



**Avaliação do Potencial de Aproveitamento de  
Águas Pluviais na Residência Sênior Senhora do  
Carmo (Covilhã)  
(Versão Final Após Defesa)**

**Sivetlândia Marta Kionga**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Civil- Ramo Geotecnia e Ambiente**  
(ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor António João Carvalho de Albuquerque

**março de 2022**



## Agradecimentos

O presente trabalho teve contribuição de várias pessoas a quem desejo manifestar o meu profundo agradecimento.

Primeiramente agradeço a Deus todo-poderoso por me capacitar na realização deste projeto, aos meus Pais Pedro Kionga Paulino e Emiliana Bizi, pelo apoio incondicional ao longo deste percurso, por confiarem, apoiarem e acreditarem em mim ao longo do meu percurso académico.

Ao Professor António Albuquerque a minha eterna gratidão pela disponibilidade, ensinamentos, incentivo, apoio e confiança, demonstrado durante a elaboração da dissertação.

A Universidade da Beira Interior (UBI) em particular ao Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura (DECA), e unidades de investigação GeoBioTec e FibEnTech, através dos projetos estratégicos UIDB/00195/2020 (FibEnTech) e UIDB/04035/2020 (GeoBioTec), pelos ensinamentos e apoio prestado ao longo da minha formação.

Ao Sr. Pedro Coelho e à colega Adriana Sousa, agradeço toda a disponibilidade e informação dispensadas sobre o equipamento estudado, sem as quais este trabalho não seria possível.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram de forma positiva no desenrolar do curso e da dissertação

A todos, o meu muito obrigada.



## Resumo

A reutilização de águas pluviais em edifícios é hoje em dia uma prática com vantagens ambientais e económicas associadas à poupança de utilização de água da rede. Esta dissertação pretende avaliar o potencial de recolha, armazenamento, tratamento e aproveitamento de águas pluviais num edifício coletivo, a Residência Sénior Senhora do Carmo (Covilhã), propondo soluções para a redução de consumos com a substituição de dispositivos prediais e a reutilização de águas pluviais tratadas para oportunidades como a recarga de equipamentos sanitários (recarga de autoclismos), rega de espaços verdes e lavagem de pavimentos.

Foram estudadas e manipuladas as redes de abastecimento de água potável, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais, redimensionado o circuito de recolha de águas pluviais, calculada a capacidade de armazenamento e tratamento para dois cenários de reutilização e dimensionada uma nova rede de distribuição de águas pluviais recicladas.

Os resultados indicam que pode haver poupança considerável do consumo de água da rede, e do custo associado, se forem substituídos os 74 autoclismos de descarga simples (10 L) por equipamentos de descarga dupla (3/6 L) e 82 torneiras convencionais por torneiras temporizadas, bem como introduzidos 54 redutores de caudal em dispositivos localizados em espaços individuais (quartos suites).

É possível aumentar a capacidade de recolha e drenagem de água pluviais recolhidas nas coberturas e pavimentos, se forem substituídos a maioria dos tubos de queda, e alguns coletores prediais, por outros de diâmetro superior. Cerca de 66,4% do volume de água pluvial provém dos pavimentos, enquanto 33,6% vem das coberturas dos edifícios. Apesar da água pluvial apresentar variação sazonal, com menor disponibilidade nos meses de junho a setembro, é possível recolhê-la, tratá-la e armazená-la para ser utilizada para a recarga dos 74 autoclismos, lavar os cerca de 5.711,9 m<sup>2</sup> de pavimentos e regar os cerca de 1.956,3 m<sup>2</sup> de espaços verdes da residência. A capacidade de armazenamento poderá variar entre 55 m<sup>3</sup> (apenas para a recarga de autoclismos) e 200 m<sup>3</sup> (para recarga de autoclismos, rega de espaços verdes e lavagem de pavimentos).

Os cálculos efetuados para redimensionar a rede de drenagem de água pluviais, dimensionar uma nova rede de abastecimento de águas pluviais recicladas e estimar a capacidade de tratamento e armazenamento indicam que é tecnicamente viável a captação, tratamento, armazenamento e reutilização de águas pluviais no espaço ocupado pela Residência Sénior Nossa Senhora do Carmo, Covilhã, para as oportunidades selecionadas: recarga de autoclismos, rega de espaços verdes e lavagem de pavimentos.

## Palavras-chave

Aproveitamento de águas pluviais; redes prediais de águas; redes pluviais de águas; redução dos consumos; reutilização de água.



## Abstract

The harvesting and reuse of rainwater in buildings is nowadays a practice with environmental and economic advantages associated with saving the use of water from the network. This dissertation aims to assess the potential for harvesting, treatment, storing and reusing rainwater in a collective building, the Senhora do Carmo Senior Residence na Covilhã, proposing solutions for reducing consumption by replacing building devices and reusing treated rainwater for opportunities such as recharge of sanitary equipment (toilets), watering of green spaces and floors washing.

Drinking water supply network, wastewater drainage network and rainwater drainage network were studied and manipulated, the rainwater harvesting circuit was resized, the storage and treatment capacity was calculated for two reuse scenarios and a new recycled rainwater distribution network was sized.

The results show that there can be achieved interesting savings in water consumption, and the associated water cost, if the 74 single flush cisterns (10 L) are replaced by double flush equipment (3/6 L) and 82 conventional taps are replaced by automatic taps, as well if 54 flow reducers are introduced in devices located in individual spaces.

It is possible to increase the harvesting and drainage capacity of rainwater collected on roofs and floors, if most of the downpipes and some building collectors are replaced by others with a larger diameter. About 66.4% of the volume of rainwater comes from the pavements, while 33.6% comes from the roofs of buildings. Despite the seasonal variation of rainwater, with less availability in the months of June to September, it is possible to harvesting, treat and store it to be used to recharge the 74 cisterns, wash the approximately 5,711.9 m<sup>2</sup> of pavements and watering approximately 1,956.3 m<sup>2</sup> of green spaces in the residence. The storage capacity can vary between 55 m<sup>3</sup> (only for refilling cisterns) and 200 m<sup>3</sup> (for refilling cisterns, watering green spaces and washing floors).

The calculations carried out to resizing the rainwater drainage network, sizing a new recycled rainwater supply network and estimating the treatment and storage capacity indicate that it is technically feasible to harvest, treat, store and reuse rainwater in the areas occupied by the Senior Residence Nossa Senhora do Carmo, Covilhã, for the selected opportunities: flushing toilets, watering green spaces and washing floors.

## Keywords

Rainwater harvesting; building water networks; building rainwater networks; consumption reduction; water reuse.



# Índice

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento e justificação do tema.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura da dissertação.....	2
2. REDES PREDIAIS DE ÁGUAS.....	5
2.1. Redes prediais de abastecimento de água potável.....	5
2.1.1. Características .....	5
2.1.2. Instalação e traçado.....	6
2.1.3. Critérios de dimensionamento hidráulico-sanitários.....	7
2.1.4. Cálculo.....	9
2.2. Redes prediais de drenagem de águas residuais.....	17
2.2.1. Características.....	17
2.2.2. Instalação e traçado.....	19
2.2.3. Critérios de dimensionamento hidráulico-sanitários.....	25
2.2.4. Cálculo.....	27
2.3. Sistemas prediais de drenagem de águas pluviais.....	30
2.3.1. Características.....	30
2.3.2. Instalação e traçado.....	32
2.3.3. Critérios de dimensionamento hidráulico-sanitário .....	32
2.3.4. Cálculo .....	34
3. SISTEMAS DE REUTILIZACAO DE ÁGUAS EM EDIFÍCIOS.....	41

3.1.	<b>Oportunidades para a reutilização de águas pluviais .....</b>	<b>41</b>
3.2.	<b>Sistemas de aproveitamento de águas pluviais .....</b>	<b>45</b>
3.2.1.	Introdução .....	45
3.2.2.	Origem ou superfície de Captação.....	46
3.2.3.	Estruturas de tratamento e armazenamento.....	47
3.2.4.	Sistemas de distribuição de águas pluviais.....	50
3.3.	<b>Conceição e dimensionamento de SAAP .....</b>	<b>50</b>
3.3.1.	Especificações técnicas .....	51
<b>4.</b>	<b>PROPOSTA O PARA REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA RESIDÊNCIA SENIOR DE NOSSA SENHORA DO CARMO (COVILHÃ) ...</b>	<b>59</b>
4.1.	Descrição e localização do equipamento.....	59
4.2.	Proposta de substituição de dispositivos ou elementos de dispositivos na rede predial de abastecimento de água .....	63
4.2.1.	Descrição da rede predial de abastecimento de água.....	63
4.2.2.	Proposta de novos dispositivos ou elementos de dispositivos.....	64
4.2.3.	Redimensionamento da rede predial de abastecimento de água .....	73
4.3.	<b>Quantificação do volume de águas pluviais .....</b>	<b>92</b>
4.3.1.	Descrição da rede predial de águas pluviais .....	92
4.3.2.	Redimensionamento da rede predial de águas pluviais.....	95
4.4.	<b>Dimensionamento da instalação de tratamento .....</b>	<b>100</b>
4.5.	<b>Traçado e dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais recicladas .....</b>	<b>102</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>113</b>
5.1.	Conclusões .....	113
5.2.	Perspetivas de trabalhos futuros.....	114

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO I- Plantas da rede de abastecimento de água potável...</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO II- Plantas da rede de drenagem de águas pluviais .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO III- Plantas da rede de drenagem de águas pluviais recicladas. .....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXOS IV- Simbologias.....</b>	<b>151</b>



## Lista de Figuras

Figura 2.1 - a) Alimentação a direta; b) Alimentação indireta (Adaptada de Pedroso,2016) .....	6
Figura 2.2 - Sistemas mistos de alimentação (Adaptada de Pedroso,2016) .....	6
Figura 2.3 - a) Inclinação das tubagens; b) Instalação de água quente e água fria (adaptado Pedroso,2016) .....	7
Figura 2.4 - a) Inclinação de tubagens sem acessório; b) tipos de instalação de tubagens (Adaptada de Pedroso, 2016) .....	7
Figura 2.5 - Caudais de cálculo, para o nível de conforto médio, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016) .....	11
Figura 2.6 - Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016) .....	12
Figura 2.7 - Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016) .....	13
Figura 2.8 - Sistema predial de drenagem gravítica de águas residuais (Adaptada de Pedroso, 2016) .....	17
Figura 2.9 - a) Sistema de drenagem com elevação; b) sistema de drenagem misto, (Adaptada de Pedroso,2016) .....	18
Figura 2.10 - Ligação de um ramal de descarga ao outro aparelho a um ramal de um urinol (Adaptada de Pedroso,2016) .....	20
Figura 2.11 - a) Ligação do ramal de ventilação ao ramal de descarga; b) Desenvolvimento da linha piezométrica de modo a evitar a obturação do ramal de ventilação (Adaptada de Pedroso,2016) .....	21
Figura 2.12 - Ligação dos ramais de descarga de bacias de retrete e de águas saponáceas aos tubos de queda (Adaptada de Pedroso,2016) .....	21
Figura 2.13 - Ligação do tubo de queda à camara de inspeção (Adaptada de Pedroso,2016) .....	22
Figura 2.14 - a) Translação da coluna de ventilação; b) Diagrama de pressões num tubo de queda (Adaptada de Pedroso,2016) .....	23
Figura 2.15 - a) Coletores prediais enterrados; b) coletores instalados a vista (Adaptada de Pedroso,2016) .....	24

Figura 2.16 - Inserção direta do ramal de ligação no coletor publico (Adaptada de Pedroso,2016) .....	25
Figura 2. 17 - Drenagem predial de águas residuais pluviais obtidos pela ação da gravidade (Adaptada de Pedroso,2016) .....	31
Figura 2.18 - Sistema misto de drenagem (Adaptada de Pedroso,2016) .....	31
Figura 2.19 - Regiões pluviométricas (Anexo II- Especificação Técnica ANQIO ETA 071 (2021)).....	35
Figura 3.1 - Distribuição de consumos por dispositivo (APA, 2012) .....	44
Figura 3.2 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em edifícios (Adaptada de TWDB, 2005) .....	46
Figura 3.3 - Dispositivo de remoção de detritos (in <a href="http://www.planfor.pt">www.planfor.pt</a> ).....	47
Figura 3.4 - Filtro no tubo de queda, da marca Leaf Eater (Abrantes, 2017).....	47
Figura 3.5 - Sistema de tratamento e armazenamento de águas pluviais (FazForte, 2021) .....	49
Figura 3.6 - Reservatórios em PEAD: (a) reservatório para instalação subterrânea; (b) reservatório de superfície (Ecodepur, 2021) .....	50
Figura 4.1 - Vista aérea da residênciã sénior Senhora do Carmo (Google Earth, 2021) .....	59
Figura 4.2 - Planta da aérea edificada e em edificação Planta da área edificada e em edificação, (figura fornecida pela empresa António Ascensão Coelho & Filhos AS, gestora do equipamento) .....	60
Figura 4.3 - Vista exterior dos dois blocos existentes e interligados, espaços verdes e pavimentos.....	61
Figura 4.4 - Vista frontal, espaços verdes e pavimentos (fotos tiradas na visita do local em estudo) .....	61
Figura 4.5 - Vista exterior, área de terra batida (fotos tiradas na visita do local em estudo) .....	62
Figura 4.6 - Área em construção (fotos tiradas na visita do local em estudo) .....	62
Figura I.1 - Rede de abastecimento de água potável no edificio existente - Piso -1(Esc.1/200) .....	123

Figura I.2 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso 0 (Esc.1/200) .....	125
Figura I.3 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso 1 (Esc.1/200) .....	127
Figura I.4 - Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 0 (Esc.1/200) .....	129
Figura I.5 - Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 1 (Esc.1/200) .....	131
Figura I.6 - Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0 (Esc.1/200) .....	133
Figura I.7 - Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso1 (Esc.1/200) .....	135
Figura II.1 - Rede de águas pluviais agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0, Piso 1 e cobertura (Esc.1/200) .....	139
Figura II.2 - Rede de águas pluviais agregada e modificada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0, Piso 1 e cobertura (Esc.1/200) .....	141
Figura III.1 - Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes - Piso 0, Piso -1 (Esc.1/200) .....	145
Figura III.2 - Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes e em construção -Piso 0 (Esc.1/200) .....	147
Figura III.3 - Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes e em construção -Piso 1 (Esc.1/200) .....	149
Figura IV.1 - Simbologia para redes prediais de abastecimento de água - Canalizações e acessórios.....	152
Figura IV.2 - Simbologia para redes prediais de drenagem de águas pluviais.	153



## Lista de Quadros

Quadro 2.1 - Caudais instantâneos para redes prediais de abastecimento de água (Anexo IV do Decreto Regulamentar N.º 23/95; EN 806-3, 2006) .....	9
Quadro 2.2 - Resumo de fórmulas para o cálculo do caudal de cálculo, para diferentes níveis de conforto, de acordo com o Pedroso (2016) .....	13
Quadro 2.3 - Dimensões das tubagens em PP e PVC (Pedroso, 2016; Catálogo de ECODEPUR de 2021) .....	15
Quadro 2.4 - Constituintes de uma rede de drenagem de águas residuais (Decreto Regulamentar N.º 23/95) .....	18
Quadro 2.5 - Valores de caudais mínimos de descarga (Anexo XIV do Decreto Regulamentar N.º 23/95) .....	26
Quadro 2.6 - Taxa de ocupação (t) do tubo de queda sem ventilação secundária (Pedroso,2016) .....	28
Quadro 2.7 - Dimensionamento do tubo de queda (Adaptada de Pedroso,2016) .....	28
Quadro 2.8 - Dimensionamento dos coletores prediais e ramais de ligação (Pedroso, 2016) .....	29
Quadro 2.9 - Valores dos parâmetros “a” e “b” (Anexo IX do Decreto Regulamentar N.º 23/95) .....	35
Quadro 2.10 - Valores para o coeficiente de escoamento para várias superfícies (Chow,1964) .....	37
Quadro 3.1 - Requisitos de qualidade de águas residuais tratadas a reutilizar para diversos usos urbanos (valores máximos admissíveis na água) (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010) .....	42
Quadro 3.2 - Requisitos de qualidade de águas residuais tratadas utilizadas em edifícios (descarga de autoclismos e água de serviço) e na lavagem de ruas (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010) .....	42
Quadro 3.3 - Consumos de água em alguns equipamentos coletivos no Brasil (Macintyre, 2010) .....	43
Quadro 3.4 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques (Adaptada de Oliveira, 2008) .....	49

Quadro 3.5 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento (C) (ETA 0701, 2021) .....	53
Quadro 3.6 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização (ETA 0701, 2021) .....	55
Quadro 3.7 - Frequência de manutenção dos componentes dos SAAP (ETA 0701, 2021) .....	57
Quadro 4.1 - Áreas associadas a cada espaço da residência.....	63
Quadro 4.2 - Dispositivos na rede predial de abastecimento de água.....	64
Quadro 4.3 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso - 1 (corresponde à planta da Figura I.1, Anexo I) .....	65
Quadro 4.4 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 0 (corresponde à planta da Figura I.6, Anexo I) .....	66
Quadro 4.5 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 1 (corresponde à planta da Figura I.7, Anexo I) .....	69
Quadro 4.6 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso -1.....	75
Quadro 4.7 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 0.....	76
Quadro 4.8 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 1.....	80
Quadro 4.9 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso -1.....	84
Quadro 4.10 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 0.....	85
Quadro 4.11 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso1 .....	89
Quadro 4.12 - Características dos tubos de queda da rede predial de águas pluviais.....	93
Quadro 4.13 - Características dos coletores prediais da rede predial de águas pluviais.....	94

Quadro 4.14 - Estimativa de caudais e diâmetros para os tubos de queda da rede predial de águas pluviais.....	97
Tabela 4.15 - Estimativa de caudais para os coletores prediais da rede de águas pluviais associados apenas à drenagem da área pavimentada.....	98
Tabela 4.16 - Estimativa de caudais totais, diâmetros e tensões de arrastamento para os coletores prediais da rede de águas pluviais.....	99
Tabela 4.17 - Estimativa do volume da CATAP para os cenários C#1 e C#2.....	102
Quadro 4.18 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso -1.....	103
Quadro 4.19 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0.....	104
Quadro 4.20 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 1.....	106
Quadro 4.21 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso -1.....	108
Quadro 4.22 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0.....	108
Quadro 4.23 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 1.....	111



# Nomenclatura

## Siglas

ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
Bd	Bidé
CATAP	Cisterna de armazenamento e tratamento de águas pluviais
Cp	Caixa predial
Ch	Chuveiro individual
CP	Coletor predial
DECA	Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura
EN	European Norm (Norma Europeia)
FCT	Fundação para a Ciência e Tecnologia
FibEnTech	Fiber Materials and Environmental Technologies
GeoBioTec	GeoBioSciences, GeoTechnologies and GeoEngineering
Lv	Lavatório individual
Ml	Máquina de Lavar a Loiça
Mr	Máquina ou tanque de Lavar a Roupas
NaOH	Hidróxido de Sódio
PB	Polibutileno
PEAD	Poliétileno de alta densidade
PER/PEX	Poliétileno reticulado
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de vinilo
PVC-C	Policloreto de vinilo clorado
RAAPR	Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas
RD	Ramal de descarga
RL	Ramal de ligação
RV	Ramal de ventilação
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais
TQ	Tubo de queda
TWDB	Texas Water Development Board
UBI	Universidade da Beira Interior
WWC	World Water Council



## Simbologia

A,b	Constantes dependentes do período de retorno
Ac	Área de captação (m <sup>2</sup> )
Ar	Área drenada(m <sup>2</sup> )
C	Coefficiente de escoamento
C <sub>AE</sub>	Consumo anual estimado (L/s)
D	Diâmetro (m)
D <sub>int</sub>	Diâmetro interior da tubagem (mm)
DN	Diâmetro nominal(mm)
d	Distância entre a tubagem da rede pública e a localização do dispositivo ou nó da rede (m).
g	Aceleração da gravidade (m/s <sup>2</sup> )
H	Altura da lâmina líquida (mm)
i	Inclinação da tubagem (m/m)
I	Intensidade de precipitação
J	Perda de carga unitária (m/m)
K <sub>s</sub>	Coefficiente de rugosidade de Manning-Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)
N	Número de dias de retenção da água no reservatório
L	Comprimento do trecho de tubagem (m)
P	Altura da precipitação a desviar (mm)
P <sub>o</sub>	Pressão de serviço da rede publica (m)
P <sub>i</sub>	Pressão de serviço em cada dispositivo (m)
S	Secção do tubo de queda (m <sup>2</sup> )
Q	Caudal escoado (L/s)
Q <sub>acum</sub>	Caudal acumulado (l/s)
Q <sub>c</sub>	Caudal de cálculo (l/s)
Q <sub>i</sub>	Caudal instantâneo atribuído aos fluxómetros (L/s)
R <sub>h</sub>	Raio hidráulico (m)
S	Área da secção transversal do escoamento (m <sup>2</sup> )
t	Duração da precipitação (min)
v	Velocidade de escoamento (m/s)
V <sub>a</sub>	Volume anual de água da chuva aproveitável (m <sup>3</sup> )
V	Volume aproveitável (m <sup>3</sup> )
V <sub>d</sub>	Volume de desvio (m <sup>3</sup> )
V <sub>u</sub>	Volume útil(m <sup>3</sup> )
X	Coefficiente de simultaneidade
Y	Peso específico da água residual (N/m <sup>3</sup> )
ΔH <sub>c</sub>	Perda de carga contínua (m)
ΔH <sub>acum</sub>	Perda de carga total acumulada (m)
ΔH <sub>t</sub>	Perda de carga total
η <sub>f</sub>	Eficiência hidráulica da filtragem
τ	Tensão de arrastamento (N/m <sup>2</sup> = Pa)



# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento e justificação do tema

Os crescentes alertas da necessidade de poupança de água, o aumento do seu consumo para atividades domésticas, industriais e agrícolas e a de teorização de origens de água doce superficial e subterrânea têm levado à procura de alternativas de utilização de água, mais sustentáveis e de melhor aproveitamento dos seus usos, como a reutilização de águas residuais ou o aproveitamento de águas pluviais. A reutilização de águas pluviais em edifícios é uma prática sugerida em vários programas e estudos internacionais (UN WWDR, 2020; WWC, 2021) e nacionais (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010; APA, 2012; Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017), tendo sido desenvolvidos já vários estudos no nosso país sobre as vantagens desta prática no âmbito da gestão sustentável dos recursos hídricos e do controlo da poluição (Quadros, 2010; Nascimento, 2014; Trindade, 2016; Abrantes, 2017; Morais, 2019; Vale, 2019).

O aproveitamento ou reaproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas surge da necessidade de, por um lado, reduzir o consumo e o custo da utilização de água da rede (água potável) para fins não potáveis, e, por outro lado, para fazer face à escassez deste recurso hídrico em algumas regiões do mundo, incluindo no interior de Portugal. O interior de Portugal, nomeadamente a região da Cova da Beira, é uma região caracterizada por escassez de recursos hídricos, por vezes de variação acentuada no espaço, tempo e volume disponível para satisfazer os usos praticados. O Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura (DECA-UBI) da Universidade da Beira Interior (UBI), na última década, tem realizado vários estudos com a finalidade de reutilizar água residuais tratadas para a rega agrícola (Marecos do Monte e Albuquerque, 2011; Pedrero *et al.*, 2011b; Sardinha (2012); Albuquerque *et al.*; 2012; Sardinha *et al.*, 2014; Albuquerque *et al.*; 2015; Prazeres *et al.*, 2016), recarga de aquíferos (Silva, 2011; Pedrero *et al.*, 2011a; Silva *et al.*, 2012; Silva F., 2015) e utilizações urbanas não potáveis (Albuquerque e Matos, 2015), bem como de reaproveitamento de águas pluviais (Abrantes, 2017; Abrantes *et al.*; 2018), numa perspetiva de uso sustentável da água.

Existe um grande potencial para reutilizar as águas pluviais em aplicações como a rega de jardins e espaços verdes, lavagem de pavimentos e de equipamentos, atividades agrícolas, descargas de sanitas (bacias de retrete ou vasos sanitários), recargas de aquíferos, utilizações recreativas, entre outras (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010). A reutilização de águas pluviais traz vantagens em relação à reutilização de águas residuais domésticas ou de águas cinzentas, pois apresentam menor carga de compostos poluentes (p.e., compostos orgânicos, matéria sólida, nutrientes e microrganismos patogénicos) e são em maior volume (Nascimento, 2014; Vale, 2019). O tratamento, normalmente, inclui um filtro para retenção de matéria sólida, localizado a montante ou à entrada da cisterna de armazenamento, uma cisterna mona ou multicompartimentada (as multicompartimentadas permitem a decantação de matéria sólida e matéria orgânica na primeira câmara), para armazenamento da água, e um sistema de desinfecção, localizado à saída da cisterna (Abrantes, 2017). Caso o pH da água seja inferior a

6,5 ou superior a 8,5 deve realizar-se a sua correção com uma solução básica, como o hidróxido de sódio (ANQIP, 2021).

É assim premente o estudo do potencial de reutilização de águas pluviais em equipamentos sociais e culturais, como a Residência Sénior Nossa Senhora do Carmo (Covilhã), propondo soluções para a redução de consumos como a substituição de dispositivos de utilização e a reutilização de águas pluviais tratadas em aplicações que consome grandes volumes de água potável da rede pública. Este estudo teve o apoio da unidade de investigação “Fiber Materials and Environmental Technologies” (FibEnTech)”, da UBI, através do projeto UIDB/00195/2020 (2020 - 2023), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

## **1.2. Objetivos**

O principal objetivo do trabalho foi o de avaliar o potencial de recolha, tratamento, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais na Residência Sénior Nossa Senhora do Carmo (Covilhã), propondo soluções para a redução de consumos de água potável e fazendo um estudo de viabilidade técnica para a reutilização daquelas águas para a recarga de autoclismos, rega de espaços verdes e lavagem de espaços públicos.

## **1.3. Estrutura da dissertação**

A presente dissertação inclui os seguintes capítulos:

Capítulo 1: inclui o enquadramento, justificação e principais objetivos da dissertação;

Capítulo 2: apresenta uma descrição detalhada das características, elementos, critérios de dimensionamento, cálculo e aspetos construtivos e de operação e manutenção de redes prediais de águas (redes de abastecimento de água potável, redes de drenagem de águas residuais e redes de drenagem de águas pluviais);

Capítulo 3: inclui os aspetos mais relevantes da reutilização de águas em meio urbano e predial, em especial o aproveitamento de águas pluviais, bem como uma descrição das características, elementos, critérios de dimensionamento, cálculo e aspetos construtivos e de operação e manutenção de cisternas para o armazenamento de águas pluviais;

Capítulo 4: apresenta a descrição dos edifícios da residência coletiva e das redes abastecimento de água potável e de drenagem de águas pluviais e o desenvolvimento do estudo técnico para avaliar a viabilidade da captação, drenagem, tratamento, armazenamento e reutilização de água pluviais tratadas para recarga de autoclismos, rega de espaços verdes e lavagem de pavimentos;

Capítulo 5: apresenta as conclusões do estudo e as perspectivas de trabalhos futuros;

Referências bibliográficas: lista a bibliografia utilizada;

Anexos: são incluídos quatro anexos, os primeiros três com as redes de abastecimento de água potável, drenagem de águas pluviais e abastecimento de água pluvial reciclada; o último com a simbologia utilizada nas cartas.



## 2. Redes Prediais de Águas

### 2.1. Redes prediais de abastecimento de água potável

#### 2.1.1. *Características*

O sistema predial de distribuição ou abastecimento de água potável tem como objetivo garantir o abastecimento de água em volume e pressão e reduzir os riscos da saúde pública, assegurando assim conforto e bem-estar dos consumidores. Os edifícios são normalmente alimentados através de uma rede pública que transporta água potável, e que a passa para a rede predial através de ligações prediais. Em algumas situações, o abastecimento predial faz-se com recursos de poços, sendo necessário proceder por cuidados especiais para garantir a potabilidade da água (Pedroso, 2016).

A rede predial de abastecimento de água é traçada primeiramente em planta seguindo-se depois o dimensionamento hidráulico-sanitário de acordo com os critérios em vigor.

A origem mais comum de água potável nos edifícios é a rede pública de distribuição de água para o consumo humano. A conexão entre a rede predial e a rede pública realiza-se através de ramal de ligação associado a um contador. A pressão de serviço no ponto de ligação, i.e., na via pública, vai influenciar a pressão de cada dispositivo dentro das habitações da rede predial. A qualidade de água naquele ponto deve cumprir com as normas da qualidade de água para o consumo humano.

Nos termos do n.º 2 do artigo 59.º do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, o serviço público de abastecimento de água considera-se disponível sempre que a rede pública esteja localizada a uma distância igual ou inferior a 20 metros do limite da propriedade a servir. Os sistemas prediais alimentados pelas redes públicas devem ser independentes de eventuais sistemas de distribuição de água com origens próprias.

A alimentação de água para os edifícios pode realizar-se pelos seguintes processos alternativos (Pedroso, 2016): alimentação direta, alimentação indireta, e soluções mistas de alimentação. A alimentação direta consiste na ligação direta à rede pública de distribuição de água, intercalando ou não entre ambas um elemento sobre pressor; a alimentação indireta é feita através da adoção de reservatórios aonde a água proveniente da rede pública de distribuição é acumulada, sendo posteriormente distribuída pelos edifícios; as soluções mistas consideram a possibilidade de a distribuição predial ser feita por recorrência à utilização de diferentes andares de pressão, para melhor solução técnica e económica (Figura 2.1- a) e b) e Figura 2.2).

Os aspetos de traçado, dimensionamento e instalação seguem o disposto no Decreto Regulamentar N.º 23/95 de 23 de agosto (Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais

de distribuição de água e drenagem de águas residuais), doravante designado por *Regulamento*, bem como na norma Europeia EN 806-3 (2006).

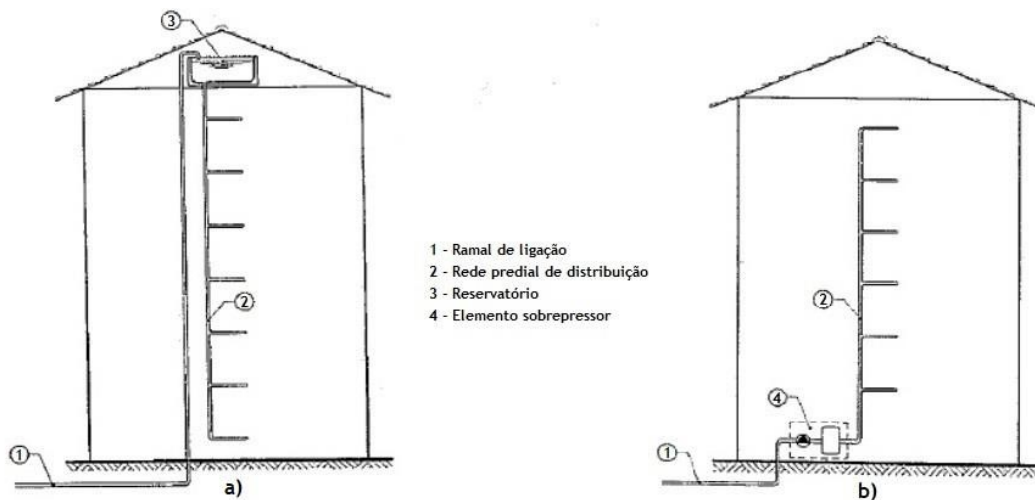


Figura 2.1 - a) Alimentação a direta; b) Alimentação indireta (Adaptada de Pedroso, 2016).

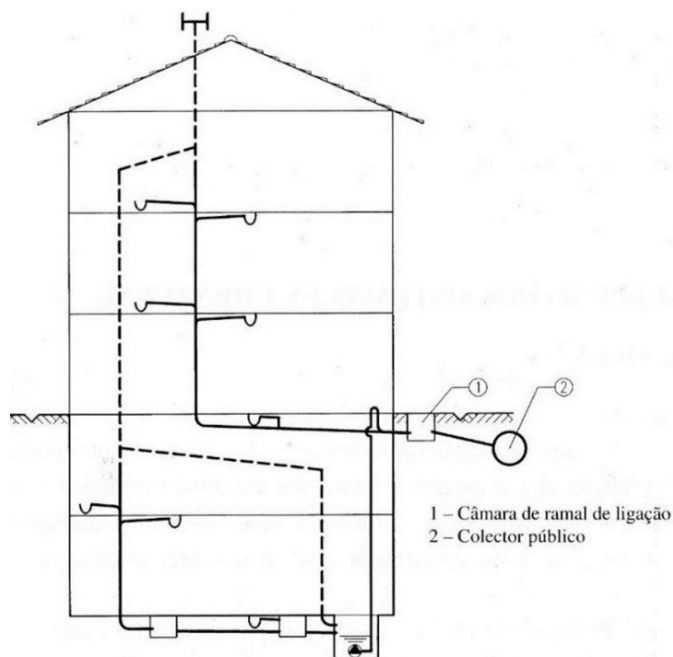


Figura 2.2 - Sistema misto de alimentação (Adaptada de Pedroso, 2016).

### 2.1.2. Instalação e traçado

O traçado deve considerar os seguintes aspetos referidos no *Regulamento* (artigo 95.<sup>o</sup>):

- O traçado da rede deve ser constituído por trechos retos, com trajetórias verticais e horizontais, ligados entre si por acessórios apropriados, que deverão apresentar uma ligeira inclinação de 0,5% para facilitar a circulação do ar nas tubagens;

- Relativamente às tubagens com a função de levar água quente, sempre que possível devem ser colocadas paralelamente as tubagens da água fria separados entre si por uma distância nunca inferior a 0,05 m, e sempre superior às tubagens da água fria (Figura 2.3 a) e b));
- Na utilização de canalizações flexíveis, pode se dispensar alguns acessórios de mudança de direção, deve ser feita a instalação à profundidade sendo possível assegurar a execução de raios de curvatura necessários na transição de parede para parede, como apresentado na (Figura 2.3 a) e b));
- As canalizações podem ser instaladas em caleiras, tetos falsos, valas embutidas ou em vista, galerias, sempre em atenção o isolamento térmico e o clima da região (Figura 2.4 a) e b)).

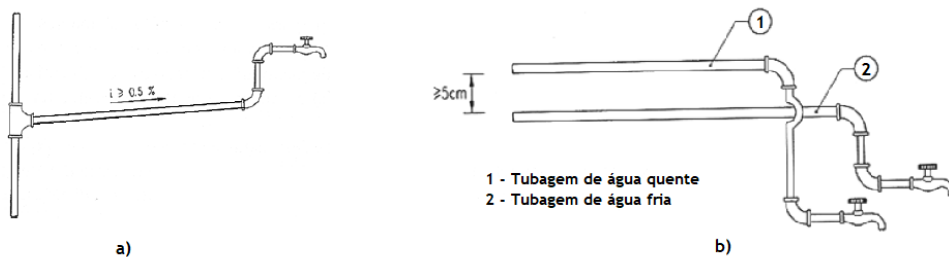


Figura 2.3 - a) Inclinação das tubagens; b) Instalação das tubagens de água quente e água fria (Adaptada de Pedroso, 2016).

