



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Avaliação da Viabilidade Técnico-Económica da Reutilização de Águas numa Moradia Unifamiliar

Nuno Miguel Rodrigues Teixeira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil - Ramo Geotecnia e Ambiente
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor António João Carvalho de Albuquerque
Co-orientador: Prof. Doutora Filipa Maria Santos Ferreira

Covilhã, Outubro de 2013

Agradecimentos

Embora um relatório final de curso, devido à sua finalidade, seja um trabalho individual, existem imensos contributos que não podem deixar de ser destacados. Por essa mesma razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos meus Pais Mário Teixeira e Fernanda Teixeira, e irmã Marta Teixeira pelo apoio incondicional ao longo destes anos, por acreditarem em mim e apoiarem todas as minhas decisões.

Ao Prof. Dr. António Albuquerque, que me ajudou a desenvolver ideias e que me despertou para a área de estudos que frequentei. Pela disponibilidade revelada ao longo do trabalho, pela orientação séria e meticulosa, pelas críticas/sugestões feitas durante a orientação e pela amizade.

À Prof. Dra. Filipa Ferreira, pela disponibilidade demonstrada e pelas suas indicações, embora breves foram bastantes úteis.

À Raquel, pelas inúmeras trocas de ideias e pelos comentários ao longo do trabalho. Pelo inestimável apoio, pela paciência e pelas “injeções de motivação” quando por força das circunstâncias, ela faltava.

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

A todos, o meu muito obrigado.

Resumo

A reutilização de águas em edifícios, além do benefício ambiental que traz, por reduzir a descarga de cargas poluentes no ambiente, permite a reintrodução de volumes de águas cinzentas (provenientes das banheiras, chuveiros, bidés e lavatórios) e de águas pluviais recuperadas (essencialmente nas coberturas mas também dos pavimentos) nos edifícios.

O objetivo principal deste trabalho foi o de avaliar a viabilidade técnica e económica da utilização de 5 soluções para a reutilização de águas cinzentas e de águas pluviais das coberturas, em simultâneo ou individualmente, para a recarga de autoclismos, rega de jardins e lavagem de pavimentos, numa habitação unifamiliar localizada no concelho de Almada. O trabalho envolveu o redimensionamento das redes de abastecimento de águas, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais existentes, bem como o dimensionamento de novos troços e equipamentos para as 5 opções estudadas.

Qualquer das opções testadas poderia ser construída e levaria a poupanças significativas na fatura de serviços de águas e resíduos. Contudo, a utilização simultânea de águas cinzentas tratadas e de águas pluviais, apesar de conduzir à segunda maior poupança na fatura mensal, traria custos de investimento e tempos de recuperação dos investimentos muito elevados, tornando-a pouco viável para qualquer região do país, para uma habitação unifamiliar.

A utilização de uma infraestrutura já existente (*p.e.* uma piscina) para armazenamento de água pluviais seria a solução mais vantajosa, porque, além de permitir poupar mais água da rede, permitiria a reutilização de águas tratadas para o abastecimento de autoclismos, rega de jardins e lavagem de pavimentos, a poupanças significativas na fatura mensal e períodos de recuperação do investimento muito mais curtos.

No caso de apenas se reutilizarem águas cinzentas para a recarga de autoclismos, a solução mais barata e com maiores poupanças de água e na fatura mensal seria a de injetar diretamente águas não tratadas nos autoclismos.

A viabilidade técnico-económica das soluções é maior quando se alarga o número de utentes que pode beneficiar destes serviços, bem como implementá-los em regiões onde o tarifário é mais elevado e onde a pluviosidade é superior, neste último caso com maior benefício das soluções que apenas utilizam águas pluviais.

Palavras-chave

Águas cinzentas; Águas pluviais; Redes prediais; Reutilização; Viabilidade técnico-económica

Abstract

The reuse of water in buildings, beyond the environmental benefit it brings, by reducing the discharge of pollutants loads into the environment, allows the reintroduction of volumes of greywater (produced at baths, showers, bidets and washbasins) and rainwater (mainly recovered at roofs and pavements) inside the buildings .

The main objective of this study was to evaluate the technical and economic feasibility of using five solutions for reusing greywater and rainwater from roofs, simultaneously or individually, for refilling toilets, watering gardens and washing floors in a single family house located in the municipality of Almada. The work involved the resizing of the existent water supply, sewerage and stormwater networks, as well as designing new networks and equipments for the five options studied.

Either option could be built and tested lead to significant savings in the bill and waste water services. However , the simultaneous use of treated greywater and rainwater , while conducting the second largest savings in the monthly bill would bring investment costs and recovery times of very high investments , making it impractical for any region of the country , to one single family dwelling .

The use of an existing infrastructure (e.g. a swimming pool) for storing rainwater would be the most advantageous solution, because, besides allowing saving more potable water from the public network, would allow the reuse of treated water to supply toilets, watering gardens and washing floors, significant savings on monthly bills and investment turnover periods much shorter.

If only greywater is reused for refilling toilet cisterns, the cheapest solution that also allows both greater water savings and considerable monthly bill reductions would be a direct injection of untreated greywater into the toilet cisterns.

The technical-economical feasibility of the solutions would be greater if it could be extended to a larger number of users, as well as if they could be setup in regions where the water and sanitation tariffs are higher and where rainfall is higher, in the latter case with greater benefit for the solutions that only use rainwater.

Keywords

Greywater; Stormwater; Building water networks; Reuse; Technical and economic feasibility

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Lista de Figuras.....	xiv
Lista de Tabelas.....	xviii
Nomenclatura.....	xxi
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e Justificação	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Estrutura da Dissertação	3
Capítulo 2	4
Redes Prediais de Águas	4
2.1. Introdução	4
2.2. Redes de abastecimento de água	6
2.2.1. Traçado da rede.....	7
2.2.2. Caudais de cálculo	9
2.2.3. Dimensionamento hidráulico-sanitário	13
2.3. Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas	17
2.3.1. Introdução.....	17
2.3.2. Caudais de descarga.....	24
2.3.3. Dimensionamento hidráulico-sanitário	24
2.4. Redes de águas pluviais	27
2.4.1. Introdução.....	27
2.4.2. Caudais de cálculo	31
2.4.3. Dimensionamento hidráulico-sanitário	33
Capítulo 3	36
Reutilização de Águas em Redes Pluviais.....	36
3.1. Reutilização de águas	36

3.2 Reutilização de águas cinzentas	38
3.3 Reutilização de águas pluviais.....	40
Capítulo 4	42
Proposta de Reutilização de Águas na Habitação	42
4.1. Descrição e Redimensionamento das Redes de Águas	42
4.1.1. Descrição da Habitação	42
4.1.2 - Descrição e redimensionamento da rede de abastecimento de água	42
4.1.3 - Descrição da rede de drenagem de águas residuais	45
4.1.4 - Descrição da rede de drenagem de águas pluviais.....	46
4.2 - Soluções para a Reutilização de Águas.....	49
4.2.1 - Descrição das soluções propostas	49
4.2.2 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas tratadas - Opções 1 e 2	55
4.2.3 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas não tratadas - Opção 3	56
4.2.4 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais - Opções 1 e 4.	57
4.2.5 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais - Opção 5.....	59
4.2.6 - Descrição e dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais, ITAC e DAC - Opções 1, 2 e 3	59
4.2.7 - Descrição e dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais e DAAP - Opções 1, 4 e 5	64
Capítulo 5	68
Análise Técnica e Económica das Soluções.....	68
Capítulo 6	86
Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros	86
6.1. Conclusões	86
6.2. Perspetivas de trabalhos futuros.....	87
Capítulo 7	88
Referências Bibliográficas.....	88
Anexos	91
Anexo I	92
Simbologia para Redes Prediais de Águas	92
Quadro I.1 - Simbologia para redes prediais de distribuição de água	93

Quadro I.2 - Simbologia para redes prediais de drenagem de águas residuais	95
Anexo II	97
Plantas da Moradia Unifamiliar e das Redes Prediais de Águas	97
Anexo III	101
Dados de Precipitação	101
Quadro III.1 - Dados de precipitação da estação meteorológica de Monte de Caparica	102
Quadro III.2 - Dados de precipitação das estações meteorológicas de Lamoso e Penafiel (valores médios das duas estações)	102
Quadro III.3 - Dados de precipitação das estações meteorológicas de Fragosela de Baixo e Lobagueira Bodiosa (valores médios das duas estações)	102
Anexo IV	103
Cálculos de Volumes de Águas para Armazenamento	103
Quadro IV.1 - Volumes de águas consumidos, disponíveis e a reutilizar - Opção 1 (concelho de Almada)	104
Quadro IV.2 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 2 e 3 (concelho de Almada).....	104
Quadro IV.3 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 4 (concelho de Almada).....	105
Quadro IV.4 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 5 (concelho de Almada).....	105
Quadro IV.6 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 1 (concelho de Paços de Ferreira)	106
Quadro IV.7 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 2 e 3 (concelho de Paços de Ferreira)	106
Quadro IV.8 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 4 (concelho de Paços de Ferreira)	107
Quadro IV.9 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 5 (concelho de Paços de Ferreira)	107
Quadro IV.10 - Volumes de águas consumidos, disponíveis e a reutilizar - Opção 1 (concelho de Viseu)	108
Quadro IV.12 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 2 e 3 (concelho de Viseu)	108
Quadro IV.13 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 4 (concelho de Viseu)	109

Quadro IV.14 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 5 (concelho de Viseu)	109
Anexo V	110
Cálculos de Poupança de Água	110
Quadro V.1 - Cálculos de poupança para opção 1 - concelho de Almada	111
Quadro V.2 - Cálculos de poupança para opção 2 e 3 - concelho de Almada.....	112
Quadro V.3 - Cálculos de poupança para opção 4 - concelho de Almada	113
Quadro V.3 - Cálculos de poupança para opção 5 - concelho de Almada	114
Quadro V.4 - Cálculos de poupança para opção 1 - concelho de Paços de Ferreira	115
Quadro V.5 - Cálculos de poupança para opção 2 e 3 - concelho de Paços de Ferreira	116
Quadro V.6 - Cálculos de poupança para opção 4 - concelho de Paços de Ferreira	117
Quadro V.7 - Cálculos de poupança para opção 5 - concelho de Paços de Ferreira	118
Quadro V.8 - Cálculos de poupança para opção 1 - concelho de Viseu	119
Quadro V.9 - Cálculos de poupança para opção 2 e 3 - concelho de Viseu	120
Quadro V.10 - Cálculos de poupança para opção 4 - concelho de Viseu.....	121
Quadro V.11 - Cálculos de poupança para opção 5 - concelho de Viseu.....	122
Anexo VI.....	123
Cálculos do Tempo de Recuperação de Investimentos	123
Quadro VI.1 - Cálculos de recuperação dos investimentos para cada opção no concelho de Almada	124
Quadro VI.2 - Cálculos de recuperação dos investimentos para cada opção no concelho de Paços de Ferreira.....	125
Quadro VI.3 - Cálculos de recuperação dos investimentos para cada opção no concelho de Viseu.....	126

