

Estudo de viabilidade de eficiência hídrica no Centro Escolar de Santa Maria da Cidade de Bragança

Patrícia Ladeira do Vale

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão para
obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Construção

Orientadora: Professora Doutora Flora Cristina Meireles Silva
Coorientador: Professor Doutor António João Carvalho de Albuquerque

Bragança, dezembro de 2019

Agradecimentos

A realização da presente dissertação de mestrado foi possível com um conjunto de apoios institucionais e pessoais que merecem ser reconhecidos. Os apoios institucionais devem-se ao Instituto Politécnico de Bragança, em particular à Escola Superior de Tecnologia e Gestão e à Câmara Municipal de Bragança, em especial ao Eng.º Vítor Padrão, pelo interesse no estudo e disponibilização de material necessário para realização do trabalho e ao Eng.º Alexandre, pela disponibilidade na explicação do sistema de rega do Centro Escolar.

À professora Doutora Flora, pela sua orientação, total apoio e disponibilidade, pelo saber que transmitiu, pelas opiniões e críticas, total colaboração no solucionar de dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização deste trabalho e por todas as palavras de incentivo.

Um especial agradecimento ao Professor Doutor António Albuquerque, docente da Universidade da Beira Interior, na qualidade de coorientador científico desta dissertação, pelo apoio e sugestões.

À Diretora do Agrupamento de Escolas Miguel Torga, Professora Fátima Fernandes, e à Coordenadora do Centro Escolar de Santa Maria, Professora Madalena Brás, pela receção inicial, simpatia e disponibilidade para ajudar no que fosse necessário para o bom desenvolvimento do caso de estudo. Agradeço a oportunidade de, no decorrer deste estudo, poder ter dado o meu contributo na Palestra sobre “Como usar eficientemente a água nos nossos edifícios e não só!”, proferida pela Professora Flora, na IV Sessão da Escola de Pais do Agrupamento de Escolas Miguel Torga, Centro Escolar de Santa Maria. Agradeço também aos funcionários docentes e não docentes pelas respostas dadas aos questionários referentes aos hábitos de “Consumo de água no Centro Escolar” e informações que foram sendo necessárias.

Por último faço um agradecimento especial, e com a consciência de que nada disto teria sido possível, à minha família em particular aos meus pais, Manuel e Antónia, à minha

irmã Cátia e ao meu namorado Manuel, pela forma como sempre me souberam apoiar, incentivar e motivar nos momentos mais determinantes.

Resumo

Este estudo apresenta a viabilidade de eficiência hídrica no Centro Escolar de Santa Maria da cidade de Bragança. Para tal, são propostas duas opções para redução do consumo de água potável e é feito um estudo de viabilidade técnica e económica a 5 cenários.

Na primeira opção (2 cenários) propõe-se a substituição de dispositivos de utilização, nomeadamente torneiras. Na segunda opção (3 cenários) equaciona-se o aproveitamento de águas pluviais. Foi também analisada a mudança de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos de rega.

As duas opções estudadas podem ser técnica e economicamente implementadas, levando a uma redução significativa na fatura da água. Na opção 1, substituindo as torneiras existentes por torneiras de eficiência hídrica, estimam-se poupanças anuais de água até 46,3% e períodos de retorno do investimento até 2 anos. Em 15 anos podem ser alcançadas poupanças acumuladas de €74.072,02. Por outro lado, na opção 2, utilizando um reservatório com volume de 15 m³, estima-se ser possível aproveitar 569,8 m³ (85%) de água pluvial total. Aliando ao cenário de aproveitamento de águas pluviais para abastecimento de autoclismos, a instalação de torneiras eficientes de 1,8 L/min ou 5,0 L/min, estimam-se poupanças anuais de água de 75,6% e 64,5%, períodos de retorno do investimento de 4 e 5 anos, alcançando-se em 15 anos poupanças acumuladas de €97.257,07 e €79.827,66, respetivamente.

Desta forma, a proposta de medidas para um uso eficiente da água no Centro Escolar, poderá contribuir para diminuir os riscos de escassez hídrica na região e ser uma mais valia em termos económicos para o Município.

Palavras-chave

Eficiência hídrica; Aproveitamento de Águas Pluviais; Centro Escolar; Viabilidade técnico-económica.

Abstract

This study presents the feasibility of water efficiency in the Santa Maria School Center of Bragança city. To this end, two options to reduce the consumption of potable water are proposed and is made a technical and economic feasibility study for 5 scenarios.

In the first option (2 scenarios) it is proposed to replace water using devices such as taps. In the second option (3 scenarios) the use of rainwater is considered. It was also analysed the change of irrigation behaviors by alteration of water intensity or irrigation periods.

Both options can be technically and economically implemented, leading to a significant reduction in water invoice. In the option 1, replacing existing taps by water-efficient taps, it is estimated annual water savings until 46.3% and return periods of the investment until 2 years. In 15 years cumulative savings of €74,072.02 can be achieved. On the other hand, in the option 2, using a reservoir with a volume of 15 m³, it is estimated that 569.8 m³ (85%) of total rainwater can be used. Combining the scenario of using rainwater to flushing cisterns, the installation of efficient taps of 1.8 L/min or 5.0 L/min, it is estimated annual water savings of 75.6% and 64.5%, return periods of the investment of 4 and 5 years, reaching cumulative savings of €97,257.07 and €79,827.66, respectively, in 15 years.

Thus, the proposed measures for the efficient use of water in the School Center may contribute to reduce the risks of water scarcity in the region and be an economic advantage for the Municipality.

Keywords

Water efficiency; Rainwater harvesting systems; School Center; Technical and economic feasibility.

Índice

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Palavras-chave.....	iv
Abstract	v
Keywords	v
Índice.....	vi
Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Nomenclatura	xii
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Enquadramento e justificação do tema.....	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Descrição do plano de trabalhos.....	4
1.4. Estrutura da dissertação.....	5
Capítulo 2	7
O papel da eficiência hídrica em edifícios na sustentabilidade	7
2.1. Alterações climáticas.....	7
2.2. O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água	10
2.3. Certificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos. Redução de consumos....	11
2.3.1. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica de torneiras	14
2.3.2. Outros sistemas de rotulagem.....	15
2.4. Recurso a origens alternativas: aproveitamento de águas pluviais	16
2.5. Legislação em vigor para os sistemas prediais de água	27
2.5.1. Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água.....	27
2.5.1.1. Caudais instantâneos e de cálculo	27
2.5.1.2. Tubagens, pressões de serviço, velocidades de escoamento, diâmetros e perdas de carga.....	29
2.5.1.3. Dimensionamento de bombas	30
2.5.2. Dimensionamento de sistemas prediais de drenagem de águas pluviais.....	32
2.5.2.1. Caudais de cálculo.....	32
2.5.1.2. Caleiras e algerozes, tubos de queda, coletores prediais e ramais de ligação	34

Capítulo 3	36
Material e Métodos	36
3.1. Descrição do Centro Escolar de Santa Maria.....	36
3.2. Dispositivos de utilização existentes e medições efetuadas	38
3.3. Proposta de soluções para redução do consumo de água potável	41
3.3.1. Consumo de água no Centro Escolar	41
3.3.2. Soluções para redução do consumo de água	43
3.3.2.1. Descrição das soluções propostas.....	44
Capítulo 4	48
Resultados e Discussão	48
4.1. Estudo da viabilidade técnico-económica das soluções propostas.....	48
4.1.1. Análise da viabilidade técnica.....	48
4.1.2. Análise da viabilidade económica.....	50
4.1.2.1. Custos de investimento inicial.....	51
4.1.2.2. Custos e exigências de exploração	52
4.1.2.3. Redução no valor da fatura.....	53
4.1.2.4. Período de retorno do investimento.....	54
Capítulo 5	62
Conclusões e Proposta para trabalhos futuros	62
5.1. Conclusões	62
5.2. Proposta para trabalhos futuros	63
Referências bibliográficas	65
Anexos	69
Anexo I: Questionários.....	70
Anexo II: Dados de Precipitação.....	75
Anexo III: Fichas técnicas de torneiras	78
Anexo IV: Dimensões de tubagens	80
Anexo V: Dimensionamento das redes prediais.....	82
Anexo VI: Peças desenhadas.....	84
Anexo VII: Mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP	91
Anexo VIII: Fichas técnicas do reservatório e bomba	95
Anexo IX: Período de retorno do investimento.....	99
Publicações	105

Lista de Figuras

Figura 1.1: Percentagem afeta a cada uso em centros escolares (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).	3
Figura 1.2: Plano de trabalhos.	5
Figura 2.1: Índice de severidade de seca e percentagem de água no solo (Aqua eXperience, www.aquaexperience.pt).	8
Figura 2.2: Rótulo ANQIP (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017; ANQIP, www.anqip.pt).	12
Figura 2.3: Exemplos de rótulos de eficiência hídrica adotados em Portugal pelas empresas associadas da ANQIP (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017; Pimentel-Rodrigues, 2008; ANQIP, www.anqip.pt).	12
Figura 2.4: Exemplo de rótulo Water Label (Water Label, www.europeanwaterlabel.eu).	16
Figura 2.5: Secção da cisterna Abanbars (Saeidian, 2013).	16
Figura 2.6: Cisterna do Castelo de Lamego (Município de Lamego, www.cm-lamego.pt).	17
Figura 2.7: Exemplo de eirado: Nos anos 70 ainda sem remodelações (a); Atualmente, recuperado e em funcionamento (b) (Casa do Eirado, www.casadoeirado.com).	18
Figura 2.8: Exemplo de cisternas nos Açores: Cisterna – Santa Bárbara, Terceira (a); Cisterna dissociada, Ribeirinha (b); Cisterna circular, Pico (c) (Oliveira, 2008).	18
Figura 2.9: Modelo de aviso a colocar junto de dispositivos alimentados pelo SAAP (ANQIP ETA, 0701, 2015).	24
Figura 2.10: Exemplo esquemático de um SAAP (Ecodepur, www.ecodepur.pt).	26
Figura 2.11: Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto médio) (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).	28
Figura 2.12: Regiões pluviométricas (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).	33
(c)	37
Figura 3.1: Centro Escolar de Santa Maria da cidade de Bragança: Entrada principal do edifício (a); Fotografia aérea (Google Maps, www.google.pt/maps) (b); Alçado Norte do edifício (Câmara Municipal de Bragança (CMB), www.cm-braganca.pt) (c).	37
Figura 3.2: Torneira de lavatório temporizada (a); Medição de caudal debitado por torneira de lavatório (b).	38
Figura 3.3: Torneira da copa (a); Medição de caudal debitado pela torneira da copa (b).	39
Figura 3.4: Autoclismos de bacias de retrete (a); Fluxómetros de mictórios (b).	40
Figura 3.5: Sistema de rega: Aspersor (a); Caixa de válvulas (b).	40
Figura 3.6: Distribuição do consumo de água: Mês típico (a); Mês com rega (b).	41
Figura 3.7: Concelhos de: Bragança (a); Porto (b); Faro (c).	42
Figura 4.1: Estimativa da poupança anual de água potável, sem rega, nos concelhos de Bragança, Porto e Faro.	53

Figura 4.2: Estimativa da poupança anual de água potável, com rega, nos concelhos de Bragança, Porto e Faro.	53
Figura 4.3: Período de retorno do investimento no concelho de Bragança para a opção 1	55
Figura 4.4: Período de retorno do investimento no concelho de Bragança para a opção 2	55
Figura 4.5: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.1 da Opção 1).	56
Figura 4.6: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.2 da Opção 1).	57
Figura 4.7: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.1 da Opção 2).	58
Figura 4.8: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.2 da Opção 2).	59
Figura 4.9: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.3 da Opção 2).	60

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Medidas a adotar para promover a adaptação e o aumento da resiliência dos edifícios face às alterações climáticas (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017).	9
Tabela 2.2: Categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de torneiras de lavatório (ANQIP, ETA 0808, 2015; ANQIP, ETA 0809, 2015).	14
Tabela 2.3: Categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de torneiras de cozinha (ANQIP, ETA 0808, 2015; ANQIP, ETA 0809, 2015).	15
Tabela 2.4: Valores recomendados para o coeficiente de escoamento C (ANQIP, ETA 0701, 2015).	22
Tabela 2.5: Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017; ANQIP, ETA 0701, 2015).	26
Tabela 2.6: Valores dos parâmetros a, b (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto). ..	33
Tabela 3.1: Número de utilizadores do Centro Escolar de Santa Maria em diferentes anos letivos.	37
Tabela 3.2: Dispositivos de utilização do Centro Escolar.....	38
Tabela 3.3: Tarifa mensal variável de abastecimento de água no concelho de Bragança (CMB, www.cm-braganca.pt).	42
Tabela 3.4: Tarifa mensal fixa de abastecimento de água no concelho de Bragança (CMB, www.cm-braganca.pt).	42
Tabela 3.5: Tarifa mensal variável de abastecimento de água no concelho do Porto (Águas do Porto, www.aguadoporto.pt).....	42
Tabela 3.6: Tarifa mensal fixa de abastecimento de água no concelho do Porto (Águas do Porto, www.aguadoporto.pt).	43
Tabela 3.7: Tarifa mensal variável de abastecimento de água no concelho de Faro (Faro, Gestão de águas e Resíduos (FAGAR), www.fagar.pt).....	43
Tabela 3.8: Tarifa mensal fixa de abastecimento de água no concelho de Faro (FAGAR, www.fagar.pt).	43
Tabela 3.9: Soluções propostas para redução do consumo de água potável no Centro Escolar. 44	
Tabela 4.1: Estimativa anual de água potável consumida e poupança associada às duas opções (sem rega).....	50
Tabela 4.2: Estimativa anual de água potável consumida e poupança associada às duas opções (com rega).	51
Tabela 4.3: Custos de investimento inicial para as duas opções.	52
Tabela 4.4: Período de retorno do investimento no concelho de Bragança para as duas opções.	54
Tabela 4.5: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.1 da Opção 1).	56

Tabela 4.6: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.2 da Opção 1).....	57
Tabela 4.7: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.1 da Opção 2).....	58
Tabela 4.8: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.2 da Opção 2).....	59
Tabela 4.9: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.3 da Opção 2).....	60

Lista de Nomenclatura

Abreviaturas

a.C.	Antes de Cristo
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
ATL	Atividades de Tempos Livres
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
Br	Bacia de retrete
CESMaria	Centro Escolar de Santa Maria
CI	Caixa de Inspeção
CMB	Câmara Municipal de Bragança
DQA	Diretiva Quadro da Água
ETA	Especificação Técnica ANQIP
FAGAR	Faro, Gestão de águas e Resíduos
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
min	Minuto
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
PVC	Policloreto de Vinilo
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
TQ	Tubo de queda
cv	Cavalo-vapor

Símbolos

A	Área de captação; Secção de passagem ocupada pelo fluido; Área a drenar	L^2
a, b	Constantes dependentes do período de retorno	-
C	Coefficiente de escoamento	-
C_{AE}	Consumo anual estimado	L^3

D	Diâmetro; Diâmetro interior do tubo de queda	L
DN	Diâmetro nominal	L
g	Aceleração da gravidade	L/T ²
H	Altura manométrica total; Carga no tubo de queda	L; L
H _a	Altura manométrica de aspiração	L
H _c	Altura manométrica de compressão	L
H _e	Carga à entrada na bomba	L
H _s	Carga à saída da bomba	L
H _{TOTAL}	Altura total	L
i	Inclinação da tubagem; inclinação do coletor	L/L
I	Intensidade de precipitação	L/T; L/TL ²
J	Perda de carga unitária	L/L
K _s	Rugosidade da tubagem	L ^{1/3} /T
L	Comprimento do troço	L
N	Número máximo de dias de retenção da água na cisterna	-
P	Pluviosidade; Altura de precipitação acumulada no período considerado; Potência	L; L; ML ² T ⁻³
P _d	Pressão disponível na rede pública de distribuição, à entrada do edifício	ML ⁻¹ T ⁻²
P _j	Pressão a jusante	ML ⁻¹ T ⁻²
P _m	Pressão a montante	ML ⁻¹ T ⁻²
P _x	Pressão disponível no ponto considerado	ML ⁻¹ T ⁻²
Q	Caudal; Caudal escoado	L ³ /T
Q _a	Caudal acumulado	L ³ /T
Q _c	Caudal de cálculo	L ³ /T
R _h	Raio hidráulico	L
s	Secção de passagem do fluido escoado	L ²
t	Duração da precipitação	T
U	Número de habitantes, utentes ou operários	-
v	Velocidade de escoamento; Velocidade do líquido à entrada na bomba	L/T
V	Volume	L ³
v ₁	Velocidade do líquido à saída da bomba	L/T
V ₁	Volume aproveitável	L ³
v ₂	Velocidade do líquido à saída do troço de compressão	L/T
V ₂	Volume consumido	L ³

V_a	Volume anual de água da chuva aproveitável	L^3
V_d	Volume a desviar do sistema	L^3
x	Coefficiente de simultaneidade	-
Z_a	Desnível geométrico entre a superfície do líquido e a entrada na bomba	L
Z_c	Desnível geométrico entre a saída da bomba e a saída do troço de compressão	L
Z_n	Diferença de cota entre o ponto x e a rede pública de distribuição	L
α	Entrada em aresta viva no tubo de queda ou entrada em aresta cónica no tubo de queda	-
γ	Peso volúmico	$M/(L^2T^2)$
ΔH_a	Perda de carga na tubagem de aspiração	L
ΔH_c	Perda de carga na tubagem de compressão	L
ΔH_T	Perdas de carga totais	L
η	Rendimento	-
η_f	Eficiência hidráulica da filtragem	-

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo apresentam-se, o *enquadramento e justificação do tema*, os *objetivos* do estudo, a *descrição do plano de trabalhos*, e a *estrutura da dissertação*.

1.1. Enquadramento e justificação do tema

A água é um elemento fundamental para a saúde humana (Vieira, 2018), pelo que a sua conservação constitui um dos mais importantes pilares do desenvolvimento sustentável (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010).

Cerca de 40% da população do mundo vive em áreas com *stress* hídrico e prevê-se que esta percentagem aumente para cerca de 65% até 2025, abrangendo, em grande parte, a bacia mediterrânica (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2011).

Marecos do Monte e Albuquerque (2010) referem que a disponibilidade de recursos hídricos não é constante ao longo do ano, refletindo a sazonalidade climática e, as necessidades de água para as atividades humanas também não são constantes. Podem então gerar-se sérios desequilíbrios entre a necessidade e a disponibilidade de água, que podem atingir níveis graves em anos de uma irregular escassez de precipitação. A degradação da qualidade das águas naturais, decorrente de insuficiente controlo da poluição antropogénica, condiciona o aproveitamento de alguns recursos hídricos acentuando os desequilíbrios quantitativos entre a procura e a disponibilidade de água. A

estes problemas juntam-se as consequências das alterações climáticas. Tanto “as secas como as cheias, anunciadas como prováveis consequências das alterações climáticas, concorrem para menor disponibilidade de água em quantidade, no caso das secas, e em qualidade, no caso das cheias” (p. 6).

Assim, de acordo com Marecos do Monte e Albuquerque (2010), a gestão sustentável dos recursos hídricos deve procurar dar resposta às seguintes questões:

- “Durante quanto tempo será possível assegurar a disponibilidade de origens de água fiáveis para as necessidades de uma região?
- Como gerir o antagonismo entre a crescente exploração dos recursos hídricos e a conservação do ambiente?
- Como evitar as consequências desastrosas da escassez de água que ameaçam áreas cada vez mais extensas?” (p. 6).

É então premente que se adotem estratégias com o objetivo de conservar os recursos hídricos existentes, como por exemplo a reutilização de águas residuais tratadas para recarga de aquíferos (Silva, 2011, 2015) e a implementação de **medidas de uso mais eficiente da água**. Assim, a **eficiência hídrica** para além de se traduzir numa redução dos consumos, impõe também um aproveitamento e uma gestão adequada de origens alternativas, em função das utilizações (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017) e, para o cidadão em geral, desde que devidamente implementada, permite uma redução dos encargos com a utilização da água, devido ao menor volume consumido, sem prejuízo da sua qualidade de vida e da salvaguarda da saúde pública. De acordo com estes autores, corresponde ainda a uma obrigação do País em termos de legislação comunitária, nomeadamente da Diretiva Quadro da água (DQA), em termos da conservação da água.

O princípio dos 5R (Silva-Afonso, 2009), resume as políticas de uso eficiente da água, isto é:

- Reduzir os consumos;
- Reduzir as perdas e os desperdícios;
- Reutilizar a água;
- Reciclar a água;
- Recorrer a origens alternativas.

De referir que, a certificação e rotulagem hídrica de produtos e de edifícios e o aproveitamento de águas pluviais são medidas essenciais para os edifícios, dentro do princípio dos 5R e que já foram desenvolvidos em Portugal pela ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais).

Por seu turno, também as medidas conducentes a um uso eficiente de água nos setores urbano, industrial e agrícola, definidas no PNUEA (Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água) (APA, 2012), devem tornar-se prioritárias em Portugal, face à previsão de escassez de água a curto/médio prazo na maior parte do País (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

O estudo da utilização de fontes de água não potável em edifícios tem tido, de acordo com Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) um “assinalável desenvolvimento em diversos países” (p. 33) e como mostram e é potenciado por alguns estudos (Morais, 2019; Portilla, Gomes, Silva-Afonso, Pimentel-Rodrigues & Tobar, 2018; Abrantes, Silva & Albuquerque, 2018a, 2018b; Abrantes, 2017; Teixeira, 2013; Matos & Bentes, 2011; Reis & Ilha, 2011; Santos, Taveira-Pinto, Cheng & Leite, 2011; Silva-Afonso, Pimentel-Rodrigues & Lança, 2011; Pedroso, 2009).

Relativamente a **edifícios não residenciais** (como é o caso do presente trabalho), os estudos de Meireles, Gonçalves, Sousa e Silva-Afonso (2014), podem ajudar na construção de diagramas de consumos. De referir que em **Centros Escolares**, o consumo médio é de 20 L/utilizador.dia (incluindo funcionários e utentes) (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017). A percentagem afeta a cada uso neste tipo de edifícios é a que se mostra na **Figura 1.1**.

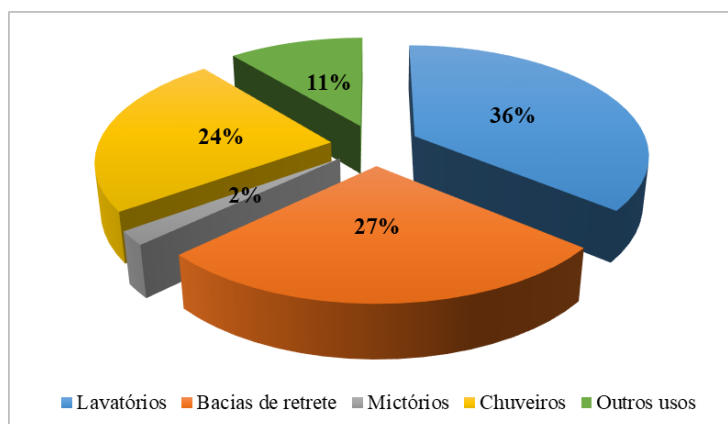


Figura 1.1: Percentagem afeta a cada uso em centros escolares (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Desta forma, dado o interesse pelo Município de Bragança em reduzir o consumo de água no **Centro Escolar de Santa Maria (CESMaria)** da cidade de Bragança, avaliou-se a possibilidade de realizar um estudo, potenciando a utilização mais eficiente da água, recorrendo a produtos e tecnologias que permitam o mesmo uso (com a mesma qualidade, segurança e conforto) utilizando menos água, em comparação com produtos convencionais.

O aproveitamento de águas pluviais foi também potenciado.

Ainda, de acordo com as recomendações do PNUEA (APA, 2012), a mudança de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos de rega foi também analisada.

1.2. Objetivos

Este trabalho de investigação tem como objetivo estudar a viabilidade de eficiência hídrica num edifício público da cidade de Bragança (Centro Escolar de Santa Maria), com interesse para o Município.

São propostas medidas para redução do consumo de água potável e definidos cenários para o aproveitamento de águas pluviais.

Apresenta-se ainda a viabilidade técnica e económica das soluções apresentadas e uma comparação dessas soluções em outras zonas do país.

1.3. Descrição do plano de trabalhos

Para a concretização dos objetivos propostos elaborou-se um Plano de Trabalhos que inclui quatro fases, apresentadas na **Figura 1.2**.