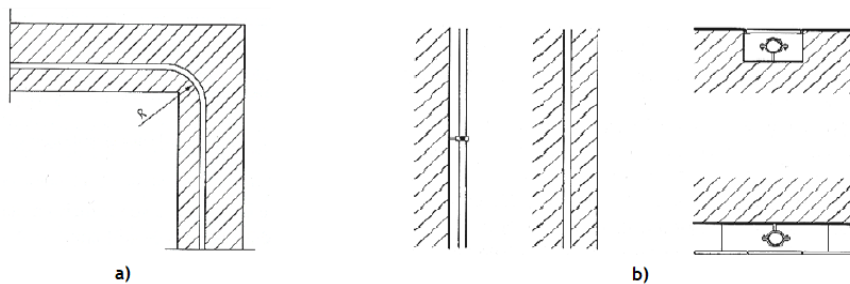


Figura 2.4-a) Inclinação de tubagens sem acessório; b) tipos de instalação de tubagens (Adaptada de Pedroso, 2016)

### 2.1.3. Critérios de dimensionamento hidráulico-sanitários

O dimensionamento hidráulico-sanitário deve ter em conta a minimização dos custos, que pode ser conseguida através de uma combinação criteriosa de diâmetros e pressão para conforto diferenciado. Previamente ao dimensionamento, deve ser conhecido o traçado da rede, número

de trechos e nós, número e localização de dispositivos e consumos mínimos associado a cada dispositivo. Por dispositivo entende-se o equipamento de consumos de água, como torneiras de lavatório, bidé ou banheira, mictórios e sanitas, entre outros.

Seguidamente apresentam-se os critérios hidráulico-sanitários utilizados no cálculo de redes prediais de abastecimento de água potável.

- **Caudais instantâneos**

Os caudais instantâneos são os caudais mínimos que deverão chegar aos diferentes dispositivos de utilização, tendo em conta as suas características particulares (Pedroso, 2016), que são fornecidos no Anexo IV do *Regulamento* e na norma Europeia EN 806-3 e que foram transcritos para o Quadro 2.1.

- **Velocidade**

A velocidade do escoamento nas tubagens deverá variar entre 0,5 e 2 m/s, podendo ser calculada pela Eq. (2.1):

$$v = \frac{Q_c}{\pi \times D_{int}^2} \quad (2.1)$$

Onde:

v: Velocidade (m/s);

Q<sub>c</sub>: Caudal de cálculo (m<sup>3</sup>/s);

D<sub>int</sub>: Diâmetro interno da tubagem (mm).

- **Pressão**

A pressão de serviço em cada ponto, ou em cada dispositivo, da rede pode ser calculada através da Eq. (2.2). As pressões deverão variar entre 5 e 60 m c.a. (*Regulamento*) ou entre 10 e 50 m c.a. (EN 806-3). Pedroso (2016) recomenda, para maior conforto e durabilidade das tubagens, valores entre 15 e 30 m. c. a. Fica, pois, ao critério do projetista qual a gama de pressões a aplicar, desde que não violem o *Regulamento*.

$$P_i = P_0 - (\Delta H_{t_{acum}}) - d \quad (2.2)$$

Onde:

P<sub>i</sub>: Pressão de serviço em cada ponto ou dispositivo (m);

P<sub>0</sub>: Pressão de serviço na rede pública (m);

ΔH<sub>t<sub>acum</sub></sub>: Perda de carga total acumulada (m);

d: Distância entre a tubagem da rede pública e a localização do dispositivo ou nó da rede (m).

**Quadro 2.1 - Caudais instantâneos para redes prediais de abastecimento de água (Anexo IV do Decreto Regulamentar N.º 23/95; EN 806-3, 2006).**

Dispositivo	Caudais de dimensionamento (L/s)		Caudais mínimos (L/s)
	Decreto Regulamentar N.º 23/95	EN 806-3	
Lavatório individual (Lv)	0,10	0,10	0,10
Lavatório coletivo (por bica) (LvC )	0,05	N.D.	N.D.
Bidé (Bd)	0,10	0,10	0,10
Bandeira (Ba)	0,25	0,40	0,30
Chuveiro individual (Ch)	0,15	0,20	0,15
Banho não doméstico	N.D.	0,80	0,80
Pia de despejo	0,15	0,20	0,15
Autoclismo de bacia de retrete (Br)	0,10	0,10	0,10
Mictório com torneira individual (Mi)	0,15	N.D.	N.D.
Pia lava-louça (LI)	0,20	0,20	0,15
Pia lava-loiça não doméstica	N.D.	0,80	0,80
Bebedouro (B)	0,10	N.D.	N.D.
Máquina de lavar a louça (ML)	0,15	0,20	0,15
Máquina ou tanque de lavar a roupa (Mr)	0,20	0,20	0,15
Bacia de retrete com fluxómetro (BrF)	1,50	1,50	1,00
Mictório com fluxómetro (MiF)	0,50	0,30	0,15
Boca de rega ou lavagem de $\varnothing 15$ mm (Br-15)	0,30	0,50	0,40
Boca de rega ou lavagem de $\varnothing 20$ mm (Br-20)	0,45		
Máquinas industriais e outros aparelhos não específicos	A definir pelo fabricante		

#### 2.1.4. Cálculo

##### Caudais de cálculo

Para obter o caudal de cálculo é preciso ter em conta os caudais instantâneos atribuídos aos dispositivos de utilização e o somatório destes caudais ao longo de cada trecho, que é denominado por caudal acumulado ( $Q_{acum}$ ). O caudal de cálculo ( $Q_c$ ) resulta do produto de

$Q_{acum}$  por um coeficiente, que expressa a probabilidade desta ocorrência, designado por coeficiente

de simultaneidade ( $X$ ), como apresentado na Eq. (2.3) e Eq. (2.4) (Pedroso, 2016).

$$Q_C = X \cdot Q_{acum} \quad (2.3)$$

Onde:

$XQ_C$ : Caudal de cálculo (L/s);

$X$ : Coeficiente de simultaneidade;

$Q_{acum}$ : Caudal acumulado (L/s).

$$X = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \quad (2.4)$$

Onde:

$X$ : Coeficiente de simultaneidade;

$N$ : número de dispositivos; apenas válido para  $n > 2$ .

Caso se trate de uma instalação de fluxómetros (caudal controlado e de fechamento automático), a determinação do caudal de cálculo faz-se separadamente dos outros dispositivos de utilização, através da Eq. (2.5) (Pedroso, 2016).

$$Q_C = X \cdot Q_{acum} + nf \cdot Q_i \quad (2.5)$$

Onde:

$Q_C$ : Caudal de cálculo (L/s);

$X$ : Coeficiente de simultaneidade

$Q_{acum}$ : Caudal acumulado (L/s);

$nf$ : Número de fluxograma considerado;

$Q_i$ : Caudal instantâneo atribuído aos fluxómetros (L/s).

Nas Figura 2.5 a Figura 2.8 apresentam-se as curvas de variação do caudal de cálculo, em função do caudal acumulado, para três níveis de conforto (mínimo, médio e elevado), tal como desenvolvido por Pedroso (2016) e apresentado no Anexo V do *Regulamento*.

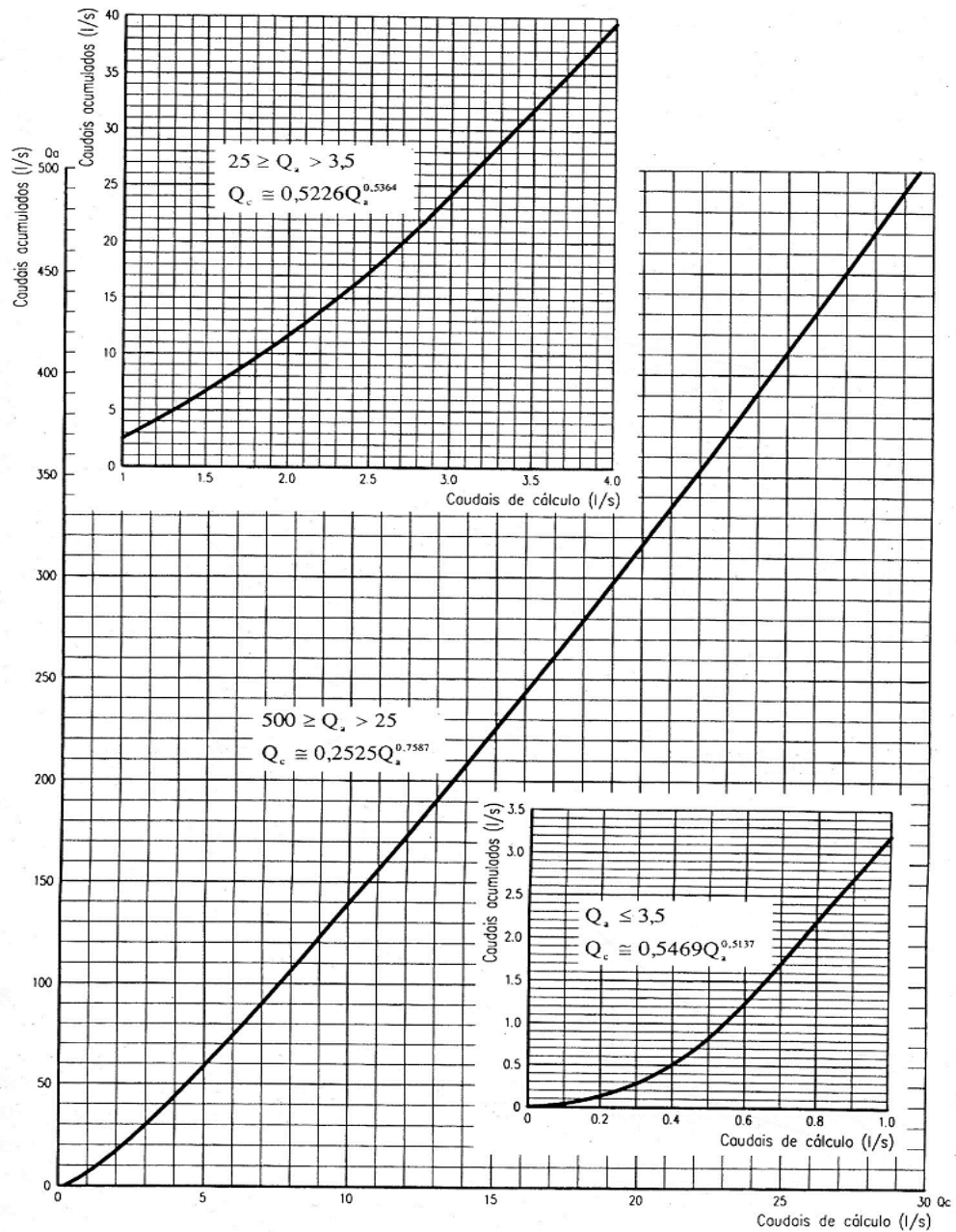


Figura 2.5 - Caudais de cálculo, para o nível de conforto médio, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016)

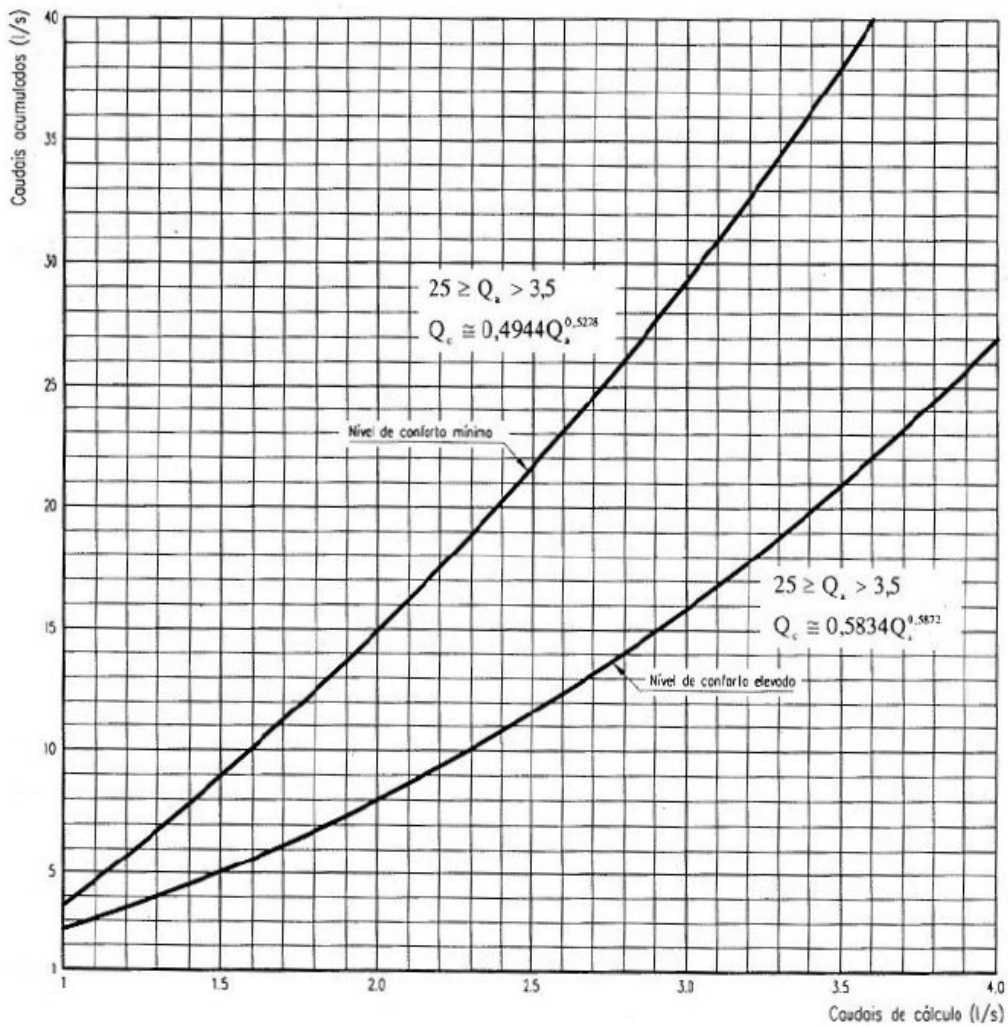
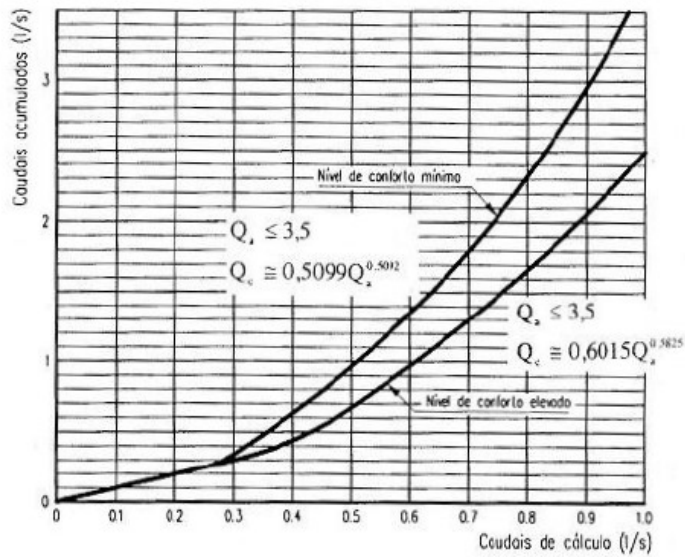


Figura 2.6 - a) Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016)

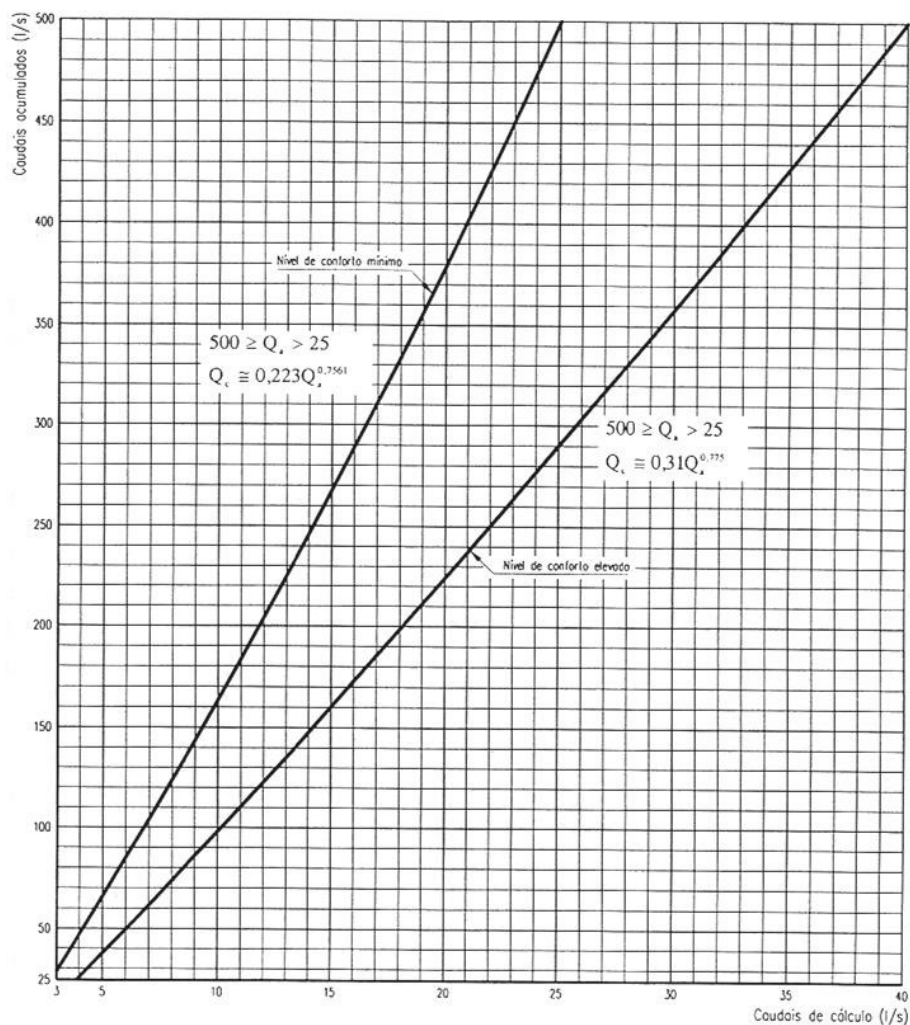


Figura 2.7 - b) Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016)

Quadro 2.2 - Resumo de fórmulas para o cálculo do caudal de cálculo, para diferentes níveis de conforto, de acordo com o Pedroso (2016)

Para Conforto mínimo	
$Q_a \leq 3,5$	$Q_c = 0,5099 \cdot Q_a^{0,5092}$
$25 \geq Q_a > 3,5$	$Q_c = 0,4944 \cdot Q_a^{0,5278}$
$500 \geq Q_a > 2500$	$Q_c = 0,2230 \cdot Q_a^{0,7561}$
Para Conforto medio	
$Q_a \leq 3,5$	$Q_c = 0,5469 \cdot Q_a^{0,5137}$
$25 \geq Q_a > 3,5$	$Q_c = 0,4944 \cdot Q_a^{0,5364}$
$500 \geq Q_a > 25$	$Q_c = 0,2230 \cdot Q_a^{0,7587}$
Para conforto elevado	
$Q_a \leq 3,5$	$Q_c = 0,6015 \cdot Q_a^{0,5825}$
$25 \geq Q_a > 3,5$	$Q_c = 0,5834 \cdot Q_a^{0,5872}$
$500 \geq Q_a > 25$	$Q_c = 0,3100 \cdot Q_a^{0,7750}$

### **Diâmetro das tubagens**

Os diâmetros de cálculo podem ser estimados através da Eq. (2.6), utilizando-se o caudal de cálculo de cada trecho e uma velocidade de escoamento inicial, sendo habitualmente utilizado 1 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_c}{\pi \times v}} \quad (2.6)$$

Onde:

$D$ : Diâmetro de cálculo (m);

$Q_c$ : Caudal de cálculo (L/s);

$v$ : Velocidade do escoamento (m/s).

O diâmetro a considerar deverá ter os diâmetros comerciais (DN), de acordo com o tipo do material que se pretende utilizar, e o diâmetro interno (Dint), de acordo com a pressão de serviço e espessura de parede desejada. Para as redes prediais de abastecimento de água potável recomenda-se a utilização de material de plástico, como polipropileno (PP), Polibutileno (PB), policloreto de vinilo (PVC), Policloreto de vinilo clorado (PVC-C), Polietileno reticulado (PER/PEX) ou polietileno de alta densidade (PEAD), ou material em metal (cobre ou aço inox).

No presente trabalho serão utilizadas tubagens em PP (PN20) para redes prediais de abastecimento e PVC (PN20) para redes de drenagem de águas pluviais, uma vez que é o material instalado e a instalar no equipamento em estudo. Apresentam-se no Quadro 2.2 os valores para DN e Dint para estes materiais.

### **Verificação da velocidade**

Após a escolha do DN é necessário verificar se as velocidades em cada trecho se encontram no intervalo entre 0,5 m/s e 2 m/s, através da equação (2.6), sendo  $D$  substituído por Dint. Caso o valor seja inferior a 0,5 m/s ou superior a 2 m/s, é necessário escolher outro DN até que se verifique a condição imposta para a velocidade.

### **Determinação das perdas de carga**

As perdas de cargas originam por ocorrência de escoamento de fluidos em movimento, que podem ser provocadas através das variações de cota ao longo do escoamento ou pelas características da tubagem. Existem dois tipos de perdas de cargas, perdas de carga contínuas e perdas de carga localizadas.

As perdas de cargas contínuas refletem a perda de energia do escoamento em função do comprimento do trecho e relacionam-se com a perda de carga unitária ( $J$ ), Dint e comprimento do trecho ( $l$ ), como representado na Eq. (2.7) e Eq. (2.8) (Pedroso, 2016).

$$\Delta H_c = J \times L \quad (2.7)$$

Onde:

$\Delta H_c$ : Perda de carga contínua (m);

$J$ : Perda de carga unitária (m/m);

$L$ : Comprimento do trecho (m).

Quadro 2.3 - Dimensões das tubagens em PP e PVC (Pedroso, 2016; Catálogo de ECODEPUR de 2021)

DN (mm)	Dint (mm)	
	PP, PN20	PVC, PN20
12		10
16	10,6	14
20	13,2	18,1
25	16,6	22,7
32	21,2	29,1
40	26,6	36,3
50	33,2	45,4
63	42	57,2
75	50	68,2
90	60	81,8
110	73,2	100
125		113,6
140		127,3
160		145,4
180		163,6
200		181,8
225		204,5
250		227,3
280		254,6
315		286,4
355		322,8
400		363,7
450		409,1
500		454,6

$$J = \left( \frac{Q_c}{K_s \times S \times R_h^{\frac{3}{2}}} \right)^2 \quad (2.8)$$

Onde:

J: perda de carga unitária (m/m);

Q<sub>c</sub>: Caudal de cálculo (m<sup>3</sup>/s);

K<sub>s</sub>: Coeficiente de rugosidade do material (m<sup>1/3</sup>/s);

S: Secção transversal do escoamento (m<sup>2</sup>);

R<sub>h</sub>: Raio hidráulico (m).

As perdas de carga localizadas são provocadas pelas singularidades existentes como, mudanças de direção, presença de dispositivos tais como válvulas, joelhos e contadores, podendo o seu valor ser estimado de acordo com a Eq. (2.9) (Pedroso, 2016).

$$\Delta H_t = 1,2 \times \Delta H_c \quad (2.9)$$

Onde:

ΔH<sub>t</sub>: Perda de carga total (m);

ΔH<sub>c</sub>: Perda de carga continua (m).

Após o cálculo da perda de carga total, determinam-se as perdas de cargas total acumuladas (ΔH<sub>t<sub>accum</sub></sub>) para cada trecho do traçado, verificando-se a montante os valores mais baixos e a jusante os valores mais altos.

A verificação da pressão em cada dispositivo, ou em cada trecho da rede, é realizada através da Eq. (2.2), p.30.

## 2.2. Redes prediais de drenagem de águas residuais

### 2.2.1. Características

O sistema predial de drenagem de águas residuais tem como objetivo retirar dos edifícios as águas residuais produzidas em casas de banho, cozinhas e máquinas de lavar (Paixão, 1999). O fluxo do escoamento é contrário ao das águas de abastecimento. i.e., é de dentro dos edifícios para a via pública, utilizando uma série de tubagens como ramais de descarga (RD), individuais ou coletivos, tubos de queda (TQ), coletores prediais (CP) e ramais de ligação (RL), antes de chegar ao coletor público de águas residuais.

A drenagem de águas residuais domésticas pode ser feita em função de três processos em relação ao nível em que se encontra o coletor público de drenagem (Pedroso, 2016):

- Drenagem gravítica (Figura 2.8): a recolha de água residuais realiza-se pela ação da gravidade quando as águas residuais se situam numa cota superior ou igual a cota do coletor público;
- Drenagem com elevação (Figura 2.9): a recolha de águas residuais se procede a um nível inferior ao do arruamento, sendo essas águas levadas por sistemas mecânicos até a um nível que permita efetuar a drenagem por gravidade no RL;
- Sistema misto (Figura 2.9): sempre que tem necessidade de combinação de dois sistemas, ou seja, quando se verificam no mesmo edifício a recolha de águas residuais a nível superior e inferior do coletor público

O Quadro 2.3 apresenta uma breve descrição dos elementos envolvidos nestas redes.

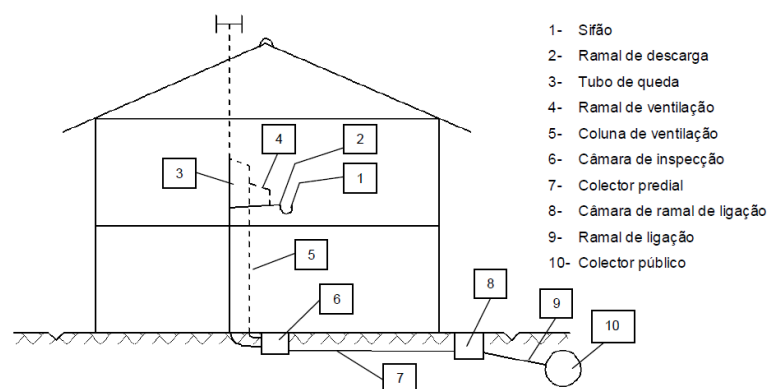


Figura 2.8 - Sistema predial de drenagem gravítica de águas residuais (Adaptada de Pedroso, 2016).

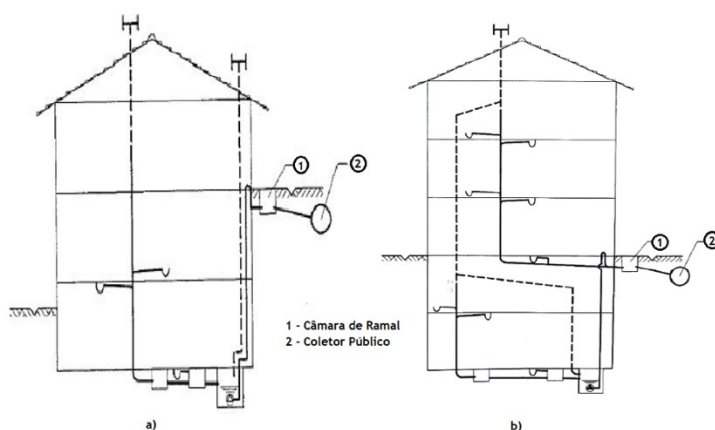


Figura 2.9 - a) Sistema de drenagem com elevação; b) Sistema de drenagem misto (Adaptada de Pedroso, 2016).

Quadro 2.4 - Constituintes de uma rede de drenagem de águas residuais (Decreto Regulamentar N.º 23/95)

Elementos	Descrição
Ramal de descarga	Canalização que garante a passagem de água proveniente dos aparelhos sanitários para o TQ ou CP.
Ramal de ventilação	Canalização destinada a assegurar o fecho hídrico nos sifões, quando o mesmo não é feito por ventilação primária.
Tubo de queda	Canalização ventilada, que tem como função o transporte de descarga proveniente das águas residuais dos pisos mais elevados e a ventilação da rede pública e predial, recebendo os afluentes dos vários RL associadas a si.
Colunas de ventilação	Canalização que tem como objetivo completar a ventilação feita através do TQ, quando esta não for suficiente.
Camara de inspeção	Elemento necessário para manutenção, inspeção e limpeza do coletor, de modo a assegurar o rápido funcionamento do sistema no caso de falha.
Coletor predial	Canalização destinada a unir os afluentes do tubo de queda e RD dos pisos adjacente, enviando-os para um novo TQ ou RL.
Ramal de ligação	Canalização destinada ao transporte das águas residuais provenientes das redes prediais até a rede pública.
coletor público	Canalização de carácter público que reúne as descargas dos edifícios ou da via pública até a um destino final adequado, garantindo a correta drenagem do sistema.
Acessórios	Dispositivos que garantem o correto funcionamento do sistema de drenagem de forma a possibilitar as operações de manutenção, conservação, retenção e habitabilidade dos espaços ocupados.

### **2.2.2. Instalação e traçado**

A instalação e traçado da rede de águas residuais devem estar de acordo com as regras e recomendações ditadas pelo *Regulamento* e pela norma Europeia EN 12056-2 (2000), destacando-se:

#### **Regras aplicáveis a ramais de descarga**

- Não pode afetar a resistência estrutural do edifício, das canalizações ou dos acessórios na colocação de um RD;
- Os RD podem ser instalados, à vista, embutidos, enterrados, em galerias ou em tetos falsos;
- A ligação simultânea de vários aparelhos a mesmo RD, pode ser efetuada através da caixa de reunião ou curvas de concordância;
- Os RD de urinóis devem ser independentes dos restantes aparelhos, salvo quando é assegurada pela ventilação secundária;
- A ligação do RD ao TQ é efetuada através de forquilhas, enquanto a ligação aos CP se dá por forquilhas ou câmaras.

Os RD devem ser instalados de modo a atenuar a transmissão do ruído para o interior das zonas habitacionais. Em alguns casos o RD poderá ser colocado sob elementos de fundações, em zonas de difícil acesso ou embutidas em elementos estruturais, desde que não reduzam a capacidade estrutural do edifício.

#### **Regras para o traçado da rede (ramais de descarga)**

- O traçado dos RD deve ser constituído por troços retilíneos, ligados entre si por caixas ou através das curvas de concordância de modo a permitir a limpeza sem necessidade de desmontar as peças sanitárias;
- Em alguns casos, os troços verticais dos RD não devem exceder 2m de altura;
- Os RD de bacias de retrete devem ser ligados ao tudo de queda em planos horizontais diferentes dos RD das bacias de retrete. Caso não se verifique, deve-se ser forquilhas de ângulo de inserção não superior a 45° (Figura 2.11);

A cota da forquilha que liga as bacias de retrete ao TQ não deve ser inferior às dos diferentes aparelhos do mesmo piso.

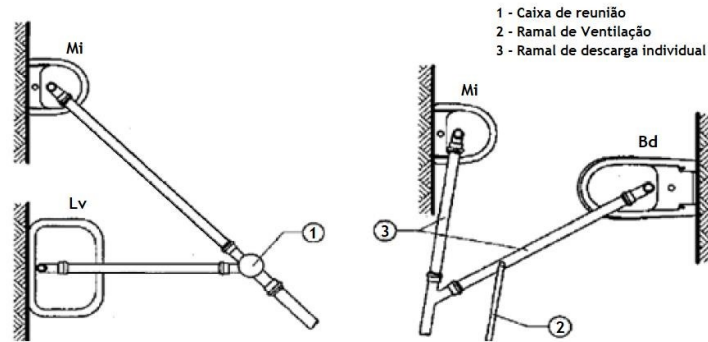


Figura 2.10 - Ligação de um ramal de descarga ao outro aparelho a um ramal de um urinol (Adaptada de Pedroso,2016).

### Regras aplicáveis a ramais de ventilação

- Não pode afetar a resistência estrutural do edifício, das canalizações ou dos acessórios na colocação de um RV;
- As RV podem ser embutidos, visitáveis em tetos falsos e galerias, colocados à vista ou enterrados;
- O diâmetro dos RV não pode ser inferior a duas vezes diâmetro dos respectivos RL (Figura 2.12);
- Quando a ventilação não é feita de forma individual, nas ligações em bateria dos aparelhos, excetuando as bacias de retrete e similares, os ramais coletivos devem ser ligados aos RD no máximo de três em três aparelhos.

### Regras para o traçado da rede (ramais de ventilação)

- Os RL devem ser constituídos por troços retilíneos, ascendente e verticais, ligados entre si por curvas de concordância;
- Os troços verticais devem prolongar-se até a uma altura mínima de 0,15 m acima do nível superior do aparelho sanitário a ventilar;
- Os troços horizontais, para a ligação à coluna ventilação devem ter inclinação ascendentes, de valor não inferior a (20mm/m);
- A inserção do RV no RD é efetuada a distância do sifão a ventilar igual ou superior ao dobro do diâmetro dos RL (Figura 2.13).

As linhas piezométricas não devem cortar os RV de formas a evitar a sua obstrução, deve ser considerado a relação  $h_2/L_1 \geq h_1/L_2$ .

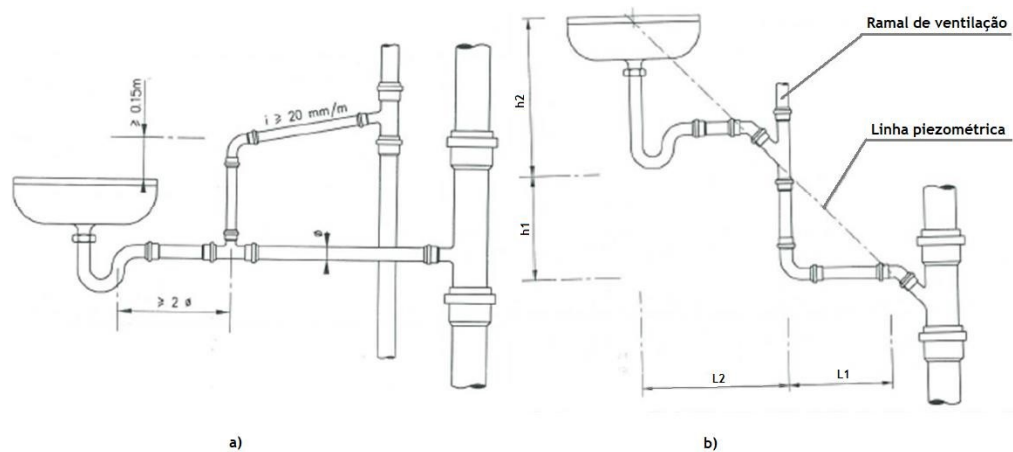


Figura 2.11 - a) Ligação do ramal de ventilação ao ramal de descarga; b) Desenvolvimento da linha piezométrica de modo a evitar a obturação do ramal de ventilação (Pedroso,2016).

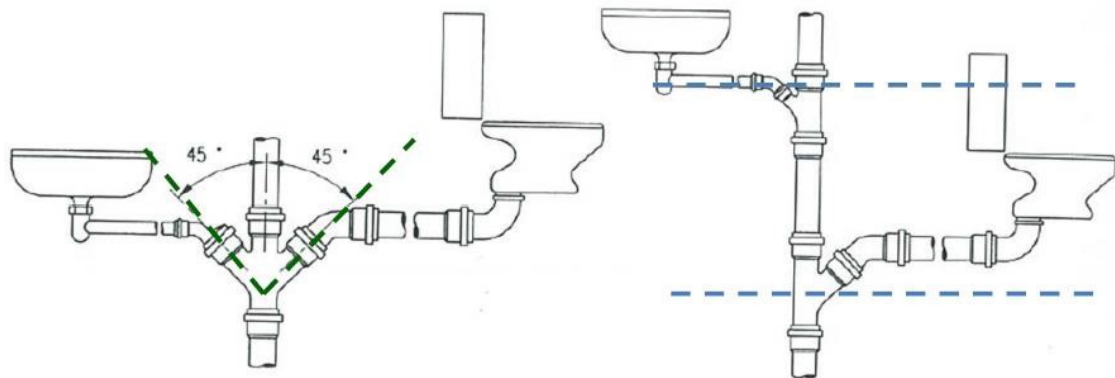


Figura 2.12 - Ligação dos ramos de descarga de bacias de retrete e de águas saponáceas aos tubos de queda (Pedroso,2016).