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Distribuição percentual da água consumida e desperdiçada para o setor de atividade (adaptada de MAOT, 2001).....	1
Figura 2.1 - Representação esquemática de redes prediais de águas (adaptada de http://www.desentupimentosurgentes.com/desentupimentos-domesticos/)	4
Figura 2.2 - Representação esquemática de diferentes tipos de sobressores: a) Bombagem direta; b) Bombagem para reservatório de topo; c) Bombagem de reservatório de base para reservatório de topo (adaptado de Lança, 2009)	6
Figura 2.3 - Declive das tubagens (adaptada de Pedroso, 2008)	7
Figura 2.4 - Instalação de tubagens sem acessórios (adaptada de Pedroso, 2008)	8
Figura 2.5 - Instalação de tubagens (adaptada de Pedroso, 2008).....	8
Figura 2.6 - Instalação de tubagens de água quente e fria (adaptada de Pedroso, 2008)	8
Figura 2.7 - Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto médio) (adaptada de Pedroso, 2008)	11
Figura 2.8 - Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto mínimo e elevado) (adaptada de Pedroso, 2008)	12
Figura 2.9 - Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto mínimo e elevado) (adaptada de Pedroso, 2008)	13
Figura 2.10 - Sistema predial de drenagem gravítica de águas residuais (adaptada de Pedroso, 2008)	18
Figura 2.11 - Sistema de drenagem predial elevatório (adaptada de Pedroso, 2008).....	18
Figura 2.12 - Sistema misto de drenagem (adaptada de Pedroso, 2008)	18
Figura 2.13 - Ligação de um ramal de descarga de outro aparelho a um ramal de um urinol (adaptada de Pedroso, 2008)	20
Figura 2.14 - Instalação de ramais de descarga (Adaptada de Pedroso, 2008)	20
Figura 2.15 - Ligação do ramal de ventilação ao de descarga (adaptada de Pedroso, 2008) .	21
Figura 2.16 - Ligação do tubo de queda á câmara de inspeção (adaptada Pedroso, 2008)....	22
Figura 2.17 - Ligação da coluna de ventilação ao coletor e tubo de queda (adaptada de Pedroso, 2008)	23
Figura 2.18 - Elementos geométricos de tubagens de secção circular (adaptado de Sousa, 2008)	25
Figura 2.19 - Sistema misto de drenagem de águas pluviais (adaptada de Pedroso, 2008) ...	28
Figura 2.20 - Curvas de intensidade - duração - frequência aplicáveis a Portugal Continental (adaptado de Decreto-Regulamentar nº 23/95 (RGSPDADAR)).....	32

Figura 3.1 - Distribuição do consumo de referência por dispositivo (MAOT, 2001)	38
Figura 3.2 - Instalação de tratamento para águas cinzentas (http://www.ecodepur.pt/214/reciclador-de-aguas-cinzentas-ecodepurreg-biox)	40
Figura 4.1 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 1	50
Figura 4.2 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 2	51
Figura 4.3. - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 3	52
Figura 4.4 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 4	53
Figura 4.5 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 5	54
Figura 4.6 - Representação esquemática da rede de abastecimento de águas cinzentas tratadas - Opções 1 e 2	55
Figura 4.7 - Representação da rede de abastecimento de águas cinzentas não tratadas - Opção 3	57
Figura 4.8 - Representação da rede de abastecimento de águas pluviais - Opção 4.....	58
Figura 4.9 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas residuais com a inclusão das redes de águas cinzentas, águas negras e águas residuais totais - Opção 1.....	60
Figura 4.10 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas residuais com a inclusão das redes de águas cinzentas, águas negras e águas residuais totais - Opção 2.....	61
Figura 4.11 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas residuais com a inclusão das redes de águas cinzentas, águas negras e águas residuais totais - Opção 3.....	63
Figura 4.12 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas pluviais - Opção 4	64
Figura 5.1 - Variação do volume de água potável consumida e poupada ao longo de 1 ano - Opção 1	70
Figura 5.2 - Variação do volume de água potável consumida e poupada ao longo de um ano - Opção 5	71
Figura 5.3 - Sistema de tratamento (ITAC) para as Opções 1 e 2 (adaptada de http://roth-portugal.com/556.htm).....	73
Figura 5.4 - Depósito de águas pluviais com bombagem integrada (DAAP) - Opções 1 e 4 (adaptada de http://www.roth-portugal.com/files/3218_Tarifa_Catalogo_Acumulacion_y_gestion_del_agua_2013.pdf)	74
Figura 5.5 - Reservatório de águas com bombagem integrada (DAC na Opção 3; E3 na Opção 5) (adaptada http://www.roth-portugal.com/files/3218_Tarifa-Catalogo_Acumulacion_y_gestion_del_agua_2013.pdf)	74
Figura 5.6 - Reservatório de cobertura para as Opções 1, 2 e 4 (adaptada de http://www.roth-portugal.com/10_697.htm)	74
Figura 5.7 - Custos para cada opção num horizonte de 10 anos.....	75
Figura 5.8 - Poupança média anual associada aos serviços de água e resíduos para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu	79

Figura 5.9- Poupança média mensal associada aos serviços de água e resíduos para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu	79
Figura 5.10 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação unifamiliar)	81
Figura 5.11 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação coletiva)	82
Figura 5.12 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 2 (habitação unifamiliar)	84
Figura 5.13 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 3 (habitação unifamiliar)	84
Figura 5.14 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 4 (habitação unifamiliar)	85
Figura 5.15 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 5 (habitação unifamiliar)	85

Lista de Tabelas

Quadro 2.1 - Caudais instantâneos dos dispositivos da rede predial de abastecimento de água fria (adaptado de Decreto-Regulamentar nº 23/95 (RGSPDADAR); EN 806-3, 2006)	9
Quadro 2.2 - Dimensões usuais de algumas tubagens de metal (adaptado de Paixão, 1999; Pedroso, 2008)	14
Quadro 2.3 - Dimensões usuais de algumas tubagens de plástico (adaptado de Paixão, 1999; Pedroso, 2008)	14
Quadro 2.4 - Caudais mínimos de descarga, diâmetros mínimos dos ramais de descarga e dos sifões a instalar nos aparelhos e equipamentos sanitários (adaptada de Decreto-Regulamentar nº 23/95 (RGSPDADAR); Paixão, 1999)	24
Quadro 2.5 - Valores dos parâmetros a, b para diferentes períodos de retorno e regiões pluviométricas (adaptado de Pedroso, 2008)	32
Quadro 2.6 - Coeficiente de escoamento (adaptado de ASCE, 1992).....	33
Quadro 4.1 - Valores do redimensionamento da rede de distribuição de águas	44
Quadro 4.2 - Valores do redimensionamento da rede de drenagem de águas residuais	46
Quadro 4.3 - Valores do redimensionamento dos tubos de queda	47
Quadro 4.4 - Valores do redimensionamento dos ramais de descarga, coletores prediais e ramal de ligação final de águas pluviais	48
Quadro 4.5 - Valores do dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas tratadas - Opções 1 e 2	56
Quadro 4.6 - Valores do dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas não tratadas - Opção 3.....	57
Quadro 4.7 - Valores do dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais - Opção 4	58
Quadro 4.8 - Valores do dimensionamento da rede de distribuição de águas pluviais	59
Quadro 4.9 - Valores do dimensionamento da rede de drenagem de águas cinzentas, negras e residuais totais (Opções 1, 2 e 3)	62
Quadro 4.10 - Valores do dimensionamento dos ramais de descarga, coletores prediais e ramal de ligação final de águas pluviais - Opções 1 e 4	65
Quadro 4.11 - Valores do dimensionamento dos troços da rede de águas pluviais armazenadas - Opções 1 e 4	66
Quadro 4.12 - Valores do dimensionamento do troço E2-A36* - Opções 1 e 4.....	66
Quadro 4.13 - Valores do dimensionamento dos ramais de descarga, coletores prediais e ramal de ligação final de águas pluviais à piscina - Opção 5	67

Quadro 5.1 - Volume anual de água potável poupada com as opções consideradas	70
Quadro 5.2 - Custos da alteração da rede de recolha e distribuição	73
Quadro 5.3 - Custos dos equipamentos instalados em cada opção.....	75
Quadro 5.4 - Custos associados à manutenção de equipamentos e substituição de elementos em 10 anos para cada opção.....	75
Quadro 5.5 - Tarifa mensal de abastecimento de água no Município de Almada para utilizadores domésticos (adaptado SMAS de Almada, 2013)	76
Quadro 5.6 - Tarifa mensal de saneamento de águas residuais no Município de Almada para utilizadores domésticos (adaptado SMAS de Almada, 2013)	76
Quadro 5.7 - Poupança relacionada com a fatura de serviços de águas e resíduos no concelho de Almada para cada opção.....	77
Quadro 5.8 - Tarifa mensal de abastecimento de água no Município de Paços de Ferreira para utilizadores domésticos (adaptado de AGS, 2013)	77
Quadro 5.9 - Tarifa mensal de saneamento de águas residuais no Município de Paços de Ferreira para utilizadores domésticos (adaptado de AGS, 2013).....	78
Quadro 5.10 - Tarifa mensal de água no Município de Viseu para utilizadores domésticos (adaptado SMAS de Viseu, 2013)	78
Quadro 5.11 - Tempo de recuperação do investimento no concelho de Almada para cada opção	80
Quadro 5.12 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação unifamiliar)	81
Quadro 5.13 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação coletiva)	82
Quadro 5.14 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 2 (habitação unifamiliar)	83
Quadro 5.15 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 3 (habitação unifamiliar)	83
Quadro 5.16 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 4 (habitação unifamiliar)	83
Quadro 5.17 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 5 (habitação unifamiliar)	84

Nomenclatura

Siglas

AAP	Abastecimento de Águas Pluviais
ACST	Águas Cinzentas Sem Tratamento
ACT	Águas cinzentas Tratadas
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
APNT	Águas Pluviais Não Tratadas
APR	Águas Pluviais Recuperadas
APST	Águas Pluviais Sem Tratamento
APT	Águas Pluviais Tratadas
ART	Águas Residuais Tratadas
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CEN	Comité Europeu de Normalização
DAAP	Depósito de Armazenamento de Águas Pluviais
DAC	Depósito de Águas Cinzentas
DEP	Descarga de Emergência da Piscina
EE	Estação elevatória
ETAR	Estação de Tratamento de Aguas Residuais
ITAC	Instalação de Tratamento de Águas Cinzentas
PEAD	Polietileno de alta densidade
PER/PEX	Polietileno reticulado
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de vinilo
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
RUMA	Regulamento Urbanístico do Município de Almada
SMAS	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento
SPD	Sistema Predial Duplo
SPRAC	Sistema Predial de Recolha de Águas Cinzentas

Simbologia

m^2	Metro quadrado
m^3	Metro cúbico
x	Coefficiente de simultaneidade
Q_c	Caudal de cálculo (L/s)
Q_a	Caudal acumulado (L/s)
D	Diâmetro (m)
v	Velocidade de escoamento (m/s)
θ	Ângulo de abertura (m/s)
L	Comprimento do troço de tubagem (m)
J	Perda de carga unitária (m/m)
ΔH_c	Perda de carga contínua (m)
K_s	Coefficiente de rugosidade do material ($m^{1/3} / s$)
S	Área da secção transversal do escoamento (m^2)
R_h	Raio hidráulico (m)
ΔH_t	Perda de carga total
$\Delta H_{t(a)}$	Perda de carga total acumulada (m)
P_i	Pressão de serviço em cada dispositivo (m)
P_r	Pressão disponível na rede (m)
Δz	Diferença de cotas entre a rede pública e o ponto de entrega (m)
τ	Tensão de arrastamento ($N/m^2 = Pa$)
γ	Peso específico da água residual (N/m^3)
η	Coefficiente de rugosidade de Manning-Strickler ($s/m^{1/3}$)

Capítulo 1

Introdução

1.1. Enquadramento e Justificação

A utilização de água em Portugal para atividades agrícolas, domésticas e industriais está atualmente estimada em cerca de 7.500.000.000 m³/ano (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010). O maior utilizador é o sector agrícola (87%), seguido do industrial (8%) e do urbano (5%) (MAOT, 2001). No entanto, o maior custo de utilização está reportado à utilização urbana (46%), seguida da agrícola (28%) e da industrial (26%).

A ineficiência dos sistemas de abastecimento e as perdas contribuem para uma percentagem importante de água desperdiçada (Figura 1.1), que totaliza 3.100.000.000 m³/ano cujo custo está estimado em 728.000.000 €/ano (MAOT, 2001). No sector urbano, cerca de 51% do custo da água está associado a utilização ineficiente ou a desperdícios e fugas. As metas do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) para 2020 são de reduzir o desperdício da água para 35% (sector agrícola), 15% (sector industrial) e 20% (sector urbano) (APA, 2012), o que, no lado do sector urbano, representaria uma poupança de 38.000.000 €.