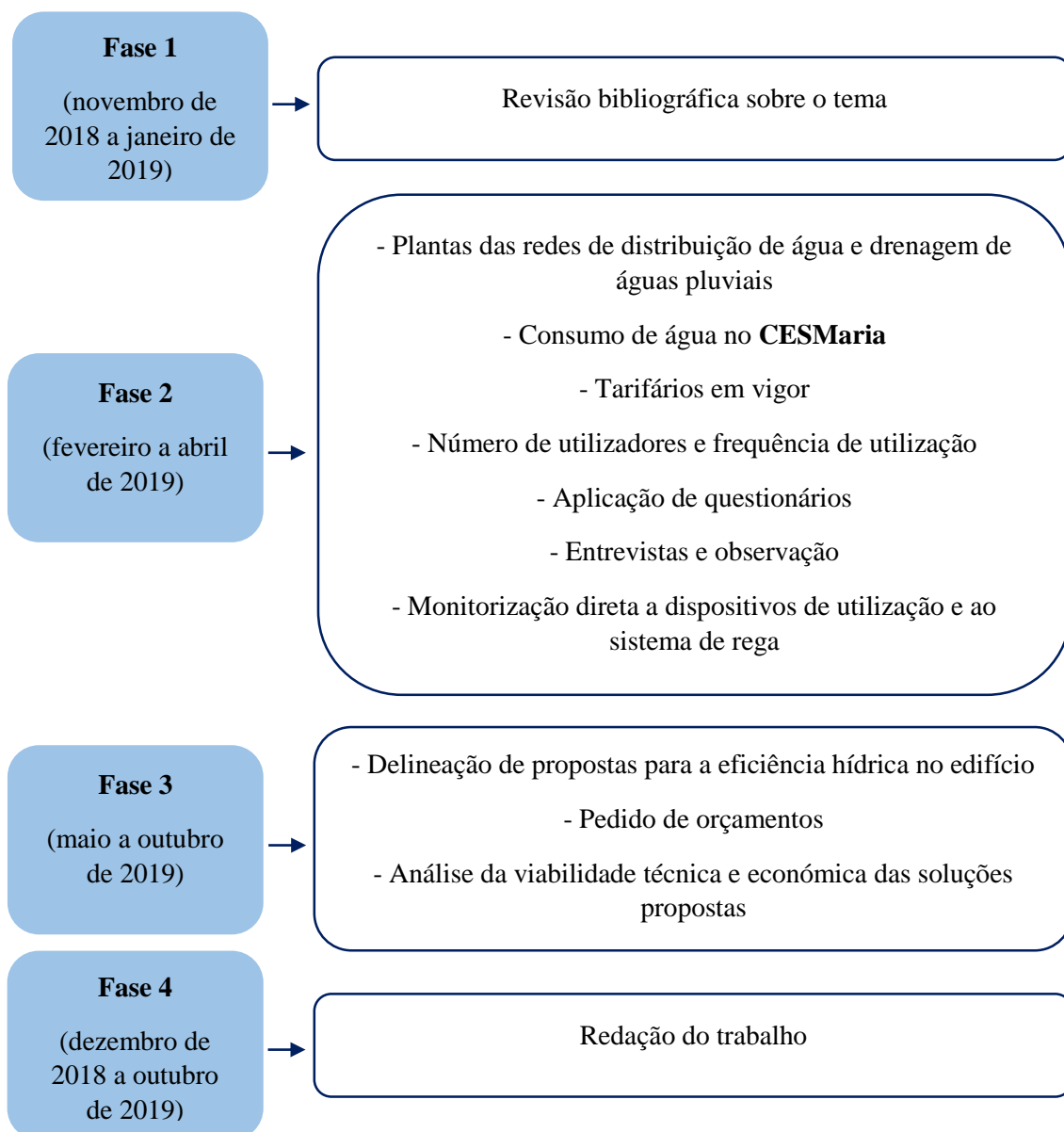


Figura 1.2: Plano de trabalhos.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está estruturada em **cinco capítulos** e **nove anexos**.

No **Capítulo 1** apresentam-se o enquadramento e justificação do tema, os objetivos, a descrição do plano de trabalhos e a estrutura da dissertação.

O **Capítulo 2** constitui a parte de revisão bibliográfica deste trabalho, focando o papel da eficiência hídrica em edifícios na sustentabilidade. Apresentam-se as diretrizes para o setor urbano definidas no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) (implementação 2012-2020), uma referência à certificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos e consequente redução de consumos, bem como o recurso a origens alternativas de água. É ainda feita uma análise da legislação em vigor para os sistemas prediais.

No **Capítulo 3, *Material e Métodos***, é descrito o CESMaria, bem com analisados os dispositivos de utilização existentes e feitas medições e apresentadas soluções para redução do consumo de água potável.

No **Capítulo 4, *Resultados e Discussão***, foi efetuada uma análise da viabilidade técnica e económica das soluções apresentadas.

As principais ***Conclusões e Proposta para Trabalhos Futuros*** são apresentadas no **Capítulo 5**, listando-se ainda, as ***Referências bibliográficas*** citadas.

No final (***Publicações***) é apresentado um ***Resumo*** submetido ao VI Encontro de Jovens Investigadores do Instituto Politécnico de Bragança.

Os Questionários aplicados no CESMaria são apresentados no **Anexo I**. No **Anexo II** apresentam-se os dados de precipitação. As fichas técnicas de torneiras são apresentadas no **Anexo III**. As dimensões das tubagens são apresentadas, o dimensionamento das redes prediais e as peças desenhadas, são apresentadas nos **Anexos IV, V e VI**, respetivamente. No **Anexo VII** apresentam-se os mapas auxiliares de dimensionamento de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP). As fichas técnicas do reservatório para aproveitamento de águas pluviais e da bomba projetada são apresentadas no **Anexo VIII**. Os períodos de retorno do investimento, são apresentados no **Anexo IX**.

Capítulo 2

O papel da eficiência hídrica em edifícios na sustentabilidade

Neste capítulo apresenta-se a problemática das alterações climáticas, algumas das diretrizes do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, uma referência à certificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos e conseqüente redução de consumos, bem como o recurso a origens alternativas de água, nomeadamente: aproveitamento de águas pluviais. É ainda feita uma análise da legislação em vigor para os sistemas prediais de água.

2.1. Alterações climáticas

As condições climáticas invulgares e extremas, quer em termos de precipitações, quer em termos de secas, são cada vez mais comuns, conforme mencionado em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017). Apesar do termo “seca” designar uma redução temporária da disponibilidade de água devida, por exemplo, a uma precipitação insuficiente, o termo “**escassez de água**” significa que a procura de água excede os recursos hídricos exploráveis em condições sustentáveis (p. 28). Segundo o World Water Council (www.worldwatercouncil.org), 23 países poderão enfrentar uma escassez absoluta de água em 2025 e entre 46 e 52 países (totalizando cerca de 3000 milhões de pessoas) poderão sofrer de *stress* hídrico nessa altura. Relativamente aos países mediterrânicos, como Portugal, as alterações climáticas poderão afetar significativamente as disponibilidades deste recurso a curto/médio prazo, pelo que, como referido por Silva-

Afonso e Pimentel-Rodrigues (2011), é urgente desenvolver medidas em todos os setores (urbano, industrial e agrícola), visando um aumento da eficiência no uso da água. Países como Grécia, Itália, Espanha e Portugal, estarão em risco de ter um *stress* hídrico igual ou superior a 40%, pelo menos em parte do seu território (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

De referir que, no ano de 2017, mas sem que o fenómeno fosse isolado, Portugal passou por uma situação de seca severa e extrema (**Figura 2.1**). A seca e a escassez, bem como outros riscos associados à água (incluindo cheias), terão tendência para aumentar, em regularidade e intensidade, em Portugal e na Europa, devido aos efeitos das alterações climáticas (Aqua eXperience, www.aquaexperience.pt).

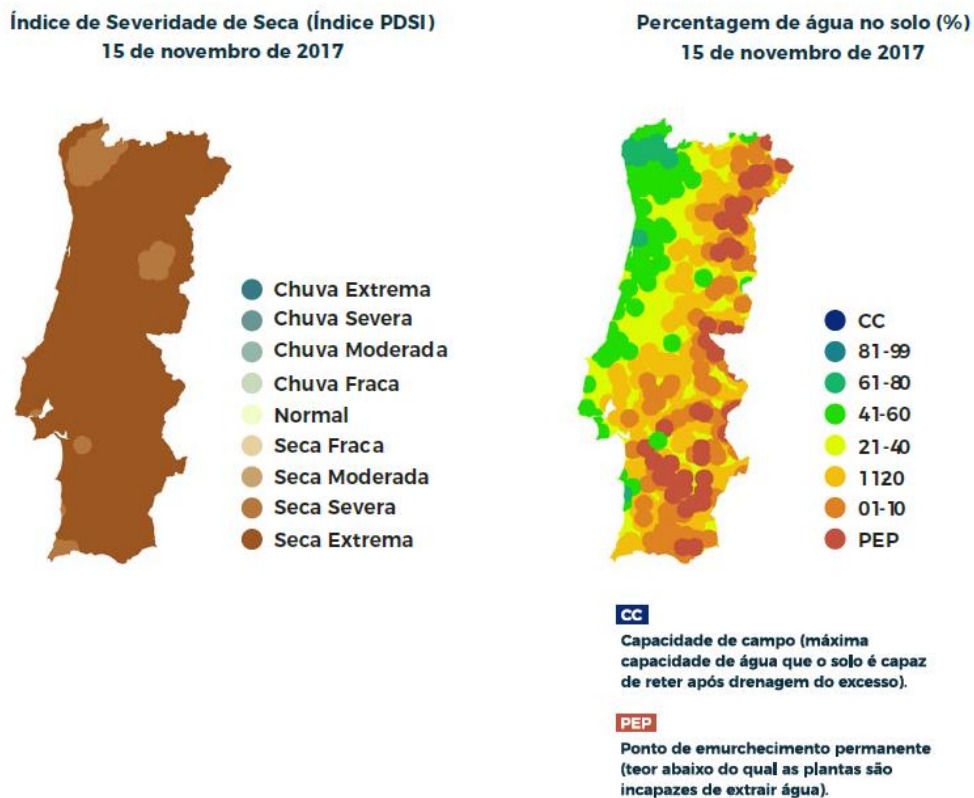


Figura 2.1: Índice de severidade de seca e percentagem de água no solo (Aqua eXperience, www.aquaexperience.pt).

Neste seguimento, em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) é mencionado que há dois possíveis impactos das mudanças climáticas que se podem relacionar diretamente com as instalações prediais de abastecimento de água e drenagem:

- O aumento da intensidade das precipitações;
- As ondas de calor extremas (considerando as suas consequências ao nível de uma possível escassez de água).

Na **Tabela 2.1** resumem-se as principais medidas que é possível adotar nestas instalações, com o objetivo de promover a adaptação e o aumento da resiliência dos edifícios face às alterações climáticas.

Tabela 2.1: Medidas a adotar para promover a adaptação e o aumento da resiliência dos edifícios face às alterações climáticas (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017).

Tipo de impacto das alterações climáticas	Medidas as adotar para promover a adaptação e o aumento da resiliência no edifício	
Aumento da intensidade de chuvas fortes	Revisão das regras de dimensionamento, com integração de novos dados meteorológicos ou coeficientes de segurança mais elevados	Revisão do dimensionamento da drenagem pluvial, especialmente tubos de queda e coletores prediais (em sistemas gravíticos) e da análise da necessidade de novas descargas de emergência (em especial em sistemas de drenagem sifónica) Instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (se possível)
Ondas de calor extremas (escassez de água)	Revisão das regras de dimensionamento, considerando maiores capacidades para os reservatórios prediais (quando existam) Instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva e/ou de águas cinzentas Aplicação de dispositivos eficientes (de preferência obrigatório)	Realização de auditorias de eficiência hídrica Instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva e/ou de águas cinzentas (se possível) Substituição dos dispositivos instalados por outros mais eficientes ou aplicação de redutores de caudal ou de volume

Relativamente ao aumento da intensidade das precipitações, será necessário ajustar os padrões de dimensionamento da drenagem pluvial em novos edifícios e reavaliar os sistemas de drenagem nos sistemas existentes. Em relação às ondas de calor extremas e ao risco inerente de escassez de água, é também necessário o ajuste das normas de projeto, em especial no que diz respeito ao dimensionamento de reservatórios prediais, quando existem, e ao aumento da eficiência no uso de água nos edifícios. Assim, o

aproveitamento de águas pluviais deve ser promovido, como contributo para o aumento da resiliência.

2.2. O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) é um instrumento de política nacional, cujo principal objetivo é promover o Uso Eficiente da Água em Portugal, no período 2012-2020, no que refere aos setores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país (APA, 2012).

Desta forma, no PNUEA são definidos objetivos estratégicos e específicos para os três setores, destacando-se, como objetivo estratégico para o setor urbano, a redução das perdas de água nos sistemas de abastecimento (APA, 2012). Como objetivos específicos referem-se, a título de exemplo:

- “Garantir uma dinâmica de sucesso na implementação do uso eficiente da água, dirigindo os maiores esforços para os sistemas públicos, (não domésticos), e para as maiores concentrações humanas onde os custos não são suportados diretamente pelos utilizadores da água (p.e: **escolas**; centros comerciais; estações de serviço; hospitais; repartições e serviços da administração pública; hotéis; instalações desportivas: ginásios, piscinas, estádios; aeroportos; terminais rodo e ferroviários; escritórios; restaurantes; lavandarias);
- Reduzir ao mínimo o uso da água potável em atividades que possam ter o mesmo desempenho com águas de qualidade alternativa e de outras origens que não a rede pública de água potável, promovendo a utilização de água da chuva e a eventual reutilização de águas residuais tratadas;
- Promover a utilização de equipamentos normalizados e certificados para o uso eficiente da água, incentivando a sua produção e comercialização” (p. 21).

De referir que, no ano 2000 as estimativas apontavam para um desperdício no uso de água em cada setor abrangido pelo PNUEA de: 40% no setor agrícola; 30% na industrial e 40%

no urbano (APA, 2012). No entanto, foram estabelecidas metas com o objetivo de se alcançar uma eficiência de uso de 80%, 65% e 85% para os setores urbano, agrícola e industrial.

Importa mencionar que, para um consumo total anual estimado em 4 255 000 000 m³/ano as metas do PNUEA correspondem a uma poupança total de água superior a 100 000 000 m³/ano (APA, 2012).

Desta forma, a implementação do PNUEA baseia-se na concretização de um conjunto de medidas destinado a aumentar a eficiência no uso da água nos setores urbano (**50 medidas**), agrícola (**23 medidas**) e industrial (**14 medidas**), as quais preveem **a redução de perdas nos sistemas de condução de água e a redução dos consumos através da adequação tecnológica e adequação de comportamentos** (APA, 2012). A maioria das medidas requer implementação em situação hídrica normal, prevendo-se também um conjunto de medidas para ser intensificado, ou implementado, durante períodos de escassez hídrica e seca (APA, 2012).

Para a implementação das medidas definidas no PNUEA, este programa foi estruturado em diferentes áreas programáticas, nomeadamente:

- Medição e reconversão de equipamentos de utilização da água;
- Sensibilização, informação e educação;
- Documentação, formação e apoio técnico;
- Regulamentação técnica, normalização, rotulagem e certificação.

Neste sentido, as áreas programáticas estabelecidas, complementares entre si, visam a reconversão tecnológica e a adequação de comportamentos necessárias à melhoria da eficiência do uso da água (APA, 2012).

2.3. Certificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos. Redução de consumos

De uma maneira geral, a rotulagem da eficiência hídrica de produtos tem sido implementada em diversos países de forma voluntária. A ANQIP, caminhando de

encontro aos objetivos definidos no PNUEA, criou um sistema de **certificação e rotulagem de eficiência hídrica** para produtos comercializados em Portugal, embora os seus rótulos possam ser considerados e aceites noutros países (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017). A ANQIP optou também por um modelo voluntário, representando-se, na **Figura 2.2**, o rótulo ANQIP e na **Figura 2.3** os rótulos genéricos que foram adotados (Pimentel-Rodrigues, 2008).



Figura 2.2: Rótulo ANQIP (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017; ANQIP, www.anqip.pt).



Figura 2.3: Exemplos de rótulos de eficiência hídrica adotados em Portugal pelas empresas associadas da ANQIP (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017; Pimentel-Rodrigues, 2008; ANQIP, www.anqip.pt).

Assim, tendo em atenção o conforto das utilizações, aspetos de saúde pública e a performance das redes prediais, a eficiência considerada ideal, corresponde à **letra A**, utilizando-se também uma indicação gráfica por gotas, para melhor compreensão do símbolo, bem como uma pequena barra lateral indicativa.

A existência das classificações A^+ e A^{++} tem em vista os produtos com eficiência muito elevada, mas com condicionantes de instalação ou de utilização, sendo, nestes casos, os rótulos gerais complementados com informações especiais, de acordo com a ETA

(Especificação Técnica ANQIP) específica de cada produto (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Então, o sistema é assim baseado em ETA desenvolvidas por Comissões Técnicas da ANQIP para os diversos produtos, estabelecendo os necessários valores de referência para atribuição a cada uma das letras e também as condições de realização dos ensaios.

As condições de adoção do sistema apresentam-se descritas na Especificação Técnica ANQIP **ETA 0802** – Regulamento do Sistema Voluntário ANQIP de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Produtos (ANQIP, ETA 0802, 2015). No âmbito do referido sistema, entende-se por produto tipo cada uma das seguintes categorias:

- Autoclismos;
- Chuveiros e sistemas de duche;
- Torneiras (exceto duche) e fluxómetros;
- Outros dispositivos não especificados nos itens anteriores.

Importa mencionar que, a certificação e a autorização de rotulagem têm uma validade de 5 anos, sendo as características e condições de utilização dos rótulos definidas na Especificação Técnica ANQIP **ETA 0803** – Rótulos de eficiência hídrica de produtos (ANQIP, ETA 0803, 2015).

A ANQIP mantém um registo, que publicita, com todos os produtos certificados, a respetiva categoria de rotulagem e a validade da certificação. Também periodicamente, edita um catálogo digital, disponível no *site* (ANQIP, www.anqip.pt).

A ANQIP desenvolveu, entre outras, as seguintes especificações técnicas, aplicáveis ao presente caso de estudo, no âmbito da certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos, como referido em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017):

- **ETA 0808** – Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros de mictórios (ANQIP, ETA 0808, 2015);
- **ETA 0809** – Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros de mictórios (ANQIP, ETA 0809, 2015).

2.3.1. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica de torneiras

As torneiras são o dispositivo de utilização mais comum, quer em habitações quer em instalações coletivas (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017). A frequência de uso, de difícil quantificação e com grande variação temporal e espacial, é bastante elevada. Esta variação também se verifica em termos de duração da utilização, a qual pode variar entre poucos segundos até vários minutos.

A Especificação Técnica ANQIP **ETA 0808** (ANQIP, ETA 0808, 2015) estabelece as condições para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros. Assim, são considerados no âmbito da referida Especificação os seguintes dispositivos:

- Torneiras de lavatório;
- Torneiras de cozinha;
- Fluxómetros de mictórios.

A atribuição de autorização de rotulagem a um determinado produto é feita de acordo com as categorias estabelecidas na **Tabela 2.2**, para torneiras de lavatório, e na **Tabela 2.3**, para torneiras de cozinha.

Tabela 2.2: Categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de torneiras de lavatório (ANQIP, ETA 0808, 2015; ANQIP, ETA 0809, 2015).

Caudal (L/min)	Torneiras de lavatório	Torneiras de lavatório com “eco-stop” ou arejador ^(a)	Torneiras de lavatório com “eco-stop” e arejador ^(a)
$Q \leq 2,0$	A ⁺	A ⁺⁺ ^(b)	A ⁺⁺ ^(b)
$2,0 \leq Q \leq 4,0$	A	A ⁺	A ⁺⁺
$4,0 \leq Q \leq 6,0$	B	A	A ⁺
$6,0 \leq Q \leq 9,0$	C	B	A
$9,0 \leq Q \leq 12,0$	D	C	B
$12,0 < Q$	E	D	C

^(a) Entende-se por arejador uma ponteira que, através de emulsão de ar, permita uma utilização cómoda da torneira com baixo caudal. A utilização de ponteira pulverizadora (*spray*) ou de fluxo laminado, considera-se equivalente ao arejador;

^(b) Não se considera de interesse a utilização de “eco-stop” nestes casos (ANQIP, ETA 0808, 2015).

Tabela 2.3: Categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de torneiras de cozinha (ANQIP, ETA 0808, 2015; ANQIP, ETA 0809, 2015).

Caudal (L/min)	Torneiras de cozinha	Torneiras de cozinha com “eco-stop” ou arejador ^(a)	Torneiras de cozinha com “eco-stop” e arejador ^(a)
$Q \leq 4,0$	A ⁺	A ⁺⁺ ^(b)	A ⁺⁺ ^(b)
$4,0 \leq Q \leq 6,0$	A	A ⁺	A ⁺⁺
$6,0 \leq Q \leq 9,0$	B	A	A ⁺
$9,0 \leq Q \leq 12,0$	C	B	A
$12,0 \leq Q \leq 15,0$	D	C	B
$15,0 < Q$	E	D	C

^(a) Entende-se por arejador uma ponteira que, através de emulsão de ar, permita uma utilização cómoda da torneira com baixo caudal. A utilização de ponteira pulverizadora (*spray*) ou de fluxo laminado, considera-se equivalente ao arejador;

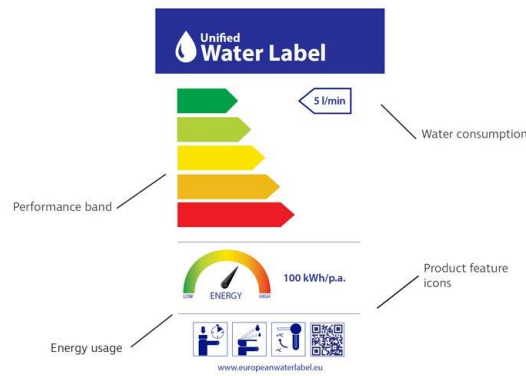
^(b) Não se considera de interesse a utilização de “eco-stop” nestes casos (ANQIP, ETA 0808, 2015).

Os rótulos A e A⁺ aplicáveis a torneiras com caudal igual ou inferior a 4,0 L/min, no caso de torneiras de lavatório, ou 6,0 L/min, no caso de torneiras de cozinha, deverão ter associada a indicação “Recomendável a utilização com arejador” (ANQIP, ETA 0808, 2015).

Em relação aos fluxómetros de mictório, o modelo implementado considera que a utilização ideal (letra A) é aquela que tem um volume de descarga entre 2,0 e 4,0 litros. Os rótulos A⁺ e A⁺⁺ aplicáveis a fluxómetros de mictórios deverão ter associada a indicação “Válido apenas para mictórios cuja performance seja garantida com estes volumes de descarga” (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017).

2.3.2. Outros sistemas de rotulagem

O rótulo ANQIP foi lançado em 2008 na Europa, tendo em conta o risco de escassez de água em Portugal e as recomendações do PNUEA (APA, 2012). Contudo, o sistema de rotulagem mais generalizado na Europa, é o Water Label (**Figura 2.4**), que é baseado apenas no caudal (ou volume) e não inclui redutores de caudal (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2014). É um sistema de rotulagem voluntária concebido pela BMA (Bathroom Manufactures Association), e agrega mais de 6000 produtos (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017).



Water and energy at a glance

Figura 2.4: Exemplo de rótulo Water Label (Water Label, www.europeanwaterlabel.eu).

2.4. Recurso a origens alternativas: aproveitamento de águas pluviais

O aproveitamento da água da chuva é uma prática muito antiga e não se sabe ao certo quando teve início. No entanto, na antiga região de Moabe, perto de Israel, foi encontrada uma pedra datada de 830 a.C, construída em basalto negro e que tem gravada numa das faces a inscrição do rei Mesa dos Moabitas para os habitantes da cidade de Qarhoh: “*E não havia cisterna dentro da cidade de Qarhoh, por isso disse ao povo: Que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo na sua casa*” (Melo, 2014).

Em países como o Irão e o México, há mais de 3 mil anos que são usadas cisternas subterrâneas feitas de massa de cal e tijolos. No México são conhecidas por Chultuns e no Irão, por Abanbars (**Figura 2.5**). Estas cisternas tinham um diâmetro de cerca de 5 metros, com uma área de captação que variava de 100 a 200 m² (Oliveira, 2008).

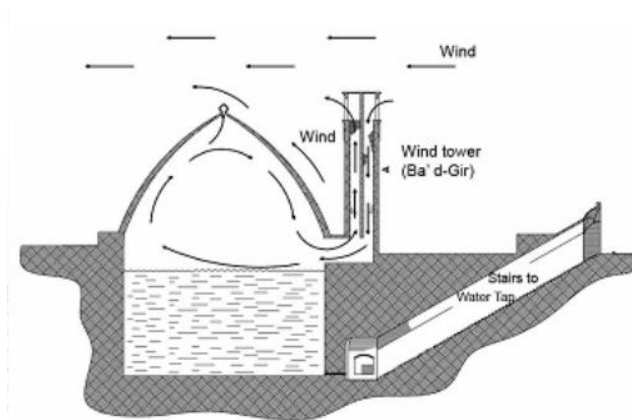


Figura 2.5: Secção da cisterna Abanbars (Saeidian, 2013)

No deserto da Judeia em Israel, sobre o mar morto existe uma fortaleza natural, onde é possível encontrar canais escavados em pedra calcária que captavam e conduziam a água pluvial para grandes reservatórios subterrâneos (Oliveira, 2008).

Em Portugal, muitos castelos têm cisternas de armazenamento de água pluvial, utilizada na altura para abastecer as populações em caso de escassez durante o cerco às muralhas por parte de inimigos (Melo, 2014).

O Castelo de Lamego é um exemplo disso, pois possui uma das melhores cisternas em castelos portugueses, situada nos extramuros da praça das armas, retangular e abobadada, com ogiva nervada sustentada por cintas apoiadas em pilares e tem cerca de 20 metros de comprimento por 10 metros de largura. Em novembro de 2013 sofreu obras requalificação e reabriu ao público (**Figura 2.6**).

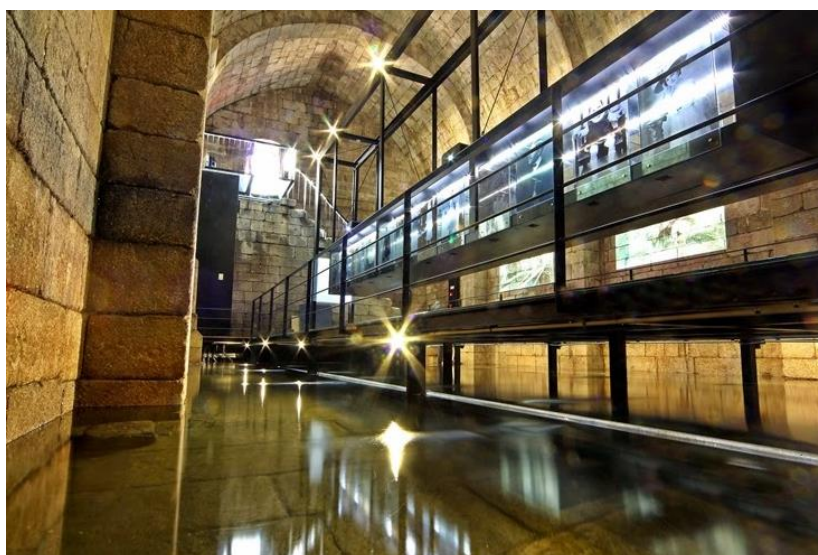


Figura 2.6: Cisterna do Castelo de Lamego (Município de Lamego, www.cm-lamego.pt).