#### Regras aplicáveis a tubos de queda

- As instalações do TQ devem ser preferivelmente em galerias verticais de modo a facilitar a sua acessibilidade;
- A abertura do tubo superior de TQ deve ser protegida, colocando uma rede, de modo a impedir a entrada de matérias sólidos e pequenos animais.
- O diâmetro nominal do TQ deve ser superior aos RD ligados a si, com um mínimo de 50 mm.

Sempre que atravessam elementos estruturais, os TQ devem possuir uma ligação não rígidas a estes elementos.

### Regras para o traçado da rede (tubos de queda)

- No TQ o alimento deve ser vertical, formando um único alinhamento reto;
- No caso de não se desenvolverem um único alinhamento vertical, a mudança de direção deve ser efetuada por curvas de concordância, desde que o valor de translação não seja superior a dez vezes do diâmetro do TQ, caso contrário deve ser considerado como CP (Figura 2.14);
- A concordância entre os TQ e a tubagem de fraca pendente, faz-se através de curvas de transição, medida com baixo ao eixo do tubo de raio não superior ao triplo do seu diâmetro ou por curvas de 45°;
- A ligação dos TQ aos CP deve ser efetuada através das câmaras de inspeção, respeitando a condições de que o afastamento entre ambos não excede dez vezes o seu diâmetro.

Os aparelhos sifonados na vizinhança do TQ devem ser conectados ao TQ, desde que não se encontram a uma cota elevada.

Tendo em cota que as pressões mais elevadas estão concentradas na base do TQ, é recomendável que os RD dos pisos adjacentes sejam ligados aos CP (Figura 2.15).

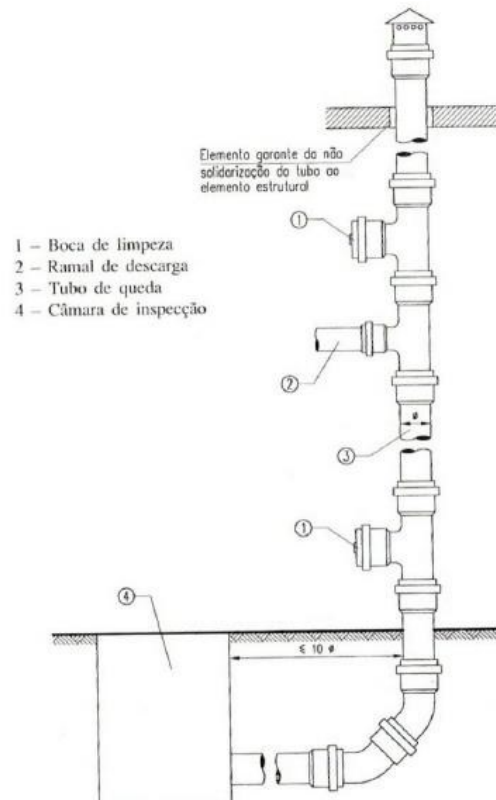


Figura 2.13 - Ligação do tubo de queda à câmara de inspeção (Pedroso, 2016).

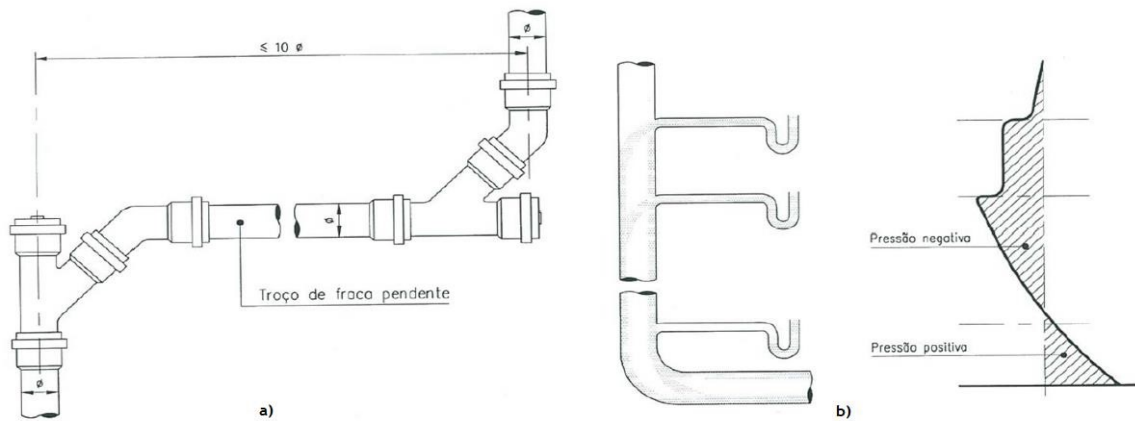


Figura 2.14 - a) Translação da coluna de ventilação; b) Diagrama de pressões num tubo de queda (adaptada de Pedroso, 2016).

#### Regras aplicáveis a colunas de ventilação

- As colunas de ventilação devem preferencialmente serem instaladas em galerias, de fácil acesso;
- As colunas de ventilação não devem diminuir no sentido ascendente (Botica, 2012).

#### Regras para a traçado da rede (colunas de ventilação)

- O traçado das colunas de ventilação deve ser constituído por troços retilíneos ascendente;
- As colunas de ventilação deve ter origem nos CP, a uma distância no TQ inferior a dez vezes do diâmetro deste;
- A coluna de ventilação deve ser ligada ao TQ no mínimo de três em três pisos;
- Todas as mudanças de direção deverão ser efetuadas por curvas de concordância;
- Quando termina no TQ, a inserção da coluna de ventilação, deve verificar-se a uma distância não inferior a um metro acima da última inserção de RD;
- Na ausência do TQ nos edifícios, as colunas de ventilação, deverá ter origem nas extremidades a montante dos CP.

As colunas de ventilação devem ser fisicamente desligadas das estruturas do edifício utilizando-se acessórios para garantir esta exigência.

#### Regras aplicáveis a coletor predial

- Os CP enterrados, devem ser instaladas camaras de inspeção no início e no final, sempre que haja mudança de direção, de inclinação, de diâmetro e em confluências de ramais.

- Quando os CP são instalados a vista, e em locais de fácil acesso, a câmara de inspeção pode dar lugar a curva de transição, forquilha, e bocas de limpezas suficientes possibilitando a eficiência de manutenção e limpeza (Figura 16).
- As câmaras de inspeção ou bocas de limpezas deverá ter um afastamento máximo de 15cm.

Caso haver atravessamento de CP em elementos estruturais, deve ficar garantida a sua independência através de dispositivos adequados, de modo que não haja solidarização de ambos os elementos.

### Regras para a traçado da rede (coletores prediais)

- O traçado dos CP deve ser retilíneo tanto em perfil como em planta.
- Em nenhum caso o CP se deve desenvolver abaixo dos elementos de fundação, em zonas inacessíveis ou embutidos em elementos estruturais.

Os CP sempre que possível, devem apresentar o traçado mais curto por questões económicas, mas tomando o devido cuidado de modo que não atravesse os elementos estruturais.

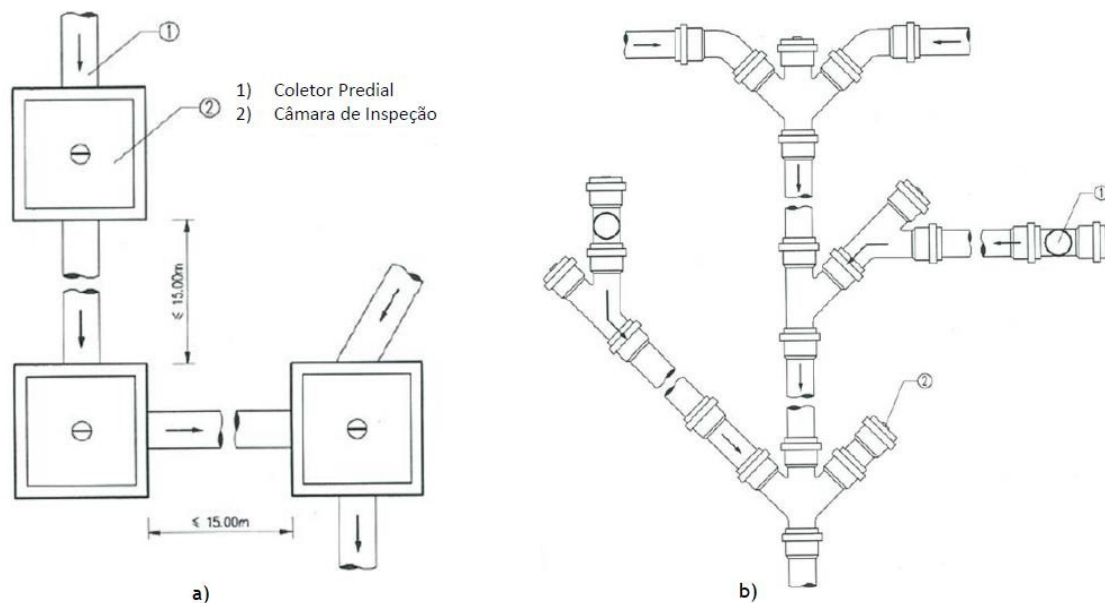


Figura 2.15 - a) Coletores prediais enterrados; b) coletores instalados a vista (adaptada de Pedroso,2016).

### Regras aplicáveis a ramais de ligação

- Os diâmetros mínimos admissíveis nos RL e de 125 mm, porém em alguns casos impõem diâmetros mínimos mais elevados;
- Os RL podem ser ligados a rede pública por inserção ou diretamente nos coletores públicos;
- Os ramais podem ser inseridos diretamente nos coletores públicos, nos casos em que estes tenham um diâmetro superior a 500mm, nestas condições a inserção deve ser feita num plano superior com diâmetro de dois terços (Figura 2.17).

### Regras para traçado da rede (ramais de ligação)

- O traçado dos RL em planta e em perfil devem ser retilíneos;
- Quando o ângulo for menor ou igual a  $67^{\circ}30'$ , no sentido do escoamento, a inserção dos RL nos coletores públicos, pode ser através de forquilhas.



Figura 2.16 - Inserção direta do ramal de ligação no coletor publico (adaptada de Pedroso,2016).

### 2.2.3. Critérios de dimensionamento hidráulico-sanitários

O dimensionamento hidráulico-sanitário destas redes implica o conhecimento de algumas regras de carácter técnico e regulamentar, metodologia de cálculo adequado, critérios físicos e hidráulico tais como diâmetro da tubagem, tensão de arrastamento, entre outros parâmetros.

#### Caudais de descarga

Os caudais mínimos de descarga a adotar para o dimensionamento das redes de drenagem são os que constam no Quadro 2.4.

Quadro 2.5 - Valores de caudais mínimos de descarga (Anexo XIV do Decreto Regulamentar N.º23/95).

Dispositivo	Caudal (L/min)	Diâmetro mínimo para o ramal de descarga (mm)
Bacia de retrete	90	90
Banheira	60	40
Bidé	30	40
Chuveiro	30	40
Lavatório	30	40
Máquina de lavar louça	60	50
Máquina de lavar roupa	60	50
Urinol espaldar	90	75
Urinol suspenso	60	50
Lava-louça	30	50
Tanque de água	60	50

- **Velocidade**

A velocidade do escoamento nas tubagens não deve ser inferior a 0,6 m/s, para águas residuais sem gorduras, e inferior a 1,2 m/s para águas residuais com teor de gorduras significativa (Pedroso,2016), podendo ser calculada pela Eq. (2.1). A velocidade máxima não deverá ser superior a 3 m/s.

- **Tensão de arrastamento**

A capacidade de autolimpeza das tubagens de águas residuais deve ser verificada, devido ao elevado teor de gorduras e matéria sólida que transportam, sendo utilizado o parâmetro de tensão de arrastamento (Eq. (2.10)). O valor da tensão de arrastamento deve ser superior a 2,45 N/m<sup>2</sup>.

$$\tau = \gamma \times R \times i \tag{2.10}$$

Onde:

$\tau$ : Tensão de arrastamento (N/m<sup>2</sup>);

$\gamma$ : Peso específico da água (N/m<sup>3</sup>);

$R$ : Raio hidráulico (m);

$i$ : Inclinação (m/m).

## 2.2.4. Cálculo

### Caudais de descarga

Para obter o caudal de cálculo é preciso ter em conta os caudais de descarga atribuídos aos dispositivos de utilização e o somatório destes caudais ao longo de cada trecho, que é denominado por caudal acumulado ( $Q_{acum}$ ). O caudal de cálculo ( $Q_c$ ) resulta do produto de  $Q_{acum}$  pelo coeficiente de simultaneidade ( $X$ ), dados pelas Eq. (2.3) e Eq. (2.4).

### Dimensionamento de ramais individuais e coletivos de descarga

Segundo Pedroso 2016, os RD individual podem ser dimensionados para um escoamento de secção cheia, nos casos de sistemas apenas com ventilação primária, desde que a distância entre o sifão e a secção ventilada não ultrapasse o valor máximo admissível. Caso contrário, será dimensionada para meia secção, que é o caso de RD não individuais.

Para o dimensionamento dos RD deve-se ter em conta os seguintes aspetos:

- Caudais de cálculo;
- Inclinação compreendidas entre 10 e 40 mm/m;
- Rugosidade do material;
- Risco de perda do fecho hídrico.

O diâmetro do RD individual é dimensionado considerando a secção cheia (Eq. (2.11)), enquanto para o ramal coletivo considera-se a meia secção Eq. (2.12)).

- **Escoamento a secção cheia;**

$$D = \frac{Q_c^{\frac{3}{8}}}{0,6459 \times k_s^{\frac{3}{8}} \times i^{\frac{3}{16}}} \quad (2.11)$$

- **Escoamento a meia secção.**

$$D = \frac{Q_c^{\frac{3}{8}}}{0,4980 \times k_s^{\frac{3}{8}} \times i^{\frac{3}{16}}} \quad (2.12)$$

Onde:

$D$ : Diâmetro interno da tubagem (m);

$Q_c$ : Caudal de cálculo ( $m^3/s$ );

$K_s$ : Coeficiente de rugosidade da tubagem do material ( $m^{\frac{1}{3}}/s$ );

$i$ : inclinação da tubagem ( $m/m$ );

### Dimensionamento de tubos de queda

O dimensionamento do TQ deve considerar a taxa de fluxo calculado com base nos caudais de descarga e na taxa de ocupação máxima de 1/3, se o sistema possuir uma ventilação secundária. Em sistemas sem ventilação secundária a taxa de ocupação varia entre 1/3 e 1/7, conforme apresentado no Quadro 2.5. Os diâmetros do TQ podem ser escolhidos baseados no Quadro 2.6.

Quadro 2.6 - Taxa de ocupação (t) do tubo de queda sem ventilação secundária (Pedroso,2016).

Diâmetro do TQ (mm)	Taxa de ocupação
D = 50	1/3
50 < D ≤ 75	1/4
75 < D ≤ 100	1/5
100 < D ≤ 125	1/6
D > 125	1/7

Quadro 2.7 - Dimensionamento do tubo de queda (Adaptada de Pedroso,2016).

DN (mm)	Dint (mm)	Caudais(L/mim)				
		Taxa de ocupação				
		1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
50	47	81	50	34	25	20
75	72	259	160	111	82	63
90	87	433	268	185	136	106
110	106,8	749	464	320	236	182
125	121,8	1055	653	450	332	257
140	136,8	1429	885	610	450	348
160	156,8	2039	1262	870	642	497
200	196,1	3704	2293	1581	1167	902
250	245,1	6728	4165	2872	2119	1639

### Dimensionamento de coletores prediais e ramais de ligação

O diâmetro dos CP não pode ser menor que os diâmetros dos trechos confluentes, sendo estabelecido pelo *Regulamento* 100 mm para o valor mínimo das tubagens, e a sua inclinação compreendida entre 1 e 4%. Para efetuar o escoamento nas tubagens, os CP e RL devem ser dimensionados para um escoamento a meia secção, utilizando a Eq. (2.12). Em alternativa, pode ser utilizado o Quadro 2.7.

A tensão de arrastamento e velocidade de escoamento podem ser verificados através das Eq. (2.10) e Eq. (2.1), podendo tomar-se o valor mínimo de 2,45 N/m<sup>2</sup> para a tensão de arrastamento e velocidades entre 0,6 m/s e 3 m/s.

Quadro 2.8 - Dimensionamento dos coletores prediais e ramais de ligação (Pedroso, 2016).

Diâmetro nominal(mm)	Diâmetro interior(mm)	Caudais (l/mim)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
110	106,1	276	390	478	522
125	121,8	389	550	673	777
140	136,8	527	745	912	1053
160	156,8	751	1063	1301	1503
200	196,1	1365	1931	2365	2730
250	245,1	2479	3506	4294	4959
315	308,8	4598	6503	7965	9197

## 2.3. Redes prediais de drenagem de águas pluviais

### 2.3.1. Características

As águas pluviais em áreas urbanizadas resultam essencialmente de precipitação atmosférica que cai nas coberturas dos edifícios ou nos pavimentos. O objetivo do sistema de drenagem de águas pluviais é concentrar e encaminhar as águas pluviais desde o ponto de formação até ao coletor da rede pública, envolvendo várias tubagens e acessórios como caleiras, TQ, CP e RL.

De acordo com o *Regulamento*, nos sistemas prediais de drenagem de águas pluviais é apenas permitido o lançamento de águas provenientes de:

- Precipitação;
- Rega de jardins, lavagem de arruamentos, pátios e parques de estacionamento;
- Circuitos de refrigeração e instalações de aquecimento;
- Piscinas e cisternas/depósitos de armazenamento de água;
- Drenagem do subsolo.

#### Principais tipos de drenagem pluvial

*Drenagem gravítica:* quando as águas pluviais escorrem ao nível superior do coletor público de drenagem, sendo a condução dessas águas feita apenas por ação da gravidade até ao coletor público conforme ilustrado na Figura 2.18.

*Drenagem com elevação:* sistema oposto ao anterior, ou seja, caracterizado por incluir um sistema mecânico para elevação das águas pluviais. Estas são recolhidas a um nível inferior ao do coletor público de drenagem, sendo depois bombadas até o nível mínimo do arruamento, evitando assim problemas de mau funcionamento dos fluxos, o que poderia causar problemas na edificação.

*Sistema misto de drenagem:* sistema que inclui drenagem gravítica e com elevação até ao coletor público de drenagem, conforme ilustrado na Figura 2.19.

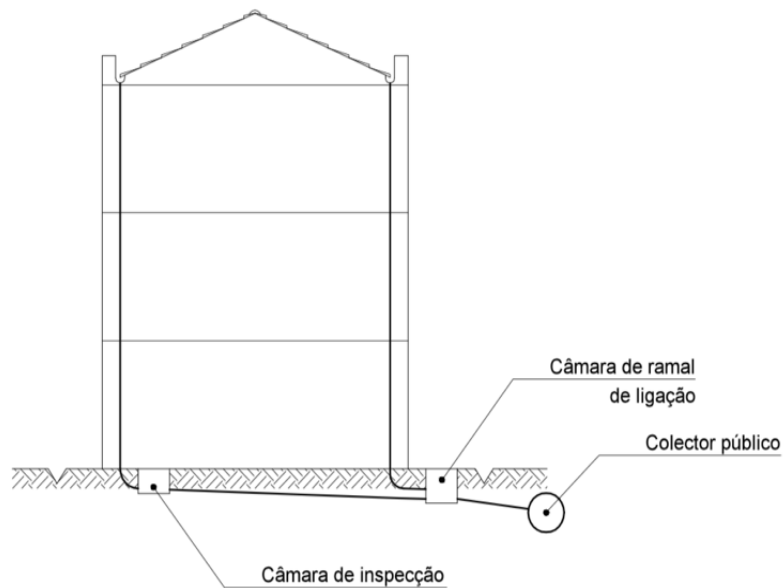


Figura 2.17 - Drenagem predial de águas residuais pluviais obtidos pela ação da gravidade, (Adaptada de Pedroso, 2016)

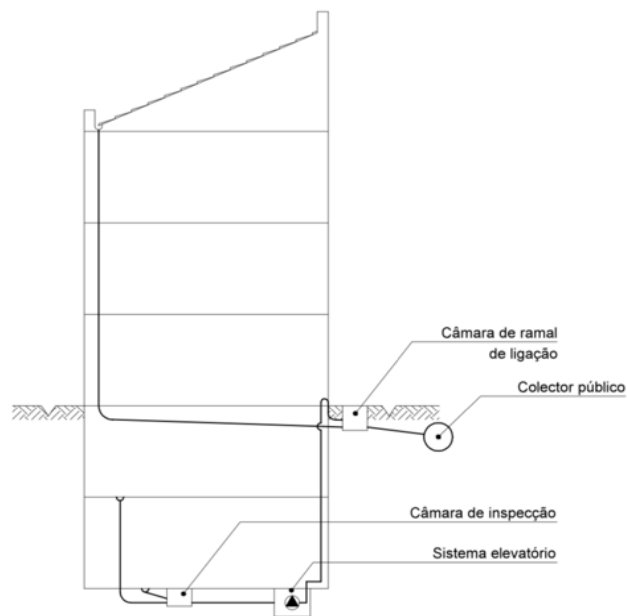


Figura 2.18 - Sistema misto de drenagem (Adaptada de Pedroso, 2016).

Principais elementos constituintes das redes prediais de águas pluviais:

*Caleiras e algerozes:* dispositivos de recolha com pequenas inclinações destinadas a conduzir águas pluviais para RD ou TQ.

*Ramais de descargas:* canalizações destinadas ao transporte das águas pluviais proveniente dos dispositivos de recolha até aos TQ ou CP.

*Tubos de queda*: canalização destinada a recolha e transporte de descargas proveniente dos RD até aos CP.

*Coletores prediais*: canalizações destinadas à recolha de águas provenientes de TQ ou de RL para as conduzir até ao ramal público.

*Colunas de ventilação*: canalizações destinadas a ventilar poços de bombagem compreendida entre a sua abertura para a atmosfera;

*Ramal de ligação*: canalização compreendida entre a camara do RL e o coletor publico destinadas no transporte das águas residuais da rede predial para a pública;

*Acessórios*: dispositivos necessários no sistema que permitem as operações de manutenção e retenção e garantia de habitabilidade dos espaços.

### **2.3.2. Instalação e traçado**

O traçado da rede deve ser constituído por trechos retos, com trajetórias verticais e horizontais, desde as coberturas e áreas pavimentadas até ao local de entrega na rede pública, ligados entre si por acessórios apropriados, que deverão apresentar uma ligeira inclinação, entre 0,5% e 4%, para facilitar a circulação do ar nas tubagens. A recolha, ao nível dos pavimentos, inclui grelhas e sumidouros.

### **2.3.3. Critérios de dimensionamento hidráulico-sanitários**

#### **Regras aplicáveis a ramais de descarga de acordo com o Regulamento**

- As ligações simultâneas de vários acessórios ao mesmo RD devera ser feita por meio de forquilhas ou caixas de reunião;
- A ligação dos RD aos TQ deverá ser feita por através de forquilhas e aos CP através das forquilhas ou câmaras de inspeção;
- Os RD podem ser instalados a vistas, embutidos, em galerias ou tetos falsos;
- A colocação dos RD não pode afetar a resistência mecânica dos elementos estruturais do edifício nem das canalizações.

Os RD deverão ser instalados a uma profundidade que permite suportar a transmissão de ruídos em zonas habitáveis.

#### **Regras para o traçado da (rede ramais de descarga)**

- O traçado das tubagens devera ser constituído por troços retilíneos, ligados entre si por caixas de reunião através de curvas de concordância;
- Os trechos verticais dos RD não podem exceder a altura de 2m.

Deve se reduzir a dimensão dos percursos a seguir esgoto sempre que possível, reduzindo assim os custos e o tempo de manutenção na canalização.

#### **Regras aplicáveis a tubos de queda de acordo com o *Regulamento***

- Os TQ de águas pluviais podem ser descarregados em CP, e em valetes de arruamento através de forquilhas ou câmaras de inspeção com curvas de concordância entre os trocos verticais e de fraca pendente.

A inserção dos TQ nos CP devera ser feita por meio de forquilhas ou câmaras de inspeção. A instalação dos TQ deverá ser a vista ou em galerias, de forma a facilitar o seu acesso, em nenhum caso deverá ser instalada em zonas de difícil acesso, ou embutidas em elementos estruturais.

No atravessamento de elementos estruturais devera garantir a sua ligação não rígida a estes elementos.

#### **Regras para o traçado da rede (tubos de queda)**

- O traçado do TQ, deve ser vertical, constituídos preferencialmente por um único alinhamento;
- Quando os TQ não se desenvolvem por um único alinhamento reto, a mudança de direção dos comprimentos dos troços não poderá ser superior a 10 vezes do diâmetro da tubagem;
- A concordância dos TQ e as tubagens de fraca pendente devera ser feita através de curvas de transição.

#### **Regras aplicáveis a coletores prediais de acordo com o *Regulamento***

- Quando as tubagens dos CP seguem enterrados, devem ser instaladas camaras de inspeção no seu início, nas mudanças de direção, de inclinação, de diâmetro e nas confluências;
- Quando os CP são instalados a vista ou em locais de fácil acesso as camaras de inspeção poderão ser substituídas pelas curvas de transição, forquilhas, reduções e bocas de limpeza, colocados em pontos que possibilitam operações de manutenção e limpeza;
- Os CP podem ser instalados à vista, enterrados, em caleiras, galerias ou tetos falsos.

No caso os CP atravessem elementos estruturais, deverá garantir a sua independência desses elementos, através de matérias que assegure que isso não se verifique.

### Regras para o traçado da rede (coletores prediais)

- O traçado dos CP deve ser constituído por troços retilíneos, em planta ou em perfil;
- O afastamento máximo entre camaras de inspeção ou bocas de limpezas devera ser de 15 m.

Em nenhum caso a tubagem deverá desenvolver sob elementos de fundações ou embutidas em elementos estruturais, em locais inacessíveis.

### Regras aplicáveis a ramais de ligação de acordo com o *Regulamento*

- Por inserção nas câmaras de visita o RL pode-se ligar direta ou indiretamente nos coletores à rede publica;
- Só é admissível a inserção direta nos coletores públicos quando possuem um diâmetro maior a 500mm, e com um nível superior a 2/3 do seu diâmetro;
- A inserção direta nos coletores públicos pode ser feita por meio de forquilhas, com um ângulo de incidência igual ou inferior a 60° 30' no sentido do escoamento sempre.

### Regras para o traçado da rede (ramais de ligação)

- O traçado do RL deve ser constituído por troços retilíneos tanto em planta como em perfil.

### 2.3.4. Cálculo

- Caudais de cálculo

De acordo com o Anexo IX do *Regulamento* caudais de cálculo podem ser obtidos expeditamente através de curvas intensidade, duração e frequência de precipitação, que fornecem os valores das medidas das intensidades máximas de precipitação para diferentes regiões pluviométricas (Figura 2.20), adaptados para um período mínimo de 5 anos e duração de precipitação de 5 minutos. A intensidade de precipitação, neste caso, é dada pela Eq. (2.13).

$$I = a \cdot t^b \quad (2.13)$$

Onde:

I: Intensidade de precipitação (mm/h);

t: Duração da precipitação (min);

a,b: Constantes dependentes do período de retorno, cujos valores são retirados do Quadro 2.8.

Quadro 2.9 - Valores dos parâmetros “a” e “b” (Anexo IX do Decreto Regulamentar N.º 23/95).

Período de retorno(ano)	Regiões pluviométrica					
	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562
10	290,68	-0,549	232,21	-0,549	348,82	-0,549
20	317,74	-0,538	254,19	-0,538	381,29	-0,538
50	349,54	-0,524	279,63	-0,524	419,45	-0,524
100	365,62	-0,508	292,50	-0,508	438,75	-0,508

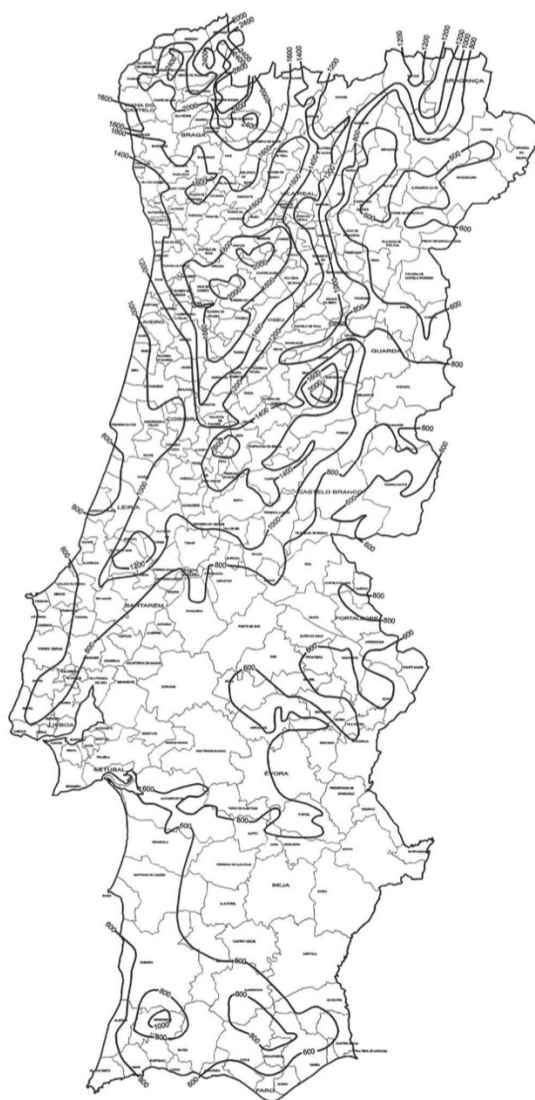


Figura 2.19 - Regiões pluviométricas (Anexo II- Especificação Técnica ANQIO, ETA 071 (2021).

O método mais preciso, e mais complexo, de calcular  $I$  é através dos dados de precipitação real, utilizando métodos estatísticos de triangulação a partir de dados de precipitação recolhidos em estações udométricas (p.e., o método dos polígonos de Thiessen ou método das

isoetas), como explicado em Lencastre e Franco (2003). A Especificação ETA 071 (2021) apresenta, no Anexo I, um Mapa da Pluviosidade média anual em Portugal.

O caudal de calculo pode ser estimado pela Eq. (2.14), conhecida como fórmula racional.

$$Q_c = C \cdot I \cdot A \quad (2.14)$$

Onde:

$Q_c$ : Caudal de cálculo ( $m^3/h$ );

$C$ : Coeficiente de escoamento;

$I$ : Intensidade de precipitação ( $m/h$ );

$A_d$ : Área de drenagem ( $m^2$ ).

No Quadro 2.9 são representados os valores que o coeficiente de escoamento  $C$  deve assumir em relação ao tipo de superfície para aplicação na fórmula racional (Eq. (2.14)). Quanto mais próximo da unidade for o valor de  $C$ , mais impermeável é a superfície e maior será o  $Q_c$ .

Quadro 2.10 - Valores para o coeficiente de escoamento para várias superfícies (Chow, 1964).

TIPO DE OCUPAÇÃO	COEFICIENTE C
<b>Zonas Verdes</b>	
Relvados em solos arenosos	0,05-0,20
Relvados em solos pesados	0,15-0,35
Parques e cemitérios	0,10-0,25
Campos desportivos	0,20-0,35
<b>Zonas Comerciais</b>	
Centro das cidades	0,70-0,95
periferias	0,50-0,70
<b>Zonas Residências</b>	
Vivendas no centro da cidade	0,30 - 0,50
Vivendas nas periferias	0,25 - 0,40
Prédios de concentrada	0,50 - 0,70
<b>Zonas Industriais</b>	
Indústria dispersa	0,50 - 0,80
Indústria concentrada	0,60 - 0,90
<b>Vias-Férreas</b>	0,20 - 0,40
<b>Ruas e Estradas</b>	
Asfaltadas	0,70 - 0,95
De betão	0,80 - 0,95
De tijolo	0,70 - 0,85
<b>Passeios</b>	0,75-0,85
<b>Telhados</b>	0,75-0,95
<b>Baldios</b>	0,10-0,30

#### Determinação de diâmetros

- Ramais de descarga

Os diâmetros dos RD podem ser calculados para escoamentos em secção cheia ou meia secção através das Eq. (2.11) e Eq. (2.12), respetivamente, arbitrando uma inclinação (i) entre 0,5% e 4%. O diâmetro mínimo admissível é de 40 mm, exceto na instalação de ralos de pinha, que é de 50 mm.

A tensão de arrastamento e velocidade de escoamento podem ser verificados através das Eq. (2.10) e Eq. (2.1), podendo tomar-se o valor mínimo de 2,45 N/m<sup>2</sup> para a tensão de arrastamento e velocidades entre 0,6 m/s e 3 m/s.

- **Caleiras ou algerozes**

A altura da lâmina líquida no interior das caleiras e algerozes não deve ultrapassar 70% da altura da sua secção transversal, ao menos que se tenha assegurado que não haja transbordo de água no interior do edifício. A inclinação recomendada é de 0,5% e 1% (Pedro, 2016). Os diâmetros podem ser estimados de acordo com os bacos e formulações apresentados em Paixão (1999).

- **Tubos de queda**

O diâmetro dos TQ não deve ser menor que o maior dos diâmetros dos RD, com um mínimo de 50 mm, sendo este diâmetro constante ao longo do seu desenvolvimento. O caudal escoado considera-se proveniente de vários RD, podendo ser de escoamento normal e acidental. Segundo Pedroso (2016), o escoamento é considerado normal quando o processo é feito em descarregador e acidental quando o processo é feito através de um orifício na situação em que  $L < 0,04D$  (m).

O diâmetro dos TQ é determinado a partir do caudal máximo drenado por RD, caleiras ou algerozes, admitindo-se uma altura da lâmina líquida (H) sobre a cobertura H que varia entre os 10 mm e os 100 mm (Eq. (2.15)). O diâmetro dos TQ deverá ser superior ao maior dos diâmetros que para ele confluem, nunca sendo inferior a 50 mm. A Eq. (2.15) é válida para comprimentos de TQ acima de 1 m.

$$Q = \left( \alpha + \beta \cdot \frac{H}{D} \right) \pi \cdot D \cdot H \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2.15)$$

Onde:

Q: Caudal escoado (m<sup>3</sup>/s);

H: Carga sobre o tubo de queda (m);

D: Diâmetro interior do tubo (m);

g: Aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>);

$\alpha = \begin{cases} 0,453 & \text{– entrada em aresta viva no tubo de queda;} \\ 0,578 & \text{– entrada cónica no tubo de queda;} \end{cases}$

$\beta = 0,350$ .

A determinação do caudal pelo escoamento acidental pode realizar-se através da Eq. (2.16).

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2.16)$$

Onde:

Q: Caudal escoado ( $m^3/s$ );

C: Coeficiente de escoamento (0,5);

S: Secção do tubo de queda ( $m^2$ );

H: Carga no tubo de queda (m);

g: Aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ).

- **Coletores prediais e ramais de ligação**

Os diâmetros dos CP e dos RL calculam-se para meia secção a partir da Eq. (2.12). Os diâmetros não devem ser menores que o maior dos diâmetros das tubagens que para ele confluem. Para os CP o diâmetro mínimo é de 100 mm, enquanto para os RL é de 125 mm.