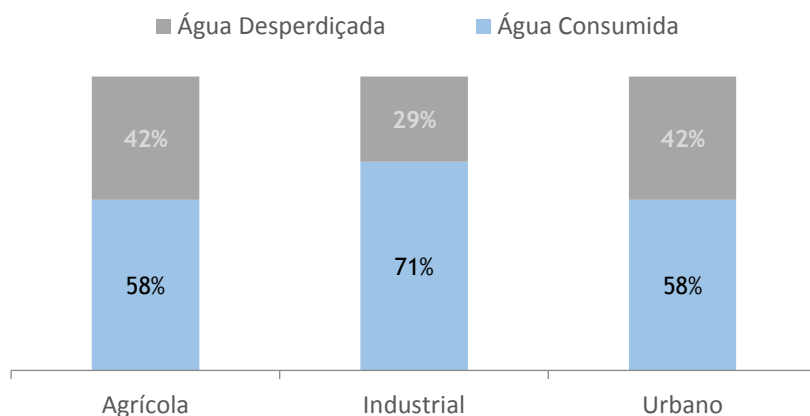


Figura 1.1- Distribuição percentual da água consumida e desperdiçada para o setor de atividade (adaptada de MAOT, 2001)

As alterações climáticas têm influenciado a variabilidade do regime hidrológico em todo o Mundo e, a par da crescente demanda para atividades agrícolas, urbanas e industriais, tem levado à escassez de água, em especial em países onde este recurso é já limitado. Por outro lado, a emissão de efluentes líquidos de origem antropogénica tem contribuído para alteração

da qualidade da água, pondo em risco muitas das utilizações. A reutilização de águas residuais e o reaproveitamento de águas pluviais, surgem assim, como origens de água alternativas que podem ajudar a providenciar volumes de água para determinadas utilizações.

A reutilização de águas tem sido uma prática mais comum em atividades agrícolas e paisagísticas, para lavagem de equipamentos e pavimentos, recarga de aquíferos e combate a fogos florestais, surgindo na última década um maior interesse na sua utilização em habitações. A reutilização predial de águas inclui, normalmente, a separação das águas cinzentas (provenientes de lavatórios, bidés, banheiras, pias de cozinha e máquinas de lavar loiça e roupa) das águas negras (provenientes das sanitas), sendo as primeiras tratadas e reutilizadas para rega de espaços verdes, lavagem de pavimentos e viaturas e uso em autoclismos e máquinas de lavar roupa (Asano *et al.*, 2007). As bases e linhas orientadoras para o uso eficiente da água em edifícios estão definidas no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) (MAOT, 2001; APA, 2012), que foram aprovadas pela Resolução do Conselho de Ministros N.º 113/2005 de 30 de Junho, e que será implementado no período 2012-2020.

O PNUEA associa a melhoria da eficiência de utilização da água à consolidação de uma nova cultura de água em Portugal, através da qual este recurso seja crescentemente valorizado, não só pela sua importância para o desenvolvimento humano e económico, mas também para a preservação do meio natural, numa ótica de desenvolvimento sustentável e respeito pelas gerações futuras.

A reutilização de águas cinzentas tem a vantagem de disponibilizar volumes em circuito fechado durante todo o ano, independentemente do tipo de clima, mas os custos com o tratamento levam a longos períodos de retorno do investimento. O reaproveitamento de águas pluviais pode ser mais vantajoso, porque os volumes disponíveis são maiores e, normalmente, não necessitam de tratamento. No entanto, em zonas temperadas a quentes, não é possível armazená-las durante longos períodos e a viabilidade técnico-económica pode ficar em causa.

A maior utilização doméstica é para duchas e banhos (37%), descarga de autoclismos (31%) e torneiras de cozinhas e casa de banho (16%). Ou seja, a maior produção de águas cinzentas estará nos banhos e a sua utilização em autoclismos (MAOT, 2001). A lavagem de pavimentos pode chegar a 10% do total consumido numa habitação.

A recente construção de uma vivenda em Charneca de Caparica (Almada), levantou a preocupação dos consumos de água com a utilização doméstica, lavagem de pavimentos e rega de jardim. Equacionou-se, então, realizar um estudo de viabilidade técnico-económica para a reutilização de águas cinzentas e de águas pluviais, de acordo com várias opções de tratamento e utilização, que pudesse ser replicado para outra dimensão de habitação e outras zonas do país.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho consistiu no estudo da viabilidade técnico-económica da reutilização de águas cinzentas e de águas pluviais numa vivenda com 4 habitantes permanentes, na Charneca de Caparica (concelho de Almada), tendo sido testadas cinco opções com diferentes tipologias de reutilização, desde uma solução mais avançada com tratamento de águas cinzentas, até uma solução mais simples de armazenamento numa piscina já existente. Os resultados permitiram, ainda, estipular os custos de investimento e exploração e o tempo necessário para recuperação do investimento para habitações com dimensão superior e para outras zonas do país com um tarifário mais elevado.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos e 6 anexos, com o seguinte conteúdo:

- **Capítulo 1** - inclui o enquadramento e justificação do estudo, os objetivos principais e a descrição dos vários capítulos da dissertação;
- **Capítulo 2** - apresenta uma descrição dos principais elementos, critérios de dimensionamento e operação e cálculo hidráulico-sanitário das redes prediais de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais e de drenagem de água pluviais;
- **Capítulo 3** - apresenta as principais características, elementos e critérios de dimensionamento e exploração de redes prediais para a reutilização de águas cinzentas e águas pluviais;
- **Capítulo 4** - inclui uma descrição das redes de águas da habitação, o seu redimensionamento hidráulico-sanitário e a proposta das 5 opções para reutilização de águas, com o dimensionamento das redes;
- **Capítulo 5** - apresenta o estudo de viabilidade técnico-económico das 5 opções, bem como uma análise comparativa de viabilidade para habitações com diferentes escalas e para duas outras zonas do país;
- **Capítulo 6** - apresenta as principais conclusões do estudo.

Capítulo 2

Redes Prediais de Águas

2.1. Introdução

Os sistemas prediais de distribuição de água têm por objetivo transportar água potável desde o ponto de entrega pública (nó de uma rede de abastecimento pública) até à torneira do consumidor em condições de potabilidade de acordo com a legislação vigente e com pressão suficiente para satisfazer os consumos. Os sistemas prediais de drenagem de águas (pluviais e residuais) têm por objetivo recolher, transportar e descarregar as águas residuais oriundas das coberturas dos edifícios (águas pluviais) e das cozinhas, casas de banho e lavandarias (águas residuais domésticas) para a rede pública de águas pluviais e rede pública de águas residuais respetivamente (Figura 2.1).

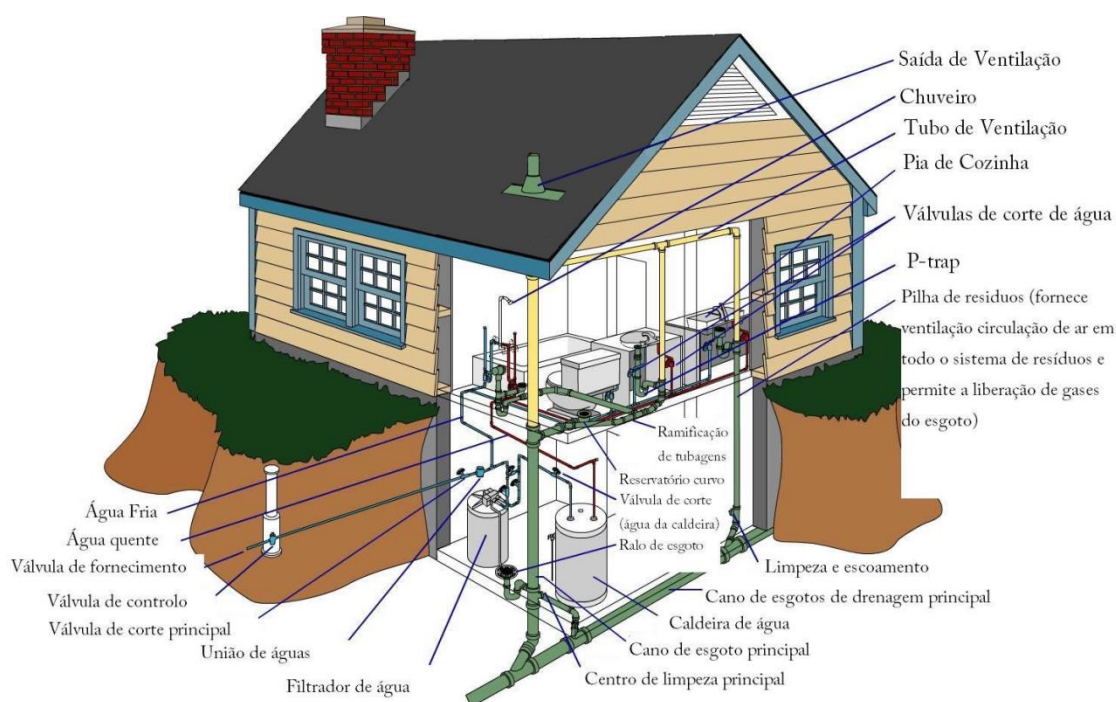


Figura 2.1 - Representação esquemática de redes prediais de águas (adaptada de <http://www.desentupimentosurgentes.com/desentupimentos-domesticos/>)

Existem três principais redes prediais de águas:

- **Redes de abastecimento de água** - são criadas com o objetivo de garantir o abastecimento de água em condições de segurança, sendo esta fornecida sobre pressão através da rede pública de água potável;
- **Rede de drenagem de águas residuais** - têm como objetivo agrupar e encaminhar as águas residuais desde a área de captação, no edifício, até à rede pública de drenagem de águas residuais;
- **Rede de drenagem de águas pluviais** - têm como objetivo agrupar e encaminhar as águas pluviais desde a área de captação, no edifício, até à rede pública de drenagem de águas pluviais.

A execução dos sistemas de abastecimento e drenagem de água é feita com base no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), homologado pelo Decreto-Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto de 1995. O RGSPDADAR inclui uma série de disposições para o traçado, dimensionamento, construção e manutenção daqueles tipos de redes, tendo em conta tanto a fase de projeto como também do período de manutenção. Seguidamente apresentam-se os principais artigos que definem as regras gerais para a conceção dos sistemas:

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

De acordo com art.º 2º do RGSPDADAR “*As autarquias locais devem adaptar os seus regulamentos em conformidade com o regime constante do presente diploma (...)*”, proporcionando às entidades gestoras autárquicas a adaptação das disposições próprias às que foram incluídas no regulamento nacional. Por exemplo, os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) de Almada desenvolveram um primeiro Regulamento próprio nos anos 80, que foi posteriormente adaptado de acordo com o RGSPDADAR, sendo a versão mais recente datada de 2011 (SMAS Almada, 2011). No mesmo Município, foi aprovado o Regulamento Urbanístico RUMA (CM Almada, 2008) que prevê a possibilidade de reutilização de águas cinzentas para descarga em sanitas e pluviais para limpeza de pavimentos e rega de logradouros (art.º 74º). Este regulamento municipal define regras e condições complementares à legislação nacional em vigor nomeadamente “*(...) para a realização das atribuições municipais em matéria de distribuição e fornecimento de água potável à população do Concelho de Almada, bem como em matéria de recolha e tratamento das águas (...)*”.

Qualquer projeto da especialidade de construção utiliza grandes quantidades de informação, por vezes complexa, sendo vantajoso a inclusão de uma simbologia apropriada, que, para as

redes prediais de águas, está definida no RGSPDADAR e é apresentada nos Anexo I (Quadro I.1 a Quadro I.2).

Para além da legislação e regulamentação nacional, existe a norma europeia EN 806-3 (2006) que define disposições semelhantes ao RGSPDADAR, que devem ser adotadas todos os países membros do CEN.

