Building*, vol. 15, no. 4, pp. 91-115, 2020, doi: 10.3992/jgb.15.4.91.
- [45] P. d. Clima. "Alterações climáticas em Portugal." <http://portaldoclima.pt/pt/> (accessed 26/04, 2024).
- [46] Level(s), "Level(s) Water Calculator," 1.1 ed, 2021.
- [47] Salher. *Catálogo*, 2023.
- [48] J. Teixeira, S. Shahidian, and J. Rolim, "Regional analysis and calibration for the South of Portugal of a simple evapotranspiration model for use in an autonomous landscape irrigation controller," vol. 4, 06/01 2008.
- [49] R. Allen, L. Pereira, D. Raes, and M. Smith, "FAO Irrigation and drainage paper No. 56," *Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*, vol. 56, pp. 26-40, 01/01 1998.