A inclinação destes coletores deve variar entre 0,5% e 4%.

A tensão de arrastamento e velocidade de escoamento podem ser verificados através das Eq. (2.10) e Eq. (2.1), respetivamente, podendo tomar-se o valor mínimo de  $2,45 N/m^2$  para a tensão de arrastamento e a velocidades entre 0,6 m/s e 3 m/s.



## 3. Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios

### 3.1. Oportunidades para a reutilização de águas pluviais

As águas pluviais podem constituir uma origem de água alternativa para fins não potáveis (p.e., usos recreativos, recarga de aquíferos, usos urbanos não potáveis), e até potáveis, dependendo das suas características físicas, químicas e microbiológicas e do tratamento necessário para lhe dar a qualidade necessário para o uso.

A grande vantagem desta origem é poder contar com grandes volumes durante a precipitação em áreas urbanas, existir um sistema de drenagem implementado e apresentarem uma qualidade melhor que outras águas residuais (p.e. águas residuais domésticas ou águas cinzentas), o que implica um menor custo para o seu tratamento e armazenamento. A grande vantagem é que esta depende do regime de precipitação, sendo difícil de armazenar em meses de estiagem.

De acordo com Marecos do Monte e Albuquerque (2010), a reutilização de águas residuais tratadas para usos urbanos não potáveis deve considerar usos sem restrição e usos com restrição (Quadro 3.1 e Quadro 3.2). Nas aplicações de uso sem restrição pode considera-se a lavagem de pavimentos, passeios, vias, coletores e espaços e equipamentos de apoio à construção, o humedecimento do solo em obras de terra para o controlo de poeiras, a produção de materiais de construção (e.g., cimento e estuque), a rega de espaços verdes de acesso livre, as fontes e espelhos de água, os sistemas de ar condicionado e combate a incêndios. Nas aplicações de uso urbano com restrição de acesso e de contacto humano incluem-se a rega de espaços verdes de acesso condicionado, lavagem de veículos e recarga de autoclismos.

Assim, o sistema de reutilização de águas tem como objetivo reduzir o consumo de água potável da rede em fins não potáveis, contribuindo para o uso sustentável da água. Este sistema é constituído por um conjunto de equipamentos (p.e. cisterna de tratamento, sistemas de bombagem, remoção de poluentes e desinfecção e medidor de caudal e válvulas), tubagens e acessórios (p.e. tês, cruzetas e redutores de diâmetros), incluídos num sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP).

A utilização de águas pluviais em edifícios, apesar de ser uma origem de água sazonal, apresenta-se vantajosa até porque, em edifícios coletivos, o gasto de água é elevado como se pode observar no Quadro 3.3, em dados publicados no Brasil. Os volumes necessários variam de acordo com a utilização, nível de vida dos moradores, tempo de permanência das pessoas, ocupação permanente ou variável ao longo do dia, e número de horas de funcionamento, entre outros fatores.

Quadro 3.1 - Requisitos de qualidade de águas residuais tratadas a reutilizar para diversos usos urbanos (valores máximos admissíveis na água) (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Parâmetro	Uso não restrito		Uso restrito	
	lavagem pavimentos, passeios e vias	Rega de espaços verdes de acesso livre	Sanitários	Rega de espaços verdes de acesso condicionado
CBO <sub>5</sub> (mg/L)	10	10	45	45
Cloro residual (mg/L)	livre	0,1	0,1	0,1
	combinado	0,3	1	1
Coliformes fecais (UFC/100 mL)	Não detetável	Não detetável	Não detetável	100
Odor	Não detetável	Não detetável	Não detetável	Não detetável
pH	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
SST (mg/L)		20	45	45
Turvação	2	2	2	2
Tratamento mínimo necessário	Secundário, desinfecção	Secundário, terciário, desinfecção	Secundário desinfecção	Secundário, terciário

Quadro 3.2 - Requisitos de qualidade de águas residuais tratadas utilizadas em edifícios (descarga de autoclismos e água de serviço) e na lavagem de ruas (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Parâmetro	Unidade	Descarga de autoclismos	Lavagem de ruas
Coliformes totais	UFC/100 mL	0 – <100	Não detectável
Coliformes faceais	UFC/100 mL	<10	Não detectável
Pseudomonas aeruginosa	UFC/mL	<1	-
Turvação	UNT	2	2
CBO <sub>5</sub>	mg/L	< 5	10
OD	% saturação	>50	-
Cor	% transmitância UV (254 nm)	60	
Odor	-	Ausência de odor desagradável	
Cloro residual	mg/L	0,1-0,5	0,1 (livre) 0,4 (combinado)
pH	5,8-8,6	5,8-8,60	

**Quadro 3.3 - Consumos de água em alguns equipamentos coletivos no Brasil (Macintyre, 2010)**

<b>Tipo do prédio</b>	<b>Unidade</b>	<b>Consumo l/dia</b>
<b>1. Serviço doméstico</b>		
Apartamentos	Per capita	200
Apartamentos de luxo	Por dormitório por quarto de empregada	300 a 400 200
Residência de luxo	Per capita	300 a 400
Residência de medio valor	Per capita	150
Residências populares	Per capita	120 a 150
Alojamento provisórios de obra	Per capita	80
Apartamento de zelador		600 a 1.000
<b>2. Serviço público</b>		
Edifícios de escritório	Por ocupante efetivo	50 a 80
Escolas, internatos	Per capita	150
Escolas, externatos	Por aluno	50
Escolas, semi-internato	Por aluno	100
Hospitais e casas de saúde	Por leito	250
Hotéis com coz. E lavanderia	Por hospede	250 a 350
Hotéis sem coz. E lavanderia	Por hospede	120
Lavandarias	Por kg de roupa seca	30
Quarteis	Por soldado	150
Cavalariças	Por cavalo	100
Restaurantes	Por refeição	25
Mercados	Por m <sup>2</sup> de área	5
Garagens e postos de serviços para automóveis	Por automóvel por caminhão	150
Rega de jardins	Por m <sup>2</sup> de área	1,5
Cinemas, teatros	Por lugar	2
Igrejas	Por lugar	2
Ambulatórios	Per capita	25
Creches	Per capita	50
<b>3. Serviço Industrial</b>		
Fabricas (uso pessoal)	Por operário	70 a 80
Fabrica com restaurante	Por operário	100
Usinas de leite	Por litro de leite	5
Matadouros (grande porte)	Por animal	300
Matadouros (pequeno porte)	Por animal abatido	150

Na Figura 3.1 apresenta-se a distribuição percentual de consumo de água em vários dispositivos de edifício. A diminuição do consumo de água nas edificações passa por medidas como (APA, 2012): a redução do tempo de utilização de água em banhos, lavagem dos dentes e de partes do corpo; a utilização de aparelhos sanitários eficientes; o controle de pressão nas canalizações; e conhecer o nível de ineficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água.

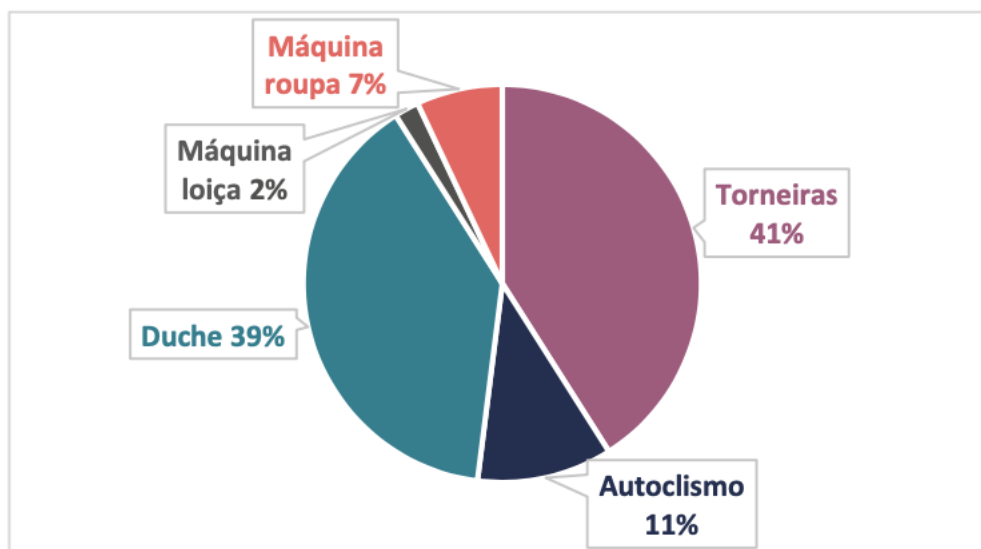


Figura 3.1 - Distribuição de consumos públicos por dispositivo (APA, 2012).

De acordo com Ferreira (2012), a utilização de sistemas de aproveitamento de águas da chuva pode reduzir o consumo de água potável até 25%, enquanto a utilização de dispositivos eficientes pode levar a reduções de até 43,5% do consumo de água potável. Em termos económicos, esta redução do consumo de água pode levar a poupanças de até cerca de 48%.

Schulze (2020) estudou a utilização de água pluvial para fins não potáveis, tendo analisado quatro cenários, com diferença no volume necessário para abastecer diferentes aparelhos sanitários. No cenário com maior necessidade de água, que incluía a reutilização de águas pluviais para alimentação de autoclismos, fluxómetros de mictórios, lavagem de pavimentos e usos nas máquinas industriais, obteve reduções de consumo de cerca de 78,1% com uma economia na fatura anual de água estimada em cerca de 4.500,00 €, considerando uma cisterna de armazenamento de 85 m<sup>3</sup>.

Andrade (2020) estudou o possível aproveitamento de águas pluviais para a recarga de autoclismos, utilizando áreas de captação diferentes: 1963,5 m<sup>2</sup> (cenário 2.1), 1495,0 m<sup>2</sup> (cenário 2.2) e 3458,5 m<sup>2</sup> (cenário 2.3). Conclui que, para o cenário 2.1, para uma cisterna de armazenamento de 70 m<sup>3</sup>, poderia poupar 21,84% de água, a que corresponderia uma redução na fatura anual de água de 4.205,14 €.

Um estudo sobre a viabilidade técnica e económica da reutilização de águas pluviais no edifício Residencial do Centro Social e Cultural de Santo Aleixo (CSCSA), em Unhais da Serra, foi realizado por Abrantes (2017), tendo proposto ainda soluções para a redução dos consumos de água potável nos dispositivos da rede. O estudo conclui que, o aproveitamento de águas pluviais para abastecimento de autoclismos com descarga simples, acarreta custos de investimento muito elevados relativamente à poupança obtida, tornando-a pouco viável para regiões do país em que os preços da água não sejam muito elevados.

As torneiras representam cerca de 16% do consumo de água nos edifícios (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017), sendo um dispositivo comum em habitações ou instalações coletivas. As torneiras temporizadas, em comparação com as clássicas, apesar de funcionarem por menos tempo, não garantem grande economia de água, pois utilizam sempre o caudal máximo. As torneiras de lavatório são ideais para utilização se tiverem um caudal de até 2 L/min, enquanto para as de cozinha esse valor aumenta para 4 L/min. Para os fluxómetros o volume ideal de descarga é de 2 a 4 litros.

Já os autoclismos consomem elevados caudais de água, com os clássicos a descarregarem 10 L por cada utilização, ao que se acrescenta uma média de fugas de 5% (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017). Os autoclismos de 6 L e os de dupla descarga 3/6 L, são as melhores opções para a redução de consumos de água. No caso das torneiras de chuveiros, recomenda-se a utilização de equipamentos com caudal inferior a 9,5 L/min com uma pressão de 345 kPa (APA, 2012).

## **3.2. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais**

### **3.2.1. Introdução**

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) têm como objetivo a recolha, tratamento e armazenamento de águas de chuvas e cinzentas, diminuído assim o consumo de água da rede pública, como representado na Figura 3.2.

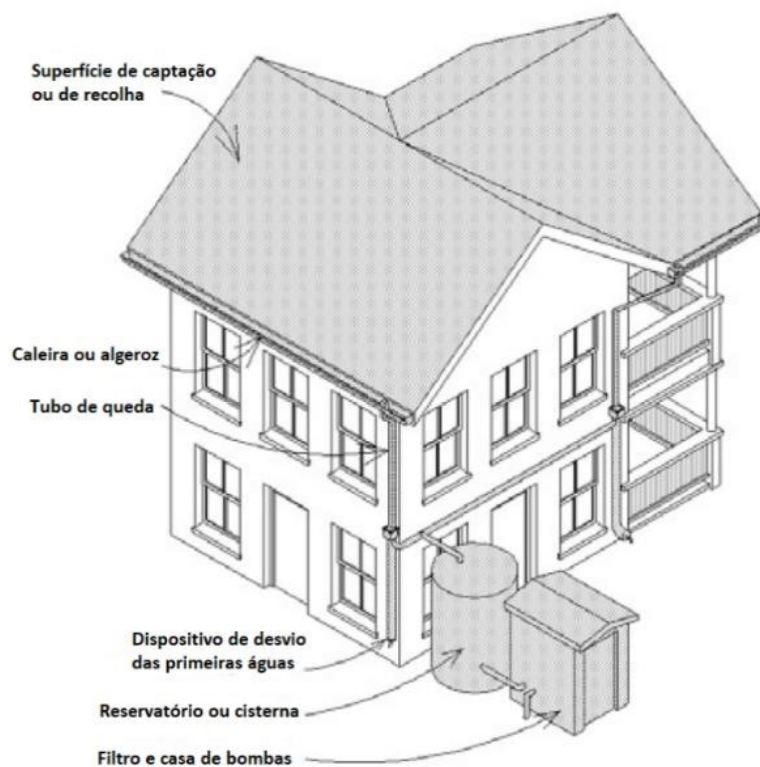


Figura 3.2 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em edifícios (Adaptada de TWDB, 2005).

Os SAAP incluem o sistema de recolha de águas pluviais, nas coberturas dos edifícios e/ou nos pavimentos, as tubagens e acessórios de transporte até ao ponto de tratamento e armazenamento e o sistema de distribuição de água pluvial tratada até aos pontos ou dispositivos de utilização.

### **3.2.2. Origem ou superfície de captação**

A captação de água das chuvas é feita normalmente em telhados, de preferências com coberturas de ferro galvanizado, telha cerâmica ou betão, e/ou em superfícies pavimentadas impermeáveis. As águas captadas nestes pontos são encaminhadas através de caleiras, RD, TQ, sargetas, sumidouros, CP e RL até à cisterna ou reservatório de tratamento (estrutura de tratamento).

Devem providenciar-se crivos ou redes para a retenção de folhas (Figura 3.3 e Figura 3.4), ramos e materiais sólidos, localizadas sobre a superfície das caleiras, sargetas, grelhas e sumidouros. Estas proteções devem ser limpas de forma regular, tanto para evitar uma diminuição da qualidade da água, como para evitar a colmatação dos mesmos pondo em causa a normal progressão da água no SAAP (Abrantes, 2017).



Figura 3.3 - Dispositivo de remoção de detritos (in [www.planfor.pt](http://www.planfor.pt))



Figura 3.4 - Filtro no tubo de queda, da marca Leaf Eater (Abrantes, 2017).

### ***3.2.3. Estruturas de tratamento e armazenamento***

O sistema de tratamento das águas pluviais depende normalmente da qualidade da água recolhida, que pode conter poeiras, folhas, ramos de árvore, dejetos de animais e outros materiais. Normalmente, a estrutura de tratamento (Figura 3.5) inclui:

- uma cisterna ou reservatório para armazenamento das águas pluviais;
- um filtro imediatamente a montante, para remoção de matéria sólida;
- um desengordurador para remoção de óleos e gorduras, que pode estar associado ao filtro;
- um dispositivo de by-pass para desviar as primeiras águas (first-flush) ou o volume excedente quando a cisterna estiver cheia;
- tubagem de entrada, normalmente de alimentação gravítica;
- tubagem de saída, normalmente de extração (sucção) mecânica associada a uma bomba;
- bomba para extração e elevação de água;
- regulador de nível;
- tubagem de emergência;
- entrada para ações de inspeção, reparação ou limpezas;
- tubagem ou orifício de ventilação;
- sistema de desinfecção associado à tubagem de saída.

Algumas cisternas são bicompartimentadas, sendo o primeiro compartimento destinada à decantação de matéria sólida que passou o filtro e o segundo compartimento destinado ao armazenamento de água. A câmara de decantação pode conter carvão ativado se houver suspeita de entrada de poluentes persistentes como metais pesados ou pesticidas. O sistema de desinfecção, normalmente inclui uma manga de UV para destruição da carga microbológica e garantir que a água tratada não seja contaminada durante o percurso de distribuição. Caso o pH da água seja superior a 8,5 ou inferior a 6,5, pode ser necessário ou conveniente efetuar a sua correção de pH com um reagente alcalinizando como o hidróxido de sódio (NaOH).

A cisterna é um elemento mais caro de um SAAP, variando o seu preço de acordo a sua dimensão, localização (enterrado ou à superfície), números de compartimentos e de acessório. Para um bom armazenamento de água, recomendam-se reservatórios opacos, de modo a evitar o desenvolvimento de microrganismos, de preferência com ventilação, para manobra das tubagens de entrada, saída e de emergência.

Existem no mercado uma grande variedade de cisternas, sendo os mais utilizados à base de PEAD, fibra de vidro ou ferro. Os reservatórios em plástico são de mais fácil implantação e manuseamento. No Quadro 3.4 são apresentadas as vantagens e desvantagens no aproveitamento de água pluvial relativamente a reservatório de superfície ou enterrados (Figura 3.6).



Figura 3.5 - Sistema de tratamento e armazenamento de águas pluviais (FazForte, 2021)

Quadro 3.4 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques (adaptada de Oliveira, 2008)

Reservatórios	Vantagens	Desvantagens
Superficiais	Permite a detecção de fugas	Ocupação da área útil exterior
	A água pode ser retirada por ação da gravidade ou através de uma torneira	É mais dispendioso
	Pode ser colocado acima do nível do solo de forma a aumentar a pressão da água	A radiação solar e o ar podem levar ao desenvolvimento de microrganismos
Enterrados ou semienterrados	O solo que envolve o reservatório possibilita uma melhor sustentação do mesmo, possibilitando uma menor espessura das paredes e dessa forma, que os custos sejam inferiores	A extração de água é mais complexa tendo que ser feita com recurso a bombas
	Maior dificuldade para esvaziar	As perdas/fugas são de difícil detenção
	Não está à vista, portanto, tem menor impacto visual	Possível contaminação da água devido às águas do solo ou inundações
	A água mantém-se fresca	A estrutura do reservatório pode ser danificada por raízes de árvores ou plantas
	Sem luz e sem calor a atividade biológica é reduzida.	É mais difícil esvaziar para limpeza

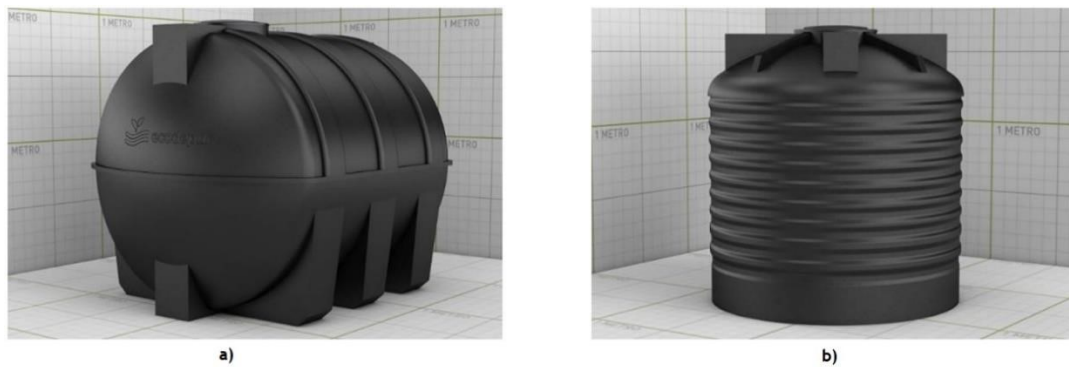


Figura 3.6 - Reservatórios em PEAD: (a) reservatório para instalação subterrânea; (b) reservatório de superfície (Ecodepur, 2021)

### **3.2.4. Sistema de distribuição de águas pluviais**

A rede de distribuição de águas pluviais tratadas pode ser traçada para funcionar de forma gravítica, por pressão (bombagem) ou mista, dependendo da localização do reservatório em relação aos pontos de alimentação.

A maioria dos sistemas de distribuição de águas pluviais tratadas utiliza escoamento em pressão diretamente da bomba de sucção até aos dispositivos e demais pontos de utilização. Pode ser vantajoso economicamente a colocação de um pequeno reservatório de cobertura, que recebe diariamente o volume de água a utilizar no edifício, e que faz a distribuição gravítica para os pontos de alimentação inferiores. Só um estudo técnico-económico pode dar informações sobre a vantagem desta solução.

O dimensionamento das redes de distribuição de águas pluviais tratadas segue os critérios e procedimentos referidos para as redes de abastecimento de água potável (ponto 2.1, p.27).

## **3.3. Conceção e dimensionamento de SAAP**

A conceção, dimensionamento, instalação e certificação de SAAP em Portugal obedecem às condições estabelecidas em duas especificações técnicas desenvolvidas pela Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), a ETA 0701 (2021) e a ETA 0702 (2021). Uma vez que este tipo de sistemas ainda não é muito aplicado em Portugal, estas especificações são um apoio importantíssimo ao desenvolvimento e dimensionamento dos SAAP.

### **3.3.1. Especificação Técnica 0701 (ETA 0701)**

A Especificação Técnica ETA 0701 (2021), válida até 31 de dezembro de 2026, estabelece critérios técnicos para a conceção, dimensionamento e implantação de SAAP em edifícios, para outros fins que não o consumo humano.

- **Referências legais e normativas**

De uma forma geral, a conceção, instalação e exploração dos SAAP deverão seguir normas, leis e regulamentações, nacionais e europeias, aplicáveis a estas instalações ou a qualquer dos seus componentes, assim como a ruído e vibrações. Relativamente aos projetos dos SAAP, a ETA 0701 (2021) estabelece no seu ponto 2.2. que *“Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) devem ser objeto de um projeto técnico, cuja elaboração deve respeitar, nas partes aplicáveis, as exigências da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho”*.

No ponto 2.3. esta especificação determina que *“Relativamente a 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”*.

- **Aspetos gerais da certificação dos SAAP**

No que diz respeito à conceção e instalação de SAAP, a ETA 0701 especifica que estas apenas deverão ser executadas por técnicos ou empresas com as devidas competências, recorrendo à aplicação de componentes normalizados. A acessibilidade para manutenção e controlo do sistema deverá ser garantida.

É importante salientar que a realização de SAAP em Portugal, de acordo com estas especificações técnicas não é obrigatória, contudo, é altamente recomendável, tanto por motivos de saúde pública como por questões técnicas, que os SAAP sejam realizados e certificados de acordo com as especificações técnicas da ANQIP.

- **Prescrições técnicas**

Pluviosidade de cálculo

No que diz respeito à pluviosidade da área de implantação do SAAP, deve recorrer-se a séries históricas oficiais correspondentes a períodos de tempo não inferiores a 10 anos. O dimensionamento do reservatório considera-se adequado quando executado com base nas pluviosidades médias mensais.

A especificação técnica estabelece ainda que *“Os valores das intensidades máximas deverão ser utilizados para cálculo da capacidade hidráulica da filtração. O cálculo destes valores pode ser feito recorrendo ao Anexo IX do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto. Os*

*períodos de retorno devem ser fixados tendo em atenção as condições locais, recomendando-se, nos casos habituais, o valor de 5 anos”.*

- **Desvio das primeiras águas**

A ETA 0701 recomenda a rejeição das primeiras águas captadas pelas chuvas em cada chuvada, cujo desvio do sistema se recomenda por razões de qualidade da água. Todas as primeiras águas recebidas terão de ser direcionadas a um dispositivo que faça o desvio do escoamento inicial (*first flush*) em todos os SAAP.

Para a determinação do volume das primeiras águas a desviar é necessário estimar a área da cobertura e definir uma altura de precipitação (que pode variar entre 0 mm a 8 mm), de acordo com as utilizações, condições locais e os intervalos entre as precipitações. No ponto 4.2.4. é dada a indicação de que *“Na ausência de dados ou de estudos das condições locais, recomenda-se que seja feito o desvio de um volume mínimo correspondente a 2 mm de precipitação, podendo obter um valor inferior em casos justificados”*. O volume a desviar pode ser determinado pela Eq. (3.1).

$$V_d = P \times A \quad (3.1)$$

Onde:

$V_d$ : Volume a desviar do sistema (L);

$P$ : Altura de precipitação a desviar (mm);

$A_c$ : Área de captação (m<sup>2</sup>).

Se o desvio de água for feito de forma automática, pode ser definida pelo critério do tempo, desviando um volume mínimo correspondente a 10 minutos de precipitação, podendo adotar-se valores mais baixos em função do intervalo entre precipitações.

Volume de água a aproveitar

Para o cálculo do volume de água anual a aproveitar pode ser utilizada a Eq. (3.2).

$$V_a = C \times P \times A \times \eta_f \quad (3.2)$$

Onde

$V_a$ : Volume anual de água da chuva aproveitável (L);

C: Coeficiente de escoamento (relação entre o volume captado e o volume total de precipitação num determinado período de tempo, e o volume total precipitado nesse período);

P: Altura de precipitação acumulada no período considerado (mm);

$A_c$ : Área de captação ( $m^2$ );

$\eta_f$ : Eficiência hidráulica da filtragem. Em filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica ( $\eta_f$ ) de 0,9, a menos que as suas características recomendem a adoção de outro valor.

O coeficiente de escoamento varia de acordo a tipo de cobertura e assume diferentes valores com base as pluviosidades médias mensais ou anuais (Quadro 3.5).

No Quadro 3.6 apresentam-se, a título indicativo, valores de consumos por tipo de dispositivo ou utilização, que podem ser considerados no dimensionamento dos SAAP.

Quadro 3.5 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento (C) (ETA 0701, 2021)

Tipo de cobertura	Valor de C a considerar quando o dimensionamento da cisterna seja feito com base nas pluviosidades médias mensais	Valor médio de C a considerar para a pluviosidade anual
Coberturas inclinadas impermeáveis e lisas (telha cerâmica, chapa metálica, etc.)	0,90	0,90
Coberturas inclinadas impermeáveis e rugosas (telas de betão, etc.)	0,80	0,80
Coberturas planas sem inertes de proteção	0,80	0,80
Coberturas planas com inertes de proteção (areão, godo. etc.)	0,70	0,70
Coberturas verdes intensivas, sem rega (espessura e > 150 mm)	De acordo com as características da cobertura e estudo experimental	0,30
Coberturas verdes extensivas, sem rega (espessura e ≤ 150 mm)	De acordo com as características da cobertura e estudo experimental	0,50

- **Filtros e reservatórios**

A ETA 0701, no ponto 4.4.1, refere que os reservatórios devem ser constituídos por materiais que assegurem as necessárias condições estruturais, devendo ser não porosos e não devem alterar a qualidade da água.

Os cantos de reservatórios devem ser arredondados para facilitar a manutenção evitando zonas de estagnação e desenvolvimento de biofilmes. Deverá ser coberta, ventilada e permitir a inspeção, respeitando todas as normas de segurança.

Deverá ser colocado um dispositivo que reduza a turbulência e que diminua a velocidade de entrada da água no reservatório. A aspiração de bombagem deverá ser efetuada entre os 10 e os 15 cm abaixo da superfície da água, de forma que evite o levantamento de impurezas depositadas no fundo do mesmo.

A ETA 0701, no ponto 4.4.9., indica que deverá ser instalado um sistema de corte no início do sistema, de modo que quando sejam utilizados ou derramados produtos potencialmente nocivos para a saúde humana na área de captação do reservatório, o sistema pode ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos no reservatório.

Quadro 3.6 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização (ETA 0701, 2021)

Dispositivo ou utilização		Consumo unitário	Consumo anual estimado	
Autoclismos (categoria "A") <sup>1</sup> em residências		24 l/(pessoa.dia)	8800 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") <sup>1</sup> em edifícios de serviços (escritórios, etc.)		12 l/(pessoa.dia)	4400 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") <sup>1</sup> em edifícios escolares		6 l/(pessoa.dia)	2200 l/pessoa	
Lavagem de roupa (máquina de categoria "A") <sup>2</sup>		10 l/(pessoa.dia)	3700 l/pessoa	
Limpezas gerais	Lavagem de pavimentos	5 l/m <sup>2</sup>	1000 l/pessoa <sup>3</sup>	
	Lavagem de automóveis (self-service)	50 l/automóvel		
Regas de zonas verdes (valores para anos médios) <sup>4</sup>	Valores totais (em 6 meses) -Abril a Set.-	Relvados <sup>5</sup>	450 a 800 lm <sup>2</sup>	
		Jardins <sup>6</sup>	60 a 400 lm <sup>2</sup>	
		Campos de golfe <sup>7,8</sup>	200 a 450 lm <sup>2</sup>	
	Valores máximos (por dia) - no Verão -	Relvados <sup>5</sup>	5 a 7 l/m <sup>2</sup>	-
		Jardins <sup>6</sup>	1,5 a 5 l/m <sup>2</sup>	-
		Campos de golfe <sup>7,8</sup>	2 a 4,5 l/m <sup>2</sup>	-

<sup>1</sup> Autoclismo de 6 litros com dupla descarga.

<sup>2</sup> Máquina com consumo de 9 a 12 litros por kg.

<sup>3</sup> Trata-se de uma estimativa grosseira para residências, pois o global pode variar de forma muito significativa.

<sup>4</sup> Considera-se que, em Portugal, a rega de espaços verdes deve ser considerada como uma utilização temporalmente limitada nos SAAP, dado que as maiores necessidades de rega surgem nos períodos de estiagem mais prolongados. Por este motivo, entende-se que não há interesse em considerar valores totais superiores aos indicados como estimativas médias semestrais. Deve ainda salientar-se a tendência actual para a realização de jardins sem necessidade de rega.

<sup>5</sup> Função do tipo de relva, do tipo de solo e da zona do país.

<sup>6</sup> Função do tipo de culturas, do tipo de solo e da zona do país (considerando um misto de relvados e zonas arbustivas).

<sup>7</sup> Valor médio, ponderando as áreas destinadas a greens e tees, a farways e *surronds*, a *roughs* e *semi-roughs* e a zonas de enquadramento.

<sup>8</sup> Função do tipo de solo e da zona do país.

- **Dimensionamento de reservatórios**

No dimensionamento de um reservatório deve ter-se em atenção o volume morto e a profundidade da boca de captação, devem ser dimensionados de acordo com critérios económicos, técnicos e ambientais, pelo que se recomenda um volume total ( $V_t$ ) que seja, no mínimo, 20% do volume útil ( $V_u$ ). Para efeitos de dimensionamento, devem ser considerados período de reserva da água no reservatório entre 20 e 30 dias, admitindo que esta retenção possa ser prolongada até um máximo de 90 dias, desde que as condições de armazenamento sejam adequadas.

A ETA 0701 (2021) refere-se que em edifícios de pequena ou média dimensão, com uma estrutura de consumos relativamente uniforme ao longo do tempo, o reservatório pode ser pré- dimensionado através de métodos simplificados, como apresentado nas Eq. (3.2) a Eq. (3.5).

$$V = \text{Min}\{V_1 \text{ ou } V_2\} \quad (3.3)$$

$$V_1 = 0,0015 \times P \times A \times N \quad (3.4)$$

$$V_2 = 0,003 \times U \times C_{AE} \times N \quad (3.5)$$

onde:

$V_1, V_2$ : Volume aproveitável (L);

P: Pluviosidade média anual no local da instalação (mm);

A: Área de captação (m<sup>2</sup>);

N: Número máximo de dias de retenção da água na cisterna;

V: Volume consumido (L);

U: Número de moradores ou utentes do edifício;

$C_{AE}$ : Consumo anual estimado (L).

A precipitação poderá ser consultada no Anexo 2 da ETA 0701 (2021) ou determinada por métodos estatísticos a partir de registos em estações udométricas. Em relação ao N, poderá considerar-se, em geral, 20 a 30 dias, podendo o valor subir, até 90 dias, quando existir uma utilização significativa de água para rega.

É recomendado a aplicação de métodos mais complexos quando se pretende determinar o volume do reservatório em estruturas de consumos não uniformes e quando se pretende verificar o funcionamento e necessidades de suprimento de um reservatório pré-dimensionado por métodos simplificados ou quando se pretende otimizar o volume do reservatório. Em geral, esses são métodos tradicionais de otimização de volumes de reservatórios, através de diferenças mensais (ou diárias), exigindo em pormenor o conhecimento do diagrama de consumos e das precipitações locais.

- **Rede de distribuição**

O dimensionamento da rede de abastecimento, ou distribuição, de água pluvial tratada deve seguir os critérios e recomendações utilizados no dimensionamento das redes de abastecimentos de água potável (ponto 2.1).

As redes de águas não potáveis, incluídos elementos acessórios, devem ser claramente diferenciadas das redes de água potável, fazendo uso de fita adesiva colorida ou da cor púrpura, preferencialmente com texto “Água da chuva”, “Água não potável” ou outros equivalentes.

As instalações de bombagem no exterior dos reservatórios devem respeitar os níveis de ruído estabelecidos por lei, protegidas das ações do tempo, em local ventilado, e fáceis de remover de modo a permitir as operações de manutenção. A manutenção destes sistemas deve ser realizada por técnicos especializados de acordo com as especificações técnicas do produto.

É recomendado que o SAAP seja dotado de um sistema suplementar de abastecimento de água, de modo que o seu funcionamento contínuo seja garantido as utilizações previstas mesmo com défice de precipitação. O suprimento de água deverá ser realizado sem a interrupção de abastecimento da rede não potável, e se o suprimento for realizado à cisterna, deverá se garantir a impossibilidade de conexões cruzadas.

- **Inspeção e manutenção**

As inspeções podem ser realizadas pelos utilizadores, porém a manutenção de órgãos de bombagem e de tratamento deve ser feita por técnicos especializados. A especificação técnica refere que a manutenção da SAAP deve realizar-se em períodos mais curtos, de acordo com as frequências mínimas indicadas no Quadro 3.7. É preferível que as operações semestrais de manutenção serem realizadas no início e no final da época das chuvas.

Quadro 3.7 - Frequência de manutenção dos componentes dos SAAP (ETA 0701, 2021)

Componentes	Frequência de manutenção
Filtros	Inspeção e limpeza semestrais
Sistema de desvio <i>first flush</i>	Inspeção semestral e limpeza anual (se automático) ou semestral (se manual)
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Órgãos de tratamento /desinfecção	Inspeção mensal e manutenção anual
Sistema de bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Reservatório	Inspeção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidades de Controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual



## 4. Proposta para o Reaproveitamento de Águas Pluviais na Residência Sénior Senhora do Carmo (Covilhã)

### 4.1. Descrição e localização do equipamento

A residência sénior Senhora do Carmo está localizada na Vila do Teixoso, concelho da Covilhã, tendo sido construída com objetivo de alojar população sénior e tem atualmente 35 residentes e 25 trabalhadores (aproximadamente 65 pessoas, contando com cinco pessoas de visita curta). É um espaço que visa proporcionar boa qualidade de vida aos idosos residentes, incluindo atividades físicas e de reabilitação, de animação socio cultural, e de estímulo permanentemente ao equilíbrio mental, físico e afetivo.