2.2. Redes de abastecimento de água

A distribuição de água aos edifícios é normalmente efetuada através de ramal de ligação que estabelece a comunicação entre a conduta de distribuição pública de água potável e o sistema predial. A execução deste sistema passa, essencialmente por duas fases distintas:

- Definição do traçado da rede: deve ser efetuado conforme as disposições legais em vigor, tendo em atenção os elementos estruturais existentes, o traçado de outras redes (p.e. gás, eletricidade e TV) e os dispositivos a abastecer;
- Dimensionamento hidráulico da rede: deve ser efetuado conforme os critérios hidráulico-sanitários em vigor, tendo em atenção os caudais mínimos de serviço, a pressão necessária para conforto de utilização e os diâmetros comerciais do material disponível no mercado.

O dimensionamento de uma rede de distribuição de águas deverá atender a dois fatores essenciais, o caudal e a pressão. Consoante a disponibilidade e necessidade de pressões de serviço, as solicitações nos diferentes dispositivos e as condições físicas da construção, pode ser necessário implementar sistemas sobrepressores e eventualmente equacionar o recurso a reservatórios (Figura 2.2). Estas circunstâncias verificam-se quando as condições de caudal e de pressão não permitem o correto funcionamento do circuito, garantindo os níveis de pressão exigidos em todos os dispositivos.

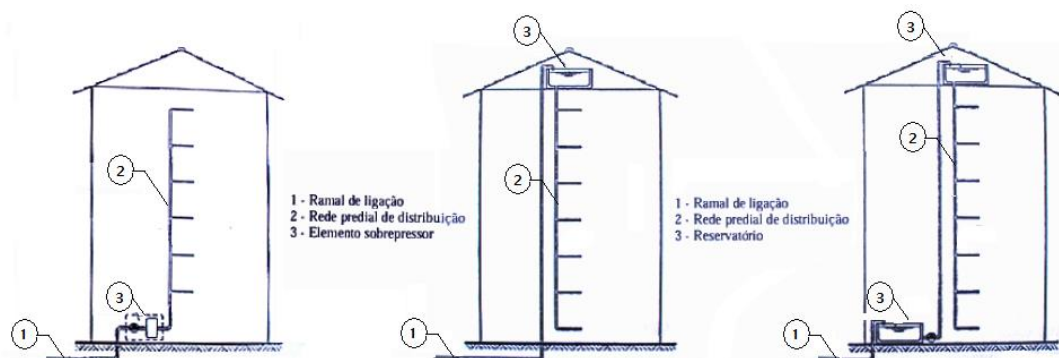


Figura 2.2 - Representação esquemática de diferentes tipos de sobrepressores: a) Bombagem direta; b) Bombagem para reservatório de topo; c) Bombagem de reservatório de base para reservatório de topo (adaptado de Lança, 2009)

2.2.1. Traçado da rede

O traçado de rede de abastecimento de águas é baseado nas imposições mencionadas no RGSPDADAR, tendo em atenção os elementos estruturais do edifício e de outras redes, nomeadamente (Pedroso, 2008):

- O traçado das canalizações deverá ser composto por troços retos, com trajetórias verticais e horizontais, ligados entre si com os respetivos acessórios; os troços com trajetória horizontal deverão possuir inclinação ascendente no sentido do escoamento das águas, cerca de 0,5%, por forma a facilitar a evacuação do ar das tubagens (Figura 2.3);
- Em tubagens que não seja necessário o recurso a acessórios para mudanças de direção, dever-se-á prever a sua instalação a profundidades que possibilitem a execução de raios de curvatura adequados na transição de parede para parede (Figura 2.4);
- A tubagem poderá ser instalada à vista, embutida, em caleiras, galerias ou tetos falsos (Figura 2.5);
- As canalizações destinadas ao transporte de água quente devem, sempre que os traçados o permitam, desenvolver-se paralelamente às do transporte de água fria, afastadas entre si a uma distância nunca inferior a 0,05 m, bem como deverá ser posicionada num plano superior (Figura 2.6);
- Deverão ser evitados traçados da rede que impliquem elevadas perdas de carga no escoamento;
- Sempre que o traçado não seja de modo a respeitar a saída do ar das tubagens, deverá equacionar-se a necessidade de instalação de uma purga de ar;
- Deverá prever-se a instalação de válvulas de secionamento à entrada de ramais de distribuição, a montante das purgas de ar, nos ramais de introdução, bem com nas entradas de todos os equipamentos sanitários ou qualquer acessório doméstico/industrial;
- Nas tubagens de transporte de água quente, deverá prever-se a aplicação de isolantes térmicos envolventes;

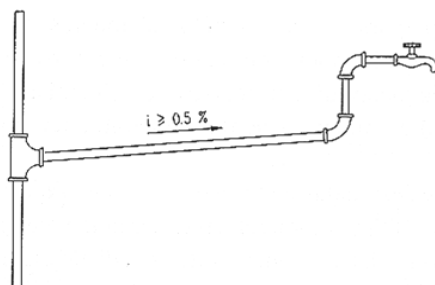


Figura 2.3 - Declive das tubagens (adaptada de Pedroso, 2008)

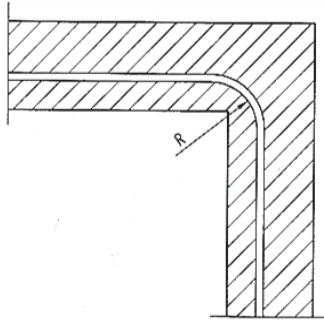


Figura 2.4 - Instalação de tubagens sem acessórios (adaptada de Pedroso, 2008)

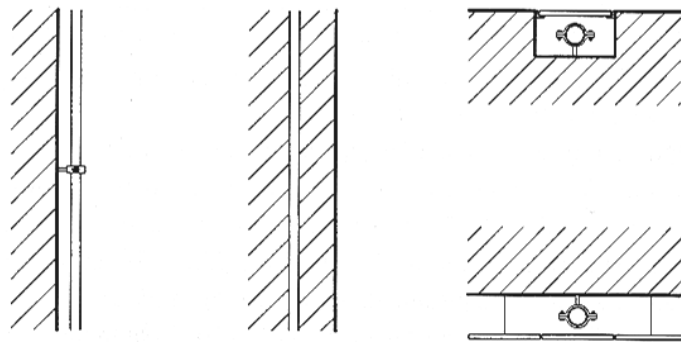


Figura 2.5 - Instalação de tubagens (adaptada de Pedroso, 2008)

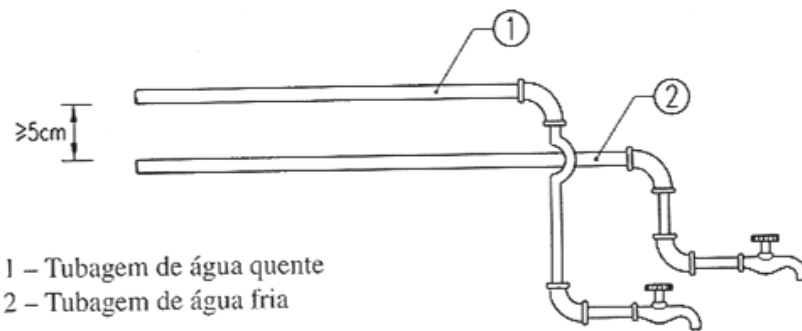


Figura 2.6 - Instalação de tubagens de água quente e fria (adaptada de Pedroso, 2008)

Todos os projetos elaborados deverão utilizar uma simbologia universal (ver Anexo I), para que a sua leitura seja efetuada de forma imediata, clara e de modo a que reduza a hipótese de erro.

2.2.2. Caudais de cálculo

O cálculo dos caudais de cálculo deve focar-se, principalmente, na análise dos dispositivos que terão de ser abastecidos. Para se proceder à determinação dos caudais, tem que se ter em conta os dados fornecidos relativamente à quantidade e ao tipo de equipamentos a abastecer, de forma a, consoante os caudais que cada equipamento requer, denominados por caudais instantâneos, encontrar as necessidades da rede, ou seja, o *caudal acumulado*.

Denomina-se como caudais instantâneos os “*caudais necessários e suficientes que deverão chegar aos diferentes dispositivos de utilização, tendo em conta as suas características particulares*” (Pedroso, 2008).

Os caudais mínimos a adotar no dimensionamento dos sistemas de distribuição de águas, para os diferentes dispositivos de utilização, são apresentados no Quadro 2.1, salvo casos em que os fabricantes do respetivo equipamento recomendem caudais superiores aos representados.

Quadro 2.1 - Caudais instantâneos dos dispositivos da rede predial de abastecimento de água fria (adaptado de Decreto-Regulamentar nº 23/95 (RGSPDADAR); EN 806-3, 2006)

Dispositivo	Caudais de dimensionamento (l/s)		Caudais mínimos (L/s)
	RGSPDADAR	EN 806 - 3	
Lavatório Individual (Lv)	0.10	0.10	0.10
Lavatório coletivo (por bica) (LvC)	0.05	N.D.	N.D.
Bidé (Bd)	0.10	0.10	0.10
Banheira (Ba)	0.25	0.40	0.30
Chuveiro Individual (Ch)	0.15	0.20	0.15
Banho não doméstico	N.D.	0.80	0.80
Pia de despejo	0.15	0.20	0.15
Autoclismo de bacia de retrete (Br)	0.10	0.10	0.10
Mictório com torneira individual (Mi)	0.15	N.D.	N.D.
Pia lava-louça (LL)	0.20	0.20	0.15
Pia lava-louça não doméstica	N.D.	0.80	0.80
Bebedouro (B)	0.10	N.D.	N.D.
Máquina de lavar a loiça (ML)	0.15	0.20	0.15
Máquina ou tanque de lavar a roupa (Mr)	0.20	0.20	0.15
Bacia de retrete com fluxómetro (BrF)	1.50	1.50	1.00
Mictório com fluxómetro (MiF)	0.50	0.30	0.15
Boca de rega ou lavagem de ø15mm (Br_15)	0.30	0.50	0.40
Boca de rega ou lavagem de ø20mm (Br_20)	0.45		
Máquinas industriais e outros aparelhos não especificados	A definir pelo fabricante		

Como se poderá constatar pela análise do Quadro 2.1, existem valores mínimos dos caudais instantâneos propostos pelas duas fontes que diferem ligeiramente em alguns dispositivos. Estas dissemelhanças advêm da diferente forma de ponderar a simultaneidade de funcionamento dos

equipamentos e também pelo fato da EN 806-3 (2006) ter sido elaborada recentemente, com base em equipamentos modernos e com exigências diferentes dos considerados para a elaboração do RGSPDADAR.

De acordo com o método proposto pelo RGSPDADAR, a consideração da simultaneidade de funcionamento dos dispositivos exige a determinação de uma nova grandeza, o coeficiente de simultaneidade (x), ou seja, a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível (caudal de cálculo (Q_c)) e o caudal acumulado (Q_a) de todos os dispositivos de utilização alimentados através de uma determinada secção. O Q_c pode ser estimado pela Eq. (2.1).

Considerando a definição de coeficiente de simultaneidade, o cálculo de dimensionamento pelo RGSPDADAR, pode ser expresso, em termos matemáticos, pela Eq. (2.1).

$$Q_c = x \cdot Q_a \quad (2.1)$$

Sendo:

Q_c - Caudal de cálculo (L/s)

x - Coeficiente de simultaneidade

Q_a - Caudal acumulado (L/s)

O coeficiente de simultaneidade (x) pode ser obtido por via analítica ou da análise gráfica. A escolha do método a adotar é baseada no tipo de edifício em estudo, pelo que importa inicialmente definir as condições de utilização que se pretende, para se poder dimensionar a rede.

O método de análise gráfica permite obter diretamente o caudal de cálculo a partir do caudal de acumulado, considerando um nível de conforto mínimo, médio ou elevado, tendo em conta os níveis de desempenho pretendidos, e o coeficiente de simultaneidade. A título exemplificativo apresentam-se nas Figura 2.7 a Figura 2.9 três ábacos que fazem parte do RGSPDADAR e Pedroso (2008).