Também a grande fortaleza e o convento dos Templários em Tomar têm dois reservatórios para armazenamento de água pluvial que foram construídos no ano de 1160 com capacidades de 215 m³ e 145 m³, respetivamente (Oliveira, 2008).

Na região do Algarve, a fraca precipitação levou ao longo dos anos à criação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para uso doméstico. Um dos sistemas era constituído por caleiras de telha ao longo das fachadas e sob os beirados, sendo a água recolhida das suas vertentes ou dos seus terraços e conduzida para cisternas.

Outra solução eram os eirados (**Figura 2.7-(a)** e **(b)**), que no caso da água recolhida não ser suficiente, trata-se de um vasto terreiro, ao nível do terreno, revestido com ladrilhos e com declives para encaminhar a água pluvial para um pequeno orifício, que comunica com o interior da cisterna, de onde era então tirada por meio de uma boca semelhante à dos poços (Melo, 2014).



(a)



(b)

Figura 2.7: Exemplo de eirado: Nos anos 70 ainda sem remodelações (a); Atualmente, recuperado e em funcionamento (b) (Casa do Eirado, www.casadoeirado.com).

Também nos Açores, e devido à carência de águas nas ilhas de Santa Maria, Terceira, Graciosa, S. Jorge, Pico, Faial e Corvo, as casas tradicionais têm sistemas de aproveitamento de águas pluviais, como se pode ver nas **Figuras 2.8-(a)** a **(c)**.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.8: Exemplo de cisternas nos Açores: Cisterna – Santa Bárbara, Terceira (a); Cisterna dissociada, Ribeirinha (b); Cisterna circular, Pico (c) (Oliveira, 2008).

De acordo com Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), os sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) em edifícios têm conhecido um grande desenvolvimento em diversos países, destacando-se o Brasil e a Alemanha, não só por razões de uso racional da água, mas também como contributo para a redução dos picos de cheia em períodos de precipitação (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Também os estudos de Agatón, Ruiz e Sayago (2016) e Cruz (2016) mencionam o aproveitamento da água da chuva como fundamental para o desenvolvimento sustentável.

O aproveitamento de água da chuva, nos países Mediterrânicos, sempre foi uma prática tradicional e com soluções de tecnologia simples. Todavia, o crescente desenvolvimento dos sistemas públicos de abastecimento de água levou, no último século, a um progressivo abandono destas soluções, perdendo-se em grande parte os saberes tradicionais que as suportavam. Contudo, os cenários de escassez e de *stress* hídrico, para além das preocupações de sustentabilidade, têm vindo a suscitar um interesse crescente pela reinvenção destes sistemas, baseados em tecnologias recentes, mais económicas e seguras (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Neste sentido, a utilização de água da chuva em edifícios foi objeto em 2009 do desenvolvimento de uma Especificação Técnica por parte da ANQIP, a **ETA 0701** (ANQIP ETA, 0701, 2015). A Especificação recomenda a Certificação destas instalações por razões de garantia de qualidade técnica e de saúde pública, dado não existirem ainda normas ou regulamentos aplicáveis em Portugal (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2012). As condições para a certificação dos SAAP são estabelecidas na Especificação Técnica ANQIP **ETA 0702** (ANQIP ETA, 0702, 2015).

A certificação de um SAAP pela ANQIP exige o cumprimento dos seguintes pontos:

- Certificação do Projeto;
- Intervenção de um instalador Certificado;
- Certificação da Instalação.

Segundo Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), no que se refere ao dimensionamento do reservatório, e face às longas estiagens que caracterizam o clima mediterrânico, é geralmente importante prolongar o período de armazenamento, em particular quando a água pluvial é utilizada para fins de rega de zonas verdes. Um aspeto a que foi dedicada particular atenção na elaboração da ETA 0701 foi a necessidade de desviar o escoamento inicial (*first flush*), porque as prolongadas estiagens podem agravar os problemas de poluição das primeiras águas.

Assim, para verificar a qualidade da água em armazenamentos prolongados, a ANQIP desenvolveu uma monitorização de controlo da qualidade da água numa instalação piloto

(o edifício sede da Ordem dos Engenheiros, em Coimbra), onde a água pluvial é utilizada para rega de jardins, tendo analisado ao longo de várias semanas os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos essenciais (incluindo a *Legionella*) no reservatório e nas utilizações (à saída dos aspersores) (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2012), que são os locais mais críticos na instalação. Em resultado desse estudo, a ANQIP admitiu na ETA 0701 a possibilidade de um **período máximo de armazenamento de três meses**, significativamente superior ao estabelecido noutras normas estrangeiras. Este período é viável no contexto do clima mediterrânico e pode contribuir para o incremento deste tipo de instalações (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Interessa referir que, os estudos de pluviosidade deverão recorrer a dados de fontes oficiais, como o IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) ou o SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos). **Face às características do clima Mediterrânico e à grande variabilidade dos valores diários de precipitação, agravada pelas alterações climáticas, é recomendado que o dimensionamento das cisternas dos SAAP seja feito em Portugal com base em precipitações médias mensais** (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Seguidamente, para o cálculo da capacidade hidráulica da filtragem, deverão ser utilizados valores de intensidades máximas. 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. Não se devem considerar como superfícies de recolha aquelas que estejam em contacto periódico com fontes poluidoras (ANQIP ETA, 0701, 2015).

De acordo com Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), face às prolongadas estiagens de Verão que caracterizam o clima em Portugal, é recomendado que seja ponderado o desvio das primeiras águas (*first flush*) em função da qualidade necessária nas utilizações finais, instalando um dispositivo para desvio desse escoamento inicial, de preferência com funcionamento automático. No caso de sistemas não automatizados são considerados em regra “critérios de volume” para o dimensionamento do sistema de desvio, enquanto que no caso de sistemas automatizados são mais adequados os “critérios de tempo”.

No caso de se adotarem sistemas de desvio não automáticos (volumétricos), o volume das primeiras águas a desviar pode ser determinado com base na área da superfície de recolha e numa altura de precipitação pré-estabelecida, que pode variar entre 0 e 8 mm, conforme as condições locais, as utilizações e os intervalos entre precipitações. Na ausência de dados ou de estudos das condições locais, é recomendado que seja feito o desvio de um volume mínimo correspondente a 2 mm de precipitação (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

O volume a desviar será dado pela expressão (ANQIP ETA, 0701, 2015):

$$V_d = P \cdot A \quad (2.1)$$

onde:

V_d : Volume a desviar do sistema (litros); P : Altura da precipitação a desviar (mm); A : Área de captação (m^2).

De referir que, quando o desvio do escoamento inicial for feito de forma automática, através de unidades de controlo, pode adotar-se um critério de tempo, em alternativa ao critério de volume. Quando se opte pelo critério de tempo, deve ser desviado, após estiagens prolongadas, um volume mínimo correspondente aos primeiros 10 minutos de precipitação, podendo adotar-se valores mais baixos em função do intervalo entre precipitações (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

O volume de água da chuva a aproveitar num determinado período pode ser determinado pela expressão:

$$V_a = C \cdot P \cdot A \cdot \eta_f \quad (2.2)$$

onde:

V_a : 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^2); η_f : Eficiência hidráulica da filtragem.

O valor de C varia com a altura de precipitação, recomendando-se, para coberturas impermeáveis correntes, o valor de $0,8^1$. Em filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica (η_f) de $0,9$, podendo, no entanto, as suas características recomendar a adoção de outro valor (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

O valor de C varia significativamente com a altura de precipitação. Quando o dimensionamento da cisterna for feito com base nas **pluviosidades médias mensais**, recomenda-se que sejam adotados os valores de C indicados na **Tabela 2.4**.

Tabela 2.4: Valores recomendados para o coeficiente de escoamento C (ANQIP, ETA 0701, 2015).

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.)	0,70 – 0,90	0,70 – 0,90
Coberturas verdes intensivas, sem rega (espessura e > 150 mm)	De acordo com estudo experimental	$\leq 0,30$
Coberturas verdes extensivas, sem rega (espessura e ≤ 150 mm)	De acordo com estudo experimental	$\leq 0,50$

De facto, as águas da chuva provenientes da descarga de superfície (excesso de água), das primeiras águas e do filtro podem ser lançadas na rede de águas pluviais, infiltradas ou lançadas em linha de água natural, desde que não exista a possibilidade de contaminação (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

No dimensionamento do reservatório, devem ser considerados períodos ideais de reserva da água na cisterna entre **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. Nos edifícios residenciais, administrativos, comerciais, de serviços ou industriais, de pequena ou média dimensão e com uma estrutura de consumos

¹ Em teoria, o valor a considerar poderia ser a unidade em coberturas impermeáveis. Contudo, para ter em atenção as retenções e evaporações iniciais, bem como o *first-flush* a desviar, recomenda-se uma redução de 20%. No entanto, como o valor da água não aproveitada não depende da altura de precipitação, para alturas de precipitação elevadas, pode adotar-se um coeficiente C de valor mais elevado (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

relativamente uniforme ao longo do tempo, a cisterna pode ser pré-dimensionada através de métodos simplificados (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Para um pré-dimensionamento ou para um dimensionamento simplificado da cisterna, é proposta a aplicação da expressão (2.3):

$$V = \text{Min}\{V_1 \text{ ou } V_2\} \quad (2.3)$$

com:

$$V_1 = 0,0015 P \cdot A \cdot N \quad (2.4)$$

$$V_2 = 0,003 (U \cdot C_{AE}) N \quad (2.5)$$

sendo:

V_1 : Volume aproveitável (litros); P : Pluviosidade média anual no local da instalação (mm); 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 as condições de armazenamento sejam adequadas); V_2 : Volume consumido (litros); U : Número de habitantes, utentes ou operários; C_{AE} : Consumo anual estimado (litros), tendo em atenção o número de utentes do edifício.

Um **dimensionamento mais rigoroso** (não simplificado) é recomendável (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017):

- Em sistemas de grande dimensão;
- Quando a estrutura de consumos não é uniforme ao longo do tempo (situação que pode ser relevante, por exemplo, quando se considera a rega de espaços verdes ou ocupações sazonais);
- Quando se pretende verificar o funcionamento e as necessidades de suprimento de uma cisterna pré-dimensionada por métodos simplificados;
- Quando se pretende otimizar o volume da cisterna, tendo em atenção suprimentos.

De mencionar que, os **métodos de dimensionamento** baseiam-se, geralmente, em **métodos tradicionais de determinação de volumes de reservatórios através de diferenças mensais**, exigindo o conhecimento das precipitações locais e do diagrama de consumos (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017). Estes autores sugerem um **mapa**

auxiliar de cálculo que pode ser adotado para efeitos de **dimensionamento do sistema**, permitindo a determinação das necessidades de suprimento face ao volume adotado para a cisterna.

Portilla et al. (2018) utilizaram essa mapa para avaliarem a eficiência hídrica em edifícios não residenciais, tendo como caso de estudo edifícios universitários em Quito, Equador.

O dimensionamento das tubagens de abastecimento da rede de água não potável deve ser feito de forma semelhante ao dimensionamento da rede potável e para idênticos níveis de conforto. As redes de água não potável, incluindo elementos acessórios, devem ser diferenciadas das redes de água potável. Sugere-se a utilização de tubagem de **cor púrpura** ou de fita adesiva colorida, de preferência com texto “Água não potável”, “Água da chuva” ou outro equivalente, devendo ser controlado periodicamente o estado de conservação destas marcas e avisos (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Os dispositivos de rega ou lavagem, interiores ou exteriores, devem ser sinalizados com advertências análogas às referidas, acompanhadas de simbologia adequada, como a apresentada na **Figura 2.9**. É recomendado que as torneiras de lavagem ou rega sejam dotadas de manípulos amovíveis (chave de segurança), para evitar usos inadequados (ANQIP ETA, 0701, 2015).



Figura 2.9: Modelo de aviso a colocar junto de dispositivos alimentados pelo SAAP² (ANQIP ETA, 0701, 2015).

² Cores recomendadas: vermelho (RAL 3000), púrpura (RAL 3004) ou cores intermédias (RAL 3001 a RAL 3003). Dimensões recomendadas: 10 cm × 15 cm, admitindo-se dimensões inferiores quando justificado pelo espaço disponível.

O espaço por baixo da frase “Não beber” pode ser aproveitado para colocação do nome ou logotipo do fornecedor do equipamento e/ou instalador.

Assim, a água da chuva pode ter, entre outros, os seguintes usos:

- Descargas em bacias de retrete;
- Lavagem em máquinas de lavar roupa;
- Lavagem de pavimentos, automóveis, entre outros;
- Rega de zonas verdes;
- Outros usos (torres de arrefecimento, redes de incêndio, AVAC, entre outros).

Os SAAP, se forem realizados de acordo com a Especificação Técnica ANQIP 0701 (ANQIP ETA, 0701, 2015), proporcionam tratamentos básicos de filtração (no filtro de montante) e de sedimentação (na cisterna). Podem ocorrer na cisterna processos de precipitação e/ou decomposição biológica, com efeito geralmente favorável na qualidade da água.

Para utilizações com eventual contacto humano, como a rega de zonas verdes, lavagem de pavimentos e descargas de autoclismos, a água da chuva pode não precisar de qualquer tratamento complementar, desde que observadas as prescrições da ETA 0701 (ANQIP ETA, 0701, 2015). No entanto, recomenda-se que a água respeite, no mínimo, as normas de qualidade aplicáveis a águas balneares. **No caso das descargas de autoclismos, é recomendado ainda que seja colocado um aviso aconselhando o fechamento do tampo antes da descarga.**

De uma forma geral, os SAAP devem ser dotados de um sistema suplementar de abastecimento de água, para que o seu funcionamento contínuo seja assegurado mesmo em alturas de défice de precipitação para as utilizações previstas. O suprimento de água deve poder ser realizado sem que seja interrompido o abastecimento da rede não potável, recomendando-se a instalação de sistemas que façam, de forma automática e segura, a gestão e a comutação das fontes de abastecimento (ANQIP ETA, 0701, 2015).

Independentemente das intervenções excecionais de reparação e na ausência de condições que recomendem intervenções em períodos mais curtos, a manutenção do SAAP deverá realizar-se de acordo com as frequências mínimas indicadas na **Tabela 2.5**. As operações semestrais de manutenção devem ter lugar, preferencialmente, no início e no fim da época das chuvas (ANQIP ETA, 0701, 2015).

Tabela 2.5: Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP (Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues, 2017; ANQIP, ETA 0701, 2015).

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

A **Figura 2.10** ilustra um exemplo esquemático de um SAAP (Ecodepur, www.ecodepur.pt).

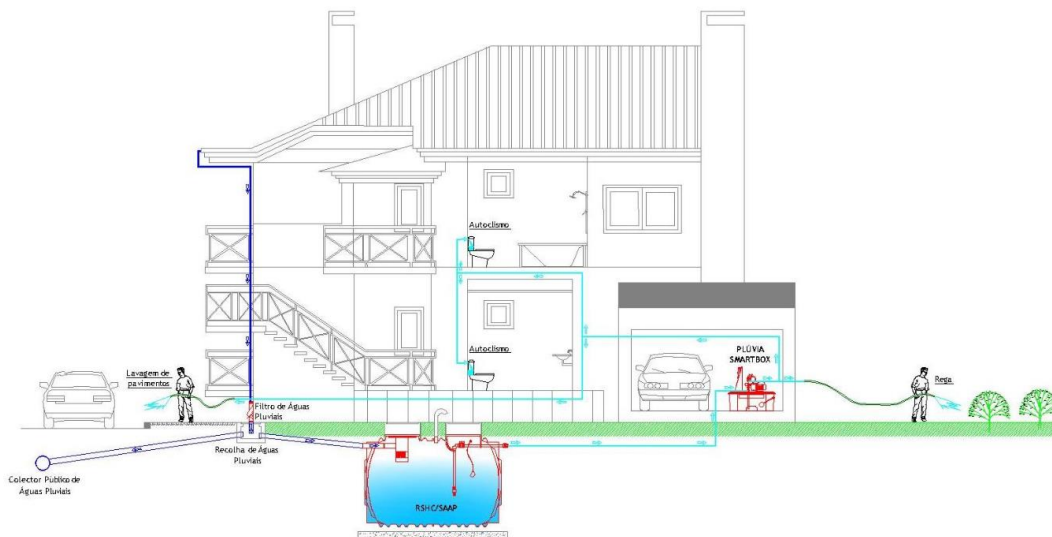


Figura 2.10: Exemplo esquemático de um SAAP (Ecodepur, www.ecodepur.pt).

No que respeita ao *nexus* água-energia nos sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios, Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) dizem que estes sistemas, ao

reduzirem o consumo de água potável nos edifícios, contribuem para a redução dos consumos energéticos nos sistemas públicos de abastecimento e drenagem. Apesar de os SAAP requererem um sistema de pressurização no edifício, o consumo de energia correspondente é igual a menor do que ao que ocorre quando a alimentação é feita a partir da rede pública.

2.5. Legislação em vigor para os sistemas prediais de água

Nos *Pontos 2.5.1* e *2.5.2*, serão referidas as regras de dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água e de drenagem de águas pluviais, em vigor em Portugal.

2.5.1. Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água

A constituição, instalação e dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água implica o conhecimento de algumas prescrições de carácter técnico-regulamentar, bem como de uma metodologia de cálculo adequada (Pedroso, 2016).

2.5.1.1. Caudais instantâneos e de cálculo

Os caudais instantâneos são os caudais necessários e suficientes que deverão chegar aos diferentes dispositivos de utilização, tendo em atenção as suas características particulares. Os caudais instantâneos mínimos a adotar no dimensionamento dos sistemas de distribuição deverão ser os apresentados no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto e em Pedroso (2016), com exceção dos casos em que os fabricantes dos respetivos dispositivos recomendem caudais de valor superior àqueles.

A título de exemplo, para o caso do dispositivo **Autoclismo de bacia de retrete (Br)**, o caudal mínimo a adotar é **0,10 L/s**.

Os caudais de cálculo traduzem-se pelo somatório dos caudais instantâneos (caudais de cálculo), afetado de um coeficiente, que expressa a probabilidade dessa ocorrência, e que se designa por coeficiente de simultaneidade (Pedroso, 2016):

$$Q_c = x \cdot Q_a \quad (2.6)$$

em que:

Q_c : Caudal de cálculo (L/s); x : Coeficiente de simultaneidade; Q_a : Caudal acumulado (L/s).

Tendo como base a regulamentação aplicável, os coeficientes de simultaneidade poderão ser obtidos por via analítica ou gráfica (resultante de dados estatísticos). O Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto apresenta uma curva (Figura 2.11) que, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade, permite a obtenção direta dos caudais de cálculo a partir do caudal acumulado (somatório dos caudais instantâneos), considerando um nível de conforto médio. Esta legislação apresenta ainda duas outras curvas que se aplicam a níveis de conforto elevado e mínimo, tendo em conta os níveis de desempenho pretendidos para o sistema considerado.

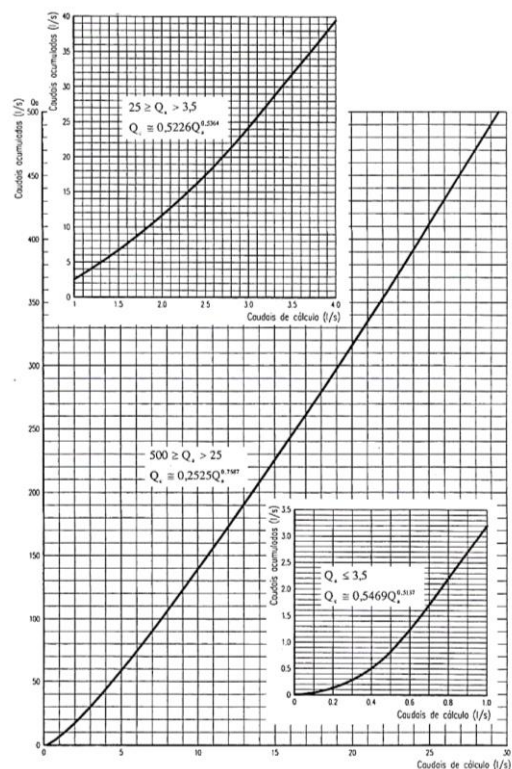


Figura 2.11: Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto médio) (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).

2.5.1.2. Tubagens, pressões de serviço, velocidades de escoamento, diâmetros e perdas de carga

O dimensionamento das tubagens é feito em função do caudal de água a assegurar nos dispositivos de utilização, do seu dimensionamento, da altura de distribuição, da pressão mínima a assegurar nos dispositivos e do material constituinte das tubagens (Pedroso, 2016).

As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa. O Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto recomenda que, por razões de conforto e durabilidade das tubagens, aquelas pressões oscilem entre 150 kPa e 300 kPa.

As velocidades de escoamento deverão variar entre 0,5 m/s e 2,0 m/s, também por razões de conforto e durabilidade das tubagens, dado que a maioria dos ruídos nas canalizações se devem a velocidades de escoamento do fluido elevadas, as quais dão lugar à produção de vibrações.

A determinação dos diâmetros e perdas de carga contínuas das tubagens, resultantes fundamentalmente das características do fluido, neste caso da água, e das paredes das tubagens, poderá ser feita através da Equação da Continuidade (2.7) e da fórmula de Manning-Strickler (2.8) (Pedroso, 2016; Marques & Sousa, 2011).

$$Q = v \cdot s \quad (2.7)$$

em que:

Q : Caudal (m³/s); v : Velocidade de escoamento (m/s); s : Secção de passagem do fluido escoado (m²).

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (2.8)$$

em que:

Q : Caudal (m³/s); K_s : Rugosidade da tubagem (m^{1/3}/s); A : Secção de passagem ocupada pelo fluido (m²); R_h : Raio hidráulico (m); J : Perda de carga unitária (m/m).

Segundo Pedroso (2016), para além das perdas de carga ocorridas ao longo das tubagens, existem outras provocadas pelas singularidades existentes (por exemplo, válvulas, joelhos, entre outras). A perda de carga de percurso das tubagens deverá ser acrescida

com as perdas de carga referentes a cada uma das singularidades existentes. Um incremento de 20% às perdas de carga de percurso é um valor que, para casos correntes, traduz a incidência de perdas de carga provocadas pelas singularidades existentes nas tubagens. Nos casos em que se verifique ser a incidência de singularidades demasiado significativa, face às dimensões da rede, os valores das perdas de carga localizadas poderão ser determinados pelo Método dos Comprimentos Equivalentes, o qual se baseia no princípio de que cada singularidade provoca perda de carga igual à que produziria um determinado comprimento de tubagem com o mesmo diâmetro.

Assim, conhecidas as perdas de carga totais no troço de tubagem que conduz a água da rede pública até ao ponto x considerado, a pressão disponível nesse ponto obtém-se através da expressão (2.9) (Pedroso, 2016):

$$P_x = P_d - Z_n - \Delta H_T \quad (2.9)$$

em que:

P_x : Pressão disponível no ponto considerado (m.c.a.); P_d : Pressão disponível na rede pública de distribuição, à entrada do edifício (m.c.a.); Z_n : Diferença de cota entre o ponto x e a rede pública de distribuição (m); ΔH_T : Perdas de carga totais (m.c.a.).

2.5.1.3. Dimensionamento de bombas

Quando as condições de pressão e de caudal na rede pública de distribuição não assegurarem um correto desempenho funcional dos dispositivos de utilização instalados nas edificações, ter-se-á de recorrer à utilização de meios que possibilitem a obtenção dessas mesmas condições (Pedroso, 2016). A correção deste tipo de deficiências na distribuição predial de água é feita pelo uso nos edifícios de instalações elevatórias e sobressoras.

Assim, a potência de uma bomba tem de ser superior à que esta cede ao escoamento, devido às perdas nas transformações de energia em presença (Pedroso, 2016). Seja H_e a carga à entrada na bomba, a qual traduz o trabalho exterior fornecido pelo motor, H_s a carga à saída da bomba, a qual traduz o ganho energético do líquido na sua passagem pela bomba, e η o rendimento da bomba, o qual traduz a relação entre a potência ganha e a do motor e assume sempre valores inferiores à unidade.

Tem-se assim que a diferença entre H_s e H_e corresponderá ao ganho de pressão que o líquido sofrerá na sua passagem pela bomba, o qual irá ser representado por H_{TOTAL} , donde a potência da bomba será expressa por (2.10):

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{TOTAL}}{\eta} \quad (2.10)$$

em que:

P : Potência (W); γ : Peso volúmico (N/m³); Q : Caudal bombeado (m³/s); H_{TOTAL} : Altura total (m); η : Rendimento da bomba.

A altura manométrica representa o ganho de pressão que o líquido sofre na sua passagem pela bomba. O elemento de bombagem terá, pois, de fornecer ao líquido, para que este possa executar o trabalho referente ao deslocamento do seu peso entre duas posições definidas, a energia que lhe possibilite transpor as resistências que se opõem a esse deslocamento (Pedroso, 2016).

Calculam-se assim, a **altura manométrica de aspiração (2.11)**, a qual corresponde à diferença entre a altura que representa a pressão atmosférica e a pressão à entrada da bomba e a **altura manométrica de compressão (2.13)**, a qual corresponde à diferença entre a altura representativa da pressão à saída da bomba e a representativa da pressão atmosférica (Pedroso, 2016):

$$H_a = Z_a + \frac{v^2}{2g} + \Delta H_a \quad (2.11)$$

em que:

H_a : Altura manométrica de aspiração (m); Z_a : Desnível geométrico entre a superfície do líquido e a entrada na bomba (m); v : Velocidade do líquido à entrada na bomba (m/s); ΔH_a : Perda de carga na tubagem de aspiração (m).