O edifício atual é constituído por dois blocos interligados com três pisos (cave ( piso -1), piso térreo (piso 0) e primeiro piso (piso 1), como apresentado na Figura 4.1. A cave é composta por uma lavandaria, uma engomaria, uma capela, uma sala de jacuzzi, um ginásio, uma garagem e zona técnica de esgoto. O piso térreo é constituído por nove suites de quartos duplos e duas suites de quartos individuais, seis instalações sanitárias, uma copa suja e rouparia, um arrumo, um refeitório, uma receção, duas salas de estar, uma copa, uma sala de reuniões, um gabinete da direção, dois gabinetes de saúde e uma sala polivalente. O primeiro piso inclui nove suites de quartos duplos e duas suites de quartos individuais, um vestuário seis instalações sanitárias, uma copa suja e rouparia, um arrumo, um refeitório, uma receção, uma salas de estar e copa, uma sala pessoal, um refeitório, uma cozinha, uma zona de lavagem de louça, frio e de lixo, uma dispensa e um economato.

Atualmente, está em construção uma ampliação da residência, constituída por dois novos blocos, que se interligarão com os existentes, como apresentado na Figura 4.2. O espaço exterior é constituído por áreas pavimentada, de espaços verdes e de terra (Figura 4.1 à Figura 4.6).

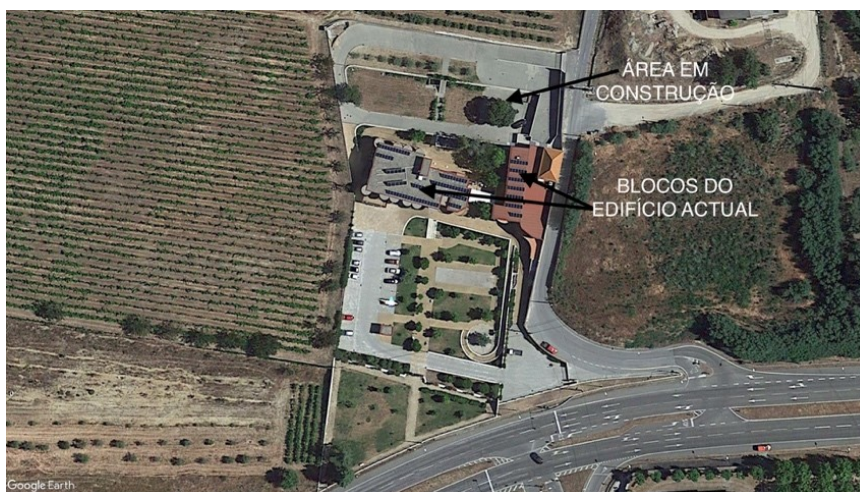


Figura 4.1 - Vista área da residência sénior Senhora do Carmo (Google Earth, 2021)

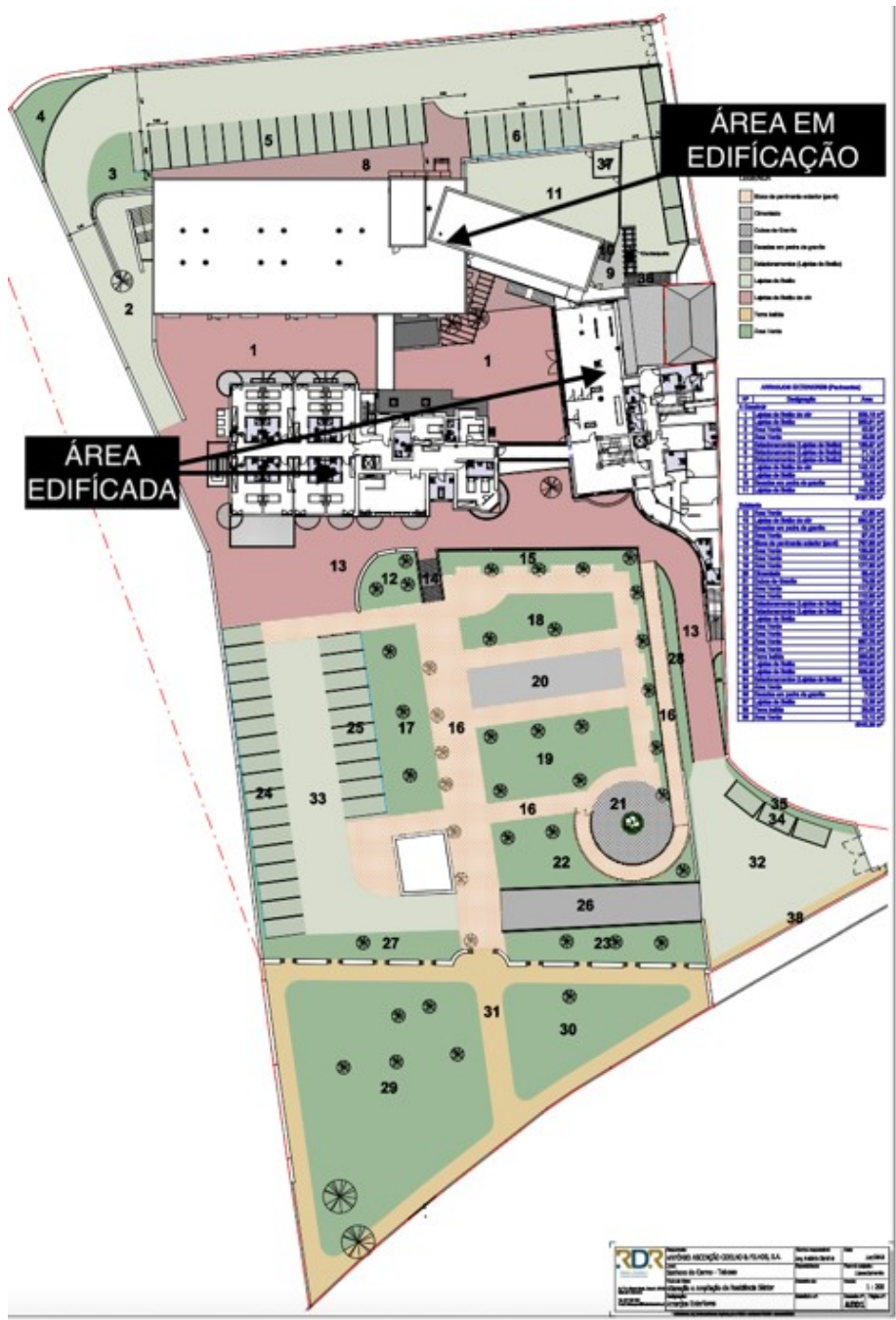


Figura 4.2 - Planta da área edificada e em edificação, (figura fornecida pela empresa António Ascensão Coelho & Filhos AS, gestora do equipamento)



Figura 4.3 - Vista exterior dos dois blocos existentes e interligados, espaços verdes e pavimentos.



Figura 4.4 - Vista frontal, espaços verdes e pavimentos (foto tirada na visita do local em estudo).



Figura 4.5 - Vista exterior, área de terra batida (foto tirada na visita do local em estudo).



Figura 4.6 - Área em construção (foto tirada na visita do local em estudo).

No Quadro 4.1 apresentam-se as áreas associadas à residência sénior Senhora do Carmo, que perfaz um total de 10.031,81 m<sup>2</sup>, sendo 8.097,15 m<sup>2</sup> de área exterior e 1.037,26 m<sup>2</sup> de área edificada e 897,40 m<sup>2</sup> em edificação.

Quadro 4.1 - Áreas associadas a cada espaço da residência

Tipo de espaço	Área (m <sup>2</sup> )
Área edificada	1.037,26
Área em edificação	897,40
Área de espaços verdes	1.956,29
Área pavimentada	5.711,92
Área de terra batida	428,94

A proposta de medidas para a redução de consumos de água potável na rede de águas do equipamento, teve as seguintes fases:

- 1) Substituição de dispositivos de utilização ou acessórios da rede predial de abastecimento de água;
- 2) Quantificação do volume de águas pluviais produzidos na cobertura dos edifícios (recolhido por caleiras e CP) e nas áreas exteriores pavimentadas (recolhido por sumidouros e CP);
- 3) Dimensionamento de uma unidade de tratamento e armazenamento para águas pluviais;
- 4) Dimensionamento de uma rede de distribuição de águas pluviais tratadas (reutilização de águas pluviais).

## **4.2. Proposta de substituição de dispositivos de utilização ou acessórios da rede predial de abastecimento de água**

### **4.2.1. Descrição da rede predial de abastecimento de água**

A rede predial de abastecimento de água compreende trechos que estão já a funcionar (nos blocos construídos) e trechos que irão funcionar no futuro (nos blocos em construção), como apresentado nas plantas que constam do Anexo I (Figura I.1 a Figura I.5), fornecidas pelo proprietário. A partir destas cinco plantas foram reproduzidas duas novas plantas, para os pisos 0 e 1, que agregam a informação de ambas as redes (construída e em construção), tendo sido utilizado o software Autocad 2021, que se apresentam nas Figura I.6 e Figura I.7 do Anexo I.

A rede agregada da totalidade dos edifícios é constituída por 207 dispositivos (15 no piso -1, 82 no piso 0 e 110 no piso 1), associados a 271 trechos (31 no piso -1, 121 no piso 0 e 119 no piso 1), como apresentado no Quadro 4.2. Em relação aos 74 autoclismos, todos são de descarga simples, com reservatório de 10 L. Relativamente às torneiras, todas são misturadoras de monocomando convencionais.

**Quadro 4.2 - Dispositivos na rede predial de abastecimento de água**

Piso	Autoclismos de descarga simples	Urinóis de torneira	Torneiras convencionais <sup>(1)</sup>	Chuveiros	Outros <sup>(2)</sup>
-1	3	0	12	2	1
0	34	8	40	12	-
1	37	2	71	27	-

<sup>1)</sup> Torneiras em lavatórios, bidés, banheiras, chuveiros, máquinas de lavar loiça, máquinas de lavar roupa, lava-loiças e jacuzzi.

<sup>2)</sup> Jacuzzi

Das 123 torneiras identificadas, 62 torneiras são de lavatórios (Lv), 2 são de bidés (Bd), 3 são de banheiras (Ba), 41 são de chuveiros (Ch), 4 são de máquinas de lavar loiça (Ml), 3 são de máquinas de lavar roupa (Mr), 7 são lava-loiças (Ll) e 1 é da Jacuzzi, distribuídas pelos três pisos.

Não se identificaram torneiras temporizadas, urinóis de descarga automática ou autoclismos de descarga dupla.

A partir deste procedimento, trabalhou-se apenas com as seguintes plantas da rede de distribuição de água: Figura I.1 (rede do piso -1), Figura I.6 (rede do piso 0) e Figura I.7 (rede do piso 1). Realizou-se um levantamento dos trechos e dos diâmetros instalados ou projetados, que são apresentados nos Quadro 4.3, Quadro 4.4 e Quadro 4.5, para os pisos -1, 0 e 1, respetivamente. No Quadro 4.3 apresenta-se o diâmetro que já existe, enquanto nos Quadro 4.4 e Quadro 4.5 se apresentam os diâmetros já instalados e a instalar, uma vez que as duas plantas dos pisos 0 e 1 foram fundidas com as redes existente e em construção. O material utilizado nos edifícios é de PP PN20, sendo os DN e Dint os que constam no Quadro 2.2.

Quadro 4.3 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso -1 (corresponde à planta da Figura I.1, Anexo I)

Trechos	Comprimento do trecho, L (m)	Diâmetro instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
51----52	2,21	63,0	42,0
52---Lv42	1,48	25,0	16,6
Lv42---Jacuzzi	2,17	25,0	16,6
52---Br43	0,78	63,0	42,0
Br43---Ch17	1,7	25,0	16,6
Ch17---Lv43	1,44	25,0	16,6
Ch17---Ch18	2,02	63,0	42,0
Ch18---Lv44	1,44	63,0	42,0
Ch18---53	3,64	63,0	42,0
53---54	0,48	63,0	42,0
54---56	1,33	40,0	26,6
56---57a	1,48	25,0	16,6
57a---58a	0,94	32,0	21,2
58a---59a	3,05	25,0	16,6
59a---Lv45	3,15	20,0	13,2
Lv45---Lv46	1,85	20,0	13,2
Lv46---Lv47	1,25	20,0	13,2
58a---62	5,08	25,0	16,6
54---Ml2	2,83	25,0	16,6
Ml2---Ml3	0,78	25,0	16,6
Ml3---Ml4	1,33	25,0	16,6
Ml4---55	3,44	16,0	10,6
55---Lla	12,9	16,0	10,6
53---57	1,45	40,0	26,6
57---58	0,68	40,0	26,6
58--59	1,46	32,0	21,2
59---60	6,9	32,0	21,2
60---61	0,85	32,0	21,2
47---Br44	3,98	25,0	16,6
Br44---Br45	0,36	25,0	16,6
Br45---Lv48	3,18	25,0	16,6

Nota: os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobem do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalado a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.4 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 0 (corresponde à planta da Figura I.6, Anexo I)

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
Entrada-1	1,00	63,0	42,0
1---2	5,70	63,0	42,0
2---3	0,80	32,0	21,2
3---4	0,20	32,0	21,2
4---Lv2	0,70	25,0	16,6
Lv2---lv1	0,70	25,0	16,6
4---Br3	2,40	25,0	16,6
Br3---Br2	6,00	25,0	16,6
Br2---Br1	6,00	25,0	16,6
3---5	4,00	25,0	16,6
5---6	0,40	25,0	16,6
6---Br6	2,40	25,0	16,6
Br6---Br5	0,60	25,0	16,6
Br5---Br4	0,6	25,0	16,6
Br4---Mi2	1,80	25,0	16,6
Mi2---Mi1	0,40	25,0	16,6
6---Lv4	0,40	25,0	16,6
Lv4---Lv3	0,60	25,0	16,6
5---7	0,80	25,0	16,6
7---Br7	0,80	32,0	21,6
7---Lv5	2,00	32,0	21,6
2---12	3,00	63,0	42,0
12---Lv6	4,50	20,0	13,2
Lv6---13	2,22	16,0	10,6
13---Br8	1,00	16,0	10,6
12---14	2,50	63,0	42,0
14---15	5,80	50,0	33,3
15---V11	0,20	50,0	33,3
15---16	1,10	50,0	33,3
16---Ll1	2,10	20,0	13,2
16---17	1,40	40,0	26,6
17---V23	5,30	25,0	16,6
17---18	2,80	40,0	26,6
18---V9	1,70	25,0	16,6
18---V10	0,25	25,0	16,6
18---19	4,20	40,0	26,6
19---V7	0,20	25,0	16,6
19---V8	1,90	25,0	16,6

Quadro 4.4 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 0 (corresponde à planta da Figura I.6, Anexo I) - continuação

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
19---20	5,80	40,0	26,6
20---V5	1,70	25,0	16,6
20---V6	0,20	25,0	16,6
20---21	4,26	32,0	21,2
21---V2	1,70	25,0	16,6
21---V19	0,20	25,0	16,6
21---22	0,20	32,0	21,2
22---V1	0,20	25,0	16,6
22---V3	1,70	25,0	16,6
14---23	6,35	50,0	33,3
23---V25	1,35	25,0	16,6
23---24	7,90	50,0	33,3
24---V27	0,70	25,0	16,6
1---45	31,34	32,0	21,2
1---46	1,58	63,0	42,0
46---47	12,17	25,0	16,6
46---48	57,52	25,0	16,6
48---65	11,86	25,0	16,6
65-lv70	0,95	20,0	13,2
Lv70---Br67	1,17	20,0	13,3
Br67---Ch32	0,91	20,0	13,3
48---71	3,71	20,0	13,3
71---Bd2	0,99	20,0	13,3
Bd2---Br68	0,94	20,0	13,3
Br68---Lv71	12,00	20,0	13,3
71---Br69	3,89	20,0	13,3
Br69---Mi11	3,00	20,0	13,3
Mi11---Mi12	0,40	20,0	13,3
Mi12---Lv72	2,64	20,0	13,3
46--49	1,57	25,0	16,6
49---51	15,00	25,0	50
49---72	1,50	25,0	16,6
72---73	4,20	25,0	16,6
73---Br70	0,80	40,0	26,6
73---Lv73	0,60	25,0	16,6
Lv73---Ch33	1,30	25,0	16,6
73---74	2,06	25,0	16,6
74---Br71	2,22	25,0	16,6

Quadro 4.4 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 0 (corresponde à planta da Figura I.6, Anexo I) - continuação

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
Br71---Lv74	2,87	25,0	16,6
Lv74---Ch34	1,26	25,0	16,6
74---74a	5,58	32,0	21,1
74a---Br72	1,20	25,0	16,6
74a---Ch35	2,50	25,0	16,6
Ch35---Lv75	2,21	25,0	16,6
Lv75---Ml5	3,60	25,0	16,6
Ml5---Ll20	0,77	25,0	16,6
72---50	16,00	25,0	16,6
50---Ba3	0,5	25,0	16,6
Ba3---Lv82	2,600	25,0	16,6
50---Br81	2,60	25,0	16,6
57---Br74	1,43	25,0	16,6
Br74---Lv77	1,36	25,0	16,6
Lv77---Ch37	1,43	25,0	16,6
62---Br73	1,12	25,0	16,6
Br73---Lv76	1,36	25,0	16,6
Lv76---Ch36	1,43	25,0	16,6
56---Br76	1,12	25,0	16,6
Br76---Lv79	1,36	25,0	16,6
Lv79---Ch39	1,43	25,0	16,6
59a---Br75	1,12	25,0	16,6
Br75---Lv78	1,36	25,0	16,6
Lv78---Ch38	1,43	25,0	16,6
59---Br77	1,12	25,0	16,6
Br77---Br78	3,90	25,0	16,6
Br77---Lv80	1,36	25,0	16,6
Lv80---Ch40	1,43	25,0	16,6
Br78---Lv81	1,36	25,0	16,6
Lv81---Ch41	1,43	25,0	16,6
60---Br80	1,12	25,0	16,6
Br80---Br79	2,04	25,0	16,6
Br80---Lv83	1,36	25,0	16,6
Lv83---Ch43	1,43	25,0	16,6
Br79---Lv82	1,36	25,0	16,6
Lv82---Ch42	1,43	25,0	16,6
57a---Ll12	2,18	25,0	16,6
63---Br66	1,00	25,0	16,6

Quadro 4.4 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 0 (corresponde à planta da Figura I.6, Anexo I) - continuação

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
Br66---Lv69	2,42	25,0	16,6
64---Lv68	1,98	25,0	16,6
Lv68---Br65	3,08	25,0	16,6
64---Br64	2,75	25,0	16,6
Br64---Mi9	0,90	25,0	16,6
Mi9---Mi10	0,45	25,0	16,6
64---Lv67	6,22	25,0	16,6

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalado a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobem do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalado a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.5 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 1 (corresponde à planta da Figura I.7, Anexo I)

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
V11---Br19	0,40	20,0	13,2
Br19---Lv17	0,60	20,0	13,2
Lv17---Ch2	0,60	20,0	13,2
V9---Br21	0,40	20,0	13,2
Br21---Lv19	1,00	20,0	13,2
Lv19---Ch4	0,60	20,0	13,2
V10---Br20	0,40	20,0	13,2
Br20---Lv18	1,00	20,0	13,2
Lv18---Ch3	0,60	20,0	13,2
V7---Br22	0,40	20,0	13,2
Br22---Lv20	1,00	20,0	13,2
Lv20---Ch5	0,60	20,0	13,2
V8---Br23	0,40	20,0	13,2
Br23---Lv21	1,00	20,0	13,2
Lv21---Ch6	0,60	20,0	13,2
V6---Br24	0,40	20,0	13,2
Br24---Lv22	1,00	20,0	13,2
Lv22---Ch7	0,60	20,0	13,2
V5---Br25	0,40	20,0	13,2
Br25---Lv23	1,00	20,0	13,2

Quadro 4.5 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 1 (corresponde à planta da Figura I.7, Anexo I) - continuação

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
Lv23---Ch8	0,60	20,0	13,2
V19---Br26	0,40	20,0	13,2
Br26---Lv24	1,00	20,0	13,2
Lv24---Ch9	0,60	20,0	13,2
V2---Br27	0,40	20,0	13,2
Br27---Lv25	1,00	20,0	13,2
Lv25---Ch10	0,60	20,0	13,2
V1---Br28	0,40	20,0	13,2
Br28---Lv26	1,00	20,0	13,2
Lv26---Ch11	0,60	20,0	13,2
V3---Br29	0,40	20,0	13,2
Br29---Lv27	1,00	20,0	13,2
Lv27---Ch12	0,60	20,0	13,2
V23---Lv42	1,40	25,0	16,6
V23---Br30	0,60	25,0	16,6
Br30---Ba1	3,00	20,0	13,2
V25---Pd1	0,60	20,0	13,2
Pd---Ll2	1,40	20,0	13,2
V27---Lv28	0,20	25,0	16,6
Lv28---Lv29	0,60	25,0	16,6
Lv29---Br32	2,40	25,0	16,6
Br32---Br33	0,80	25,0	16,6
Br33---Ch13	3,30	25,0	16,6
Ch13---Ch14	0,80	25,0	16,6
V27---Lv30	4,00	25,0	16,6
Lv30---Br31	1,40	25,0	16,6
45---Lv61	2,00	32,0	21,2
Lv61---Ch30	2,30	32,0	21,2
Lv61---Mi8	1,90	32,0	21,2
Mi8---Br58	1,60	32,0	21,2
45---66	6,61	32,0	21,2
66---Ll12	2,40	25,0	16,6
Ll12---Ll13	1,26	25,0	16,6
Ll13---Ll14	1,95	25,0	16,6
Ll14---Ml4	1,50	25,0	16,6
66---67	2,50	25,0	16,6
67---Ll16	3,20	25,0	16,6
Ll16---Ml3	1,15	25,0	16,6

Quadro 4.5 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 1 (corresponde à planta da Figura I.7, Anexo I) - continuação

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
ML3---Ll17	5,10	25,0	16,6
67---68	2,67	32,0	21,2
68---Br59	1,05	25,0	16,6
Br59---Ll18	2,00	25,0	16,6
Ll18---Lv62	0,50	25,0	16,6
68---69	1,67	32,0	21,6
69---63	0,40	32,0	21,6
69---64	2,60	32,0	21,6
69---70	1,20	32,0	21,6
70---Lv64	9,41	25,0	16,6
Lv64---Br61	1,80	25,0	16,6
Br61---Ch31	1,88	25,0	16,6
70-70a	1,20	32,0	21,6
70a---Br60	0,80	25,0	16,6
70a-lv63	2,19	25,0	16,6
70a---Ll19	3,42	25,0	16,6
Ll19---Br62	1,80	25,0	16,6
Br62---Lv65	0,50	25,0	16,6
Lv65---Lv64a	0,50	25,0	16,6
Lv64a---Br63	0,60	25,0	16,6
Br63---Lv66	0,50	25,0	16,6
65---Ml4a	0,80	25,0	16,6
73-Lv59	0,70	25,0	16,6
73-Lv60	0,70	25,0	16,6
73-Br56	0,50	25,0	16,6
73-Br57	0,50	25,0	16,6
Lv59-Ch28	2,15	25,0	16,6
Lv60-Ch29	2,15	25,0	16,6
74a---Br54	1,00	25,0	16,6
74a---Ch27	2,15	25,0	16,6
Ch27---Lv57	2,10	25,0	16,6
Lv57---Ml2	3,34	25,0	16,6
Ml2---Ll10	3,50	25,0	16,6
57a---Ll11	0,90	25,0	16,6
57--Br48	1,03	25,0	16,6
Br48---Lv50	1,80	25,0	16,6
Lv50---Ch20	1,38	25,0	16,6
62-Br49	1,03	25,0	16,6

**Quadro 4.5 - Características da rede predial de abastecimento de água - Piso 1 (corresponde à planta da Figura I.7, Anexo I) - continuação**

Trechos	Comprimento do trecho, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
		DN (mm)	Dint (mm)
Br49---Lv49	1,80	25,0	16,6
Lv49---Ch19	1,38	25,0	16,6
56---Br46	1,03	25,0	16,6
Br46-Lv52	1,80	25,0	16,6
Lv52---Ch22	1,38	25,0	16,6
59a---Br47	1,03	25,0	16,6
Br47---Lv51	1,80	25,0	16,6
Lv51---Ch21	1,38	25,0	16,6
59---Lv53	0,40	25,0	16,6
Lv53---Ch23	1,60	25,0	16,6
Lv53---Br50	2,30	25,0	16,6
58---Lv54	0,40	25,0	16,6
Lv54---Ch24	1,50	25,0	16,6
58---Br51	2,49	25,0	16,6
61---Lv55	1,00	25,0	16,6
Lv55---Ch25	1,03	25,0	16,6
Lv55---Br52	1,70	25,0	16,6
61---Ch26	2,80	25,0	16,6
Ch26---Lv56	1,08	25,0	16,6
61--Br53	1,03	25,0	16,6
50---Ba2	0,70	25,0	16,6
Ba2---Lv58	5,44	25,0	16,6
50---Br55	4,80	25,0	16,6

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalado a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0.

Durante a manipulação das cartas dos blocos em construção e construídos, como os elementos gráficos chegaram em datas diferentes, houve duplicação de parte da rede, ocorrência que só foi detetada durante o redimensionamento da rede e a produção das plantas da Figura I.6 e Figura I.7. Devido a restrições de tempo para a entrega da Dissertação, optou-se por suprimir os trechos duplicados e não renumerar a rede.

Apresentam-se seguidamente os trechos que estavam duplicados e cuja numeração não consta nos cálculos hidráulicos, nem nas plantas das Figura I.6 e Figura I.7:

26---V40, 26---27, 27---28, 28---V43, 28---V31, 27---29, 29---V41, 29---30, 30---31, 31---Br9, Br9---Lv7, 31---32, 32---Lv8, Lv8---Lv9, 32---Mi3, Mi3---Mi4, Mi4---Br10, Br10---Br11, 30---33, 33---V32, 33---34, 34---35, 35---Lv10, 35---Br12, 34---36, 36---V33, 36---37, 37---Br14, Br14---Lv12, Lv12---Lv11, Lv11---Br13, 37---38, 38---V37, V37---Ch1, Ch1---Br15, Br15---Lv13, 38---39, 39---40, 40---Lv14, Lv14---Br16, 40---41, 41---42, 42---Lv15, 42---Br17, Br17---Bd1, 41---43, 43---Br18, 43---Lv16, Lv16---Mi5, Mi5---Mi6, V39---44, 24---V28, 29---V42, 33---V35, 36---V36, 36---V36, 38---V38, 27---V45, 38---V38, 38---V46, 29---V45, 44---Lv31, Lv31---Ch15, Lv31---Ch16, 44---Mi7, Mi7---Br34, Mi7---Br35, Ll6---Ml1, v31---Br35, Br36---Br37, Br37---Br38, lv33---V34, Lv35---Br36, V31---Lv35, Lv34---Lv35, V36---Lv37, V36---Lv36, V37---Lv38, V37---Lv39, V40---44, V43---Ll3, Ll3---Ll4, Ll4---Lv32, V43---Ll5, V41---Ll16, Ml1---Ll7, V32---Lv34, V40---45, 44---Lv32, 44---Mi8, V43---Ll4, Ll3---Ll5, 27---V44, 33---V30, v36---B39, 24---25, 25---26.

#### **4.2.2. Proposta de novos dispositivos ou elementos de dispositivos**

A proposta de substituição de dispositivos visa a diminuição dos consumos de água e pode incluir:

- 1) Substituição de todos os 74 autoclismos (Br) de descarga simples (10 L) por autoclismos de descarga dupla (3/6 L);
- 2) Substituição de 82 torneiras convencionais nos espaços comuns (10 localizadas no piso -1, 28 no piso 0 e 44 no piso 1) pelo mesmo número de torneiras temporizadas e 54 redutores de caudal nos espaços individuais nos dispositivos Lv, Bd, Ba, Ch e Lv. Nas 4 Ml, 3 Mr e jacuzzi não há alteração de torneiras.

#### **4.2.3. Redimensionamento da rede predial de abastecimento de água**

Após estudo das plantas de trabalho da rede predial de abastecimento de água (Figura I.1, Figura I.6 e Figura I.7, do Anexo I), e de duas visitas ao local, constatou-se haver discrepância entre alguns elementos da rede projetada e da construída, nomeadamente ao nível dos DN instalados.

Para os diâmetros apresentados nos trechos dos Quadro 4.3 a Quadro 4.5, verifica-se a violação das velocidades de escoamento recomendadas pelo *Regulamento* nos seguintes casos:

Piso -1 (Quadro 4.3): um trecho apresenta velocidade inferior a 0,5 m/s, devendo o DN ser inferior ao que foi instalado e nove trechos apresentam velocidades superiores, devendo o DN ser superior ao que foi instalado;

Piso 0 (Quadro 4.4): dois trechos apresentam velocidade inferior a 0,5 m/s, devendo o DN ser inferior ao que foi instalado e 17 trechos apresentam velocidades superiores, devendo o DN ser superior ao que foi instalado;

Piso 1 (Quadro 4.5): 20 trechos apresentam velocidades superiores, devendo o DN ser superior ao que foi instalado;

Face a estas constatações, que apontam para que a rede de abastecimento de água esteja subdimensionada em cerca de 17% dos trechos identificados, decidiu-se redimensionar esta rede nos três pisos para as plantas das Figura I.1, Figura I.6 e Figura I.7 apresentadas no Anexo I.

A partir do caudal acumulado de cada trecho ( $Q_{acum}$ ), determinou-se o caudal de cálculo ( $Q_c$ ) através das equações dadas na Figura 2.8 para um nível de conforto médio. Os diâmetros para cada trecho foram estimados pela Eq. (2.6), a partir de ( $Q_c$ ) e de uma velocidade inicial de 1 m/s. Os diâmetros nominais (DN) e interno (Dint) foram selecionados do Quadro 2.2 para PP (PN20). A velocidade de escoamento ( $v$ ) para cada trecho foi estimada a partir da Eq. (2.6), tendo sido utilizado o Dint para o seu cálculo.

Os resultados são apresentados nos Quadro 4.6 a Quadro 4.8, verificando-se que as velocidades cumprem os valores do *Regulamento* (entre 0,5 m/s e 2 m/s) em todos os trechos.

A pressão de serviço mínima ( $P_i$ ) para cada trecho foi calculada a partir da Eq. (2.2). A perda de carga total ( $\Delta H$ ) em cada trecho foi estimada pelas Eq. (2.7), Eq. (2.8) e Eq. (2.9), tendo depois sido calculada a perda de carga acumulada em cada trecho de montante para jusante ( $\Delta H_{t_{acum}}$ ). Como não se conseguiu obter o valor real da pressão de serviço na rede pública ( $P_0$ ), esta foi estimada através da expressão  $P_0 = 10 + 4xn$  (n: número de pisos), dada no *Regulamento*, tendo-se apurado um valor de 22 m c.a. O material é PP, tendo sido utilizado um  $K_s$  de 125  $m^{1/3}/s$  e o desnível foi retirado das plantas da rede.

Os resultados são apresentados nos Quadro 4.9 a Quadro 4.11, verificando-se que os valores da pressão de serviço ( $P_i$ ), em todos os trechos, estão dentro dos valores do *Regulamento* (entre 5 e 60 m c.a.) e cumprem também os valores recomendados por Pedroso (2016) para conforto médio (entre 15 e 30 m c.a.).

