



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# **Avaliação do potencial de reutilização de águas no Centro Social e Cultural de Santo Aleixo em Unhais da Serra**

**"Versão final após defesa pública"**

**Sofia Alexandra Pereira Abrantes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Civil**  
(ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutora Flora Cristina Meireles Silva  
Co-orientador: Prof. Doutor António João Carvalho de Albuquerque

**Covilhã, novembro de 2017**



# Agradecimentos

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

Agradeço aos meus Pais Helder Afonso Abrantes e Umbelina Abrantes, e irmão Helder Filipe Abrantes pelo apoio incondicional ao longo deste longo percurso, por confiarem em mim, apoiarem todas as minhas decisões e acima de tudo acreditarem em segundas oportunidades.

À Prof. Dra. Flora Silva agradeço a constante disponibilidade, apoio prestado e dúvidas esclarecidas.

Ao Prof. Dr. António Albuquerque desejo exprimir o meu reconhecimento e gratidão pela disponibilidade e amizade, que me ajudou a desenvolver ideias e que me encaminharam para a área de estudos que frequentei.

À Dra. Jeni Soeiro agradeço toda a disponibilidade e informação dispensadas, sem as quais este trabalho não seria possível.

Aos meus colegas de curso, pela convivência, amizade e constante camaradagem.

A todos, o meu Bem-Haja.



## Resumo

A reutilização de águas pluviais em edifícios traz benefícios económicos (ao reduzir o consumo de água potável e por consequência a faturação associada a esse consumo), mas também benefícios ambientais (com a redução das descargas de efluentes no ambiente).

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de reutilização de águas no edifício Residencial do Centro Social e Cultural de Santo Aleixo (CSCSA), em Unhais da Serra, propondo soluções para a redução dos consumos de água potável e fazendo um estudo de viabilidade técnica e económica a quatro soluções. Uma das soluções prevê apenas a substituição e/ou alteração dos equipamentos, prevendo as restantes soluções, o aproveitamento de águas pluviais para abastecimento dos autoclismos com variação do volume do reservatório e do volume dos autoclismos a abastecer.

O trabalho envolveu o redimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais e o dimensionamento de uma rede de abastecimento com águas pluviais não tratadas (APNT).

Qualquer uma das opções estudadas poderia ser implementada e levaria a uma diminuição considerável na faturação dos serviços de águas, resíduos e saneamento. No entanto, 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.

A curto prazo, a solução que apresenta um retorno do investimento mais rápido, é também a que apresenta os custos de investimento mais baixos. No entanto, a longo prazo, as maiores poupanças são conseguidas ao aliar o aproveitamento de águas pluviais com a instalação de equipamentos mais eficientes em termos de gastos de água.

## Palavras-chave

Águas pluviais; Redes prediais; Redução dos consumos; Reutilização; Viabilidade técnico-económica.



# Abstract

The reuse of rainwater in buildings, not only, conveys economic benefits (by reducing the consumption of potable water and consequently the billing associated with that consumption) but also environmental benefits (by reducing the discharge of effluents into the environment).

The main objective of this work was to evaluate the potential of water reuse in the residential building of the Centro Social e Cultural de Santo Aleixo, in Unhais da Serra, proposing solutions for the reduction of potable water consumption and evaluating the technical feasibility study to four solutions. One of the solutions only provides for the replacement and/or modification of the equipment, with the remaining solutions providing for the use of rainwater to supply the cisterns with variation of the volume of the reservoir and the volume of the cisterns to be supplied.

The work involved the resizing of the rainwater drainage network and the design of an untreated rainwater supply network (URSN).

Any of the options studied could be implemented and would lead to a considerable reduction of the water, waste and sanitation services billing. However, the use of rainwater to supply flushing single cisterns entails very high investment costs compared to the savings achieved, making it unviable for regions of the country where water prices are not very high.

In the short term, the solution with the fastest return on investment is also the one with the lowest investment costs. However, in the long run the greatest savings are achieved by combining rainwater harvesting with the installation of more efficient equipment in terms of water consumption.

## Keywords

Rainwater; Building networks; Decrease of consumption; Reuse; Technical-economic feasibility.



# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>iii</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>vii</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Enquadramento e justificação do tema.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Estrutura da dissertação .....	2
<b>2 Soluções existentes para Redução do consumo de água</b> .....	<b>3</b>
2.1 Uso eficiente da água .....	3
2.2 Medidas prioritárias do Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água .....	3
2.2.1 Medidas prioritárias P1 .....	4
2.2.2 Medidas destinadas a Sistemas Prediais e Instalações Coletivas inseridas no PNUEA .....	9
2.2.3 Atitudes e Práticas sustentáveis e Caracterização do uso doméstico .....	10
2.2.4 Boas práticas do uso da água e tecnologia disponível .....	11
<b>3 Redes Prediais de Água</b> .....	<b>17</b>
3.1 Enquadramento histórico .....	18
3.2 Redes Prediais de Abastecimento de Água.....	22
3.2.1 Regras de instalação e traçado da rede .....	23
3.2.2 Caudais de cálculo.....	24
3.2.3 Dimensionamento hidráulico-sanitário .....	29
3.3 Redes Prediais de Drenagem de Águas Residuais Domésticas .....	33
3.3.1 Regras de instalação e traçado da rede .....	34
3.3.2 Caudais de descarga .....	41
3.3.3 Dimensionamento hidráulico-sanitário .....	42
3.4 Redes Prediais de Drenagem de Águas Pluviais .....	43
3.4.1 Regras de instalação e traçado da rede .....	45
3.4.2 Caudais de Cálculo .....	47
3.4.3 Dimensionamento hidráulico-sanitário .....	49
<b>4 Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP) ..</b>	<b>53</b>
4.1 Componentes básicos de um SAAP.....	53
4.1.1 Superfície de Captação ou de Recolha.....	54
4.1.2 Sistema de Transporte.....	54
4.1.3 Filtração.....	54
4.1.4 Armazenamento .....	55
4.1.5 Distribuição.....	57
4.1.6 Tratamento .....	57
4.2 Especificações técnicas da ANQIP para SAAP.....	57

4.2.1	Especificação Técnica ANQIP 0701 (ETA 0701) .....	57
4.2.2	Especificação Técnica ANQIP 0702 (ETA 0702) .....	63
<b>5</b>	<b>Proposta para a Redução dos Consumos de Água no Centro Social e Cultural de Santo Aleixo .....</b>	<b>65</b>
5.1	Descrição do Edifício do Centro de Dia .....	65
5.1.1	Caracterização dos equipamentos sanitários .....	66
5.1.2	Descrição e redimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais.....	66
5.2	Soluções para a redução dos consumos de água potável .....	68
5.2.1	Descrição da substituição e da modificação de alguns dispositivos .....	69
5.2.2	Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento com águas pluviais ....	70
<b>6</b>	<b>Análise da Viabilidade Técnica e Económica.....</b>	<b>73</b>
6.1	Viabilidade técnica .....	73
6.2	Viabilidade económica .....	73
6.2.1	Redução dos volumes de água potável consumida .....	73
6.2.2	Custos de investimento inicial .....	75
6.2.3	Custos e exigências de exploração .....	77
6.2.4	Redução do valor da fatura mensal .....	77
6.2.5	Retorno dos investimentos.....	79
<b>7</b>	<b>Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros.....</b>	<b>85</b>
7.1	Conclusões .....	85
7.2	Perspetivas para trabalhos futuros .....	86
	<b>Bibliografia .....</b>	<b>87</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>91</b>
	Anexo I .....	93
	Peças desenhadas.....	93
	Anexo II .....	111
	Simbologia para Redes Prediais de Água .....	111
	Anexo III.....	117
	Cálculos de Volumes de Águas para armazenamento.....	117
	Anexo IV .....	125
	Cálculos de Poupança de Água.....	125
	Anexo V .....	133
	Dados de Precipitação .....	133
	Anexo VI .....	137
	Cálculo do Retorno dos Investimentos .....	137

# Lista de Figuras

Figura 2.1 - Estrutura do consumo doméstico estimado (Adaptada de Ferreira (2012)) .....	11
Figura 3.1 - Representação esquemática de redes prediais de águas (Teixeira, 2012) .....	17
Figura 3.2 - Representação esquemática de diferentes tipos de sobrepresores: a) Bombagem para reservatório de topo; b) bombagem direta (adaptada de Pedroso, 2016). .....	23
Figura 3.3 - Tubagens: a) Declive das tubagens; b) Tubagens de água quente e água fria (adaptado de Pedroso, 2016) .....	24
Figura 3.4 - Instalação de tubagens: a) Sem acessórios; b) tipos de instalação (adaptado de Pedroso, 2016) .....	24
Figura 3.5 - Situações de interdição de instalação de tubagem (Pedroso, 2016) .....	24
Figura 3.6 - Caudais de cálculo, para o nível de conforto médio, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016) .....	27
Figura 3.7 - Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016) .....	28
Figura 3.8 - Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016) .....	29
Figura 3.9 - Sistema predial de drenagem gravítica de águas residuais (adaptada de Pedroso, 2016) .....	34
Figura 3.10 - Sistema predial de drenagem de águas residuais: a) elevatório; b) misto (adaptada de Pedroso, 2016).....	34
Figura 3.11 - Ligação de um ramal de um urinol a um ramal de outro aparelho (adaptada de Pedroso, 2016) .....	36
Figura 3.12 - Exemplos da boa prática de ramais de descarga de bacias de retrete e de ramais de descarga de lavatórios ligados a um tubo de queda (Almeida, 2016b).....	36
Figura 3.13 - Ramal de ventilação: 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) .....	37
Figura 3.14 - Ligação do tubo de queda à câmara de inspeção (Pedroso, 2016) .....	38
Figura 3.15 - Tubos de queda: a) Translação; b) Diagrama de pressões (adaptada de Pedroso, 2016) .....	38
Figura 3.16 - Ligação da coluna de ventilação: a) ao tubo de queda; b) ao coletor e tubo de queda (adaptada de Pedroso, 2016).....	39
Figura 3.17 - a) coletores prediais enterrados; b) coletores prediais à vista (adaptada de Pedroso, 2016) .....	40
Figura 3.18 - Inserção direta do ramal de ligação no coletor público (adaptada de Pedroso, 2016) .....	41

Figura 3.19 - Sistema de drenagem de águas pluviais: a) drenagem gravítica; b) sistema misto de drenagem de águas pluviais (adaptado de Pedroso, 2016) .....	45
Figura 3.20 - Regiões Pluviométricas (adaptado de Pedroso, 2016) .....	48
Figura 4.1 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) (adaptada de TWDB,2005)	54
Figura 4.2 - Dispositivo de remoção de detritos ( <i>in</i> <a href="http://www.planfor.pt">www.planfor.pt</a> ) .....	55
Figura 4.3 - Dispositivo de desvio automático das primeiras águas (first flush) ( <i>in</i> <a href="http://techne.pini.com.br/engenharia-civil">http://techne.pini.com.br/engenharia-civil</a> ) .....	55
Figura 4.4 - Reservatórios em PEAD: (a) reservatório subterrâneo; (b) reservatório de superfície ( <i>in</i> <a href="http://www.ecodepur.pt">www.ecodepur.pt</a> ) .....	56
Figura 5.1 - Centro Social e Cultural de Santo Aleixo: Edifício Residencial (esquerda) e Edifício de Novas Valências (direita) .....	65
Figura 6.1 - Volumes médios mensais consumidos ao longo de um ano.....	75
Figura 6.2 - Grupo hidropressor para as opções 2a), 2b) e c). ( <i>in</i> <a href="http://magazines.grundfos.com/Grundfos/SU/PT/bgp-solucoes-domesticas-2017/">http://magazines.grundfos.com/Grundfos/SU/PT/bgp-solucoes-domesticas-2017/</a> ) .....	76
Figura 6.3 - Poupança média anual relativa à faturação de água, resíduos urbanos e saneamento para os concelhos de Faro e Chaves e vila de Unhais da serra .....	78
Figura 6.4 - Poupança média mensal relativa à faturação de água, resíduos urbanos e saneamento para os concelhos de Faro e Chaves e vila de Unhais da serra .....	79
Figura 6.5 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 1) .....	80
Figura 6.6 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2a)) .....	81
Figura 6.7 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2b)) .....	82
Figura 6.8 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2c)).....	83

# Lista de Quadros

Quadro 2.1 - Medidas prioritárias do PNUEA para usos urbanos .....	4
Quadro 2.2 - Medidas prioritárias do PNUEA para usos agrícolas.....	6
Quadro 2.3 - Medidas prioritárias do PNUEA para usos industriais.....	8
Quadro 3.1 - Caudais instantâneos dos dispositivos da rede predial de abastecimento de água fria (adaptado do Decreto Regulamentar n.º23/95 (RGSPDADAR); EN 806-3, 2006) .....	25
Quadro 3.2 - Dimensões das tubagens em PEX, PP, PVC e PEAD (adaptado de Pedroso, 2016)	30
Quadro 3.3 - Dimensões das tubagens em aço inox, cobre e aço galvanizado (adaptado de Pedroso, 2016) .....	31
Quadro 3.4 - Condições de Pressão (Decreto Regulamentar n.º 23/95 (RGSPDADAR); EN 806-3, 2006) .....	32
Quadro 3.5 - Caudais de mínimos de descarga, diâmetros mínimos nos ramais de descarga e diâmetros mínimos para os sifões a instalar nos aparelhos e equipamentos sanitários (adaptado de Decreto Regulamentar n.º 23/95 (RGSPDADAR); Paixão, 1999) .....	41
Quadro 3.6 - Dimensionamento dos tubos de queda (adaptado de Pedroso, 2016).....	43
Quadro 3.7 - Valore dos parâmetros a e b para diferentes regiões pluviométricas e períodos de retorno (adaptado de Pedroso, 2016) .....	48
Quadro 4.1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques (adaptado de Oliveira, 2008) .....	56
Quadro 4.2 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento (C) (ETA 0701).....	59
Quadro 4.3 - Frequência de manutenção dos componentes dos SAAP (ETA 0701) .....	63
Quadro 5.1 - Equipamentos existentes no edifício do Centro de dia .....	66
Quadro 5.2 - Valores do redimensionamento dos tubos de queda de águas pluviais .....	67
Quadro 5.3 - Valores do redimensionamento dos coletores prediais e ramal de ligação ao reservatório de águas pluviais .....	68
Quadro 5.4 - Soluções propostas para redução dos consumos de água potável .....	69
Quadro 5.5 - Valores do dimensionamento da rede de distribuição com águas pluviais .....	71
Quadro 6.1 - Volume anual de água consumida com as opções expostas, apresentando a poupança associada a cada uma delas .....	74
Quadro 6.2 - Custos da alteração das redes prediais de drenagem e abastecimento, e de equipamentos instalados em cada opção.....	76
Quadro 6.3 - Custos associados à substituição de elementos e manutenção equipamentos a cada 10 anos.....	77
Quadro 6.4 - Tarifa mensal de abastecimento de água na vila de Unhais da Serra para Instituições Particulares de Solidariedade Social para caudais superiores a 15m <sup>3</sup> (Adaptado de ACD, 2017) .....	77

Quadro 6.5 - Tarifas mensais de gestão de resíduos urbanos e de saneamento no concelho da Covilhã (adaptado de ADC, 2017) .....	77
Quadro 6.6 - Tarifários em vigor no Município de Faro (adaptado de FAGAR, 2017) .....	78
Quadro 6.7 - Tarifários em vigor no Município de Chaves (adaptado de CMC, 2017) .....	78
Quadro 6.8 - Tempo de retorno do investimento na vila de Unhais da Serra <b>Erro! Marcador não definido.</b>	
Quadro 6.9 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 1) .....	80
Quadro 6.10 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2a).....	81
Quadro 6.11 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2b)) .....	82
Quadro 6.12 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2c)).....	83

# Nomenclatura

## Siglas

ADC	Águas da Covilhã
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
APNT	Águas Pluviais Não Tratadas
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CI	Caixa de inspeção
CMC	Câmara Municipal de Chaves
CSCSA	Centro Cultural e Social de Santo Aleixo
EE	Estação elevatória
EN	European Norm (Norma Europeia)
ETA	Especificação Técnica da ANQIP
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FAGAR	Faro, Gestão de Águas e Resíduos
IPSS	Instituição Particular de Solidariedade Social
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
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais
SMAS	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
TQ	Tubo de Queda
TWDB	Texas Water Development Board
WSUDSR	Water Sensitive Urban Design in the Sidney Region
WWC	World Water Council

## Simbologia

A	Área de captação; Área a drenar em projeto horizontal (m <sup>2</sup> )
a, b	Constantes dependentes do período de retorno
C	Coeficiente de simultaneidade; Coeficiente de escoamento
CM	Coeficiente de escoamento médio
D	Diâmetro (m)
g	Aceleração da gravidade (m/s)
H	Altura da Lâmina Líquida; Carga no tubo de queda (mm)
I	Intensidade da precipitação
i	Inclinação
J	Perda de carga unitária (m/m)
K <sub>s</sub>	Coeficiente de rugosidade do material (m <sup>1/3</sup> /s)
L	Comprimento do trecho de tubagem (m)
N	Número de dispositivos considerados
P	Altura da precipitação a desviar (mm)
P <sub>i</sub>	Pressão de serviço em cada dispositivo (m)
PM	Pluviosidade média (mm)
P <sub>r</sub>	Pressão disponível na rede (m)
Q <sub>a</sub>	Caudal acumulado (l/s)
Q <sub>c</sub>	Caudal de cálculo (l/s)
R <sub>h</sub>	Raio hidráulico (m)
S	Área da secção transversal do escoamento (m <sup>2</sup> )
t	Duração da precipitação
v	Velocidade de escoamento (m/s)
V <sub>a</sub>	Volume anual de água da chuva aproveitável (l)
V <sub>d</sub>	Volume a desviar
x	Coeficiente de simultaneidade
γ	Peso específico da água (N/m <sup>3</sup> )
ΔH <sub>c</sub>	Perda de carga contínua (m)
ΔH <sub>cum</sub>	Perda de carga total acumulada (m)
ΔH <sub>t</sub>	Perda de carga total
Δ <sub>z</sub>	Diferença de cotas entre a rede pública e o ponto de entrega (m)
η	Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler (s/m <sup>1/3</sup> )
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

Segundo o World Water Council (WWC) cerca de 12% da população mundial não tem acesso a água potável ou com qualidade suficiente para o seu uso. De toda a água existente no planeta, 97% é água salgada e dos 3% restantes de água doce, 2,1% estão retidos nas calotas polares e apenas 0,9% estão nas águas subterrâneas, nos lagos e nos rios.

Atualmente, a crescente preocupação mundial relativamente às alterações climáticas, ao uso de recursos hídricos e à forma como estes têm sido explorados adquiriu uma relevância significativa. A variabilidade do regime hidrológico mundial tem levado à escassez de água, principalmente em zonas nas quais este recurso já é limitado, e tem como origens as alterações climáticas e a crescente procura para atividades agrícolas, industriais e urbanas. No entanto a sua disponibilidade não é a principal preocupação imediata, mas sim a emissão de efluentes líquidos nos cursos de água que contribuem para a alteração da qualidade dos recursos hídricos, colocando em risco muitas das suas utilizações.

O reaproveitamento de águas residuais e o aproveitamento de águas pluviais surgem para tentar diminuir o consumo de água potável para fins não potáveis e têm sido uma prática mais comum em atividades agrícolas, recarga de aquíferos, lavagem de pavimentos e equipamentos e no combate a incêndios florestais, existindo já um grande interesse no seu uso em habitações.

Apesar de o reaproveitamento de águas cinzentas disponibilizar volumes de água praticamente constantes durante todo o ano, o aproveitamento de águas pluviais pode ser mais vantajoso porque disponibiliza volumes maiores que, por norma, não necessitam tratamento. Tem, no entanto, as desvantagens de estar dependente das pluviosidades e de não ser possível o armazenamento durante longos períodos de tempo, podendo a viabilidade técnico-económica ficar em causa.

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) estabelece medidas para os setores industrial, agrícola e urbano que servem como base para o uso eficiente da água, promovendo a valorização dos recursos hídricos, não só pelo seu valor para o progresso social e económico, mas também para a preservação do meio ambiente.

A elevada faturação relativa ao consumo de água potável num Centro de Dia (Unhais da Serra, Covilhã) levou à preocupação de encontrar possíveis soluções para reduzir os consumos de água no edifício. Equacionou-se, então, a realização de um estudo de modo a avaliar soluções para a redução dos consumos de água analisando a viabilidade técnico-económica para o aproveitamento de águas pluviais não tratadas, apto a ser replicado noutras zonas do país.

## 1.2 Objetivos

O objetivo fundamental deste trabalho consistiu no estudo da viabilidade técnico-económica do aproveitamento de águas pluviais, de modo a avaliar a redução dos consumos de água e o potencial de reutilização de águas no edifício residencial do CSCSA, em Unhais da Serra. Foram estudadas quatro opções, uma relativa à redução dos consumos de água, alterando apenas alguns equipamentos, e as restantes relativas ao aproveitamento de águas pluviais com variação do volume do reservatório e do volume dos autoclismos a abastecer. Os resultados permitiram, ainda, estabelecer os custos de investimento e manutenção, e o tempo de retorno do investimento inicial para o edifício em estudo e para edifícios de tipologia semelhante noutras zonas do país com um tarifário mais baixo.

## 1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação divide-se em sete capítulos e seis anexos, com o seguinte conteúdo:

- O primeiro capítulo inclui o enquadramento e justificação do estudo, os principais objetivos e a descrição dos vários capítulos que compõem a dissertação;
- No segundo capítulo são apresentadas possíveis soluções para a redução dos consumos de água, incentivando atitudes e práticas sustentáveis e fazendo referência ao PNUEA com a descrição de um conjunto de medidas aplicadas aos usos urbanos, industriais e agrícolas;
- No terceiro capítulo é feito um enquadramento histórico das redes prediais assim como a descrição dos principais métodos de dimensionamento utilizados em redes prediais, baseados num manual adotado particularmente para efeitos de dimensionamento (Pedroso, 2016);
- No capítulo quatro é apresentada uma descrição dos principais componentes de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, faz-se também referência às Especificações Técnicas da Associação nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) para Sistemas Prediais de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) incorporando os critérios regulamentares e regras de boa prática de engenharia;
- No capítulo cinco é feita uma breve descrição do edifício, caracterização dos dispositivos e uma descrição e redimensionamento hidráulico-sanitário da rede predial de drenagem de águas pluviais. Inclui também a proposta, quatro opções para a redução dos consumos de água e o dimensionamento hidráulico-sanitário de uma rede predial de abastecimento com águas pluviais.
- No capítulo seis é feito o estudo de viabilidade técnico-económica das 4 opções, fazendo ainda uma análise comparativa de viabilidade para duas outras zonas do país;
- No capítulo sete são apresentadas as principais conclusões do estudo e perspectivas para trabalhos futuros.

## 2 Soluções existentes para Redução do consumo de água

### 2.1 Uso eficiente da água

Para uma melhor e maior racionalização de água é fundamental consciencializar as populações para a inevitável e crescente escassez deste recurso. De referir que, a água não é um recurso ilimitado e tem influência determinante na qualidade de vida das populações. É imperativo que tenha uma gestão mais pensada em situações de escassez, quer por motivos ambientais quer por motivos económicos. A alteração de comportamentos e hábitos dos consumidores, assim como pequenas remodelações nas suas habitações, beneficiará todos os seres vivos. Portanto, o uso sustentável e eficiente das redes hídricas é de extrema importância.

### 2.2 Medidas prioritárias do Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) promove o Uso Eficiente da Água em Portugal nos setores urbano, agrícola e industrial, propondo um conjunto de medidas que têm como propósito *“minimizar os riscos de escassez hídrica e melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, nunca colocando em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações”* (in [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt)), favorecendo a *“redução de águas residuais resultantes e dos consumos energéticos associados”* (Rossa, 2006).

O PNUEA descreve de forma detalhada 87 medidas, 50 das quais destinadas ao setor urbano, 23 ao setor agrícola e 14 ao setor industrial.

O Programa fixa objetivos específicos para o setor urbano entre os quais se destacam:

- Consciencializar e formar as populações para uma gestão sustentável dos recursos hídricos;
- impulsionar o uso eficiente da água nos sistemas públicos e privados de maiores concentrações humanas (*p.e.* escolas, hospitais, centros comerciais, piscinas, ginásios);
- promover a utilização de águas pluviais ou eventual reutilização de águas residuais tratadas, de modo a minorar o uso da água potável em atividades que possam ter o mesmo desempenho com águas de qualidade alternativa;
- incentivar a produção e comercialização de equipamentos normalizados e certificados para o uso eficiente da água promovendo a sua utilização;

- estabelecer prémios e distinções oficiais para sistemas, instalações e equipamentos que demonstrem o seu valor acrescentado ao nível da eficiência e que prestigiem as entidades gestoras de sistemas e produtoras de equipamentos.

## 2.2.1 Medidas prioritárias P1

### Usos Urbanos

Nos usos urbanos, para uma maior capacidade de poupança de água, são incluídas “medidas a nível dos sistemas públicos, dos sistemas prediais de abastecimento, de instalações coletivas, dos dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares e dos usos exteriores” (Rossa, 2006).

Alguns exemplos são a redução dos consumos dos autoclismos, nos duches/banhos e perdas nos sistemas públicos.

Quadro 2.1 - Medidas prioritárias do PNUEA para usos urbanos

N.º	DESIGNAÇÃO DA MEDIDA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA MEDIDA
<b>Sistemas públicos</b>		
<i>Redução de consumos de água</i>		
Medida 01:	Otimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água	- Redução do consumo de água, através da utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes.
Medida 02:	Redução de pressão no sistema público de abastecimento	- Controle de pressões no sistema de distribuição pública, mantendo-os dentro dos limites convenientes
Medida 03:	Utilização de sistema tarifário adequado	- Estabelecimento de tarifas e escalões que permitam a aplicação de custos reais
Medida 04:	Utilização de águas residuais urbanas tratadas	- Uso da água residual tratada das ETAR's em usos adequados
<i>Redução de perdas de água</i>		
Medida 05:	Redução de perdas de água no sistema público de abastecimento	- Redução do volume de água perdida na rede pública
<b>Sistemas prediais e instalações coletivas</b>		
<i>Redução de consumos de água</i>		
Medida 06:	Redução de pressão no sistema predial de abastecimento	- Controle de pressões no sistema de distribuição predial, mantendo-os dentro dos limites convenientes
Medida 07:	Isolamento térmico do sistema de distribuição de água quente	- Reduzir o desperdício de água do banho, até que a temperatura ideal seja atingida
Medida 08:	Reutilização ou uso de água de qualidade inferior	- Utilização da água usada nos sistemas prediais, para fins adequados
<i>Redução de perdas de água</i>		
Medida 09:	Redução de perdas de água no sistema predial de abastecimento	- Redução do volume de água perdida na rede predial
<b>Dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares</b>		
<i>Redução de consumos de água</i>		
<b>Autoclismos</b>		
Medida 10:	Adequação da utilização de autoclismos	- Alteração de hábitos de uso do autoclismo para descargas mínimas
Medida 11:	Substituição ou adaptação de autoclismos	- Substituição de autoclismos por outros de menor consumo
Medida 12:	Utilização de bacias de retrete sem uso de água	- Substituição das retretes por outras que funcionem sem recurso a água

Continuação do Quadro 2.1

N.º	DESIGNAÇÃO DA MEDIDA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA MEDIDA
Medida 13:	Utilização de bacias de retrete por vácuo	- Substituição das retretes por outras que funcionem a vácuo
<b>Chuveiros</b>		
Medida 14:	Adequação da utilização de chuveiros	- Alteração de hábitos no duche e banho reduzindo o tempo de água corrente
Medida 15:	Substituição ou adoção de chuveiros	- Substituição de chuveiros por outros de menor gasto de água
<b>Torneiras</b>		
Medida 16:	Adequação da utilização de torneiras	- Alteração de hábitos da população de forma a evitar desperdícios de água
Medida 17:	Substituição ou adaptação de torneiras	- Substituição de torneiras por outras de menor gasto de água
<b>Máquinas de lavar roupa</b>		
Medida 18:	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar	- Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 19:	Substituição de máquinas de lavar roupa	- Substituição das máquinas por outras de menor gasto de água
<b>Máquinas de lavar louça</b>		
Medida 20:	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar louça	- Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 21:	Substituição de máquinas de lavar louça	- Substituição das máquinas por outras de menor gasto de água
<b>Urinóis</b>		
Medida 22:	Adequação da utilização de urinóis	- Garantir a regulação do volume em função do número de descargas
Medida 23:	Adaptação da utilização de urinóis	- Melhoria do funcionamento através da instalação de sistemas de controlo automático
Medida 24:	Substituição de urinóis	- Substituição de dispositivos convencionais por outros mais eficientes
<b>Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar</b>		
Medida 25:	Redução de perdas e consumos em sistemas de aquecimento e refrigeração de ar	- Redução de consumos e perdas em sistemas de aquecimento e refrigeração de ar
<b>Usos exteriores</b>		
<b>Lavagem de pavimentos</b>		
Medida 26:	Adequação de procedimentos na lavagem de pavimentos	- Alteração dos hábitos dos utilizadores de modo a reduzir a quantidade de água
Medida 27:	Utilização de limpeza a seco de pavimentos	- Substituição de água por métodos de limpeza a seco
Medida 28:	Utilização de água residual tratada na lavagem de pavimentos	- Substituição de água por água residual devidamente tratada
<b>Lavagem de veículos</b>		
Medida 30:	Adequação de procedimentos na lavagem de veículos	- Alteração de hábitos na forma de efetuar lavagens de veículos
Medida 31:	Utilização de dispositivos portáteis de água sob pressão na lavagem de veículos	- Substituição de dispositivos convencionais por outros que funcionem a pressão
Medida 32:	Recirculação de água nas estações de lavagem de veículos	- Utilização da água reciclada após tratamento adequado
<b>Jardins e similares</b>		
Medida 34:	Adequação da gestão da rega em jardins e similares	- Alteração de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos de rega
Medida 35:	Adequação da gestão do solo em jardins e similares	- Alteração das características do terreno para maior e melhor infiltração e armazenamento de água
Medida 36:	Adequação da gestão das espécies plantadas em jardins e similares	- Alteração das espécies plantadas para redução de água da rega

Continuação do Quadro 2.1

N.º	DESIGNAÇÃO DA MEDIDA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA MEDIDA
Medida 37:	- Substituição ou adaptação de tecnologias em jardins e similares	- Substituição de sistemas de rega por outros de menor consumo
Medida 38:	Utilização de água da chuva em jardins e similares	- Alimentação de sistemas de rega por água da chuva
Medida 39:	Utilização de água residual tratada em jardins e similares	- Alimentação de sistemas de rega por água residual tratada
<b>Piscinas, lagos e espelhos de água</b>		
Medida 41:	Adequação de procedimentos em piscinas	- Alteração de comportamentos na lavagem de filtros e perdas por transbordo
Medida 42:	Recirculação da água em piscinas, lagos e espelhos de água	- Recirculação da água usada com um tratamento adequado
Medida 43:	Redução de perdas em piscinas, lagos e espelhos de água	- Realização periódica de ensaios de estanquidade e deteção de fugas
Medida 44:	Redução de perdas por evaporação em piscinas	- Instalação de uma cobertura na piscina quando não em uso
Medida 45:	Utilização de água da chuva em lagos e espelhos de água	- Utilização de água da chuva para suprir necessidades de reposição de água
<b>Campos desportivos e outros espaços verdes de recreio</b>		
Medida 47:	Adequação da gestão da rega, do solo e das espécies plantadas em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio	- Efetuar a rega de acordo com as necessidades da espécie vegetal semeada e com o tipo de solo existente
Medida 48:	Utilização de água da chuva em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio	- Utilização de água da chuva para suprir necessidades de rega
Medida 49:	Utilização de água residual tratada em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio	- Utilização de água residual tratada para suprir necessidades de rega

### Usos Agrícolas

No uso agrícola um dos principais objetivos é a redução das perdas de água nos sistemas de condução de água para rega, nomeadamente das perdas de água no armazenamento e das perdas na aplicação de água ao solo.

#### Quadro 2.2 - Medidas prioritárias do PNUEA para usos agrícolas

<b>Medidas aplicáveis ao uso agrícola em situação hídrica normal</b>		
N.º	DESIGNAÇÃO DA MEDIDA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA MEDIDA
<b>Gerais</b>		
Medida 51:	Melhoria da qualidade dos projetos	- Obrigatoriedade dos projetos serem assinados por técnico credenciado
<b>Reconversão dos métodos de rega</b>		
Medida 52:	Reconversão dos métodos e tecnologias de rega	- Substituição de métodos de rega por gravidade por rega de aspersão
<b>Adequação dos volumes de rega</b>		
Medida 53:	Adequação dos volumes brutos de rega às necessidades hídricas das culturas - condução da rega	- Medição de variáveis meteorológicas determinantes
Medida 54:	Adequação dos volumes brutos de rega às necessidades hídricas das culturas - condução da rega	- Aplicação de técnicas para determinação de oportunidades de rega com base em indicadores de clima, solo ou plantas
Medida 55:	Utilização de sistema tarifário adequado	- Introdução de tarifação por volume e escalões
Medida 56:	Redução dos volumes brutos de rega	- Utilização de menor volume de água na rega por adequação da dotação de rega

N.º	DESIGNAÇÃO DA MEDIDA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA MEDIDA
<b>Sistemas de transporte e distribuição</b>		
Medida 58:	Adequação dos procedimentos de operação de reservatórios	- Gestão estratégica e operacional dos reservatórios com base em dados geográficos e necessidades de consumos
Medida 59:	Redução de perdas no transporte e na distribuição	- Reabilitação e conservação de redes e canais para evitar fugas e perdas de água
Medida 60:	Adequação de procedimentos no transporte e na distribuição	- Praticar uma gestão que permita ajustar o fornecimento de água à procura
Medida 61:	Adaptação de técnicas no transporte e distribuição	- Modernizar as redes hidráulicas, equipando-as com dispositivos que permitam melhor gerir a água
<b>Rega por gravidade</b>		
Medida 62:	Reconversão dos processos de fornecimento de água por sulcos, canteiros e faixas	- Revestimento das regadeiras de terra ou sua substituição por tubos de PVC
Medida 63:	Adequação do dimensionamento de sistemas de rega por gravidade	- Tem em conta uma boa relação entre o tipo de solo, o caudal disponível, o declive e o comprimento dos sulcos
Medida 64:	Adequação de procedimentos na rega por gravidade	- Ajuste adequado dos tempos de fornecimento de água e nos caudais fornecidos
<b>Rega por aspersão</b>		
Medida 65:	Adequação dos procedimentos na rega por aspersão: utilização de cortinas de vento - sebes	- Instalação de sebes impeditivas da ação do vento sobre os aspersores
Medida 66:	Adequação dos procedimentos na rega por aspersão: controlo do escoamento superficial e erosão	- Aumentar a capacidade de retenção superficial moldando covachos
Medida 67:	Adequação dos procedimentos na rega por aspersão: rega em horário noturno	- Dar eficiência à aplicação de água operando em períodos de menor velocidade do vento
Medida 68:	- Substituição do equipamento de aspersão fixa em regiões ventosas	- Substituição de aspersores de inclinação normal por aspersores de jato rasos
Medida 69:	Adequação de utilização de aspersão com canhões semoventes	- Promover uma correta utilização e regulação dos canhões semoventes
Medida 70:	Adaptação ou - Substituição de equipamentos de aspersão móvel	- Substituir ou reposicionar os sistemas de rega por aspersão inadequados ou obsoletos
<b>Rega localizada</b>		
Medida 71:	Adequação dos procedimentos na rega localizada	- Ações de manutenção de uniformidade e eficiência dos sistemas de rega localizada
Medida 72:	Substituição do equipamento de acordo com a textura do solo	- Substituição de emissores inadequados à rega localizada
<b>Medidas aplicáveis em situação de escassez hídrica (seca)</b>		
Medidas 55 e 56.		

### **Usos Industriais**

Nos usos industriais os objetivos para este setor passam pela limitação dos impactos associados às descargas industriais no meio ambiente e por uma otimização do uso da água nas unidades industriais. Considerando-se entre outras medidas a nível global, dos sistemas de transferência de calor, do método de fabrico, de limpeza de equipamentos e de instalações.