Alternativamente, o cálculo do coeficiente de simultaneidade (x) pode ser feito pela Eq. (2.2).

$$x = \frac{1}{\sqrt{N - 1}} \quad (2.2)$$

Sendo N o número de dispositivos a servir pelo trecho de rede, para $N > 2$. Para valores inferiores a 2, x assume o valor da unidade.

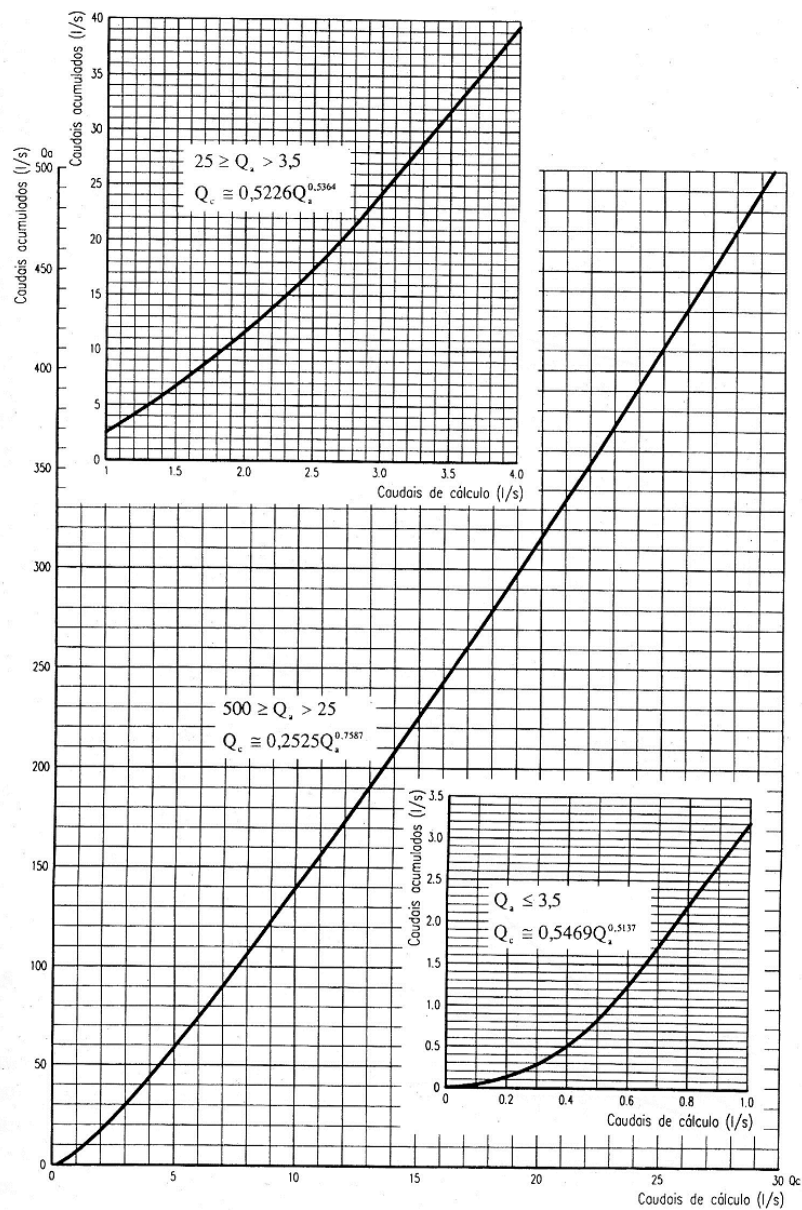


Figura 2.7 - Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto médio) (adaptada de Pedroso, 2008)

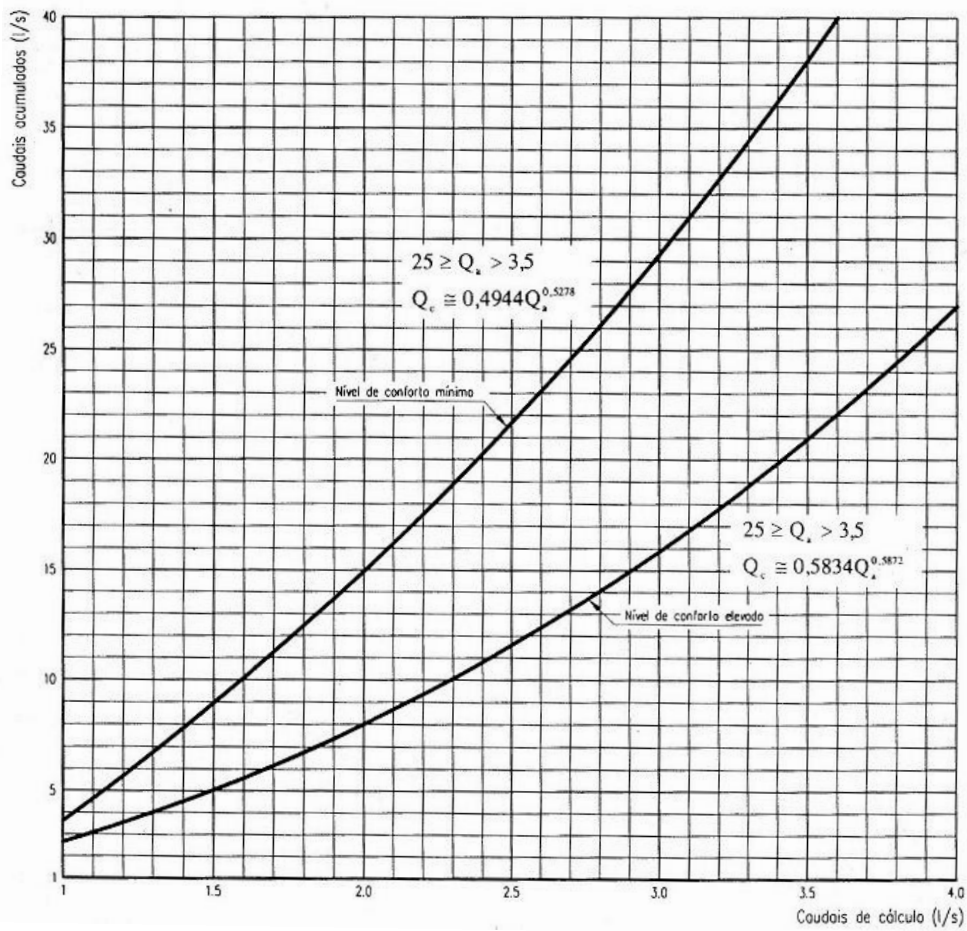
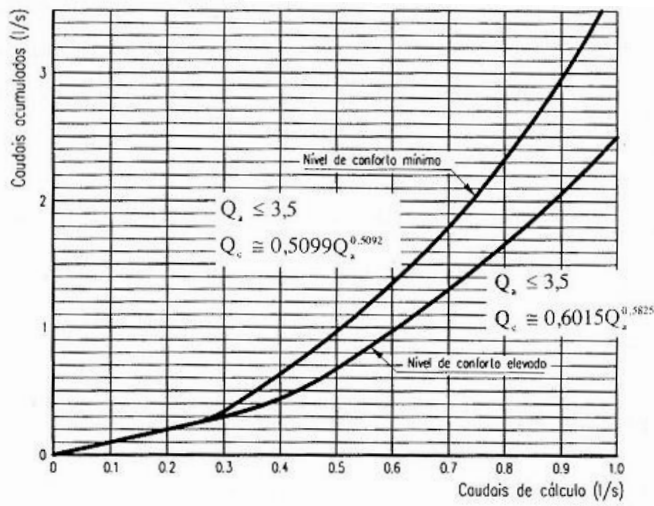


Figura 2.8 - Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto mínimo e elevado)
 (adaptada de Pedroso, 2008)

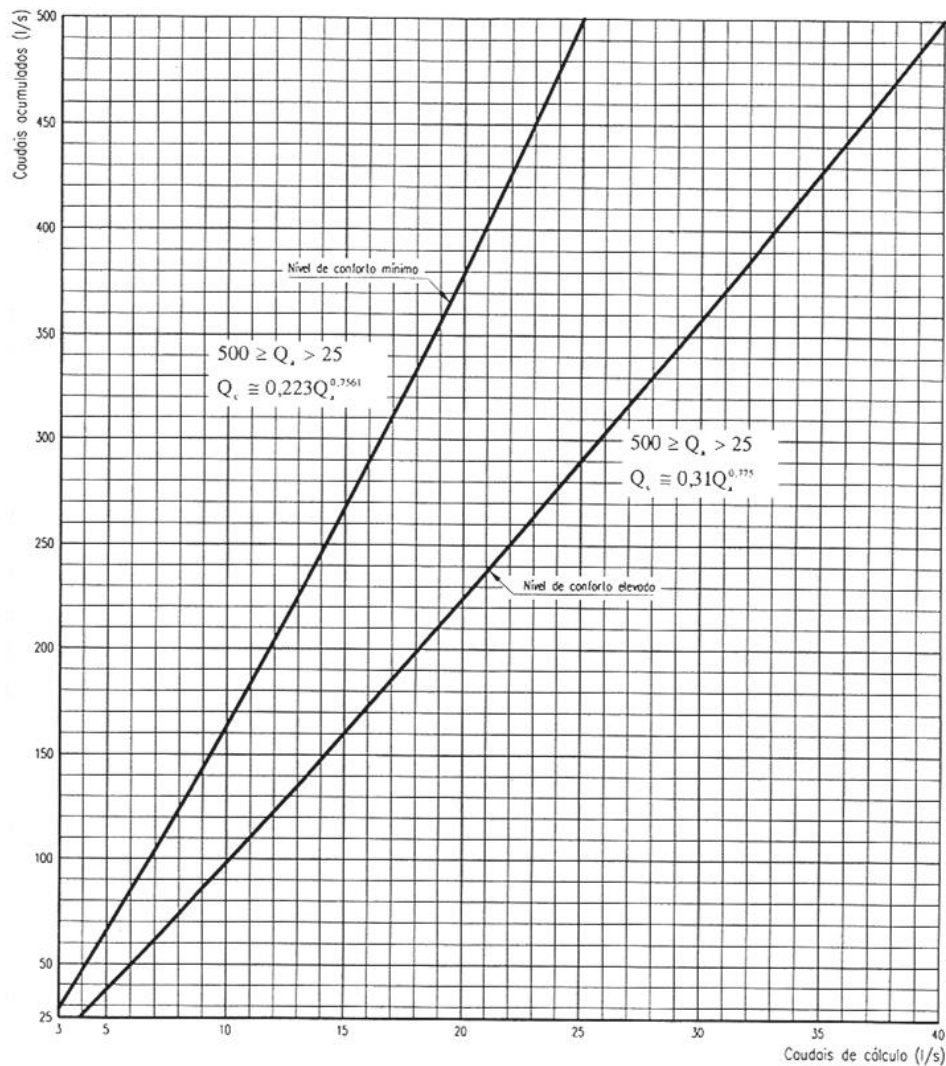


Figura 2.9 - Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto mínimo e elevado) (adaptada de Pedroso, 2008)

2.2.3. Dimensionamento hidráulico-sanitário

O dimensionamento hidráulico deve ter em conta o cumprimento de critérios hidráulico-sanitários (velocidade de escoamento), as necessidades de pressão e a minimização de custos, que pode ser conseguida através de uma combinação criteriosa de diâmetros.

A partir dos caudais de cálculo determinados para cada seção da rede, estimam-se os diâmetros (D) necessários para garantir uma velocidade de escoamento entre 0,5 e 2 m/s, através da Eq. (2.3) (para um primeiro cálculo pode-se fixar uma velocidade de 1 m/s). Este intervalo de valores é considerado adequado para a manutenção de condições de conforto e durabilidade das tubagens, uma vez que a maioria dos ruídos nas canalizações advém a velocidades do fluido elevadas, as quais dão lugar à produção de vibrações (Paixão, 1999; Pedroso, 2008).