Na prática, normalmente despreza-se a parcela $v^2/2g$, devido à sua fraca influência no resultado final.

$$H_c = Z_c + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \Delta H_c \quad (2.12)$$

em que:

H_c : Altura manométrica de compressão (m); Z_c : Desnível geométrico entre a saída da bomba e a saída do troço de compressão (m); v_1 : Velocidade do líquido à saída da bomba (m/s); v_2 : Velocidade do líquido à saída do troço de compressão (m/s); ΔH_c : Perda de carga na tubagem de compressão (m).

Se v_1 for igual a v_2 , virá:

$$H_c = Z_c + \Delta H_c \quad (2.13)$$

Por fim, através do somatório das alturas manométricas de aspiração e de compressão, obtém-se a altura manométrica total (2.14):

$$H = H_a + H_c \quad (2.14)$$

2.5.2. Dimensionamento de sistemas prediais de drenagem de águas pluviais

A constituição, instalação e dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água implica o conhecimento de algumas prescrições de carácter técnico-regulamentar, bem como de uma metodologia de cálculo adequada (Pedroso, 2016).

2.5.2.1. Caudais de cálculo

Os caudais de cálculo deverão ser obtidos com base em curvas de intensidade, duração, frequência (Pedroso, 2016), que fornecem os valores das médias das intensidades máximas de precipitação, para as diferentes regiões pluviométricas (**Figura 2.12**), adotando para o efeito um período de retorno mínimo de 5 anos, para uma duração de precipitação de 5 minutos (Regiões A, B e C – Precipitação: 1,75 L/min.m², 1,40 L/min.m² e 2,10 L/min.m², respetivamente).

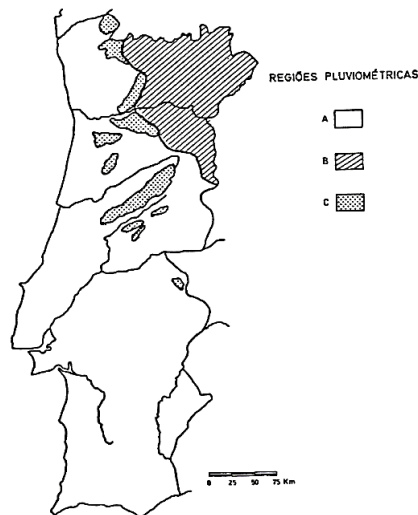


Figura 2.12: Regiões pluviométricas³ (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).

De referir que, as curvas são obtidas com base no tratamento estatístico de registos udográficos recolhidos para as diferentes regiões pluviométricas consideradas, através da expressão (2.15):

$$I = a \cdot t^b \quad (2.15)$$

em que:

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 por ajustamento das curvas aos valores dos registos. A **Tabela 2.6** refere os valores obtidos nos ajustamentos para períodos de retorno de 5 anos. Períodos de retorno de 10, 20, 50 e 100 são ainda mencionados no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto.

Tabela 2.6: Valores dos parâmetros a, b (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).

Período de retorno (anos)	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562

³ As regiões autónomas dos Açores e Madeira consideram-se como pertencentes à região pluviométrica referenciada por C.

Neste sentido, determinada a intensidade de precipitação, o caudal de cálculo é determinado de acordo com a expressão (2.16):

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (2.16)$$

em que:

Q : Caudal de cálculo (L/min); C : Coeficiente de escoamento; I : Intensidade de precipitação (L/min.m²); A : Área a drenar em projeção horizontal (m²).

2.5.1.2. Caleiras e algerozes, tubos de queda, coletores prediais e ramais de ligação

A altura da lâmina líquida no interior das caleiras e dos algerozes não deve ultrapassar 7/10 da altura da sua secção transversal, salvo se for assegurado que, em caso de transbordo, este não se dará para o interior do edifício. As inclinações das caleiras e algerozes deverão oscilar entre 2 e 15 mm/m, sendo recomendada a adoção de valores entre 5 e 10 mm/m. A secção das caleiras pode ser determinada recorrendo à expressão de (2.8) (substituindo J por i – inclinação (m/m)), ou através da tabela referida em Pedroso (2016).

O diâmetro dos tubos de queda não deverá ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais de descarga que para ele confluem, com um mínimo de 50 mm e deve preferencialmente ser constante ao longo de todo o seu desenvolvimento (Pedroso, 2016).

Para um escoamento normal, quando se processa em descarregador, o caudal escoado é dado pela expressão (2.17):

$$Q = \left(\alpha + \beta \frac{H}{D} \right) \pi \cdot D \cdot H \sqrt{2gH} \quad (2.17)$$

em que:

Q : Caudal escoado (m³/s); H : Carga no tubo de queda (m); D : Diâmetro interior do tubo de queda (m); g : Aceleração da gravidade (m/s²); $\alpha = 0,453$ (entrada em aresta viva no tubo de queda) ou 0,578 (entrada cónica no tubo de queda); $\beta = 0,350$.

A expressão (2.17) poderá ser utilizada para a determinação dos diâmetros dos tubos de queda sempre que:

- O tubo de queda tenha um comprimento $L \geq 0,04D$ (m) e entrada em aresta viva;
- O tubo de queda tenha um comprimento $L \geq 1$ m e entrada cónica;
- Sem quaisquer restrições, quando o tubo de queda não possua acessórios na base que introduzam sinuosidades.

Também pode ser obtido utilizando tabelas apresentadas em Pedroso (2016).

O diâmetro dos coletores prediais não deve ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações que para ele confluem, com um mínimo de 100 mm e as inclinações devem estar compreendidas entre 5 e 40 mm/m, sendo aconselhável não utilizar valores inferiores a 10 mm/m (Pedroso, 2016). Os coletores podem ser dimensionados para um escoamento a secção cheia. O diâmetro interior dos coletores prediais é calculado através da expressão (2.8), ou através da tabela apresentada em Pedroso (2016).

O diâmetro dos ramais de ligação prediais não deve ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações que para ele confluem, com um mínimo de 125 mm. As inclinações não deverão ser inferiores a 10 mm/m, sendo aconselhável que se situe entre 20 e 40 mm/m. Podem ser dimensionados para um escoamento a secção cheia, desde que o ramal se destine única e exclusivamente ao transporte de águas pluviais ou equiparadas. O diâmetro interior é calculado da mesma forma que os coletores prediais (Pedroso, 2016).

Capítulo 3

Material e Métodos

No presente capítulo apresenta-se uma descrição do CESMaria, e são apresentados os dispositivos de utilização e medições efetuadas. É ainda analisado o sistema de rega. Como potenciais soluções para redução do consumo de água potável no CESMaria, são propostas duas opções (Opção 1: *Substituição de dispositivos de utilização*; Opção 2: *Aproveitamento de águas pluviais*; Sistema de rega).

3.1. Descrição do Centro Escolar de Santa Maria

O CESMaria (**Figuras 3.1-(a)** a **(c)**) é um edifício do ano 2010, localizado na cidade de Bragança, pertence ao Agrupamento de Escolas Miguel Torga de Bragança e destina-se a alunos do Ensino Pré-Escolar e do 1.º Ciclo do Ensino Básico do concelho de Bragança.

É constituído por dois pisos (piso 0 e piso -1), com 10 salas de aula para 25 alunos cada, 4 salas para jardim de infância, 2 salas de apoio para alunos com necessidades educativas especiais, sala de educação visual e trabalhos manuais, ateliê de educação musical e expressão dramática, biblioteca, salão polivalente para convívio entre alunos, refeitório com copa de apoio, posto de primeiros socorros, 15 instalações sanitárias, sala de reunião e de convívio para professores, sala de atendimento aos pais e gabinete de trabalho para a coordenação do centro. Possui uma área verde de 2880 m², um parque de estacionamento e um parque infantil.

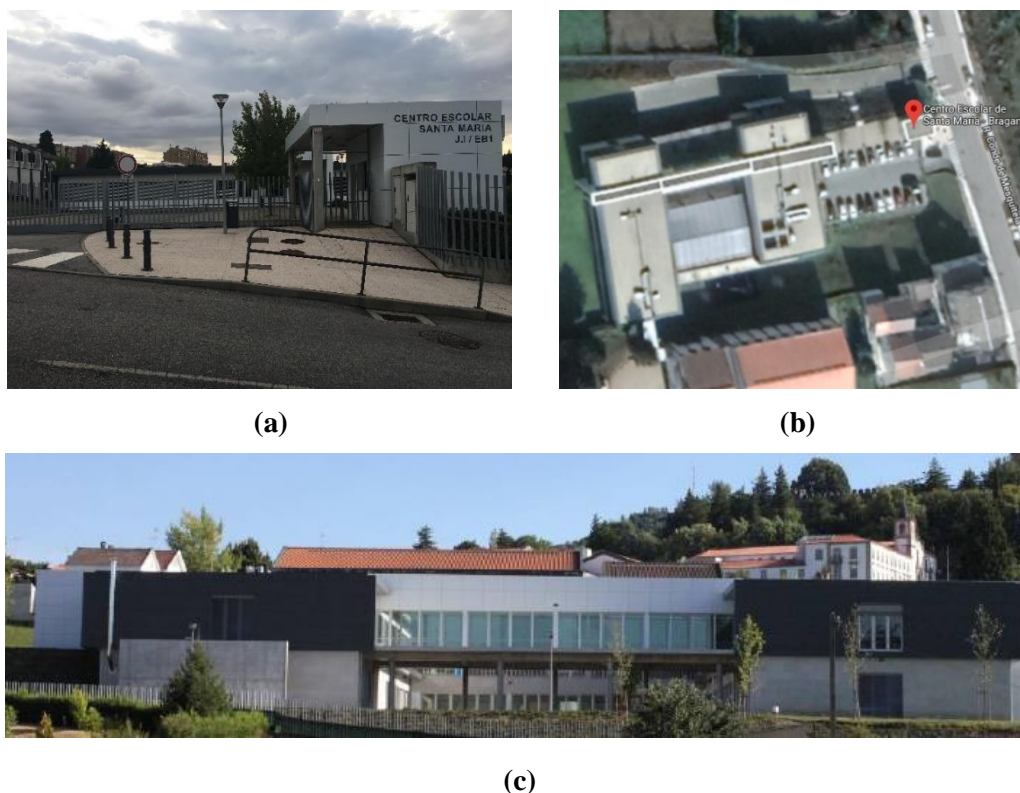


Figura 3.1: Centro Escolar de Santa Maria da cidade de Bragança: Entrada principal do edifício (a); Fotografia aérea (Google Maps, www.google.pt/maps) (b); Alçado Norte do edifício (Câmara Municipal de Bragança (CMB), www.cm-braganca.pt) (c).

O número de alunos do Ensino Pré-escolar e do 1.º Ciclo, assim como o número de funcionários docentes e não docentes dos anos letivos 2015/2016 a 2018/2019 apresenta-se na **Tabela 3.1**. Importa mencionar que, mesmo durante as pausas letivas, o Centro Escolar funciona como ATL (Atividades de Tempos Livres).

Tabela 3.1: Número de utilizadores do Centro Escolar de Santa Maria em diferentes anos letivos.

		Anos letivos			
		2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
N.º de alunos	Pré-escolar	87	76	80	92
	1.º Ciclo	196	187	175	160
N.º de docentes		33	46	41	53
N.º de funcionários		9	9	11	9

Tal como realizado por Moraes (2019) a um outro Centro Escolar do Norte do País, com características semelhantes, a recolha de dados envolveu monitorizações diretas, observação de comportamentos, entrevistas e questionários aplicados a funcionários

docentes e não docentes do CESMaria, tendo como fundamento perceber os hábitos dos utilizadores do edifício, relativamente ao “Consumo de água no Centro Escolar”.

3.2. Dispositivos de utilização existentes e medições efetuadas

Os dispositivos de utilização implementados no CESMaria são os que se apresentam na **Tabela 3.2**.

Tabela 3.2: Dispositivos de utilização do Centro Escolar.

Pisos	Torneiras ^(a)		Autoclismos de bacias de retrete ^(d)	Fluxómetros de mictórios	Chuveiros ^(e)	Máquina de lavar roupa
	Lavatório ^(b)	Copa				
Piso 0	33		25	14	2	
Piso -1	26	1 ^(c)	24	13	6	1
Total	59	1	49	27	8	1

^(a) Apenas com água fria; ^(b) Torneiras temporizadas; ^(c) Torneira misturadora de monocomando; ^(d) Autoclismos de dupla descarga; ^(e) Os chuveiros não são utilizados.

Foram realizadas medições de caudal aos seguintes dispositivos de utilização:

- **Torneiras de lavatório (temporizadas)**

Foram feitas medições de caudal a 32 das 59 torneiras instaladas, tendo sido usado um copo graduado e um cronómetro. Seguindo a metodologia de Gonçalves (2014) e Morais (2019) colocou-se o copo graduado debaixo da torneira e mediu-se o volume e o tempo de débito de água (**Figura 3.2**), repetindo-se o procedimento três vezes.



a)



b)

Figura 3.2: Torneira de lavatório temporizada (**a**); Medição de caudal debitado por torneira de lavatório (**b**).

Desta forma, obteve-se um resultado mediano de 8,12 s de temporização, estimando-se um caudal debitado pelas torneiras de lavatório de **7,4 L/min**.

- **Torneira da copa**

A metodologia utilizada para a medição do caudal na torneira da copa foi idêntica à utilizada nas torneiras de lavatório. Contudo, como esta torneira não é temporizada, colocou-se o copo graduado debaixo da torneira e mediu-se o tempo necessário para encher 1 litro (**Figuras 3.3-(a) e (b)**), repetindo-se o procedimento três vezes. Para efetuar esta medição, pediu-se a um utilizador habitual para proceder à abertura das torneiras, tal como fez Morais (2019).



(a)



(b)

Figura 3.3: Torneira da copa (a); Medição de caudal debitado pela torneira da copa (b).

Assim sendo, estima-se que o caudal debitado pela torneira da copa seja de aproximadamente **18,0 L/min**. De referir que esta torneira, habitualmente funciona 2 horas por dia. Assim sendo, estima-se um consumo de cerca de **2160 L/dia**, só neste dispositivo.

- **Autoclismos de bacias de retrete e fluxómetros de mictórios (urinóis)**

Por informações do fabricante, os autoclismos instalados são de descarga dupla (6 L/3 L) e os urinóis têm um volume de descarga de aproximadamente 2 L (**Figuras 3.4-(a) e (b)**).



(a)



(b)

Figura 3.4: Autoclismos de bacias de retrete (a); Fluxómetros de mictórios (b).

Estes dois tipos de dispositivos não serão alvo de alterações, porque os caudais de descarga estão de acordo com o referido em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) e respetivas especificações.

- **Sistema de rega**

O sistema de rega (**Figuras 3.5-(a) e (b)**) é constituído por 9 setores sendo que, apenas 5 estão em funcionamento. O sistema trabalha em 3 ciclos, com duração de 15 minutos para cada setor. Inicia às 23 horas, depois às 3 horas e o último ciclo às 6 horas. Por norma entra em funcionamento no mês de maio e prolonga-se até setembro. Estima-se um consumo mensal de **164 m³**.



(a)



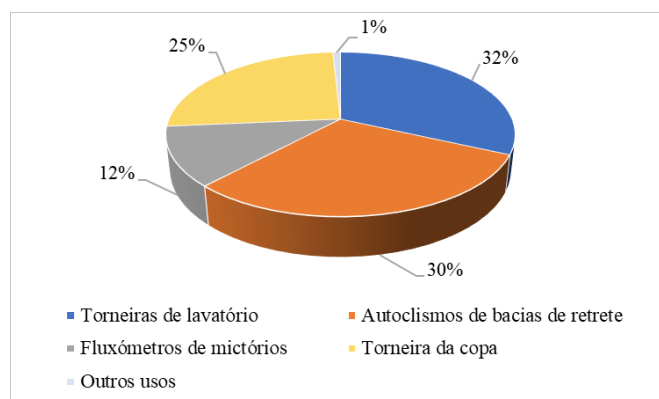
(b)

Figura 3.5: Sistema de rega: Aspersor (a); Caixa de válvulas (b).

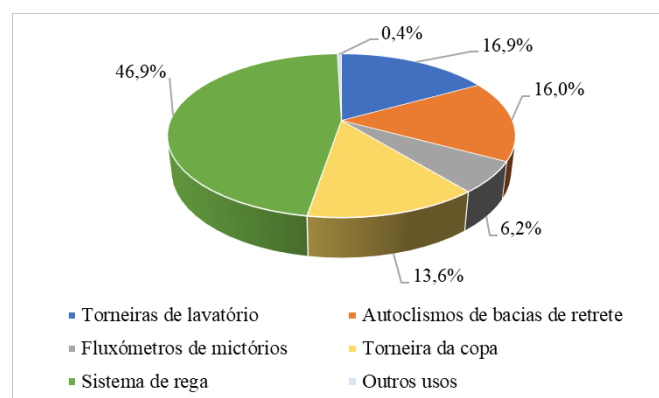
3.3. Proposta de soluções para redução do consumo de água potável

3.3.1. Consumo de água no Centro Escolar

Nas **Figuras 3.6-(a)** e **(b)** é apresentada a distribuição do consumo de água no CESMaria, em **mês típico** e em **mês com rega**, estimada com base em dados disponibilizados pela Câmara Municipal de Bragança (para os anos de 2015, 2016 e 2017), medidos “in situ”, por observação de hábitos de consumo de água, por entrevista aos utilizadores e por questionários aplicados a funcionários docentes e não docentes (ver questionários nos **Anexos I.1 e I.2**), tal como fez Morais (2019) para um Centro Escolar do Norte do País, com características semelhantes.



(a)



(b)

Figura 3.6: Distribuição do consumo de água: Mês típico (a); Mês com rega (b).

Tendo como base o consumo de água estimado no CESMaria, e conhecendo o tarifário de água em vigor no concelho de Bragança (**Figura 3.7-(a)** e **Tabelas 3.3 e 3.4**) optou por fazer-se uma análise das soluções a propor, admitindo a localização do Centro Escolar

com as mesmas características, num outro concelho da região Norte (Porto) (**Figura 3.7-(b)** e **Tabelas 3.5 e 3.6**) e num concelho da região do Algarve (Faro) (**Figura 3.7-(c)** e **Tabelas 3.7 e 3.8**), tal como Morais (2019) mas para outros concelhos.

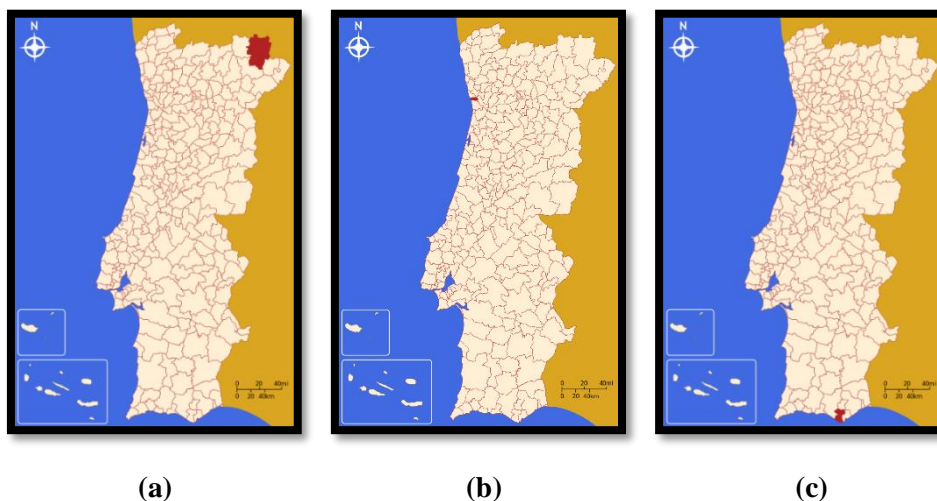


Figura 3.7: Concelhos de: Bragança (a); Porto (b); Faro (c).

Tabela 3.3: Tarifa mensal variável de abastecimento de água no concelho de Bragança (CMB, www.cm-braganca.pt).

Estado e Entidades Públicas (escalão único)		
Tarifas variáveis (por m³)		
Água	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos Urbanos
€ 1,86	€ 0,58	€ 2,71

Tabela 3.4: Tarifa mensal fixa de abastecimento de água no concelho de Bragança (CMB, www.cm-braganca.pt).

Estado e Entidades Públicas (escalão único)		
Tarifas fixas		
Água	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos Urbanos
€ 8,00	€ 2,04	€ 4,75

Tabela 3.5: Tarifa mensal variável de abastecimento de água no concelho do Porto (Águas do Porto, www.aguasdoporto.pt).

Entidades Públicas (escalão único)		
Tarifas variáveis (por m³)		
Água	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos Urbanos
€ 2,34	€ 0,64	€ 0,53

Tabela 3.6: Tarifa mensal fixa de abastecimento de água no concelho do Porto (Águas do Porto, www.aguadoporto.pt).

Entidades Públicas (escalão único)		
Tarifas fixas		
Água	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos Urbanos
€ 0,00	€ 2,42	€ 11,35

Tabela 3.7: Tarifa mensal variável de abastecimento de água no concelho de Faro (Faro, Gestão de águas e Resíduos (FAGAR), www.fagar.pt).

Consumidores não domésticos (escalão único)		
Tarifas variáveis (por m³)		
Água	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos Urbanos
€ 2,75	€ 1,85	€ 2,01

Tabela 3.8: Tarifa mensal fixa de abastecimento de água no concelho de Faro (FAGAR, www.fagar.pt).

Consumidores não domésticos (escalão único)		
Tarifas fixas		
Água	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos Urbanos
0,00 €	€ 5,21	€ 13,79

A escolha dos referidos concelhos, deve-se ao facto de: o clima dos concelhos do Porto e Faro ser mediterrânico, ao contrário do de Bragança que é temperado. Os valores de precipitação serem superiores no concelho do Porto, seguidos de Bragança e Faro (ver dados de precipitação, **Anexo II**). Faro é o concelho que apresenta valores mais elevados das tarifas mensais fixas e variáveis de água, seguido de Bragança. O concelho do Porto é o que apresenta valores mais baixos de tarifas.

3.3.2. Soluções para redução do consumo de água

Seguindo o princípio dos 5R (Reduzir os consumos; reduzir as perdas e os desperdícios; reutilizar a água; reciclar a água; recorrer a origens alternativas) (Silva-Afonso, 2009), e tendo em atenção os consumos de água apresentados nas **Figuras 3.6-(a)** e **(b)**, são

propostas as seguintes soluções para redução do consumo de água potável no CESMaria (Tabela 3.9).

Tabela 3.9: Soluções propostas para redução do consumo de água potável no Centro Escolar.

Soluções propostas		
Opção 1 Substituição de dispositivos de utilização	Cenário 1.1	- Substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 1,8 L/min; - Substituição da torneira da copa por torneira de 8,0 L/min.
	Cenário 1.2	- Substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 5,0 L/min; - Substituição da torneira da copa por torneira de 8,0 L/min.
Opção 2 Aproveitamento de águas pluviais (SAAP)	Cenário 2.1	- Fazer a distribuição de água aos autoclismos com águas pluviais; - Substituição da torneira da copa por torneira de 8,0 L/min.
	Cenário 2.2	- Fazer a distribuição de água aos autoclismos com águas pluviais; - Substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 1,8 L/min; - Substituição da torneira da copa por torneira de 8,0 L/min.
	Cenário 2.3	- Fazer a distribuição de água aos autoclismos com águas pluviais; - Substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 5,0 L/min; - Substituição da torneira da copa por torneira de 8,0 L/min.
Sistema de rega	- Diminuição de 1 ciclo diário e do tempo de funcionamento de cada setor de rega (de 15 minutos para 10 minutos); - Redução para 1 ciclo de rega diário, mantendo cada setor a funcionar durante 20 minutos.	

3.3.2.1. Descrição das soluções propostas

- **Opção 1: Substituição de dispositivos de utilização**

Nesta opção, tendo sempre como objetivo reduzir o consumo de água nos dispositivos de utilização (torneiras), foram considerados dois cenários com as seguintes soluções:

- Substituir as torneiras de lavatório por torneiras mais eficientes, com caudal de 1,8 L/min (**cenário 1.1**) ou com caudal de 5,0 L/min (**cenário**

1.2), ambas certificadas pela ANQIP (ver Fichas Técnicas no **Anexo III**, Erix, www.erix.pt, ou equivalente);

- Substituir a torneira da copa por uma torneira eficiente, com caudal de 8,0 L/min e certificada pela ANQIP (ver Ficha Técnica no **Anexo III**, Erix, www.erix.pt, ou equivalente) (**cenários 1.1 e 1.2**). A escolha da referida torneira (com caudal de 8,0 L/min) deveu-se ao facto de a torneira da copa ser uma torneira muito utilizada e de não se reduzir demasiado o caudal debitado pela existente.

▪ **Opção 2: Aproveitamento de águas pluviais**

Nesta opção, tendo como objetivo reduzir o consumo de água nos dispositivos de utilização e aliado a este facto, aproveitar a água da chuva, foram considerados três cenários com as seguintes soluções:

- Fazer a distribuição de água aos autoclismos com águas pluviais (**cenários 2.1, 2.2 e 2.3**):
 - ✓ **Etapa 1:** Considerando a rede de drenagem de águas pluviais existente (plantas disponibilizadas pela CMB), e uma vez que existiam sumidouros ligados ao coletor, fez-se um redimensionamento desta rede, mantendo o traçado original e criando troços paralelos aos existentes, de forma a considerar apenas o caudal proveniente da cobertura. Assim, determinou-se, de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto e as expressões referidas no **Ponto 2.5 do Capítulo 2**, o caudal de cálculo, para o dimensionamento do coletor que irá ligar a última caixa de inspeção ao reservatório de água pluviais;
 - ✓ **Etapa 2:** A rede de distribuição de água com águas pluviais foi dimensionada com base na mesma legislação da *etapa 1* e tendo sempre em atenção aquando do traçado realizado que a água potável e a água pluvial não se devem misturar;

O reservatório de águas pluviais foi dimensionado de acordo com as recomendações da Especificação Técnica ANQIP ETA 0701

(ANQIP ETA, 0701, 2015), utilizando um mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP disponível em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), considerando-o sem tratamento de águas, enterrado, e tendo em atenção os dados pluviométricos (**Anexo II**) disponibilizados pelo IPMA;

A estação elevatória foi dimensionada de acordo com os procedimentos referido no **Ponto 2.5** do **Capítulo 2** e recorrendo a Grundfos: <https://pt.grundfos.com>;

Os materiais e diâmetros utilizados no dimensionamento das tubagens encontram-se no **Anexo IV**. Para a rede de drenagem de águas pluviais será utilizado o material PVC e para a rede de distribuição com águas pluviais será usado o material PEAD (enterrado, pelo exterior) e Aço inox (à vista, pelo interior do edifício).