**Quadro 2.3 - Medidas prioritárias do PNUEA para usos industriais**

<b>Medidas aplicáveis ao uso industrial em situação hídrica normal.</b>		
<b>N.º</b>	<b>DESIGNAÇÃO DA MEDIDA</b>	<b>DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA MEDIDA</b>
<b>Gerais</b>		
Medida 73:	Adequação de procedimentos da utilização da água na unidade industrial	- Alteração de hábitos humanos para reduzir o consumo de água
Medida 74:	Otimização da utilização da água na unidade industrial	- Utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes e recirculação e reutilização de água de qualidade inferior
Medida 75:	Redução de perdas de água na unidade industrial	- Eliminação de perdas de água na rede de abastecimento à unidade industrial
<b>Processo de fabrico industrial</b>		
Medida 76:	Utilização de águas residuais do processo de fabrico	- Reutilização da água residual da própria unidade industrial, após tratamento adequado
Medida 77:	- Substituição ou adaptação do processo de fabrico	- Substituição dos equipamentos do processo de fabrico por outros de maior eficiência no consumo de água
Medida 78:	Recirculação de água no processo de fabrico	- Utilização da água residual resultante do processo de fabrico
<b>Sistemas de transferência de calor</b>		
Medida 79:	Recirculação de água no sistema de arrefecimento industrial	- Reutilização da água de arrefecimento industrial em sistemas fechados
Medida 80:	Utilização de água de outros processos no sistema de arrefecimento industrial	- Utilização da própria água residual da unidade industrial no sistema de arrefecimento
Medida 81:	Utilização para outros fins de água de arrefecimento industrial	- Recuperação da água utilizada no arrefecimento para fins compatíveis
Medida 82:	Utilização de água de outros processos no sistema de aquecimento industrial	- Utilização da água residual no sistema de aquecimento
Medida 83:	Utilização de água de condensado para outros fins	- Recuperação do vapor de água gerado no processo industrial
<b>Limpeza de instalações e equipamentos</b>		
Medida 84:	Adequação de procedimentos na gestão de resíduos	- Gestão correta dos resíduos produzidos com minimização da necessidade de lavagem
Medida 85:	Utilização de equipamento para limpeza a seco das instalações	- Aspiração de resíduos com minimização de lavagem
Medida 86:	Utilização de dispositivos portáteis de água sob pressão	- Lavagem das instalações com dispositivos de jato de água sob pressão
Medida 87:	Reutilização ou uso de água de qualidade inferior	- Utilização de água proveniente de outras fontes para lavagens
<b>Ao nível dos usos similares aos urbanos</b>		
Medidas 10 a 25, 30 a 32 e 34 a 40		
<b>Medidas aplicáveis em situação de escassez hídrica (seca)</b>		
<b>Processamento fabril</b>		
Medidas 73, 84 e 85.		
<b>Ao nível dos usos similares aos urbanos</b>		
Medidas 10, 14, 16, 18, 20, 22, 30, 33, 34 e 40.		

## **2.2.2 Medidas destinadas a Sistemas Prediais e Instalações Coletivas inseridas no PNUEA**

Seguidamente apresentam-se as medidas que o PNUEA considera de maior relevância relativas à redução do consumo de água doméstico.

### ***Medida 06 - Redução de Pressão no sistema predial de abastecimento***

Pode aplicar-se em zonas em que a pressão da rede pública seja superior ao necessário. Com recurso a válvulas redutoras de pressão, a pressão de entrada da rede pública é reduzida e estabilizada.

Esta medida pode ser aplicada quer pelas empresas fornecedoras quer pelos próprios proprietários facultando informação e sensibilização, através de folhetos ou manuais não especializados para operação e manutenção de sistemas prediais.

A medida de redução de pressão no sistema predial de abastecimento exhibe benefícios ambientais sem apresentar desvantagens, não existindo dificuldades associadas à sua implementação.

### ***Medida 08 - Reutilização ou uso de água de qualidade inferior***

Esta medida refere-se à utilização de água usada nos sistemas prediais, isto é, água não provinda da rede de abastecimento pública como por exemplo a reutilização de águas cinzentas, as águas pluviais ou as águas captadas não tratadas, excluindo as águas negras (provenientes de lava-louças e sanitas).

As águas de qualidade inferior poderão ser usadas na lavagem de chão, lavagem de pátios, lavagem de carros, rega de jardins, descargas de urinóis e descargas de autoclismos. Será sempre necessário tratamento (filtração e desinfecção) com maior ou menor rigor, dependendo da qualidade e do uso da água.

A utilização desta medida requer normas técnicas apropriadas de modo a evitar riscos para a saúde, é necessário também a divulgação da tecnologia e a disponibilização dos equipamentos adequados no mercado nacional. Neste caso, os principais beneficiários são os proprietários das habitações e os arrendatários.

A formação, apoio técnico e documentação deverão ser ponderados elaborando manuais técnicos especializados para a utilização de águas de qualidade inferior para usos não potáveis, direcionado particularmente aos profissionais da área de saneamento básico.

Para que esta medida possa ser implementada é imprescindível uma regulamentação que abranja normas portuguesas referentes a procedimentos e critérios a empregar na reutilização ou uso de água de qualidade inferior. A certificação, homologação e verificação de equipamentos cuja finalidade é a reutilização de águas de qualidade inferior é fundamental, tendo estes produtos que estar em conformidade com as normas em vigor.

Após um período de transição a rotulagem de produtos deverá ser obrigatória, e deverá incluir informação necessária para a caracterização dos sistemas em termos hídricos e energéticos. Este mecanismo é orientado aos comerciantes, distribuidores e fabricantes de equipamentos para este fim.

Os custos económicos associados aos consumos de água e à produção de águas residuais irão ser menores, contudo estes sistemas implicam um investimento inicial na instalação da rede de distribuição dupla e sistema de tratamento adequado à reutilização da água.

O impacte ambiental é positivo embora a legislação em vigor possa impor limitações no uso para rega. Em termos funcionais, não deverá acarretar grandes mudanças para além da manutenção dos sistemas de armazenamento e tratamento.

Esta medida tem uma aceitabilidade social média, havendo resistência por parte de alguns consumidores em ter contacto com águas residuais.

#### ***Medida 09 - Redução de perdas de água no sistema predial de abastecimento***

Esta medida promove a extinção de fugas, roturas ou vazamentos, quer nas tubagens, juntas ou dispositivos (*p.e.* torneiras, cabeças de duche, autoclismos) reduzindo o volume de água perdida na rede predial.

É uma medida benéfica com uma aceitação social elevada uma vez que não implica complexidades tecnológicas e funcionais relevantes.

### **2.2.3 Atitudes e Práticas sustentáveis e Caracterização do uso doméstico**

Em 2001 o PNUEA apresentou os seguintes dados referentes ao consumo de água diário nas habitações portuguesas:

- Média de consumo diário = 310 l/dia
- Capitação média = 78 l/dia/hab

Se a residência possuir espaços exteriores é preciso ter em consideração a rega de jardins e/ou hortas, a lavagem de automóveis, a limpeza de exteriores e se for o caso, o enchimento e manutenção de piscinas. Os consumos exteriores aumentam durante os meses mais quentes, consequência da necessidade de rega, uma vez que o ar quente promove uma secagem mais acelerada dos solos. O uso de piscinas também implica elevados consumos de água, isto porque é necessário compensar a evaporação provocada pela temperatura do ar de modo a garantir os níveis mínimos para o correto funcionamento dos equipamentos responsáveis pela circulação e filtração de água.

O consumo doméstico corresponde a um diverso grupo de necessidades inerentes à sobrevivência e bem-estar das famílias, nomeadamente a ingestão, higiene pessoal, alimentação/cozinhados ou limpeza das habitações. Estes consumos não têm grande variação,

uma vez que os hábitos de higiene e alimentação se mantêm mais ou menos constantes ao longo do ano.

#### 2.2.4 Boas práticas do uso da água e tecnologia disponível

Os consumos moderados de água nas habitações, sem desperdícios significativos, utilizando dispositivos de elevada eficiência de uso de água, que proporcionem um bom nível de conforto e qualidade de vida podem determinar uma estrutura de consumos de referência assumindo valores médios para a frequência, duração e volumes médios para cada uso. A Figura 2.1 apresenta uma estimativa dos consumos domésticos pelos principais usos, sem considerar usos exteriores.

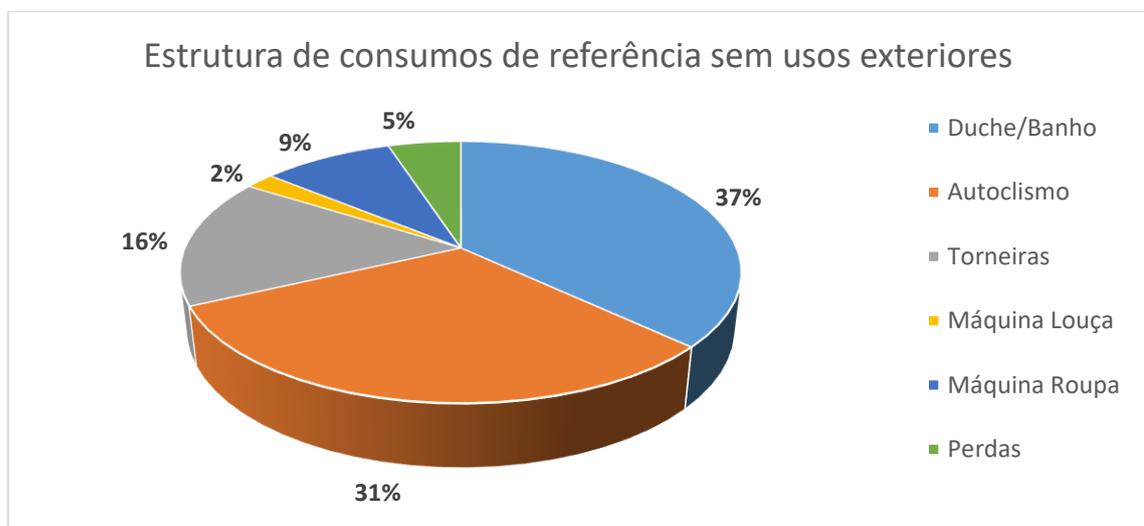


Figura 2.1 - Estrutura do consumo doméstico estimado (Adaptada de Ferreira, 2012)

Analisando a Figura 2.1 é fácil perceber que a higiene pessoal desempenha um papel muito importante no consumo doméstico de água, e a soma dos valores dos duches/banhos e dos autoclismos chega aos 68%.

Com base nesta estrutura de consumos de referência será definido um conjunto de medidas para cada um dos principais usos domésticos tal como mencionado por Rossa (2006) e Ferreira (2012).

##### Duches/Banhos

O banho de imersão é desaconselhado uma vez que implica o enchimento, total ou parcial, de uma banheira tornando o consumo de água absurdamente alto. Aconselham-se duches curtos e ao corte da água nos períodos de ensaboamento. A recolha da água fria, até chegar a água quente, é encorajada para posterior uso nas bacias de retrete, rega de plantas ou lavagem de chão.

Os duches/banhos são responsáveis por um dos maiores consumos de água numa habitação, existindo um potencial de poupança considerável para medidas que reduzam o volume gasto em cada utilização.

Os fatores de maior influência no consumo de água são o número diário de duches do agregado, a duração dos duches e o caudal do chuveiro.

Existem no mercado modelos de chuveiro mais eficientes no uso de água. As torneiras misturadoras, monocomando ou termostáticas eliminam tempo na regulação da temperatura e possibilitam a diminuição do desperdício de água. A instalação de redutores de pressão, arejadores ou válvulas de seccionamento nos dispositivos convencionais também trará vantagens.

A pressão da água e o equipamento utilizado para o seu aquecimento (esquentador, termoacumulador ou caldeira mural), influenciam o caudal do chuveiro. É frequente o caudal de água quente ser inferior ao de água fria para o mesmo grau de abertura da torneira, uma vez que o débito do sistema de aquecimento de água é limitado. Os esquentadores mais antigos têm caudais de funcionamento entre os 10 e 11 litros/minuto, é por isso fundamental ter em consideração a compatibilidade entre o sistema de aquecimento de água e um chuveiro de baixo consumo.

Atualmente existem esquentadores capazes de entrar em funcionamento com caudais cada vez menores, apresentando caudais mínimos de funcionamento muito inferiores aos 10 a 11 litros/minuto dos esquentadores mais antigos.

De forma mais abreviada, o sistema de duche ou modelo de chuveiro a escolher deverá ter rótulo de alta eficiência hídrica. Deve optar-se por um sistema de aquecimento com caudal mínimo de funcionamento compatível com o modelo de chuveiro ou sistema de duche instalados.

### **Autoclismos**

As descargas dos autoclismos representam 31% do consumo doméstico, como pode ser observado na Figura 2.1. O consumo de água de um autoclismo depende fundamentalmente de dois fatores. Primeiramente, o número de residentes na habitação, e seguidamente o tipo de autoclismo utilizado.

Os autoclismos tradicionais podem gastar entre 10 litros e 15 litros de água por descarga. Esses valores associados a um grande número de descargas tornam este equipamento um dos que mais água consome.

Os autoclismos com sistema dual de descarga, de 6 litros e 3 litros, são uma solução que promove a eficiência hídrica. Dão ao usuário a possibilidade de escolher o tipo de descarga adequado a cada utilização. Estes aparelhos funcionam corretamente, especialmente se

associados a uma bacia de retrete projetada para maximizar a limpeza e arraste com esses volumes de água.

Apenas nos usos em que haja presença de matéria fecal, que correspondem a 30%, se prevê o uso da descarga completa. Para os restantes 70 % poderá ser usada a descarga mínima resultando numa poupança significativa, tratando-se de um dispositivo de volume de descarga fixo.

Alterando comportamentos de consumo que facilitem desperdícios e adaptando ou substituindo um autoclismo convencional por outro com volume de descarga inferior, resultará numa redução dos consumos de água e das descargas de águas residuais. A redução do volume das descargas tem uma enorme influência na redução dos consumos totais de água numa habitação, se forem criados incentivos fiscais que estimulem a substituição alargada de autoclismos poder-se-á assistir a uma massificação de equipamentos eficientes em termos hídricos.

De forma complementar, regulamentação técnica que obrigue ao uso de dispositivos eficientes na reabilitação de edifícios existentes ou em novas construções deverá ser implementada, estabelecendo volumes máximos e criando legislação adequada ao setor que impeça a comercialização de produtos não eficientes e não certificados. A regulamentação deverá abranger as entidades gestoras e deverá orientar-se em particular aos fabricantes de equipamentos e aos profissionais de áreas semelhantes.

A nível da procura, deverá ser disponibilizada informação ao consumidor de forma clara e objetiva, no local da compra, para que possam comparar equipamentos. A nível da oferta, a implementação desta medida deverá ser feita de forma indireta, limitando as características dos equipamentos utilizados nas novas construções ou renovação das existentes. É uma medida benéfica para o meio ambiente visto que reduz os consumos de água e a produção de águas residuais.

Uma medida menos convencional é relativa a bacias de retrete sem uso de água, com recurso a vácuo, agentes químicos, incineração ou compostagem. Requer, contudo, uma manutenção frequente periódica e adequada, ocupa bastante espaço e exige energia adicional.

No entanto, a redução do volume de descarga do autoclismo já é possível sem a sua substituição. A colocação de garrafas de 1,5 litros cheias de areia é uma boa forma de atacar o problema, embora hajam no mercado produtos especialmente concebidos para essa função. Desaconselha-se o uso de materiais passíveis de desagregação, uma vez que podem originar a deterioração prematura do sistema de vedação e impeçam o bom funcionamento dos mecanismos.

Se possível, ajustar o autoclismo para um volume de descarga mínimo. Em autoclismos de descarga dupla aconselha-se o uso da descarga de menor volume para usos que não necessitem da descarga total, ou a interrupção da descarga.

## Torneiras

As torneiras são o equipamento mais comum numa habitação e servem várias necessidades. A frequência com que são usadas é bastante elevada e difícil de quantificar, com enormes variações temporais e espaciais. O tempo de utilização pode ir de poucos segundos a vários minutos.

Existem diversos tipos de equipamentos, desde torneiras para pias de lava-louça até torneiras instaladas nas casas de banho para fins de higiene pessoal. Foram desenvolvidas nas últimas décadas torneiras de vários tipos com capacidade de responder a um variado conjunto de necessidades, tendo como objetivo melhorar a comodidade dos consumidores e mais recentemente aumentar a eficácia hídrica.

A alteração de hábitos é essencial de modo a evitar desperdícios de água. Fechar a torneira quando não se está a usar água é um ponto de partida. Apresentam-se de seguida algumas atitudes que beneficiam a poupança de água:

- Usar um alguidar para lavar ou descongelar alimentos, lavagem de loiça ou de roupa;
- usar um copo ou fechar a torneira durante a escovagem de dentes;
- ao fazer a barba colocar água no lavatório ou usar uma máquina elétrica;
- verificar se as torneiras estão fechadas, ou se não estão a pingar.

A reutilização de águas de lavagem, com poucos detergentes, ou de águas de enxaguamento pode ser feita para lavagem de chão ou descargas de bacias de retrete.

Na preparação de refeições pode fazer-se a reutilização da água de cozedura de legumes para cozedura de outros vegetais ou fazer sopas. Pode também optar-se por diminuir a quantidade de água para cozinhar os alimentos, usando panelas de pressão, cozinhando a vapor ou até mesmo no micro-ondas.

A alteração de hábitos é sempre de encorajar, mas por vezes há situações que exigem o melhoramento ou substituição das torneiras.

Se for necessário substituir a torneira, deve escolher-se um modelo que debite menor caudal. Dispositivos mais eficientes favorecem a diminuição do consumo. Torneiras misturadoras de monocomando possibilitam um maior controlo do caudal debitado e facilitam a regulação da temperatura. Entre essas existem também torneiras com redutor de caudal, com maior ângulo de abertura do manípulo, com dispositivo arejador, com fecho automático ou dispositivo pulverizador.

Sem se substituir a torneira, a forma mais eficiente e comum para reduzir o caudal é através da instalação de arejadores ou de redutores de pressão. Existem no mercado modelos que se adaptam a praticamente todas as torneiras e podem reduzir até 50% o seu caudal.

### **Máquinas de Lavar Roupa**

Os consumos de água com este equipamento não dependem tanto do número de pessoas que residem numa habitação como outros equipamentos. Na realidade, em habitações com maior número de habitantes nota-se uma maior eficiência hídrica com a máquina de lavar roupa. Em habitações em que apenas resida uma pessoa, o consumo de água da máquina de lavar roupa é na maioria das vezes pouco eficiente uma vez que raramente deverá trabalhar com capacidade máxima de carga.

Uma vez mais, a alteração de comportamentos tem um papel importantíssimo na redução dos consumos, pois só assim se poderá fazer uma utilização adequada minimizando o número de lavagens e o consumo de água em cada uma. Eis algumas medidas que podem melhorar a eficiência hídrica de uma máquina de lavar a roupa:

- Usar a máquina somente com carga completa e evitar lavagens de roupa que ainda não necessite de tal. Caso haja essa possibilidade, regular a máquina para a carga a utilizar e para o nível de água mínimo;
- selecionar programas económicos conducentes a menor consumo de água, evitando usar programas com ciclos desnecessários, como por exemplo a pré-lavagem;
- proceder à substituição de máquinas de lavar roupa no fim de vida por outras mais eficientes em termos hídricos e energéticos, mais flexíveis para adaptação dos programas às necessidades de lavagem.

Estas medidas levam à redução do consumo de água e, por consequência, à redução de águas residuais associadas.

Deverão ser sempre consultadas as instruções do equipamento, especialmente as recomendações relativas aos consumos de água, energia e detergente. Um aspeto importante relativamente à eficiência hídrica é a existência de um sistema de dosagem automática do detergente, que garante a dosagem ideal para cada lavagem e evitando um consumo elevado de água nos enxaguamentos.

As máquinas de lavar roupa domésticas têm evoluído rapidamente relativamente a consumos nas lavagens. Atualmente, máquinas de lavar com certificado energético A+++ têm consumos na casa dos 50 litros/ciclo para uma capacidade de 8 kg.

### **Máquinas de Lavar Louça**

Um estudo feito por Stamminger *et al.* (2007) levanta todas as dúvidas quanto ao modo mais eficiente de lavar louça. ***As lavagens manuais são claramente mais gastadoras do que as lavagens à máquina.***

Esse estudo refere que em Portugal o gasto de água com a lavagem de louça manual é até 10 vezes superior ao gasto verificado com a lavagem à máquina. Segundo esse estudo, os portugueses gastam cerca de 170 litros numa lavagem manual enquanto que uma lavagem à

máquina resulta num gasto de apenas 20 litros em programa intensivo, ou 15 litros em programa normal.

Como em todos os outros equipamentos é importante fazer uma utilização adequada da máquina de lavar louça, maximizando o seu potencial e, assim, minimizando o número de lavagens e o consumo de água. Um uso mais eficiente da máquina de lavar louça pode ser conseguido através das seguintes medidas:

- Usar a máquina somente com carga na sua capacidade total e evitar enxaguamentos da louça antes de a colocar na máquina;
- é também aconselhável a lavagem de louça na máquina em vez de lavar à mão e, caso haja essa possibilidade, regular a máquina para a carga a utilizar e para o nível de água mínimo;
- selecionar programas económicos conducentes a menor consumo de água e evitar o uso de programas com ciclos desnecessários (*p.e.* enxaguamento);
- fazer uma limpeza regular dos filtros e remoção de depósitos;
- proceder à substituição de máquinas de lavar louça no fim de vida por outras mais eficientes em termos hídricos e energéticos, mais flexíveis para adaptação dos programas às necessidades de lavagem.

Deverão ser sempre cumpridas as instruções do equipamento, especialmente as recomendações relativas aos consumos de água, energia e aditivos (detergente, sal e abrillantador).

A única desvantagem associada à lavagem de louça com recurso à máquina é o aumento do consumo de energia.

Atualmente já existem modelos de Classe A+++ que consomem apenas 9 litros por ciclo de lavagem.

### 3 Redes Prediais de Água

Os sistemas prediais de distribuição de água têm como objetivo garantir o abastecimento de água em condições de potabilidade e pressão que assegurem a saúde pública e o conforto dos consumidores. Os sistemas prediais de drenagem (pluviais e residuais) têm como função agrupar, encaminhar e descarregar as águas provenientes das coberturas dos edifícios (águas pluviais) para a rede pública de drenagem de águas pluviais, e casas de banho, cozinhas e lavandarias (águas residuais domésticas) para a rede pública de drenagem de águas residuais (Figura 3.1).

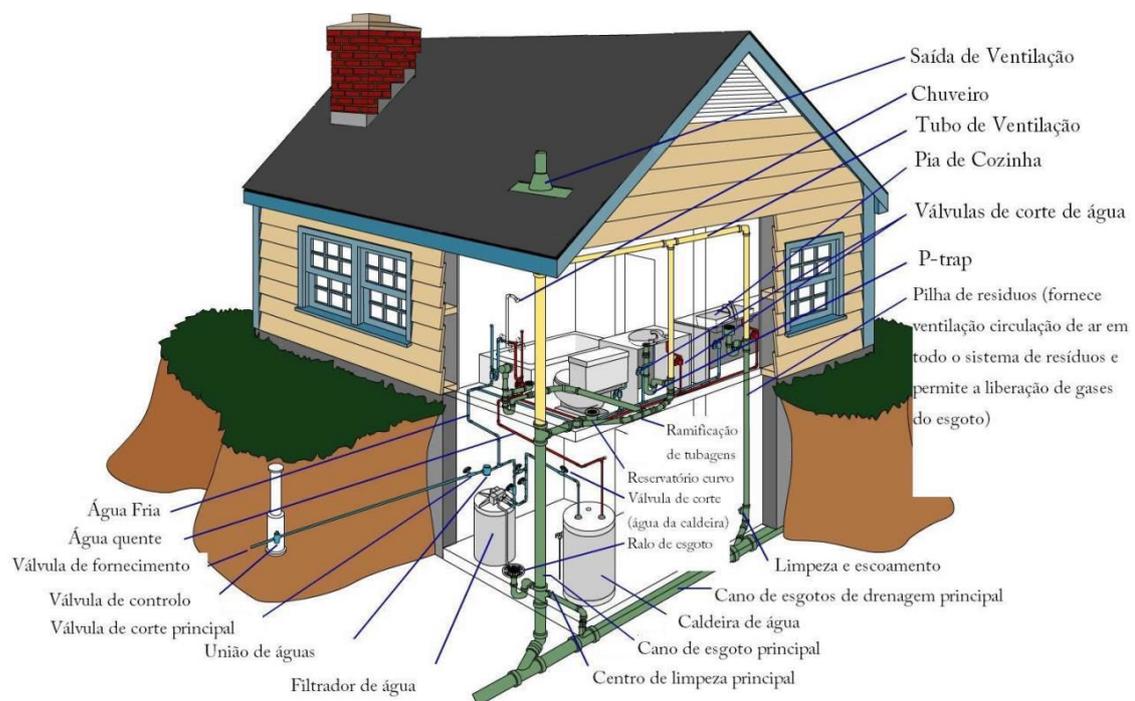


Figura 3.1 - Representação esquemática de redes prediais de águas (Teixeira, 2012)

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), homologado pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto de 1995, é o principal suporte para o planeamento e execução dos sistemas de abastecimento e drenagem de águas. O RGSPDADAR enumera uma série de normas para o traçado, dimensionamento e manutenção deste tipo de redes, tendo em consideração não só a fase de projeto, mas também a fase de manutenção.

Os principais artigos que estabelecem algumas regras gerais para a conceção e execução de sistemas de redes prediais de abastecimento e drenagem de águas são os que se apresentam seguidamente:

- Redes de abastecimento de águas: *Art. 82º ao Art. 96;*
- redes de drenagem residuais e pluviais: *Art. 198º ao Art. 270º.*

### 3.1 Enquadramento histórico

As alterações climáticas sentidas na última década tornam cada vez mais imperativo o uso sustentável das redes hídricas. Num contexto doméstico esse uso passa por uma reutilização de águas residuais e aproveitamento de águas pluviais, colocando em foco as redes de drenagem das habitações.

#### Redes Urbanas

##### *Âmbito Internacional*

As primeiras referências a sistemas de drenagem de águas residuais datam de 4000 a.C. na Mesopotâmia. Em Nimpur, na Índia, há indícios de galerias de direcionamento de águas residuais datadas de 3750 a.C., existindo também evidências de sistemas de drenagem de esgotos contruídos no Vale do Indo cerca de 3200 a.C., formados por galerias abastecidas a partir de banheiras e latrinas no interior das habitações (Matos, 2003).

No atual Paquistão Ocidental, as ruínas de Mohenjo-Daro apresentam sistemas de drenagem de águas residuais nos arruamentos, constituídos por coletores principais e drenos, os quais foram desenvolvidos pela Civilização Hindu em 3000 a.C. surpreendendo pelos pormenores apresentados para a época em que foi concebido (Almeida, 2016a; Matos, 2003).

A Civilização Mesopotâmica contruiu, em 2500 a.C., nas cidades de Babilónia e Ur estruturas de saneamento para a recolha de águas de superfície, constituídas por sarjetas, sumidouros e coletores (Botica, 2012; Matos, 2003).

Na ilha de Creta, em Cnossos, na Época Egeia (3000 a 1000 a.C.), eram utilizados sistemas de drenagem construídos com pedra e terracota. Estes sistemas possuíam coletores que faziam as descargas do efluente a largas distâncias do povoamento (Botica, 2012; Caetano, 2016; Rino, 2011).

Cerca de 600 a.C. a Civilização Etrusca, na Itália central, na cidade de Marzobotto foi implementado um sistema de drenagem bem-adaptado às condições topográficas do terreno.

A Civilização Romana aperfeiçoou as tecnologias de captação e distribuição de água criadas e desenvolvidas pela Civilização Grega (700 a 300 a.C.), difundindo-as pelo Império (Botica, 2012; Rino, 2011). Na capital, Roma, foi criada a primeira obra de considerável dimensão relacionada com higiene urbana. A “Cloaca Máxima” era o coletor principal num complicado sistema de esgotos, com alguns troços a céu aberto (Botica, 2012; Caetano, 2016; Matos, 2003).

No Oriente, a Civilização Chinesa tem também algumas ruínas, datadas de 200 d.C., que expõem a preocupação com a drenagem de águas pluviais (Botica, 2012; Matos, 2003).

No Camboja, o povo Khmer construiu canais de limpeza na cidade de Angkor no século IV d.C. (Matos, 2003).

Desde o início da Idade Média, provocado pelo avanço dos Bárbaros sobre os Romanos, houve grandes recuos nos sistemas de drenagem de águas residuais. Existiam poucas preocupações com a higiene, e esta situação provocou a disseminação de epidemias que devastaram populações inteiras, sendo o maior exemplo a “peste negra” (Botica, 2012; Rino, 2011).

Trabalhos relevantes de drenagem e condução de águas residuais apenas voltaram a ser significativos entre os séculos XIV e XVII. Em Paris, o primeiro coletor de águas enterrado data de 1370. Sendo a sua manutenção insuficiente e a sua utilização inadequada, foi criado em 1530 o primeiro decreto-lei que ordenava aos proprietários dos edifícios a construção de fossas, tornando obrigatório o pagamento de uma taxa de conservação do sistema a partir de 1721 (Botica, 2012; Neto, 2015; Rino, 2011).

Em Inglaterra, Henrique VIII, no século XVII, devido aos cheiros insuportáveis, encarrega os proprietários dos edifícios pela limpeza das valas abertas de águas residuais, dando origem ao planeamento do primeiro coletor enterrado para a cidade de Londres que só viria a ser executado no século XVIII (Botica, 2012; Rino, 2011).

No início do século XIX houve um crescimento tecnológico significativo, com o início do abastecimento domiciliário em pressão e com a instalação de ramais domiciliários de águas residuais e de coletores prediais, fabricados em barro e grés. No ano de 1815 a descarga de águas residuais domésticas nos coletores pluviais foi autorizada, dando origem em 1830 à descarga de efluentes domésticos no rio Tamisa (Londres). A elevada deterioração da qualidade da água levou à proibição das descargas em 1876. No final do século XIX, começou a ser utilizado o betão simples nos coletores de secção circular com capacidade de autolimpeza (Botica, 2012).

Ainda no século XIX, em Paris, surgiram as primeiras técnicas de limpeza das condutas com sistemas automáticos de descarga periódica ou com a utilização de esferas metálicas (Botica, 2012).

A evolução e divulgação das vantagens dos sistemas de drenagem separativos de águas residuais domésticas e águas pluviais deve-se principalmente aos britânicos Edwin Chadwick e John Philips, tendo recomendado, em 1849, uma rede deste tipo para a cidade de Londres. Contudo, o sistema de águas residuais construído em Londres foi do tipo unitário, projetado por Joseph Bazalgette em 1852, onde se juntam as águas residuais domésticas e pluviais. Este tipo de sistema acabou por prevalecer igualmente no resto da Europa (Botica, 2012; Matos, 2003).

Cerca de 1930 começaram a ser feitos estudos de custo das construções no seu período de vida útil e o tratamento das águas começou a ser equacionado, e chegou-se à conclusão que o sistema separativo era mais económico relativamente ao sistema unitário. Nas grandes cidades, esta época marca a passagem para uma maior utilização de sistemas separativos relativamente

aos sistemas unitários. Apesar destas mudanças, só mais tarde seria criada legislação sobre o assunto (Botica, 2012).

#### ***Âmbito Nacional:***

Os primeiros registos históricos sobre drenagem de águas residuais em Portugal pertencem ao reinado de D. João II, no século XV, quando o monarca mandou limpar os canos que inicialmente se destinavam à drenagem de águas pluviais da cidade de Lisboa e onde se acumulavam detritos e dejetos (Matos, 2003).

Até ao grande terramoto de Lisboa, em 1755, não foi registado qualquer avanço relativamente à remoção de resíduos das zonas residenciais para outros locais, sendo as águas das chuvas o método predominante para a lavagem das ruas. Após o grande terramoto, foi contruída na Baixa Pombalina uma parte da rede que ainda se encontrava em funcionamento na década passada (Botica, 2012; Rino, 2011).

Ressano Garcia, engenheiro na repartição de obras do distrito de Lisboa, inspirado na corrente higienista de Edwin Chadwick, desenvolveu em 1884 o primeiro plano para a rede de esgotos da cidade de Lisboa (sistema unitário em malha), a qual descarregava no rio Tejo. Ainda hoje se encontra ativa, particularmente nas zonas mais antigas da cidade de Lisboa (Neto, 2015). Os coletores implantados no projeto de Ressano Garcia são na sua grande maioria em cantaria, sendo os restantes em alvenaria de tijolo (Rino, 2011).

No final do século XIX, o uso do betão veio promover tubagens de menores dimensões e estanques, tornando possível aplicar inclinações adequadas a sistemas de autolimpeza, impossíveis até à época. Na década de 1930 foi contruída na cidade do Porto a primeira rede separativa de drenagem de águas residuais. Este tipo de sistemas foi também desenvolvido noutros centros urbanos da região do Porto até 1940 (Botica, 2012).

Entre 1940 e 1970 foi feita a adaptação para o sistema separativo das redes de drenagem de várias localidades, como por exemplo Tomar, Viseu, Elvas e Beja. Noutros casos foram construídas redes separativas completamente novas, por exemplo Espinho, Setúbal e Barreiro (Botica, 2012; Matos, 2003).

Na segunda metade do século XX a grande preocupação gira em torno do tratamento das águas residuais, que ao serem despejadas sem qualquer tipo de tratamento para os rios e praias favorecem o aumento significativo da poluição ambiental. Nas últimas duas décadas do século XX os investimentos incidiram no desenvolvimento de estações de tratamento de águas residuais (ETAR), que fazem o tratamento das águas para a sua reutilização e evitam problemas de poluição (Botica, 2012; Rino, 2011).

## **Redes Prediais**

### ***Âmbito Internacional***

Foi anteriormente referido que as primeiras evidências de sistemas de drenagem de esgotos foram encontradas no Vale do Indo cerca de 3200 a.C., formados por galerias abastecidas a partir de banheiras e latrinas no interior das habitações. Desde então a utilização de tubagens para abastecimento de água foi registada com maior frequência. No Egipto, no palácio do faraó Cheópus, cerca de 200 a.C., eram utilizadas tubagens de cobre. Já no palácio da cidade de Irakliano, em Cnossos na ilha de Creta, existiam quartos de banho e latrinas que descarregavam para sistemas de drenagem (Botica, 2012; Matos, 2003).

Como foi também anteriormente referido, na antiga Grécia surgiram os primeiros registos de sistemas de descarga prediais, e, com o crescimento do Império Romano estas instalações foram contruídas por todo o território, sendo que no século IV d.C., existiram registos de 850 banhos públicos, 144 latrinas públicas e 15 termas (Almeida, 2016b; Botica, 2012).

Da Idade Média até ao século XVIII, o recuo civilizacional teve grande influência na falta de preocupação com a higiene sanitária, que levou à propagação de epidemias mortíferas recorrentes. As instalações sanitárias eram consideradas um bem supérfluo (Botica, 2012; Rino, 2011).

O início dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais deu-se em Londres no século XVIII, onde tiveram origem algumas evoluções consideráveis. Cummings, em 1775, inventou o sifão por forma a barrar a passagem de odores vindos das redes de águas residuais para o interior das habitações. O sifão veio revolucionar a bacia de retrete, inventada por Harrington no século XVII, e melhorada por Joseph Bramah com a introdução do descarregador sifonado em 1778. Nesta altura, compartimentos de banho eram o equivalente a estatuto social elevado (Botica, 2012; Matos, 2003).

No final do século XIX surgiram as tubagens de betão, vieram substituir as tubagens de barro e grés na drenagem de águas residuais por serem uma alternativa mais económica para aplicação a coletores públicos, no entanto, não se adequavam à utilização no interior dos edifícios (Botica, 2012; Rino, 2011).

Em 1929, nos EUA, foram comercializadas as primeiras tubagens em PVC (Policloreto de Vinilo), sendo até 2006 as mais usadas em redes prediais de drenagem de águas residuais (Cosme, 2006).

### ***Âmbito Nacional***

A instalação de latrinas e urinóis no exterior dos edifícios ou conjunto de edifícios para uso geral era comum em Portugal durante o século XIX. No final do século a instalação de latrinas dentro dos edifícios começou a ganhar força, quando a tecnologia do edifício pombalino deixou de ser aplicada. Nas décadas de 1920 a 1940 os edifícios apresentam latrinas junto à sua face posterior, na sua grande maioria adicionadas após a construção dos mesmos, formando a única instalação sanitária do fogo. De ora avante as instalações sanitárias começam a ser comuns no

interior das habitações, sendo feita a drenagem através de tubos de grés ou metálicos (Botica, 2012; Matos, 2003).