Quadro 4.6 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso -1

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
51---52	1,49	43,6	75,0	50,0	0,76
52---Lv42	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Lv42---Jacuzzi	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
52---Br43	1,47	43,2	75,0	50,0	0,75
Br43---Ch17	1,46	43,0	75,0	50,0	0,74
Ch17---Lv43	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
Ch17---Ch18	1,44	42,9	75,0	50,0	0,74
Ch18---Lv44	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
Ch18---53	1,43	42,7	75,0	50,0	0,73
53---54	1,04	36,4	63,0	42,0	0,75
54---56	1,04	36,4	63,0	42,0	0,75
56---57 <sup>a</sup>	0,94	34,5	63,0	42,0	0,68
57a---58a	0,81	32,1	50,0	33,2	0,94
58a---59a	0,55	26,4	50,0	33,2	0,63
59a---Lv45	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Lv45---Lv46	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Lv46---Lv47	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
58a---62	0,47	24,5	50,0	33,2	0,54
54---Ml2	0,44	23,6	50,0	33,2	0,51
Ml2---Ml3	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Ml3---Ml4	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Ml4---55	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
55---Lla	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
53---57	0,95	34,8	63,0	42,0	0,69
57---58	0,83	32,4	63,0	42,0	0,60
58---59	0,77	31,3	63,0	42,0	0,55
59---60	0,60	27,7	50,0	33,2	0,69
60---61	0,46	24,1	50,0	33,2	0,53
47---Br44	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Br44---Br45	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br45---Lv48	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77

Nota: os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.7 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 0

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
Entrada---1	2,88	60,6	110,0	73,2	0,68
1---2	1,51	43,9	75,0	50,0	0,77
2---3	0,63	28,2	50,0	33,2	0,72
3---4	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
4---Lv2	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Lv2---lv1	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
4---Br3	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Br3---Br2	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br2---Br1	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
3---5	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
5---6	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
6---Br6	0,42	23,1	40,0	26,6	0,76
Br6---Br5	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Br5---Br4	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Br4---Mi2	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Mi2---Mi1	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
6---Lv4	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Lv4---Lv3	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
5---7	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
7---Br7	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
7---Lv5	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
2---12	1,36	41,6	63,0	42,0	0,98
12---Lv6	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Lv6---13	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
13---Br8	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
12---14	1,34	41,2	63,0	42,0	0,96
14---15	1,17	38,6	63,0	42,0	0,85
15---V11	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
15---16	1,12	37,8	63,0	42,0	0,81
16---Ll1	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
16---17	1,09	37,3	63,0	42,0	0,79
17---V23	0,36	21,5	40,0	26,6	0,65
17---18	1,04	36,4	63,0	42,0	0,75
18---V9	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
18---V10	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90

Quadro 4.7 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 0 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
18---19	0,93	34,4	63,0	42,0	0,67
19---V7	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
19---V8	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
19---20	0,80	31,9	50,0	33,2	0,92
20---V5	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
20---V6	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
20---21	0,65	28,8	50,0	33,2	0,75
21---V2	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
21---V19	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
21---22	0,46	24,1	32,0	26,6	0,82
22---V1	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
22---V3	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
14---23	0,61	27,9	50,0	33,2	0,71
23---V25	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
23---24	0,52	25,7	40,0	26,6	0,93
24---V27	0,52	25,7	40,0	26,6	0,93
1---45	1,21	39,3	63,0	42,0	0,87
1---46	2,04	51,0	90,0	60,0	0,72
46---47	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
46---48	0,63	28,2	50,0	33,2	0,72
48---65	0,36	21,5	40,0	26,6	0,65
65---lv70	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Lv70---Br67	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Br67---Ch32	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
48---71	0,50	25,3	40,0	26,6	0,91
71---Bd2	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Bd2---Br68	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br68---Lv71	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
71---Br69	0,40	22,6	40,0	26,6	0,72
Br69---Mi11	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Mi11---Mi12	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Mi12---Lv72	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
46---49	1,90	49,2	90,0	60,0	0,67
49---51	1,49	43,6	75,0	50,0	0,76
49---72	1,11	37,5	63,0	42,0	0,80

Quadro 4.7 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 0 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
72---73	0,92	34,2	63,0	42,0	0,66
73---Br70	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
73---Lv73	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv73---Ch33	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
73---74	0,72	30,2	50,0	33,2	0,83
74---Br71	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Br71---Lv74	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Lv74---Ch34	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
74---74a	0,63	28,2	50,0	33,3	0,72
74a---Br72	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
74a---Ch35	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Ch35---Lv75	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Lv75---Ml5	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Ml5---Ll20	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
72---50	0,63	28,2	50,0	33,2	0,72
50---Ba3	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Ba3---Lv82	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
50---Br81	0,36	21,5	40,0	26,6	0,65
57---Br74	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br74---Lv77	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv77---Ch37	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
62---Br73	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br73---Lv76	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv76---Ch36	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
56---Br76	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br76---Lv79	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv79---Ch39	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
59a---Br75	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br75---Lv78	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv78---Ch38	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
59---Br77	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Br77---Br78	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Br77---Lv80	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv80---Ch40	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
Br78---Lv81	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76

Quadro 4.7 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 0 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
Lv81---Ch41	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
60---Br80	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Br80---Br79	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Br80---Lv83	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv83---Ch43	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
Br79---Lv82	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv82---Ch42	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
57a---Ll12	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
63---Br66	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br66---Lv69	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
64---Lv68	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Lv68---Br65	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
64---Br64	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Br64---Mi9	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Mi9---Mi10	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
64---Lv67	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.8 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 1

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
V11---Br19	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br19---Lv17	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv17---Ch2	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V9---Br21	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br21---Lv19	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv19---Ch4	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
v10---Br20	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br20---Lv18	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv18---Ch3	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V7---Br22	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br22---Lv20	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv20---Ch5	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V8---Br23	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br23---Lv21	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv21---Ch6	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V6---Br24	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br24---Lv22	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv22---Ch7	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V5---Br25	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br25---Lv23	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv23---Ch8	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V19---Br26	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br26---Lv24	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv24---Ch9	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V2---Br27	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br27---Lv25	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv25---Ch10	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V1---Br28	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br28---Lv26	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv26---Ch11	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V3---Br29	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br29---Lv27	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv27---Ch12	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V23---Lv42	0,17	14,6	32,0	21,2	0,47
V23---Br30	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90

Quadro 4.8 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 1 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
Br30---Ba1	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
V25---Pd1	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Pd---Ll2	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
V27---Lv28	0,46	24,1	40,0	26,6	0,82
Lv28---Lv29	0,42	23,1	40,0	26,6	0,76
Lv29---Br32	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Br32---Br33	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Br33---Ch13	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Ch13---Ch14	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
V27---Lv30	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Lv30---Br31	0,17	14,6	20,0	16,6	0,77
45---Lv61	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Lv61---Ch30	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Lv61---Mi8	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Mi8---Br58	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
45---66	1,14	38,1	63,0	42,0	0,82
66---Ll12	0,47	24,5	40,0	26,6	0,85
Ll12---Ll13	0,40	22,6	40,0	26,6	0,72
Ll13---Ll14	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Ll14---Ml4	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
66---67	1,05	36,5	63,0	42,0	0,76
67---Ll16	0,40	22,6	40,0	26,6	0,72
Ll16---Ml3	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Ml3---Ll17	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
67---68	0,96	35,0	63,0	42,0	0,69
68---Br59	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Br59---Ll18	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Ll18---Lv62	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
68---69	0,88	33,4	63,0	42,0	0,63
69---63	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
69---64	0,46	24,1	40,0	26,6	0,82
69---70	0,70	29,8	50,0	33,2	0,80
70---Lv64	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Lv64---Br61	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Br61---Ch31	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58

Quadro 4.8 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 1 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
70---70a	0,60	27,7	50,0	33,2	0,69
70a---Br60	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
70a---lv63	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
70a---Ll19	0,52	25,7	40,0	26,6	0,93
Ll19---Br62	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
Br62---Lv65	0,46	24,1	40,0	26,6	0,82
Lv65---Lv64a	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
Lv64a---Br63	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Br63---Lv66	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
65---Ml4a	0,17	14,6	25,0	14,6	1,00
73---Lv59	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
73---Lv60	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
73---Br56	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
73---Br57	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
Lv59---Ch28	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
Lv60---Ch29	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
74a---Br54	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
74a---Ch27	0,42	23,1	40,0	26,6	0,76
Ch27---Lv57	0,36	21,5	40,0	26,6	0,65
Lv57---Ml2	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Ml2---Ll10	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
57a---Ll11	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
57---Br48	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br48---Lv50	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv50---Ch20	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
62---Br49	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
Br49---Lv49	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Lv49---Ch19	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
56---Br46	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br46---Lv52	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv52---Ch22	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
59a---Br47	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Br47---Lv51	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv51---Ch21	0,21	16,2	32,0	21,2	0,58
59---Lv53	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90

Quadro 4.8 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água - Piso 1 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
Lv53---Ch23	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv53---Br50	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
58---Lv54	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Lv54---Ch24	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
58---Br51	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
61---Lv55	0,32	20,2	32,0	21,2	0,90
Lv55---Ch25	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Lv55---Br52	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
61---Ch26	0,27	18,5	32,0	21,2	0,76
Ch26---Lv56	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
61--Br53	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
50---Ba2	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Ba2---Lv58	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
50---Br55	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0.

Quadro 4.9 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso -1

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
51---52	0,013	0,034	0,302	3	18,70
52---Lv42	0,032	0,057	0,358	3	18,64
Lv42---Jacuzzi	0,058	0,150	0,508	3	18,49
52---Br43	0,012	0,012	0,313	3	18,69
Br43---Ch17	0,012	0,025	0,338	3	18,66
Ch17---Lv43	0,058	0,099	0,437	3	18,56
Ch17---Ch18	0,012	0,029	0,367	3	18,63
Ch18---Lv44	0,058	0,099	0,466	3	18,53
Ch18---53	0,012	0,051	0,418	3	18,58
53---54	0,016	0,009	0,427	3	18,57
54---56	0,016	0,025	0,452	3	18,55
56---57 <sup>a</sup>	0,013	0,023	0,475	3	18,53
57a---58a	0,033	0,038	0,512	3	18,49
58a---59a	0,015	0,056	0,568	3	18,43
59a---Lv45	0,048	0,182	0,750	3	18,25
Lv45---Lv46	0,032	0,071	0,821	3	18,18
Lv46---Lv47	0,058	0,086	0,907	3	18,09
58a---62	0,011	0,069	0,581	3	18,42
54---Ml2	0,010	0,033	0,460	3	18,54
Ml2---Ml3	0,024	0,023	0,483	3	18,52
Ml3---Ml4	0,057	0,090	0,573	3	18,43
Ml4---55	0,032	0,131	0,705	3	18,30
55---Lla	0,032	0,493	1,197	3	17,80
53---57	0,013	0,023	0,441	3	18,56
57---58	0,010	0,008	0,449	3	18,55
58---59	0,009	0,015	0,464	3	18,54
59---60	0,018	0,152	0,616	3	18,38
60---61	0,011	0,011	0,626	3	18,37
47---Br44	0,048	0,230	0,960	3	18,04
Br44---Br45	0,032	0,014	0,974	3	18,03
Br45---Lv48	0,058	0,220	1,193	3	17,81

Nota: os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.10 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 0

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
Entrada---1	0,006	0,007	0,007	0	21,99
1---2	0,013	0,090	0,097	0	21,90
2---3	0,020	0,019	0,116	0	21,88
3---4	0,024	0,006	0,122	0	21,88
4---Lv2	0,032	0,027	0,149	0	21,85
Lv2---lv1	0,058	0,048	0,197	0	21,80
4---Br3	0,048	0,139	0,261	0	21,74
Br3---Br2	0,032	0,229	0,490	0	21,51
Br2---Br1	0,058	0,414	0,904	0	21,10
3---5	0,039	0,189	0,305	0	21,69
5---6	0,039	0,019	0,324	0	21,68
6---Br6	0,029	0,084	0,409	0	21,59
Br6---Br5	0,024	0,018	0,426	0	21,57
Br5---Br4	0,065	0,047	0,473	0	21,53
Br4---Mi2	0,048	0,104	0,577	0	21,42
Mi2---Mi1	0,024	0,011	0,588	0	21,41
6---Lv4	0,032	0,015	0,339	0	21,66
Lv4---Lv3	0,058	0,041	0,381	0	21,62
5---7	0,032	0,031	0,336	0	21,66
7---Br7	0,058	0,055	0,391	0	21,61
7---Lv5	0,058	0,138	0,474	0	21,53
2---12	0,027	0,097	0,194	0	21,81
12---Lv6	0,032	0,172	0,365	0	21,63
Lv6---13	0,058	0,153	0,519	0	21,48
13---Br8	0,058	0,069	0,588	0	21,41
12---14	0,026	0,078	0,271	0	21,73
14---15	0,020	0,138	0,410	0	21,59
15---V11	0,057	0,014	0,423	0	21,58
15---16	0,018	0,024	0,447	0	21,55
16---Ll1	0,032	0,080	0,527	0	21,47
16---17	0,017	0,029	0,476	0	21,52
17---V23	0,022	0,139	0,615	0	21,38
17---18	0,016	0,053	0,668	0	21,33
18---V9	0,057	0,115	0,783	0	21,22
18---V10	0,057	0,017	0,685	0	21,32

Quadro 4.10 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 0 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
18---19	0,012	0,063	0,731	0	21,27
19---V7	0,057	0,014	0,744	0	21,26
19---V8	0,057	0,129	0,860	0	21,14
19---20	0,033	0,227	0,958	0	21,04
20---V5	0,057	0,115	1,073	0	20,93
20---V6	0,057	0,014	0,971	0	21,03
20---21	0,021	0,110	1,067	0	20,93
21---V2	0,057	0,115	1,183	0	20,82
21---V19	0,057	0,014	1,081	0	20,92
21---22	0,034	0,008	1,076	0	20,92
22---V1	0,057	0,014	1,089	0	20,91
22---V3	0,057	0,115	1,191	0	20,81
14---23	0,019	0,146	0,417	0	21,58
23---V25	0,057	0,092	0,508	0	21,49
23---24	0,044	0,422	0,930	0	21,07
24---V27	0,044	0,037	0,967	0	21,03
1---45	0,021	0,801	0,809	0	21,19
1---46	0,009	0,017	0,025	0	21,98
46---47	0,048	0,705	0,729	0	21,27
46---48	0,020	1,374	1,398	0	20,60
48---65	0,022	0,311	1,709	0	20,29
65---lv70	0,057	0,064	1,773	0	20,23
Lv70---Br67	0,040	0,056	1,830	0	20,17
Br67---Ch32	0,024	0,026	1,855	0	20,14
48---71	0,042	0,187	1,585	0	20,41
71---Bd2	0,048	0,057	1,642	0	20,36
Bd2---Br68	0,032	0,036	1,678	0	20,32
Br68---Lv71	0,058	0,828	2,414	0	19,59
71---Br69	0,027	0,125	2,539	0	19,46
Br69---Mi11	0,065	0,233	2,772	0	19,23
Mi11---Mi12	0,040	0,019	2,791	0	19,21
Mi12---Lv72	0,058	0,182	2,974	0	19,03
46--49	0,008	0,015	0,039	0	21,96
49---51	0,013	0,229	0,268	0	21,73
49---72	0,018	0,032	0,071	0	21,93

Quadro 4.10 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 0 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
72---73	0,012	0,062	0,133	0	21,87
73---Br70	0,058	0,055	0,188	0	21,81
73---Lv73	0,040	0,029	0,162	0	21,84
Lv73---Ch33	0,024	0,037	0,199	0	21,80
73---74	0,026	0,065	0,198	0	21,80
74---Br71	0,065	0,173	0,371	0	21,63
Br71---Lv74	0,048	0,166	0,537	0	21,46
Lv74---Ch34	0,024	0,036	0,573	0	21,43
74---74a	0,020	0,131	0,329	0	21,67
74a---Br72	0,058	0,083	0,412	0	21,59
74a---Ch35	0,024	0,073	0,402	0	21,60
Ch35---Lv75	0,057	0,150	0,552	0	21,45
Lv75---Ml5	0,040	0,173	0,725	0	21,28
Ml5---Ll20	0,058	0,053	0,778	0	21,22
72---50	0,020	0,382	0,453	0	21,55
50---Ba3	0,057	0,034	0,487	0	21,51
Ba3---Lv82	0,058	0,180	0,667	0	21,33
50---Br81	0,022	0,068	0,521	0	21,48
57---Br74	0,057	0,097	0,538	0	21,46
Br74---Lv77	0,040	0,065	0,603	0	21,40
Lv77---Ch37	0,024	0,041	0,644	0	21,36
62---Br73	0,057	0,076	0,657	0	21,34
Br73---Lv76	0,040	0,065	0,723	0	21,28
Lv76---Ch36	0,024	0,041	0,763	0	21,24
56---Br76	0,057	0,076	0,528	0	21,47
Br76---Lv79	0,040	0,065	0,593	0	21,41
Lv79---Ch39	0,024	0,041	0,634	0	21,37
59a---Br75	0,057	0,076	0,644	0	21,36
Br75---Lv78	0,040	0,065	0,709	0	21,29
Lv78---Ch38	0,024	0,041	0,750	0	21,25
59---Br77	0,024	0,033	0,497	0	21,50
Br77---Br78	0,024	0,114	0,610	0	21,39
Br77---Lv80	0,040	0,065	0,676	0	21,32
Lv80---Ch40	0,024	0,041	0,716	0	21,28
Br78---Lv81	0,040	0,065	0,676	0	21,32

Quadro 4.10 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 0 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
Lv81---Ch41	0,024	0,041	0,716	0	21,28
60---Br80	0,024	0,033	0,648	0	21,35
Br80---Br79	0,024	0,060	0,708	0	21,29
Br80---Lv83	0,040	0,065	0,714	0	21,29
Lv83---Ch43	0,024	0,041	0,754	0	21,25
Br79---Lv82	0,040	0,065	0,708	0	21,29
Lv82---Ch42	0,024	0,041	0,749	0	21,25
57a---Ll12	0,032	0,083	0,558	0	21,44
63---Br66	0,032	0,038	1,126	0	20,87
Br66---Lv69	0,058	0,167	1,293	0	20,71
64---Lv68	0,032	0,076	1,255	0	20,75
Lv68---Br65	0,058	0,213	1,468	0	20,53
64---Br64	0,065	0,214	1,322	0	20,68
Br64---Mi9	0,048	0,052	1,374	0	20,63
Mi9---Mi10	0,024	0,013	1,387	0	20,61
64---Lv67	0,058	0,429	1,609	0	20,39

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.11 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 1

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
V11---Br19	0,057	0,027	0,450	3	18,55
Br19---Lv17	0,040	0,029	0,479	3	18,52
Lv17---Ch2	0,024	0,017	0,496	3	18,50
V9---Br21	0,057	0,027	0,810	3	18,19
Br21---Lv19	0,040	0,048	0,858	3	18,14
Lv19---Ch4	0,024	0,017	0,875	3	18,12
v10---Br20	0,057	0,027	0,712	3	18,29
Br20---Lv18	0,040	0,048	0,760	3	18,24
Lv18---Ch3	0,024	0,017	0,777	3	18,22
V7---Br22	0,057	0,027	0,772	3	18,23
Br22---Lv20	0,040	0,048	0,820	3	18,18
Lv20---Ch5	0,024	0,017	0,837	3	18,16
V8---Br23	0,057	0,027	0,887	3	18,11
Br23---Lv21	0,040	0,048	0,935	3	18,07
Lv21---Ch6	0,024	0,017	0,952	3	18,05
V6---Br24	0,057	0,027	0,998	3	18,00
Br24---Lv22	0,040	0,048	1,046	3	17,95
Lv22---Ch7	0,024	0,017	1,063	3	17,94
V5---Br25	0,057	0,027	1,100	3	17,90
Br25---Lv23	0,040	0,048	1,148	3	17,85
Lv23---Ch8	0,024	0,017	1,165	3	17,83
V19---Br26	0,057	0,027	1,108	3	17,89
Br26---Lv24	0,040	0,048	1,156	3	17,84
Lv24---Ch9	0,024	0,017	1,173	3	17,83
V2---Br27	0,057	0,027	1,210	3	17,79
Br27---Lv25	0,040	0,048	1,258	3	17,74
Lv25---Ch10	0,024	0,017	1,275	3	17,73
V1---Br28	0,057	0,027	1,116	3	17,88
Br28---Lv26	0,040	0,048	1,164	3	17,84
Lv26---Ch11	0,024	0,017	1,181	3	17,82
V3---Br29	0,057	0,027	1,218	3	17,78
Br29---Lv27	0,040	0,048	1,266	3	17,73
Lv27---Ch12	0,024	0,017	1,283	3	17,72
V23---Lv42	0,016	0,026	0,641	3	18,36
V23---Br30	0,057	0,041	0,656	3	18,34

Quadro 4.11 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 1 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
Br30---Ba1	0,040	0,144	0,800	3	18,20
V25---Pd1	0,057	0,041	0,549	3	18,45
Pd---Ll2	0,032	0,053	0,784	3	18,22
V27---Lv28	0,034	0,008	0,976	3	18,02
Lv28---Lv29	0,029	0,021	0,997	3	18,00
Lv29---Br32	0,024	0,070	1,067	3	17,93
Br32---Br33	0,065	0,062	1,129	3	17,87
Br33---Ch13	0,048	0,191	1,320	3	17,68
Ch13---Ch14	0,024	0,023	1,343	3	17,66
V27---Lv30	0,032	0,153	1,120	3	17,88
Lv30---Br31	0,058	0,097	1,217	3	17,78
45---Lv61	0,024	0,058	0,867	3	18,13
Lv61---Ch30	0,065	0,179	1,046	3	17,95
Lv61---Mi8	0,040	0,091	1,137	3	17,86
Mi8---Br58	0,058	0,110	1,248	3	17,75
45---66	0,019	0,150	0,959	3	18,04
66---Ll12	0,037	0,106	1,065	3	17,93
Ll12---Ll13	0,027	0,041	1,106	3	17,89
Ll13---Ll14	0,057	0,132	1,238	3	17,76
Ll14---Ml4	0,024	0,043	1,281	3	17,72
66---67	0,016	0,048	1,007	3	17,99
67---Ll16	0,027	0,103	1,110	3	17,89
Ll16---Ml3	0,057	0,078	1,188	3	17,81
Ml3---Ll17	0,032	0,195	1,383	3	17,62
67---68	0,013	0,043	1,050	3	17,95
68---Br59	0,024	0,031	1,081	3	17,92
Br59---Ll18	0,048	0,116	1,196	3	17,80
Ll18---Lv62	0,058	0,035	1,231	3	17,77
68---69	0,011	0,022	1,072	3	17,93
69---63	0,032	0,015	1,087	3	17,91
69---64	0,034	0,107	1,179	3	17,82
69---70	0,025	0,035	1,108	3	17,89
70---Lv64	0,065	0,732	1,840	3	17,16
Lv64---Br61	0,048	0,104	1,944	3	17,06
Br61---Ch31	0,024	0,053	1,998	3	17,00

Quadro 4.11 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 1 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
70---70a	0,018	0,026	1,134	3	17,87
70a---Br60	0,058	0,055	1,189	3	17,81
70a---lv63	0,032	0,084	1,218	3	17,78
70a---Ll19	0,044	0,183	1,317	3	17,68
Ll19---Br62	0,039	0,085	1,402	3	17,60
Br62---Lv65	0,034	0,021	1,422	3	17,58
Lv65---Lv64a	0,024	0,015	1,437	3	17,56
Lv64a---Br63	0,048	0,035	1,472	3	17,53
Br63---Lv66	0,032	0,019	1,491	3	17,51
65---Ml4a	0,114	0,110	1,818	3	17,18
73---Lv59	0,040	0,034	0,167	3	18,83
73---Lv60	0,040	0,034	0,167	3	18,83
73---Br56	0,058	0,035	0,168	3	18,83
73---Br57	0,058	0,035	0,168	3	18,83
Lv59---Ch28	0,024	0,061	0,228	3	18,77
Lv60---Ch29	0,024	0,061	0,228	3	18,77
74a---Br54	0,058	0,069	0,398	3	18,60
74a---Ch27	0,029	0,076	0,405	3	18,60
Ch27---Lv57	0,022	0,055	0,460	3	18,54
Lv57---Ml2	0,057	0,227	0,686	3	18,31
Ml2---Ll10	0,032	0,134	0,820	3	18,18
57a---Ll11	0,032	0,034	0,509	3	18,49
57---Br48	0,057	0,070	0,511	3	18,49
Br48---Lv50	0,040	0,086	0,597	3	18,40
Lv50---Ch20	0,024	0,039	0,636	3	18,36
62---Br49	0,065	0,080	0,662	3	18,34
Br49---Lv49	0,048	0,104	0,766	3	18,23
Lv49---Ch19	0,024	0,039	0,805	3	18,20
56---Br46	0,057	0,070	0,522	3	18,48
Br46---Lv52	0,040	0,086	0,609	3	18,39
Lv52---Ch22	0,024	0,039	0,648	3	18,35
59a---Br47	0,057	0,070	0,638	3	18,36
Br47---Lv51	0,040	0,086	0,724	3	18,28
Lv51---Ch21	0,024	0,039	0,764	3	18,24
59---Lv53	0,057	0,027	0,491	3	18,51

Quadro 4.11 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água - Piso 1 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
Lv53---Ch23	0,040	0,077	0,568	3	18,43
Lv53---Br50	0,058	0,159	0,727	3	18,27
58---Lv54	0,048	0,023	0,472	3	18,53
Lv54---Ch24	0,032	0,057	0,529	3	18,47
58---Br51	0,058	0,172	0,621	3	18,38
61---Lv55	0,057	0,068	0,694	3	18,31
Lv55---Ch25	0,040	0,049	0,744	3	18,26
Lv55---Br52	0,058	0,117	0,861	3	18,14
61---Ch26	0,040	0,134	0,761	3	18,24
Ch26---Lv56	0,058	0,075	0,835	3	18,16
61--Br53	0,058	0,071	0,698	3	18,30
50---Ba2	0,032	0,027	0,480	3	18,52
Ba2---Lv58	0,058	0,376	0,856	3	18,14
50---Br55	0,048	0,278	0,731	3	18,27

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0.

### 4.3. Quantificação do volume de águas pluviais

#### 4.3.1. Descrição da rede predial de águas pluviais

A rede predial de águas pluviais foi definida tendo em atenção a planta do projeto do equipamento, fornecida pelo proprietário, e elementos recolhidos em duas visitas ao local, sendo constituída por trechos que estão já a funcionar (nos blocos construídos) e trechos que estão a ser construídos (blocos em construção), como apresentado no Anexo II (Figura II.1, rede fornecida pelo proprietário, e Figura II.2, rede reconstruída).

Esta rede é constituída por 26 TQ associados a 48 Cp, 47 CP e um RL final que faz a ligação à rede pública de drenagem de águas pluviais, como apresentado no Quadro 4.12 e Quadro 4.13. Cada CP faz ligação com duas Cp, não existindo as numerações de 5, 9, 22, 23, 25 e 36 para Cp por se encontrarem repetidas com outra numeração.

Todas as tubagens são em PVC (PN20). Na Cp 48 prevê-se a ligação a uma cisterna de armazenamento e tratamento de águas pluviais (CATAP) que depois alimentará uma rede de abastecimento de águas pluviais tratadas (RAAPR).

Os TQ com 7,25 m de altura ligam a cobertura com o piso 0, os com 4,15 m ligam a cobertura com o pavimento do piso 1 e os com 3,10 m ligam o piso 1 com o piso 0 (neste caso, servem pequenas coberturas com telha situadas no piso 1). A maioria das Cp e CP não eram visíveis nas plantas, nem estavam numeradas, tendo sido numeradas em função do ponto de localização, como se pode visualizar na Figura II.2 do Anexo II.

**Quadro 4.12 - Características dos tubos de queda da rede predial de águas pluviais**

Tubo de queda	Piso	Comprimento, L(m)	Diâmetro projetado ou instalado	
			DN (mm)	Dint (mm)
TQ8	Cobertura-1	4,15	110	106,8
TQ26	Cobertura-1	4,15	50	47
TQ2, TQ5, TQ10, TQ11, TQ12	1-0	3,10	90	87
TQ1, TQ3, TQ4, TQ6, TQ7, TQ15, TQ16, TQ17	Cobertura-1-0	7,25	90	87
TQ13	Cobertura-1-0	7,25	110	106,8
TQ9, TQ14, TQ18, TQ19, TQ20, TQ21, TQ22, TQ23, TQ24, TQ25	Cobertura-1-0	7,25	50	47

Quadro 4.13 - Características dos coletores prediais da rede predial de águas pluviais

Características			Diâmetro projetado ou instalado	
Trechos - CP	Piso	Comprimento, L(m)	DN (mm)	Dint (mm)
Cp12-Cp11	1-0	10,35	110	106,8
Cp11-Cp10	1-0	8,85	110	106,8
Cp10-Cp2	1-0	10,20	110	106,8
Cp2-Cp28	1-0	15,35	110	106,8
Cp46-Cp47a	0	26,28	125	121,8
Cp47a-Cp48a	0	32,00	125	121,8
Cp48a-Cp28	0	15,34	125	121,8
Cp29-Cp30	0	39,00	125	121,8
Cp30-Cp28	0	10,00	125	121,8
Cp28-Cp36	0	6,44	125	121,8
Cp36-Cp37	0	10,23	125	121,8
C8-C13	0	4,54	125	121,8
C13-C27	0	10,51	125	121,8
C20-C19	0	2,16	125	121,8
C19-C27	0	2,97	125	121,8
C14-C27	0	3,05	125	121,8
Cp27-Cp7	0	11,18	160	156,8
Cp7-Cp6	0	9,5	160	156,8
Cp6-Cp4	0	7,61	160	156,8
Cp4-Cp3	0	9,73	160	156,8
Cp3-Cp49	0	14,97	160	156,8
Cp49-Cp37	0	6,55	160	156,8
Cp1-Cp31	0	5,67	125	121,8
Cp18-Cp31	0	5,27	125	121,8
Cp31-Cp32	0	4,75	125	121,8
Cp32-Cp33	0	6,59	125	121,8
Cp33-Cp34	0	12,71	125	121,8
Cp34-Cp35	0	15,57	125	121,8
Cp35-Cp39	0	12,91	125	121,8
Cp37-Cp39	0	20,62	160	156,8
Cp24-Cp38	0	2,95	125	121,8
Cp38-Cp39	0	3,71	125	121,8
Cp39-Cp40	0	5,13	160	156,8
Cp15-Cp40	0	2,8	125	121,8

Quadro 4.13 - Características dos coletores prediais da rede predial de águas pluviais - continuação

Características			Diâmetro projetado ou instalado	
Trechos - CP	Piso	Comprimento, L(m)	DN (mm)	Dint (mm)
Cp40-Cp45	0	6,14	160	156,8
Cp21-Cp41	0	7,82	125	121,8
Cp41-Cp42	0	8,31	125	121,8
Cp17-Cp42	0	1,47	125	121,8
Cp42-Cp43	0	8,14	125	121,8
Cp43-Cp46	0	2,37	125	121,8
Cp16-Cp46	0	1,50	125	121,8
Cp46-Cp44	0	4,06	160	156,8
Cp26-Cp44	0	0,5	125	121,8
Cp44-Cp45	0	9,37	160	156,8
Cp45-Cp47	0	10,47	160	106,8
Cp47-Cp48 (RL23)	0	13,18	160	106,8
Cp48-CATAP	0	11,90	160	106,8

Nota: A azul identificam-se os Cp existentes em planta, enquanto os restantes foram visualizados no local; a verde identifica-se o RL que faz a ligação com a rede pluvial pública.

#### 4.3.2. Redimensionamento da rede predial de águas pluviais

Após estudo da planta da rede predial de águas pluviais (Figura II.2, Anexo II), e de duas visitas ao local, constatou-se haver discrepância entre alguns elementos da rede projetada e da construída, nomeadamente ao nível dos DN instalados nos TQ e do número e localização das Cp e CP assinaladas nas cartas fornecidas pelo proprietário, pelo que se decidiu redimensionar a rede.

Primeiramente, a partir das plantas da Figura II.2 (Anexo II) e da Figura 4.2, determinaram-se as áreas contributivas de drenagem para os TQ (pluviosidade recolhida na cobertura por calearas) e para os CP e RL (pluviosidade recolhida pelos TQ e proveniente das áreas pavimentadas através de sumidouros), seguida da definição do coeficiente de drenagem para as coberturas e áreas pavimentadas e a estimativa da intensidade da precipitação através da Eq. (2.13).

De acordo com Marques e Sousa (2011) o equipamento encontra-se na zona pluviométrica C (Quadro 2.8 e Figura 2.20) e, utilizando a Eq. (2.13), adotando um período de retorno de 5 anos, resultou uma intensidade de precipitação de 125,92 mm/h. Para o coeficiente de escoamento (C) nas coberturas, que são inclinadas, de telha cerâmica, impermeáveis e lisas, utilizou-se o valor de 0,90 (Quadro 3.5), enquanto para as áreas pavimentadas,

maioritariamente em material cerâmico e betão, optou-se por um valor de C de 0,85 (Quadro 2.9).

O caudal (Q) produzido nas coberturas e drenado pelos 26 TQ foi estimado através da fórmula racional (Eq. (2.14), tendo-se redimensionado o diâmetro (D) de cada TQ através da Eq. (2.15), utilizando-se  $\alpha = 0,453$ ,  $\beta = 0,35$ ,  $H = 0,02$  m,  $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup> e Q. Os valores de DN e Dint foram retirados do Quadro 2.2 para tubagens de PVC. A área total de contribuição das coberturas é de 2.017,17 m<sup>2</sup> e o caudal total drenado seria de 228,6 m<sup>3</sup>/h (cerca de 3.810 L/min).

Os resultados são apresentados no Quadro 4.14, podendo observar-se, em relação aos dados do Quadro 4.12, que os TQ implementados estão subdimensionados para o volume de água pluvial produzida. Dos 26 TQ identificados, apenas o TQ26 mantém o diâmetro instalado e o TQ8 precisa de um diâmetro inferior. Os restantes precisariam de ser substituídos para TQ de maior diâmetro, afim de as água pluviais geradas nas coberturas dos edifícios poderem ser captadas para posterior reutilização.

Tendo sido notada discrepância em relação às Cp e CP identificadas durante as visitas, e porque se pretende captar o maior volume possível de águas pluviais produzido nas coberturas e áreas pavimentadas, decidiu-se redimensionar os 47 CP. No Quadro 4.15 apresentam-se as áreas e os valores do escoamento associado à drenagem do pavimento, que drenam diretamente para 19 dos 47 CP, perfazendo uma área total de drenagem de 4.230,06 m<sup>2</sup> a que corresponde um caudal total drenado de 452,75 m<sup>3</sup>/h (cerca de 7.546 L/min).

Verifica-se assim que a área total de drenagem é de 6.247,23 m<sup>2</sup>, sendo cerca de 67,7% (4.230,06 m<sup>2</sup>) proveniente dos pavimentos, enquanto 32,3% (2.017,17 m<sup>2</sup>) vem das coberturas dos edifícios. A área de drenagem de pavimentos é cerca de 74% do valor de área total pavimentada (5.711,92 m<sup>2</sup>, Quadro 4.1).

A partir dos dados de caudal apurados para os TQ (Quadro 4.14) e para os CP (Quadro 4.15), calculou-se o caudal acumulado para os 47 CP e, a partir da Eq. (2.11), para escoamento de seção cheia, determinou o diâmetro D. Utilizou-se uma inclinação de coletores de 2% ( $i = 0,02$  m/m) e um Ks de 120 m<sup>1/3</sup>/s. Os valores de DN e Dint foram retirados do Quadro 2.2 para tubagens de PVC. Foi verificada a tensão de arrastamento para cada trecho através da Eq. (2.10), tendo sido utilizado  $\gamma = 9.800$  N/m<sup>3</sup>.

Os resultados são apresentados no Quadro 4.16, podendo observar-se que a tensão de arrastamento está de acordo com o estipulado no *Regulamento* ( $\tau > 2,45$  N/m<sup>2</sup>). A generalidade dos diâmetros instalados é superior aos calculados, sendo necessário apenas aumentar a capacidade dos coletores em 9 dos 47 CP (nos trechos Cp28-Cp36, Cp36-Cp37, Cp49-Cp37, Cp37-Cp39, Cp39-Cp40, Cp40-Cp45, Cp45-Cp47, Cp47-Cp48 e Cp48-CpCATAP). Cerca de 66,4% do volume de água pluvial provêm dos pavimentos, enquanto 33,6% vem das coberturas dos edifícios.

Os resultados parecem indicar que, apesar da água pluvial ser uma origem de água sazonal, com menor disponibilidade entre os meses de junho a setembro, é possível tratá-la e armazená-

la para ser utilizada para a recarga dos 74 autoclismos, lavar os cerca de 5.711,9 m<sup>2</sup> de pavimentos e regar os cerca de 1.956,3 m<sup>2</sup> de espaços verdes do equipamento social.

Quadro 4.14 - Estimativa de caudais e diâmetros para os tubos de queda da rede predial de águas pluviais

TQ	L (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /h)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)
TQ1	7,25	87,77	9,95	139	160	145,4
TQ2	3,10	85,65	9,71	136	160	145,4
TQ3	7,25	85,65	9,71	136	160	145,4
TQ4	7,25	85,65	9,71	136	160	145,4
TQ5	3,10	73,60	8,34	115	140	127,3
TQ6	7,25	55,31	6,27	82	110	100,0
TQ7	7,25	85,65	9,71	136	160	145,4
TQ8	4,15	45,50	5,16	65	75	68,2
TQ9	7,25	55,31	6,27	82	110	100,0
TQ10	3,10	85,65	9,71	136	160	145,4
TQ11	3,10	85,65	9,71	136	160	145,4
TQ12	3,10	85,65	9,71	136	160	145,4
TQ13	7,25	102,85	11,66	167	200	181,8
TQ14	7,25	87,77	9,95	139	160	145,4
TQ15	7,25	70,74	8,02	109	125	113,6
TQ16	7,25	70,74	8,02	109	125	113,6
TQ17	7,25	70,74	8,02	109	125	113,6
TQ18	7,25	87,77	9,95	139	160	145,4
TQ19	7,25	117,02	13,26	191	225	204,5
TQ20	7,25	87,77	9,95	139	160	145,4
TQ21	7,25	87,77	9,95	139	160	145,4
TQ22	7,25	70,74	8,02	109	125	113,6
TQ23	7,25	70,74	8,02	109	125	113,6
TQ24	7,25	70,74	8,02	109	125	113,6
TQ25	7,25	70,74	8,02	109	125	113,6
TQ26	4,15	34,00	3,85	44	50	45,4

Quadro 4.15 - Estimativa de caudais para os coletores prediais da rede de águas pluviais associados apenas à drenagem da área pavimentada

Trechos - CP	Área (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (L/min)
Cp46-Cp47a	226,75	24,27	404,49
Cp47a-Cp48a	164,35	17,59	293,17
Cp29-Cp30	164,35	17,59	293,17
Cp28-Cp36	319,87	34,24	570,61
Cp36-Cp37	319,87	34,24	570,61
Cp31-Cp32	81,65	8,74	145,65
Cp32-Cp33	81,65	8,74	145,65
Cp33-Cp34	88,3	9,45	157,52
Cp34-Cp35	88,3	9,45	157,52
Cp35-Cp39	88,3	9,45	157,52
Cp37-Cp39	319,87	34,24	570,61
Cp21-Cp41	170,74	18,27	304,58
Cp42-Cp43	170,74	18,27	304,58
Cp43-Cp46	113,83	12,18	203,05
Cp46-Cp44	113,83	12,18	203,05
Cp44-Cp45	113,83	12,18	203,05
Cp45-Cp47	534,62	57,22	953,68
Cp47-Cp48 (RL23)	534,62	57,22	953,68
Cp48-CATAP	534,62	57,22	953,68

Nota: A azul identificam-se os Cp existentes em planta, enquanto os restantes foram visualizados no local; a verde identifica-se o RL que faz a ligação com a rede pluvial pública.