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{v \cdot \pi}} \quad (2.3)$$

Sendo:

D - Diâmetro de tubagem (m)

v - Velocidade de escoamento (m/s)

Posteriormente, ajustam-se os diâmetros comerciais de acordo com o tipo de material pretendido para a tubagem. Os materiais mais utilizados são o aço galvanizado (Quadro 2.2), cobre (Quadro 2.2), aço inox (Quadro 2.2), policloreto de vinilo (PVC) (Quadro 2.3), polietileno de alta densidade (PEAD) (Quadro 2.3), polietileno reticulado (PER/PEX) (Quadro 2.3) e polipropileno (PP) (Quadro 2.3).

Quadro 2.2 - Dimensões usuais de algumas tubagens de metal (adaptado de Paixão, 1999; Pedroso, 2008)

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

Quadro 2.3 - Dimensões usuais de algumas tubagens de plástico (adaptado de Paixão, 1999; Pedroso, 2008)

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

A velocidade máxima admitida na EN 806-3 (2006) é de 2 m/s, valor que entra em concordância com o RGSPDADAR. A verificação da velocidade para cada seção, após a seleção do diâmetro comercial, pode ser calculada pela Eq. (2.3) ou utilizando as Eq. (2.4) (conforto médio) e Eq. (2.5) (conforto elevado) (Paixão, 1999).

$$v \leq 0,15 \cdot D^{0.7} \quad (2.4)$$

$$v \leq 0,12 \cdot D^{0.7} \quad (2.5)$$

Para a verificação da pressão de serviço em cada dispositivo é necessário calcular a perda de carga total (perda de carga contínua e perda de carga localizada) em cada troço da rede. A perda de carga contínua (Eq. (2.6)) pode ser determinada através do produto entre o comprimento do troço de rede (L) e a perda de carga unitária (J) dada pela Eq. (2.7) (*fórmula de Manning-Strickler*).

$$\Delta H_c = J \cdot L \quad (2.6)$$

Sendo:

ΔH_c - Perda de carga contínua (m)

J - Perda de carga unitária (m/m)

L - Comprimento do troço de tubagem (m)

$$J = \left(\frac{Q_c}{K_s \cdot S \cdot R_h^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (2.7)$$

Sendo:

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

S - Área da secção transversal do escoamento (m^2)

R_h - Raio hidráulico (m)

O valor de J também pode ser calculado através das equações desenvolvidas por Darcy-Weisbach ou Flamant, que são apresentadas em Pedroso (2008).

As perdas de carga localizadas são causadas pelas singularidades existentes na rede (*e.g.* válvulas, joelhos, cones de redução e dispositivos de entrega de água). De acordo com Paixão

(1999) e Pedroso (2008), um acréscimo de 20% às perdas de carga contínuas é suficiente para traduzir a perda de carga total (ΔH_t) numa seção da rede (Eq. (2.8)). Ou seja, considera-se que a perda de carga localizada é 20% da perda de carga contínua. Contudo, ambos os autores apresentam quadros com as perdas de carga características para diferentes singularidades em função do tipo de material e sua dimensão.

$$\Delta H_t = \Delta H_c \cdot 1,2 \quad (2.8)$$

Após o cálculo da perda de carga total em cada seção é necessário estimar a perda de carga total acumulada ($\Delta H_{t(a)}$) nas diversas seções da rede, sendo o valor mais elevado obtido junto ao contador e os valores mais baixo nas seções de extremidade onde se localizam os dispositivos de entrega de água (e.g. chuveiros, lavatórios e pia da cozinha).

No que diz respeito a condições de pressão, assinalam-se algumas dissimilaridades entre o RGSPDADAR e a EN 806-3 (2006). No que se refere a pressões máximas ou estáticas nos dispositivos de utilização, a EN 806-3 (2006) fixa um máximo de 500kPa (50 m.c.a.), enquanto o RGSPDADAR estabelece um valor máximo de 600kPa (60 m.c.a.). Relativamente às pressões mínimas, a EN 806-3 (2006) estabelece um mínimo de 100kPa (10 m.c.a.), enquanto o RGSPDADAR estabelece um valor de 50kPa (5 m.c.a.).

Pedroso (2008), recomenda, por razões de conforto e de durabilidade das tubagens, que as pressões deverão oscilar entre 150kPa e 300kPa (15 a 30 m.c.a.).

A pressão de serviço em cada dispositivo (P_i) pode ser calculada subtraindo à pressão disponível na rede (P_r) a perda de carga acumulada em cada seção ($\Delta H_{t(a)}$) e o desnível entre cotas (Δ_z) (i.e. diferença entre a cota a que está o nó de alimentação da tubagem pública e a cota a que está cada dispositivo de entrega de água), tal como apresentado na Eq. (2.9).

$$P_i = P_r - \Delta H_t(a) - \Delta_z \quad (2.9)$$

Sendo:

P_i - Pressão de serviço em cada dispositivo (m)

P_r - Pressão de serviço na rede pública (m)

$\Delta H_{t(a)}$ - Perda de carga total acumulada (m)

Δ_z - Diferença de cotas entre a rede pública e o ponto de entrega (m)

2.3. Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas

2.3.1. Introdução

O sistema de rede predial de drenagem de águas residuais domésticas tem por objetivo agrupar e encaminhar as águas residuais desde a sua origem nas habitações até aos sistemas coletores públicos, que as transportam depois até ao destino final, normalmente uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

Na conceção dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais é importante obedecer às exigências funcionais, à compatibilização entre os demais projetos envolvidos, e também devem ser tidos em conta os seguintes aspetos (Paixão, 1999; Pedroso, 2008):

- A montante das câmaras de ramal de ligação, é obrigatória a separação dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais;
- Tipologia da rede pública e seus elementos constituintes;
- Evitar a acumulação de água em zonas de circulação e na cobertura;
- Manter uma distância superior a 1m entre a rede de abastecimento e a rede de esgotos;
- Garantir o conforto dos utentes e a qualidade das instalações hidráulicas (*p.e.*, evitar ruído, entupimentos, desferragem dos sifões);
- Necessidade de prever condutas de serviço para instalação de tubagens verticais, bem como de tetos falsos ou pisos técnicos e falsos, para instalação de tubagens horizontais e fácil acesso para futuras manutenções;
- Localização de aparelhos e equipamentos com necessidade de ligação;
- Necessidade de instalações complementares, como instalações elevatórias e câmaras retentoras de sólidos e gorduras;
- Modo de recolha das águas pluviais.

O projeto da rede de drenagem de águas residuais deve ser desenvolvido de forma a garantir a captação e condução das águas prediais aos coletores e posteriormente às ETAR. As águas residuais domésticas provêm de instalações sanitárias, cozinhas, e zonas de lavagem de roupas e contêm normalmente matéria orgânica biodegradável, matéria sólida, nutrientes e microrganismos patogénicos (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

A drenagem predial pode ser feita por gravidade e/ou por elevação. No primeiro caso, as águas residuais são recolhidas acima do nível do arruamento, sendo o seu transporte efetuado exclusivamente por gravidade (Figura 2.10). No segundo caso, os efluentes são recolhidos abaixo do nível do arruamento, sendo necessário efetuar a sua elevação por meios mecânicos até um nível mínimo com planar com o do arruamento, a partir do qual seguem por gravidade

para o sistema público de drenagem (Figura 2.11). Em edifícios com pisos acima e abaixo do piso térreo predominam redes mistas por gravidade e por bombagem, como apresentado na Figura 2.12.

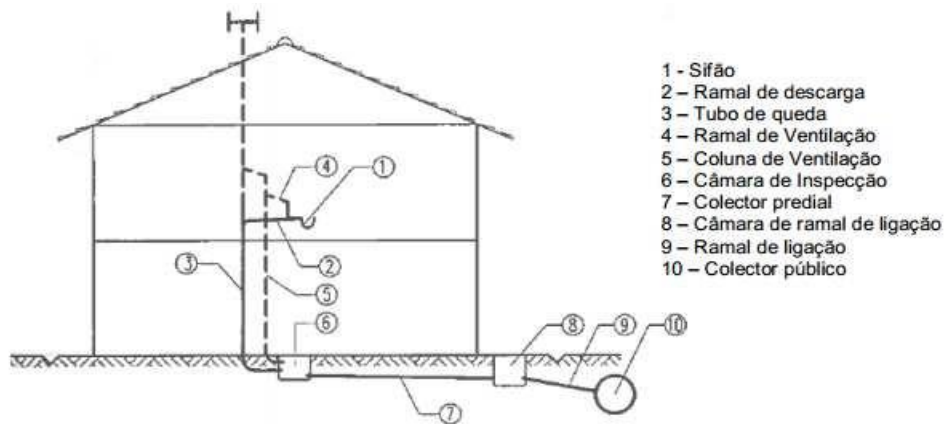


Figura 2.10 - Sistema predial de drenagem gravítica de águas residuais (adaptada de Pedroso, 2008)

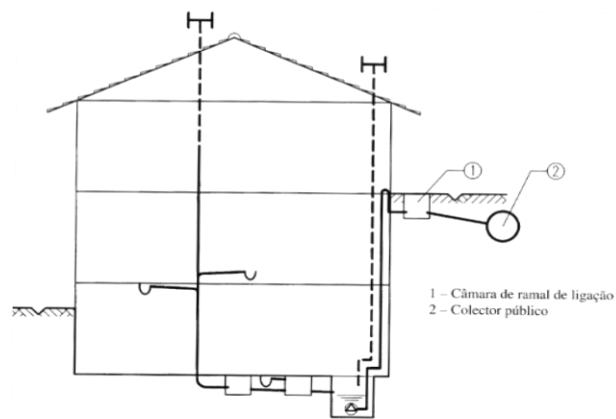


Figura 2.11 - Sistema de drenagem predial elevatório (adaptada de Pedroso, 2008)

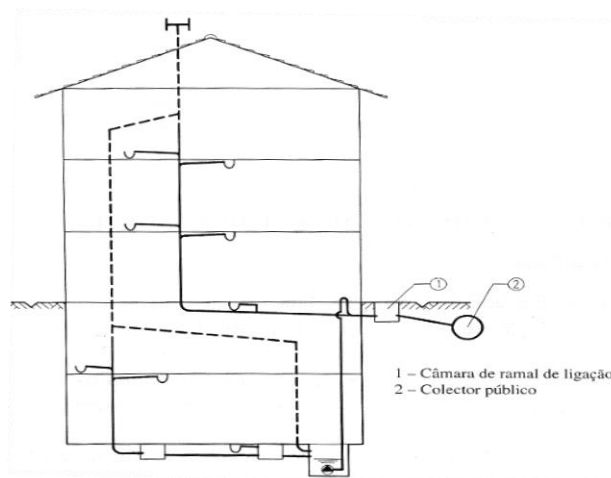


Figura 2.12 - Sistema misto de drenagem (adaptada de Pedroso, 2008)

Estes sistemas são constituídos pelos seguintes principais elementos (Figura 2.10):

- **Ramal de descarga** - tem por finalidade a condução das águas residuais domésticas aos respetivos tubos de queda ou, na sua inexistência, aos coletores prediais;
- **Ramal de ventilação** - canalização que liga o ramal de descarga à coluna de ventilação e destina-se a assegurar a manutenção do fecho hídrico nos sifões, sempre que não sejam asseguradas as condições regulamentares;
- **Tubo de queda** - canalização vertical que junta as descargas provenientes dos pisos mais elevados para transporte ao coletor predial e a ventilar a rede predial e pública;
- **Coluna de ventilação** - canalização vertical à qual se ligam os ramaís de ventilação, e cuja finalidade é complementar a ventilação efetuada através dos tubos de queda;
- **Coletor predial** - canalização de fraca pendente onde afluem as águas residuais provenientes de tubos de queda, de ramaís de descarga e de condutas elevatórias existentes;
- **Ramal de ligação** - canalização de fraca pendente que conduz as águas residuais prediais desde as câmaras de ramal de ligação até à rede pública;
- **Coletor público** - conduz as águas residuais provenientes das edificações ou da via pública a destino final adequado;
- **Acessórios** - dispositivos a intercalar nos sistemas, no sentido de facilitar as operações de determinadas matérias e de garantir as condições de habitabilidade dos espaços ocupados.