Apesar se já ser usado nos EUA desde a década de 1930, em Portugal, o PVC só começou a ser utilizado na década de 1960. Desde então foi registado um grande desenvolvimento dos materiais poliméricos em Portugal, com a introdução do polietileno e do polipropileno nas décadas de 1970 e 1980 respetivamente (Botica, 2012; Matos, 2003). Devido à sua fraca resistência térmica e mecânica o PVC acabou praticamente por desaparecer das redes interiores de água, dando lugar a geração de materiais plásticos (*p.e.* Polietileno Reticulado (PEX), Policloreto de Vinilo Clorado (PVC-C), Polibutileno (PB)).

### **3.2 Redes Prediais de Abastecimento de Água**

As redes de abastecimento de água são dimensionadas de modo a garantir a distribuição de água de forma segura. Essa distribuição é, por norma, efetuada através de ramal de ligação que *“estabelece a comunicação entre a conduta de distribuição pública de água potável e o sistema predial”* (Pedroso, 2016).

Para se proceder à execução de um sistema de abastecimento de água é necessário definir o traçado e fazer o dimensionamento hidráulico-sanitário da rede. A definição do traçado tem que ter em consideração os elementos estruturais existentes, os dispositivos a abastecer e o traçado de outras redes (*p.e.* eletricidade e gás), sempre em conformidade com as disposições legais em vigor. O dimensionamento deve ser feito tendo em atenção os caudais mínimos especificados, o material e diâmetros comerciais das tubagens e a pressão de conforto de utilização, respeitando os critérios hidráulico-sanitários em vigor.

O caudal e a pressão são fatores essenciais ao dimensionamento de uma rede de distribuição de águas. A necessidade de recorrer a um elemento sobrepessor ou, eventualmente, a um reservatório, está dependente das condições de pressão e de caudal que por vezes não permitem o bom funcionamento da rede, assegurando os caudais mínimos em todos os dispositivos (Figura 3.2).

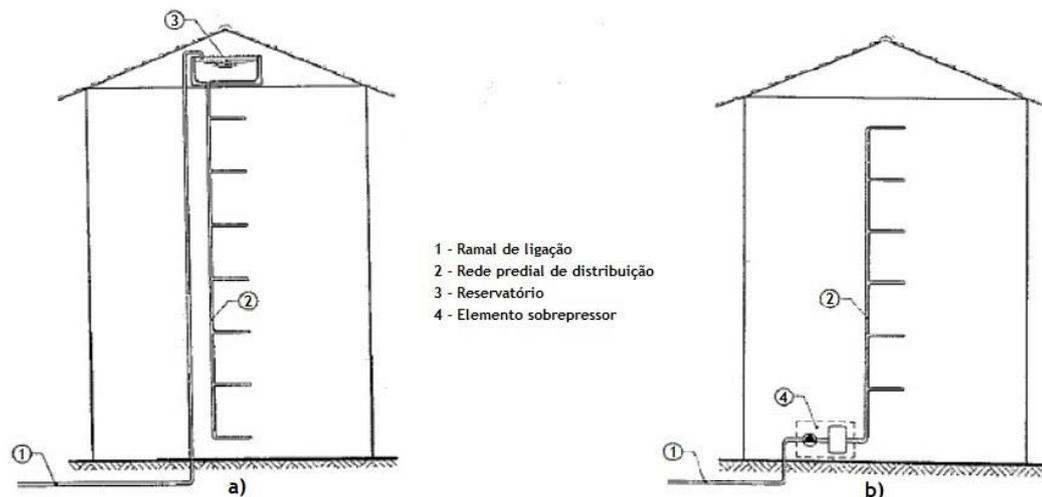


Figura 3.2 - Representação esquemática de diferentes tipos de sobrepessores: a) Bombagem para reservatório de topo; b) bombeagem direta (adaptada de Pedroso, 2016).

### 3.2.1 Regras de instalação e traçado da rede

A definição do traçado tem por base as normas mencionadas no RGSPDADAR, tendo em consideração o traçado de outras redes e os elementos estruturais existentes. Segundo Pedroso (2016):

- O traçado das canalizações deverá ser formado por troços retos, com trajetórias verticais e horizontais, unidos entre si com acessórios próprios para o efeito; os troços horizontais deverão apresentar inclinação ascendente no sentido do escoamento das águas, cerca de 0,5%, de modo a facilitar a expulsão do ar das tubagens (Figura 3.3a);
- as tubagens destinadas à água quente devem ser colocadas, sempre que o traçado o permita, paralelamente às tubagens de água fria separadas por uma distância nunca inferior a 0,05 m e nunca abaixo destas, deverá também prever-se a aplicação de isolantes térmicos (Figura 3.3b);
- o uso de canalizações flexíveis pode permitir a dispensa de acessórios de mudança de direção, sempre que se assegurem as profundidades necessárias à execução de raios de curvatura apropriados na transição de parede para parede (Figura 3.4a);
- as tubagens destinadas a zonas exteriores dos edifícios poderão ser instaladas em caleiras, valas, embutidas ou até mesmo à vista, tendo sempre em atenção o clima da região e a sua eventual proteção mecânica e isolamento térmico quando necessário (Figura 3.4b);
- as canalizações não devem de forma alguma ficar sob elementos de fundação, embutidas em pavimentos (exceto quando flexíveis e protegidas por bainhas), embutidas em elementos estruturais, em locais de acesso difícil ou em chaminés ou sistemas de ventilação (Figura 3.5);

- deverá ser prevista a instalação de válvulas de seccionamento à entrada dos ramais de distribuição, nos ramais de introdução, a montante das purgas de ar, assim como nas entradas de todos os equipamentos sanitários e de qualquer acessório doméstico/industrial;
- deverá prever-se a instalação de uma válvula de retenção a jusante do contador.

Ao executar um projeto deverá ser sempre respeitada uma simbologia universal, permitindo uma leitura clara, imediata e que não deixe espaço a dúvidas.

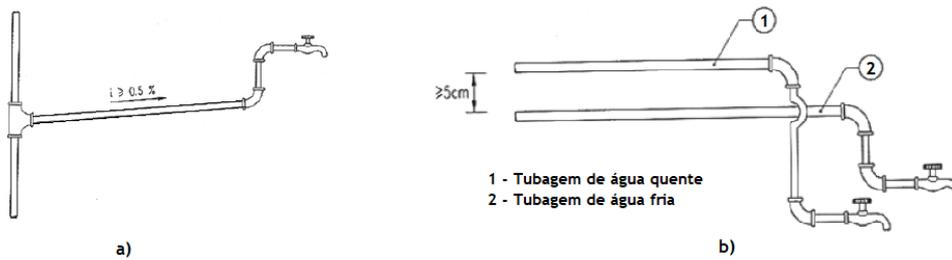


Figura 3.3 - Tubagens: a) Declive das tubagens; b) Tubagens de água quente e água fria (adaptado de Pedroso, 2016)

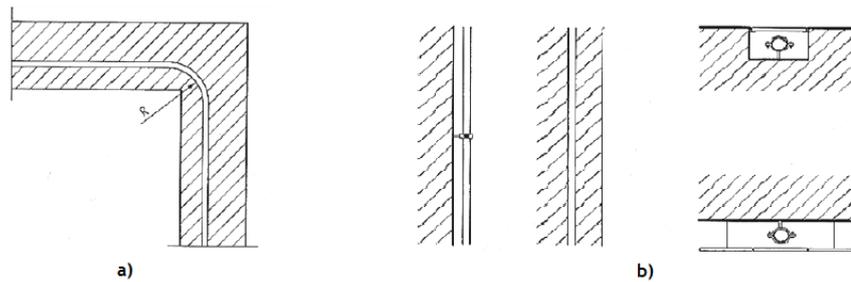


Figura 3.4 - Instalação de tubagens: a) Sem acessórios; b) tipos de instalação (adaptado de Pedroso, 2016)

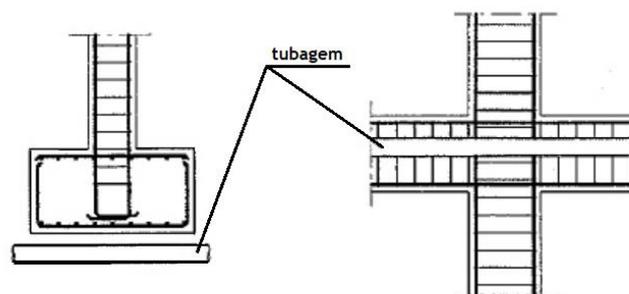


Figura 3.5 - Situações de interdição de instalação de tubagem (Pedroso, 2016)

### 3.2.2 Caudais de cálculo

O dimensionamento de uma rede de abastecimento de águas baseia-se na quantidade e tipo de dispositivos a abastecer. Através dos caudais instantâneos e disposição de cada equipamento

determina-se a necessidade da rede para que todos os dispositivos funcionem corretamente, ou seja, o caudal acumulado.

No Quadro 3.1 são apresentados os caudais instantâneos a adotar no dimensionamento dos sistemas de abastecimento de água fria, para os diferentes tipos de utilização, exceto nos casos em que os fabricantes dos equipamentos recomendem caudais superiores aos indicados.

**Quadro 3.1 - Caudais instantâneos dos dispositivos da rede predial de abastecimento de água fria (adaptado do Decreto Regulamentar n.º23/95 (RGSPDADAR); EN 806-3, 2006)**

Dispositivo de utilização	Caudais mínimos (l/s)	Caudais de dimensionamento (l/s)	
		EN 806-3	RGSPDADAR
Lavatório Individual (Lv)	0,10	0,10	0,10
Lavatório coletivo (por bica) (LvC)	N.D. <sup>(1)</sup>	N.D. <sup>(1)</sup>	0,05
Bidé (Bd)	0,10	0,10	0,10
Banheira (Ba)	0,40	0,30	0,25
Chuveiro Individual (Ch)	0,20	0,15	0,15
Banho não doméstico	0,80	0,80	N.D. <sup>(1)</sup>
Pia de despejo	0,20	0,15	0,15
Autoclismo de bacia de retrete (Br)	0,10	0,10	0,10
Mictório com torneira individual (Mi)	N.D. <sup>(1)</sup>	N.D. <sup>(1)</sup>	0,15
Pia lava-louça (LL)	0,20	0,15	0,20
Pia lava-louça não doméstica	0,80	0,80	N.D. <sup>(1)</sup>
Bebedouro (B)	N.D. <sup>(1)</sup>	N.D. <sup>(1)</sup>	0,10
Máquina de lavar a louça (ML)	0,20	0,15	0,15
Máquina ou tanque de lavar a roupa (Mr)	0,20	0,15	0,20
Bacia de retrete com fluxómetro (BrF)	1,50	1,00	1,50
Mictório com fluxómetro (MiF)	0,30	0,15	0,50
Boca de rega ou lavagem de ø15 mm (Br_15)	0,50	0,40	0,30
Boca de rega ou lavagem de ø20 mm (Br_20)			0,45
Máquinas industriais e outros aparelhos não especificados	A definir pelo fabricante		

(1) Não definido

Alguns dos valores mínimos dos caudais instantâneos apresentados pelas duas bibliografias diferem, isto porque a EN 806-3 (2006) foi concebida tendo em conta dispositivos mais recentes e com requisitos diferentes dos considerados para a elaboração do RGSPDADAR, assim como a modo diferente de ponderar a simultaneidade de funcionamento dos equipamentos.

Segundo Pedrosa (2016), “os caudais que servem de base ao dimensionamento das canalizações (caudais de cálculo) não se traduzem pelo somatório dos caudais instantâneos, que se denomina por caudal acumulado, mas sim por este mesmo somatório afetado de um coeficiente, que expressa a probabilidade dessa ocorrência, e que se designa por coeficiente de simultaneidade”.

O caudal de cálculo, pelo RGSPPDADAR, pode ser determinado pela Equação (3.1).

$$Q_c = x \times Q_a \quad (3.1)$$

onde:

$Q_c$  = Caudal de cálculo (l/s)

$x$  = Coeficiente de simultaneidade

$Q_a$  = Caudal acumulado (l/s)

O coeficiente de simultaneidade ( $x$ ) pode ser obtido analiticamente ou através da análise gráfica. O método a adotar baseia-se no tipo de edifício em estudo, definindo inicialmente as condições de utilização que se pretende, para que se possa dimensionar a rede.

O cálculo do coeficiente de simultaneidade ( $x$ ) pode ser realizado através da Equação (3.2).

$$x = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \quad (3.2)$$

onde:

$N$  = Número de dispositivos considerados, para  $N > 2$

Quando  $N < 2$  o coeficiente de simultaneidade assume o valor da unidade.

Através do método de análise gráfica é possível obter diretamente o caudal de cálculo a partir do caudal acumulado, tendo em conta níveis de conforto mínimos, médios ou elevados, considerando os níveis de desempenho desejados e o coeficiente de simultaneidade. A título de curiosidade encontram-se da Figura 3.6 à Figura 3.8 os ábacos dos caudais de cálculo pertencentes ao RGSPPDADAR e Pedroso (2016).

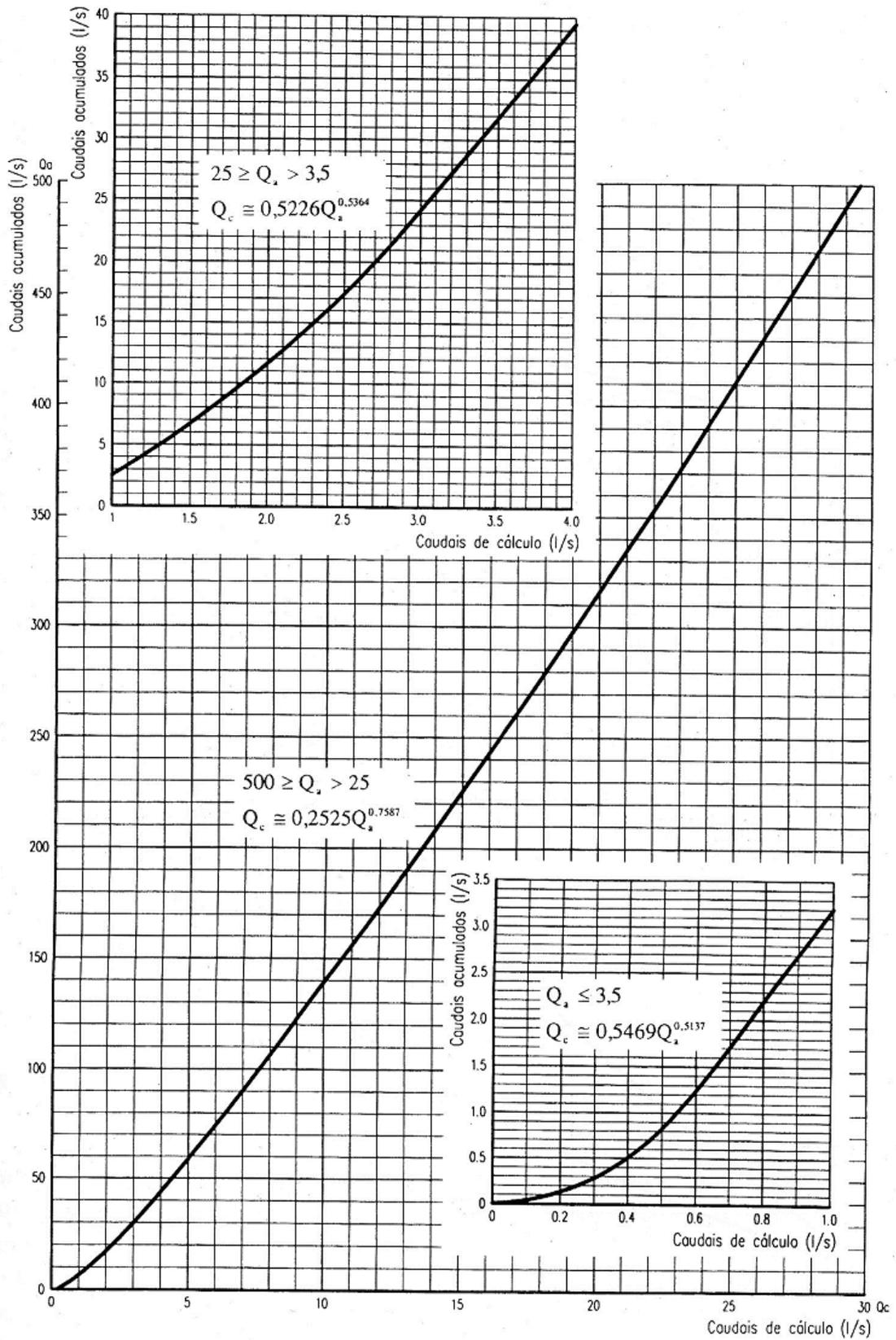


Figura 3.6 - Caudais de cálculo, para o nível de conforto médio, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016)

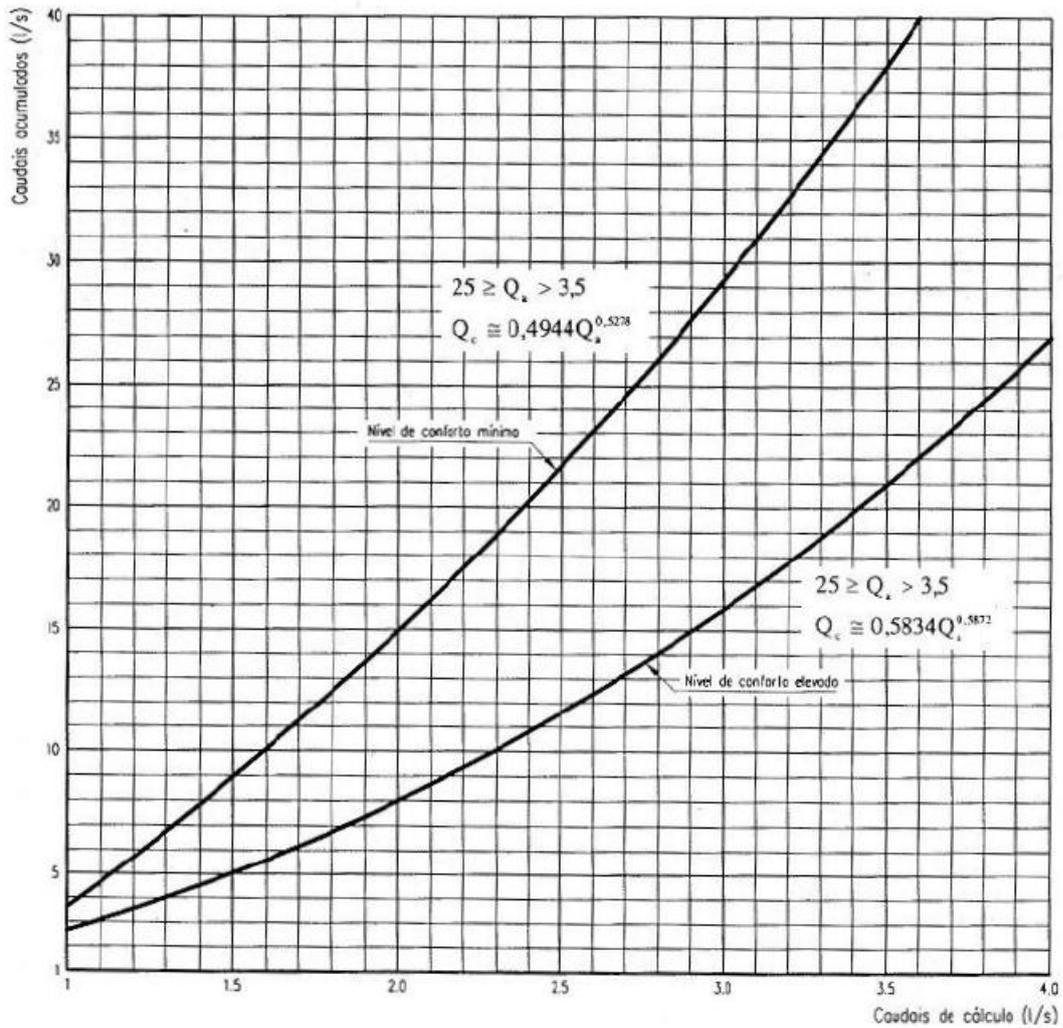
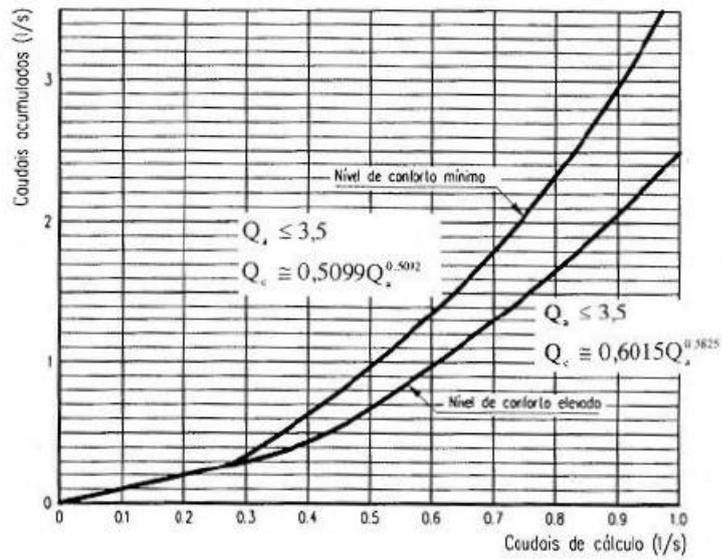


Figura 3.7 - Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016)

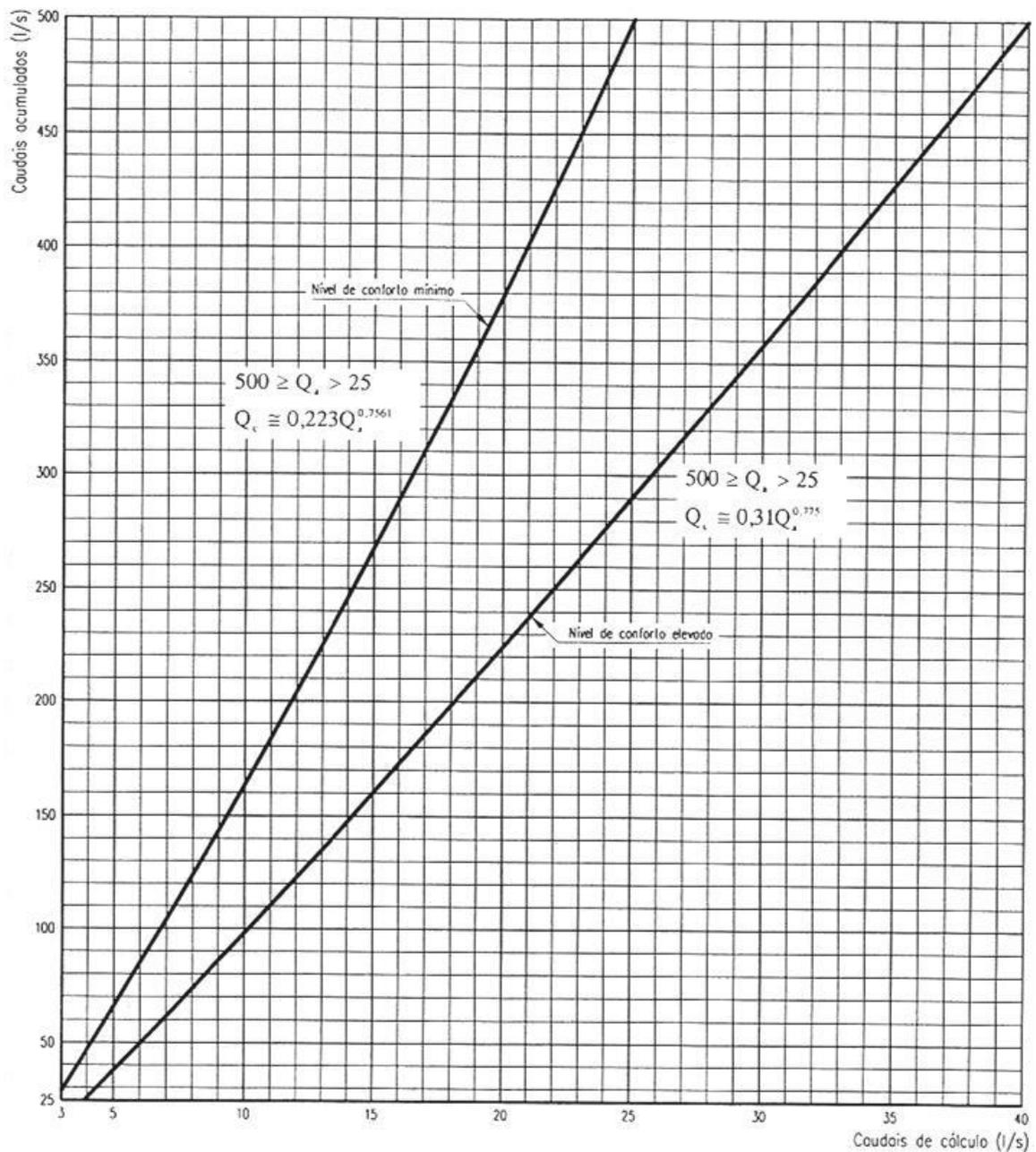


Figura 3.8 - Caudais de cálculo, para os níveis mínimo e elevado, em função dos caudais acumulados (Pedroso, 2016)

### 3.2.3 Dimensionamento hidráulico-sanitário

O dimensionamento de uma rede de abastecimento de águas é efetuado troço a troço, de forma iterativa através de:

- Caudal de cálculo, utilizando caudais mínimos instantâneos (Quadro 3.1);
- diâmetros nominais em cada troço, que verifiquem o critério das velocidades;
- verificação da pressão mínima regulamentar nos dispositivos de utilização.

Através dos caudais de cálculo de cada troço são estimados diâmetros, Equação (3.3), que garantam uma velocidade de escoamento entre 0,5 e 2m/s. Estes valores deverão ser cumpridos por questões de conforto e durabilidade, visto que a maioria dos ruídos resultam de elevadas velocidades de escoamento que dão também origem a vibrações nas tubagens. O cálculo do diâmetro através da Equação (3.3) exige a fixação de um valor de velocidade inicial (p. e. 1,0 m/s), relacionado com os níveis de conforto que se pretende obter.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_c}{\pi \times v}} \quad (3.3)$$

onde:

D = Diâmetro da tubagem (m)

v = Velocidade de escoamento (m/s)

É importante referir que os diâmetros a considerar deverão ser os diâmetros comerciais, de acordo com o tipo de material que se pretende utilizar. As tubagens poderão ser em plástico (polietileno reticulado (PER/PEX), polipropileno (PP), policloreto de vinilo (PVC) ou polietileno de alta densidade (PEAD)) (Quadro 3.2) ou metal (cobre, aço inox ou aço galvanizado) (Quadro 3.3).

Quadro 3.2 - Dimensões das tubagens em PEX, PP, PVC e PEAD (adaptado de Pedroso, 2016)

PER/PEX		PP		PVC		PEAD	
D (mm)	D exterior máximo (mm)	D (mm)	D exterior máximo (mm)	D (mm)	D exterior máximo (mm)	D (mm)	D exterior máximo (mm)
10	10,3	16	16,3	16	16,3	20	20,3
12	12,3	20	20,3	20	20,3	25	25,3
16	16,3	25	25,3	25	25,3	32	32,3
20	20,3	32	32,3	32	32,3	40	40,4
25	25,3	40	40,4	40	40,3	50	50,4
32	32,3	50	50,5	50	50,3	63	63,6
40	40,3	63	63,6	63	63,3	75	75,7
50	50,3	75	75,7	75	75,3	90	90,9
63	63,3	90	90,9	90	90,3	110	111,0
75	75,3	-	-	110	110,4	125	126,2
90	90,3	-	-	125	125,4	-	-
110	110,4	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

**Quadro 3.3 - Dimensões das tubagens em aço inox, cobre e aço galvanizado (adaptado de Pedrosa, 2016)**

Aço Inox		Cobre		Aço Galvanizado	
D (mm)	D exterior máximo (mm)	D (mm)	D exterior máximo (mm)	D (mm)	D exterior máximo (mm)
10	10,045	8	8,04	8	13,5
12	12,045	10	10,04	10	17,2
15	15,045	12	12,04	15	21,3
18	18,045	14	14,04	20	26,9
22	22,055	15	15,04	25	33,7
28	28,055	16	16,04	32	42,4
35	35,070	18	18,04	40	48,3
42	42,070	22	22,05	50	60,3
54	54,070	28	28,05	65	76,1
-	-	35	35,06	80	88,9
-	-	42	42,06	100	114,3
-	-	54	54,06	125	139,7
-	-	-	-	150	165,1

Como foi referido anteriormente, a velocidade máxima da água nas tubagens, segundo a EN 806-3, o RGSPDADAR e Pedrosa (2016) é de 2,0 m/s. A velocidade que tem que ser verificada para todos os troços do traçado. Reescrevendo a Equação (3.3) tem-se obtém-se a Equação (3.4):

$$v = \frac{4Q_c}{\pi \times D^2} \quad (3.4)$$

Para que o dimensionamento de uma rede esteja completo, não é suficiente encontrar os diâmetros que respeitam os caudais e as velocidades em cada troço, é essencial verificar as condições de pressão. Essa verificação começa pelo cálculo das perdas de carga (contínuas e localizadas) em todos os troços. A perda de carga contínua ( $\Delta H_c$ ) obtém-se através do produto do comprimento de cada troço (L) pela perda de carga unitária (J), Equação (3.5).

$$\Delta H_c = J \times L \quad (3.5)$$

onde:

$\Delta H_c$  = Perda de carga contínua (m)

J = Perda de carga unitária (m/m)

L = Comprimento do troço de tubagem (m)

A perda de carga unitária é dada pela fórmula de *Manning-Strickler*, Equação (3.6).

$$J = \left( \frac{Q_c}{K_s \times S \times R_h^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (3.6)$$

onde:

$K_s$  = Coeficiente de rugosidade do material ( $m^{1/3}/s$ )

$S$  = Secção transversal do escoamento ( $m^2$ )

$R_h$  = Raio hidráulico (m)

No que respeita às cargas localizadas, estas são provocadas pelas singularidades existentes em toda a rede (p.e. válvulas, cones, joelhos). Segundo Pedroso (2016), pode considerar-se que as perdas de carga singulares acrescem em 20% o valor das perdas de carga contínuas, obtendo-se a perda de carga total ( $\Delta H_t$ ), Equação (3.7), tendo sempre em conta que as perdas de carga características podem variar consoante o tipo de material e a sua dimensão.

$$\Delta H_t = 1,2 \times \Delta H_c \quad (3.7)$$

onde:

$\Delta H_t$  = Perda de carga total (m)

Tendo acesso aos valores das perdas e carga total determinam-se as perdas de carga total acumulada ( $\Delta H_{cum}$ ) nos diversos troços do traçado, onde os valores mais baixos se verificam junto aos dispositivos de entrega de água (p. e. bacia de retrete, bidé, chuveiro) e o valor mais alto é obtido junto ao contador ou a um hidropressor.

Existem diferenças entre a EN 806-3 (2006) e o RGSPDADAR relativamente às condições de pressão, apresentadas no Quadro 3.4.

**Quadro 3.4 - Condições de Pressão (Decreto Regulamentar n.º 23/95 (RGSPDADAR); EN 806-3, 2006)**

	EN 806-3		RGSPDADAR	
	kPa	m. c. a.	kPa	m. c. a.
Pressões Máximas	500	50	600	60
Pressões Mínimas	100	10	50	5

Por motivos de conforto e durabilidade das tubagens Pedroso (2016) recomenda uma pressão máxima de 300 kPa (30 m. c. a.) e mínima de 150 kPa (15 m. c. a.).

A Equação (3.8) refere que a pressão de serviço em cada dispositivo ( $P_i$ ) se obtém ao subtrair a perda de carga acumulada em cada troço ( $\Delta H_{cum}$ ) e o desnível entre cotas (cota da tubagem pública e cota do dispositivo) ( $\Delta z$ ), à pressão disponível na rede ( $P_r$ ).

$$P_i = P_r - \Delta H_{cum} - \Delta_z \quad (3.8)$$

onde:

$P_i$  = Pressão de serviço em cada dispositivo (m)

$P_r$  = Pressão de serviço na rede pública (m)

$\Delta H_{cum}$  = Perda de carga total acumulada (m)

$\Delta_z$  = Diferença entre a cota da tubagem pública e a cota do ponto de entrega (m)

### 3.3 Redes Prediais de Drenagem de Águas Residuais

#### Domésticas

A utilização da água por parte das populações tem como consequência a produção de águas residuais domésticas/industriais que têm características muito diferentes das águas nas quais tiveram origem. As redes de drenagem de águas residuais domésticas têm como propósito agrupar, encaminhar e descarregar as águas residuais, recolhidas nas habitações, no sistema de coletores públicos transportando-as até ao seu destino final, por norma, uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

No dimensionamento de um sistema predial de águas residuais domésticas é tão importante a otimização das suas exigências funcionais como a sua compatibilização com os restantes projetos de especialidade, obedecendo a aspetos regulamentares e económicos. Devem também ser seguidas as seguintes regras gerais (RGSPDADAR; Paixão, 1999; Pedroso, 2016):

- Separação dos sistemas de drenagem doméstica e pluvial, a montante das câmaras de ramal de ligação à rede pública (Art. 198º do Decreto regulamentar n.º 23/95);
- tipologia da rede pública e conhecer as características dos seus elementos constituintes (diâmetros, cotas e localização);
- evitar a acumulação de água na cobertura e nas zonas de circulação;
- a distância entre a rede de drenagem de águas residuais e a rede de abastecimento de água potável nunca deve ser inferior a 1 metro;
- assegurar a qualidade das instalações hidráulicas e o conforto dos utilizadores evitando ruídos, entupimentos, desforragem dos sifões;
- localizar dispositivos e aparelhos que necessitem ligação;
- na existência de caves, elevar as águas residuais acima do arruamento de modo a evitar inundações e o funcionamento em carga.

São designadas por águas residuais domésticas, as que resultam de cozinhas, instalações sanitárias e lavandarias. Caracterizam-se por conterem quantidades significativas de matéria orgânica, facilmente biodegradável (Marques e Sousa, 2011).

A drenagem predial deverá ser feita em função das cotas de recolha das águas residuais domésticas relativamente à cota em que se encontra o coletor público de drenagem. Portanto, a drenagem predial pode ser gravítica (quando as águas residuais se situam numa cota superior à cota do coletor público), Figura 3.9, com elevação (sempre que a recolha seja feita a uma cota inferior à do coletor público) ou mista, Figura 3.10.