- Substituir a torneira da copa por uma torneira mais eficiente, com caudal de 8,0 L/min e certificada pela ANQIP (ver Ficha Técnica no **Anexo III**, Erix, www.erix.pt, ou equivalente) (**cenários 2.1, 2.2 e 2.3**);
- Substituir as torneiras de lavatório por torneiras mais eficientes, com caudal de 1,8 L/min (**cenário 2.2**) ou com caudal de 5,0 L/min (**cenário 2.3**), ambas certificadas pela ANQIP (ver Fichas Técnicas no **Anexo III**, Erix, www.erix.pt, ou equivalente).

Sistema de rega

Por análise do sistema de rega implementado no CESMaria, sugere-se a diminuição de 1 ciclo diário e do tempo de funcionamento de cada setor de rega (de 15 minutos para 10 minutos) ou a redução para 1 ciclo de rega diário, mantendo cada setor a funcionar durante 20 minutos. Isto porque, o PNUEA (APA, 2012) menciona a aplicação das Medidas 34 (alteração de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos

de rega) e 40 (Proibição de usar água potável, ou limitação do seu uso por períodos de tempo) para uma situação hídrica normal e em situação de escassez hídrica (seca), respetivamente.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

No presente capítulo vai proceder-se a um estudo de viabilidade técnica e económica, no sentido de verificar os critérios de dimensionamento e avaliar os custos de investimento inicial, custos e exigências de exploração, redução no valor da fatura e períodos de retorno do investimento, das soluções propostas.

4.1. Estudo da viabilidade técnico-económica das soluções propostas

É importante avaliar a viabilidade e sustentabilidade de soluções a propor para redução do consumo de água potável (por exemplo: substituição de dispositivos de utilização e sistemas de aproveitamento de águas pluviais) analisando fatores técnicos e económicos.

4.1.1. Análise da viabilidade técnica

Do ponto de vista do funcionamento hidráulico-sanitário e construtivo, as duas opções propostas para a redução do consumo de água potável no CESMaria, poderão ser implementadas.

A opção 2 poderá funcionar de forma autónoma, com a inclusão de detetores de pressão junto dos pontos de consumo, sistemas de pressurização e de controladores de nível junto do ponto de armazenamento, de forma a permitir um adequado funcionamento da rede de

abastecimento com águas pluviais, tal como mencionado por Morais (2019), Abrantes (2017) e Teixeira (2013).

Como mencionado no *Capítulo 3*, a rede de drenagem de águas pluviais foi redimensionada de forma a separar as águas provenientes da cobertura, das originárias dos sumidouros, mantendo-se os diâmetros nominais (200 mm e 315 mm) (**Tabela V.1** do **Anexo V**).

As peças desenhadas (**existentes e propostas**) correspondentes à rede de drenagem de águas pluviais encontram-se no **Anexo VI (Figuras VI.1 a VI.4)**.

As velocidades de escoamento para as redes de abastecimento com águas pluviais (**Tabela V.2** do **Anexo V**), estão dentro do intervalo de valores indicado no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto e em Pedroso (2016), oscilando entre 0,5 e 2,0 m/s.

As peças desenhadas (**existentes e propostas**) correspondentes à rede de abastecimento com águas pluviais encontram-se no **Anexo VI (Figuras VI.5 a VI.6)**.

A bomba dimensionada apresenta uma potência de 1,6 cv, garantindo as pressões mínimas necessárias para o bom funcionamento dos dispositivos de utilização (neste caso, autoclismos). O reservatório de águas pluviais, como referido no *Capítulo 3*, foi dimensionado utilizando o mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP sugerido por (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017) (ver **Anexo VII**). Foram adotados volumes para o reservatório com capacidades de **15, 30 e 50 m³**, como se pode verificar nas **Tabelas VII.1 a VII.3** do **Anexo VII**, respetivamente.

O aproveitamento de águas pluviais total, para os reservatórios de 15, 30 e 50 m³, estima-se ser de **569,8 m³ (84,96%)**, **584,8 m³ (87,19%)** e **604,8 m³ (90,18%)**, respetivamente, para uma área de cobertura de **1537,79 m²**. Pela análise das referidas **Tabelas** desse **Anexo**, verifica-se que, um **reservatório de 15 m³ seria suficiente para satisfazer as necessidades de autoclismos**, até porque é mínima a diferença no aproveitamento de águas pluviais, se se considerarem reservatórios com capacidade superior. Até considerando outros concelhos do País, com diferentes valores de precipitações médias mensais, (p.e. Porto e Faro), um reservatório de 15 m³ seria suficiente para fazer face aos consumos utilizando água não potável.

Portilla et al. (2018), estimaram um volume de reservatório de 15 m³, para uma área de cobertura de 1500 m², e consumos mensais de água não potável de 56 m³. Dimensionaram duas bombas com potência de 0,5 cv cada.

As fichas técnicas referentes ao reservatório de águas pluviais (capacidade de 15 m³) (Ecodepur, www.ecodepur.pt, ou equivalente), bem como da bomba projetada (Grundfos, <https://pt.grundfos.com>, ou equivalente), são apresentadas no **Anexo VIII**.

Desta forma, considera-se ser tecnicamente viável a implementação da opção 2.

4.1.2. Análise da viabilidade económica

Tendo como base os volumes de água consumida e poupada, os custos de investimento, operação, manutenção e inspeção, e tal como realizado por Morais (2019), Abrantes (2017) e Teixeira (2013) foi feito um estudo de viabilidade económica.

Nas **Tabelas 4.1** e **4.2** é apresentada uma estimativa dos valores de água consumida anualmente, bem como a poupança associada a cada uma das opções propostas, **sem considerar o sistema de rega e considerando o sistema de rega**, respetivamente.

Tabela 4.1: Estimativa anual de água potável consumida e poupança associada às duas opções (sem rega).

	Consumo atual	Opção 1		Opção 2		
		Cenário 1.1	Cenário 1.2	Cenário 2.1	Cenário 2.2	Cenário 2.3
Autoclismos (m³)	670,63	670,63	670,63	100,88	100,88	100,88
Torneiras de lavatório (m³)	708,58	121,65	337,92	708,58	121,65	337,92
Torneira da copa (m³)	568,97	253,44	253,44	253,44	253,44	253,44
Total (m³)	1948,17	1045,72	1261,99	1062,90	475,98	692,24
Poupança (%)	0	46,3	35,2	45,4	75,6	64,5

O **cenário 2.2** da **opção 2** apresenta uma maior poupança de água, estimando-se ser de **75,6%**. Para o cenário 1.2 da opção 1, estima-se uma poupança mais baixa, de **35,2%**, mas ainda assim considerável.

Tabela 4.2: Estimativa anual de água potável consumida e poupança associada às duas opções (com rega).

	Consumo atual	Opção 1		Opção 2		
		Cenário 1.1	Cenário 1.2	Cenário 2.1	Cenário 2.2	Cenário 2.3
Autoclismos (m³)	670,63	670,63	670,63	100,88	100,88	100,88
Torneiras de lavatório (m³)	708,58	121,65	337,92	708,58	121,65	337,92
Torneira da copa (m³)	568,97	253,44	253,44	253,44	253,44	253,44
Rega (m³)	656,00	328,00	328,00	328,00	328,00	328,00
Total (m³)	2604,17	1373,72	1589,99	1390,90	803,98	1020,24
Poupança (%)	0	47,2	38,9	46,6	69,1	60,8

No caso de ser considerada a rega, o cenário 2.2 da opção 2, continua a apresentar uma poupança de água maior, estimando-se ser de **69,1%**. Para o cenário 1.2 da opção 1, estima-se uma poupança mais baixa, de **38,9%**, mas considerável, tal como referido anteriormente.

4.1.2.1. Custos de investimento inicial

Os custos de investimento inicial incluem, os custos associados à substituição de dispositivos de utilização (torneiras), à instalação das redes prediais de drenagem de águas pluviais (redimensionada) e de distribuição com águas pluviais (p.e. movimento de terras, tubagens e acessórios, órgãos da rede, bomba, reservatório de águas pluviais) e mão-de-obra.

Com vista a fazer uma estimativa dos custos de investimento inicial, foram pedidos orçamentos para o fornecimento e aplicação de todos os equipamentos e acessórios, necessários para a execução das soluções propostas. Na **Tabela 4.3** mostram-se os custos de investimento inicial associados a cada opção.

Tabela 4.3: Custos de investimento inicial para as duas opções.

	Opção 1		Opção 2		
	Cenário 1.1	Cenário 1.2	Cenário 2.1	Cenário 2.2	Cenário 2.3
Torneiras de lavatório (€)	5.000,07	3425,30	0,00	5.000,07	3.425,30
Torneira da copa (€)	229,52	229,52	229,52	229,52	229,52
SAAP^(a) (€)	0,00	0,00	25.616,03	25.616,03	25.616,03
Total (€)	5.229,59	3.654,82	25.845,55	30.845,62	29.270,85

^(a) Para um reservatório de 15 m³.

Importa referir que, se se considerasse um reservatório com capacidade de 30 m³, os custos de investimento para os cenários 2.1, 2.2 e 2.3 seriam de €31.3489,93, €36.350,01 e €34.775,24, respetivamente.

Caso se optasse por um reservatório de 50 m³, os custos de investimento para os mesmos cenários seriam muito superiores, isto é, €39.132,55 €44.132,62 e €42.557,85, respetivamente.

4.1.2.2. Custos e exigências de exploração

Ao longo do tempo de exploração, num SAAP é necessário substituir elementos de rede, equipamentos e acessórios. Considera-se adequada a substituição do grupo hidropressor e válvulas de 10 em 10 anos (Morais, 2019; Abrantes, 2017; Teixeira, 2013). Os custos associados à manutenção e substituição de elementos e/ou equipamentos para a opção 2, foram estimados em €1.263,85.

4.1.2.3. Redução no valor da fatura

Para determinar a redução no valor da fatura de água, consultaram-se os tarifários em vigor nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (ver **Tabelas 3.3 a 3.8** do **Capítulo 3**). Desta forma, aplicando os tarifários em vigor em cada concelho, para cada opção e considerando o mesmo edifício com os mesmos hábitos, estimou-se a poupança anual, em cada concelho, em termos de faturação. Os valores são apresentados nas **Figuras 4.1** (sem rega) e **4.2** (com rega).

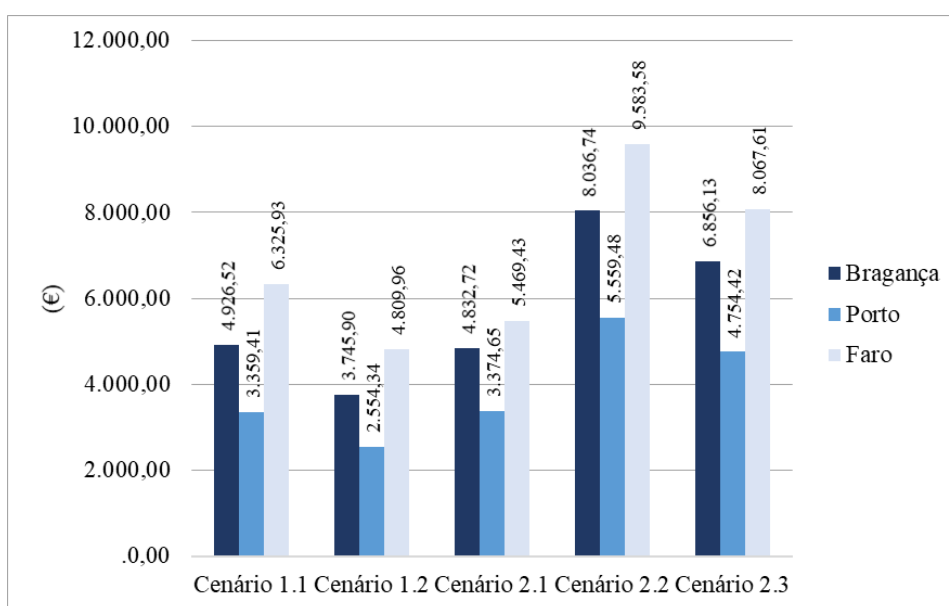


Figura 4.1: Estimativa da poupança anual de água potável, sem rega, nos concelhos de Bragança, Porto e Faro.

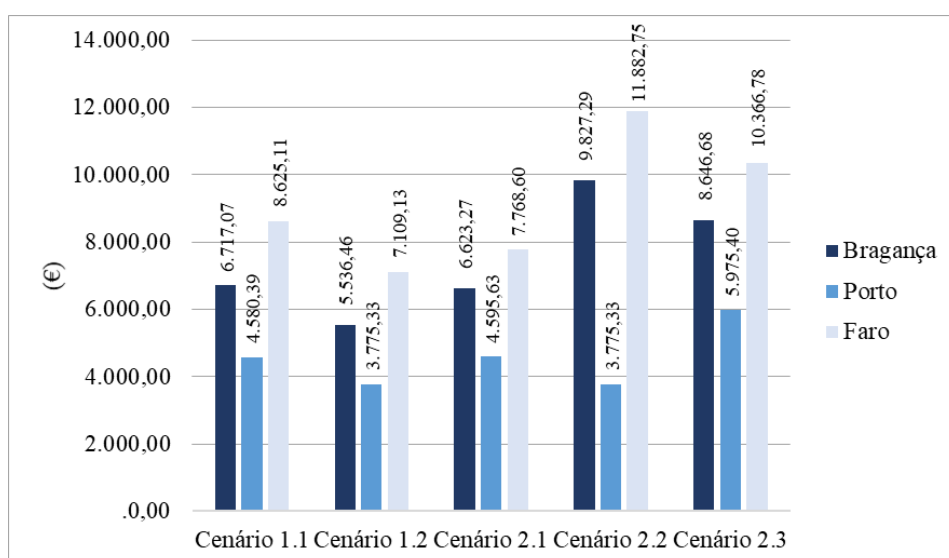


Figura 4.2: Estimativa da poupança anual de água potável, com rega, nos concelhos de Bragança, Porto e Faro.

As **Figuras 4.1 e 4.2** permitem observar que qualquer uma das opções é uma boa solução para a redução do consumo de água e da faturação associada ao mesmo. TAdavia, é necessário verificar o período de retorno do investimento associado a cada opção, para perceber qual das opções é mais viável.

4.1.2.4. Período de retorno do investimento

O período de retorno do investimento, é assim, outro critério importante para a escolha da melhor solução do ponto de vista económico (**Matos, 2018**). Tendo em atenção o custo de investimento inicial, os custos de exploração em 10 anos e a poupança anual na fatura de água, determinou-se o período de retorno do investimento aplicado ao Centro Escolar localizado no concelho de Bragança (**Tabela 4.4 e Anexo IX**). O tarifário foi atualizado tendo como base uma taxa de variação de 1,0% (PORDATA, www.pordata.pt).

Tabela 4.4: Período de retorno do investimento no concelho de Bragança para as duas opções.

	Opção 1		Opção 2		
	Cenário 1.1	Cenário 1.2	Cenário 2.1	Cenário 2.2	Cenário 2.3
Período de retorno do investimento (anos)	2	1	6	4	5

Para o concelho de Bragança, a **opção 1** é a que apresenta períodos de retorno mais baixos (entre cerca de 1 e 2 anos), mas é também a que envolve investimentos iniciais menores, traduzindo-se também em poupanças mais baixas, apesar de serem consideráveis.

O **cenário 2.2** da **opção 2** é o que tem um investimento inicial maior, um tempo de retorno de 4 anos, mas em termos de poupança de água, é a mais significativa (**75,6%**). No entanto, qualquer um dos cenários desta opção é de considerar.

Na **Figura 4.3** mostra-se o período de retorno do investimento referente à opção 1 para o concelho de Bragança.

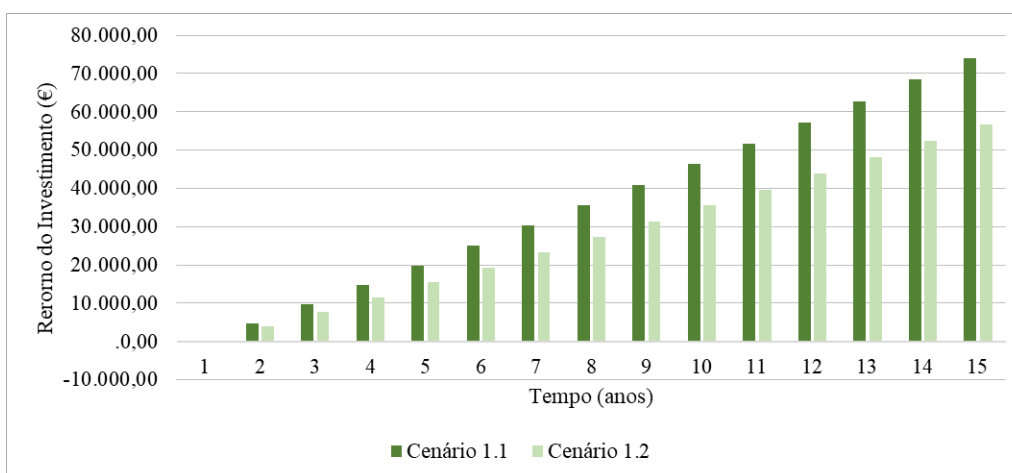


Figura 4.3: Período de retorno do investimento no concelho de Bragança para a opção 1

Da análise da **Figura 4.3**, estima-se que ao final de 15 anos, substituindo os dispositivos existentes por dispositivos hidricamente eficientes, se alcancem poupanças acumuladas de €74.072,02 (cenário 1.1, torneiras de lavatório de 1,8 L/min e da copa de 8,0 L/min) e €56.642,61 (cenário 1.2, torneiras de lavatório de 5,0 L/min e da copa de 8,0 L/min).

Por sua vez, na **Figura 4.4** é apresentado o período de retorno do investimento referente à opção 2, também para o concelho de Bragança.

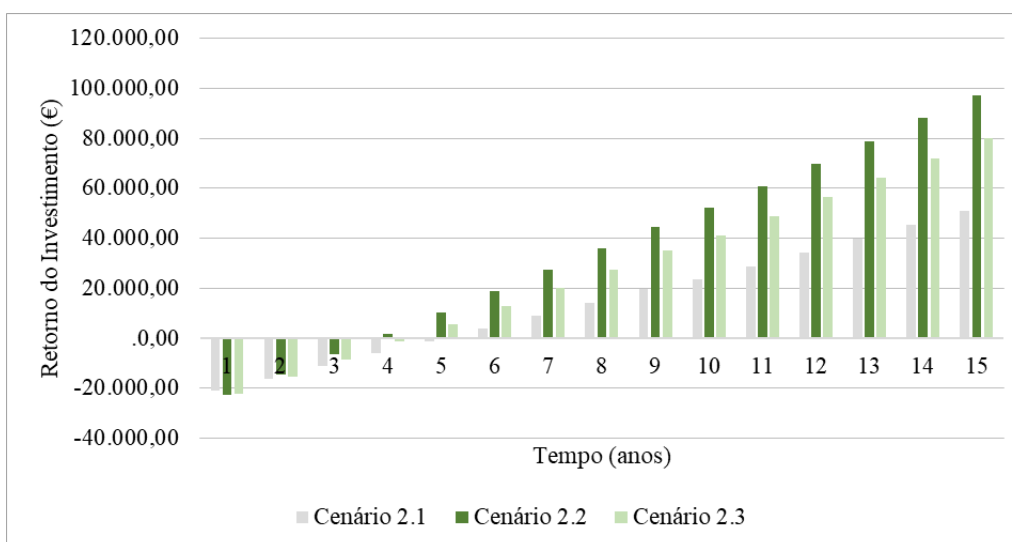


Figura 4.4: Período de retorno do investimento no concelho de Bragança para a opção 2

Na **opção 2**, considerando a implementação de um SAAP em todos os cenários, estima-se que ao final de 15 anos, se alcancem poupanças acumuladas de €50.682,32 (cenário 2.1, SAAP e torneira da copa de 8,0 L/min), €97.257,07 (cenário 2.2, SAAP, torneiras de

lavatório de 1,8 L/min e da copa de 8,0 L/min) e €79.827,66 (cenário 2.3, SAAP, torneiras de lavatório de 5,0 L/min e da copa de 8,0 L/min).

Considerando a existência do mesmo Centro Escolar nos concelhos do Porto e Faro, procedeu-se a uma análise semelhante, apresentando-se os resultados referentes à **opção 1: Cenário 1.1** (Substituição de dispositivos de utilização) na **Tabela 4.5** e na **Figura 4.5**. O período de retorno do investimento referente a estes concelhos pode também ser observado no **Anexo IX**.

Tabela 4.5: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.1 da Opção 1).

	Investimento inicial (€)	Custos de manutenção em 10 anos (€)	Estimativa da poupança anual (€)	Período de retorno do investimento (anos)
Bragança	5.229,59	0,00	4.926,52	2
Porto			3.359,41	2
Faro			6.325,93	1

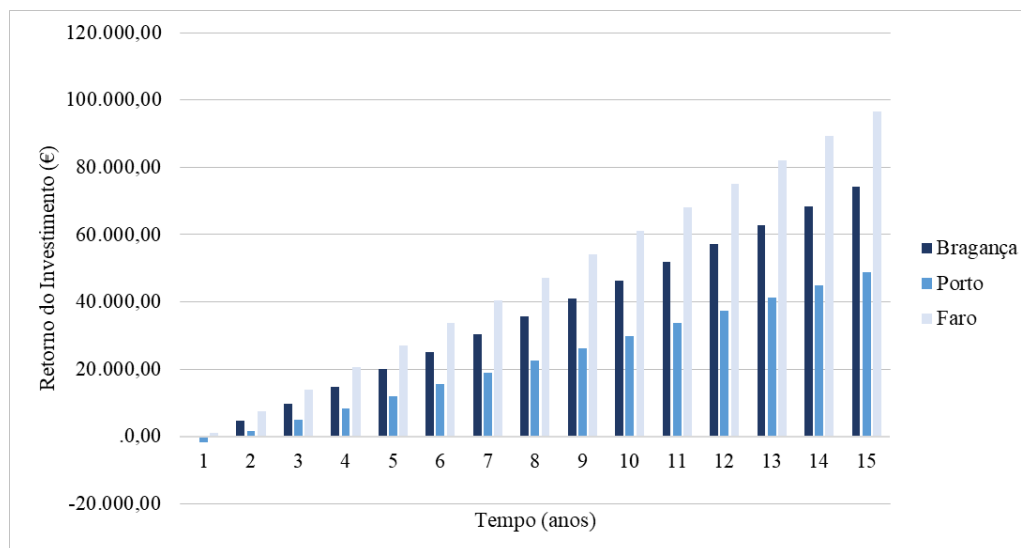


Figura 4.5: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.1 da Opção 1).

Da análise da **Tabela 4.5** e **Figura 4.5** é possível observar que os períodos de retorno do investimento no **cenário 1.1** da **opção 1** são baixos nos três concelhos: **Bragança (2 anos)**, Porto (2 anos) e Faro (1 ano). A **Figura 4.5** mostra que ao final de 15 anos, podem

ser alcançadas poupanças de cerca de **€74.072,02** para o concelho de Bragança (caso de estudo). Esta opção traduz uma poupança de **46,3%** no consumo de água.

Para o *Cenário 1.2* da **opção 1**, são apresentados na **Tabela 4.6** e **Figura 4.6**, os resultados para os três concelhos.

Tabela 4.6: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.2 da Opção 1).

	Investimento inicial (€)	Custos de manutenção em 10 anos (€)	Estimativa da poupança anual (€)	Período de retorno do investimento (anos)
Bragança	3.654,82	0,00	3.745,90	1
Porto			2.554,34	2
Faro			4.809,96	1

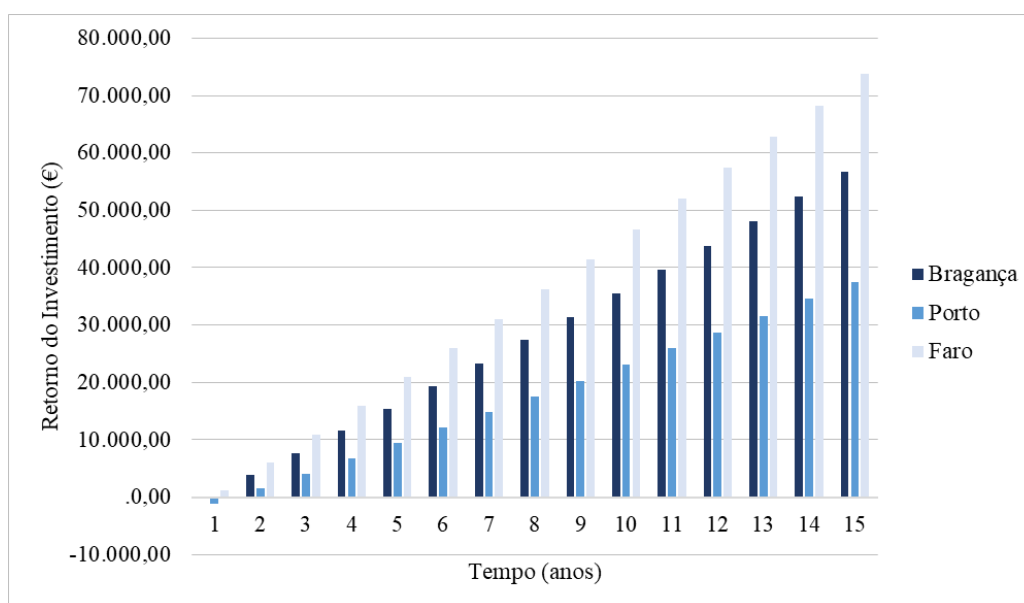


Figura 4.6: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 1.2 da Opção 1).