Quadro 4.16 - Estimativa de caudais totais, diâmetros e tensões de arrastamento para os coletores prediais da rede de águas pluviais

Trechos - CP	Qacum (L/min)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	$\tau$ (N/m <sup>2</sup> )
Cp12-Cp11	161,78	58,24	110	100,0	19,6
Cp11-Cp10	323,55	75,53	110	100,0	19,6
Cp10-Cp2	485,33	87,93	110	100,0	19,6
Cp2-Cp28	647,10	97,95	110	100,0	19,6
Cp46-Cp47a	404,49	82,13	110	100,0	19,6
Cp47a-Cp48a	697,66	100,75	125	113,6	22,3
Cp48a-Cp28	697,66	100,75	125	113,6	22,3
Cp29-Cp30	293,17	72,79	110	100,0	19,6
Cp30-Cp28	293,17	72,79	110	100,0	19,6
Cp28-Cp36	2208,54	155,21	180	163,6	32,1
Cp36-Cp37	2779,14	169,18	200	181,8	35,6
C8-C13	85,94	45,94	110	100,0	19,6
C13-C27	280,20	71,56	110	100,0	19,6
C20-C19	165,77	58,78	110	100,0	19,6
C19-C27	386,80	80,76	110	100,0	19,6
C14-C27	165,77	58,78	110	100,0	19,6
Cp27-Cp7	832,77	107,67	125	113,6	22,3
Cp7-Cp6	994,55	115,08	140	127,3	25,0
Cp6-Cp4	1099,02	119,47	140	127,3	25,0
Cp4-Cp3	1260,79	125,79	140	127,3	25,0
Cp3-Cp49	1422,57	131,61	160	145,4	28,5
Cp49-Cp37	1422,57	131,61	160	145,4	28,5
Cp1-Cp31	165,77	58,78	110	100,0	19,6
Cp18-Cp31	165,77	58,78	110	100,0	19,6
Cp31-Cp32	477,19	87,38	110	100,0	19,6
Cp32-Cp33	622,85	96,56	110	100,0	19,6
Cp33-Cp34	780,36	105,08	125	113,6	22,3
Cp34-Cp35	937,88	112,58	125	113,6	22,3
Cp35-Cp39	1095,39	119,32	140	127,3	25,0
Cp37-Cp39	4772,32	207,21	250	227,3	44,6
Cp24-Cp38	133,62	54,21	110	100,0	19,6
Cp38-Cp39	133,62	54,21	110	100,0	19,6
Cp39-Cp40	6001,33	225,81	250	227,3	44,6
Cp15-Cp40	133,62	54,21	110	100,0	19,6

Quadro 4.16 - Estimativa de caudais totais, diâmetros e tensões de arrastamento para os coletores prediais da rede de águas pluviais - continuação

Trechos - CP	Qacum (L/min)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	t (N/m <sup>2</sup> )
Cp40-Cp45	6134,96	227,68	250	227,3	44,6
Cp21-Cp41	165,77	58,78	110	100,0	19,6
Cp41-Cp42	470,35	86,91	110	100,0	19,6
Cp17-Cp42	133,62	54,21	110	100,0	19,6
Cp42-Cp43	908,55	111,24	125	113,6	22,3
Cp43-Cp46	1111,60	119,98	110	100,0	19,6
Cp16-Cp46	133,62	54,21	110	100,0	19,6
Cp46-Cp44	1448,27	132,50	160	145,4	28,5
Cp26-Cp44	64,22	41,19	110	100,0	19,6
Cp44-Cp45	1715,54	141,19	160	145,4	28,5
Cp45-Cp47	8804,18	260,71	315	286,4	56,1
Cp47-Cp48 (RL23)	9757,87	270,96	315	286,4	56,1
Cp48-CATAP	10711,55	280,60	315	286,4	56,1

Nota: A azul identificam-se os Cp existentes em planta, enquanto os restantes foram visualizados no local; a verde identifica-se o RL que faz a ligação com a rede pluvial pública.

#### 4.4. Dimensionamento da instalação de tratamento

Sugere-se que a cisterna de tratamento e armazenamento (CATAP) seja de construção superficial, uma vez que pode ficar discretamente localizada numa área do terreno que só tem espaços verdes e árvores, muito próxima do limite de propriedade e difícil de visualizar desde os edifícios (ver Figura II.2, do Anexo II), além de ficar mais barato.

Sugere-se a instalação dos seguintes equipamentos, tubagens e acessórios:

- um filtro imediatamente a montante, para remoção de matéria sólida;
- um dispositivo de by-pass para desviar as primeiras águas (first-flush) ou o volume excedente quando a cisterna estiver cheia, ligado a tubagem de saída com sifão e válvula antirretorno ligada à rede pública de drenagem;
- tubagem de entrada, de alimentação gravítica;
- tubagem de saída, de extração (sucção) mecânica associada a uma bomba;
- bomba para extração e elevação de água, que garantirá as pressões mínimas necessárias para o bom funcionamento da rede de distribuição a jusante;
- regulador de nível;

- tubagem de emergência para saída de excedentes, dotada de sifão e válvula antirretorno ligada à rede pública de drenagem;
- tubagem ou orifício de ventilação;
- sistema de desinfecção associado à tubagem de saída;
- válvulas de seccionamento a montante de todos os equipamentos.

O abastecimento com águas pluviais recicladas terá origem no CATAP, de onde serão bombadas para a rede de abastecimento (RAAPR), que alimentará dos autoclismos, possibilitando o seu abastecimento pressurizado, bem como para torneiras para lavagem de pavimentos e bocas de regas para os espaços verdes. O seu dimensionamento é apresentado no ponto 4.5.

Para estimativa do volume da CATAP utilizaram-se as Eq. (3.3), Eq. (3.4) e Eq. (3.5), considerando-se dois cenários:

C#1: reutilização para recarga de 74 autoclismos;

C#2: reutilização para recarga de 74 autoclismos, rega de 1.956,29 m<sup>2</sup> de espaços verdes e lavagem de 5.711,92 m<sup>2</sup> de pavimentos.

Para o cálculo de V1 (Eq. (3.3)), utilizaram-se os seguintes dados (alguns retirados do Anexo 2 da ETA 0701 (2021):

$P = 1.007,36$  mm (considerando que a intensidade de precipitação, 125,92 mm/h, só é significativa em oito meses, entre outubro e maio);

$A = 6.247,23$  m<sup>2</sup> (área contributiva das coberturas e pavimentos);

$N = 30$  dias (Cenário C#1);

$N = 60$  dias (Cenário C#2).

Para o cálculo de V2 (Eq. (3.4)), utilizaram-se os seguintes dados (alguns retirados do Anexo 2 da ETA 0701 (2021):

$U = 65$  pessoas;

$CAE = 8.800$  L/pessoa (Cenário C#1);

$CAE = 9.800$  L/pessoa (Cenário C#2);

$CAE = 230$  L/m<sup>2</sup> (Cenário C#2), valor intermédio para rega de espaços verdes);

$N = 30$  dias (Cenário C#1);

$N = 60$  dias (Cenário C#2).

Os resultados são apresentados no Quadro 4.17, podendo deduzir-se que, se forem consideradas as utilizações para recarga de autoclismos, rega de espaços verdes e lavagens de pavimentos será necessária uma capacidade de armazenamento cerca de 3,6 vezes superior ao que seria necessário para abastecer apenas os autoclismos. Aplicando a Eq. (3.1), considerando  $P = 2 \text{ mm}$  (ETA 0701, 2021), o volume de água a desviar no âmbito do first flush é de  $12,49 \text{ m}^3$ .

**Quadro 4.17 - Estimativa do volume da CATAP para os cenários C#1 e C#2.**

Cenário	N (dias)	V1 (m <sup>3</sup> )	CAE		V2 (m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
			(L/pessoa)	(L/m <sup>2</sup> )		
C#1	30	283,2	8.800	--	51,5	55
C#2	60	566,4	9.800	230	195,7	200

Andrade (2020) estudou o aproveitamento de águas pluviais na recarga de autoclismos, utilizando três áreas de captação diferentes em coberturas de edifícios ( $1963,5 \text{ m}^2$ , cenário 1;  $1495,0 \text{ m}^2$ , cenário 2; e  $3458,5 \text{ m}^2$ , cenário 3), mas dentro da ordem de grandeza utilizada neste estudo para o cenário C#1 ( $2.017,17 \text{ m}^2$ ). Obteve volumes de armazenamento de  $71 \text{ m}^3$ ,  $54 \text{ m}^3$  e  $125 \text{ m}^3$ , sendo o do cenário 2 próximo do valor obtido no cenário C#1 deste estudo ( $55 \text{ m}^3$ ). A autora estima que, para um cenário semelhante ao C#1, possa obter-se uma redução anual de 21,7% de consumo de água da rede, a que corresponderia uma poupança na fatura de água de cerca de 4.172 €.

Estes resultados dão uma boa perceção das poupanças que podem emergir com a implementação de um sistema de reutilização de águas pluviais, podendo o retorno de investimentos no sistema de captação, drenagem, tratamento, armazenamento e distribuição, ser recuperado em poucos anos.

## **4.5. Traçado e dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais recicladas**

A rede RAAPR servirá, dentro dos edifícios, essencialmente os 74 autoclismos, e no exterior pontos (torneiras) para rega de espaços verdes e lavagem de pavimentos. O traçado seguiu o existente para a rede abastecimento de água potável (Figura I.1, Figura I.6 e Figura I.7, Anexo I), com algumas modificações em trechos que não servem autoclismos.

As cartas produzidas para a RAAPR nos três pisos são apresentadas nas Figura III.1 (Piso -1), Figura III.2 (Piso 0) e Figura III.3 (Piso 1).

O dimensionamento da RAAPR seguiu os critérios e procedimentos descritos no ponto 2.1 e já aplicado no ponto 4.2.3. A partir do caudal acumulado de cada trecho (Qacum), determinou-

se o caudal de cálculo ( $Q_c$ ) através das equações dadas na Figura 2.8 para um nível de conforto médio.

Os diâmetros para cada trecho foram estimados pela Eq. (2.6), a partir de  $Q_c$  e de uma velocidade inicial de 1 m/s. Os diâmetros nominais (DN) e interno (Dint) foram selecionados do Quadro 2.2 para PP (PN20). A velocidade de escoamento ( $v$ ) para cada trecho foi estimada a partir da Eq. (2.6), tendo sido utilizado o Dint para o seu cálculo.

Os resultados são apresentados nos Quadro 4.18 a Quadro 4.20, verificando-se que as velocidades cumprem os valores do *Regulamento* (entre 0,5 m/s e 2 m/s) em todos os trechos.

**Quadro 4.18 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso -1**

Trechos	$Q_c$ (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	$v$ (m/s)
51-52	0,72	30,2	50,0	33,2	0,83
52-Br43	0,72	30,2	50,0	33,2	0,83
Br43-53	0,70	29,8	50,0	33,2	0,80
53-54	0,42	23,1	40,0	26,6	0,76
54-56	0,42	23,1	40,0	26,6	0,76
56-57a	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
57a-58a	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
58a-59a	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
58a-62	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
53-57	0,55	26,4	50,0	33,2	0,63
57-58	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
58-59	0,46	24,1	40,0	26,6	0,82
59-60	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
60-61	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
47-Br44	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br44-Br45	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77

Nota: os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.19 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
CATAP-51	1,37	41,7	60,0	42,0	0,99
51-49	1,14	38,1	60,0	42,0	0,82
49-72	0,38	22,1	40,0	26,6	0,69
72-73	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
73-Br70	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
73-74	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
74-Br71	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
74-74a	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
74a-Br72	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
72-50	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
50-Br81	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
59a-Br75	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
56-Br76	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
62-Br73	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
57-Br74	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
59-Br77	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br77-Br78	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
60-Br80	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br80-Br79	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
49-46	1,07	36,9	63,0	42,0	0,77
46-47	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
46-48	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
48-65	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
65-Br67	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
48-71	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
71-Br68	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
71-Br69	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
46-1	1,01	35,9	63,0	42,0	0,73
1-45	0,52	25,7	40,0	26,6	0,93
63-Br66	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
64-Br64	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br64-Br65	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
1-2	0,86	33,0	63,0	42,0	0,62
2-3	0,46	24,1	40,0	26,6	0,82
3-4	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83

Quadro 4.19 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
4-Br3	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Br3-Br2	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br2-Br1	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
3-5	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
5-6	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
6-Br6	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Br6-Br5	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br5-Br4	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
5-7	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
7-Br7	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
2-12	0,72	30,2	50,0	33,2	0,83
12-13	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
13-Br8	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
12-14	0,70	29,8	50,0	33,2	0,80
14-15	0,63	28,2	50,0	33,2	0,72
15-V11	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
15-16	0,60	27,7	50,0	33,2	0,69
16-17	0,60	27,7	50,0	33,2	0,69
17-V23	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
17-18	0,55	26,4	50,0	33,2	0,63
18-V10	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
18-V9	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
18-19	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
19-V7	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
19-V8	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
19-20	0,42	23,1	40,0	26,6	0,76
20-V6	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
20-V5	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
20-21	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
21-V19	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
21-V2	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
21-22	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
22-V1	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
22-V3	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
14-23	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83

Quadro 4.19 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
4-Br3	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83
Br3-Br2	0,29	19,4	32,0	21,2	0,83

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.20 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 1

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
50-Br55	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
73-Br56	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
73-Br57	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
74a-Br54	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
62-Br49	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
57-Br48	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
59a-Br47	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
56-Br46	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
58-Br51	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
59-Br50	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
61-Br53	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
61-Br52	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
45-Br58	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
45-66	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
66-67	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
67-68	0,49	24,9	40,0	26,6	0,88
68-Br59	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
68-69	0,46	24,1	40,0	26,6	0,82
69-63	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
69-64	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
69-70	0,34	20,9	32,0	21,2	0,97
70-Br60	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br60-Br61	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77

Quadro 4.20 - Estimativa de caudais, diâmetros e velocidades na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 1 - continuação

Trechos	Qc (L/s)	D (mm)	DN (mm)	Dint (mm)	v (m/s)
70-70a	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
70a-Br62	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br62-Br63	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V27-Br32	0,24	17,5	32,0	21,2	0,68
Br32-Br33	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V27-Br31	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V11-Br19	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V23-Br30	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V23-Br21	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V9-Br20	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V10-Br21	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V7-Br22	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V8-Br23	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V6-Br24	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V5-Br25	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V19-Br26	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V2-Br27	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V1-Br26	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77
V3-Br29	0,17	14,6	25,0	16,6	0,77

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0.

A pressão de serviço mínima ( $P_i$ ) para cada trecho foi calculada a partir da Eq. (2.2). A perda de carga total ( $\Delta H$ ) em cada trecho foi estimada pelas Eq. (2.7), Eq. (2.8) e Eq. (2.9), tendo depois sido calculada a perda de carga acumulada em cada trecho de montante para jusante ( $\Delta H_{t_{acum}}$ ). Como não se conseguiu obter o valor real da pressão de serviço na rede pública ( $P_o$ ), esta foi estimada através da expressão  $P_o = 10 + 4xn$  (n: número de pisos), dada no Regulamento, tendo-se apurado um valor de 22 m c.a. O material escolhido foi PP, sendo  $K_s = 125 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  e o desnível  $d$  foi retirado das plantas da rede.

Os resultados são apresentados nos Quadro 4.21 a Quadro 4.23, verificando-se que os valores da pressão de serviço ( $P_i$ ), em todos os trechos, estão dentro dos valores do Regulamento (entre 5 e 60 m c.a.). A maioria dos trechos cumpre também os valores recomendados por Pedroso (2016) para conforto médio (entre 15 e 30 m c.a.).

Quadro 4.21 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso -1

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
51-52	0,026	0,071	1,827	3	17,17
52-Br43	0,026	0,039	1,867	3	17,13
Br43-53	0,025	0,216	2,083	3	16,92
53-54	0,029	0,018	2,100	3	16,90
54-56	0,029	0,021	2,121	3	16,88
56-57a	0,065	0,066	2,187	3	16,81
57a-58a	0,065	0,087	2,275	3	16,73
58a-59a	0,032	0,149	2,424	3	16,58
58a-62	0,032	0,149	2,424	3	16,58
53-57	0,015	0,038	2,121	3	16,88
57-58	0,039	0,045	2,166	3	16,83
58-59	0,034	0,054	2,219	3	16,78
59-60	0,065	0,140	2,360	3	16,64
60-61	0,032	0,061	2,421	3	16,58
47-Br44	0,032	0,164	3,241	3	15,76
Br44-Br45	0,058	0,338	3,579	3	15,42

Nota: os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.22 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
CATAP-51	0,027	1,757	1,757	0	20,24
51-49	0,019	0,341	2,098	0	19,90
49-72	0,024	0,662	2,760	0	19,24
72-73	0,048	0,168	2,928	0	19,07
73-Br70	0,058	0,062	2,990	0	19,01
73-74	0,048	0,243	2,990	0	19,01
74-Br71	0,058	0,066	3,056	0	18,94
74-74a	0,032	0,187	3,177	0	18,82
74a-Br72	0,058	0,142	3,198	0	18,80
72-50	0,032	0,601	3,361	0	18,64
50-Br81	0,058	0,262	3,623	0	18,38

Quadro 4.22 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
59a-Br75	0,058	0,099	2,522	0	19,48
56-Br76	0,058	0,099	2,220	0	19,78
62-Br73	0,058	0,099	2,522	0	19,48
57-Br74	0,058	0,099	2,220	0	19,78
59-Br77	0,032	0,049	2,268	0	19,73
Br77-Br78	0,058	0,139	2,407	0	19,59
60-Br80	0,032	0,098	2,458	0	19,54
Br80-Br79	0,058	0,144	2,601	0	19,40
49-46	0,017	0,512	2,609	0	19,39
46-47	0,032	0,317	3,077	0	18,92
46-48	0,048	1,368	3,977	0	18,02
48-65	0,058	0,775	4,752	0	17,25
65-Br67	0,058	0,149	4,901	0	17,10
48-71	0,032	0,181	4,158	0	17,84
71-Br68	0,058	0,136	4,294	0	17,71
71-Br69	0,058	0,166	4,324	0	17,68
46-1	0,015	0,483	3,092	0	18,91
1-45	0,044	1,655	4,747	0	17,25
63-Br66	0,058	0,109	6,671	0	15,33
64-Br64	0,032	0,122	6,619	0	15,38
Br64-Br65	0,058	0,283	6,902	0	15,10
1-2	0,011	0,073	3,165	0	18,84
2-3	0,034	0,076	3,241	0	18,76
3-4	0,048	0,017	3,258	0	18,74
4-Br3	0,048	0,151	3,409	0	18,59
Br3-Br2	0,032	0,034	3,443	0	18,56
Br2-Br1	0,058	0,062	3,505	0	18,49
3-5	0,065	0,361	3,602	0	18,40
5-6	0,048	0,017	3,619	0	18,38
6-Br6	0,048	0,145	3,764	0	18,24
Br6-Br5	0,032	0,034	3,799	0	18,20
Br5-Br4	0,058	0,062	3,861	0	18,14
5-7	0,058	0,104	3,706	0	18,29
7-Br7	0,058	0,062	3,768	0	18,23
2-12	0,026	0,108	3,273	0	18,73

Quadro 4.22 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 0 - continuação

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
12-13	0,058	0,468	3,741	0	18,26
13-Br8	0,058	0,062	3,803	0	18,20
12-14	0,025	0,069	3,342	0	18,66
14-15	0,020	0,141	3,483	0	18,52
15-V11	0,058	0,083	3,566	0	18,43
15-16	0,018	0,029	3,511	0	18,49
16-17	0,018	0,035	3,546	0	18,45
17-V23	0,032	0,074	3,621	0	18,38
17-18	0,015	0,049	3,595	0	18,41
18-V10	0,058	0,135	3,729	0	18,27
18-V9	0,058	0,135	3,729	0	18,27
18-19	0,039	0,205	3,800	0	18,20
19-V7	0,058	0,135	3,934	0	18,07
19-V8	0,058	0,135	3,934	0	18,07
19-20	0,029	0,196	3,996	0	18,00
20-V6	0,058	0,135	4,130	0	17,87
20-V5	0,058	0,135	4,130	0	17,87
20-21	0,065	0,327	4,323	0	17,68
21-V19	0,058	0,135	4,457	0	17,54
21-V2	0,058	0,135	4,457	0	17,54
21-22	0,032	0,218	4,540	0	17,46
22-V1	0,058	0,135	4,675	0	17,33
22-V3	0,058	0,135	4,675	0	17,33
14-23	0,048	0,354	3,697	0	18,30
23-24	0,048	0,426	4,122	0	17,88
24-V27	0,048	0,093	4,215	0	17,79

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; o trecho associado ao nó 60, assinalado a laranja, sobe do piso -1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0; os trechos associados aos nós 47 e 51, assinalados a azul, descem do piso 0 para o piso -1.

Quadro 4.23 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 1

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
50-Br55	0,058	0,331	3,402	3	15,60
73-Br56	0,058	0,041	2,969	3	16,03
73-Br57	0,058	0,041	2,969	3	16,03
74a-Br54	0,058	0,041	3,219	3	15,78
62-Br49	0,058	0,083	2,506	3	16,49
57-Br48	0,058	0,083	2,204	3	16,80
59a-Br47	0,058	0,083	2,506	3	16,49
56-Br46	0,058	0,083	2,204	3	16,80
58-Br51	0,058	0,130	2,296	3	16,70
59-Br50	0,058	0,152	2,572	3	16,43
61-Br53	0,058	0,164	2,584	3	16,42
61-Br52	0,058	0,214	2,635	3	16,37
45-Br58	0,058	1,034	5,780	3	13,22
45-66	0,039	0,309	6,090	3	12,91
66-67	0,039	0,127	6,216	3	12,78
67-68	0,039	0,151	6,368	3	12,63
68-Br59	0,058	0,110	6,478	3	12,52
68-69	0,034	0,049	6,416	3	12,58
69-63	0,058	0,146	6,562	3	12,44
69-64	0,032	0,081	6,497	3	12,50
69-70	0,065	0,168	6,585	3	12,42
70-Br60	0,032	0,063	6,647	3	12,35
Br60-Br61	0,058	0,842	7,489	3	11,51
70-70a	0,032	0,019	6,604	3	12,40
70a-Br62	0,032	0,229	6,833	3	12,17
Br62-Br63	0,058	0,035	6,868	3	12,13
V27-Br32	0,032	0,305	4,519	3	14,48
Br32-Br33	0,058	0,380	4,899	3	14,10
V27-Br31	0,058	0,072	4,287	3	14,71
V11-Br19	0,058	0,062	3,628	3	15,37
V23-Br30	0,058	0,062	3,683	3	15,32
V23-Br21	0,058	0,172	3,793	3	15,21
V9-Br20	0,058	0,062	3,792	3	15,21
V10-Br21	0,058	0,062	3,792	3	15,21
V7-Br22	0,058	0,062	3,996	3	15,00

**Quadro 4.23 - Estimativa das perdas de carga e pressão de serviço na rede predial de abastecimento de água pluvial reciclada - Piso 1 - continuação**

Trechos	J (m/m)	$\Delta H_t$ (m)	$\Delta H_t(\text{acum})(m)$	d (m)	Pi (m)
V8-Br23	0,058	0,062	3,996	3	15,00
V6-Br24	0,058	0,062	4,192	3	14,81
V5-Br25	0,058	0,062	4,192	3	14,81
V19-Br26	0,058	0,062	4,519	3	14,48
V2-Br27	0,058	0,062	4,519	3	14,48
V1-Br26	0,058	0,062	4,737	3	14,26
V3-Br29	0,058	0,062	4,737	3	14,26

Nota: os trechos associados aos nós V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V19, V23, V25, V27, 45, 50, 65, 73 e 74a, assinalados a verde, sobem do piso 0 para o piso 1; os trechos associados aos nós 56, 57, 57a, 59, 59a e 62, assinalados a verde-escuro, sobem do piso -1 para os pisos 0 e 1; os trechos associados aos nós 58 e 61, assinalados a vermelho, sobem do piso -1 para o piso 1; os trechos associados aos nós 63 e 64, assinalados a roxo, descem do piso 1 para o piso 0.

Todas as peças desenhadas produzidas noas Anexo I, Anexo II e Anexo III foram executadas recorrendo à simbologia apresentada nas Figura IV.1 e Figura IV.2 do Anexo IV.

## 5. Conclusões e Perspetivas de Trabalhos Futuros

### 5.1. Conclusões

A residência sénior Senhora do Carmo, localizada na Covilhã, apresenta elevados custos com o consumo de água para fins potáveis, lavagem de pavimentos e rega de espaços verde. Existe a preocupação dos responsáveis da residência em ter uma gestão sustentável da água e estão sensíveis para o interesse na reutilização de águas residuais e pluviais.

O aproveitamento e reutilização de águas pluviais em usos urbanos não potáveis é uma prática que pode trazer benefícios na gestão da água da residência, podendo levar a economias no custo do serviço de abastecimento e contribuindo para reduzir o volume de água captado em meios naturais para abastecimento público. É, pois, uma medida que parece técnica, económica e ambientalmente sustentável.

O trabalho realizado nesta dissertação envolveu o estudo das redes prediais de águas da residência (rede predial de abastecimento de água potável, rede predial de drenagem de águas residuais e rede predial de drenagem de águas pluviais), e a estimativa de volumes de águas pluviais que pudessem ser captados, tratados e reutilizados para a recarga de autoclismos, lavagem de pavimentos e rega de espaços verde. Envolveu ainda o redimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais existente e em construção e o traçado e dimensionamento de uma nova rede de abastecimento de águas pluviais recicladas, além do cálculo da capacidade para a cisterna de tratamento e armazenamento em função de dois cenários de reutilização.

É possível obter uma economia adicional de água se forem substituídos os 74 autoclismos de descarga simples (10 L) por equipamentos de descarga dupla (3/6 L) e se forem substituídas 82 torneiras convencionais nos espaços comuns por torneiras temporizadas, bem como introduzidos 54 redutores de caudal em dispositivos localizados em espaços individuais.

Os valores obtidos para os critérios hidráulico-sanitários no redimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais (ponto 4.3.2.), nomeadamente para a tensão de arrastamento, são superiores ao valor mínimo admitido no *Regulamento* (2,45 N/m<sup>2</sup>), sendo, no entanto, aconselhado aumentar os diâmetros da maioria dos tubos de queda para aumentar a capacidade de drenagem das águas pluviais produzidas nas coberturas dos edifícios. Alguns coletores prediais precisam também de aumentar a sua capacidade para recolher uma maior quantidade de águas pluviais originadas nos pavimentos e provenientes dos tubos de queda.

Os resultados parecem indicar que, apesar da água pluvial ser de produção sazonal, com menor disponibilidade entre os meses de junho a setembro, é possível tratá-la e armazená-la para ser utilizada para a recarga dos 74 autoclismos, lavar os cerca de 5.711,9 m<sup>2</sup> de pavimentos e regar os cerca de 1.956,3 m<sup>2</sup> de espaços verdes do equipamento social durante mais de oito meses por ano. No primeiro caso será necessária uma capacidade de armazenamento de 55 m<sup>3</sup>, enquanto, para satisfazer todas as oportunidades de reutilização, serão necessários 200 m<sup>3</sup> para a CATAP.

Em relação à nova rede de águas pluviais recicladas (ponto 4.5), os resultados obtidos para os critérios hidráulico-sanitários indicam que as velocidades de escoamento estão dentro do intervalo de valores indicado pelo *Regulamento*, variando entre 0,5 m/s e os 2,0 m/s, assim como as pressões de serviço, que variam de acordo com os valores regulamentares, entre 5 e 60 m.c.a.

Assim, pode considerar-se que é tecnicamente viável a captação, tratamento, armazenamento e reutilização de águas pluviais no espaço ocupado pela Residência Sénior Nossa Senhora do Carmo, Covilhã, para as oportunidades selecionadas: recarga de autoclismos, rega de espaços verdes e lavagem de pavimentos.

## 5.2. Perspetivas de trabalhos futuros

Existem alguns trabalhos que poderiam dar continuidade a este estudo, nomeadamente:

- 1) Avaliar a viabilidade económica associada à reutilização de águas pluviais para os fins selecionados;
- 2) Avaliar a viabilidade técnica e económica associada à recolha, tratamento e reutilização de águas cinzentas tratadas;
- 3) Estudar cenários de reutilização simultânea ou alternada de águas pluviais e águas cinzentas tratadas, uma vez que as primeiras são de produção sazonal, enquanto as segundas são de produção contínuos;
- 4) Instalar medidores de caudal nas tubagens dos edifícios para avaliar os caudais descarregados, assim como udómetros nas coberturas para obter medições precisas da precipitação.

## Referências Bibliográficas

Abrantes S. (2017). Avaliação do potencial de reutilização de águas no Centro Social e Cultural de Santo Aleixo em Unhais da Serra. Dissertação de Mestrado, UBI, Covilhã.

Abrantes, S., Silva, F. & Albuquerque, A. (2018a). Recycling of rainwater in a social and cultural center. *Proceedings*, 2 (20), 1276.

Albuquerque A. e Matos J. (2015). Urban water reuse in tourism area. In Urban Water Reuse Handbook, Saeid Eslamiam (Ed.), CRC Press, Taylor & Francis, EUA, Cap. 26, 309-318.

Albuquerque A., Scalize P., Ferreira N. e Silva F. (2015). Multi-criteria analysis for site selection for the reuse of reclaimed water and biosolids. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 10(1), 22-34.

Albuquerque A., Marecos do Monte H., Silva F., Cavaleiro V. e Carvalho A. (2012). Analysis of reclaimed water application for irrigation using multi-criteria analysis. *Actas da IWA Regional Conference on Wastewater Purification and Reuse*, 28 a 30 de março de 2012, Creta, Grécia, 10 p.

Andrade N. (2020). Estudo do potencial de eficiência hídrica no pavilhão municipal Arnaldo Pereira da Cidade de Bragança: Soluções para reutilização de águas cinzentas e aproveitamento de águas pluviais. Dissertação de Mestrado, IPB, Bragança.

APA. (2012). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (2012-2020). APA, Lisboa.

Botica A. (2012). Redes de drenagem de águas residuais domésticas em edifícios. Dissertação de Mestrado IST, Lisboa.

ETA 0701 (2021). Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP). Especificação técnica, Versão 10, ANQIP, Aveiro.

ETA 0702 (2021). Certificação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Especificação técnica, Versão 6, ANQIP, Aveiro.

Chow V. (1964). Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill, New York, EUA.

Decreto-Lei Nº 194/2009, de 20 de agosto (2009). Estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.

Decreto Regulamentar Nº 23/95, de 23 de agosto (1995). Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa.

Ecodepur (2021). Reservatórios para água. Catálogo online (<https://www.ecodepur.pt/equipamentos/solucoes-de-armazenamento/reservatorios> ). Consultado em 20 de novembro de 2021.

EN 806-3 (2006). Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption - Part 3: Pipe sizing - Simplified method. CEN, Bruxelas, Bélgica.

EN 12056-2 (2000). Gravity drainage systems inside buildings - Part 2: sanitary pipework, layout and calculation. CEN, Bruxelas, Bélgica.

FazForte (2021): Entenda como funciona cada elemento de uma cisterna. Catálogo online (<https://www.fazforte.com.br/blog/entenda-como-funciona-cada-elemento-da-cisterna/>). Consultado em 20 de novembro de 2021.

Ferreira F. (2012). Referências para os níveis de consumo de água sustentáveis em edifícios de habitação. Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto.

Lencastre A. e Franco F. (2003). Lições de Hidrologia. Fundação Armando Lencastre, Lisboa.

Macintyre A. (2010). Instalações hidráulicas prediais e industriais. 4ª Ed., LTC, Rio de Janeiro, Brasil.

Marecos do Monte H. e Albuquerque A. (2010). Reutilização de águas residuais. Lisboa. ERSAR, Lisboa.

Marecos do Monte H. e Albuquerque A. (2010). Analysis of constructed wetland performance for irrigation reuse. *Water Science and Technology*, 61(7), 1699-1705.

Marques J. e Sousa J. (2011). Hidráulica urbana: Sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. 3ª Edição. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Morais T. (2019). Avaliação do potencial de eficiência hídrica num edifício público da cidade de Bragança: o caso do Centro Escolar da Sé. Dissertação de Mestrado, IPB, Bragança.

Nascimento A. (2014). Sistema de aproveitamento de águas pluviais em grandes superfícies e o seu impacto ambiental. Dissertação de Mestrado, FEUP, Porto.

Oliveira F. (2008). Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação de viabilidade. Dissertação de Mestrado, IST, Lisboa.

Paixão M (1999). Águas e esgotos em urbanizações e instalações prediais. 2ª Edição. Edições Orion, Lisboa.

Pedrero F., Albuquerque A., Amado L., Marecos do Monte H. e Alarcon J. (2011b). Analysis of the reclamation treatment capability of a constructed wetland for reuse. *Water Practice and Technology*, 6(3), wpt2011050.

Pedrero F., Albuquerque A., Marecos do Monte H., Cavaleiro V. e Alarcon J. (2011a). Application of GIS-based multi-criteria analysis for site selection of aquifer recharge with reclaimed water. *Resources, Conservation & Recycling*, 56(1), 105-116.

Pedroso V. (2016). Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas. 6a Edição. LNEC, Lisboa;

Prazeres A., Fernandes F., Afonso A., Almeida A., Regato M., Albuquerque A., Rivas J., Jerónimo E. e arvalho. (2016). Projeto HYDROREUSE - Tratamento e reutilização de águas residuais agroindustriais utilizando um sistema hidropónico inovador com plantas de tomate. *Ambiente Magazine*, 73, 14.

Quadros C. (2010). Rainwater harvesting - Case study: FCT/UNL campus. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Caparica.

Sardinha N., Albuquerque A., Silva F. e Scalize P. (2014). GIS-based site selection for agriculture irrigation with reclaimed water. *Actas da 11th International Conference on Hydroinformatics (HIC2014)*, 17 a 21 de agosto de 2014, City College of New York, Nova York, EUA.

Sardinha N. (2012). Avaliação do potencial de reutilização de águas residuais tratadas da ETAR da Covilhã para rega agrícola. Dissertação de Mestrado, UBI, Covilhã.

Schulze M. (2020). Avaliação do potencial de eficiência hídrica num pavilhão industrial: Soluções de dimensionamento de reservatório para aproveitamento de águas pluviais. Dissertação de mestrado, IPB, Bragança.

Silva-Afonso A. e Pimentel-Rodrigues C. (2017). Manual de eficiência hídrica em edifícios. ANQIP, Aveiro.

Silva F. (2015). Avaliação da capacidade reativa de solos residuais destinados à infiltração de águas residuais tratadas. Tese de Doutoramento, UBI, Covilhã.

Silva F., Albuquerque A., Marecos do Monte H., Cavaleiro V. e Carvalho A. (2012). Site selection for reclaimed water infiltration using GIS tools. *Actas da IWA Regional Conference on Wastewater Purification and Reuse*, 28 a 30 de março de 2012, Creta, Grécia, 12 p.

Silva F. (2011). Estudo do potencial de recarga de aquíferos com águas residuais tratadas utilizando sistemas de informação geográfica. Dissertação de Mestrado, UBI, Covilhã.

TWDB (2005). The Texas manual on rainwater harvesting. 3ª Edição, Austin, Texas, EUA.

Trindade M. (2016). Uso eficiente da água na rega de espaços verdes urbanos de enquadramento. Dissertação de Mestrado, FC, Universidade do Porto, Porto.