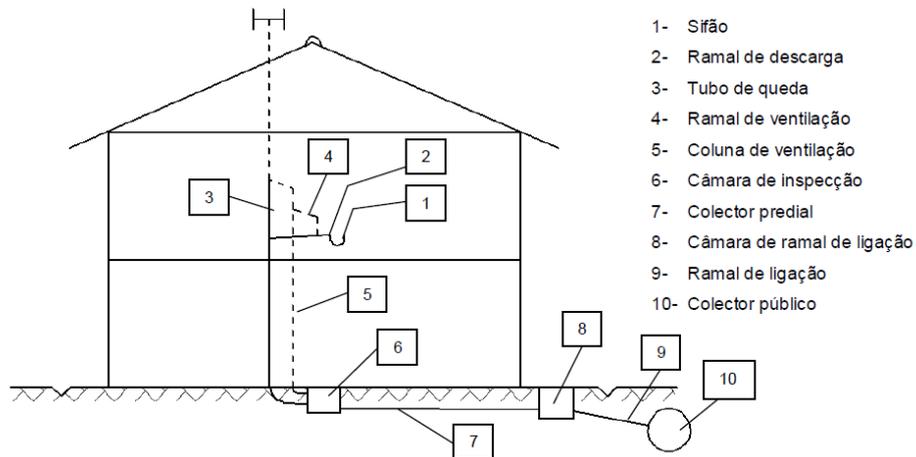


Figura 3.9 - Sistema predial de drenagem gravítica de águas residuais (adaptada de Pedroso, 2016)

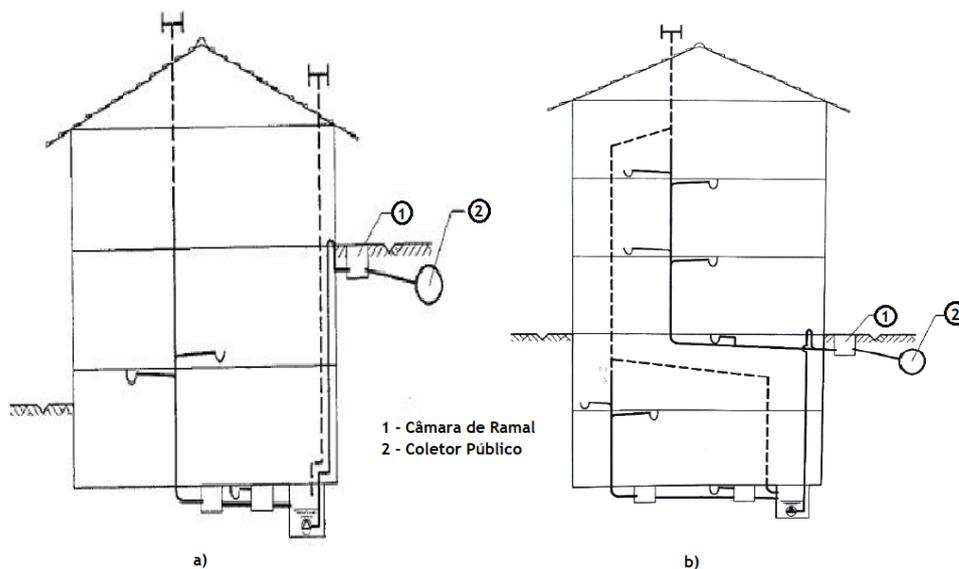


Figura 3.10 - Sistema predial de drenagem de águas residuais: a) elevatório; b) misto (adaptada de Pedroso, 2016)

### 3.3.1 Regras de instalação e traçado da rede

As redes de drenagem de águas residuais domésticas são constituídas pelos órgãos representados na Figura 3.9, seguindo-se uma breve descrição dos mesmos:

- **Ramal de descarga:** Canalização que garante o transporte das águas dos aparelhos para o tubo de queda ou, caso este não exista, ao coletor predial;
- **ramal de ventilação:** canalização de fraca pendente que assegura o fecho hídrico dos sifões, sempre que não seja assegurada a ventilação primária;
- **tubo de queda:** canalização vertical que recebe as descargas provenientes dos vários ramais de descarga a si associados que tem como objetivo o transporte descendente das águas residuais e a ventilação da rede pública e predial;
- **coluna de ventilação:** canalização vertical à qual se ligam os ramais de ventilação, complementado a ventilação efetuada através dos tubos de queda;
- **câmara de inspeção:** elemento necessário à manutenção e limpeza dos coletores, assegurando uma rápida reposição do sistema em caso de falha;
- **coletor predial:** canalização de fraca pendente que recebe as descargas dos tubos de queda e ramais de descarga dos pisos adjacentes, lançando-as para um novo tubo de queda ou a uma câmara de ramal de ligação;
- **ramal de ligação:** canalização destinada a transportar águas residuais prediais até ao coletor público;
- **coletor público:** canalização de caráter público que reúne as descargas das edificações ou da via pública até a um destino final adequado;
- **acessórios:** dispositivos a intercalar no sistema que garantem o correto funcionamento do mesmo, de modo a garantir as condições de habitabilidade, manutenção e retenção.

### ***Ramais de descarga***

Segundo o RGSPDADAR e Pedroso (2016) os ramais de descarga devem ser dimensionados de acordo com os seguintes aspetos:

- Deverão ser constituídos por troços retilíneos, unidos por caixas de reunião ou através de curvas de concordância;
- a ligação em simultâneo de vários aparelhos a um mesmo ramal de descarga deve ser feita através de caixas de reunião ou curvas de concordância;
- os ramais de descarga de água fecal e de águas saponáceas devem ser independentes, de modo a evitar obstruções;
- os troços verticais dos ramais de descarga não podem, de forma alguma, exceder os 2 metros de altura, caso contrário deve ser considerada a instalação de tubos de queda;
- ramais de descarga de bacias de retrete só podem ser ligados a ramais de águas saponáceas ou urinóis quando se garanta uma adequada ventilação secundária destes últimos;
- os ramais de descarga de urinóis devem ser independentes dos restantes aparelhos, salvo quando essa ligação é feita através de caixas de pavimento, ou quando esses aparelhos estejam dotados de ventilação secundária (Figura 3.11);
- os ramais de descarga das águas saponáceas devem ser ligados aos tubos de queda em planos horizontais distintos dos ramais de descarga das bacias de retrete. Quando tal

não é possível as ligações deverão ser feitas através da utilização de forquilhas com ângulos não superiores a 45° (Figura 3.12);

- podem ser instalados à vista, em caleiras, enterrados, embutidos, em galerias ou tetos falsos;
- do mesmo modo que nos sistemas prediais de abastecimento de águas, de forma alguma podem ser instalados em zonas de difícil acesso, sob elementos de fundação ou embutidos em elementos estruturais.

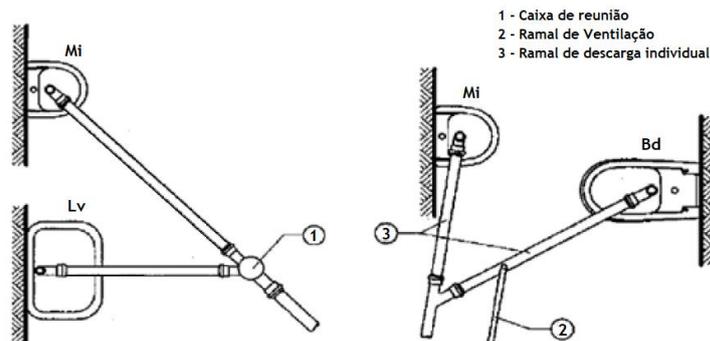


Figura 3.11 - Ligação de um ramal de um urinol a um ramal de outro aparelho (adaptada de Pedroso, 2016)

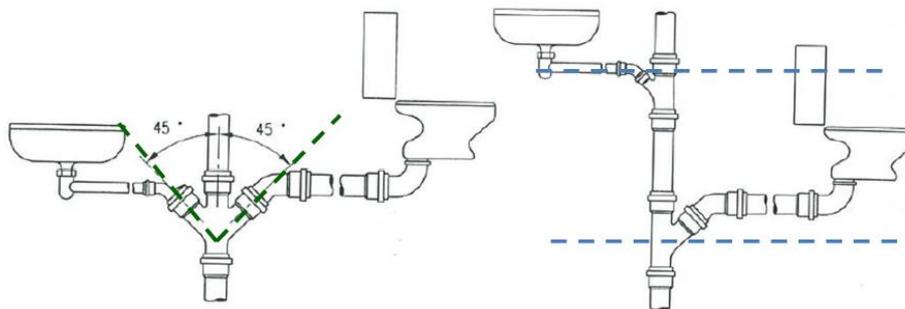


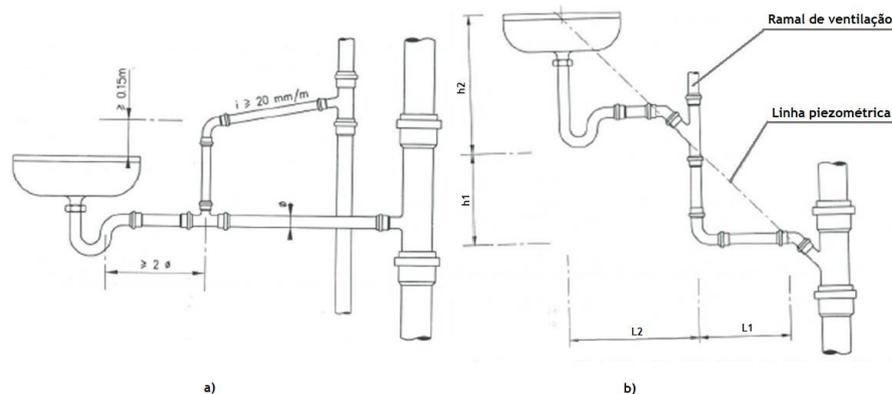
Figura 3.12 - Exemplos da boa prática de ramais de descarga de bacias de retrete e de ramais de descarga de lavatórios ligados a um tubo de queda (Almeida, 2016b)

### Ramais de Ventilação

Segundo o RGSPDADAR e Pedroso (2016), o dimensionamento dos ramais de ventilação deve seguir as seguintes diretivas:

- O seu traçado deve ser retilíneo, vertical e ascendente;
- os troços verticais deverão prolongar-se até, pelo menos, 0,15 m acima do aparelho sanitário mais elevado a ventilar (Figura 3.13);
- os ramais de ventilação devem ser compostos por troços retilíneos, unidos por curvas de concordância;
- podem ser embutidos, visitáveis em tetos falsos e galerias, colocados à vista ou enterrados;

- os troços horizontais devem ter inclinação ascendente, nunca inferior a 2% (20 mm/m), para facilitar o escoamento da água condensada (Figura 3.13);
- os ramais de ventilação não deverão ser cortados pela linha piezométrica, de modo a evitar obstruções, devendo ser considerada a seguinte relação:  $h_2/L_1 = h_1/L_2$  (Figura 3.13);
- como foi referido anteriormente, de forma alguma podem ser instalados em zonas de difícil acesso, sob elementos de fundação ou embutidos em elementos estruturais.



**Figura 3.13 - Ramal de ventilação: a) Ligação do ramal de ventilação ao ramal de descarga; b) Desenvolvimento da linha piezométrica de modo a evitar a obstrução do ramal de ventilação (adaptada de Pedroso, 2016)**

A inserção do ramal de ventilação no ramal de descarga, deve ser no mínimo duas vezes superior ao diâmetro do ramal de descarga. Nos aparelhos em bateria, quando não houver ventilação secundária individual, os ramais de ventilação coletivos devem ter ligação ao ramal de descarga no máximo de três em três aparelhos (Paixão, 1999).

### ***Tubos de queda***

Deverão ser dimensionados segundo as seguintes indicações (RGSPDADAR e Pedroso, 2016):

- Deverão ter traçado vertical, de preferência formando um único alinhamento reto, deve também ter um diâmetro uniforme ao longo do seu desenvolvimento;
- devem ser colocados, se possível, em condutas de serviço verticais facilmente acessíveis, contudo é permitida a sua instalação embutida em paredes;
- a concordância entre os tubos de queda e as tubagens de fraca pendente deverá ser feita através de forquilhas de 45°;
- os tubos de queda devem ser prolongados superiormente até ao exterior do edifício assegurando a ventilação primária do sistema de drenagem (Figura 3.14);
- devem ser dotados de bocas de limpeza, posicionadas de forma a assegurar o fácil acesso em todas as mudanças de direção, próximo das entradas dos ramais de descarga, próximo das curvas de concordância e no mínimo de três em três pisos. O diâmetro das bocas de limpeza não deve ser inferior ao do respetivo tubo de queda;

- a inserção dos tubos de queda nos coletores prediais deverá ser feita através de caixas de inspeção no caso de coletores acessíveis, ou de forquilhas no caso de coletores enterrados. se a caixa de inspeção estiver a mais de 10 vezes o seu diâmetro é essencial garantir a ventilação secundária ou proceder à instalação de uma caixa de visita (Figura 3.14);
- quando não se desenvolverem num único alinhamento reto, o comprimento dos troços de mudança de direção não poderá ser maior do que 10 vezes o seu diâmetro, caso contrário deverá ser considerado como coletor predial (Figura 3.15);
- tendo em conta que se sentem pressões mais elevadas na base do tubo de queda é aconselhável que os ramais de descarga dos pisos adjacentes sejam ligados aos coletores prediais (Figura 3.15).

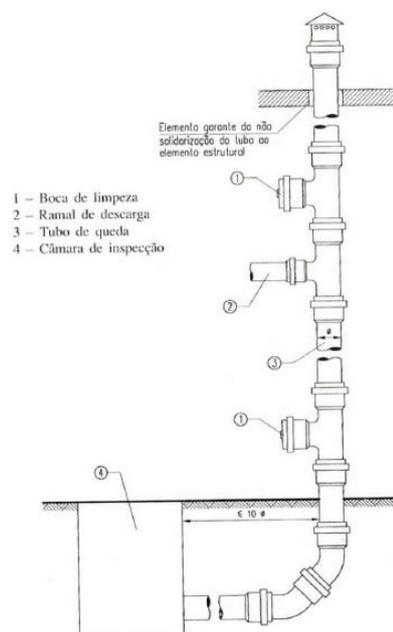


Figura 3.14 - Ligação do tubo de queda à câmara de inspeção (Pedroso, 2016)

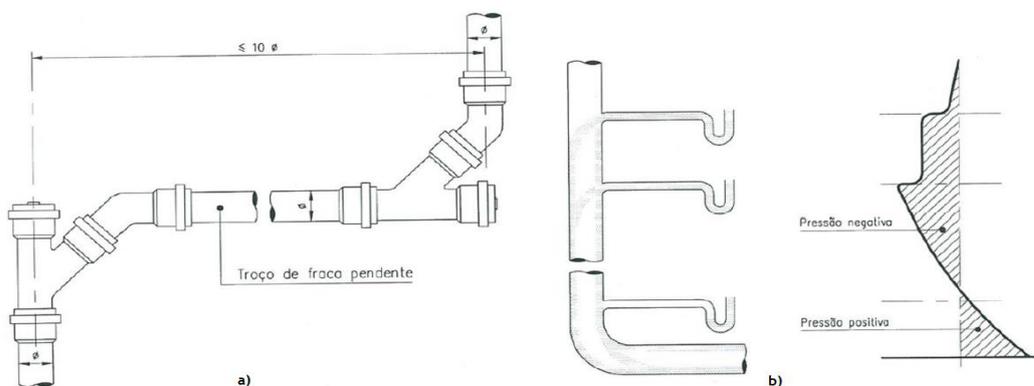


Figura 3.15 - Tubos de queda: a) Translação; b) Diagrama de pressões (adaptada de Pedroso, 2016)

### Colunas de ventilação

Segundo o artigo 231.º do RGSPDADAR sempre que a taxa de ocupação dos tubos de queda seja superior a um sétimo (1/7), ou sempre que a existência de ramais de ligação assim o exija, a ventilação feita através dos tubos de queda deverá ser complementada por colunas de ventilação.

- A coluna de ventilação deve ter origem no coletor predial, a sua interseção deverá estar a uma distância do tubo de queda 10 vezes superior ao diâmetro do mesmo (Figura 3.16b);
- se a coluna de ventilação ligar ao tubo de queda, a sua interseção deverá ser feita a uma distância nunca inferior a 1 metro da última interseção de um ramal de descarga (Figura 3.16b);
- deverão ter um traçado vertical, os troços das mudanças de direção deverão ser ascendentes, retilíneos e ligados por curvas de concordância;
- tal como os tubos de queda deverão ser instaladas em galerias verticais acessíveis;
- de três em três pisos deverão ser ligadas aos tubos através da inserção de troços ascendentes (Figura 3.16a);
- devem ter origem a montante das caixas de inspeção ou dos coletores prediais sempre que não existam tubos de queda nos edifícios.

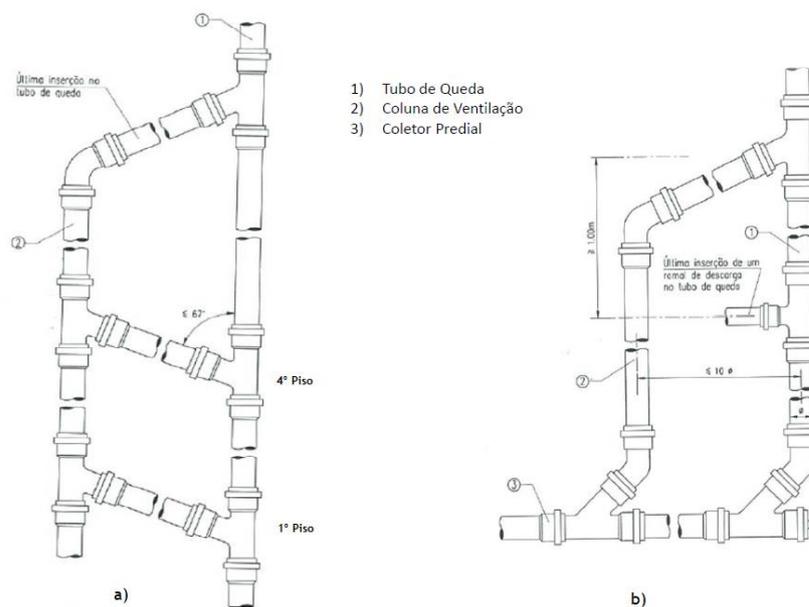


Figura 3.16 - Ligação da coluna de ventilação: a) ao tubo de queda; b) ao coletor e tubo de queda (adaptada de Pedroso, 2016)

### Coletores Prediais

No dimensionamento dos coletores prediais deve ter-se em atenção os seguintes requisitos (RGSPDADAR e Pedroso, 2016):

- Deverão ter traçados retilíneos, em planta e em perfil;

- podem ser instalados em caleiras, em tetos falsos ou galerias, colocados à vista ou enterrados;
- quando são enterrados, devem ser instaladas câmaras de inspeção no início e no final dos coletores, sempre que haja mudança de direção, quando houver mudanças de inclinação, de diâmetro e confluências de ramais (Figura 3.17a);
- caso os coletores sejam visíveis e de fácil acesso, as caixas de inspeção podem ser substituídas por curvas de transição, forquilhas, reduções e por bocas de limpeza situadas em locais de fácil acesso tornando possível a sua manutenção e limpeza em toda a sua extensão (Figura 3.17b);
- a distância entre bocas de limpeza ou câmaras de inspeção não deve ser superior a 15 metros (Figura 3.17a);
- de forma alguma podem ser instalados em zonas de difícil acesso, sob elementos de fundação ou embutidos em elementos estruturais.

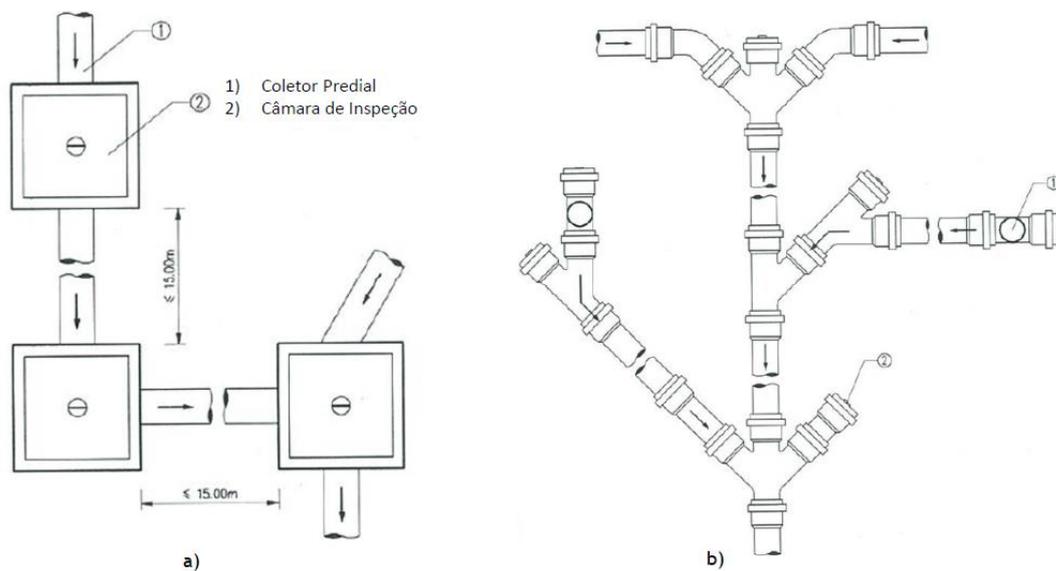


Figura 3.17 - a) coletores prediais enterrados; b) coletores prediais à vista (adaptada de Pedroso, 2016)

### **Ramais de ligação**

De acordo com o RGSPDADAR e Pedroso (2016) o dimensionamento dos ramais de ligação deve seguir as seguintes regras:

- Por norma, a execução do ramal de ligação de saneamento à rede pública é da responsabilidade da Entidade Licenciadora;
- A sua inclinação mínima é de 1% (10 mm/m) não existindo limite para a inclinação máxima, contudo os ramais deverão ser devidamente ancorados quando a sua inclinação for superior a 15% (150 mm/m);
- O diâmetro mínimo admissível para os ramais de ligação é de 125 mm;
- O traçado dos ramais deverá ser constituído por troços retilíneos, em planta e em perfil;

- Os ramais podem ser ligados diretamente aos coletores públicos, sempre que estes tenham um diâmetro superior a 500 mm e desde que a interseção seja num plano superior a 2/3 do seu diâmetro (Figura 3.18).



Figura 3.18 - Inserção direta do ramal de ligação no coletor público (adaptada de Pedroso, 2016)

### 3.3.2 Caudais de descarga

Os caudais de descarga são especificados pelos fabricantes de aparelhos e equipamentos sanitários em função do tipo de aparelho e equipamento. Na ausência dessa informação, para efeito de cálculo, deverão ser considerados os valores mínimos apresentados no Quadro 3.5.

**Quadro 3.5 - Caudais de mínimos de descarga, diâmetros mínimos nos ramais de descarga e diâmetros mínimos para os sifões a instalar nos aparelhos e equipamentos sanitários (adaptado de Decreto Regulamentar n.º 23/95 (RGSPDADAR); Paixão, 1999)**

Aparelho	Caudal de descarga (l/min)	Diâmetro mínimos nos ramais de descarga (mm)	Diâmetro mínimo para o sifão (mm)
Lavatório (Lv)	90	90	a)
Bidé (Bd)	60	40	30
Banheira (Ba)	30	40	30
Chuveiro (Ch)	30	40	30
Bacia de retrete (Br)	30	40	30
Máquina de lavar louça (ML)	60	50	40
Máquina de lavar roupa (Mr)	60	50	40
Pia lava-louça (LL)	90	75	60
Tanque de lavar roupa (T)	60	50	a)
Miscatório de espaldar (Me)	30	50	40
Mictório Suspenso (Ms)	60	50	30

a) Incorporado no equipamento

Para um correto dimensionamento de uma rede de drenagem de águas residuais é necessário atender a critérios físicos e hidráulicos tais como o diâmetro das tubagens (D), a tensão de arrastamento ( $\tau$ ) e velocidade de arrastamento (v) dos fluidos.

Os caudais de descarga acumulados em cada trecho são obtidos através da soma dos caudais mínimos de descarga associados a cada dispositivo. Da mesma forma que no abastecimento de

águas, o caudal de cálculo ( $Q_c$ ) é encontrado através do caudal acumulado ( $Q_a$ ) influenciado por um coeficiente de simultaneidade ( $x$ ), Equação (3.2).

### 3.3.3 Dimensionamento hidráulico-sanitário

#### *Ramais de descarga*

O diâmetro desta canalização pode ser dimensionado para dois escoamentos, escoamento para meia-seção, Equação (3.9), e escoamento para seção cheia Equação (3.10), respetivamente.

$$D = \frac{Q_c^{\frac{3}{8}}}{0,4980 \times K_s^{\frac{3}{8}} \times i^{\frac{3}{16}}} \quad (3.9)$$

$$D = \frac{Q_c^{\frac{3}{8}}}{0,64589 \times K_s^{\frac{3}{8}} \times i^{\frac{3}{16}}} \quad (3.10)$$

onde:

$D$  = Diâmetro interno da tubagem (m)

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

$K_s$  = Coeficiente de rugosidade do material ( $m^{1/3}/s$ )

$i$  = inclinação da tubagem (m/m)

Segundo a RGSPDADAR os ramais de descarga individuais poderão ser dimensionados para escoamento a seção cheia sempre que as distâncias máximas entre sifão e seção ventilada sejam cumpridas, caso contrário terão que ser dimensionados a meia seção tal como os ramais de descarga coletivos. O RGSPDADAR refere ainda que as inclinações das tubagens devem estar compreendidas entre 1% e 4%.

Qualquer que seja a origem das águas residuais domésticas deve sempre proceder-se à verificação da capacidade de autolimpeza das tubagens, esse procedimento é feito através do cálculo da tensão de arrastamento ( $\tau$ ) calculada através da equação (3.11).

$$\tau = \gamma \times R \times i \quad (3.11)$$

onde:

$\tau$  = Tensão de arrastamento ( $Pa = N/m^2$ )

$\gamma$  = Peso específico da água ( $N/m^3$ )

$R$  = Raio hidráulico (m)

$i$  = inclinação da tubagem (m/m)

Segundo Pedroso (2016), para que seja garantida a eficácia da autolimpeza a tensão de arrastamento deverá ser superior a  $2,45 \text{ N/m}^2$ . Assim sendo, as velocidades de escoamento deverão estar compreendidas entre 0,4 e 1,2 m/s, para águas com pouca ou nenhuma gordura e águas com quantidades de gordura significativas, respetivamente.

#### ***Tubos de queda***

Pedroso (2006) refere que os tubos de queda devem ser dimensionados tendo em atenção os caudais confluentes para uma taxa de ocupação máxima ( $t_s$ ) de 1/3 se o sistema possuir ventilação secundária. Caso não exista ventilação secundária a taxa de ocupação deverá ser, no máximo, 1/7. O diâmetro dos tubos de queda pode ser escolhido analisando o Quadro 3.6.

**Quadro 3.6 - Dimensionamento dos tubos de queda (adaptado de Pedroso, 2016)**

Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (l/min)				
		Taxa de ocupação				
		1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
50	45,6	81	50	34	25	20
75	70,6	259	160	111	82	63
90	85,6	433	268	185	136	106
110	105,1	749	464	320	236	182
125	119,5	1055	653	450	332	257
140	133,9	1429	885	610	450	348
160	153	2039	1262	870	642	497
200	191,4	3704	2293	1581	1167	902
250	239,4	6728	4165	2872	2119	1639

#### ***Coletores prediais e ramais de ligação***

O dimensionamento destas tubagens deverá ser efetuado para escoamentos a meia secção onde através da Equação (3.9) é possível calcular os diâmetros de acordo com os caudais confluentes, com a inclinação definida para cada troço e com o tipo de material a utilizar.

Relativamente aos coletores prediais, o RGSPDADAR estabelece que o diâmetro mínimo desta tubagem é de 100 mm com uma inclinação situada entre 1 e 4%.

Em relação aos ramais de ligação, segundo o RGSPDADAR avança que o diâmetro mínimo é de 125 mm com inclinações entre os 2% e os 4%.

### **3.4 Redes Prediais de Drenagem de Águas Pluviais**

O principal objetivo dos sistemas de drenagem de águas pluviais é agrupar e encaminhar as águas provenientes das áreas de captação, nos edifícios, até à rede pública. Para uma correta instalação do sistema há que ter em conta, não apenas fatores de natureza regulamentar, mas também fatores económicos, funcionais e a sua compatibilização com os restantes projetos de especialidade.

A execução de um projeto de drenagem de águas pluviais divide-se em três etapas, primeiramente são avaliados os dados existentes, como a planta do edifício e os projetos de outras especialidades (p. e. estruturas, AVAC, abastecimento de gás) de modo a evitar futuras incompatibilidades. Seguidamente faz-se a escolha do traçado que abrange a definição de todos os troços de tubagem, a localização de acessórios e instalações complementares. Finalmente procede-se ao dimensionamento, que tem como finalidade a determinação dos diâmetros das canalizações, dimensões de câmaras retentoras e dimensões de acessórios (p. e. sifões, ralos, câmaras de inspeção). É importante esclarecer que o traçado e o dimensionamento estão interligados, estando por isso sujeitos a alterações durante a sua execução.

Segundo o RGSPDADAR, nos sistemas públicos de drenagem de águas pluviais só é permitido o lançamento das águas provenientes das seguintes origens:

- Circuitos de Refrigeração e armazenamento de água;
- lavagem de arruamentos, pátios e parques de estacionamento, rega de jardins e espaços verdes, isto é, aquelas que de uma forma geral são recolhidas pelas sarjetas, sumidouros ou ralos;
- drenagem do subsolo;
- piscinas e depósitos de armazenamento de água.

Após a recolha destas águas elas são encaminhadas através de um ramal de ligação até à rede pública. Esse ramal tem origem numa câmara de ramal de ligação situada no interior do lote a drenar.

Quando as águas pluviais são recolhidas a um nível superior ao do arruamento onde se encontra o coletor público de drenagem, a condução das águas é feita apenas pela ação da gravidade (Figura 3.19a). Nos casos em que as águas pluviais são recolhidas a um nível inferior ao do arruamento onde se encontra o coletor público, deverá proceder-se à elevação das mesmas por meios mecânicos até uma cota a partir da qual, e por gravidade, sejam conduzidas para a rede pública de drenagem. Nas situações em que a recolha de águas pluviais ocorra a um nível superior e a um nível inferior ao arruamento, dentro do mesmo edifício, deverá proceder-se de acordo com os requisitos referidos neste parágrafo (Figura 3.19b).

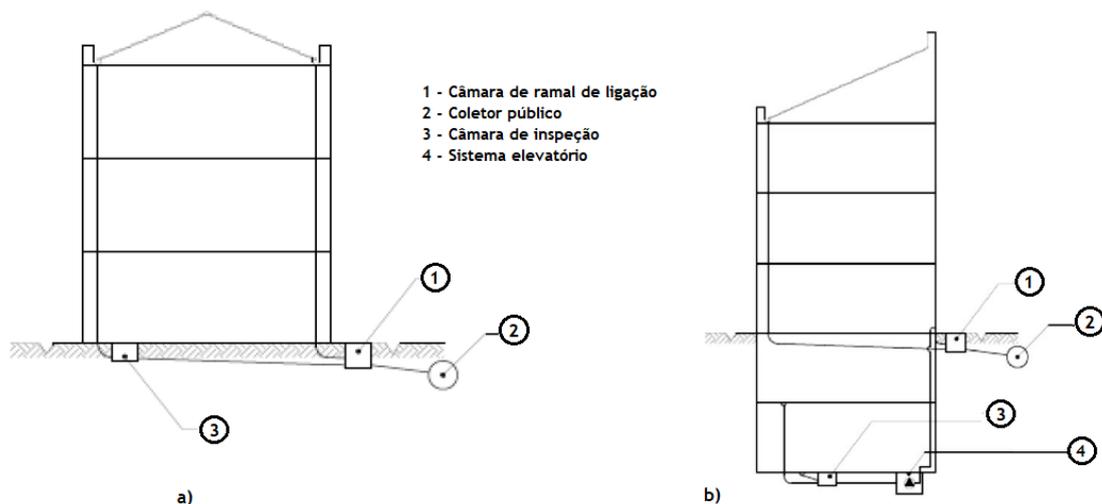


Figura 3.19 - Sistema de drenagem de águas pluviais: a) drenagem gravítica; b) sistema misto de drenagem de águas pluviais (adaptado de Pedroso, 2016)

### 3.4.1 Regras de instalação e traçado da rede

Os sistemas de drenagens de águas residuais pluviais são compostos por uma rede de coletores, acessórios e dispositivos de descarga final que conduzem as águas pluviais para a rede pública de drenagem. Segue-se uma breve descrição desses elementos (RGSPDADAR; Pedroso, 2016; Paixão 2005):

- **Caleiras e algerozes:** Conduitas de pequena inclinação instaladas nas coberturas com o propósito de recolher e encaminhar as águas pluviais para os ramais de descarga ou tubos de queda;
- **ramais de descarga:** canalizações destinadas à condução das águas pluviais provenientes dos dispositivos de recolha até aos tubos de queda, quando estes existem, ou para coletores prediais, poços absorventes, valetas ou áreas de receção próprias para o efeito;
- **tubo de queda:** canalização que tem como finalidade a recolha e transporte das descargas provenientes das caleiras e ramais de descarga até aos coletores prediais ou valetas;
- **coletores prediais:** canalizações que têm como fim recolher as águas provenientes dos tubos de queda ou de ramais de descarga (quando não existem tubos de queda) e à condução destas para o ramal de ligação;
- **acessórios:** dispositivos necessários ao sistema que possibilitam as operações de manutenção e retenção garantindo boas condições de habitabilidade dos espaços;
- **instalações complementares:** instalações que têm como objetivo melhorar o desempenho do sistema de drenagem. nos sistemas prediais podem existir câmaras retentoras (que impedem o lançamento de resíduos interditos na rede pública) e instalações elevatórias (drenagem com elevação ou sistema misto);

- **colunas de ventilação:** por norma estas canalizações apenas se encontram regulamentadas para a drenagem de águas residuais. contudo, no caso das águas pluviais, as colunas de ventilação terão que existir em sistemas de drenagem elevatórios e mistos, onde haverá um poço de bombagem que irá necessitar ventilação independente.

### ***Tubos de queda***

Os tubos de queda das águas pluviais devem ser instalados, preferencialmente, em condutas de serviço verticais de fácil acesso. Segundo o RGSPDADAR e Pedroso (2016), os tubos de queda deverão respeitar os seguintes critérios:

- O traçado destas tubagens deverá ser vertical, e se possível constituído por um único alinhamento reto;
- quando não se desenvolverem num único alinhamento reto, o comprimento dos troços de mudança de direção não poderá ser maior do que 10 vezes o seu diâmetro, caso contrário deverá ser considerado como coletor predial (Figura 3.15);
- os tubos de queda podem descarregar em coletores prediais (através de forquilhas ou câmaras de inspeção) e em valetas de arruamentos;
- na recolha das águas pluviais das coberturas, os tubos de queda podem ligar diretamente a uma caleira, ou no caso de terraços ou coberturas planas, podem receber um ralo por receio de obstrução por folhas ou detritos diversos;
- se os tubos de queda atravessarem elementos estruturais, é preciso certificar a sua não ligação rígida a estes elementos.

### ***Ramais de descarga***

De acordo com Pedroso (2016) e o RGSPDADAR, o traçado de ramais de descarga de águas pluviais deverá cumprir os seguintes critérios:

- A ligação em simultâneo de vários aparelhos a um mesmo ramal de descarga deve ser feita através de caixas de reunião ou forquilhas;
- a ligação dos ramais de descarga aos coletores prediais deverá ser feita através de caixas de inspeção ou forquilhas, e aos tubos de queda através de forquilhas;
- deverão ser constituídos por troços retilíneos, unidos por caixas de reunião ou através de curvas de concordância que permitam a sua desobstrução sem necessidade de se proceder à sua desmontagem;
- os troços verticais dos ramais de descarga não podem, de forma alguma, exceder os 2 metros de altura;
- podem ser instalados à vista, em caleiras, enterrados, embutidos, em galerias ou tetos falsos.

### ***Coletores prediais***

De acordo com o RGSPDADAR e Pedroso (2016), no dimensionamento hidráulico dos coletores prediais de águas pluviais deve ter-se em atenção as seguintes diretrizes:

- deverão ter um traçado constituído por troços retilíneos, tanto em planta como em perfil;
- podem ser instalados em caleiras, em tetos falsos ou galerias, colocados à vista ou enterrados;
- quando enterrados, devem ser instaladas câmaras de inspeção no início e no final dos coletores, sempre que haja mudança de direção, quando houver mudanças de inclinação, de diâmetro e confluências de ramais (Figura 3.17a);
- caso os coletores sejam visíveis e de fácil acesso, as caixas de inspeção podem ser substituídas por curvas de transição, forquilhas, reduções e por bocas de limpeza situadas em locais de apropriados facilitando a sua manutenção e limpeza em toda a sua extensão (Figura 3.17b);
- de forma alguma podem ser instalados em zonas de difícil acesso, sob elementos de fundação ou embutidos em elementos estruturais.

De uma forma geral, o traçado das redes de drenagem de águas pluviais é muito semelhante ao traçado das redes de drenagem de águas residuais apresentado no ponto 3.3.1.

#### ***Ramais de ligação***

No dimensionamento dos ramais de descarga das águas pluviais é necessário atender aos seguintes critérios (RGSPPDADAR e Pedroso, 2016)

- O traçado dos ramais deverá ser constituído por troços retilíneos, em planta e em perfil;
- a inserção dos ramais de ligação na rede pública pode ser feita, direta ou indiretamente, nos coletores ou nas câmaras de visita;
- os ramais podem ser ligados diretamente aos coletores públicos, sempre que estes tenham um diâmetro superior a 500 mm e desde que a interseção seja num plano superior a 2/3 do seu diâmetro (Figura 3.18);
- a inserção dos ramais de ligação nos coletores públicos também pode ser feita através de forquilhas, desde que estas tenham um ângulo de incidência igual ou inferior a  $67^{\circ}30'$ , sempre no sentido do escoamento, evitando deste modo perturbar a veia líquida principal.

#### **3.4.2 Caudais de Cálculo**

No dimensionamento de uma rede de drenagem pluvial é necessário considerar os caudais de cálculo que estão diretamente relacionados à intensidade de precipitação, esta, por sua vez, depende da região onde se pretende implantar o edifício. A quantificação do caudal de cálculo é o primeiro passo no dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais.