Ramaís de descarga

Após a compatibilização com as restantes especialidades e definição dos espaços e percursos do circuito hidráulico, procede-se ao traçado da rede a partir dos ramaís de descarga. De acordo com RGSPDADAR e Paixão (1999), o traçado deverá ter em atenção os seguintes aspetos:

- Deve ser feito por troços retilíneos unidos por curvas de concordância, facilmente desobstruíveis sem necessidade de proceder à sua desmontagem, ou por caixas de reunião;
- A ligação simultânea de vários aparelhos a um mesmo ramal de descarga, deve efetivar-se através de caixas de reunião ou curvas de concordância;
- O troço vertical dos ramaís de descarga não pode exceder, em caso algum, 2 m de altura.
- A ligação de vários aparelhos sanitários a um mesmo ramal de descarga pode ser feita por meio de forquilhas ou caixas de reunião;
- Os ramaís de descarga das bacias de retrete e os das águas de sabão devem ser normalmente independentes;

- Os ramais de descarga de águas de sabão ou urinóis só podem ser ligados a ramais de descarga de bacias de retrete desde seja assegurada a adequada ventilação secundária dos primeiros, tendo em vista impedir fenómenos de sifonagem induzida (Figura 2.13);
- Os ramais de descarga dos urinóis devem ser independentes dos restantes aparelhos, podendo ser ligados aos ramais de águas de sabão por caixas de reunião;
- Os ramais de descarga de bacias de retrete deverão ser ligados ao tubo de queda em planos horizontais distintos dos ramais de descarga de águas saponáceas, quando tal não se verificar, deverão ser utilizadas forquilhas de ângulo de inserção não superior a 45°.
- Os ramais de descarga deverão ser instalados a profundidades razoáveis, como meio de atenuar a transmissão de ruídos para o interior das zonas habitadas;
- Os ramais de descarga podem ser instalados á vista, embutidos, em caleiras, enterrados em galerias ou em tetos falsos (Figura 2.14).

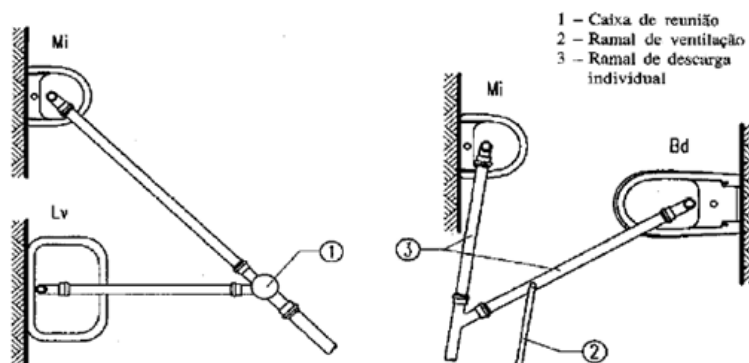


Figura 2.13 - Ligação de um ramo de descarga de outro aparelho a um ramo de um urinol (adaptada de Pedroso, 2008)

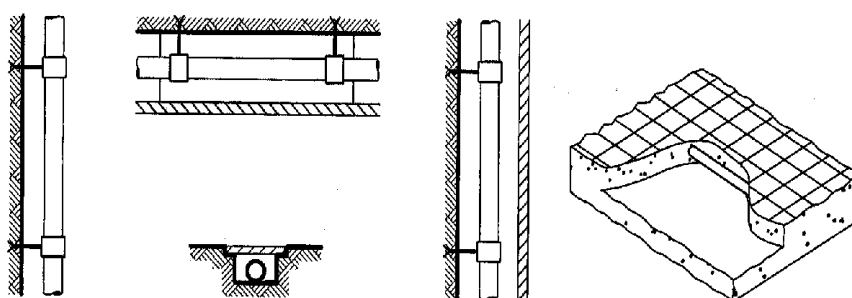


Figura 2.14 - Instalação de ramais de descarga (Adaptada de Pedroso, 2008)

Ramais de ventilação

Os ramais de ventilação podem ser embutidos, colocados à vista ou visitáveis em tetos falsos e galerias, ou enterrados. Devem ser constituídos por troços retilíneos, ligados entre si por curvas de concordância. Os troços verticais deverão prolongar-se de modo a atingirem uma altura não

inferior a 0,15m acima do nível superior do aparelho sanitário que ventilam. Por outro lado, os troços horizontais, para ligação à coluna de ventilação, devem ter inclinação ascendente no mínimo de 2%, de forma a facilitar o escoamento da água condensada para o ramal de descarga (Figura 2.15).

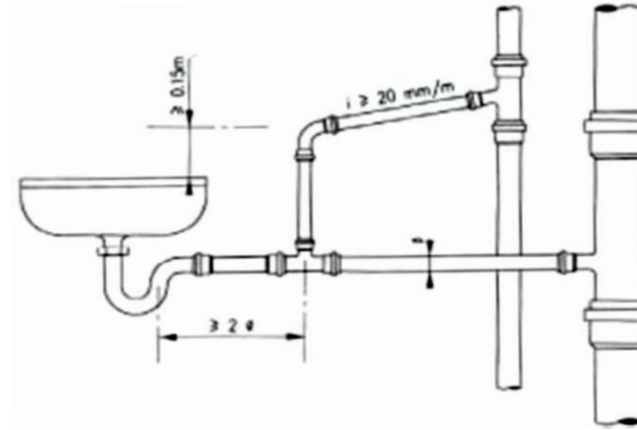


Figura 2.15 - Ligação do ramal de ventilação ao de descarga (adaptada de Pedroso, 2008)

A inserção do ramal de ventilação no ramal de descarga deve fazer-se a uma distância não inferior a duas vezes o diâmetro do ramal. Em aparelhos dispostos em bateria, à exceção de bacias de retrete e similares, caso não se faça ventilação secundária individual, os ramos de ventilação coletivos devem ter ligação ao ramal de descarga, no máximo de três em três aparelhos (Paixão, 1999).

Tubo de queda

Os tubos de queda de águas residuais domésticas devem ser localizados, de preferência, em condutas de serviço verticais facilmente acessíveis. O traçado deve ser vertical, de preferência formando um único alinhamento reto. Se existirem mudanças de direção, estas devem ser efetuadas por curvas de concordância, sendo que o seu valor não deve exceder dez vezes o diâmetro do tubo de queda.

A concordância entre os tubos de queda de águas residuais domésticas e as tubagens de fraca pendente deve fazer-se por curvas de transição de raio maior ou igual ao triplo do seu diâmetro, tomando como referência o eixo do tubo, ou por duas curvas de 45° eventualmente ligado por um troço reto. Os tubos de queda devem ser dotados de bocas de limpeza (, posicionadas de modo a garantir a sua acessibilidade em todas as mudanças de direção, próximo das curvas de concordância, próximo da mais elevada inserção dos ramos de descarga e no mínimo de três em três pisos próximo da inserção dos ramos (art.º 235.º do RGSPDADAR).

A inserção dos tubos de queda nos coletores prediais deve ser efetuada através de forquilhas ou câmaras de inspeção, sendo que o afastamento entre o tubo de queda e o coletor ou câmara de inspeção não deve exceder dez vezes o seu diâmetro (Figura 2.16).

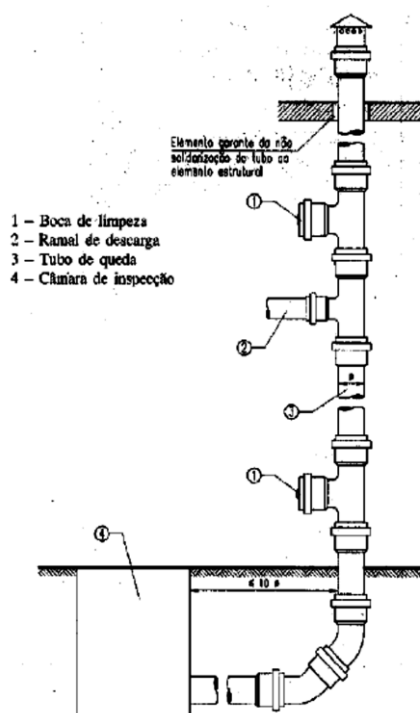


Figura 2.16 - Ligação do tubo de queda à câmara de inspeção (adaptada Pedroso, 2008)

Colunas de ventilação

As colunas de ventilação têm por finalidade complementar a ventilação efetuada através dos tubos de queda, sempre que a taxa de ocupação naqueles tubos seja superior ao valor mínimo indicado no artigo 231.º do RGSPDADAR ou quando a existência de ramais de ventilação assim o exija. As colunas de ventilação têm ainda por finalidade assegurar a ventilação da rede quando não existam tubos de queda, podendo ser instaladas, de preferência, em galerias verticais facilmente acessíveis.

O traçado das colunas de ventilação deve ser vertical e as mudanças de direção constituídas por troços retilíneos ascendentes ligados por curvas de concordância. Devem ter origem no coletor predial ou na câmara de inspeção. Caso a origem seja no coletor predial, a sua inserção neste deverá ser a uma distância não superior do tubo de queda de dez vezes o seu diâmetro. Devem terminar superiormente nos tubos de queda, pelo menos 1 metro acima da inserção mais elevada de qualquer ramal de descarga, ou abrir diretamente na atmosfera. Por outro lado, devem ser ligadas ao tubo de queda de três em três pisos, no mínimo (Figura 2.17).

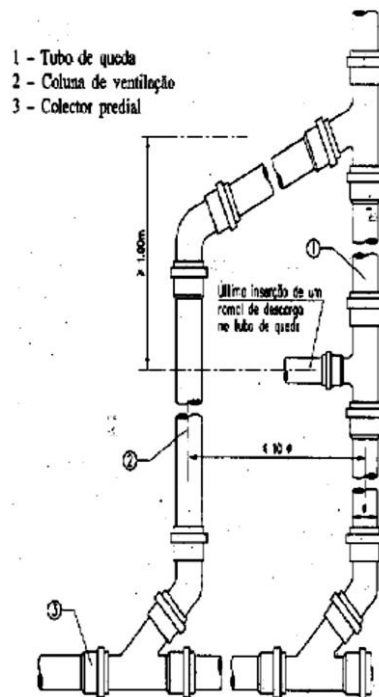


Figura 2.17 - Ligação da coluna de ventilação ao coletor e tubo de queda (adaptada de Pedroso, 2008)

Coletores prediais

Os coletores prediais podem ser instalados à vista, enterrados, em caleiras, em galerias ou tetos falsos e o seu traçado deve ser retilíneo quer em planta, quer em perfil. Nas tubagens enterradas, devem ser implantadas câmaras de inspeção no seu início, em mudanças de direção, de inclinação, de diâmetro e nas confluências. Caso estejam instalados à vista ou em locais facilmente visitáveis, as câmaras de inspeção devem ser substituídas por curvas de transição, reduções, forquilhas e por bocas de limpeza localizadas em pontos apropriados ou em número suficiente, de modo a permitir uma fácil manutenção. As câmaras ou bocas de limpeza consecutivas não devem distar mais de 15 metros em si.

Os coletores prediais deverão desenvolver-se sob elementos de fundação, em zonas inacessíveis, ou ser embutidos em elementos estruturais.

Ramais de ligação

O traçado dos ramais de ligação deve ser efetuado por troços retilíneos, quer em planta quer em perfil. Estes elementos podem ser ligados à rede pública por inserção, quer em câmaras de visita, quer diretamente ou não nos coletores públicos (casos onde o diâmetro coletores públicos é superior a 500mm) (Paixão, 1999).

2.3.2. Caudais de descarga

Os caudais mínimos de descarga, os diâmetros mínimos para os ramais de descarga e os diâmetros mínimos para os sifões de diferentes equipamentos podem ser tomados da Quadro 2.4.