UN WWDR (2020). The United Nations world water development report 2020: Water and climate change. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France.

Vale P. (2019). Estudo de viabilidade de eficiência hídrica no Centro Escolar de Santa Maria da cidade de Bragança. Dissertação de Mestrado, IPB, Bragança.

WWC (2021). Water security for world health. World Water Council, Annual report 2020, Marseille, France.

## Anexos



## **Anexo I - Plantas da rede de abastecimento de água potável**

Figura I.1 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso -1 (Esc. 1/200)

Figura I.2 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso 0 (Esc. 1/200)

Figura I.3 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso 1 (Esc. 1/200)

Figura I.4 - Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 0 (Esc. 1/200)

Figura I.5 - Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 1 (Esc. 1/200)

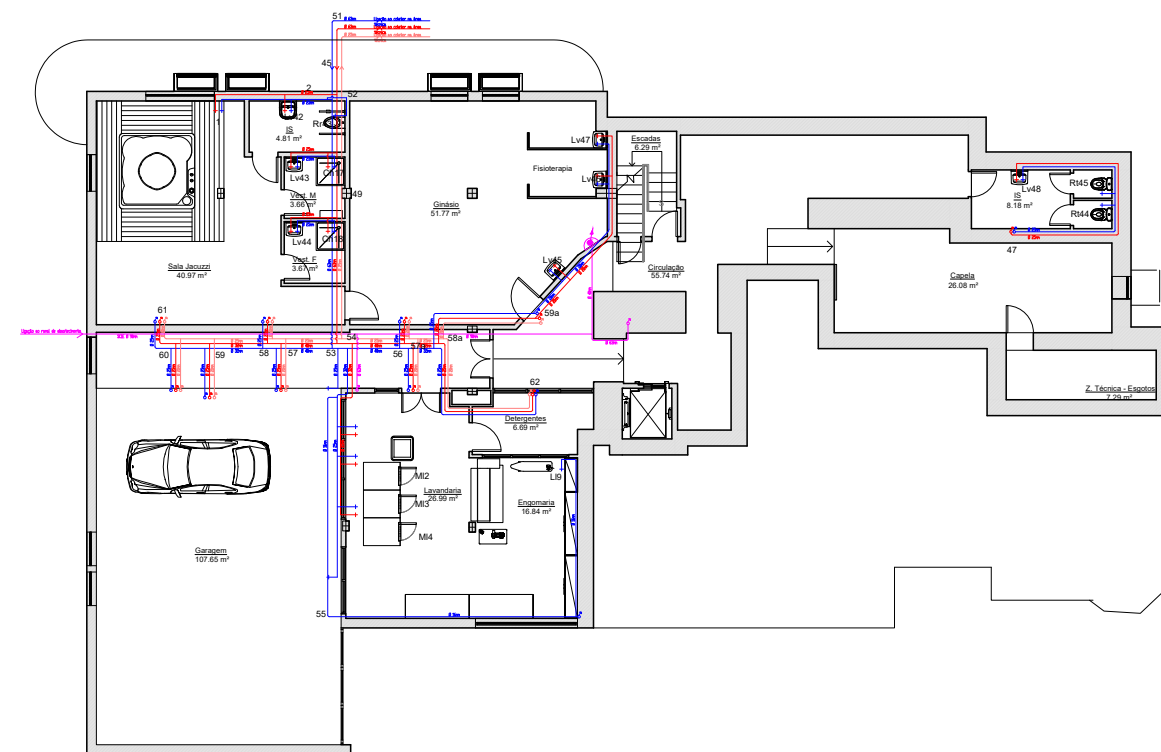
Figura I.6 - Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0 (Esc. 1/200)

Figura I.7 - Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso 1 (Esc. 1/200)



Figura I.1 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso -1(Esc.1/200)

## Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso -1 (Esc. 1/200)



PISO -1



Figura I.2 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso 0 (Esc. 1/200)

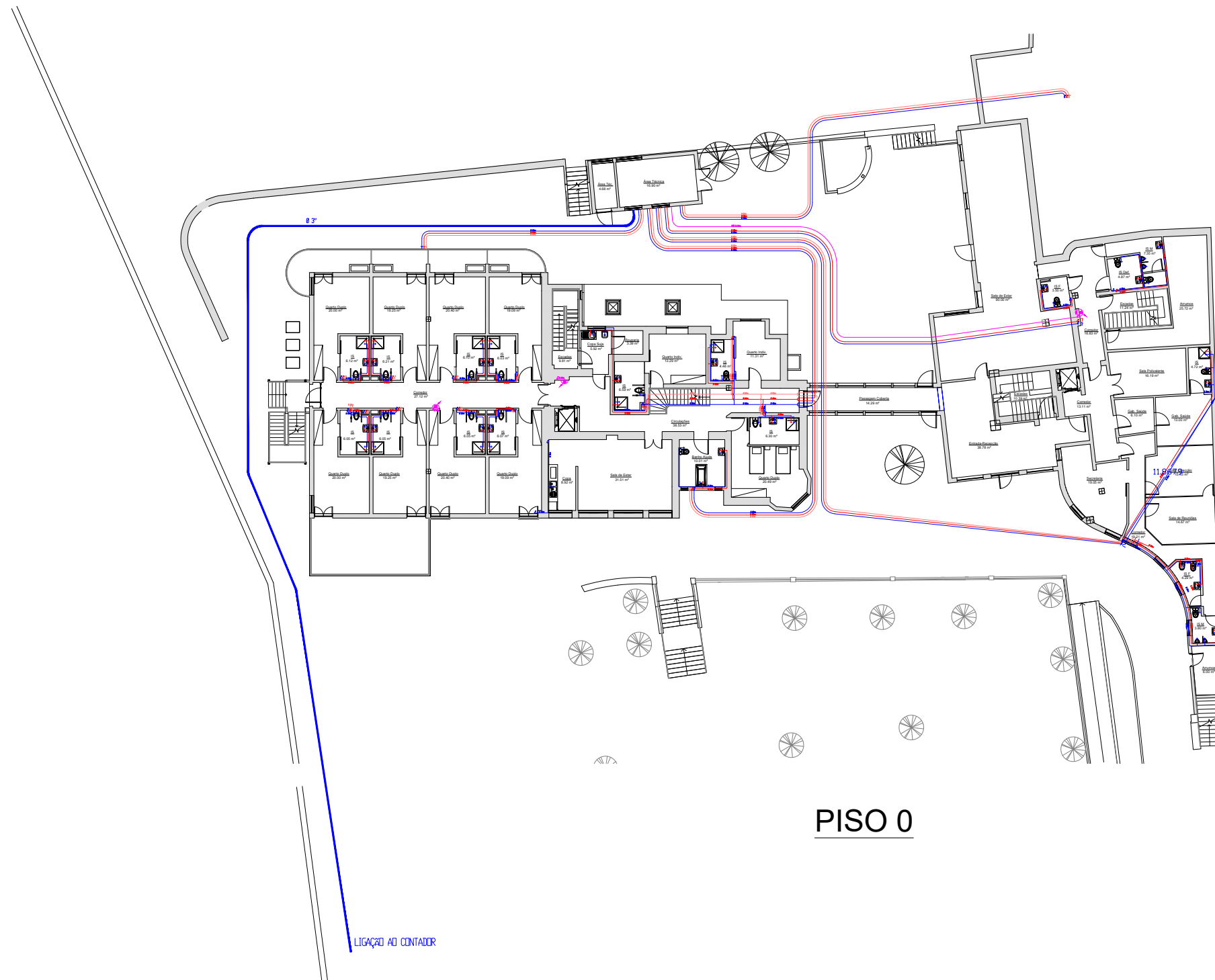




Figura I.3 - Rede de abastecimento de água potável no edifício existente - Piso 1 (Esc. 1/200)

Rede de abastecimento de água potável no edifício existente -Piso 1 (Esc. 1/200)

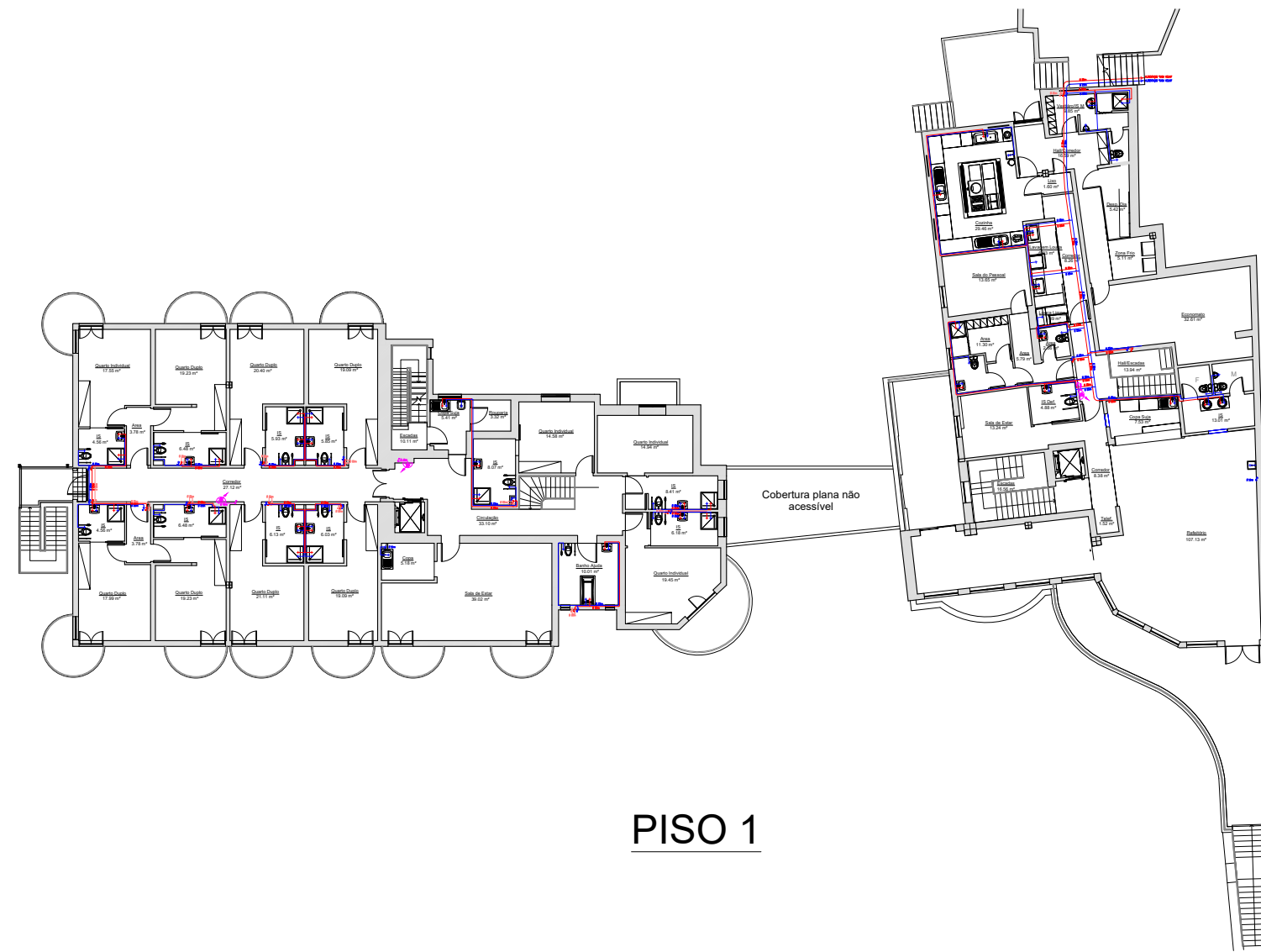




Figura I.4 - Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 0 (Esc.1/200)

# Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 0 (Esc. 1/200)

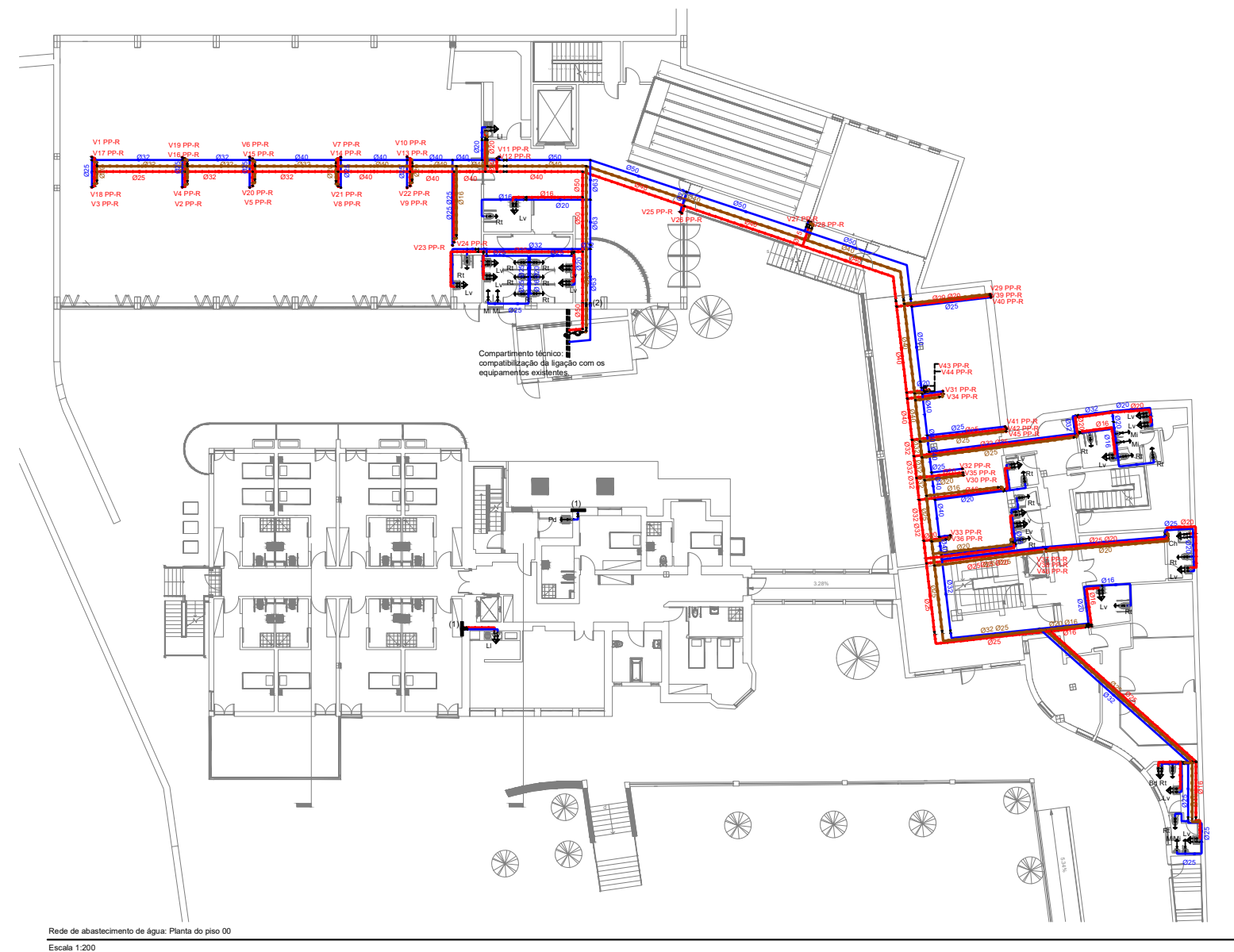




Figura I.5 - Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 1 (Esc.1/200)

## Rede de abastecimento de água potável no edifício em construção - Piso 1 (Esc. 1/200)

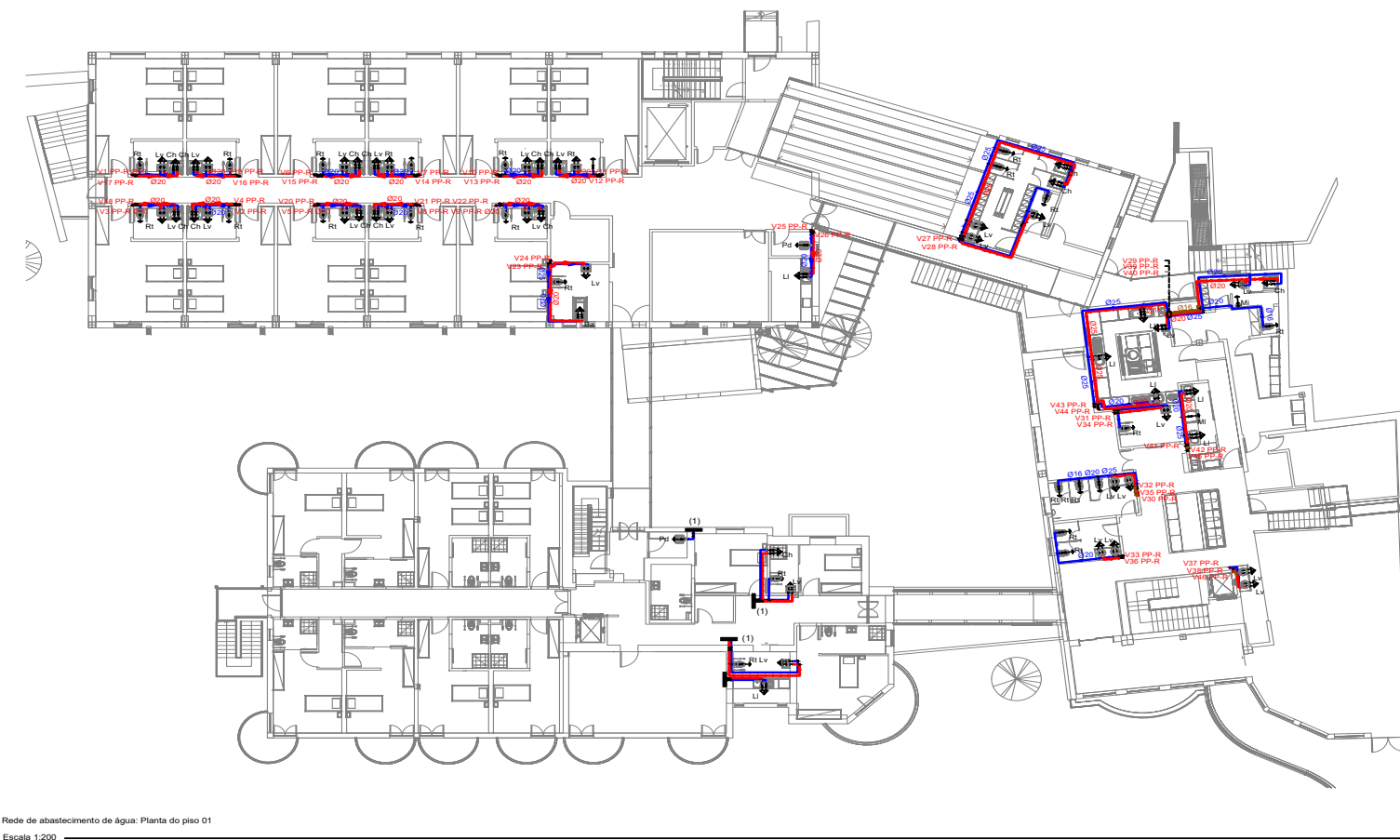




Figura I.6 - Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0 (Esc.1/200)

Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção -Piso 0 (Esc. 1/200)

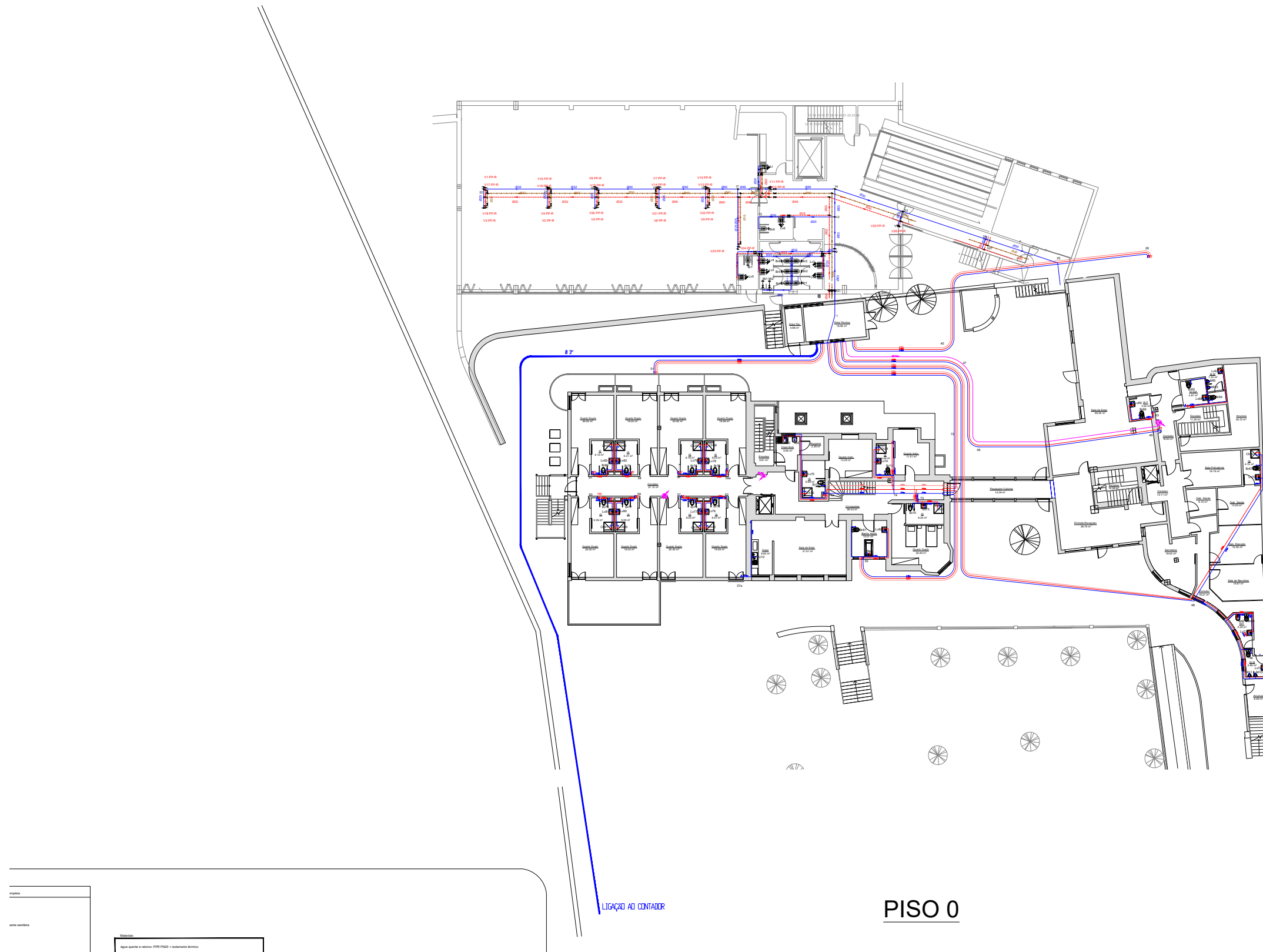




Figura I.7 - Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso1 (Esc.1/200)

## Rede de abastecimento de água potável agregada, nos edifícios existente e em construção -Piso 1 (Esc. 1/200)





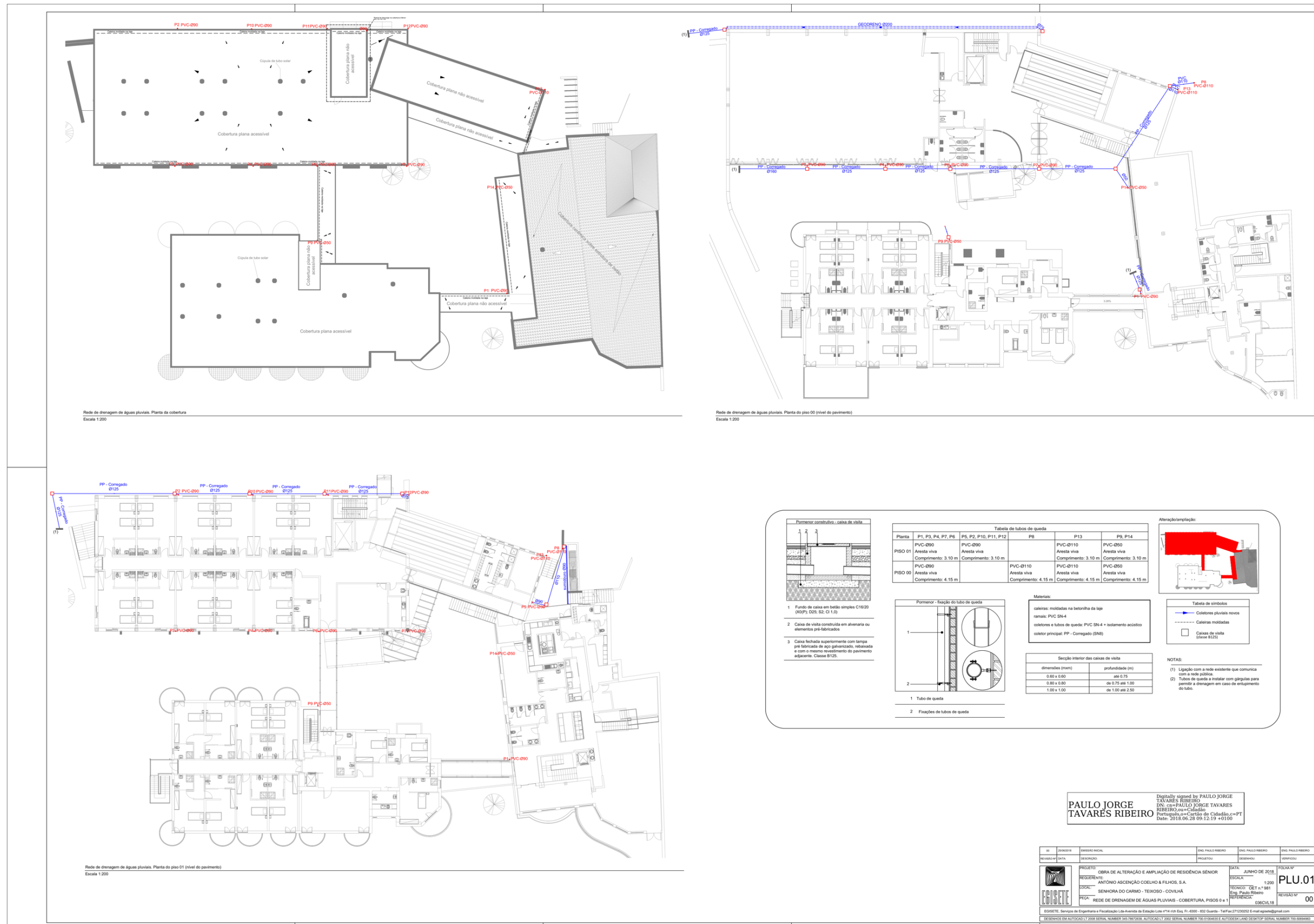
## **Anexo II - Plantas da rede de drenagem de águas pluviais**

Figura II.1 - Rede de águas pluviais agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0, Piso 1 e cobertura (Esc. 1/200)

Figura II.2 - Rede de águas pluviais agregada e modificada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0, Piso 1 e cobertura (Esc. 1/200)



Figura II.1 - Rede de águas pluviais agregada, nos edifícios existente e em construção - Piso 0, Piso 1 e cobertura (Esc. 1/200)









## **Anexo III - Plantas da rede de drenagem de águas pluviais recicladas**

Figura III.1 - Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes - Piso 0, Piso -1 (Esc. 1/200)

Figura III.2 - Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes e em construção - Piso 0 (Esc. 1/200)

Figura III.3 - Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes e em construção - Piso 1 (Esc. 1/200)



Figura III.1 - Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes - Piso 0, Piso -1 (Esc.1/200)

Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas no edifício existente - Piso -1 (Esc. 1/200)

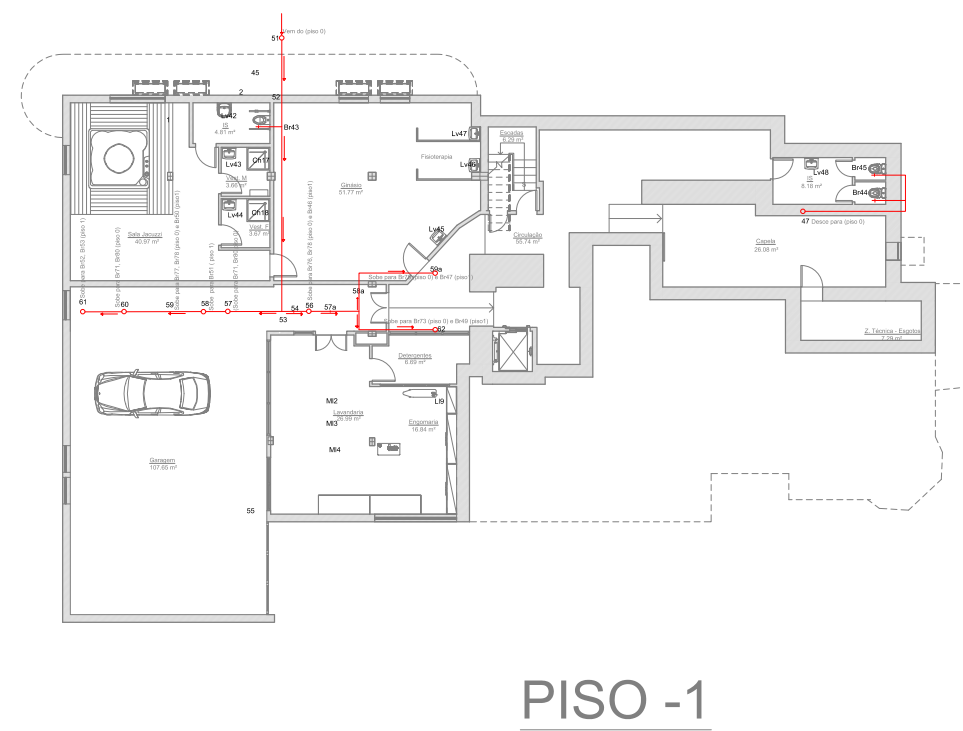








Figura III.3- Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes e em construção -Piso 1 (Esc. 1/200)

Rede de abastecimento de águas pluviais recicladas nos edifícios existentes e em construção - Piso 1 (Esc. 1/200)

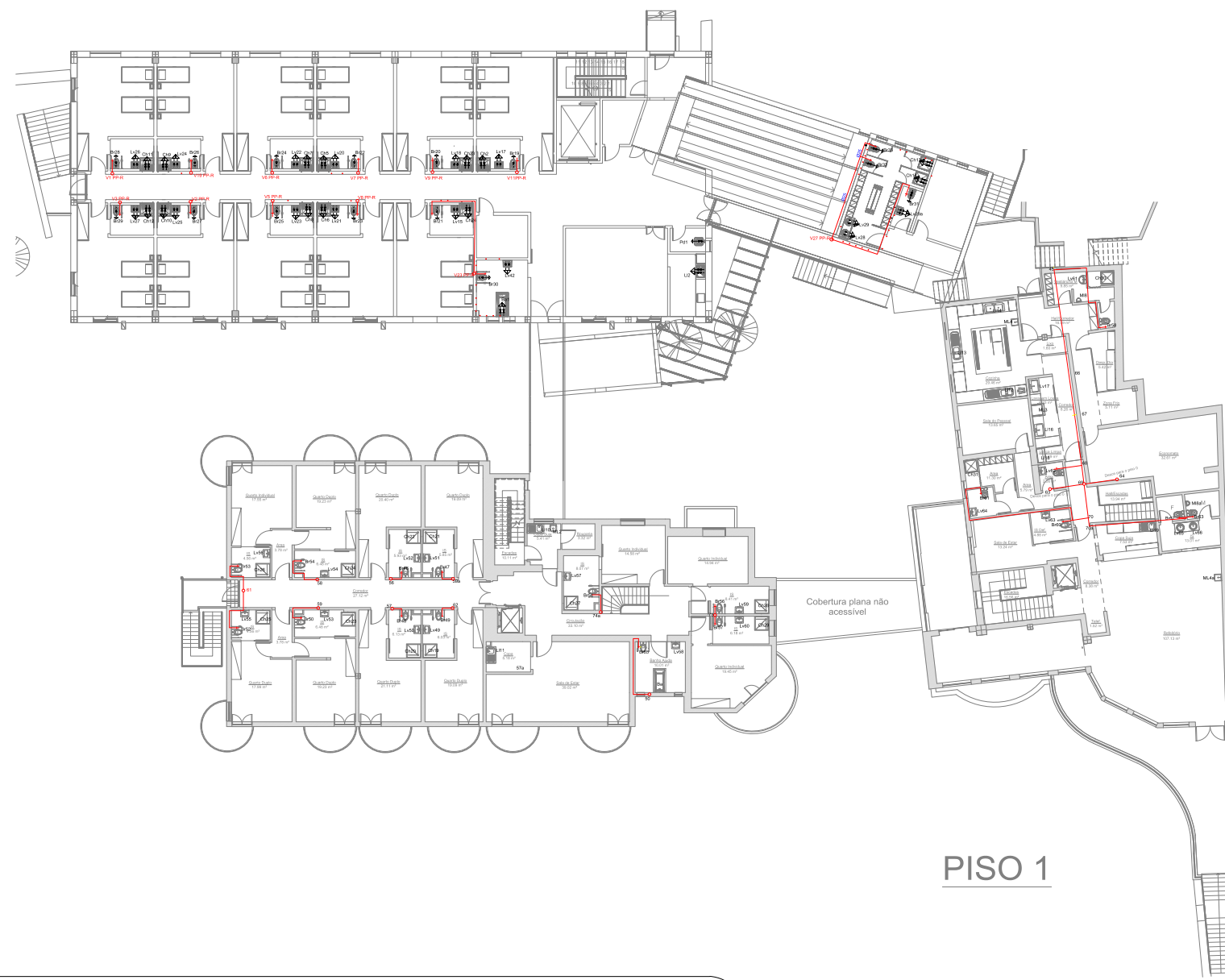


Tabela de símbolos completa



## **Anexo IV- Simbologias**

Figura IV.1 - Simbologia para redes prediais de abastecimento de água - Canalizações e acessórios

Figura IV.2 - Simbologia para redes prediais de drenagem de águas pluviais

**Figura IV.1 - Simbologia para redes prediais de abastecimento de água - Canalizações e acessórios**


















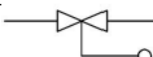



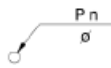










<i>Simbologia</i>	<i>Designação</i>
	Autoclismo
	Bomba
	Caleira para alojamento de canalizações ou encamisamento
	Canalização de água fria
	Canalização de água para combate a incêndios
	Contador
	Cruzamento com ligação
	Cruzamento sem ligação
	Filtro
	Junta de dilatação
	Prumada ascendente com mudança de piso
	Prumada descendente com mudança de piso
	Purgador de ar
	Queda da canalização da direita para a esquerda
	Queda da canalização da esquerda para a direita
	Torneira de serviço
	Torneira ou válvula de seccionamento
	Válvula de flutuador
	Vaso de expansão

Figura IV.2 - Simbologia para redes prediais de drenagem de águas pluviais

	Canalização de águas residuais pluviais (A. R. P.)
	Canalização de drenagem de subsolo
	Tubo de queda de A. R. P. (nº. n, de diâmetro $\varnothing$ )
	Sentido de escoamento (i – inclinação da tubagem)
	Sifão
	Caixa de pavimento
	Ralo
	Ralo de pinha
	Câmara de inspeção
	Câmara retentora
	Instalação elevatória
	Válvula de seccionamento
	Válvula de retenção