Segundo Pedroso (2016), os caudais de cálculo deverão ser obtidos com base nas curvas de intensidade, duração e frequência (curvas I-D-F). Estas curvas podem ser traduzidas através da Equação (3.12).

$$I = a \times t^b \quad (3.12)$$

onde:

I = Intensidade de precipitação (mm/h)

t = duração da precipitação (min)

a,b = constantes dependentes do período de retorno

As constantes *a* e *b* são obtidas ajustando as curvas aos valores de registo. O Quadro 3.7 apresenta os valores obtidos nos ajustamentos para diferentes períodos de retorno e diferentes regiões pluviométricas (Figura 3.20). Segundo o RGSPDADAR uma duração de precipitação de 5 minutos e um período de retorno de 5 anos são suficientes para o cálculo da intensidade de precipitação (I).

Quadro 3.7 - Valore dos parâmetros *a* e *b* para diferentes regiões pluviométricas e períodos de retorno (adaptado de Pedroso, 2016)

Período de retorno (anos)	Regiões Pluviométricas					
	A		B		C	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
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

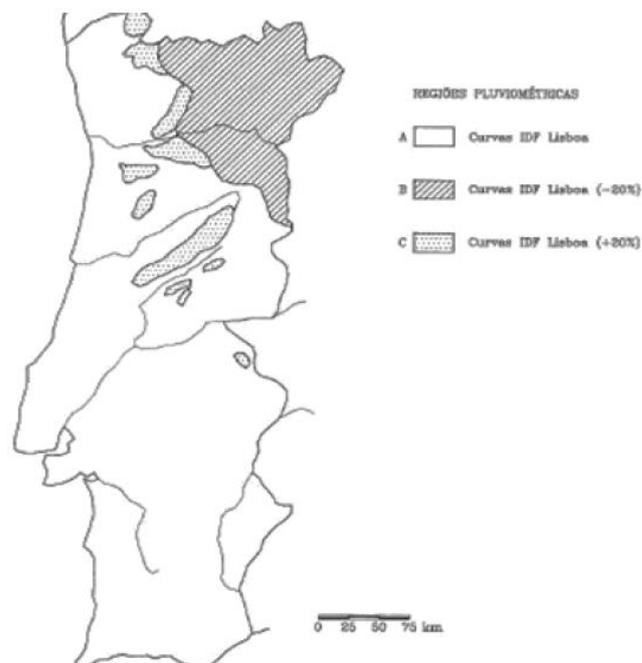


Figura 3.20 - Regiões Pluviométricas (adaptado de Pedroso, 2016)

Determinada a intensidade de precipitação, o caudal de cálculo ( $Q_c$ ) é determinado aplicando a Equação (3.13).

$$Q = C \times I \times A \quad (3.13)$$

onde:

$Q$  = Caudal de cálculo (l/min)

$C$  = Coeficiente de escoamento

$I$  = Intensidade de precipitação (l/min.m<sup>2</sup>)

$A$  = Área a drenar em projeto horizontal (m<sup>2</sup>)

Os valores do coeficiente de escoamento deverão ser retirados do Quadro 4.2.

### 3.4.3 Dimensionamento hidráulico-sanitário

#### *Ramais de descarga*

O dimensionamento dos ramais de descarga pode ser feito para escoamentos a meia secção e escoamentos a secção cheia, calculando os diâmetros das tubagens através das Equações (3.9) e (3.10), respetivamente, estimando o caudal confluyente, arbitrando uma inclinação ( $i$ ) (entre 0,5% e 4%) e definindo o material a utilizar.

No dimensionamento hidráulico dos ramais de descarga é preciso ter em atenção que as que as inclinações deverão ser superiores a 5% (5 mm/m) e que o diâmetro mínimo dos ramais de descarga é de 40 mm, no entanto, se forem instalados ralos de pinha o diâmetro mínimo deverá ser de 50 mm.

Apesar de não existir um valor para a verificação da tensão de arrastamento ( $\tau$ ), pode tomar-se por referência o valor definido para os coletores de águas residuais, 2,45 N/m<sup>2</sup>. A tensão de arrastamento pode ser calculada através da Equação (3.11) apresentada em 3.3.2. A velocidade de escoamento pode ser determinada reescrevendo a fórmula de Manning-Strickler, Equação (3.14).

$$v = K_s \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (3.14)$$

onde:

$v$  = velocidade de escoamento (m/s)

$K_s$  = Coeficiente de rugosidade do material (m<sup>1/3</sup>/s)

$R_h$  = Raio hidráulico (m)

$i$  = inclinação (m/m)

O RGSPDADAR impõe limites para a velocidade de escoamento, portanto esta deverá ser no mínimo de 0,9 m/s e no máximo de 5 m/s, por forma a evitar a erosão dos coletores e a promover a sua autolimpeza.

### ***Caleiras e Algerozes***

Quando se dimensionam caleiras ou algerozes é necessário ter em consideração a altura da lâmina líquida de modo a que não haja transbordo que possa provocar infiltrações para o interior do edifício. Assim sendo, a altura da lâmina líquida não deverá ultrapassar 70% da altura da secção transversal das caleiras e dos algerozes (retangular ou semicircular). Recomenda-se que a inclinação das caleiras e dos algerozes varie entre 0,5% e 1% (Pedroso, 2016).

Para o cálculo da secção das condutas pode recorrer-se ao caudal de cálculo estimado ou à fórmula de Manning-Strickler, estimando o diâmetro em função da secção adotada (semicircular ou retangular), podendo recorrer-se a expressões matemáticas ou ábacos presentes em Paixão (1999) e Pedroso (2016).

### ***Tubos de queda***

O cálculo do diâmetro dos tubos de queda é feito com base no caudal máximo acumulado e drenado pelos vários ramais de descarga, caleiras e algerozes que para ele confluem. Na maioria dos casos, para o cálculo do diâmetro do tubo de queda, é tida em conta uma carga (altura da lâmina líquida sobre a cobertura H) que varia entre os 10 mm e os 100 mm, Equação (3.15). O diâmetro dos tubos de queda deverá ser superior ao maior dos diâmetros dos ramais de descarga que para ele confluem, nunca sendo inferior a 50 mm.

$$Q = \left( \alpha + \beta \times \frac{H}{D} \right) \times \pi \times D \times H \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad (3.15)$$

onde:

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

H = Carga no tubo de queda (m);

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

$\beta = 0,350$ ;

g = aceleração da gravidade (m/s).

A Equação (3.15) pode ser aplicada sempre que o comprimento do tubo de queda for superior a 1 metro e entrada cónica, ou quando o comprimento do tubo de queda é superior a 0,04 vezes o seu diâmetro (metros) e entrada em aresta viva. Não havendo restrições, desde que não existam acessórios na sua base que introduzam sinuosidades (Pedroso, 2016).

### ***Coletores prediais e ramais de ligação***

Os coletores prediais podem ser dimensionados tanto para meia secção como para secção cheia através das Equações (3.9) e (3.10). É possível calcular os diâmetros de acordo com os caudais confluentes, com a inclinação definida para cada troço e com o tipo de material a utilizar. O RGSPDADAR estabelece que o diâmetro mínimo desta tubagem é de 100 mm com uma inclinação situada entre 0,5 e 4%, no entanto é recomendado que não se adotem inclinações inferiores a 1%.

Relativamente aos ramais de ligação, o RGSPDADAR avança que o diâmetro mínimo é de 125 mm com inclinações entre os 2% e os 4%. Tendo sempre em atenção que os diâmetros desta tubagem devem ser superiores ao maior dos diâmetros das canalizações que para ele confluem.



## 4 Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP)

Atualmente a escassez de água potável é uma realidade cada vez mais evidente na maioria dos continentes, com padrões de consumo elevados associados ao crescimento progressivo da população mundial. É, por isso, de extrema importância uma implementação imediata e o mais generalizada possível de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP).

Em zonas isoladas ou descentralizadas o aproveitamento das águas pluviais apresenta grandes possibilidades de uso, uma vez que esta é captada junto ao local onde será consumida. A captação da água da chuva é feita através de estruturas já existentes podendo ser armazenada em reservatórios ou cisternas e ser utilizada com pouco ou mesmo nenhum tratamento (Lamberts *et al.*, 2010).

A diminuição do consumo de água potável, a reserva de água caso ocorram interrupções no abastecimento público ou situações de emergência, a redução da carga de drenagem e controle de enchentes e impactos ambientais baixos são algumas das vantagens associadas à reutilização de águas pluviais.

Porém, estes sistemas também apresentam desvantagens, entre as quais se destacam: A dependência na pluviosidade, a duplicação de tubagem, o perigo de contaminação caso a água não seja armazenada de forma adequada e a capacidade de armazenamento, que pode restringir o volume de água recolhida.

### 4.1 Componentes básicos de um SAAP

Segundo o *Texas Manual on Rainwater Harvesting* elaborado pelo *Texas Water Development Board* (TWDB, 2005), os SAAP são constituídos por seis componentes básicos com funções muito específicas (Figura 4.1):

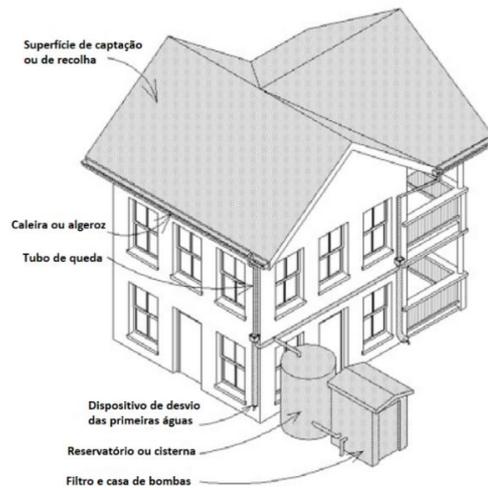


Figura 4.1 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) (adaptada de TWDB,2005)

#### 4.1.1 Superfície de Captação ou de Recolha

Na grande maioria dos SAAP, os telhados ou coberturas dos edifícios são a principal fonte de captação das águas pluviais. É de notar que o material de que é feita a superfície de captação tem influência sobre a qualidade da água, existindo, contudo, outros fatores que influenciam a qualidade da água, como o ambiente envolvente e as condições climatéricas.

De acordo com o *Water Sensitive Urban Design in the Sidney Region (WSUDSR)* são de evitar superfícies de recolha pintadas com tintas à base de chumbo ou alcatrão, assim como coberturas de amianto. Coberturas de ferro galvanizado, telha cerâmica ou ardósia são boas soluções, porque garantem, na grande maioria dos casos, uma qualidade de água aceitável.

#### 4.1.2 Sistema de Transporte

Este sistema tem como objetivo conduzir a água captada na cobertura até aos dispositivos de filtração. É em tudo semelhante a um sistema de drenagem de águas pluviais, constituído por calceiras ou algerozes e tubos de queda. É indispensável o uso de materiais resistentes à corrosão de modo a evitar uma diminuição da qualidade da água captada, sendo alumínio ou aço galvanizado boas opções.

#### 4.1.3 Filtração

As coberturas e telhados dos edifícios são superfícies que facilmente acumulam poeiras, folhas, galhos, pólenes, dejetos de animais, fuligem e muitos outros resíduos. Portanto, é absolutamente necessário que a água pluvial captada seja filtrada para impedir que todos estes poluentes atinjam o reservatório. Para a filtração das águas podem ser utilizados os seguintes equipamentos:

#### — *Crivos de folhas*

São utilizados na remoção de detritos de maiores dimensões, impedem a entrada de folhas, galhos ou flores no SAAP. Estes filtros devem ser limpos de forma regular, tanto para evitar uma diminuição da qualidade da água como para evitar a colmatção dos mesmos pondo em causa a normal progressão da água no SAAP.



Figura 4.2 - Dispositivo de remoção de detritos (in [www.planfor.pt](http://www.planfor.pt))

#### — *Dispositivos de desvio das primeiras águas*

Estes dispositivos garantem o descarte das primeiras águas captadas evitando que estas cheguem ao reservatório. Inicialmente as primeiras águas são conduzidas para uma câmara onde se encontra um flutuador, quando o volume da câmara é preenchido o flutuador veda o orifício de entrada, impedindo a entrada de água limpa que será encaminhada para o reservatório.



Figura 4.3 - Dispositivo de desvio automático das primeiras águas (first flush) (in <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil>)

É importante que sejam limpos periodicamente uma vez que, sem uma manutenção adequada os dispositivos de filtração ficariam obstruídos, reduzindo o fluxo de água pluvial e contribuindo para o desenvolvimento de microrganismos prejudiciais à saúde (TWDB, 2005).

#### **4.1.4 Armazenamento**

O reservatório é o componente responsável pelo armazenamento da água captada e é por norma o elemento mais dispendioso de um SAAP.

É recomendado que sejam opacos, de modo a evitar o desenvolvimento de microrganismos, que estejam arejados e protegidos da radiação solar. A entrada de água e a descarga de superfície devem ser protegidas por telas para evitar a entrada de insetos e pequenos animais no reservatório. O volume do reservatório está dependente de vários fatores, entre os quais, o regime de precipitação local, a área da superfície de captação, os usos e o orçamento disponível (TWDB, 2005).

Relativamente a materiais, existem diversas opções entre as quais se destacam o PEAD (Figura 4.4a) e Figura 4.4b) e o betão.



Figura 4.4 - Reservatórios em PEAD: (a) reservatório subterrâneo; (b) reservatório de superfície (in [www.ecodepur.pt](http://www.ecodepur.pt))

Os reservatórios poderão ser superficiais ou enterrados/semienterrados e no Quadro 4.1 são apresentadas vantagens e desvantagens no aproveitamento de água pluvial relativamente a esses dois tipos de reservatório.

Quadro 4.1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de tanques (adaptado de Oliveira, 2008)

	Vantagens	Desvantagens
<b>Reservatórios Superficiais</b>	Permite a deteção de fugas	Ocupação de 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
<b>Reservatórios enterrados/semienterrados</b>	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 deteção
	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

#### **4.1.5 Distribuição**

A distribuição da água pluvial pode ser feita por bombagem ou por gravidade.

A distribuição por gravidade é feita por ação da força da gravidade. A distribuição por bombagem é feita com recurso a bombas que transportam a água até aos dispositivos. O sistema de bombagem deverá ser escolhido em função do caudal de dimensionamento e deverá estar dotado de funções que possibilitem a gestão das águas pluviais de modo responsável e eficiente.

#### **4.1.6 Tratamento**

Para fins não potáveis é apenas necessária uma filtração simples, com recurso a crivos de folhas e a dispositivos de desvio das primeiras águas, e sistema de sedimentação. Contudo, para um sistema de rega gota-a-gota é necessário filtrar partículas de menores dimensões que possam entupir o sistema (TWDB, 2005).

### **4.2 Especificações técnicas da ANQIP para SAAP**

A execução/instalação e certificação de SAAP em Portugal devem obedecer às condições estabelecidas em duas especificações técnicas desenvolvidas pela ANQIP. Uma vez que este tipo de sistemas ainda não é muito aplicado em Portugal, estas especificações são um apoio importantíssimo ao desenvolvimento dos SAAP de uma forma estruturada e mais adequada.

#### **4.2.1 Especificação Técnica ANQIP 0701 (ETA 0701)**

A Especificação Técnica ANQIP 0701 (ETA 0701), válida até 31 de dezembro de 2017, estabelece critérios técnicos para a realização 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 estabelece em 2.2. que *“Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) devem ser objecto de um projecto 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. 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 zona 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 filtragem. 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**

Devido às prolongadas estiagens, características do verão português, a ETA 0701 recomenda a rejeição das primeiras águas captadas em cada chuvada recorrendo a um dispositivo que faça o desvio do escoamento inicial (first flush) em todos os SAAP.

O volume a desviar pode ser determinado com base na área da cobertura e numa determinada altura de precipitação (de 0 mm a 8 mm), consoante as utilizações, condições locais e os intervalos entre chuvadas. Pode também definir-se com base no critério tempo, desviando um volume mínimo correspondente a 10 minutos de precipitação, havendo a possibilidade de assumir valores mais baixos em função do intervalo entre precipitações.

No ponto 4.2.4. da ETA 0701 é especificado *“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 adotar-se um valor inferior em casos justificados. O volume a desviar será dado pela expressão”* (4.1):

$$V_d = P \times A \quad (4.1)$$

onde:

$V_d$  = Volume a desviar do sistema (litros);

P = Altura de precipitação a desviar (mm);

A = Área de captação (m<sup>2</sup>).

— **Volume de água a aproveitar**

O volume de água pluvial a aproveitar durante um determinado período pode ser obtido através da Equação (4.2):

$$V_a = C \times P \times A \times \eta_f \quad (4.2)$$

onde:

V<sub>a</sub> = Volume anual de água da chuva aproveitável (litros);

C = Coeficiente de escoamento (relação entre o volume captado e o volume total de precipitação num determinado período de tempo, tendo em atenção as retenções, absorções e desvios das primeiras águas);

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

A = Área de captação (m<sup>2</sup>);

η<sub>f</sub> = Eficiência hidráulica da filtragem.

O coeficiente de escoamento depende do tipo de cobertura e assume diferentes valores se se tiverem por base as pluviosidades médias mensais ou as pluviosidades anuais como pode ver-se no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento (C) (ETA 0701)

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 impermeáveis (telha, betão, etc.)	CM = 0,06 PM0,60, com um máximo de 0,95	0,80
Coberturas verdes extensivas, sem rega* (espessura e > 150 mm)	CM = 0,06 (PM - R)0,60, com um máximo de 0,55, sendo R = 0,25.e - PM-1, com um mínimo de 0	0,30
Coberturas verdes intensivas, sem rega* (espessura e ≤ 150 mm)	CM = 0,06 (PM - R)0,60, com um máximo de 0,70, sendo R = 0,25.e - PM-1, com um mínimo de 0	0,50

\*Em caso de rega, o respetivo valor deverá ser adicionado à precipitação P<sub>M</sub> e/ou P<sub>M-1</sub>, conforme o caso.

onde:

CM = Coeficiente de escoamento médio;

PM = Pluviosidade média (mm).

A especificação refere no ponto 4.3.4. “Em filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica (η<sub>f</sub>) de 0,9, a menos que as suas características recomendem a adoção de outro valor”.

## **Filtros e Reservatórios:**

### **— Filtros**

As águas pluviais podem perder qualidade em zonas de maior poluição e ao entrar em contacto com as zonas de captação, acumulando impurezas, torna-se então necessário utilizar dispositivos que melhorem a qualidade da água a armazenar.

A montante do reservatório a remoção de sólidos é feita através de filtros associados ao desvio de água dos primeiros escoamentos (first flush), a jusante do reservatório são normalmente usados filtros de cartucho (para filtrar areias, sedimentos finos, ferrugem). Aconselha-se o uso de filtros auto laváveis para garantir um abastecimento contínuo.

### **— Reservatórios:**

No que diz respeito a materiais a ETA 0701 não destaca nenhum material em específico, refere, no entanto, que os reservatórios devem ser constituídos por materiais não porosos, que não alterem a qualidade da água e que garantam as necessárias condições estruturais.

Os reservatórios deverão permitir inspeções para verificação da estanquidade e resistência, e deverão proteger a água armazenada das condições climatéricas, respeitando todas as normas de segurança.

Deverá ser colocado um dispositivo para redução da turbulência que diminua a velocidade de entrada da água no reservatório, de forma a que se evite o levantamento de impurezas depositadas no fundo do mesmo. A adução deverá ser efetuada entre os 10 e 15 cm abaixo da superfície da água para não interferir com a zona de sedimentação.

Deverá ser feita a instalação de um sistema de corte no início do sistema de recolha, de forma a que este possa ser desconectado caso ocorram contaminações (acidentais ou deliberadas) na área de captação, impedindo a entrada de produtos potencialmente nocivos para a saúde no reservatório.

### ***Dimensionamento do Reservatório***

No dimensionamento de um reservatório deve ter-se em atenção o volume morto e a profundidade da boca de captação, pelo que se recomenda que o volume total ( $V_t$ ) seja, no mínimo, 20% superior ao volume útil ( $V_u$ ). O volume útil ideal para reservatórios de água pluvial deverá ter em consideração o tamanho e tipo das áreas de captação, as características da rede a jusante e a quantidade de precipitação e as suas características.

Para efeitos de dimensionamento *“devem ser considerados períodos de reserva da água no reservatório entre os 20 e 30 dias, admitindo-se que esta retenção possa ser prolongada até um máximo de 90 dias, desde que as condições de armazenamento sejam adequadas”*.

Para edifícios de pequena ou média dimensão, com uma estrutura de consumos relativamente uniforme ao longo do tempo, o reservatório pode ser pré-dimensionado com recurso a métodos

simplificados. A ETA 0701 apresenta a seguinte expressão para o dimensionamento simplificado do reservatório (V em litros):

$$V = \text{Min}\{V_1 \text{ ou } V_2\} \quad (4.3)$$

com

$$V_1 = 0,0015 \times P \times A \times N \quad (4.4)$$

e

$$V_2 = 0,003 \times U \times C_{AE} \times N \quad (4.5)$$

onde:

$V_1$  e  $V_2$  = Volumes aproveitáveis (litros);

P = Pluviosidade média anual no local da instalação (mm) - Poderá ser consultada no Anexo 2 da ETA 0701;

A = Área de captação ( $m^2$ );

N = Número máximo de dias de retenção da água na cisterna (em geral, 20 a 30 dias, podendo considerar-se um valor superior, até 90 dias, quando existir uma utilização significativa para rega);

V = Volume consumido (litros);

U = Número de moradores ou utentes do edifício;

$C_{AE}$  = Consumo anual estimado (litros).

Recomenda-se a aplicação de métodos mais complexos quando o sistema é de grandes dimensões, quando a estrutura de consumos não é uniforme, 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. De uma forma generalizada, 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.

### ***Instalações Prediais***

Relativamente às instalações prediais de SAAP a especificação técnica determina que devem ser dimensionadas recorrendo aos critérios utilizados no dimensionamento das redes de água potável.

Evidencia ainda a importância da criação de mecanismos que façam a distinção entre a rede alimentada pelo SAAP e a rede de água potável através do uso de tubagem de cor púrpura ou de fita adesiva colorida, de preferência com o texto “Água da chuva”, “Água não potável” ou outro equivalente.

### **Usos e qualidade da água**

A água de um SAAP pode ter, entre outros, os seguintes usos:

- Descargas sanitárias;
- redes de lavagem (p.e. pavimentos, automóveis);
- máquinas de lavar a roupa;
- rega de zonas verdes;
- circuitos fechados (p.e. torres de arrefecimento, redes de incêndio, AVAC).

Relativamente à qualidade da água para usos domésticos esta especificação técnica indica, entre outros, os seguintes pontos:

Ponto 4.7.2. da ETA 0701 *“Os SAAP realizados de acordo com a presente Especificação Técnica proporcionam tratamentos básicos de filtração (no filtro de montante) e de sedimentação (na cisterna). Poderão ainda ocorrer na cisterna processos de precipitação e/ou decomposição biológica, com efeito geralmente favorável na qualidade da água”*.

Ponto 4.7.4. da ETA 0701 *“No caso das descargas de autoclismos, recomenda-se ainda que seja colocado um aviso aconselhando o fechamento do tampo antes da descarga”*.

Ponto 4.7.8. da ETA 0701 *“Nas regiões e nas épocas com libertação significativa de pólen, deve conceber-se a cisterna e o overflow de modo a que se verifiquem transbordamentos regulares que permitam o arrastamento da camada flutuante que se forma nestas situações”*.

Ponto 4.7.10. da ETA 0701 *“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, em função dos materiais utilizados na instalação e/ou das utilizações previstas para a água da chuva”*.

### **Instalações de bombagem**

As instalações de bombagem no exterior dos reservatórios devem estar em local ventilado, protegidas do calor, frio ou chuva assim como devem respeitar os níveis de ruído estabelecidos por lei. No caso de bombas submersíveis, estas deverão ser de fácil remoção para possibilitar operações de manutenção realizadas de acordo com as especificações técnicas do produto.

### **Suprimento**

A especificação técnica aconselha que todos os SAAP sejam providos de um sistema suplementar de abastecimento para que, mesmo com défice de precipitação, o seu funcionamento seja permanente, garantindo as utilizações previstas.

Refere também a importância de evitar a todo o custo a entrada da água pluvial na rede de água potável através do sistema suplementar de abastecimento, estabelecendo que *“Quando a alimentação suplementar consista num dispositivo ligado diretamente à rede potável com descarga na cisterna, deve garantir-se que a distância entre a saída desse dispositivo e o nível máximo possível de água na cisterna não seja inferior a 30 mm”* e *“No caso de existir a*

possibilidade de retorno, o sistema de descarga deve ser equipado com válvula de prevenção do escoamento inverso, da classe BA, satisfazendo a EN 1717:2000 (classe de risco 4) e instalada de acordo com a EN 12729:2002”.

### **Inspeção e Manutenção**

As inspeções podem ser realizadas pelos utilizadores, recomendando-se, no entanto, que a manutenção dos órgãos de bombagem e de tratamento seja feita por técnicos especializados.

Os variados componentes que constituem um SAAP devem ser alvo de manutenção de acordo com os períodos mínimos indicados no Quadro 4.3, tendo em atenção que as operações de manutenção semestrais deverão ser feitas, de preferência, no início e no final da época das chuvas.

**Quadro 4.3 - Frequência de manutenção dos componentes dos SAAP (ETA 0701)**

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

### **4.2.2 Especificação Técnica ANQIP 0702 (ETA 0702)**

A Especificação Técnica ANQIP 0702 (ETA 0702), válida até 31 de dezembro de 2017, estabelece as condições para a Certificação de SAAP, executados de acordo com a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701.

#### **Procedimentos para a Certificação**

A certificação de um SAAP pela ANQIP, prevê a sua execução de acordo com a ETA 0701 e impõe o cumprimento dos seguintes pontos:

- 1) Certificação do Projeto;
- 2) intervenção de um Instalador Certificado;
- 3) certificação da Instalação.

### **1) Certificação do Projeto**

A especificação técnica impõe que a conceção dos SAAP apenas deverá ser feita por técnicos devidamente habilitados para o efeito.

Quando elaborados de acordo com a ETA 0701 e concluídos, os projetos de SAAP deverão ser enviados para análise em qualquer polo da ANQIP. A ANQIP fará a análise do projeto e no prazo máximo de 8 dias úteis tomará uma das seguintes decisões:

- a) Aprovação (certificação do projeto);
- b) aprovação condicionada (recomendendo alterações menores);
- c) não aprovação (contactando posteriormente o projetista e indicando quais os aspetos técnicos que condicionam a aprovação).

### **2) Intervenção de Instaladores Certificados**

A ANQIP organiza periodicamente cursos de formação para instaladores, de modo a fornecer aos instaladores conhecimentos mínimos imprescindíveis para a correta realização de um SAAP. A certificação do SAAP pela ANQIP requer que esse sistema tenha sido instalado por um instalador certificado pela mesma entidade.

### **3) Certificação das Instalações**

*“A Certificação ANQIP de Instalações SAAP exige a realização de duas vistorias à obra, sendo a primeira (vistoria intermédia) realizada com as tubagens e outros elementos acessórios à vista e a segunda realizada no final da obra, para ensaio e verificação do funcionamento global do sistema”.*

## 5 Proposta para a Redução dos Consumos de Água no Centro Social e Cultural de Santo Aleixo

O Centro Social e Cultural de Santo Aleixo (CSCSA) é uma Instituição particular de Solidariedade Social (IPSS) que dá resposta nas valências de apoio domiciliário, centro de dia, lar, creche e centro de convívio. Está localizado na Vila de Unhais da Serra, concelho da Covilhã, e é formado por dois edifícios: um edifício residencial e um edifício de novas valências (Figura 5.1).



Figura 5.1 - Centro Social e Cultural de Santo Aleixo: Edifício Residencial (esquerda) e Edifício de Novas Valências (direita)

### 5.1 Descrição do Edifício do Centro de Dia

O edifício residencial é constituído por dois pisos. O piso térreo é composto por um gabinete administrativo, uma sala de reuniões, um gabinete médico, uma cozinha/copa, uma lavandaria e engomadoria, três salas para pessoal assistente, uma sala polivalente, duas salas de atividades (crianças), e onze instalações sanitárias. O primeiro piso é composto por catorze quartos, treze instalações sanitárias, uma sala de estar e uma rouparia, de acordo com as peças desenhadas apresentadas no Anexo I (Figuras I.1 e I.2).

A área envolvente possui um jardim com cerca de 600 m<sup>2</sup>, no qual se encontra um parque infantil, possui também estacionamento e acessos em pavimento betuminoso. A área que separa o edifício residencial e o edifício de novas valências está pavimentada com calçada portuguesa. A zona onde está implantado o CSCSA é montanhosa, no entanto, grande parte da propriedade é plana devido a ações de movimentação de terras.

Não foram disponibilizados quaisquer dados relativamente ao dimensionamento hidráulico-sanitário das redes prediais de águas, e uma vez que o presente estudo visa propor medidas de redução dos consumos de água foi redimensionado o sistema predial de drenagem de águas pluviais e dimensionado um sistema de abastecimento com águas pluviais para bacias de retrete.

Sabe-se, no entanto, que existem 19 tubos de queda de águas pluviais, 18 dos quais nas paredes exteriores do edifício e 12 tubos de queda de águas residuais também nas paredes exteriores do edifício.

### 5.1.1 Caracterização dos equipamentos sanitários

O CSCSA tem 27 residentes e 27 trabalhadores: administrativos, técnicos de assistência, enfermeiro, médico, animador sociocultural e educador de infância. Tem também 4 crianças em regime pré-escolar. Tem por isso equipamentos sanitários que visam acomodar as necessidades de todos eles. No Quadro 5.1 estão representados os equipamentos existentes distribuídos por piso.

Quadro 5.1 - Equipamentos existentes no edifício do Centro de dia

	Autoclismo		Torneiras		Duches	Bidés	Banheira
	Desc. Simples	Desc. Dupla	Convencionais	Temporizadas			
R/ Chão	9	2	19	0	2	0	1
1º Piso	13	0	13	0	13	4	0

Face ao apresentado, facilmente se observa que no universo de 24 autoclismos apenas 2 são de descarga dual, os restantes são de descarga simples com reservatório de 10 litros. Relativamente às torneiras, todas são misturadoras de monocomando convencionais e, após uma medição manual no local, verificou-se que em média têm um caudal de débito de 9 litros/minuto.

### 5.1.2 Descrição e redimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais

O edifício possui cobertura de quatro águas dividida em duas secções (interna e externa). A secção externa da cobertura recolhe e encaminha a água para 18 tubos de queda posicionados em todo o perímetro externo do edifício. No caso da secção interior da cobertura, as águas são recolhidas para um único tubo de queda colocado no interior do edifício. Todos os tubos de queda são munidos de ralos de pinha na sua extremidade superior.

Segundo Marques e Sousa (2011) o CSCSA encontra-se na zona pluviométrica C (Quadro 3.7 e Figura 3.20) e através da Equação (3.12), adotando um período de retorno de 5 anos, determinou-se a intensidade de precipitação (125,92 mm/h). A cobertura do edifício possui uma área de drenagem de 764,26 m<sup>2</sup> em telha cerâmica, considerando-se por isso um coeficiente de drenagem de 0,95 (Quadro 4.2) e por aplicação da Equação (3.13) obteve-se um  $Q_c$  de 1523,73 l/min.

Atualmente a rede de drenagem de águas pluviais é constituída por 19 tubos de queda (TQ1 a TQ19) e uma vez que não há dados sobre a rede, nem caixas de inspeção visíveis junto aos tubos de queda assume-se que estes descarregam em caixas de inspeção ligadas coletores, que por sua vez encaminham as águas pluviais recolhidas para ramais de ligação, antes de serem escoadas para a rede pública de drenagem de águas pluviais. Os tubos de queda um diâmetro de 120 mm, à exceção do tubo de queda interior (PVC, 110 mm), no entanto não se conhecem as inclinações dos coletores prediais nem o número de caixas de inspeção.

O redimensionamento dos tubos de queda foi feito com base nos dados de projeto, no caudal de cálculo e tendo em conta as áreas contributivas a cada um (Figura I.3 do Anexo I). Para os tubos de queda no exterior no edifício assumiu-se uma altura da lâmina líquida (H) de 20 mm. Para a recolha de águas na secção interior da cobertura optou-se por colocar um segundo tubo de queda e para estes assumiu-se uma lâmina líquida de 30 mm.

Os diâmetros foram estimados com recurso à Equação (3.15) e estão apresentados no Quadro 5.2 apresentando-se também os diâmetros instalados ( $D_i$ ). Verifica-se que todos os tubos de queda exteriores instalados têm um diâmetro superior aos valores estimados em cálculo.

**Quadro 5.2 - Valores do redimensionamento dos tubos de queda de águas pluviais**

	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Q <sub>c</sub> (l/min)	DN (mm)	Di (mm)
TQ1	5,98	16,11	32,127	50	120
TQ2		41,44	82,620	75	120
TQ3		41,23	82,201	75	120
TQ4		27,53	54,891	50	120
TQ5		27,72	55,258	50	120
TQ6		16,19	32,278	50	120
TQ7		27,21	54,249	50	120
TQ8		35,01	69,800	75	120
TQ9		25,71	51,259	50	120
TQ10		16,18	32,252	50	120
TQ11		42,01	83,756	75	120
TQ12		42,58	84,893	75	120
TQ13		28,20	56,219	50	120
TQ14		28,20	56,219	50	120
TQ15		16,15	32,203	50	120
TQ16		25,71	51,259	50	100
TQ17		35,01	69,800	75	120
TQ18		27,21	54,249	50	120
TQ19		123,11	245,445	110	110
TQ20		121,87	242,973	110	

Nota: A azul encontram-se os tubos de queda redimensionados para o interior do edifício.

O dimensionamento dos ramais de descarga, coletores prediais e o ramal de ligação final foi feito para um escoamento em secção cheia, tendo sempre em consideração os caudais confluentes de cada um, mantendo uma inclinação de 1%. Foi usada a Equação (3.10) para determinar o diâmetro das tubagens, considerando PVC ( $K_s=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ).

No dimensionamento dos coletores prediais foi assumida uma inclinação de 1% (Quadro 5.3). A tensão de arrastamento ( $\tau$ ) e a velocidade de escoamento ( $v$ ) foram determinadas através das Equações (3.11) e (3.14) respetivamente.

Os valores da velocidade de escoamento e os valores da tensão de arrasto estão dentro dos limites aconselhados, tanto para os ramais de descarga como para os coletores prediais de drenagem de águas pluviais.

**Quadro 5.3 - Valores do redimensionamento dos coletores prediais e ramal de ligação ao reservatório de águas pluviais**

	L (m)	Q <sub>a</sub> (l/min)	DN (mm)	$\tau$ (N/m <sup>2</sup> )	v (m/s)
CI1-CI2	4,618	84,893	110	2,695	1,735
CI2-CI3	4,498	168,649	110	2,695	1,735
CI3-CI4	5,151	200,902	110	2,695	1,735
CI4-CI5	5,159	200,902	110	2,695	1,735
CI5-CI6	4,522	252,160	110	2,695	1,735
CI6-CI7	4,860	321,961	110	2,695	1,735
CI7-CI8	5,180	376,210	110	2,695	1,735
CI8-CI9	5,281	376,210	110	2,695	1,735
CI9-CI10	4,498	408,488	110	2,695	1,735
CI10-CI11	4,618	463,746	110	2,695	1,735
CI11-CI26	2,348	518,638	110	2,695	1,735
CI12-CI13	4,558	56,219	110	2,695	1,735
CI13-CI14	4,553	112,438	110	2,695	1,735
CI14-CI15	5,284	144,641	110	2,695	1,735
CI15-CI16	5,304	144,641	110	2,695	1,735
CI16-CI17	4,612	195,899	110	2,695	1,735
CI17-CI18	4,542	265,700	110	2,695	1,735
CI18-CI19	5,292	319,949	110	2,695	1,735
CI19-CI20	4,179	319,949	110	2,695	1,735
CI20-CI21	4,558	352,076	110	2,695	1,735
CI21-CI22	4,558	434,696	110	2,695	1,735
CI22-CI26	2,280	516,897	110	2,695	1,735
CI23-CI25	3,070	242,973	110	2,695	1,735
CI24-CI25	6,501	245,445	110	2,695	1,735
CI25-CI26	7,308	488,419	110	2,695	1,735
CI26-Reserv.	9,005	1523,953	160	3,920	2,228

## 5.2 Soluções para a redução dos consumos de água potável

Para que melhor se possa perceber a viabilidade técnico-económica das alterações para a redução dos consumos de água e da reutilização de águas pluviais na habitação, foram consideradas algumas soluções se serão apresentadas no Quadro 5.4.