A **Tabela 4.6** e a **Figura 4.6** mostram que, os períodos de retorno do investimento no **cenário 1.2** da **opção 1** e tal como no cenário anterior, são baixos nos três concelhos: **Bragança (1 ano)**, **Porto (2 anos)** e **Faro (1 ano)**. A **Figura 4.6** mostra que ao final de 15 anos, podem ser atingidas poupanças de cerca de **€56.642,61** para o concelho de Bragança (caso de estudo). Esta opção traduz uma poupança de **35,2%** no consumo de água. Tal como no **cenário 1.1** desta opção, a substituição de torneiras convencionais por torneiras

de eficiência hídrica e certificadas, apesar de um pouco mais baixa, também traduz uma poupança considerável.

De referir que Morais (2019), para um edifício com características semelhantes, obteve poupanças de água de cerca de 32,6% e 40%, e períodos de retornos de cerca de 2 anos, alterando dispositivos existentes por dispositivos certificados pela ANQIP.

Para a *opção 2* (Aproveitamento de águas pluviais), procedeu-se a uma análise semelhante.

Deste modo, no que diz respeito à *opção 2: Cenário 2.1*, os resultados para os três concelhos, são apresentados na **Tabela 4.7** e **Figura 4.7**.

Tabela 4.7: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.1 da Opção 2)

	Investimento inicial (€)	Custos de manutenção em 10 anos (€)	Estimativa da poupança anual (€)	Período de retorno do investimento (anos)
Bragança	25.845,55	1.263,85	4.832,72	6
Porto			3.374,65	8
Faro			5.469,43	5

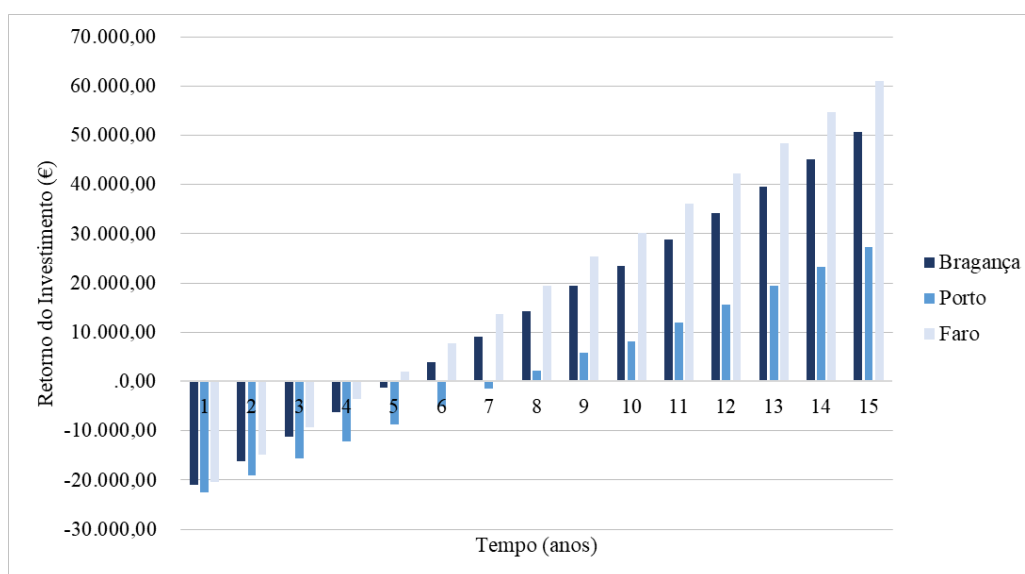


Figura 4.7: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.1 da Opção 2).

Da análise da **Tabela 4.7** e **Figura 4.7** é possível observar que os períodos de retorno do investimento no **cenário 2.1** da **opção 2** são mais elevados do que na opção 1 (**Bragança (6 anos)**, Porto (8 anos) e Faro (5 anos)). A **Figura 4.7** mostra que ao final de 15 anos, podem ser alcançadas poupanças de cerca de **€50.682,32** para o concelho de Bragança (caso de estudo). Esta opção traduz uma poupança de **45,4%** no consumo de água.

No que refere à **opção 2: Cenário 2.2**, os resultados para os três concelhos, são mostrados na **Tabela 4.8** e **Figura 4.8**.

Tabela 4.8: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.2 da Opção 2).

	Investimento inicial (€)	Custos de manutenção em 10 anos (€)	Estimativa da poupança anual (€)	Período de retorno do investimento (anos)
Bragança	30.845,62	1.263,85	8.036,74	4
Porto			2.554,34	6
Faro			9.583,58	4

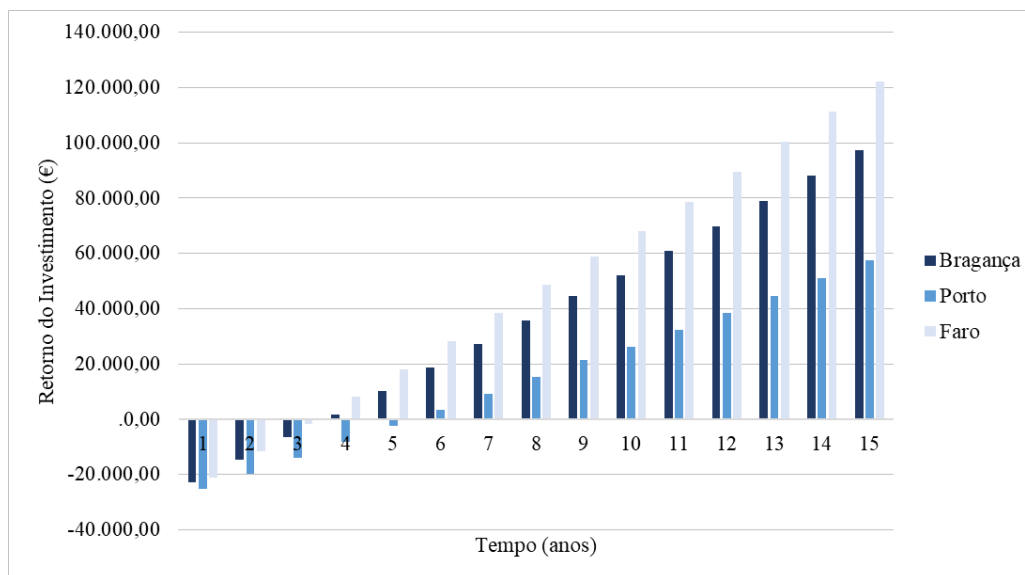


Figura 4.8: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.2 da Opção 2).

A **Tabela 4.8** e a **Figura 4.8** mostram que os períodos de retorno do investimento no **cenário 2.2** da **opção 2** são um pouco mais baixos do que no cenário 2.1, (**Bragança (4 anos)**, Porto (6 anos) e Faro (4 anos)). A **Figura 4.8** mostra que ao final de 15 anos,

podem ser obtidas poupanças de cerca de **€97.257,07** para o concelho de Bragança (caso de estudo). Esta opção traduz uma poupança de **75,6%** no consumo de água. Este cenário é o que traduz uma maior poupança, apesar de ser o que tem um maior investimento inicial, mas o período de retorno é relativamente baixo.

Na **Tabela 4.9** e **Figura 4.9** são apresentados os resultados para os três concelhos, referentes à **opção 2: Cenário 2.3**.

Tabela 4.9: Estimativa da poupança anual e período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.3 da Opção 2).

	Investimento inicial (€)	Custos de manutenção em 10 anos (€)	Estimativa da poupança anual (€)	Período de retorno do investimento (anos)
Bragança	29.270,85	1.263,85	6.856,13	5
Porto			4.754,42	7
Faro			8.067,61	4

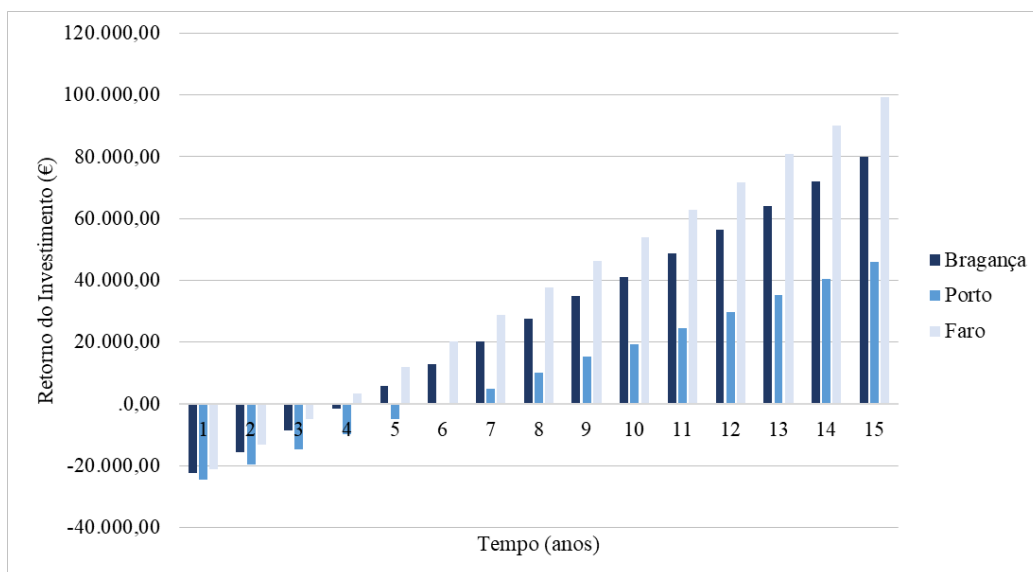


Figura 4.9: Período de retorno do investimento nos concelhos de Bragança, Porto e Faro (Cenário 2.3 da Opção 2).

Por observação da **Tabela 4.9** e da **Figura 4.9**, é possível perceber que, os períodos de retorno do investimento no **cenário 2.3** da **opção 2** são um pouco mais baixos do que no cenário 2.1. Em relação ao cenário 2.2, são um pouco mais altos, com exceção de Faro que se mantém. Assim, estimam-se períodos de retorno de **5 anos** para **Bragança**, 7 anos

para o Porto e 4 anos para Faro. A **Figura 4.9** mostra que ao final de 15 anos, podem ser obtidas poupanças de cerca de **€79.827,66** para o concelho de Bragança (caso de estudo). Esta opção traduz uma poupança de **64,5%** no consumo de água.

Morais (2019), para um edifício com características semelhantes, obteve poupanças de água entre 63,7% e 71,1% e períodos de retorno entre 6 e 7 anos, aliando a um SAAP dispositivos de eficiência hídrica, mas considerando um reservatório de maior dimensão.

Desta forma, depois de todos os cenários estudados, conclui-se que: só com a alteração de dispositivos (torneiras) para outros hidricamente eficientes e certificados pela ANQIP, se podem obter poupanças de água entre **35,2%** e **46,3%**, sem se considerar a opção do sistema de rega. Aliando à alteração de dispositivos de eficiência hídrica, o aproveitamento de águas pluviais, estimam-se poupanças de água entre **64,5%** e **75,6%**, o que se traduz nesta última percentagem, numa poupança acumulada ao final de 15 anos, de cerca de **€97.257,07** e um período de retorno de 4 anos.

Assim, as duas opções e os cinco cenários estudados potenciam a viabilidade de eficiência hídrica no CESMaria.

Capítulo 5

Conclusões e Proposta para trabalhos futuros

5.1. Conclusões

Face à escassez de recursos hídricos e secas, existe uma crescente preocupação relativamente às aplicações da água para consumo humano. Assim, são urgentes políticas de uso eficiente da água (p.e.: reduzir os consumos, utilizando dispositivos hidricamente eficientes; reduzir as perdas e os desperdícios; recorrer a origens alternativas para aplicações não potáveis). De referir que, em diversos países, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios têm apresentado um grande desenvolvimento e há estudos que apontam o aproveitamento de águas pluviais como fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Com este trabalho, apresentam-se soluções para redução do consumo de água potável no Centro Escolar de Santa Maria da cidade de Bragança. Analisa-se ainda a viabilidade técnica e económica dessas soluções e uma comparação em outras zonas do País.

No concelho de Bragança, para a **opção 1 (Substituição de dispositivos de utilização) / cenários: 1.1 (para torneiras de lavatório de 1,8 L/min e da copa de 8,0 L/min) e 1.2 (para torneiras de lavatório de 5,0 L/min e da copa de 8,0 L/min)**, estimam-se poupanças anuais de água de 46,3%, 35,2%, respetivamente. Para investimentos iniciais de €5.229,59, €3.654,82, podem obter-se poupanças anuais de €4.926,52, €3.745,90,

respetivamente. Os tempos de retorno são de 2 e 1 anos, atingindo-se em 15 anos poupanças acumuladas de €74.072,02 e €56.642,61, respetivamente.

Utilizando um reservatório com volume de 15 m³, estima-se ser possível aproveitar 569,8 m³ (85%) de água pluvial total. Assim, para a **opção 2 (Aproveitamento de águas pluviais) / cenários: 2.1 (aproveitamento de águas pluviais e torneira da copa de 8,0 L/min), 2.2 (aproveitamento de águas pluviais, torneiras de lavatório de 1,8 L/min e da copa de 8,0 L/min) e 2.3 (aproveitamento de águas pluviais, torneiras de lavatório de 5,0 L/min e da copa de 8,0 L/min)**, estimam-se poupanças anuais de água de **45,4%, 75,6% e 64,5%**, respetivamente. Para investimentos iniciais de **€25.845,55, €30.845,62 e €29.270,85**, podem obter-se poupanças anuais de **€4.832,72, €8.036,74 e €6.856,13**, respetivamente. Os tempos de retorno são de **6, 4 e 5 anos**, atingindo-se em 15 anos poupanças acumuladas de €50.682,32, €97.257,07 e €79.827,66, respetivamente.

Importa mencionar que, tanto a opção 1 como a opção 2 são viáveis, podendo ser técnica e economicamente implementadas. E, se a estas opções se aliar a mudança de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos de rega, o consumo de água baixa, não sendo necessário qualquer investimento inicial no sistema de rega.

Desta forma, com este trabalho mostra-se que devem ser promovidos: o aproveitamento de águas pluviais, aliado à utilização de torneiras de eficiência hídrica certificadas pela ANQIP e a alteração de comportamentos na rega. Tais soluções, poderão conduzir a uma redução do consumo de água potável no Centro Escolar de Santa Maria, diminuindo o valor da fatura de água e minimizando os riscos de escassez hídrica na região.

5.2. Proposta para trabalhos futuros

Este trabalho pode ser complementado no futuro, nomeadamente no que respeita aos seguintes aspetos:

- Instalar medidores de caudal e amostradores nas redes prediais do Centro Escolar, para avaliar localmente o caudal descarregado, bem como udómetros na cobertura para medir a precipitação real;

- Potenciar a reutilização de águas cinzentas (provenientes de lavatórios) com a implementação de um Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC);
- Avaliar a viabilidade das soluções propostas noutras tipologias de edifícios que apresentem elevado consumo de água.

Referências bibliográficas

- Abrantes, S. (2017). Avaliação do potencial de reutilização de águas no Centro Social e Cultural de Santo Aleixo em Unhais da Serra (Dissertação de mestrado, Universidade da Beira Interior).
- Abrantes, S., Silva, F. & Albuquerque, A. (2018a). Recycling of rainwater in a social and cultural center. *Proceedings*, 2 (20), 1276.
- Abrantes, S., Silva, F. & Albuquerque, A. (2018b). Technical solutions for water reuse in a social and cultural center. *5th Annual Water Efficiency Conference*, Aveiro, Portugal.
- ANQIP, ETA 0701 (2015). Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP), Versão 9.
- ANQIP, ETA 0702 (2015). Certificação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, Versão 5.
- ANQIP, ETA 0802 (2015). Regulamento do sistema voluntário ANQIP de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos, Versão 6.
- ANQIP, ETA 0803 (2015). Rótulos de eficiência hídrica de produtos. Características e condições de utilização, Versão 4.
- ANQIP, ETA 0808 (2015). Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros de mictórios, Versão 3.
- ANQIP, ETA 0809 (2015). Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP de torneiras e fluxómetros de mictórios, Versão 3.
- ANQIP, www.anqip.pt, Acedido em novembro 2018.
- Agatón, A., Ruiz, J., & Sayago, U. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50) 141-153.
- Águas do Porto, www.aguasdoporto.pt, Acedido em fevereiro de 2019.
- APA - Agência Portuguesa do Ambiente. (2012). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*, www.apambiente.pt, Acedido em dezembro 2018.
- Aqua eXperience, www.aquaexperience.pt, Acedido em novembro 2018.

- Câmara Municipal de Bragança, www.cm-braganca.pt, Acedido em fevereiro de 2019.
- Casa do Eirado, www.casadoeirado.com, Acedido em dezembro de 2018.
- Cruz, S. (2016). Contribuição para a avaliação de técnicas de aproveitamento de água da chuva em comunidades urbana (Dissertação de mestrado, Universidade do Minho).
- Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais, Lisboa.
- Ecodepur, www.ecodepur.pt, Acedido em maio 2019.
- Erix, www.erix.pt, Acedido em maio 2019.
- FAGAR, www.fagar.pt, Acedido em fevereiro de 2019.
- Gonçalves, P. (2014). Consumos de água em Edifícios Universitários: Caso do DECivil da UA (Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro).
- Google Maps, www.google.pt/maps, Acedido em maio 2019.
- Grundfos, <https://pt.grundfos.com>, Acedido em outubro 2019.
- Marecos do Monte, H. & Albuquerque, A. (2010). *Reutilização de águas residuais*. Guia técnico n.º14. Lisboa: ERSAR.
- Marques, J. & Sousa, J. (2011). *Hidráulica urbana. Sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Matos, C. & Bentes, I. (2011). Water supply and drainage in buildings considering greywater use”. *37th CIB W062*, Aveiro, Portugal.
- Matos, P. (2018). Gestão da Água em Piscinas Municipais (Dissertação de mestrado, Faculdade de Economia da Universidade do Porto).
- Melo, F. (2014). Aproveitamento de águas pluviais para rega (Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa).
- Meireles, I., Gonçalves, P., Sousa, V. & Silva-Afonso, A. (2014). Water efficiency potencial in university Buildings: the DECivil building of the University of Aveiro. *40th IAHS World Congress on Housing – Sustainable Housing Construction*, Funchal, Portugal.
- Morais, T. (2019). Avaliação do potencial de eficiência hídrica num edifício público da cidade de Bragança: o caso do Centro Escolar da Sé (Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança).

- Município de Lamego, www.cm-lamego.pt, Acedido em setembro 2019.
- Oliveira, F. (2008). Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade (Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico).
- Pedroso, V. (2009). Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios. ITE 53, Lisboa: LNEC.
- Pedroso, V. (2016). *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*. Lisboa: LNEC.
- Pimentel-Rodrigues, C. (2008). Um modelo para a avaliação da eficiência hídrica de produtos (Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro).
- Politejo, www.politejo.com, Acedido em maio 2019.
- PORDATA, www.pordata.pt, Acedido em março 2019.
- Portilla, C., Gomes, R., Silva-Afonso, A., Pimentel-Rodrigues, C. & Tobar, F. (2018). Water efficiency evaluation model in non-residential buildings. Case study: University Buildings of Quito-Ecuador. *44th CIB W062*, Ponta Delgada, Açores, Portugal.
- Reis, R. & Ilha, M. (2011). Assessment of rainwater management systems in built-up areas with the aid of computer tools. *37th CIB W062*, Aveiro, Portugal.
- Saeidian, A. (2013). Ab-anbar, sustainable traditional water supply system in hot arid regions, remarkable example of Iranian vernacular architecture. *Elixir Sustain. Arc.*, 56A, 13584-13590.
- Santos, C., Taveira-Pinto, F., Cheng, C, & Leite, D. (2011). Optimizing Water consumption in Buildings. A study on the alternatives to potable water supply. *37th CIB W062*, Aveiro, Portugal.
- Silva, F. (2011). Estudo do potencial de recarga de aquíferos com águas residuais tratadas utilizando Sistemas de Informação Geográfica (Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior).
- Silva, F. (2015). Avaliação da capacidade reativa de solos residuais destinados à infiltração de águas residuais tratadas (Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior).
- Silva-Afonso, A. & Pimentel-Rodrigues, C. (2011). The importance of water efficiency in buildings in Mediterranean countries. The Portuguese experience. *International Journal of System Applications, Engineering & Development*, 5(2), 17-24.
- Silva-Afonso, A. & Pimentel-Rodrigues, C. (2014). Water policy for Buildings. A portuguese perspective. In Kemi Adeyeye (eds.), *Water efficiency in buildings: Theory and practice*. United Kingdom, John Wiley & Sons, Ltd., pp. 42-45.

- Silva-Afonso, A. & Pimentel-Rodrigues, C. (2017). *Manual de eficiência hídrica em edifícios*. Aveiro: ANQIP.
- Silva-Afonso, A. & Pimentel-Rodrigues. (2012). Aproveitamento de águas pluviais e de águas cinzentas em edifícios. Situação em Portugal. *11.º Congresso da Água*, Porto, Portugal.
- Silva-Afonso, A. (2009). Building rainwater harvesting systems. Doubts and certainties. *35th CIB W062*, Dusseldorf, Alemanha.
- Silva-Afonso, A., Pimentel-Rodrigues, C. & Lança, I. (2011). Reuse and recycling of greywater in buildings. The Portuguese approach. *37th CIB W062*, Aveiro, Portugal.
- Teixeira, N. (2013). Avaliação da viabilidade técnico-económica da reutilização de águas numa moradia unifamiliar (Dissertação de mestrado, Universidade da Beira Interior).
- Vieira, J. (2018). *Água e Saúde Pública*. Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- Water Label, www.europeanwaterlabel.eu, Acedido em dezembro 2018.
- World Water Council, www.worldwatercouncil.org, Acedido em dezembro 2018.

Anexos

Anexo I: Questionários

I.1: Questionário aplicado a Funcionários docentes e não docentes.

Questionário

No âmbito de uma Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, venho pedir a sua colaboração para responder a um questionário, em que se pretende saber quais são os seus hábitos relativamente ao **“Consumo de água no Centro Escolar”**. É muito importante que responda a todas as questões com sinceridade e empenho. Saliento ainda que assumo o compromisso de só fazer uso público da informação recolhida sob a forma de anonimato.

Agradeço, desde já, a sua colaboração.

1. Sexo: Masculino Feminino

2. Idade: _____

3. Qual é a sua função no Centro Escolar?

Docente do ensino Pré-escolar. É titular de turma? Sim Não

Docente do 1.º Ciclo. É titular de turma? Sim Não

Funcionário a tempo inteiro. Funções que desempenha: _____

Funcionário a tempo parcial. Funções que desempenha: _____

Outra: _____

4. Indique uma estimativa do número de vezes que diariamente lava as mãos: _____

4.1. Quando lava as mãos, indique uma estimativa do número de vezes que pressiona o “botão” da torneira: _____

4.2. Quando lava as mãos, usa sabonete:

Sempre Muitas vezes Poucas vezes Nunca

Responda às questões 5, 5.1, 5.2 e 5.3 se for do sexo masculino.

5. Indique uma estimativa do número de vezes que diariamente utiliza:

o urinol: _____ a sanita: _____

5.1. De cada vez que usa o urinol, indique uma estimativa do número de descargas que faz: _____

5.2. De cada vez que usa a sanita, indique uma estimativa do número de descargas que faz: _____

5.3. Habitualmente, para fazer as descargas na sanita, utiliza:

O “botão” maior (de 6L) O “botão” menor (de 3L) Os dois “botões” ao mesmo tempo

Responda às questões 6, 6.1 e 6.2 se for do sexo feminino.

6. Indique uma estimativa do número de vezes que diariamente utiliza a sanita: _____

6.1. De cada vez que usa a sanita, indique uma estimativa do número de descargas que faz: _____

6.2. Habitualmente, para fazer as descargas na sanita, utiliza:

O “botão” maior (de 6L) O “botão” menor (de 3L) Os dois “botões” ao mesmo tempo

7. Já assistiu a alguma ação de sensibilização sobre “o uso eficiente de água”?

Sim Não

Caso tenha respondido Sim, indique onde e em que contexto.

8. Considera que está sensibilizada(o) para “o uso eficiente de água”?

Sim Não Talvez Sem opinião

9. Quais as medidas que considera que devam ser aplicadas no Centro Escolar para um uso mais eficiente de água?

Obrigada pela colaboração!

Patrícia Ladeira do Vale, n. 931898
Aluna de Mestrado em Engenharia da Construção
ESTIG-IPB

I.2: Questionário aplicado a Funcionários docentes (Professores Titulares).

Questionário

No âmbito de uma Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, venho pedir a sua colaboração para responder a um questionário, em que se pretende que dê a sua opinião sobre os hábitos dos alunos da turma de que é titular, relativamente ao **“Consumo de água no Centro Escolar”**. É muito importante que responda a todas as questões com sinceridade e empenho. Saliento ainda que assumo o compromisso de só fazer uso público da informação recolhida sob a forma de anonimato.

Agradeço, desde já, a sua colaboração.