Nas três soluções associadas à reutilização de águas pluviais não é considerado o uso destas águas para rega de jardins e lavagem de pavimentos, uma vez que não se considera adequada a lavagem de pavimentos betuminosos e calçada portuguesa. A área de relvado a regar é de

cerca de 600 m<sup>2</sup>, tendo em consideração que 1 m<sup>2</sup> de relva consome cerca de 4 litros de água por dia, no caso em estudo, 600 m<sup>2</sup> de relva iriam consumir na casa dos 72 m<sup>3</sup> de água por mês, situação que seria absolutamente insustentável do ponto de vista hídrico.

**Quadro 5.4 - Soluções propostas para redução dos consumos de água potável**

<b>Opção 1: Substituição e modificação de alguns equipamentos</b>	
Atualmente instalado	Proposta de alteração
22 autoclismos de descarga simples 32 torneiras convencionais	Alteração para autoclismos duais com capacidade de 6l/3l
	Substituição de 19 torneiras convencionais por torneiras temporizadas no piso térreo, e instalação de redutores de caudal em 13 torneiras no 1º piso
<b>Opção 2: Reutilização de águas pluviais</b>	
Atualmente instalado	Proposta de alteração
22 autoclismos de descarga simples  32 torneiras convencionais	a) fazer o abastecimento das bacias de retrete sem substituir os autoclismos e sem substituir e/ou modificar torneiras
	b) fazer o abastecimento das bacias de retrete substituindo os autoclismos de descarga simples por autoclismos duais com capacidade de 6l/3l e sem substituir e/ou modificar torneiras
	c) fazer o abastecimento das bacias de retrete substituindo os autoclismos de descarga simples por autoclismos duais com capacidade de 6l/3l fazendo a substituição/modificação de torneiras

### 5.2.1 Descrição da substituição e da modificação de alguns dispositivos

Fazendo uma análise ao sistema de abastecimento de água do CSCSA deteta-se um conjunto de fatores que contribuem para um excessivo consumo de água potável. Uma vez que o abastecimento da rede pública alimenta vários setores de distribuição de água, não se considera adequado que os autoclismos sejam alimentados por esta rede.

Baseado no estudo de Rossa (2006) sobre a caracterização qualitativa e quantitativa dos equipamentos sanitários existentes no edifício residencial do CSCSA, cujo número de habitantes é de 27 pessoas e de utilizadores é de 31 pessoas, registou-se o número e tipo de torneiras e autoclismos existentes, com estimativas de consumo de água relacionadas a cada tipo de uso.

As vantagens desta medida são a redução dos consumos de água e consequentemente a redução dos consumos de saneamento que lhe estão associados, diminuindo custos com o seu tratamento e ainda consumos energéticos correspondentes. Contudo, tem como inconveniente o facto de ser necessário realizar um investimento significativo, que por razões óbvias está dependente da entidade gestora.

Numa perspetiva ambiental esta medida tem como principais benefícios a diminuição dos consumos de água e consequente redução do volume de descargas residuais associadas.

### **Autoclismos - Substituição por equipamentos eficientes**

O consumo destes equipamentos representa uma parcela considerável no consumo de água doméstico, onde se incluem as descargas inadequadas e desnecessárias.

O volume do depósito de um autoclismo pode variar entre os 7 e os 15 litros, no entanto com 6 litros já podem ser garantidas descargas eficientes o que leva a uma redução significativa do consumo de água. Como foi referido anteriormente (2.2.3) existem no mercado dispositivos com sistema dual que permite descargas de 3 e 6 litros. Segundo Rossa (2006) *“em média, apenas 30% dos utilizadores necessitam descargas de maior volume, ou seja, 70% das descargas necessitam de menor volume, resultando numa poupança substancial de água”*. Estas medidas devem ser sempre acompanhadas de campanhas de sensibilização da população, de modo a promover a alteração de comportamentos diários habituais.

No caso do CSCSA, uma vez que se gastam 10 litros por descarga, se forem substituídos os equipamentos por modelos mais eficientes, o potencial de poupança será de 61% uma vez que as descargas poderão passar a ser de 6 litros em 30% das utilizações (4 litros em 10) e de 3 litros nas restantes 70% (7 litros em 10), aproximadamente.

### **Torneiras - Substituição por equipamentos eficientes**

O caudal, a duração de utilização e o número de utilizações diárias são os fatores que mais influência têm no consumo de uma torneira.

Analisando os dispositivos existentes no edifício residencial concluiu-se que nem todos deverão ser substituídos por torneiras temporizadas, nomeadamente as torneiras das casas de banho privadas, garantindo o conforto dos residentes. No entanto considera-se que as torneiras das áreas comuns deverão ser substituídas por torneiras temporizadas, diminuindo a duração da utilização.

Atualmente, informação sobre os caudais debitados pelas torneiras é difícil de obter, portanto não se pode afirmar qual o potencial de poupança alcançado pela substituição de equipamento. Contudo, através da instalação de redutores de caudal é possível atingir uma redução de consumo até 50%.

## **5.2.2 Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento com águas pluviais**

O abastecimento com águas pluviais tem origem no reservatório enterrado numa zona verde em frente ao edifício, de onde são bombadas as águas para a rede de alimentação dos autoclismos, possibilitando o seu abastecimento pressurizado. Haveria uma descarga de emergência, dotada de sifão e válvula antirretorno ligada à rede pública de drenagem. Seriam instaladas válvulas de seccionamento a montante de todos os equipamentos.

Os cálculos do dimensionamento estão apresentados no Quadro 5.5. As peças desenhadas relativas à rede predial de abastecimento com águas pluviais para bacias de retrete estão apresentadas nas Figuras I.4 a I.6 do Anexo I. Na Figura I.7 apresenta-se a sobreposição dos sistemas prediais de drenagem e abastecimento com águas pluviais.

**Quadro 5.5 - Valores do dimensionamento da rede de distribuição com águas pluviais**

	L (m)	N.º dispositivos	Q <sub>a</sub> (l/s)	x	Q <sub>c</sub> (l/s)	D (mm)	P (kPa)
E1-P2	9,746	24	2,2	0,209	0,46	29,6	62
P2-P3	1,378	11	1	0,316	0,32	24,6	30,6
P3-P9	8,311	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P3-P10	12,535	10	0,9	0,333	0,3	23,9	27,5
P10-P14	5,1	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P10-P16	10,241	9	0,8	0,354	0,28	23,2	21,2
P16-P18	2,1	3	0,3	0,707	0,21	20,1	15,9
P18-P22	5,853	2	0,2	1	0,2	19,5	11,7
P22-P23	0,159	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P22-P25	1,059	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P18-P29	5,254	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P16-P30	5,173	6	0,5	0,447	0,22	20,7	14,3
P30-P35	7,096	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P30-P37	15,278	5	0,4	0,5	0,2	19,5	5,2
P37-P39	2,1	4	0,3	0,577	0,17	18,2	12,7
P39-P40	0,228	3	0,3	0,707	0,21	20,1	11,3
P40-P41	1,466	3	0,3	0,707	0,21	20,1	11,2
P41-P42	0,159	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P41-P43	0,9	2	0,2	1	0,2	19,5	11,1
P43-P44	0,159	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P43-P46	1,059	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P39-P48	3,48	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P37-P54	11,821	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P2-P55	2,78	13	1,2	0,289	0,35	25,7	30
P55-P57	2,1	2	0,2	1	0,2	19,5	13,5
P57-P60	0,728	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P57-P64	5,695	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P55-P65	0,807	11	1	0,316	0,32	24,6	26,1
P65-P70	7,498	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P65-P71	5,929	10	0,9	0,333	0,3	23,9	23,4
P71-P73	2,2	2	0,2	1	0,2	19,5	13,1
P73-P76	0,728	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P73-P80	4,433	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P71-P82	25,481	8	0,7	0,378	0,26	22,5	17,3
P82-P85	2,35	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P82-P87	9,132	7	0,6	0,408	0,24	21,6	12,3
P87-P89	2,1	3	0,2	0,707	0,14	16,4	12,5
P89-P90	0,117	2	0,2	1	0,2	19,5	11,2
P90-P91	0,3	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P90-P93	0,548	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P89-P97	4,05	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4

Continuação do Quadro 5.5.

	L (m)	N.º dispositivos	Q <sub>a</sub> (l/s)	x	Q <sub>c</sub> (l/s)	D (mm)	P (kPa)
P87-P98	8,049	4	0,4	0,577	0,23	21	10,3
P98-P103	7,106	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P98-P104	3,681	3	0,3	0,707	0,21	20,1	6,7
P104-P106	2,1	2	0,2	1	0,2	19,5	12,3
P106-P107	0,3	1	0,1	1	0,1	13,8	11,1
P106-P110	3,868	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4
P104-P116	10,287	1	0,1	1	0,1	13,8	43,4

De referir que, as peças desenhadas relativas ao dimensionamento das redes prediais de drenagem e de abastecimento com águas pluviais, foram executadas recorrendo à simbologia apresentada nos Quadros II.1 e II.2, respetivamente, no Anexo II.

## 6 Análise da Viabilidade Técnica e Económica

Antes da tomada de qualquer decisão relativamente à alteração de equipamentos e à reutilização de águas pluviais é importante avaliar a sua viabilidade e sustentabilidade analisando fatores técnicos e económicos.

### 6.1 Viabilidade técnica

As duas opções consideradas para a redução dos consumos de água no CSCSA poderão, do ponto de vista do funcionamento hidráulico-sanitário e do ponto de vista construtivo, ser implementadas. A opção 2 poderá funcionar de forma autónoma, com a instalação de detetores de pressão junto aos equipamentos, sistemas de controlo de nível e pressurização junto aos pontos de armazenamento, de modo a permitir o funcionamento adequado da rede de abastecimento com água pluvial.

Analisando o Quadro 5.5 pode verificar-se que as velocidades de escoamento, para a rede de abastecimento, estão dentro do intervalo de valores indicado pelo RGSPDADAR e Pedroso (2016), oscilando entre os 0,5 m/s e os 2,0 m/s. A estação elevatória E1 irá garantir as pressões mínimas necessárias para o bom funcionamento dos equipamentos.

Relativamente à rede de drenagem de águas pluviais, ao analisar o Quadro 5.3 é possível verificar que as tensões de arrastamento são superiores ao valor mínimo admitido (2,45 N/m<sup>2</sup>) e também aqui as velocidades de escoamento estão dentro dos limites indicados por Paixão (1999) e pelo RGSPDADAR, entre 0,6 m/s e 3,0 m/s.

Por tudo isto, pode considerar-se tecnicamente viável uma rede de abastecimento com águas pluviais.

### 6.2 Viabilidade económica

O estudo da viabilidade económica é feito com base no volume de água poupada, nos custos de investimento, operação, manutenção, inspeção e nos custos energéticos. Considerar-se-á como mais favorável a solução que apresentar uma maior economia de água, aliada a um menor investimento, baixa manutenção e um rápido retorno do investimento financeiro.

#### 6.2.1 Redução dos volumes de água potável consumida

Para poder ser feita uma estimativa dos consumos de água relativos aos lavatórios e aos autoclismos é primeiro necessário falar no número de pessoas que usam os dispositivos. Como foi referido anteriormente, o centro de dia possui 27 residentes, 27 trabalhadores e 4 crianças.

Como não se pode considerar que todas tenham o mesmo peso, fez-se uma estimativa. Sabe-se que num Lar é necessária assistência 24 horas/dia e portanto considerou-se que os 27 trabalhadores estão no lar em 3 turnos de 8 horas que equivale a ter 9 residentes, assume-se também que 4 crianças durante 8 horas terão o mesmo consumo que um adulto durante 24 horas. Finalmente é necessário referir as visitas, que se assume terem o peso nos consumos, equivalente a dois adultos. No total, considera-se um universo de 40 pessoas.

Para o cálculo dos volumes consumidos atualmente foram tidas em conta as descargas médias de autoclismos por dia e por pessoa (10 L, 5 descargas/hab/dia (Rossa, 2006)) e assumiram-se a duração e utilizações médias das torneiras por dia e por pessoa (10 utilizações/hab/dia de 10 segundos a 9L/min). Para o cálculo das poupanças de água foram considerados os mesmos métodos, no entanto foram usados valores diferentes. Para os autoclismos consideraram-se 4 descargas/hab/dia de 3 l e 1 descarga/hab/dia de 6 l, relativamente às torneiras considera-se que a instalação de redutores de caudal diminui o caudal para 5,5 l/min. Os valores relativos ao volume médio mensal consumido estão apresentados no Quadro 6.1.

**Quadro 6.1 - Volume anual de água consumida com as opções expostas, apresentando a poupança associada a cada uma delas**

	Volume médio anual de água potável consumida (m <sup>3</sup> )				
	Consumo atual	Opção 1	Opção 2a)	Opção 2b)	Opção 2c)
Autoclismos	792	285,12	228,7	39,9	39,9
Lavatórios	285,12	174,24	285,12	285,12	174,24
<b>Total</b>	<b>1077,12</b>	<b>459,36</b>	<b>513,8</b>	<b>325,0</b>	<b>214,1</b>
<b>Poupança (%)</b>	<b>0</b>	<b>57,4</b>	<b>52,3</b>	<b>69,8</b>	<b>80,1</b>

É fácil perceber que, no que diz respeito à poupança de recursos hídricos, a Opção 2c) é a que menos água consome, atingindo uma poupança de 80,1% de água potável. A Opção 2a) reduziria o consumo em 52,3%, sendo que, de todas as opções é a que levaria a menos poupança de água. Pode ver-se na Figura 6.1 a comparação entre os volumes médios mensais consumidos atualmente no CSCSA, os volumes consumidos pelas torneiras e autoclismos e os volumes desses equipamentos caso seja implementada a opção 2c).

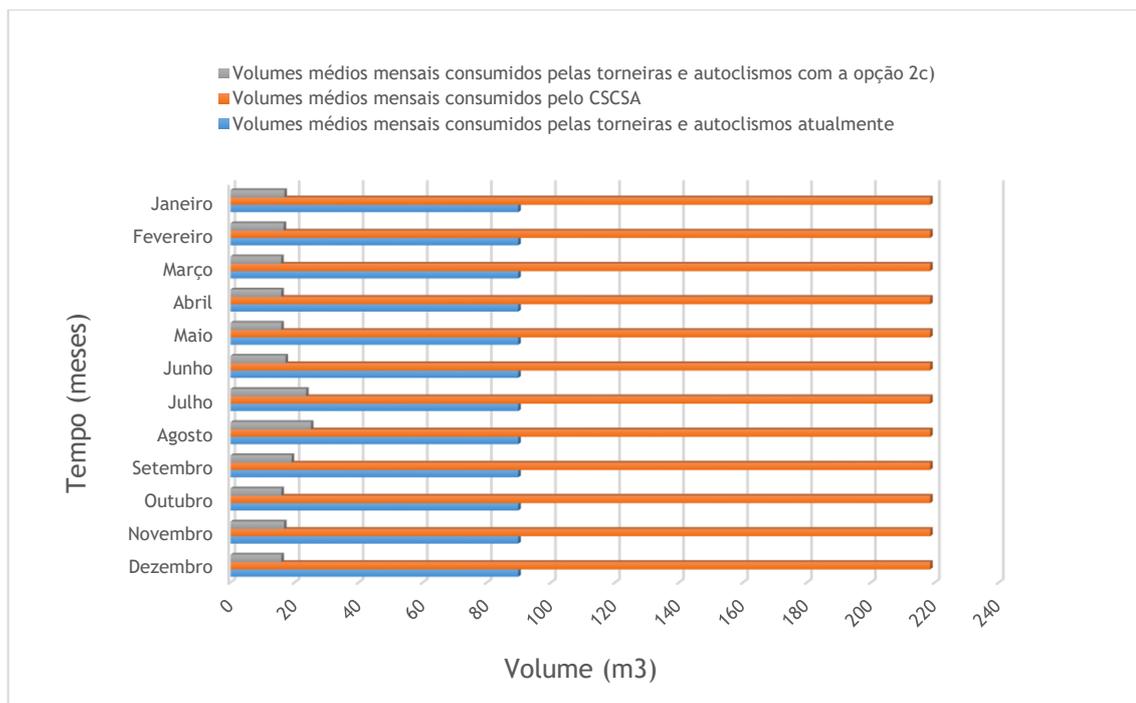


Figura 6.1 - Volumes médios mensais consumidos ao longo de um ano

### 6.2.2 Custos de investimento inicial

Os custos de investimento inicial incluem os custos associados à instalação da rede predial de abastecimento com águas pluviais, a instalação dos coletores prediais e caixas de visita da rede pluvial, a movimentação de terras associadas à instalação do reservatório, instalação de elementos de rede, equipamentos, acessórios e mão de obra.

Na primeira opção apenas seria necessário substituir as sanitas e dezanove das torneiras de lavatório (retirar convencionais e instalar temporizadas) e instalar redutores de caudal nas torneiras que não forem substituídas.

Nas opções 2a), 2b) e 2c) seria necessário construir uma nova rede de coletores prediais do sistema de drenagem de águas pluviais de modo a reencaminhar as águas para o reservatório (troços CI1 ao CI26, CI12 ao CI26, CI23-CI25, CI24-CI25, CI25-CI26 e CI26-Reservatório), mantendo a rede existente de modo a receber as águas desviadas pelos dispositivos de first flush. No reservatório será instalada tubagem de suprimento com água potável provinda da rede de abastecimento, respeitando as distâncias mínimas de modo a evitar contaminação da rede de distribuição. Também será instalada tubagem de descarga ligada à rede de drenagem pública.

Seria também necessário contruir uma rede de abastecimento predial com águas pluviais recicladas para abastecer os autoclismos, sendo a bombagem feita, de E1, diretamente para os autoclismos do edifício, com um sistema acionado por diferença de pressão.

Na opção 2b) seria apenas necessário substituir as sanitas, enquanto que na opção 2c) seriam feitas as mesmas alterações aos dispositivos que na opção 1.

Relativamente a equipamentos, foram pedidos orçamentos para os equipamentos sanitários, para reservatórios enterrados, bem como para o grupo hidropressor (Figura 6.2), já incluindo os acessórios (p.e. válvulas, manómetros) e elementos de rede (p.e. joelhos, tês, juntas).



Figura 6.2 - Grupo hidropressor para as opções 2a), 2b) e c). (in <http://magazines.grundfos.com/Grundfos/SU/PT/bgp-solucoes-domesticas-2017/>)

O reservatório para o aproveitamento de águas pluviais será como o indicado na Figura 4.4a, com um volume de 70 m<sup>3</sup> para a opção 2a) ou com um volume de 30 m<sup>3</sup> para as opções 2b) e 2c).

Os custos associados à alteração das redes prediais de drenagem e de abastecimento com águas pluviais assim como os custos associados a equipamentos, são apresentados no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 - Custos da alteração das redes prediais de drenagem e abastecimento, e de equipamentos instalados em cada opção

	Opção 1	Opção 2a)	Opção 2b)	Opção 2c)
Substituição e alteração de equipamentos sanitários	5 520,00 €	0,00 €	3 797,04 €	5 520,00 €
Rede de Drenagem de pluviais (incluindo equipamentos, elementos e acessórios)	0,00 €	7 720,36 €	7 720,36 €	7 720,36 €
Rede de abastecimento de pluviais	0,00 €	2 085,12 €	2 085,12 €	2 085,12 €
Equipamentos e sua instalação (p.e. Reservatório, grupo hidropressor, acessórios)	0,00 €	21 169,60 €	10 569,60 €	10 569,60 €
Totais	5 520,00 €	30 975,08 €	24 172,12 €	25 895,08 €

Como pode observar-se, os equipamentos relacionados com a recolha e distribuição de águas pluviais são os que têm valores mais elevados de investimento. Esse facto está relacionado com o custo dos reservatórios, que é substancial.

### 6.2.3 Custos e exigências de exploração

Como foi referido anteriormente, num sistema de reaproveitamento e abastecimento com águas pluviais, é necessário substituir elementos de rede, equipamentos e acessórios ao longo do tempo da exploração. Considera-se adequada a substituição do grupo hidropressor e válvulas de 10 em 10 anos. Os custos associados à manutenção e substituição de elementos e/ou equipamentos para cada uma das opções estão apresentados no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 - Custos associados à substituição de elementos e manutenção equipamentos a cada 10 anos

	Opção 1	Opção 2a)	Opção 2b)	Opção 2c)
Manutenção dos equipamentos	0,00 €	2 256,00 €	2 256,00 €	2 256,00 €

### 6.2.4 Redução do valor da fatura mensal

No cálculo do valor da redução mensal foi necessário consultar os tarifários em vigor para o abastecimento de água potável e para o saneamento de águas residuais no concelho da Covilhã, tendo também atenção às tarifas associadas à recolha e tratamento de resíduos sólidos. Contudo, o CSCSA encontra-se numa situação de carácter excecional, isto é, devido à abundância de recursos hídricos na vila de Unhais da Serra quem faz o abastecimento de água potável na instituição é a Junta de Freguesia da vila. No entanto, a gestão dos resíduos sólidos e do saneamento das águas residuais é feita pela empresa municipal ADC - Águas da Covilhã. As tarifas associadas ao abastecimento de águas, gestão de resíduos urbanos e saneamento podem ser consultadas no Quadro 6.4 e no Quadro 6.5.

Quadro 6.4 - Tarifa mensal de abastecimento de água na vila de Unhais da Serra para Instituições Particulares de Solidariedade Social para caudais superiores a 15m<sup>3</sup> (Adaptado de ACD, 2017)

Consumidores não domésticos - IPSS e Outros			
Tarifas variáveis (por m <sup>3</sup> )			Tarifa de utilização de rede
Água	Gestão de Resíduos Urbanos	Saneamento	
0,400 €	0,899 €	2,480 €	13,60 €

Quadro 6.5 - Tarifas mensais de gestão de resíduos urbanos e de saneamento no concelho da Covilhã (adaptado de ADC, 2017)

Tarifas de disponibilidade das IPSS				
Fixas		Variáveis (por m <sup>3</sup> )		
Gestão de Resíduos Urbanos	Saneamento	Controlo de Qualidade	Gestão de Resíduos Urbanos	Recursos Hídricos c/ Saneamento
3,00 €	5,11 €	0,0018 €	0,0020 €	0,0328

Fez-se uma análise idêntica admitindo um edifício com características semelhantes noutros dois concelhos (Chaves e Faro) de modo a avaliar a viabilidade destas soluções a nível nacional. No

Quadro 6.6 e no Quadro 6.7 estão indicados os tarifários em vigor, relativamente a serviços de abastecimento de água, recolha de resíduos urbanos e drenagem e saneamento de águas residuais, nos concelhos de Faro e Chaves, respetivamente.

Quadro 6.6 - Tarifários em vigor no Município de Faro (adaptado de FAGAR, 2017)

Consumidores não domésticos - IPSS e Outros		
Tarifas variáveis (por m <sup>3</sup> )		
Água	Gestão de Resíduos Urbanos	Saneamento
0,681 €	0,261 €	0,653 €

Tarifas de disponibilidade das IPSS		
Abastecimento	Gestão de Resíduos Urbanos	Saneamento
isentos	isentos	isentos

Quadro 6.7 - Tarifários em vigor no Município de Chaves (adaptado de CMC, 2017)

Consumidores não domésticos - IPSS		
Tarifas variáveis (por m <sup>3</sup> )		
Abastecimento	Gestão de Resíduos Urbanos	Saneamento
0,5288 €	0,2095 €	0,6400 €

Tarifas de disponibilidade das IPSS		
Abastecimento	Gestão de Resíduos Urbanos	Saneamento
2,6000 €	2,6000 €	3,0000 €

Aplicando os tarifários em vigor, para cada opção e considerando a mesma habitação, determinou-se a poupança média anual para os concelhos de Faro e Chaves e para a vila de Unhais da Serra em termos de faturação de serviço de águas, resíduos urbanos e saneamento. Esses valores são apresentados na Figura 6.3. Através dos valores da poupança média anual determinaram-se os valores da poupança média mensal para cada opção (Figura 6.4).

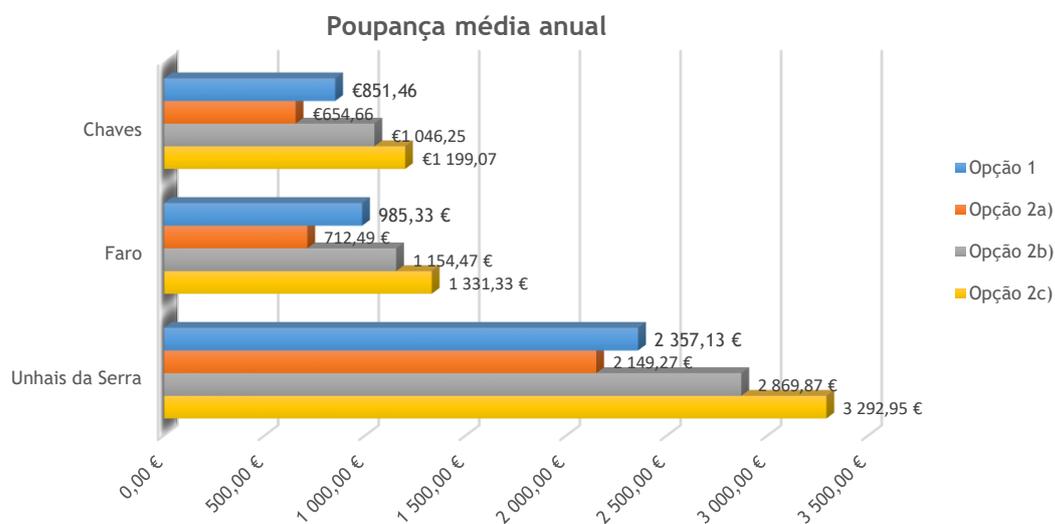
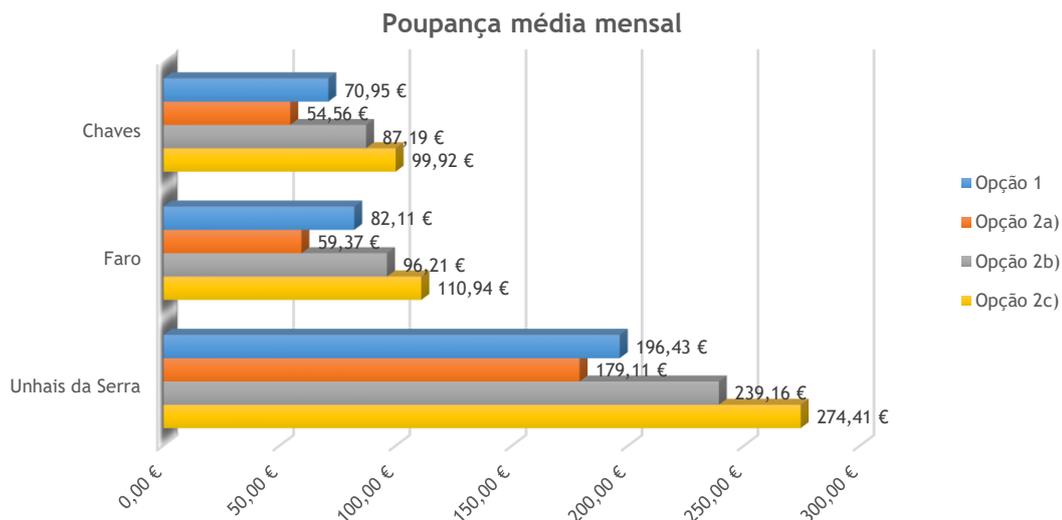


Figura 6.3 - Poupança média anual relativa à faturação de água, resíduos urbanos e saneamento para os concelhos de Faro e Chaves e vila de Unhais da serra



**Figura 6.4 - Poupança média mensal relativa à faturação de água, resíduos urbanos e saneamento para os concelhos de Faro e Chaves e vila de Unhais da serra**

Através da Figura 6.3 e da Figura 6.4 pode observar-se que qualquer uma das opções é uma boa solução para a redução dos consumos de água e da faturação associada aos mesmos, no entanto é preciso apurar o retorno dos custos de investimento para se perceber qual será a mais viável. Relativamente à opção 1, o edifício de Unhais da Serra seria o que mais poupança iria conseguir, isto porque, os custos de saneamento também são muito mais elevados.

Os cálculos de volumes de águas para armazenamento e de poupança de água são apresentados nos Anexos III (Quadros III.1 a III.12) e IV (Quadros IV.1 a IV.12), respetivamente. Os dados referentes à pluviosidade foram recolhidos do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) nas estações meteorológicas de Travancas (para Chaves), São Brás de Alportel (para Faro) e Covilhã (para Unhais da Serra), sendo apresentados, respetivamente, nos Quadros V.1, V.2, V.3 do Anexo V.

Os valores foram calculados tendo em consideração o volume de água poupada em cada opção assim como o regime de precipitações em cada concelho.

### 6.2.5 Retorno dos investimentos

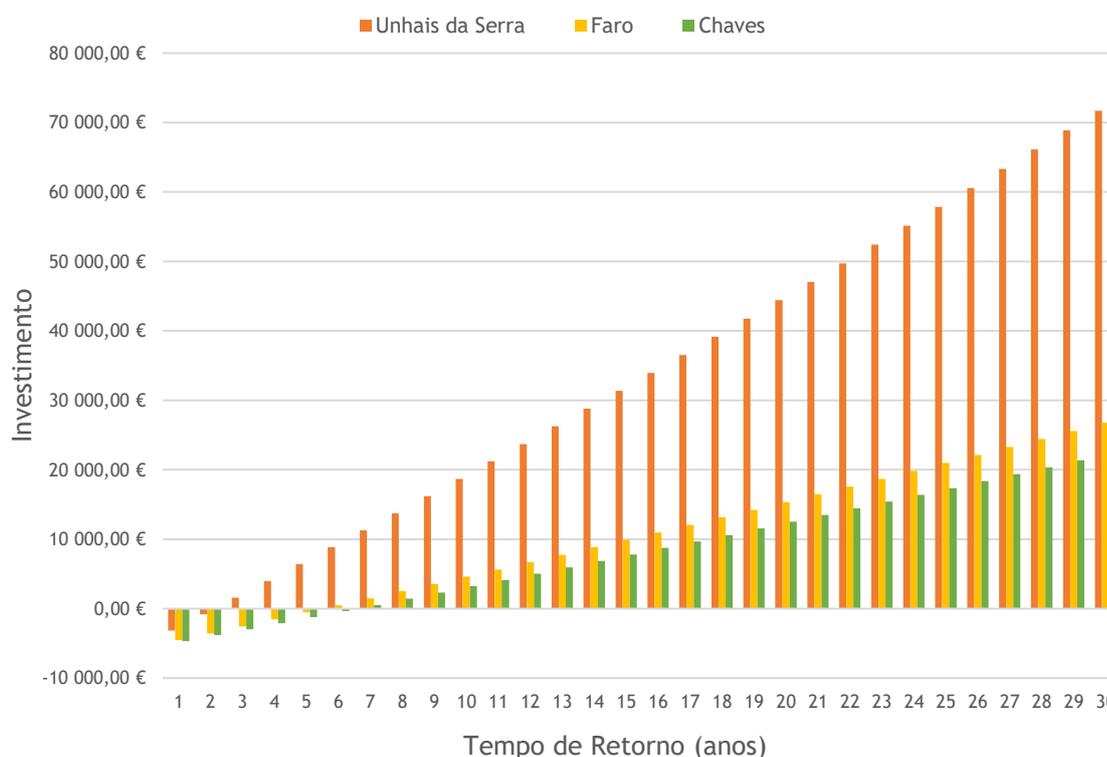
O tempo de retorno do investimento, é um outro critério para a escolha da melhor solução, do ponto de vista económico. Nos Anexo VI (Quadros VI.1 a VI.4) serão apresentados os cálculos efetuados para a determinação do tempo de retorno, assim com um breve estudo do investimento a 60 anos para todas as opções apresentadas base no valor do investimento total, nos custos de manutenção em 10 anos, da poupança na faturação da água, gestão de resíduos urbanos e saneamento, determinou-se o tempo necessário para recuperar o investimento no CSCSA (Quadro 6.8). O tarifário foi atualizado tendo por base uma taxa de variação de 0,6% (taxa de inflação de 2016, retirada de <https://www.pordata.pt/DB/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Tabela>).

**Quadro 6.8 - Tempo de retorno do investimento na vila de Unhais da Serra**

	Opção 1	Opção 2a)	Opção 2b)	Opção 2c)
Tempo de retorno do investimento e exploração (anos)	3	15	9	8

De todas as opções, a opção 1 é a que tem o tempo de retorno mais curto. No entanto, é também aquela que não exige um investimento inicial tão elevado como as restantes opções. A opção 2a) tem um maior tempo de retorno, mas também tem um maior investimento inicial e uma menor poupança mensal (Quadro 6.2 e Figura 6.4).

Mais uma vez fez-se o estudo comparativo entre a vila de Unhais da Serra e os concelhos de Faro e Chaves. Considerando um edifício com as mesmas características, estudou-se também o valor poupado (em euros) durante os períodos necessários para que o retorno do investimento seja atingido, sendo os resultados na Figura 6.5 e no Quadro 6.9.



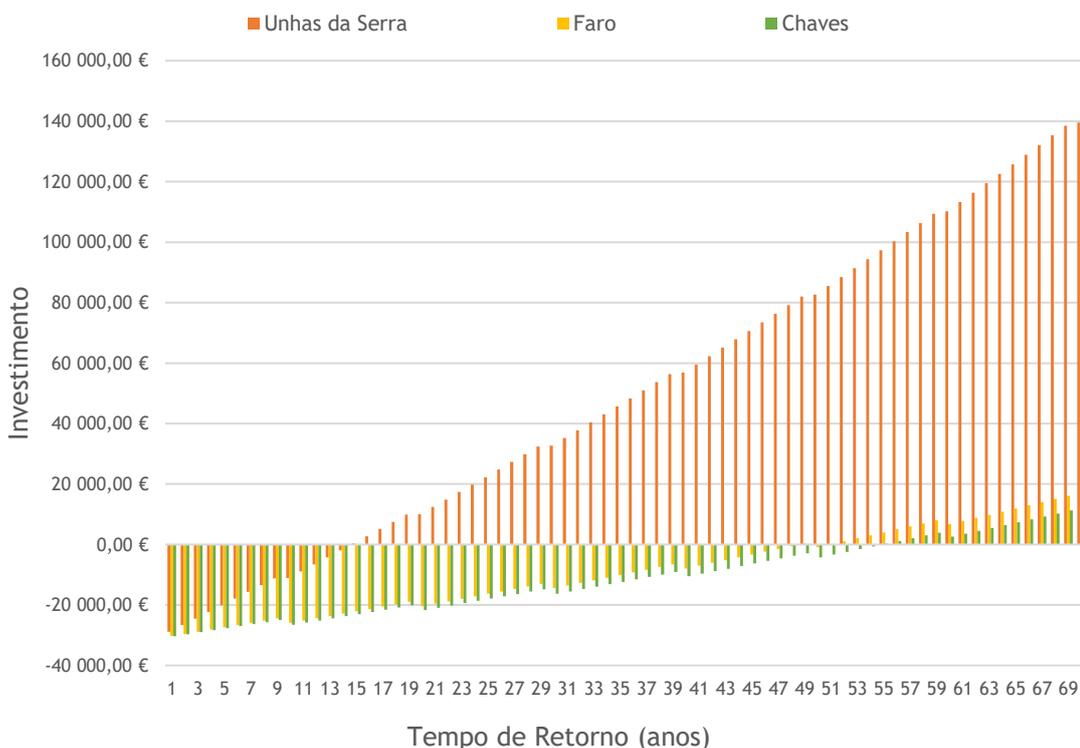
**Figura 6.5 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 1)**

**Quadro 6.9 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 1)**

	Unhais da Serra	Faro	Chaves
Investimento inicial (€)	5 520,00 €		
Custos de manutenção em 10 anos (€)	0,00 €		
Poupança média anual (€)	2 357,13 €	985,33 €	851,46 €
Tempo de Retorno do investimento (anos)	3	6	7

É possível verificar que a vila de Unhais da Serra terá o retorno do investimento mais rápido. No entanto os concelhos de Faro e Chaves também têm retornos relativamente rápidos, de 5 e 6 anos, respetivamente.

Do mesmo modo, fez-se o estudo para as restantes opções, de modo a obter o tempo de retorno do investimento de cada uma delas. A Figura 6.6 e o Quadro 6.10 apresentam o estudo para a opção 2a).