1. É docente do ensino: Pré-escolar 1.º Ciclo
2. Quantos alunos tem a turma de que é titular? _____
3. Entre que valores varia a idade dos alunos da turma? _____
4. Na turma, quantos alunos são do:
sexo masculino: _____ e do sexo feminino: _____
5. Indique uma estimativa do número de vezes que os alunos lavam diariamente as mãos: _____
- 5.1. Quando os alunos lavam as mãos, indique uma estimativa do número de vezes que pressionam o “botão” da torneira: _____
- 5.2. Quando os alunos lavam as mãos, usam sabonete:
 Sempre Muitas vezes Poucas vezes Nunca
6. As questões 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5 são referentes aos alunos do **sexo masculino**.
- 6.1. Indique o número de alunos que diariamente utiliza:
o urinol: _____ a sanita: _____
- 6.2. Indique uma estimativa do número de vezes que os alunos diariamente utilizam:
o urinol: _____ a sanita: _____
- 6.3. De cada vez que usam o urinol, indique uma estimativa do número de descargas que fazem: _____

6.4. De cada vez que usam a sanita, indique uma estimativa do número de descargas que fazem: _____

6.5. Habitualmente, para fazerem as descargas na sanita, utilizam:

O “botão” maior (de 6L) O “botão” menor (de 3L) Os dois “botões” ao mesmo tempo

7. As questões 7.1, 7.2 e 7.3 são referentes aos alunos do sexo feminino.

7.1. Indique uma estimativa do número de vezes que as alunas utilizam diariamente a sanita: _____

7.2. De cada vez que usam a sanita, indique uma estimativa do número de descargas que fazem: _____

7.3. Habitualmente, para fazerem as descargas na sanita, utilizam:

O “botão” maior (de 6L) O “botão” menor (de 3L) Os dois “botões” ao mesmo tempo

8. Os alunos já assistiram a alguma ação de sensibilização sobre “o uso eficiente de água”?

Sim Não

Caso tenha respondido Sim, indique qual e onde?

9. Quantos alunos da turma pensa que estão sensibilizados para “o uso eficiente de água”?

Todos A maioria Apenas alguns Nenhum deles

Obrigada pela colaboração!

Patrícia Ladeira do Vale, n. 931898
Aluna de Mestrado em Engenharia da Construção
ESTiG-IPB

Anexo II: Dados de Precipitação

Tabela II.1: Dados da pluviosidade da estação meteorológica de Bragança (mm).

Bragança	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
2010	134,9	201,2	107,7	109,7	65,7	104,8	3,1	0,6	31,6	141,7	77,1	213,3
2011	108,4	90,0	81,4	63,8	46,4	14,9	1,1	47,4	20,1	71,5	136,8	31,5
2012	12,8	0,0	3,5	80,6	65,5	13,9	19,0	12,2	-	67,4	80,8	94,2
2013	142,6	69,0	168,0	64,1	35,8	3,6	15,8	0,0	47,4	151,5	11,1	161,6
2014	164,4	151,0	40,0	60,8	32,7	16,0	33,9	-	88,5	130,1	171,4	38,3
2015	48,0	18,2	2,3	48,8	45,2	57,6	2,4	5,5	78,0	166,3	105,1	69,6
2016	258,0	136,9	59,7	175,3	104,6	8,5	0,5	10,1	21,7	65,5	82,9	47,3
2017	46,2	173,0	49,0	15,9	74,4	5,8	6,6	5,3	0,0	17,2	45,3	116,2
2018	54,2	51,6	239,8	89,8	37,7	118,7	11,2	0,0	20,8	46,7	196,9	55,2

Tabela II.2: Dados da pluviosidade da estação meteorológica do Porto (mm).

Porto	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
2010	147,3	146,4	165,4	48,0	49,0	53,8	4,1	4,2	13,9	210,1	168,1	130,9
2011	130,4	159,6	68,6	24,5	19,7	4,1	13,9	26,5	36,4	115,9	169,2	94,4
2012	35,1	5,0	16,5	95,1	120,4	51,1	5,6	67,9	45,5	154,0	89,7	179,6
2013	216,0	84,4	234,5	78,6	51,6	34,5	3,4	0,2	-	276,0	50,6	105,7
2014	-	362,2	96,2	112,7	69,6	25,6	53,3	34,9	157,5	217,3	281,2	34,1
2015	116,3	73,5	27,8	59,1	128,8	48,6	9,0	23,9	131,4	145,5	76,4	153,5
2016	347,1	248,8	117,2	166,5	178,7	34,9	0,0	9,8	46,8	109,9	210,2	59,0
2017	100,9	162,6	116,0	26,0	110,0	20,0	4,3	2,2	13,4	43,5	65,6	162,8
2018	133,2	110,7	237,5	178,6	28,6	44,2	-	2,2	11,0	113,5	265,6	135,0

Tabela II.3: Dados da pluviosidade da estação meteorológica de Faro (mm).

Faro	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
2010	124,0	157,9	52,9	60,9	5,1	7,7	0,1	0,0	1,7	45,8	65,2	196,2
2011	41,1	49,4	87,5	45,3	98,1	0,0	0,0	0,2	6,2	60,2	126,1	8,1
2012	12,3	0,0	33,9	27,8	5,2	0,2	0,0	0,0	-	58,2	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	29,1	95,8	7,0	48,8
2014	68,2	77,6	33,8	83,2	-	1,1	2,1	0,0	44,9	87,0	141,8	9,6
2015	40,4	11,2	17,0	13,9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,5	119,5	105,0	34,5
2016	30,8	21,7	4,0	39,2	119,8	0,0	0,0	0,0	9,3	74,1	81,4	95,4
2017	30,2	82,9	78,4	21,2	25,0	4,6	0,0	-	0,0	7,5	27,5	39,9
2018	38,9	54,6	129,8	90,3	10,8	32,7	0,1	0,7	1,2	61,8	67,4	5,9

Anexo III: Fichas técnicas de torneiras

III.1: Fichas técnicas das torneiras de lavatório e copa.

DOCOL



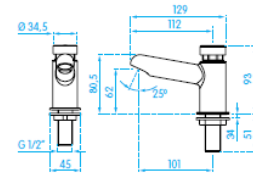
Poupança
Água
até
48%



NEW Torneira temporizada para lavatório Alfa

- Perlator embutido com fluxo constante de 1,8 lts/min garante maior economia de água, proporciona conforto de utilização e evita salpicos
- Temporização: 6 seg.
- Classe de pressão: 0,2 – 4 bar
- Temperatura máxima: 40°C
- Acabamento cromado biníquel de alta resistência à corrosão, conservando a beleza por muito mais tempo

Referência ET443



Poupança
Água
até
48%



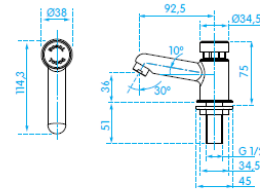
Torneira temporizada para lavatório Compact



Solução ideal para aplicação em cubas pequenas.

- Temporização 6 segundos
- Classe de pressão: 0,2 a 4 bar
- Temperatura máxima da água: 40 °C
- Acabamento cromado biníquel de alta resistência à corrosão, conservando a beleza do produto por muito mais tempo

Referência ET010

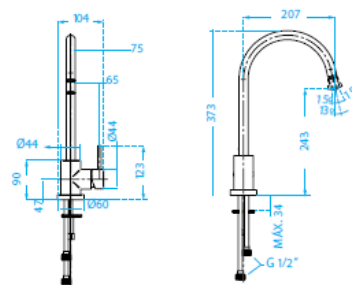


NEW Misturadora para lava-loiça Monet



- Bica giratória com rotação de 360° que proporciona flexibilidade e otimiza espaço
- Perlator embutido com fluxo constante de 8 lts/min garante maior economia de água, proporciona conforto de utilização e evita salpicos
- Classe de pressão: 1 – 4 bar
- Temperatura máxima: 70 °C
- Acabamento cromado biníquel de alta resistência à corrosão, conservando a beleza do produto por muito mais tempo

Referência ET483



Anexo IV: Dimensões de tubagens

Tabela IV.1: Dimensões mais usuais das tubagens de PEAD ^(*) (Pedroso, 2016).

DN (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura da parede (mm)	
	Máximo	Mínimo	Classe 1 MPa	
			Máximo	Mínimo
20	20,3	20,0	2,4	2,0
25	25,3	25,0	2,8	2,3
32	32,3	32,0	3,5	3,0
40	40,4	40,0	4,3	3,7
50	50,4	50,0	5,3	4,6

^(*) Rugosidade da tubagem ($K_s = 125 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$) (Marques & Sousa, 2011)

Tabela IV.2: Dimensões mais usuais das tubagens de Aço Inox ^(*) (Pedroso, 2016).

DN (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura da parede (mm)
	Máximo	Mínimo	
15	15,045	14,940	0,6
18	18,045	17,940	0,7
22	22,055	21,950	0,7
28	28,055	28,950	0,8

^(*) Rugosidade da tubagem ($K_s = 100 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$) (Pedroso, 2016)

Tabela IV.3: Dimensões mais usuais das tubagens de PVC ^(*) (Politejo, www.politejo.com).

DN (mm)	Diâmetro interior máximo (mm)	Espessura da parede (mm)
110	110,4	2,7
160	152,0	4,0
200	190,2	4,9
250	237,6	6,2
315	299,6	7,7
400	380,4	9,8

^(*) Rugosidade da tubagem ($K_s = 120 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$) (Pedroso, 2016)

Anexo V: Dimensionamento das redes prediais

Tabela V.1: Redimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais (resumo).

Coletor	Troço	Q _a (L/min)	i (m/m)	DN (mm)
CP14	CP14-CP15	99,45	0,02	200
CP15	CP15-CP16	198,90		200
CP16	CP16-CP17	198,90		200
CP17	CP17-CP22	298,35		200
CP18	CP18-CP19	73,51		200
CP19	CP19-CP22	73,51		200
CP20	CP20-CP22	139,83		200
CP22	CP22-CP23	511,69		315
CP23	C23-CP24	511,69		315
CP21	CP21-CP24	100,61		200
CP24	CP24-CP25	612,30		315
CP25	CP25-CP26	612,30		315
CP13	CP13-CP26	1311,90		315
CP26	CP26-Reservatório	1924,20		315

Tabela V.2: Dimensionamento da rede predial de abastecimento com águas pluviais (resumo).

Troço	Q _a (l/s)	Q _c (l/s)	DN (mm)	v (m/s)	J (m/m)	P _j (m.c.a)	P _m (m.c.a)
F1	0,30	0,295	22	0,87	0,083	15,49	15,99
F2	0,60	0,421	22	1,29	0,189	16,90	17,48
F3	0,90	0,518	28	0,95	0,072	17,48	18,39
F4	1,00	0,547	28	1,00	0,081	18,47	19,11
F5	0,30	0,295	28	0,54	0,023	19,87	19,88
F6	1,30	0,626	28	1,14	0,106	20,35	21,33
F7	0,40	0,342	22	1,02	0,118	21,95	23,14
F8	0,20	0,239	18	1,11	0,183	23,48	24,56
F9	0,40	0,342	22	1,02	0,118	25,19	26,41
F10	0,20	0,239	18	1,11	0,183	26,75	26,76
F11	0,20	0,239	18	1,11	0,183	27,10	28,25
F12	0,40	0,342	22	1,02	0,118	28,67	29,77
F13	0,60	0,421	22	1,26	0,179	30,78	30,94
F14	0,10	0,168	15	1,12	0,241	31,03	32,34
F15	1,00	0,547	28	1,00	0,081	32,34	32,63
F16	1,30	0,626	28	1,14	0,106	32,96	34,11
F17	1,30	0,626	32	1,18	0,073	34,11	43,08
F18	0,20	0,239	18	1,11	0,183	43,43	44,50
F19	0,40	0,342	22	1,02	0,118	45,13	46,36
F20	1,20	0,601	32	1,13	0,068	46,36	54,08
F21	0,30	0,295	22	0,88	0,088	54,57	54,65
F22	0,20	0,239	18	1,11	0,183	55,00	55,04
F23	2,30	0,839	40	1,01	0,039	55,04	59,59
F24	3,60	1,039	50	0,79	0,018	59,59	59,63

Anexo VI: Peças desenhadas

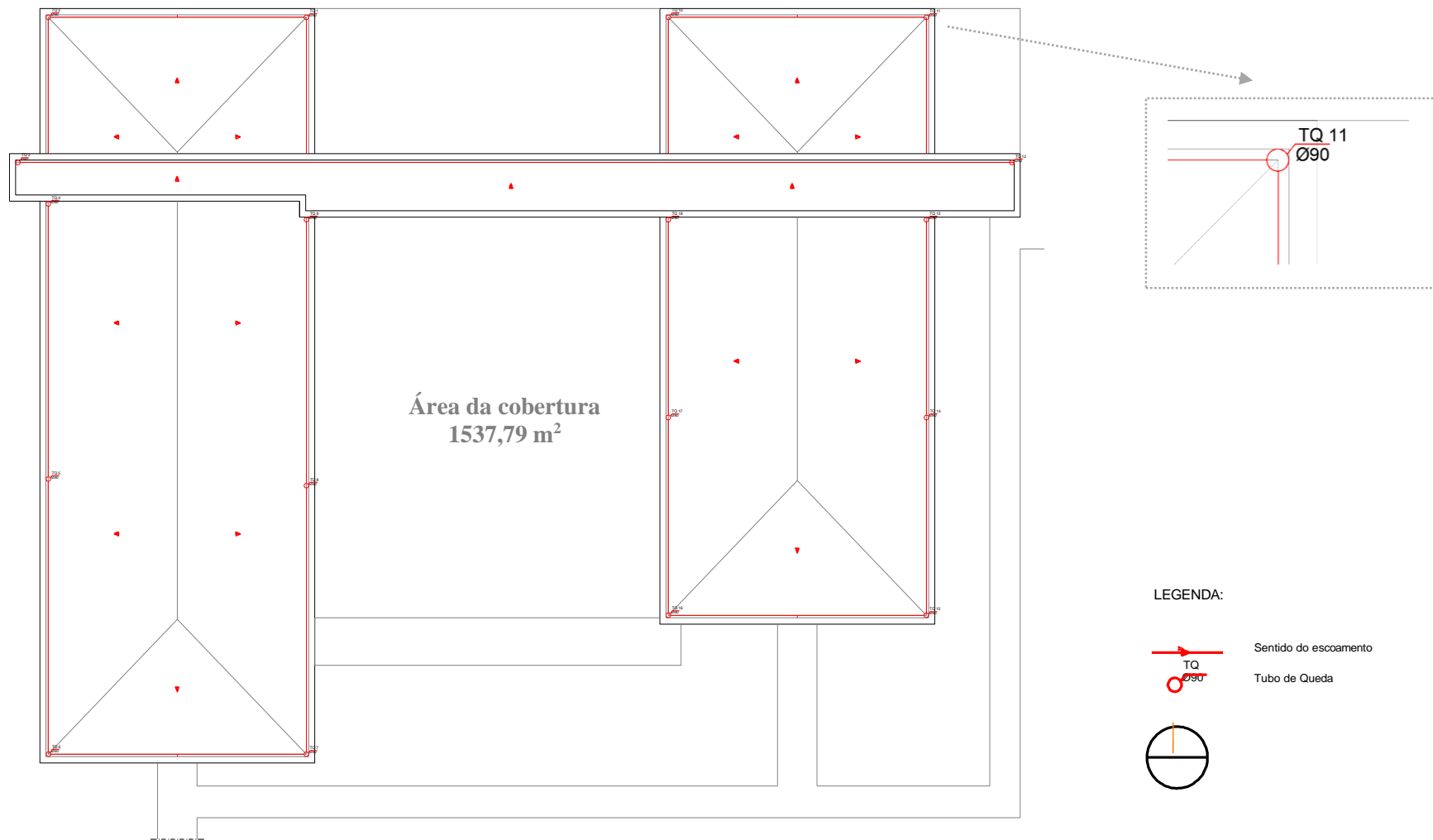


Figura VI.1: Rede predial de drenagem de águas pluviais - Planta da cobertura (sem escala).

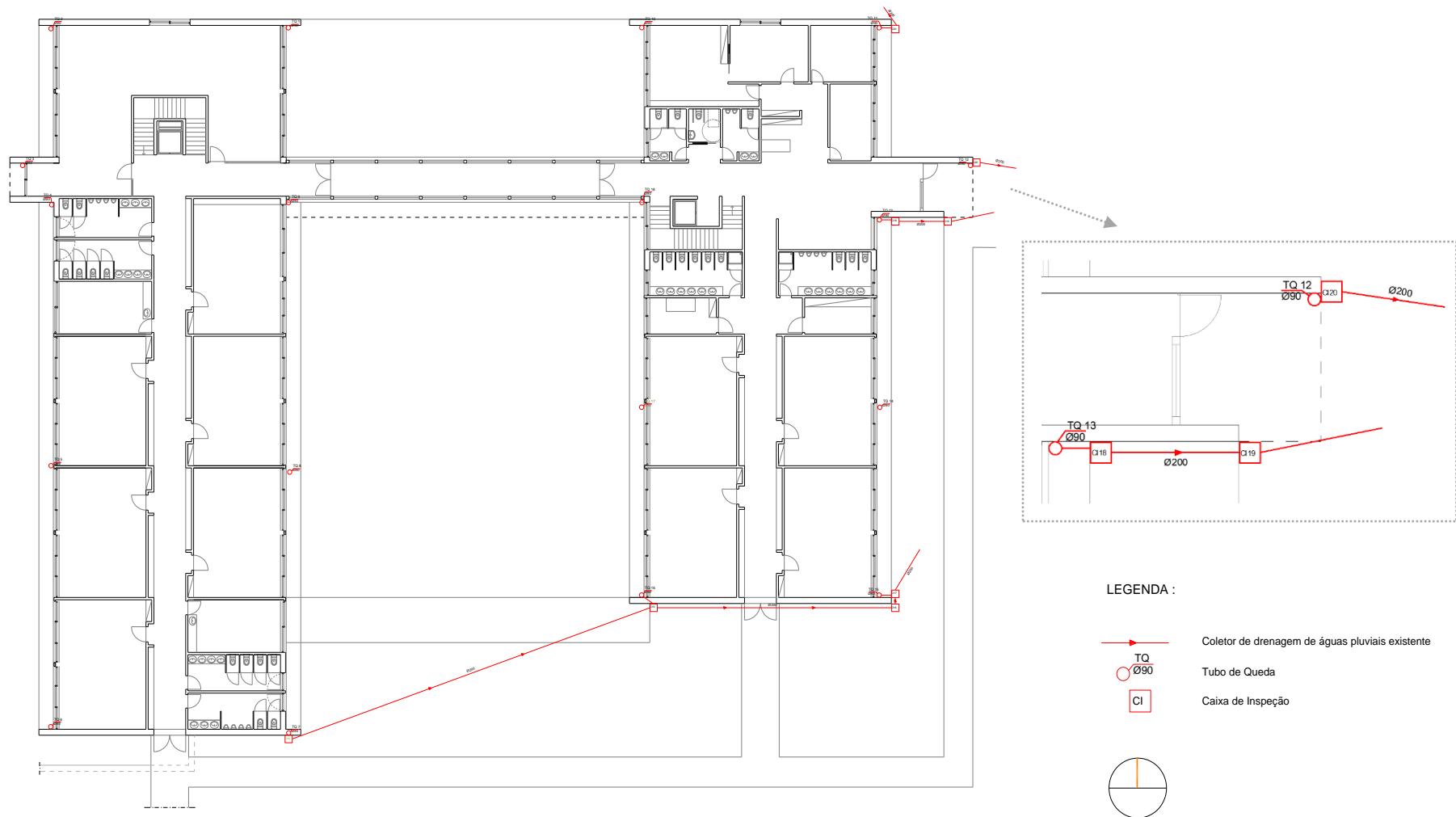


Figura VI.2: Rede predial de drenagem de águas pluviais – Piso 0 (sem escala).

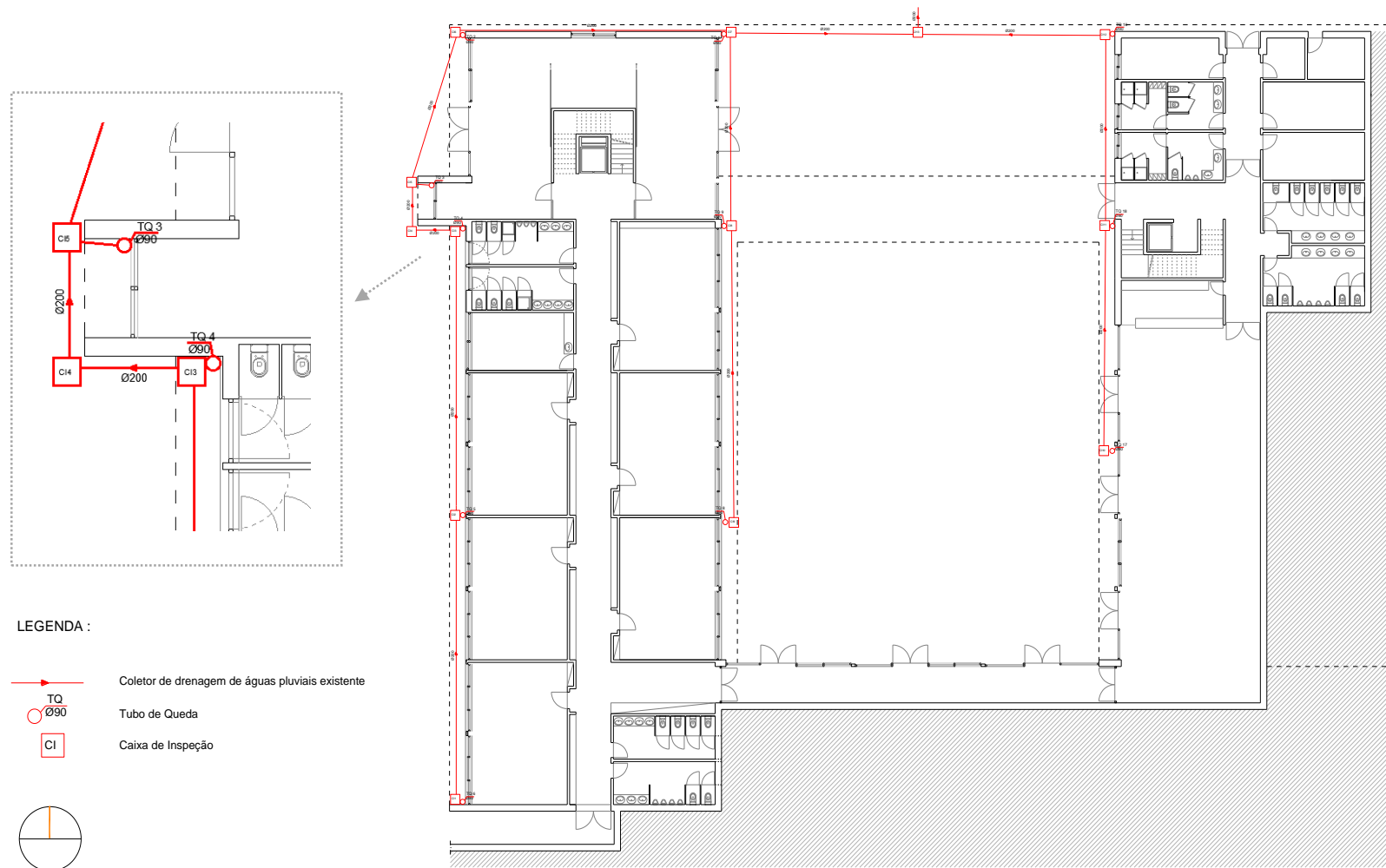


Figura VI.3: Rede predial de drenagem de águas pluviais – Piso -1 (sem escala).

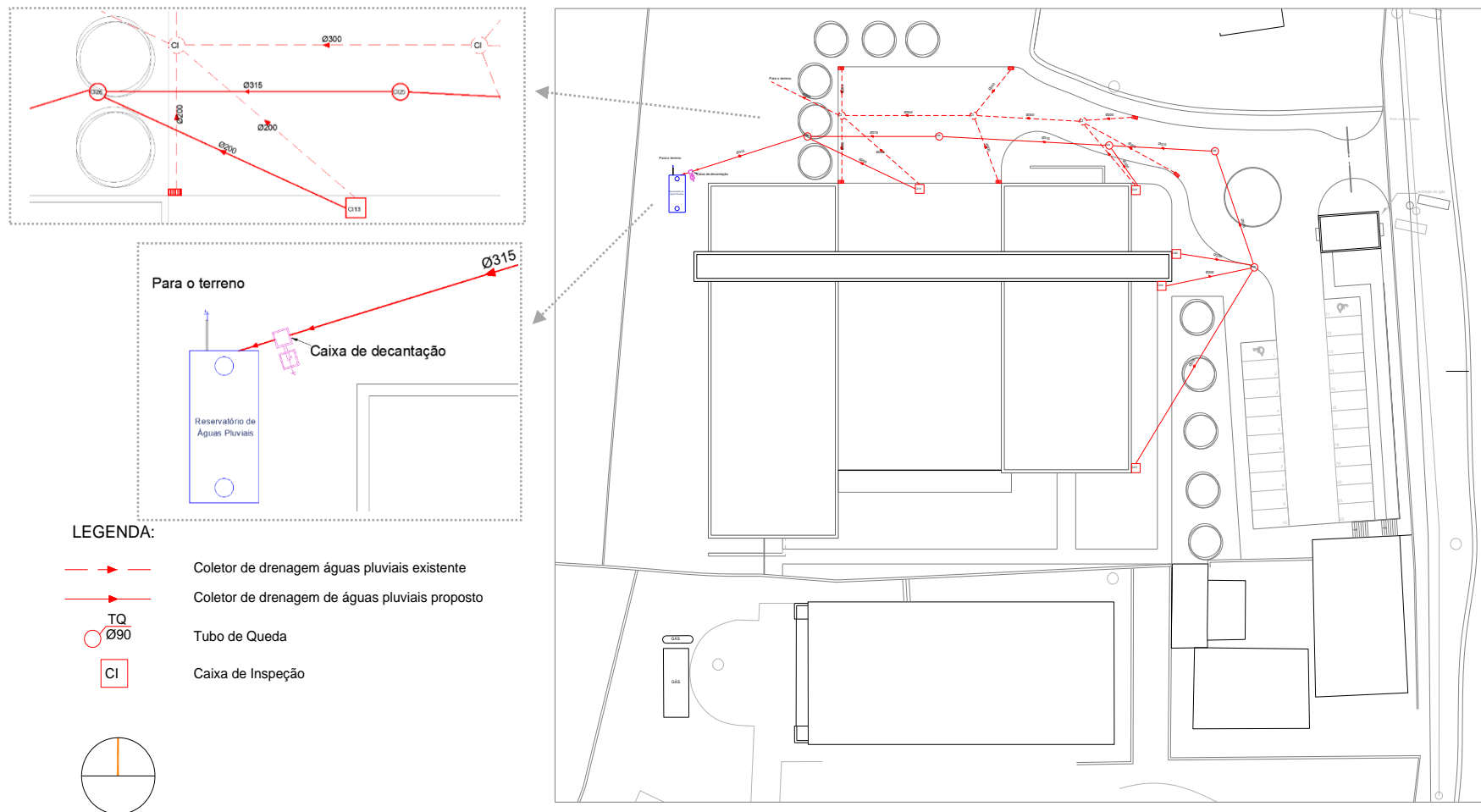


Figura VI.4: Rede predial de drenagem de águas pluviais – Pisos 0 e -1 (sem escala).