**Figura 6.6 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2a))**

**Quadro 6.10 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2a))**

	Unhais da Serra	Faro	Chaves
Investimento inicial (€)	30 975,08 €		
Custos de manutenção em 10 anos (€)	2 256,00 €		
Poupança média anual (€)	2 149,27 €	962,49 €	654,66 €
Tempo de Retorno do investimento (anos)	15	51	55

Também na opção 2a) a vila de Unhais da Serra é a que tem o retorno mais rápido com um tempo de 15 anos para a obra ficar paga. Já no caso de Faro e Chaves a situação é completamente diferente, com Faro a necessitar de 51 anos para recuperar o investimento e Chaves a precisar de 55 anos.

O estudo de retorno do investimento relativo à opção 2b) está apresentado na Figura 6.7 e no Quadro 6.11.

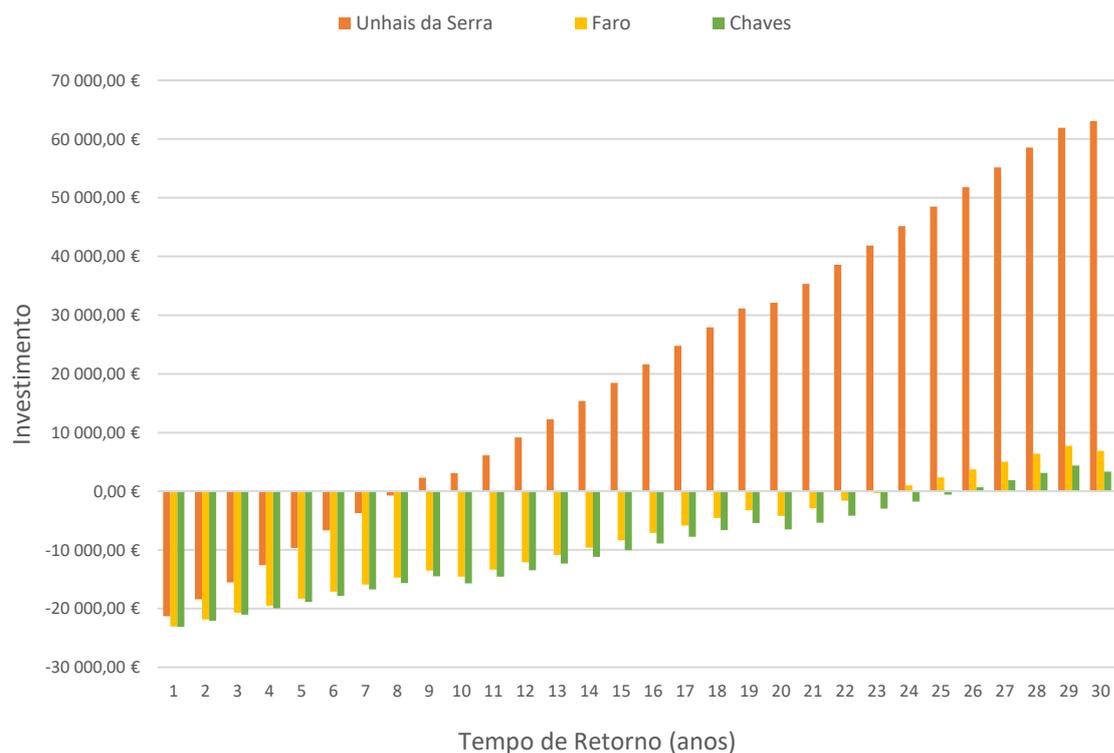


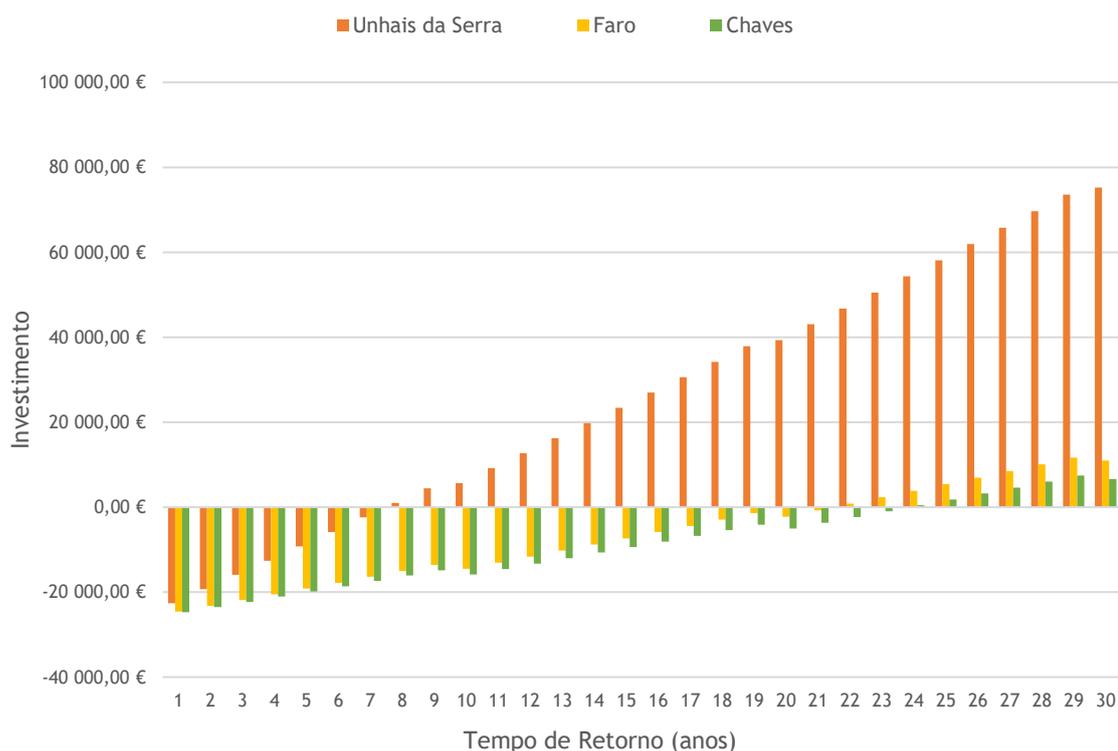
Figura 6.7 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2b))

Quadro 6.11 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2b))

	Unhais da Serra	Faro	Chaves
Investimento inicial (€)	24 172,12 €		
Custos de manutenção em 10 anos (€)	2 256,00 €		
Poupança média anual (€)	2 869,87 €	1 258,64 €	1 046,25 €
Tempo de Retorno do investimento (anos)	9	22	26

Finalmente, os estudos relativos à opção 2c) estão apresentados na Figura 6.8 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2c))

Quadro 6.12.



**Figura 6.8 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2c))**

**Quadro 6.12 - Poupança média anual e retorno do investimento na vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2c))**

	Unhais da Serra	Faro	Chaves
Investimento inicial (€)	25 895,08 €		
Custos de manutenção em 10 anos (€)	2 256,00 €		
Poupança média anual (€)	3 292,95 €	1 435,49 €	1 199,07 €
Tempo de Retorno do investimento (anos)	8	22	24

Ao analisar o Quadro 6.9, Quadro 6.10, Quadro 6.11 e Figura 6.8 - Tempo de retorno do investimento para a vila de Unhais da Serra e concelhos de Faro e Chaves (opção 2c))

Quadro 6.12 verifica-se que é em Unhais da Serra que os valores da poupança média mensal são mais elevados e o retorno do investimento é mais rápido. A opção 1 é, de todas, a que apresenta um investimento inicial mais baixo e a opção 2c) é a que atinge uma poupança média mensal mais elevada.

Nos Quadros VI.1 a VI.4 do Anexo VI apresentam-se os cálculos efetuados para a determinação do tempo de retorno, assim com um breve estudo do investimento a 60 anos para todas as opções apresentadas base no valor do investimento total.



## 7 Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros

### 7.1 Conclusões

O uso mais eficiente de água é uma necessidade incontestável. A consciencialização das populações para a sua inevitável e gradual escassez irá contribuir para uma maior e melhor racionalização deste recurso essencial e insubstituível. A procura e implementação de soluções que permitam a poupança de água potável é uma prática crescente, trazendo benefícios ambientais (ao diminuir as descargas de efluentes domésticos no ambiente) e económicos (pela redução considerável da faturação mensal).

As pequenas remodelações podem, na maioria dos casos, baixar os consumos de água numa habitação. Ao alterar alguns equipamentos é possível atingir uma poupança de cerca de 57,4% no consumo de água desses mesmos equipamentos (Opção 1), e se os habitantes alterarem também os seus comportamentos o potencial de poupança poderá ser ainda mais elevado. Têm também a vantagem de ter um custo inicial mais baixo e um retorno do investimento mais rápido.

A recolha e utilização de águas pluviais para abastecimento de autoclismos é uma prática ambientalmente atrativa e bem-vinda. No entanto, nem sempre compensa em termos económicos. Não existindo estrutura de armazenamento é necessário adquirir um reservatório com as dimensões necessárias para responder aos consumos, e por isso o investimento inicial ser tão elevado (Opção 2a)). Sem ser aliada ao uso de equipamentos com boa eficiência hídrica, a reutilização de águas pluviais não é uma solução viável, exceto quando os custos associados à faturação da água são bastante elevados.

Se ao aproveitamento de águas pluviais se associar a alteração e/ou substituição de alguns equipamentos de modo a torná-los mais eficientes (Opção 2b) e Opção 2c)), obter-se-á uma elevada redução dos consumos de água e custos associados. Também nesta situação, os valores de investimento inicial e o tempo de retorno do investimento são elevados.

Um SAAP é economicamente viável quando implementado em zonas de pluviosidade e tarifários elevados e quando associado à alteração e/ou substituição de equipamentos (reduzindo o volume do reservatório e os caudais debitados pelas torneiras), porque considerando os custos de investimento inicial o tempo de retorno é reduzido.

Comparando iguais custos de investimento inicial e de exploração, qualquer que seja a solução adotada, a poupança associada à faturação de água, resíduos urbanos e saneamento será superior em municípios cujo tarifário seja mais elevado, e os tempos de retorno do investimento serão mais curtos.

Portanto, em zonas em que os preços da faturação da água sejam baixos, o investimento mais viável será a adoção de equipamentos com eficiência hídrica elevada. Já nos casos em que a

faturação atinja valores mais altos é economicamente viável investir num SAAP, de preferência aliado ao uso de equipamentos com boa eficiência hídrica.

## **7.2 Perspetivas para trabalhos futuros**

Existem alguns trabalhos que poderiam dar continuidade a este estudo, apresentando-se de seguida um breve resumo:

- Avaliar a viabilidade técnica e económica associada à reutilização de águas cinzentas tratadas e à reutilização de águas cinzentas não tratadas;
- avaliar a viabilidade técnica e económica associada à reutilização de águas pluviais no edifício de Novas Valências para rega de hortas;
- equacionar a possibilidade de adaptar as soluções para outra tipologia de habitação como habitações unifamiliares, escolas, centros comerciais, complexos desportivos e parques de campismo;
- instalar medidores de caudal nas tubagens do edifício de modo a avaliar no local os caudais descarregados, assim como udómetros na cobertura de modo a obter medições precisas da pluviosidade.

## Bibliografia

Almeida, H. (2016a). *Conceção e Projeto de Redes Prediais de Águas e Esgotos: Módulo II - Redes Prediais de Drenagem de Águas Residuais*. EPAL, Academia das Águas Livres, Lisboa;

Almeida, H. (2016b). *Conceção e Projeto de Redes Prediais de Águas e Esgotos: Módulo IV - Redes Prediais de Drenagem de Águas Pluviais*. EPAL, Academia das Águas Livres, Lisboa;

Botica, A., 2012. “Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas em Edifícios”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Militar. Instituto Superior Técnico. Lisboa;

Caetano, M. (2016). *Conceção e Projeto de Redes Prediais de Águas e Esgotos: Módulo III - Redes Prediais de Aproveitamento de Águas da Chuva e Águas Cinzentas*. EPAL, Academia das Águas Livres, Lisboa;

Comissão Técnica ANQIP. (2012). ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP);

Comissão Técnica ANQIP. (2012). ETA 0702 - Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais;

Cosme, J. - “As preocupações Higio-Sanitárias em Portugal (2ª metade do século XIX e princípio do XX)”;

Revista da Faculdade de Letras, 2006. (disponível em <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/3411.pdf> );

Decreto Regulamentar n.º 23/95 (1995). RGSPDADAR (1995). Regulamento Geral de Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. Diário da República, Série I-B, N.º 194, 23 de agosto de 1995, 5284-5319.

Ferreira, F. (2012). “REFERENCIAS PARA OS NÍVEIS DE CONSUMO DE ÁGUA SUSTENTÁVEIS EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO”. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Construções Cívicas. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto;

Lamberts, R., Ghisi, E., Pereira, c., Batista, J. (2010). *Casa Eficiente: Uso racional da água*. UFSC. Florianópolis;

Marques, J., Sousa, J. (2011). *Hidráulica Urbana: Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. 3ª Edição. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra;

Matos, J. S. - “Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano”; Revista Universidade do Minho, número 16, 2003. (disponível em <http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/revista.htm>);

Neto, A., 2015. “Gestão de ativos de sistemas de drenagem com informação de risco”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa;

Oliveira, F. (2008). “Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação de viabilidade”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico. Lisboa;

Paixão, M. (1999). *Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais*. 2ª Edição. Edições Orion, Lisboa;

Pedroso, V. (2016). *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*. 6ª Edição. LNEC, Lisboa;

Rino, E., 2011. “Sistemas Prediais de Drenagem de Águas Pluviais e Freáticas”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa;

Rossa, S. (2006). “CONTRIBUIÇÕES PARA O USO MAIS EFICIENTE DA ÁGUA NO CICLO URBANO”. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto;

Stamminger, R., Elschenbroich, A., Rummler, B. e Broil, G. (2007). *Washing-up Behaviour and Techniques in Europe*. University of Bonn, Institut für Landtechnik, Section Household and Appliance Technology, Bonn.

Teixeira, N. (2012). Avaliação da Viabilidade Técnico-Económica da Reutilização de Águas numa Moradia Unifamiliar. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil - Ramo Geotecnia e Ambiente (2º ciclo de estudos). Universidade da Beira Interior, Covilhã;

TWDB. (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Texas 3ª Edição, Austin, Texas;

## Sites consultados

[www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=860](http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=860); Data de acesso: 3 de julho de 2017;

[www.vulcano.pt/consumidor/productos/category\\_704](http://www.vulcano.pt/consumidor/productos/category_704) ; Data de Acesso: 10 de julho de 2017;

[www.pt.roca.com/](http://www.pt.roca.com/) ; Data de acesso: 12 de julho de 2017;

[www.ecocasa.pt/agua\\_content.php?id=41](http://www.ecocasa.pt/agua_content.php?id=41) ; Data de acesso: 12 de julho de 2017;

[techne.pini.com.br/engenharia-civil](http://techne.pini.com.br/engenharia-civil); Data de acesso; 20 de julho de 2017;

[www.ecodepur.pt/pt/](http://www.ecodepur.pt/pt/); Data de acesso: 15 de agosto de 2017;

[www.planfor.pt](http://www.planfor.pt); Data de acesso: 10 de agosto de 2017;

[magazines.grundfos.com/Grundfos/SU/PT/bgp-solucoes-domesticas-2017/](http://magazines.grundfos.com/Grundfos/SU/PT/bgp-solucoes-domesticas-2017/); Data de acesso: 5 de setembro de 2017;

<http://www.aguasdacovilha.pt/>; Data de acesso: 10 de setembro de 2017;

<http://www.chaves.pt/>; Data de acesso: 10 de setembro de 2017;

<http://www.fagar.pt/>; Data de acesso: 10 de setembro de 2017.



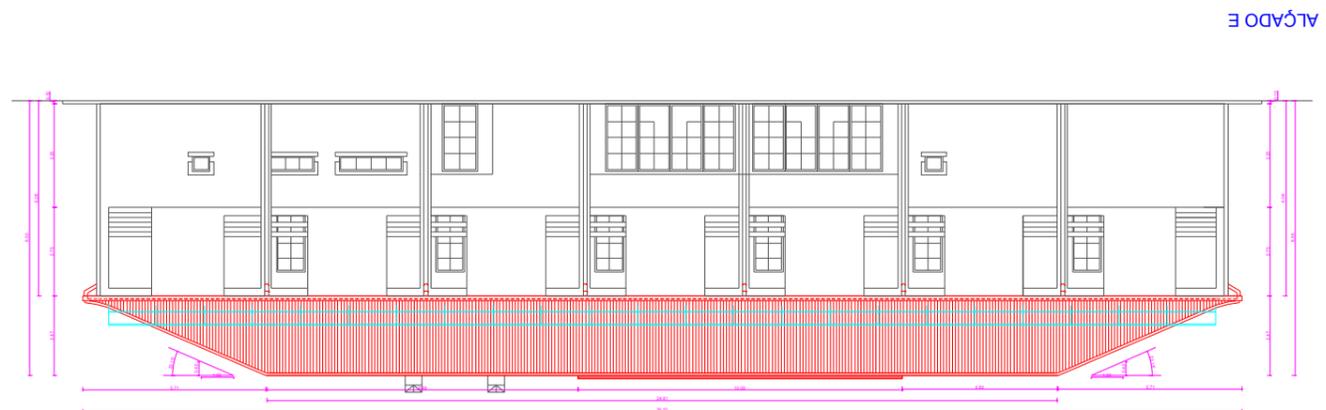
# Anexos



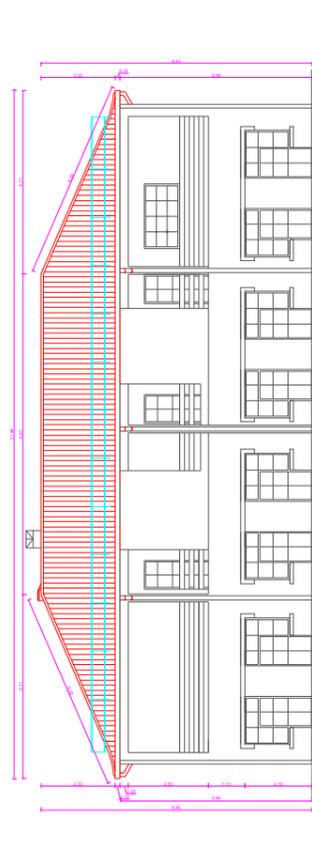
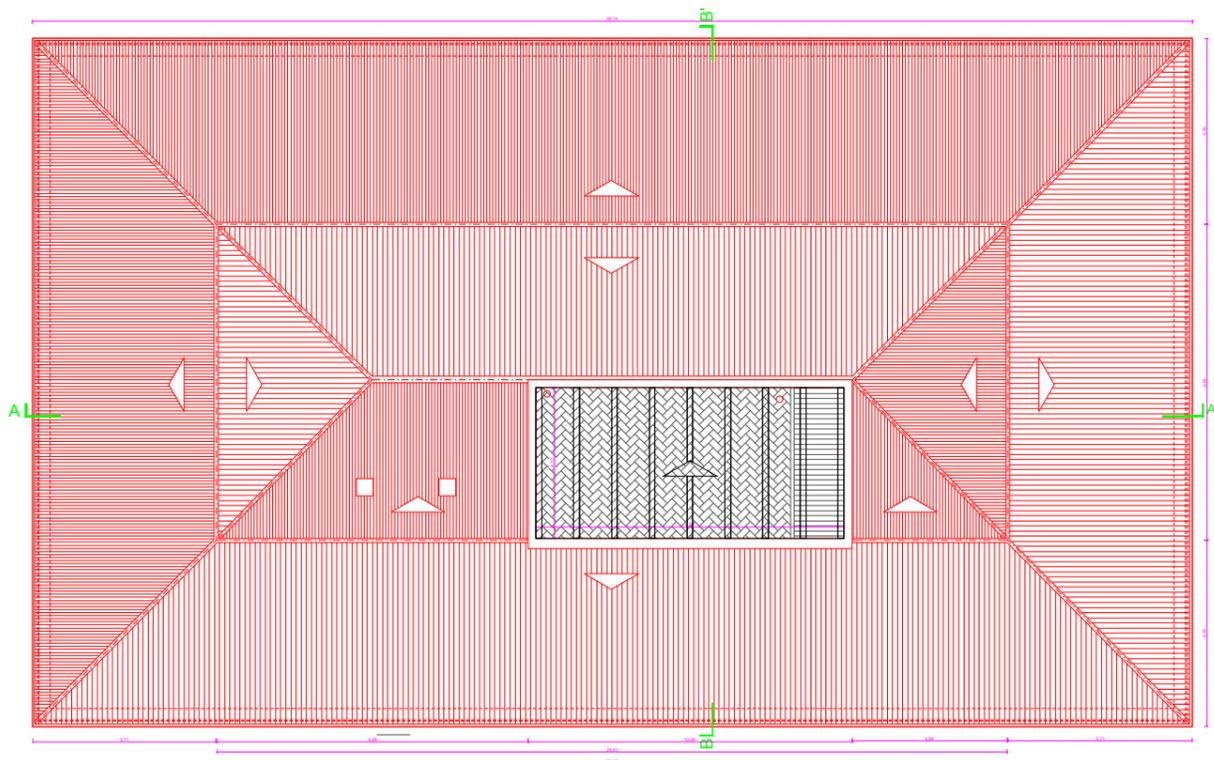
**Anexo I**  
**Peças desenhadas**



ALÇADO N



ALÇADO E



ALÇADO S



ALÇADO W



Figura I.1 - PREEXISTÊNCIA - PLANTA E ALÇADOS

ESCALA 1:200



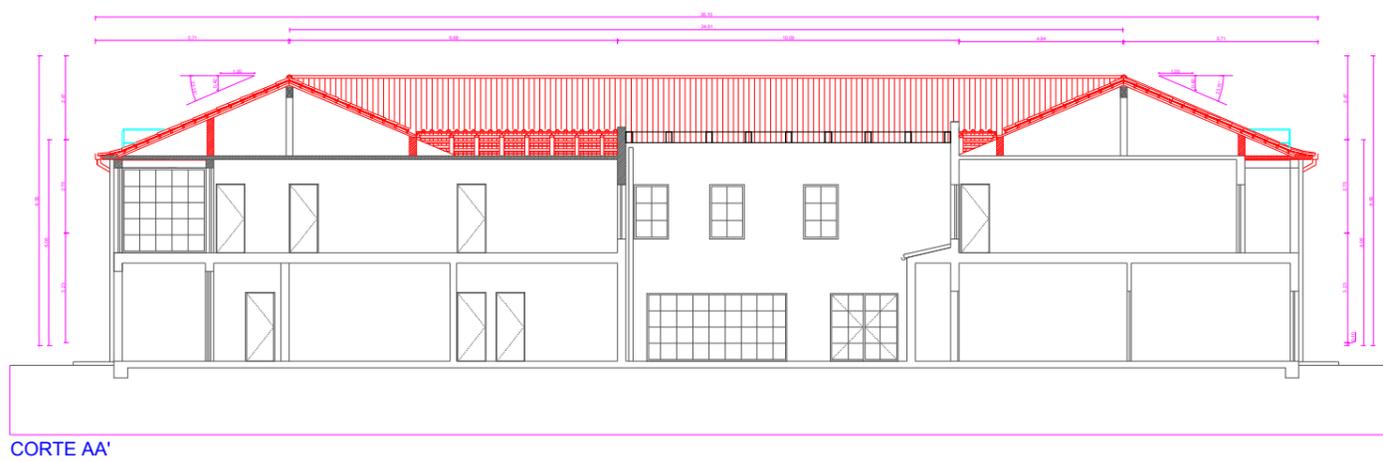
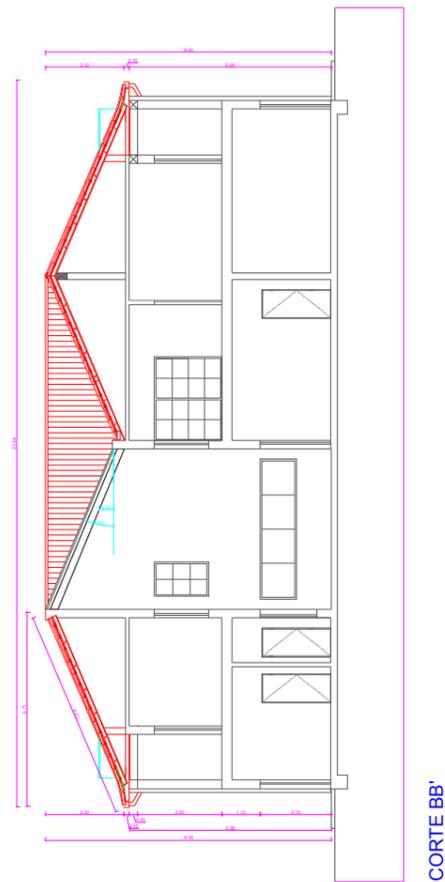
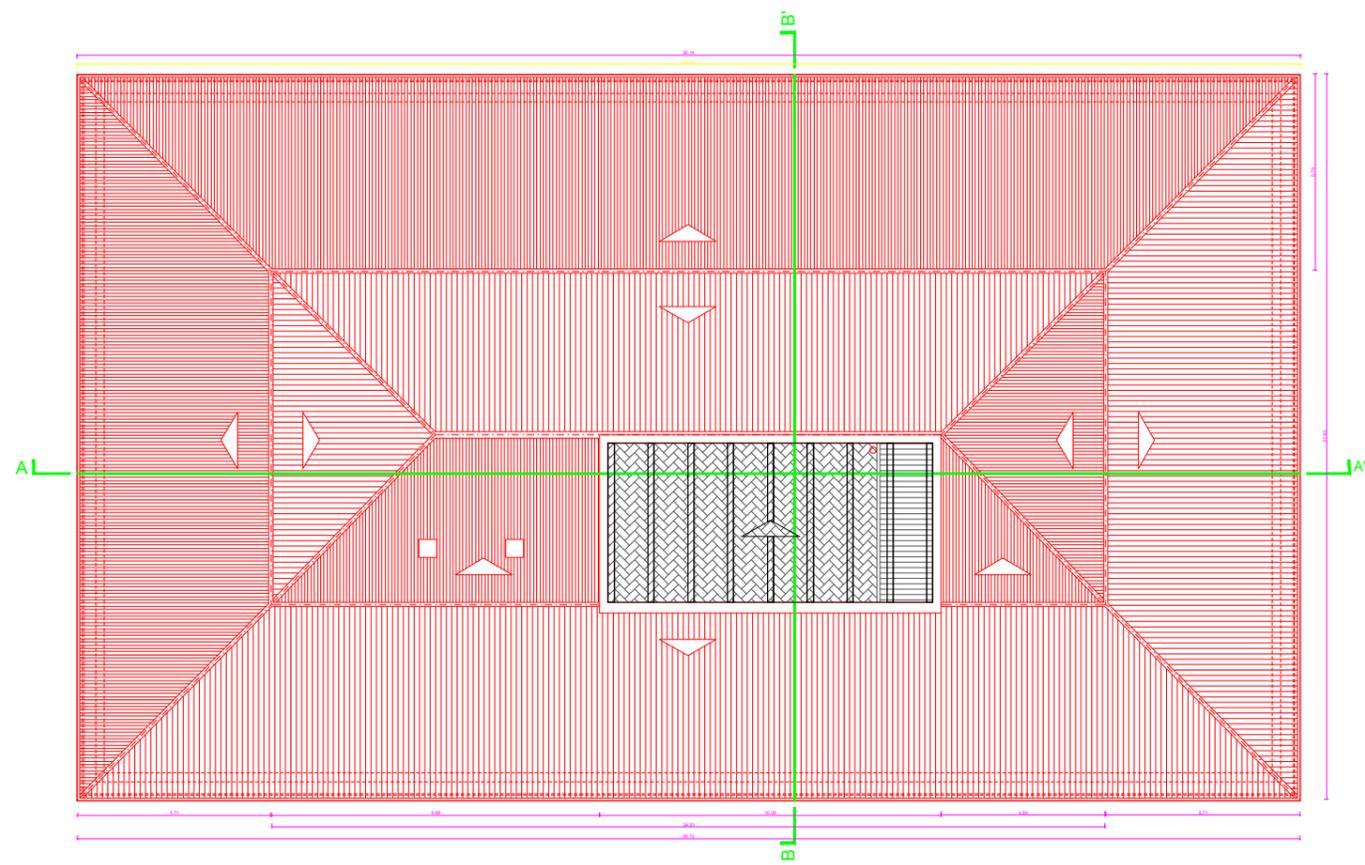


Figura 1.2 - PREEXISTÊNCIA - CORTES

ESCALA 1:200



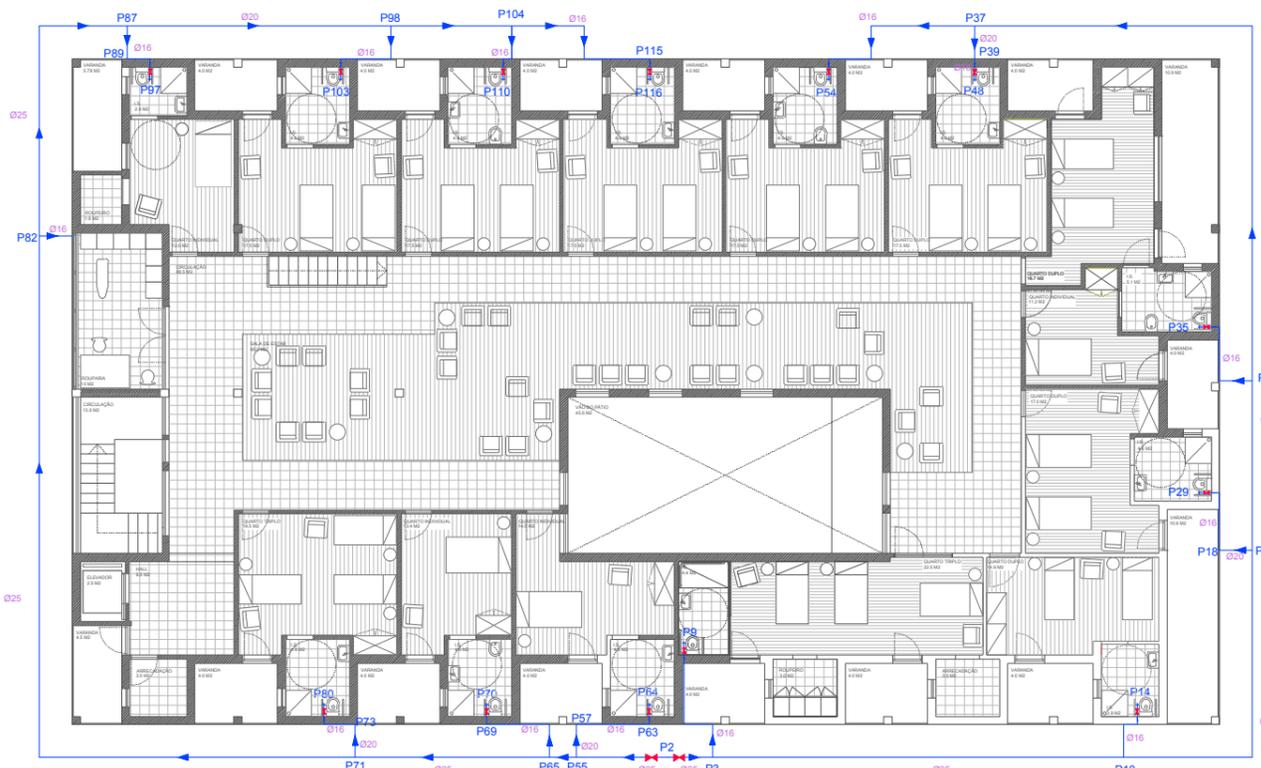
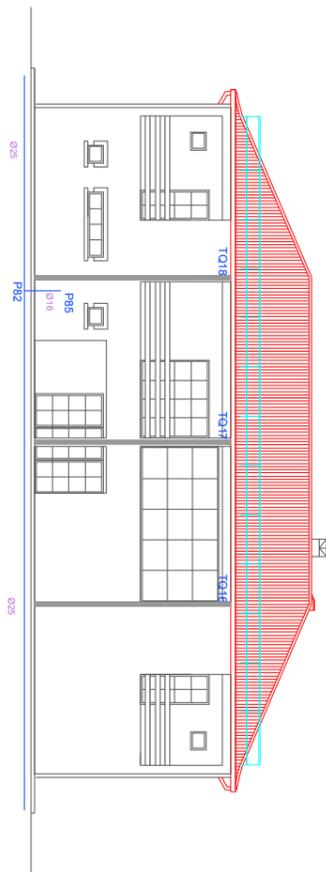