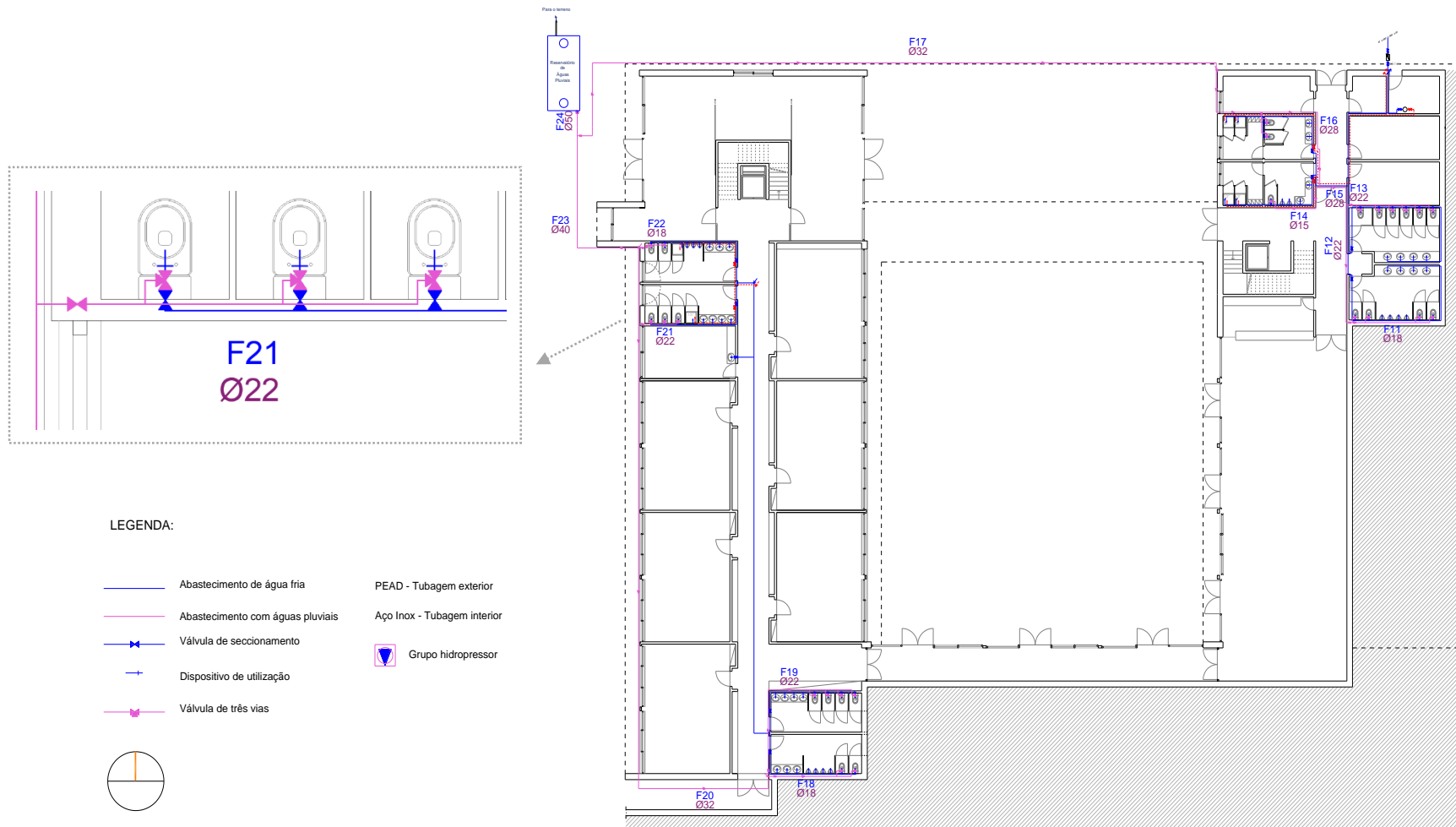


Figura VI.5: Rede predial de distribuição com águas pluviais – Piso 0 (sem escala).

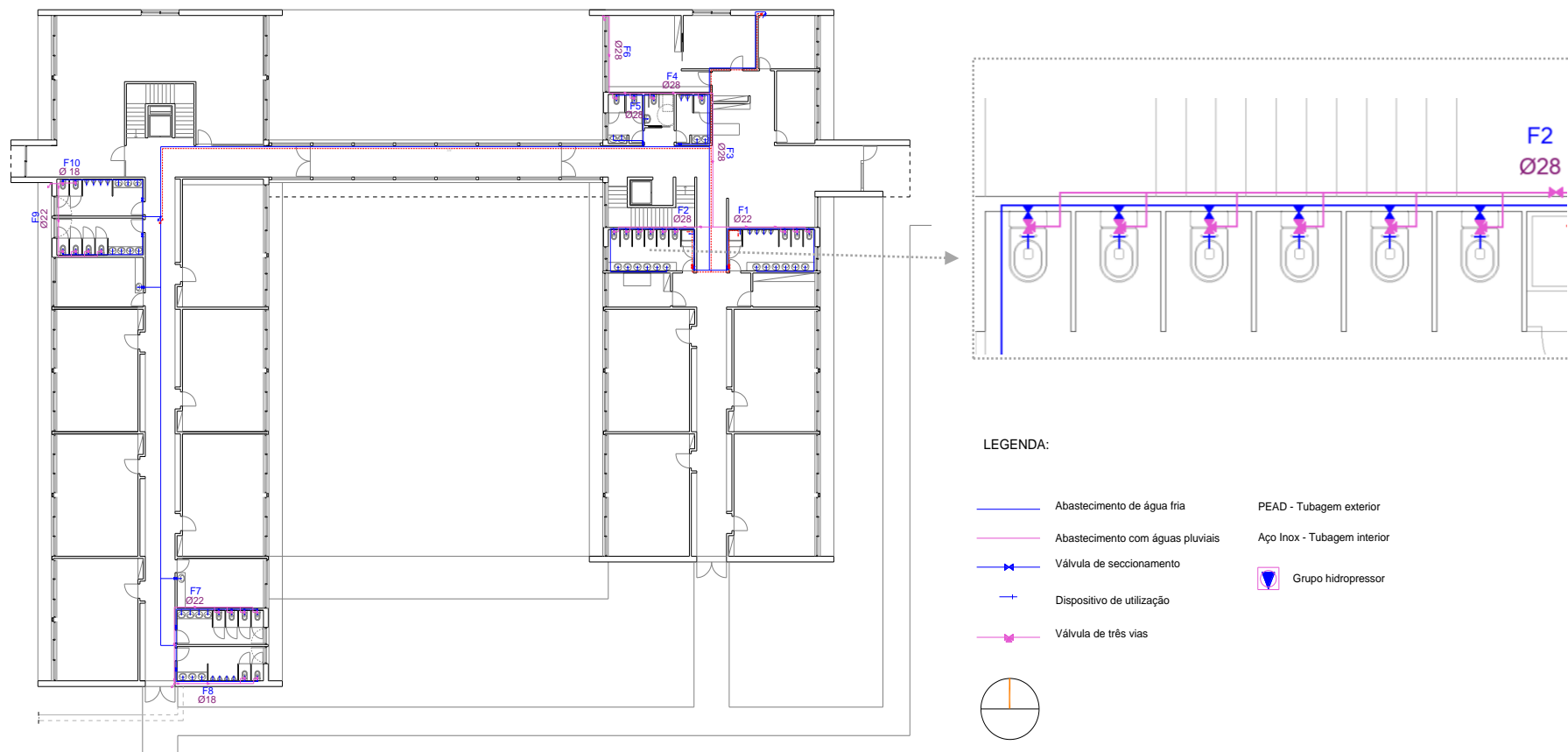


Figura VI.6: Rede predial de distribuição com águas pluviais – Pisos -1 (sem escala).

Anexo VII: Mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP

Tabela VII.1: Reservatório com capacidade de 15000 L (Bragança) (Adaptada de Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Precipitações médias mensais (P) - dados IPMA (mm) de 2010 a 2018:

outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro
95,32	100,82	91,91	107,72	98,99	83,49	78,76	56,44	38,20	10,40	10,14	38,51

Coefficiente de *run off* da cobertura (C) = 0,80 Eficiência hídrica da filtragem (η) = 0,90 Área de Captação (A) = 1537,79 m²

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade-Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
outubro	95,32	55,89	105,54	49,65	49,65	15,00	15,00	15,00	0,00
novembro	100,82	55,89	111,63	55,74	55,74		15,00	15,00	0,00
dezembro	91,91	55,89	101,76	45,87	45,87		15,00	15,00	0,00
janeiro	107,72	55,89	119,27	63,38	63,38		15,00	15,00	0,00
fevereiro	98,99	55,89	109,60	53,71	53,71		15,00	15,00	0,00
março	83,49	55,89	92,44	36,55	36,55		15,00	15,00	0,00
abril	78,76	55,89	87,20	31,31	31,31		15,00	15,00	0,00
maio	56,44	55,89	62,50	6,61	6,61		15,00	15,00	0,00
junho	38,20	55,89	42,30	-13,59	0,00		15,00	1,41	0,00
julho	10,40	55,89	11,51	-44,38	0,00		1,41	0,00	42,97
agosto	10,14	55,89	11,22	-44,67	0,00		0,00	0,00	44,67
setembro	38,51	55,89	42,64	-13,25	0,00		0,00	0,00	13,25
TOTAIS	810,71	670,68	900,62						100,88

Aproveitamento de água pluvial total (m³) = 569,80 → 84,96 %

Tabela VII.2: Reservatório com capacidade de 30000 L (Bragança) (Adaptada de Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Precipitações médias mensais (P) - dados IPMA (mm) de 2010 a 2018:

outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro
95,32	100,82	91,91	107,72	98,99	83,49	78,76	56,44	38,20	10,40	10,14	38,51

Coeficiente de *run off* da cobertura (C) = 0,80 Eficiência hídrica da filtragem (η) = 0,90 Área de Captação (A) = 1537,79 m²

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade-Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
outubro	95,32	55,89	105,54	49,65	49,65	30,00	30,00	30,00	0,00
novembro	100,82	55,89	111,63	55,74	55,74		30,00	30,00	0,00
dezembro	91,91	55,89	101,76	45,87	45,87		30,00	30,00	0,00
janeiro	107,72	55,89	119,27	63,38	63,38		30,00	30,00	0,00
fevereiro	98,99	55,89	109,60	53,71	53,71		30,00	30,00	0,00
março	83,49	55,89	92,44	36,55	36,55		30,00	30,00	0,00
abril	78,76	55,89	87,20	31,31	31,31		30,00	30,00	0,00
maio	56,44	55,89	62,50	6,61	6,61		30,00	30,00	0,00
junho	38,20	55,89	42,30	-13,59	0,00		30,00	16,41	0,00
julho	10,40	55,89	11,51	-44,38	0,00		16,41	0,00	27,97
agosto	10,14	55,89	11,22	-44,67	0,00		0,00	0,00	44,67
setembro	38,51	55,89	42,64	-13,25	0,00		0,00	0,00	13,25
TOTAIS	810,71	670,68	900,62						85,88

Aproveitamento de água pluvial total (m³) = 584,80 → 87,19 %

Tabela VII.3: Reservatório com capacidade de 50000 L (Bragança) (Adaptada de Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Precipitações médias mensais (P) - dados IPMA (mm) de 2010 a 2018:

outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro
95,32	100,82	91,91	107,72	98,99	83,49	78,76	56,44	38,20	10,40	10,14	38,51

Coeficiente de *run off* da cobertura (C) = 0,80 Eficiência hídrica da filtragem (η) = 0,90 Área de Captação (A) = 1537,79 m²

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade-Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
outubro	95,32	55,89	105,54	49,65	49,65	50,00	50,00	50,00	0,00
novembro	100,82	55,89	111,63	55,74	55,74		50,00	50,00	0,00
dezembro	91,91	55,89	101,76	45,87	45,87		50,00	50,00	0,00
janeiro	107,72	55,89	119,27	63,38	63,38		50,00	50,00	0,00
fevereiro	98,99	55,89	109,60	53,71	53,71		50,00	50,00	0,00
março	83,49	55,89	92,44	36,55	36,55		50,00	50,00	0,00
abril	78,76	55,89	87,20	31,31	31,31		50,00	50,00	0,00
maio	56,44	55,89	62,50	6,61	6,61		50,00	50,00	0,00
junho	38,20	55,89	42,30	-13,59	0,00		50,00	36,41	0,00
julho	10,40	55,89	11,51	-44,38	0,00		36,41	0,00	7,97
agosto	10,14	55,89	11,22	-44,67	0,00		0,00	0,00	44,67
setembro	38,51	55,89	42,64	-13,25	0,00		0,00	0,00	13,25
TOTAIS	810,71	670,68	900,62						65,88

Aproveitamento de água pluvial total (m³) = 604,80 → 90,18 %

Anexo VIII: Fichas técnicas do reservatório e bomba

Anexo VIII.1: Ficha técnica do reservatório de águas pluviais com capacidade de 15 m³.

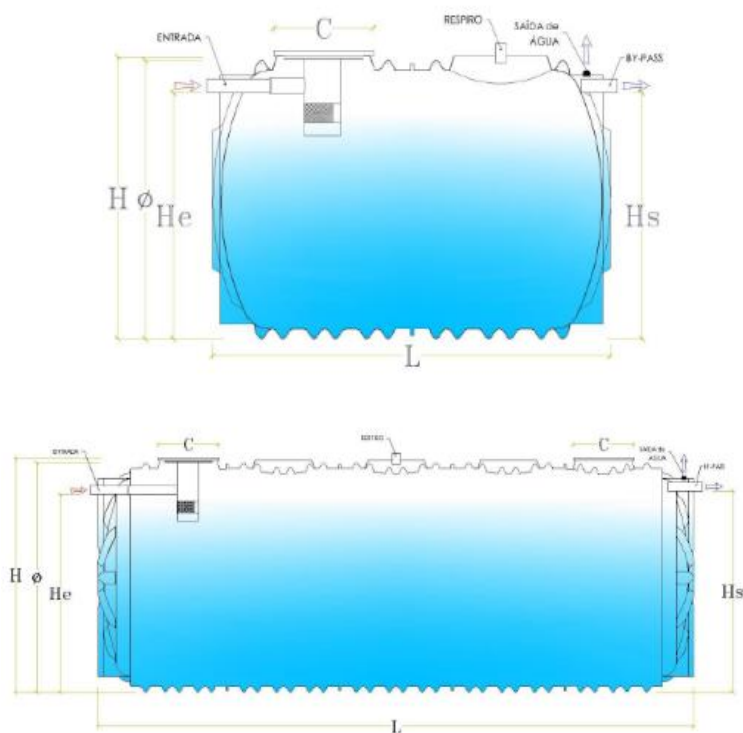


AQUAPLÚVIA SUBTERRÂNEO COM FILTRO DE PARTÍCULAS INCORPORADO – RSC/SAAP



PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS


- ✦ Fabricado em polietileno linear aditivado anti-UV, por sistema de rotomoldagem;
- ✦ Cor preta
- ✦ Reforços horizontais e verticais devidamente situados, que dotam a estrutura de elevada resistência;
- ✦ Entrada de Homem Ø 790 mm;
- ✦ Filtro de Partículas Incorporado amovível e de fácil limpeza (retenção de partículas > 1.2 mm);
- ✦ Entrada/ By-pass Ø 125 mm;
- ✦ Saída de água tratada - Passa-muros MF 2" x 1 1/2";
- ✦ Respiro: reservatórios Ø 2.190 - diâmetro 90mm; Reservatórios Ø 2.980 - diâmetro 110 mm.

Modelo	Volume (l)	Ø (mm)	L (mm)	H (mm)	C (mm)	Ø Tubagem (mm)
RSCC/SAAP-15.000	15.000	2.190	4.980	2.265	790	125



Anexo VIII.2: Ficha técnica da bomba com potência de 1,6 cv.

GRUNDFOS 		Nome empresa: Criado por: Telefone:
		Data: 15/10/2019
Quantid.	Descrição	
1	<p>Unilift AP12.40.08.3</p>  <p style="text-align: center;">Nota! Imagem do produto pode diferir do prod. real</p> <p>Código: 96001791 Bomba submersível de drenagem</p> <p>Bomba submersível monocelular vertical em aço inoxidável com orifício de descarga vertical e motor de 3 fases submersível integrado, totalmente blindado, com classe de isolamento F. A bomba está equipada com um filtro na aspiração.</p> <p>Impulsor do tipo SEMIABERTO com passagem livre de 12 mm, adequado para o bombeamento de águas de superfície, águas subterrâneas, águas pluviais e semelhantes.</p> <p>A bomba possui um empanque duplo e uma câmara de óleo intermédia pré-abastecida com óleo especial não tóxico.</p> <p>A bomba tem um tubo de elevação, uma camisa de arrefecimento para o arrefecimento contínuo do motor pelo líquido bombeado e rolamentos de esferas de longa duração, profundamente estriados, com massa permanente.</p> <p>A bomba está preparada para a utilização, equipada com uma pega de transporte e é fornecida com um cabo de alimentação 10 m. Este cabo é do tipo tomada com massa vedante com fibra de vidro no acoplamento para prevenir que entre humidade nos enrolamentos do estator.</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Todos os líquidos Newtonianos Gama de temperatura do líquido: 0 .. 55 °C Densidade: 998.2 kg/m³</p> <p>Técnicos: Caudal efectivo calculado: 3.938 m³/h Altura manométrica resultante da bomba: 13.17 m Tipo de impulsor: SEMIABERTO Dimensão máxima das partículas: 12 mm</p> <p>Materiais: Corpo da bomba: Aço inoxidável DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304 Impulsor: Aço inoxidável DIN W.-Nr. 1.4301</p>	

		Nome empresa: Criado por: Telefone:
		Data: 15/10/2019
Quantid.	Descrição	
	AISI 304	
	Instalação: Descarga da bomba: Rp 1 1/2 Profundidade máxima da instalação: 7 m	
	Car. eléctricas: Potência absorvida - P1: 1.2 kW Frequência da rede: 50 Hz Tensão nominal: 3 x 400 V Corrente nominal: 2.1 A Cos phi - factor de potência: 0.87 Velocidade nominal: 2810 rpm Classe de protecção (IEC 34-5): IP68 Classe de isolamento (IEC 85): F Comprimento do cabo: 10 m Tipo de tomada do cabo: NONE	
	Outros: Peso líquido: 11.5 kg Peso bruto: 12.5 kg Danish VVS No.: 391314131 Swedish RSK No.: 5880115 País de origem: HU Nº taxa aduaneira: 84137021	

Anexo IX: Período de retorno do investimento

Tabela IX.1: Período de retorno do investimento para um estudo de 15 anos (Cenário 1.1 da Opção 1)

Bragança								
N.º Anos	1	2	---	8	9	10	---	15
Valor do Investimento (€)	5.229,59	0,00	---	0,00	0,00	0,00	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	4.926,52	4.975,78	---	5.281,89	5.334,71	5.388,06	---	5.662,90
Lucro (€)	-303,07	4.672,71	---	35.589,90	40.924,61	46.312,67	---	74.072,02
Porto								
N.º Anos	1	2	---	8	9	10	---	15
Valor do Investimento (€)	5.229,59	0,00	---	0,00	0,00	0,00	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	3.359,41	3.393,00	---	3.601,74	3.637,75	3.674,13	---	3.861,55
Lucro (€)	-1.870,19	1.522,81	---	22.605,34	26.243,09	29.917,22	---	48.846,41
Faro								
N.º Anos	1	2	---	8	9	10	---	15
Valor do Investimento (€)	5.229,59	0,00	---	0,00	0,00	0,00	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	6.325,93	6.389,19	---	6.782,26	6.850,08	6.918,58	---	7.271,50
Lucro (€)	1.096,34	7.485,54	---	47.185,01	54.035,09	60.953,67	---	96.598,30

Tabela IX.2: Período de retorno do investimento para um estudo de 15 anos (Cenário 1.2 da Opção 1)

Bragança								
N.º Anos	1	2	---	8	9	10	---	15
Valor do Investimento (€)	3.654,82	0,00	---	0,00	0,00	0,00	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	3.745,90	3.783,36	---	4.016,12	4.056,28	4.096,84	---	4.305,82
Lucro (€)	91,08	3.874,45	---	27.382,51	31.438,79	35.535,63	---	56.642,61
Porto								
N.º Anos	1	2	---	8	9	10	---	15
Valor do Investimento (€)	3.654,82	0,00	---	0,00	0,00	0,00	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	2.554,34	2.579,89	---	2.738,60	2.765,99	2.793,65	---	2.936,15
Lucro (€)	-1.100,48	1.479,41	---	17.509,63	20.275,61	23.069,26	---	37.462,18
Faro								
N.º Anos	1	2	---	8	9	10	---	15
Valor do Investimento (€)	3.654,82	0,00	---	0,00	0,00	0,00	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	4.809,96	4.858,06	---	5.156,93	5.208,50	5.260,58	---	5.528,92
Lucro (€)	1.155,14	6.013,20	---	36.198,92	41.407,42	46.668,00	---	73.770,60

Tabela IX.3: Período de retorno do investimento para um estudo de 15 anos (Cenário 2.1 da Opção 2)

Bragança								
N.º Anos	1	2	---	6	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	25.845,55	0,00	---	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	4.832,72	4.881,04	---	5.079,23	---	5.285,47	---	5.555,08
Lucro (€)	-21.012,83	-16.131,79	---	3.855,39	---	23.451,50	---	50.682,32
Porto								
N.º Anos	1	2	---	8	9	10	---	15
Valor do Investimento (€)	25.845,55	0,00	---	0,00	0,00	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	3.374,65	3.408,39	---	3.618,08	3.654,26	3.690,80	---	3.879,07
Lucro (€)	-22.470,90	-19.062,50	---	2.115,68	5.769,94	8.196,89	---	27.211,97
Faro								
N.º Anos	1	2	---	5	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	25.845,55	0,00	---	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	5.469,43	5.524,12	---	5.691,51	---	5.981,83	---	6.286,97
Lucro (€)	-20.376,12	-14.852,00	---	2.054,04	---	30.112,93	---	60.931,43

Tabela IX.4: Período de retorno do investimento para um estudo de 15 anos (Cenário 2.2 da Opção 2)

Bragança								
N.º Anos	1	2	3	4	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	30.845,62	0,00	0,00	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	8.036,74	8.117,11	8.198,28	8.280,26	---	8.789,66	---	9.238,02
Lucro (€)	-22.808,88	-14.691,78	- 6.493,50	1.786,76	---	51.972,59	---	97.257,07
Porto								
N.º Anos	1	2	---	6	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	30.845,62	0,00	---	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	5.559,48	5.615,08	---	5.843,07	---	6.080,32	---	6.390,48
Lucro (€)	-25.286,14	-19.671,06	---	3.356,39	---	26.055,00	---	57.380,91
Faro								
N.º Anos	1	2	3	4	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	30.845,62	0,00	0,00	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	9.583,58	9.679,42	9.776,21	9.873,97	---	10.481,42	---	11.016,08
Lucro (€)	-21.262,04	-11.582,62	- 1.806,41	8.067,56	---	68.155,99	---	122.156,42

Tabela IX.5: Período de retorno do investimento para um estudo de 15 anos (Cenário 2.3 da Opção 2)

Bragança								
N.º Anos	1	2	---	5	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	29.270,85	0,00	---	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	6.856,13	6.924,69	---	7.134,51	---	7.498,44	---	7.880,94
Lucro (€)	-22.414,72	-15.490,04	---	5.702,28	---	41.195,56	---	79.827,66
Porto								
N.º Anos	1	2	---	7	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	29.270,85	0,00	---	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	4.754,42	4.801,96	---	5.046,91	---	5.199,84	---	5.465,08
Lucro (€)	-24.516,43	-19.714,47	---	5.025,31	---	19.207,04	---	45.996,67
Faro								
N.º Anos	1	2	3	4	---	10	---	15
Valor do Investimento (€)	29.270,85	0,00	0,00	0,00	---	1.263,85	---	0,00
Valor de poupança de água (€)	8.067,61	8.148,28	8.229,77	8.312,06	---	8.823,42	---	9.273,51
Lucro (€)	-21.203,24	-13.054,96	-4.825,20	3.486,87	---	53.870,31	---	99.328,72

Publicações

Resumo em conferência

- Vale, P., Albuquerque, A. & Silva, F. (2019, dezembro). *Aproveitamento de águas pluviais no Centro Escolar de Santa Maria em Bragança*. Comunicação apresentada no VI Encontro de Jovens Investigadores do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança (*aceite para publicação*).