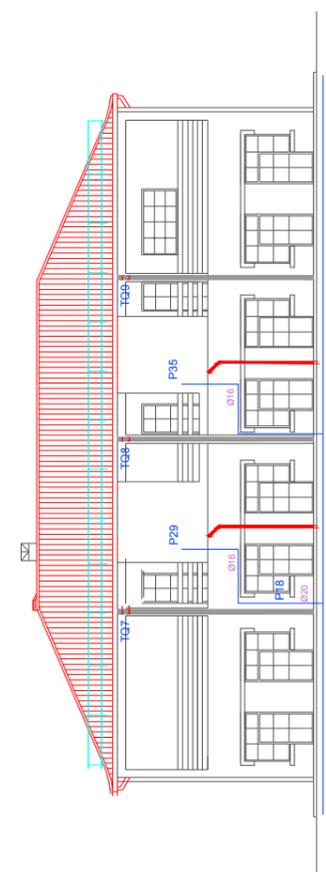
ALÇADO E



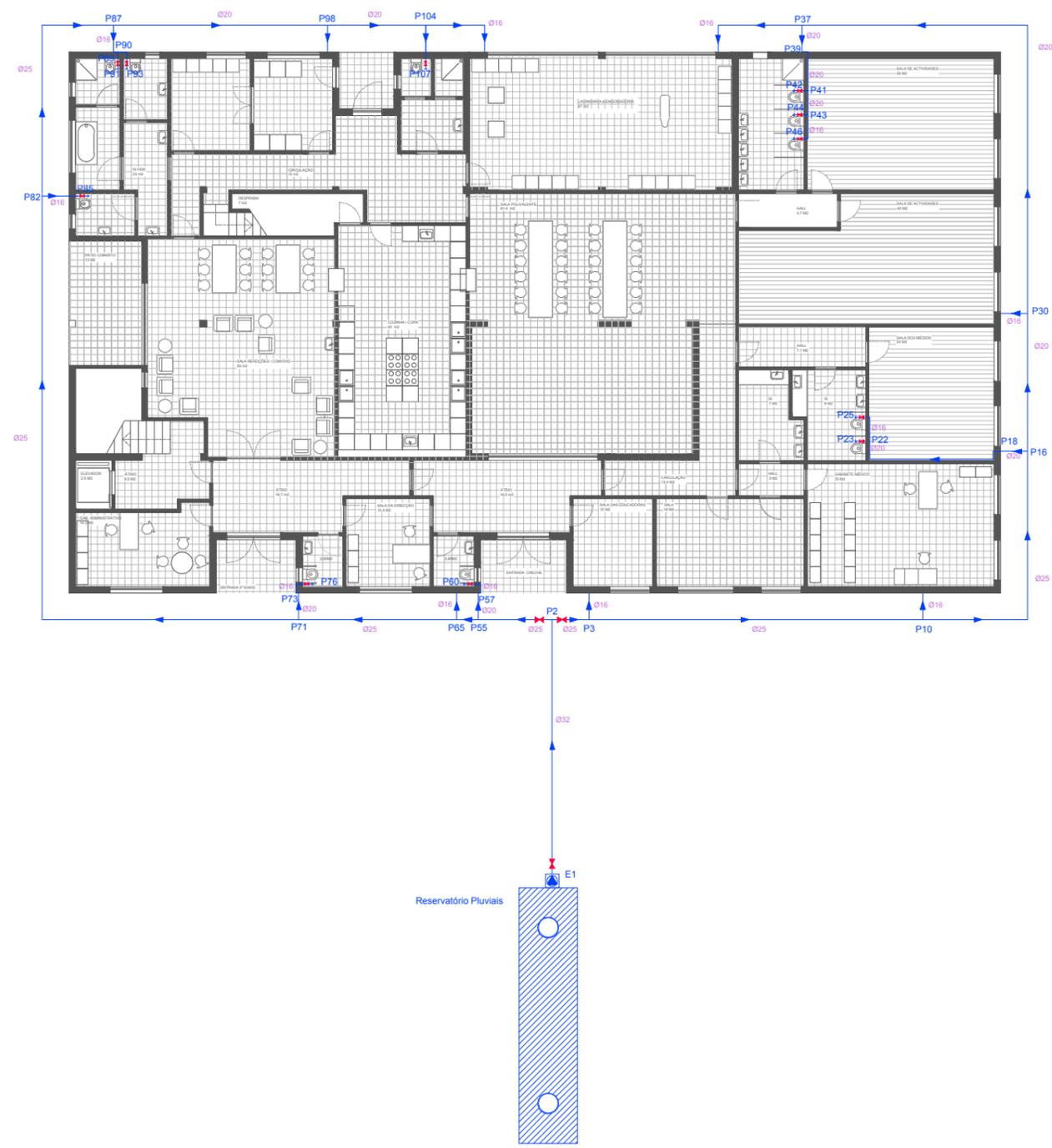
ALÇADO N



ALÇADO S





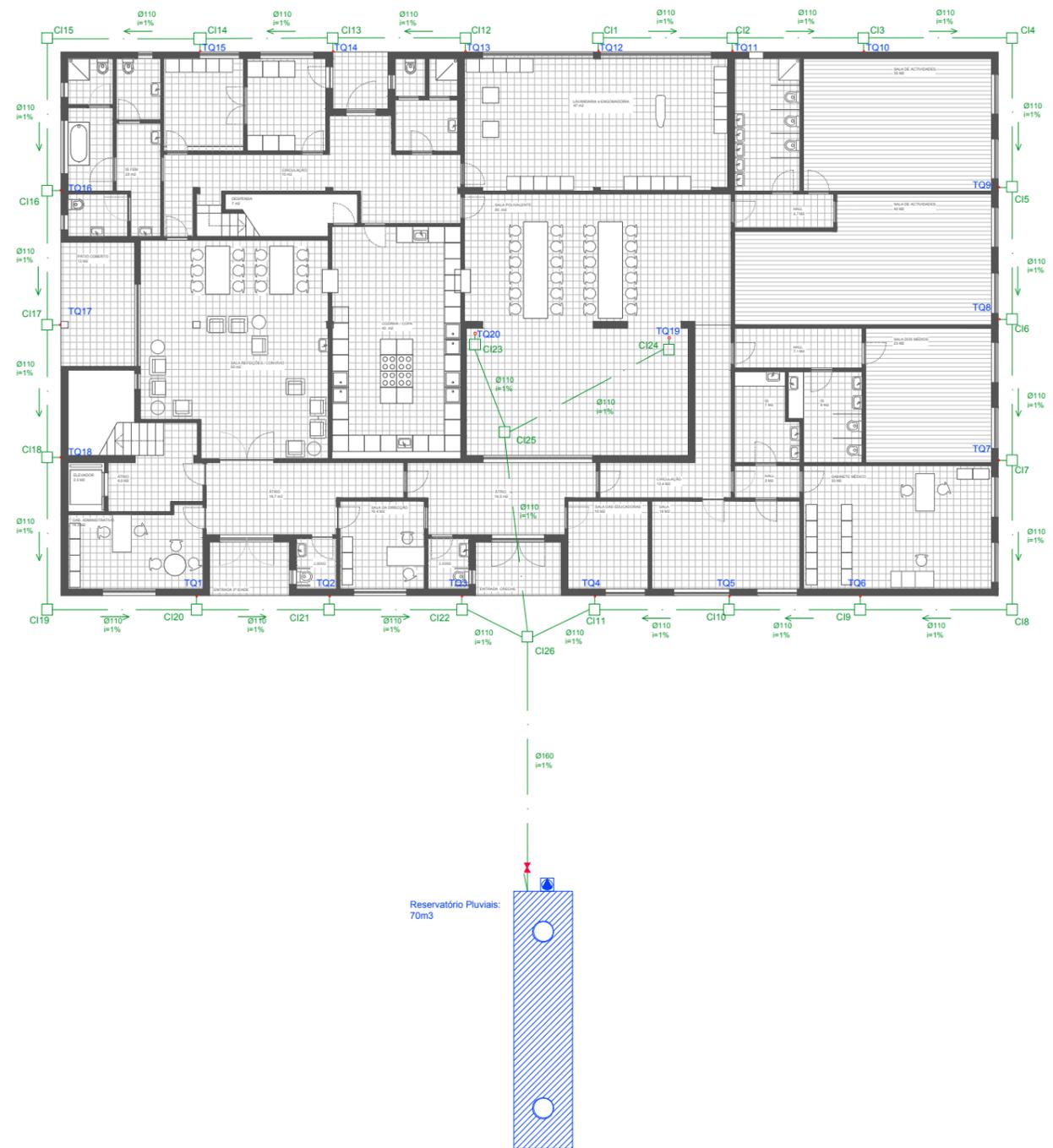


-  Rede predial de abastecimento de águas pluviais
-  Válvula de seccionamento
-  Grupo hidropressor



Figura I.5 - PROPOSTA - PLANTA DA REDE DE PREDIAL DE ABASTECIMENTO COM ÁGUAS PLUVIAIS APRESENTANDO A LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO (PISO TÉRREO) ESCALA 1:200



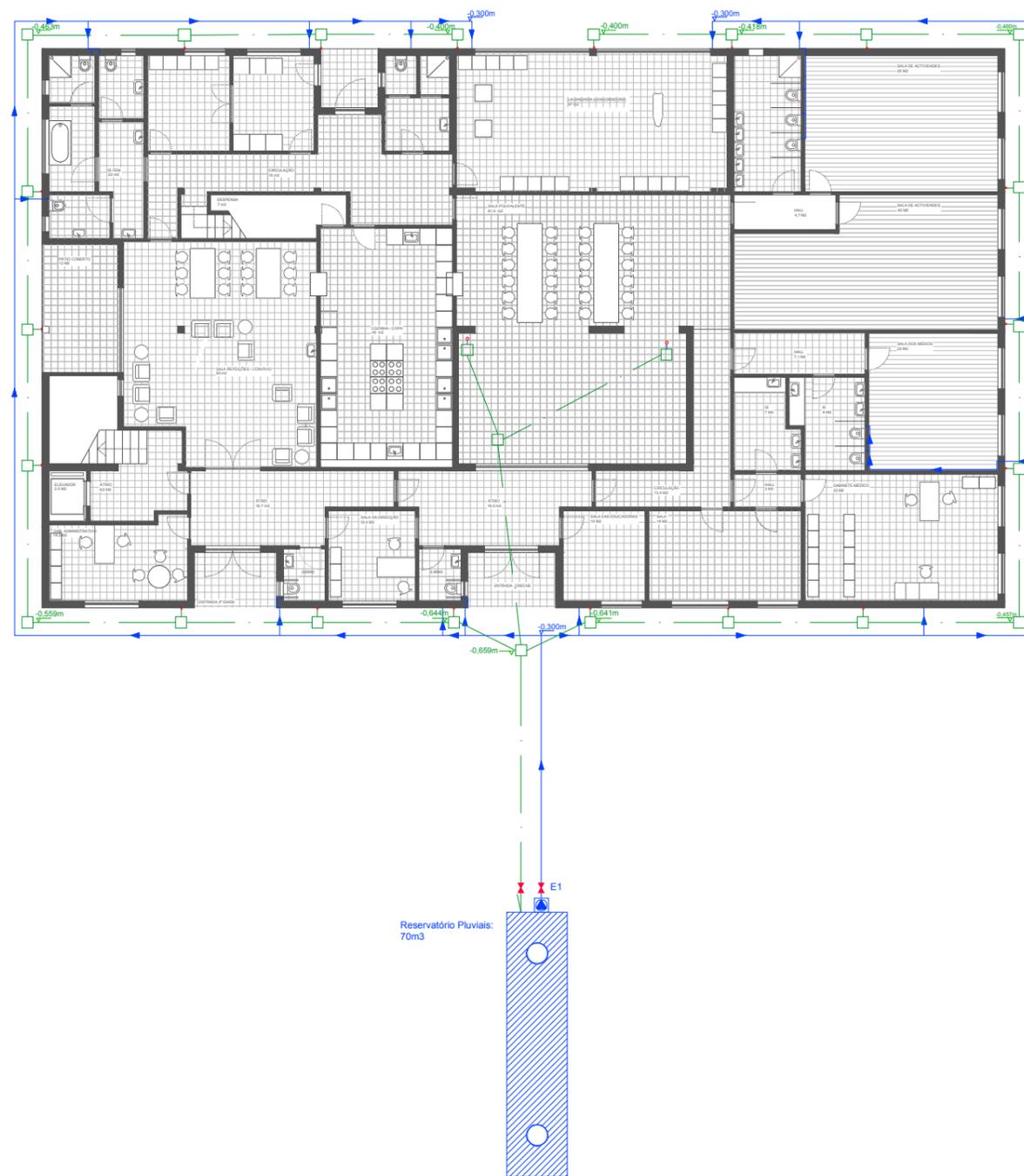


-  Rede predial de drenagem pluvial
-  Válvula de seccionamento
-  Caixa de inspeção
-  Tubo de queda
-  Grupo hidropressor



Figura 1.6 - PROPOSTA - PLANTA DA REDE DE PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS APRESENTANDO A LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO





- Rede predial de drenagem pluvial
- Rede predial de abastecimento de águas pluviais
- ✕ Válvula de sectionamento
- Caixa de inspeção
- Tubo de queda
- ⬇ Grupo hidropressor



Figura I.7 - PROPOSTA - SOBREPOSIÇÃO DAS PLANTAS DAS REDES PEDIAIS DE DRENAGEM E DE ABASTECIMENTO COM ÁGUAS PLUVIAIS APRESENTANDO A LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO 1º PISO) ESCALA 1:200



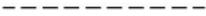
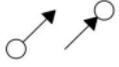
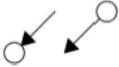
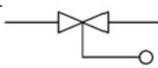
## **Anexo II**

### **Simbologia para Redes Prediais de Água**



Quadro I.1 - Simbologia para redes prediais de distribuição 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

## Materiais

<i>Sigla</i>	<i>Designação</i>
AL	- Aço Inox
CU	- Cobre
FF	- Ferro fundido
FG	- Ferro galvanizado
FP	- Ferro preto
PE	- Polietileno
PEAD	- Polietileno de alta densidade
PP	- Polipropileno
PVC	- Policloreto de vinilo

Quadro I.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 Ø)
	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

## Materials

<i>Sigla</i>	<i>Designação</i>
AG	- Aço galvanizado
B	- Betão
FF	- Ferro fundido
G	- Grés cerâmico
PE	- Polietileno
PP	- Polipropileno
PVC	- Policloreto de vinilo

## **Anexo III**

### **Cálculos de Volumes de Águas para armazenamento**



Quadro IV.1 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Unhais da Serra) - Opção 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	21,6	21,6	21,6	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,6	21,6	21,6
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,2	13,2	13,2	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,2	13,2	13,2
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	34,80	34,80	34,80	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	34,80	34,80	34,80
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	46,80	46,80	46,80	56,16	56,16	56,16	56,16	56,16	56,16	46,80	46,80	46,80

Quadro IV.2 - Volumes de água consumida e volumes de água poupada (Unhais da Serra) - Opção 2a)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	7,61	9,52	12,25	4,73	10,51	28,54	48,64	48,96	25,95	8,22	13,50	10,29
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 2a) (m <sup>3</sup> )	29,21	31,12	33,85	30,65	36,43	54,46	74,56	74,88	51,87	29,82	35,10	31,89
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	52,39	50,48	47,75	67,27	61,49	43,46	23,36	23,04	46,05	51,78	46,50	49,71

Quadro IV.3 - Volumes de água consumida e volumes de água poupada (Unhais da Serra) - Opção 2b)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	2,31	2,05	1,27	1,29	1,29	2,61	9,05	10,57	4,54	1,35	2,18	1,35
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 2b) (m <sup>3</sup> )	23,91	23,65	22,87	27,21	27,21	28,53	34,97	36,49	30,46	22,95	23,78	22,95
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	57,69	57,95	58,73	70,71	70,71	69,39	62,95	61,43	67,46	58,65	57,83	58,65

Quadro IV.4 - Volumes de água consumida e volumes de água poupada (Unhais da Serra) - Opção 2c)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	2,31	2,05	1,27	1,29	1,29	2,61	9,05	10,57	4,54	1,35	2,18	1,35
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 2c) (m <sup>3</sup> )	15,51	15,25	14,47	17,13	17,13	18,45	24,89	26,41	20,38	14,55	15,38	14,55
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	66,09	66,35	67,13	80,79	80,79	79,47	73,03	71,51	77,54	67,05	66,23	67,05

Quadro IV.5 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Faro) - Opção 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	34,80	34,80	34,80	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	34,80	34,80	34,80
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	46,80	46,80	46,80	56,16	56,16	56,16	56,16	56,16	56,16	46,80	46,80	46,80

Quadro IV.6 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Faro) - Opção 2a)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	12,78	15,81	24,86	25,45	25,61	46,13	58,66	55,41	40,09	10,36	17,15	12,98
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	34,38	37,41	46,46	51,37	51,53	72,05	84,58	81,33	66,01	31,96	38,75	34,58
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	47,22	44,19	35,14	46,55	46,39	25,87	13,34	16,59	31,91	49,64	42,85	47,02

Quadro IV.7 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Faro) - Opção 2b)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,17	3,73	3,13	3,42	3,69	7,01	14,32	18,29	9,95	0,00	0,42	3,08
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	22,77	25,33	24,73	29,34	29,61	32,93	40,24	44,21	35,87	21,60	22,02	24,68
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	58,83	56,27	56,87	68,58	68,31	64,99	57,68	53,71	62,05	60,00	59,58	56,92

Quadro IV.8 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Faro) - Opção 2c)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,17	3,73	3,13	3,42	3,69	7,01	14,32	18,29	9,95	0,00	0,42	3,08
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	14,37	16,93	16,33	19,26	19,53	22,85	30,16	34,13	25,79	13,20	13,62	16,28
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	67,23	64,67	65,27	78,66	78,39	75,07	67,76	63,79	72,13	68,40	67,98	65,32

Quadro IV.9 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Chaves) - Opção 1

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	21,6	21,6	21,6	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,6	21,6	21,6
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,2	13,2	13,2	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,2	13,2	13,2
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	34,80	34,80	34,80	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	34,80	34,80	34,80
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	46,80	46,80	46,80	56,16	56,16	56,16	56,16	56,16	56,16	46,80	46,80	46,80

Quadro IV.10 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Chaves) - Opção 2a)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	15,75	17,33	18,05	14,56	24,03	36,19	50,64	47,60	44,06	17,91	13,36	17,53
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	37,35	38,93	39,65	40,48	49,95	62,11	76,56	73,52	69,98	39,51	34,96	39,13
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	44,25	42,67	41,95	57,44	47,97	35,81	21,36	24,40	27,94	42,09	46,64	42,47

Quadro IV.11 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Chaves) - Opção 2b)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,27	2,01	2,32	1,29	1,29	1,29	3,67	5,75	6,93	3,06	2,30	1,73
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	22,87	23,61	23,92	27,21	27,21	27,21	29,59	31,67	32,85	24,66	23,90	23,33
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	58,73	57,99	57,68	70,71	70,71	70,71	68,33	66,25	65,07	56,94	57,70	58,27

Quadro IV.12 - Volumes de águas consumida e volumes de água poupada (Concelho de Chaves) - Opção 2c)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,27	2,01	2,32	1,29	1,29	1,29	3,67	5,75	6,93	3,06	2,30	1,73
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60
Consumo c/ Opção 1 (m <sup>3</sup> )	14,47	15,21	15,52	17,13	17,13	17,13	19,51	21,59	22,77	16,26	15,50	14,93
Consumo Poupado (m <sup>3</sup> )	67,13	66,39	66,08	80,79	80,79	80,79	78,41	76,33	75,15	65,34	66,10	66,67

**Anexo IV**  
**Cálculos de Poupança de Água**



Quadro V.1 - Cálculos efetuados para a vila de Unhais da Serra (Opção1)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	34,80	34,80	34,80	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	34,80	34,80	34,80	
Gasto médio mensal (€)	333,89	333,89	333,89	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	333,89	333,89	333,89	
Gasto médio mensal (€)	155,32	155,32	155,32	181,88	181,88	181,88	181,88	181,88	181,88	155,32	155,32	155,32	Total
Redução da fatura (€)	178,57	178,57	178,57	214,28	214,28	214,28	214,28	214,28	214,28	178,57	178,57	178,57	2357,13

Quadro V.2 - Cálculos efetuados para a vila de Unhais da Serra (Opção2a)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	7,61	9,52	12,25	4,73	10,51	28,54	48,64	48,96	25,95	8,22	13,50	10,29	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	29,21	31,12	33,85	30,65	36,43	54,46	74,56	74,88	51,87	29,82	35,10	31,89	
Gasto médio mensal (€)	333,89	333,89	333,89	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	333,89	333,89	333,89	
Gasto médio mensal (€)	134,00	141,27	151,68	139,49	161,55	230,36	307,02	308,25	220,46	136,30	156,46	144,22	Total
Redução da fatura (€)	199,90	192,62	182,21	256,67	234,61	165,81	89,14	87,91	175,71	197,59	177,43	189,67	2149,27

Quadro V.3 - Cálculos efetuados para a vila de Unhais da Serra (Opção2b)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	2,31	2,05	1,27	1,29	1,29	2,61	9,05	10,57	4,54	1,35	2,18	1,35	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	23,91	23,65	22,87	27,21	27,21	28,53	34,97	36,49	30,46	22,95	23,78	22,95	
Gasto médio mensal (€)	333,89	333,89	333,89	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	333,89	333,89	333,89	
Gasto médio mensal (€)	113,76	112,77	109,81	126,38	126,38	131,41	155,97	161,77	138,77	110,11	113,26	110,11	Total
Redução da fatura (€)	220,14	221,13	224,09	269,79	269,79	264,76	240,19	234,40	257,39	223,78	220,64	223,78	2869,87

Quadro V.4 - Cálculos efetuados para a vila de Unhais da Serra (Opção2c)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	2,31	2,05	1,27	1,29	1,29	2,61	9,05	10,57	4,54	1,35	2,18	1,35	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	15,51	15,25	14,47	17,13	17,13	18,45	24,89	26,41	20,38	14,55	15,38	14,55	
Gasto médio mensal (€)	333,89	333,89	333,89	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	396,16	333,89	333,89	333,89	
Gasto médio mensal (€)	81,71	80,72	77,75	87,92	87,92	92,94	117,51	123,30	100,31	78,06	81,20	78,06	Total
Redução da fatura (€)	252,19	253,18	256,14	308,25	308,25	303,22	278,66	272,86	295,85	255,84	252,69	255,84	3 292,95 €

Quadro V.5 - Cálculos efetuados para o concelho de Faro (Opção1)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	21,6	21,6	21,6	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,6	21,6	21,6	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,2	13,2	13,2	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,2	13,2	13,2	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	34,80	34,80	34,80	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	34,80	34,80	34,80	
Gasto médio mensal (€)	130,15	130,15	130,15	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	130,15	130,15	130,15	
Gasto médio mensal (€)	55,51	55,51	55,51	66,61	66,61	66,61	66,61	66,61	66,61	55,51	55,51	55,51	Total
Redução da fatura (€)	74,65	74,65	74,65	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	89,58	74,65	74,65	74,65	985,33

Quadro V.6 - Cálculos efetuados para o concelho de Faro (Opção2a))

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	12,78	15,81	24,86	25,45	25,61	46,13	58,66	55,41	40,09	10,36	17,15	12,98	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	34,38	37,41	46,46	51,37	51,53	72,05	84,58	81,33	66,01	31,96	38,75	34,58	
Gasto médio mensal (€)	130,15	130,15	130,15	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	130,15	130,15	130,15	
Gasto médio mensal (€)	54,83	59,67	74,11	81,94	82,19	114,92	134,91	129,73	105,28	50,98	61,80	55,16	Total
Redução da fatura (€)	75,32	70,48	56,05	74,24	73,99	41,27	21,27	26,46	50,90	79,17	68,35	74,99	712,49

Quadro V.7 - Cálculos efetuados para o concelho de Faro (Opção2b))

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,17	3,73	3,13	3,42	3,69	7,01	14,32	18,29	9,95	0,00	0,42	3,08	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	22,77	25,33	24,73	29,34	29,61	32,93	40,24	44,21	35,87	21,60	22,02	24,68	
Gasto médio mensal (€)	130,15	130,15	130,15	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	130,15	130,15	130,15	
Gasto médio mensal (€)	36,32	40,40	39,44	46,79	47,22	52,52	64,18	70,52	57,21	34,45	35,12	39,36	Total
Redução da fatura (€)	93,83	89,75	90,71	109,39	108,96	103,67	92,00	85,66	98,97	95,70	95,03	90,79	1154,47

Quadro V.8 - Cálculos efetuados para o concelho de Faro (Opção2c))

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,17	3,73	3,13	3,42	3,69	7,01	14,32	18,29	9,95	0,00	0,42	3,08	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	14,37	16,93	16,33	19,26	19,53	22,85	30,16	34,13	25,79	13,20	13,62	16,28	
Gasto médio mensal (€)	130,15	130,15	130,15	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	156,18	130,15	130,15	130,15	
Gasto médio mensal (€)	22,92	27,00	26,04	30,72	31,14	36,44	48,10	54,44	41,13	21,05	21,72	25,96	Total
Redução da fatura (€)	107,23	103,15	104,11	125,47	125,04	119,74	108,08	101,74	115,05	109,10	108,43	104,19	1331,33

Quadro V.9 - Cálculos efetuados para o concelho de Chaves (Opção1)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	34,80	34,80	34,80	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	41,76	34,80	34,80	34,80	
Gasto médio mensal (€)	120,67	120,67	120,67	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	120,67	120,67	120,67	
Gasto médio mensal (€)	56,16	56,16	56,16	65,76	65,76	65,76	65,76	65,76	65,76	56,16	56,16	56,16	Total
Redução da fatura (€)	64,50	64,50	64,50	77,41	77,41	77,41	77,41	77,41	77,41	64,50	64,50	64,50	851,46

Quadro V.10 - Cálculos efetuados para o concelho de Chaves (Opção2a)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	15,75	17,33	18,05	14,56	24,03	36,19	50,64	47,60	44,06	17,91	13,36	17,53	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	37,35	38,93	39,65	40,48	49,95	62,11	76,56	73,52	69,98	39,51	34,96	39,13	
Gasto médio mensal (€)	120,67	120,67	120,67	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	120,67	120,67	120,67	
Gasto médio mensal (€)	59,68	61,86	62,85	63,99	77,05	93,80	113,72	109,54	104,66	62,66	56,38	62,14	Total
Redução da fatura (€)	60,99	58,81	57,82	79,17	66,11	49,36	29,44	33,63	38,50	58,01	64,29	58,53	654,66

Quadro V.11 - Cálculos efetuados para o concelho de Chaves (Opção2b)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,27	2,01	2,32	1,29	1,29	1,29	3,67	5,75	6,93	3,06	2,30	1,73	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	21,60	21,60	21,60	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	25,92	21,60	21,60	21,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	22,87	23,61	23,92	27,21	27,21	27,21	29,59	31,67	32,85	24,66	23,90	23,33	
Gasto médio mensal (€)	120,67	120,67	120,67	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	120,67	120,67	120,67	
Gasto médio mensal (€)	39,72	40,74	41,17	45,71	45,71	45,71	48,98	51,85	53,48	42,19	41,14	40,36	Total
Redução da fatura (€)	80,95	79,93	79,50	97,45	97,45	97,45	94,19	91,31	89,69	78,48	79,53	80,31	1046,25

Quadro V.12 - Cálculos efetuados para o concelho de Chaves (Opção2c)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Autoclismos (m <sup>3</sup> )	1,27	2,01	2,32	1,29	1,29	1,29	3,67	5,75	6,93	3,06	2,30	1,73	
Torneiras (m <sup>3</sup> )	13,20	13,20	13,20	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	15,84	13,20	13,20	13,20	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	81,60	81,60	81,60	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	97,92	81,60	81,60	81,60	
Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	14,47	15,21	15,52	17,13	17,13	17,13	19,51	21,59	22,77	16,26	15,50	14,93	
Gasto médio mensal (€)	120,67	120,67	120,67	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	143,16	120,67	120,67	120,67	
Gasto médio mensal (€)	28,14	29,16	29,60	31,82	31,82	31,82	35,08	37,96	39,58	30,61	29,56	28,78	Total
Redução da fatura (€)	92,52	91,51	91,07	111,35	111,35	111,35	108,08	105,21	103,58	90,06	91,11	91,89	1199,07

**Anexo V**  
**Dados de Precipitação**



Quadro III.1 - Dados da pluviosidade da estação meteorológica da Covilhã

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	705,2	209,8	484,6	32,1	88,3	0,0	9,2	2,6	81,7	242,6	23,7	7,8
2002	170,9	38,7	191,8	72,8	26,5	1,8	0,0	0,1	177,8	159,5	214,1	365,4
2003	308,7	193,3	204,1	206,2	2,3	21,5	6,5	38,5	46,3	555,6	390,8	349,1
2004	0,0	0,0	44,2	114,9	47,5	1,8	0,0	58,8	9,7	286,1	33,5	48,4
2005	5,5	53,0	93,3	62,5	22,4	0,0	9,3	0,7	9,5	312,7	117,7	150,2
2006	37,3	118,3	213,9	90,5	3,2	15,9	10,6	21,8	102,7	427,4	495,7	129,9
2007	26,4	192,3	65,9	91,3	94,8	101,9	5,4	42,0	82,8	50,1	3,8	35,2
2008	145,8	115,1	84,4	287,3	139,4	12,4	0,0	12,6	45,2	72,0	47,9	170,4
2009	283,8	117,7	62,7	54,3	42,3	52,6	22,9	2,1	18,7	96,3	194,2	362,9
2010	282,4	315,4	252,1	148,4	49,9	32,9	0,0		0,1	281,8	298,0	269,6
2011	148,4	101,9	106,7	145,6		2,2	0,4	15,5	62,1	151,3	194,2	104,5
2012	38,4	5,5	16,5	224,7	105,6	19,6	4,1	18,8	121,2	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5
2015	74,7	79,0	0,0	70,5	37,3	39,9	7,0	3,0	82,2	263,7	89,4	114,9
2016	276,9	463,7	104,8	245,5	264,4	8,1	2,4	0,0	17,4	138,5	251,7	100,5
2017	106,3	220,2	99,2	13,1	15,2	7,7	0,0	7,6				

Quadro III.3 - Dados da pluviosidade da estação meteorológica de São Brás de Alportel

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	227,7	73,7	213,3	1,8	38	1	0,1	0	99	128,6	77,2	294,8
2002	70,9	8,3	131,3	75,6	46,1	0	0	0,6	153,7	103,5	134,7	142,4
2003	88,4	123,2	98,2	86	8,3	3	1,2	3	4,6	172,2	61,3	72,5
2004	30	89,1	55,6	13,4	53,4	0,4	0,5	10,2	13,7	143,8	21,2	56,3
2005	1,1	24,4	42,7	7	33,4	8,1	17	1,3	1,5	160	142,4	119,3
2006	101,2	60,6	77,5	80,5	0,8	51,2	0,9	24,1	24,6	158,8	176	34,9
2007	8,8	79,5	22	16,5	50,1	17,1	0,5	54,2	40,9	65,3	37,1	102,1
2008	64,3	78,1	27,4	183,7	29,6	0,9	1,9	0,1	158,9	49,3	31,6	58
2009	102	96,7	32,9	32,9	19,2	11,3	3,8	0	6	57,1	30,5	392,2
2010	195,1	214,5	59,4	109,7	21,1	24,1	1,1	0	1,9	72,2	72,9	269,6
2011	48,5	62,5	98,5	59	98,7	0	0,1	9,8	6,5	57,5	207,4	6,1
2012	20,2	8,2	55,8	41,8	3,6	0,3	0,3	0,8	8,9	50,8	17,3	1,6
2013	1,3	0,6	-	0,3	7,4	0,2	0,9	0,2	33,1	32,9	19,2	5,6
2014		3,0	36,2	8,4	10,8	-	-	-	-	0,1	0,1	0
2015	2,3	0	25	37	2,2	11,7	0,2	0,7	6,3	196,5	56,3	64,2
2016	52,8	51,8	20,2	67,9	111,7	0	0,3	0	9,8	64	12,8	179,6
2017	53,3	9,2	0	13,3	11,2	0,1	1,6	2,2				

Quadro III.3 - Dados da pluviosidade da estação meteorológica de Travancas

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	298,5	125,5	634,5	22,8	86,5	0,0	44,5	18,1	37,1	159,2	0,0	9,8
2002	116,6	71,3	133,9	37,9	76,9	58,5	13,6	0,0	150,7	162,1	269,0	235,6
2003	192,6	91,3	107,0	54,2	5,3	42,6	33,3	29,0	15,0	120,2	11,2	117,1
2004	70,6	12,5	65,6	30,4	42,3	3,5	10,1	99,6	22,2	174,6	14,9	57,1
2005	14,2	14,8	62,9	57,2	39,2	14,5	2,7	3,4	23,0	139,5	56,8	70,5
2006	22,6	46,3	114,3	55,2	6,0	15,1	9,2	17,2	2,1	185,6	156,9	60,9
2007	16,2	114,6	23,3	73,0	24,0	34,3	23,8	33,5	12,4	37,2	51,2	31,2
2008	88,8	39,8	41,3	120,6	61,5	40,5	0,9	24,5	35,6	10,4	8,9	95,6
2009	84,1	67,6	14,5	45,3	29,5	54,1	18,3	12,4	1,2	135,7	144,8	160,4
2010	110,6	142,6	114,3	53,2	23,9	40,2	0,0	0,0	14,8	130,5	73,6	142,3
2011	77,0	70,2	69,4	21,4	39,7	0,3	1,4	14,6	13,9	32,0	83,6	20,5
2012	8,4	1,8	5,1	44,2	43,1	30,5	12,5	8,0	0,5	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,5	33,0
2015	73,0	53,4	10,4	54,6	63,4	32,4	12,2	3,4	49,7	166,9	54,9	56,0
2016	197,8	82,7	49,4	115,3	142,8	24,3	2,5	16,0	22,8	46,2	99,0	23,1
2017	30,5	133,4	64,6	13,9	30,1	18,4	6,6	31,1	1,9			

**Anexo VI**  
**Cálculo do Retorno dos Investimentos**



Quadro VI.1 - Cálculo do retorno dos investimentos para todas as zonas em análise com estudo a 60 anos (opção 1)

Opção 1											
Unhais da Serra											
Anos	1	2	3	...	...	...	...	...	58	59	60
Valor do investimento	5 520,00 €	0,00 €	0,00 €	...	...	...	...	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Valor de retorno anual	2 357,13 €	2 371,27 €	2 385,50 €	...	...	...	...	...	3 314,88 €	3 334,77 €	3 354,78 €
Saldo	-3 162,87 €	-791,61 €	1 593,89 €	...	...	...	...	...	157 420,34 €	160 755,11 €	164 109,88 €
Faro											
Anos	1	2	3	...	4	5	6	...	58	59	60
Valor do investimento	5 520,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Valor de retorno anual	985,33 €	991,24 €	997,19 €	...	1 003,17 €	1 009,19 €	1 015,24 €	...	1 385,69 €	1 394,00 €	1 402,37 €
Saldo	-4 534,67 €	-3 543,43 €	-2 546,25 €	...	-1 543,08 €	-533,89 €	481,36 €	...	62 592,44 €	63 986,45 €	65 388,81 €
Chaves											
Anos	1	2	3	...	5	6	7	...	58	59	60
Valor do investimento	5 520,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Valor de retorno anual	851,46 €	856,57 €	861,71 €	...	872,08 €	877,31 €	882,57 €	...	1 197,43 €	1 204,61 €	1 211,84 €
Saldo	-4 668,54 €	-3 811,97 €	-2 950,27 €	...	-533,89 €	481,36 €	1 502,69 €	...	53 338,55 €	54 543,16 €	55 754,99 €

Quadro VI.2 - Cálculo do retorno dos investimentos para todas as zonas em análise com estudo a 60 anos (opção 2a))

Opção 2a)											
Unhais da Serra											
Anos	1	2	3	...	13	14	15	...	58	59	60
Valor do investimento	30 975,08 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	2 149,27 €	2 162,17 €	2 175,14 €	...	2 309,23 €	2 323,09 €	2 337,02 €	...	3 022,57 €	3 040,71 €	3 058,95 €
Saldo	-28 825,81 €	-26 663,64 €	-24 488,50 €	...	-4 262,20 €	-1 939,12 €	397,91 €	...	106 317,14 €	109 357,85 €	110 160,80 €
Faro											
Anos	1	2	3	...	49	50	51	...	58	59	60
Valor do investimento	30 975,08 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	2 256,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	712,49 €	716,76 €	721,06 €	...	949,47 €	955,17 €	960,90 €	...	1 001,99 €	1 008,00 €	1 014,05 €
Saldo	-30 262,59 €	-29 545,83 €	-28 824,77 €	...	447,15 €	-853,69 €	107,21 €	...	6 996,86 €	8 004,86 €	6 762,91 €
Chaves											
Anos	1	2	3	...	53	54	55	...	58	59	60
Valor do investimento	30 975,08 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	654,66 €	658,59 €	662,54 €	...	893,54 €	898,90 €	904,29 €	...	920,67 €	926,19 €	931,75 €
Saldo	-30 320,42 €	-29 661,83 €	-28 999,28 €	...	-1 549,15 €	-650,26 €	254,04 €	...	2 999,60 €	3 925,79 €	2 601,53 €

Quadro VI.3 - Cálculo do retorno dos investimentos para todas as zonas em análise com estudo a 60 anos (opção 2b))

Opção 2b)											
Unhais da Serra											
Anos	1	2	3	...	7	8	9	...	58	59	60
Valor do investimento	24 172,12 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	2 869,87 €	2 887,09 €	2 904,41 €	...	2 974,75 €	2 992,60 €	3 010,55 €	...	4 035,96 €	4 060,18 €	4 084,54 €
Saldo	-21 302,25 €	-18 415,16 €	-15 510,74 €	...	-3 717,78 €	-725,18 €	2 285,37 €	...	162 932,69 €	166 992,87 €	168 821,41 €
Faro											
Anos	1	2	3	...	22	23	24	...	58	59	60
Valor do investimento	24 172,12 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	2 256,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	1 154,47 €	1 161,40 €	1 168,37 €	...	1 309,01 €	1 316,86 €	1 324,76 €	...	1 623,56 €	1 633,31 €	1 643,11 €
Saldo	-23 017,65 €	-21 856,24 €	-20 687,87 €	...	-1 619,70 €	-302,84 €	1 021,92 €	...	44 352,95 €	45 986,26 €	45 373,36 €
Chaves											
Anos	1	2	3	...	24	25	26	...	58	59	60
Valor do investimento	24 172,12 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	1 046,25 €	1 052,53 €	1 058,84 €	...	1 200,57 €	1 207,78 €	1 215,02 €	...	1 471,36 €	1 480,19 €	1 489,07 €
Saldo	-23 125,87 €	-22 073,34 €	-21 014,50 €	...	-1 762,86 €	-555,08 €	659,94 €	...	36 871,65 €	38 351,84 €	39 840,92 €

Quadro VI.4 - Cálculo do retorno dos investimentos para todas as zonas em análise com estudo a 60 anos (opção 2c))

Opção 2c)											
Unhais da Serra											
Anos	1	2	3	...	6	7	8	...	58	59	60
Valor do investimento	25 895,08 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	3 292,95 €	3 312,70 €	3 332,58 €	...	3 392,93 €	3 413,28 €	3 433,76 €	...	4 630,94 €	4 658,73 €	4 686,68 €
Saldo	-22 602,13 €	-19 289,43 €	-15 956,85 €	...	-5 838,66 €	-2 425,38 €	1 008,38 €	...	190 455,43 €	195 114,16 €	197 544,84 €
Faro											
Anos	1	2	3	...	20	21	22	...	58	59	60
Valor do investimento	25 895,08 €	0,00 €	0,00 €	...	2 256,00 €	2 256,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	1 331,33 €	1 339,32 €	1 347,35 €	...	1 491,58 €	1 500,53 €	1 509,53 €	...	1 872,28 €	1 883,51 €	1 894,81 €
Saldo	-24 563,75 €	-23 224,43 €	-21 877,08 €	...	-2 206,74 €	-706,21 €	803,33 €	...	54 855,30 €	56 738,82 €	56 377,63 €
Chaves											
Anos	1	2	3	...	22	23	24	...	58	59	60
Valor do investimento	25 895,08 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	0,00 €	...	0,00 €	0,00 €	2 256,00 €
Valor de retorno anual	1 199,07 €	1 206,27 €	1 213,51 €	...	1 359,58 €	1 367,73 €	1 375,94 €	...	1 686,29 €	1 696,40 €	1 706,58 €
Saldo	-24 696,01 €	-23 489,74 €	-22 276,23 €	...	-2 297,10 €	-929,37 €	446,58 €	...	45 713,04 €	47 409,45 €	46 860,03 €