O caudal acumulado em cada troço é a soma dos valores mínimos de descarga associados a cada dispositivo. O caudal de cálculo (Q_c) é determinado a partir do caudal acumulado (Q_a) por afetação de um coeficiente de simultaneidade (x), estimado a partir da Eq. (2.1).

Quadro 2.4 - Caudais mínimos de descarga, diâmetros mínimos dos ramais de descarga e dos sifões a instalar nos aparelhos e equipamentos sanitários (adaptada de Decreto-Regulamentar nº 23/95 (RGSPPDADAR); Paixão, 1999)

Aparelho	Caudal de descarga (l/min)	Diâmetro mínimo nos ramais de descarga (mm)	Diâmetro mínimo para o sifão (mm)
Bacia de Retrete (Br)	90	90	a)
Banheira (Ba)	60	40	30
Bidé (Bd)	30	40	30
Chuveiro (Ch)	30	40	30
Lavatório (Lv)	30	40	30
Máquina de lavar louça (Ml)	60	50	40
Máquina de lavar roupa (Mr)	60	50	40
Urinol de espaldar (Me)	90	75	60
Urinol suspenso (Ms)	60	50	a)
Lava-louça (Ll)	30	50	40
Tanque de lavar roupa (T)	60	50	30

a) Incorporado no equipamento

2.3.3. Dimensionamento hidráulico-sanitário

Ramais de descarga

O dimensionamento hidráulico deve ter em conta o cumprimento de critérios físicos e hidráulico-sanitários, tais como o diâmetro (D), a tensão de arrastamento (τ) e a velocidade de escoamento (v).

O diâmetro pode ser estimado a partir das Eq. (2.10) e Eq. (2.11) para secção cheia ou meia secção, respetivamente (Lança, 2010).

$$D = \frac{Q_c^{\frac{3}{8}}}{0.64589 \cdot k_s^{\frac{3}{8}} \cdot i^{\frac{3}{16}}} \quad (2.10)$$

$$D = \frac{Q_c^{\frac{3}{8}}}{0.4980 \cdot k_s^{\frac{3}{8}} \cdot i^{\frac{3}{16}}} \quad (2.11)$$

Sendo i a inclinação da tubagem, normalmente variando entre 1% e 4%. Alguns autores (Paixão, 1999; Pedroso, 2008) apresentam tabelas e ábacos que relacionam o Q_c com a inclinação do troço (i) e com o diâmetro (D) mínimo para a tubagem, podendo este último ser rapidamente tomado. A partir dos valores de D , definem-se os diâmetros para cada troço da rede, tendo em atenção os valores comerciais definidos para cada material (ver Quadro 2.2 e Quadro 2.3).

A tensão de arrastamento verifica a capacidade de autolimpeza das condutas, sendo obtida a partir da Eq. (2.12).

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot i \quad (2.12)$$

Sendo:

τ - Tensão de arrastamento ($N/m^2 = Pa$)

γ - Peso específico da água residual (N/m^3)

De acordo com Paixão (1999), a tensão de arrastamento deverá ser superior a 2,45 N/m^2 , por forma a garantir a eficácia de autolimpeza. Concomitantemente, a velocidade de escoamento não deve ser inferior a 0,6 m/s para as águas residuais sem gorduras ou de baixo teor e de 1,2 m/s para águas residuais com significativos teores de gordura. A velocidade máxima aconselhada é de 3 m/s.

A velocidade em tubagens com escoamento a meia secção deve ter em atenção o ângulo de abertura (θ) ao centro da tubagem (Figura 2.18), sendo necessário aplicar as Eq. (2.13) e Eq. (2.14) (Sousa, 2008) para estimar primeiro θ e depois a velocidade. O valor de h/D deve ser inferior a 0,5, embora não seja determinante calculá-lo.

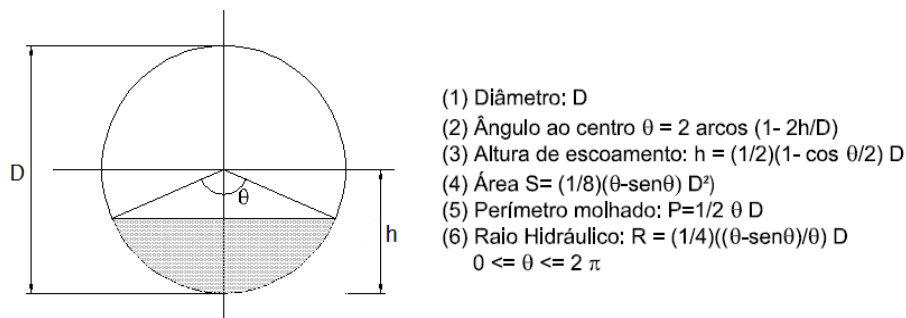


Figura 2.18 - Elementos geométricos de tubagens de secção circular (adaptado de Sousa, 2008)

$$Q = \frac{0.0496}{n} \cdot \theta^{-\frac{2}{3}} \cdot (\theta - \text{sen}\theta)^{\frac{5}{3}} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (2.13)$$

$$v = \frac{0.397}{n} \cdot \theta^{-\frac{2}{3}} \cdot (\theta - \text{sen}\theta)^{\frac{2}{3}} \cdot D^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

Sendo n o coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler ($\text{s/m}^{1/3}$), que na prática é o inverso do coeficiente de rugosidade do material (K_s).

Tubos de queda

O diâmetro dos tubos de queda é calculado a partir do caudal máximo acumulado e drenado pelos vários ramais de descarga e tendo em atenção uma taxa de ocupação máxima do caudal drenada de 1/3 (que também pode ser calculada a partir das seções ocupadas pelo líquido e ar) e Eq. (2.15), Pedroso (2008)), se o sistema possuir ventilação secundária. Caso contrário, a taxa de ocupação descerá 1/7, com o aumento do seu diâmetro.

$$D = 4.4205 \cdot Q^{\frac{3}{8}} \cdot t_s^{-\frac{5}{8}} \quad (2.15)$$

O valor de t_s determina o intervalo de valores aconselhado para o diâmetro do tubo de queda, podendo ser calculado por uma expressão apresentada em Pedroso (2008).

Coletores prediais e ramais de ligação

O diâmetro mínimo dos coletores prediais é de 100mm, devendo a sua inclinação situar-se entre 1% e 4% (RGSPDADAR). O diâmetro mínimo dos ramais de ligação é de 125mm, devendo a sua inclinação situar-se entre 2% e 4% (RGSPDADAR).

Em qualquer dos casos, estas tubagens devem ser dimensionadas para um escoamento a meia secção, podendo os diâmetros serem calculados através da Eq. (2.11), após a estimativa dos caudais confluentes e a definição de um valor de i e do material a utilizar.

2.4 Redes de águas pluviais

2.4.1. Introdução

Os sistemas prediais de drenagem de águas pluviais têm como objetivo agrupar e encaminhar as águas provenientes das seguintes origens (RGSPDADAR):

- Rega de jardins e espaços verdes, lavagem de arruamentos, pátios e parques de estacionamento, ou seja, de um modo geral, aquelas que são recolhidas pelas sarjetas, sumidouros ou ralos;
- Circuitos de refrigeração e de instalações de aquecimento;
- Piscinas e depósitos de armazenamento de água;
- Drenagem do subsolo.

Estas águas são posteriormente encaminhadas até à rede pública (rede pluvial, quando o sistema público é do tipo separativo; rede unitária, quando o sistema público não é separativo). A ligação à rede pública é efetuada através de um ramal de ligação com origem numa câmara de ramal de ligação localizada no interior do lote a drenar.

As redes pluviais prediais não devem incluir esgoto doméstico proveniente de instalações sanitárias ou mesmo cozinhas, o qual se destina à rede pública de drenagem de águas residuais domésticas como referido no ponto 2.3.

A rede de drenagem pluvial pode ser do tipo drenagem gravítica, sendo a condução das águas pluviais feita apenas pela ação da gravidade. Este sistema é utilizado nos casos em que as águas são recolhidas a um nível superior ao coletor público de drenagem (Figura 2.18).

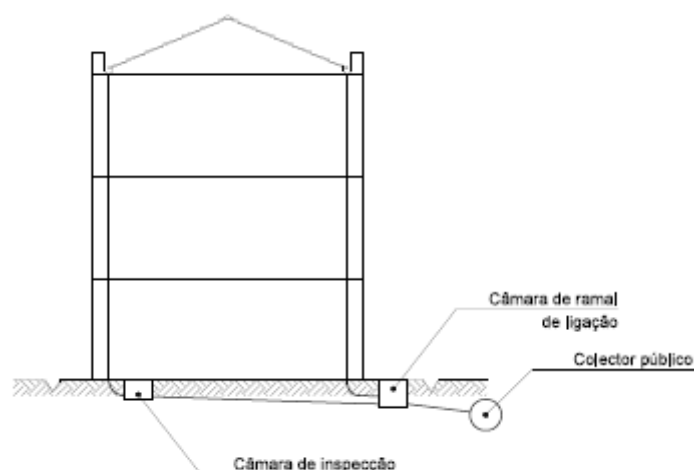


Figura 2.18 - Sistema de drenagem gravítica de águas pluviais (adaptada de Pedroso, 2008)

Quando as águas pluviais são recolhidas a um nível inferior ao do coletor público de drenagem, estas deverão ser elevadas por meios mecânicos, designando-se por sistema de drenagem com

elevação. Caso se tratem de caves, e mesmo que o coletor público se encontre abaixo do nível da recolha das águas, estas terão de ser bombeadas na mesma para evitar problemas de refluxo, o que poderia causar problemas na edificação. Nos casos em que a recolha das águas pluviais é efetuada, quer acima, quer abaixo da cota do coletor público, designa-se por sistema misto com drenagem gravítica e com elevação mecânica (Figura 2.19).

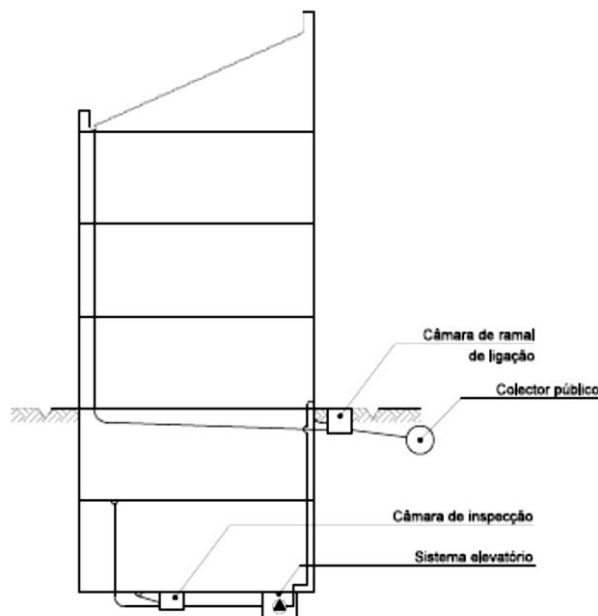


Figura 2.19 - Sistema misto de drenagem de águas pluviais (adaptada de Pedroso, 2008)

Estes sistemas são constituídos pelos seguintes principais elementos (RGSPDADAR; Paixão, 1999):

- **Caleiras e algerozes** - Conduitas de pequena inclinação instaladas nas coberturas com a finalidade de recolha e condução das águas pluviais para os ramais de descarga ou tubos de queda;
- **Tubo de queda** - Canalizações destinadas à recolha e conseqüente transporte das descargas provenientes dos ramais de descarga até aos coletores prediais ou valetas;
- **Ramais de descarga** - Canalizações que têm por finalidade a condução das águas pluviais provenientes dos dispositivos de recolha até aos tubos de queda, quando estes existem, ou para os coletores prediais, poços absorventes, valetas ou áreas de receção apropriadas;
- **Coletores prediais** - Canalizações destinadas à recolha de águas provenientes de tubos de queda ou de ramais de descarga, caso os primeiros não existam, e à condução destas para o ramal de ligação;
- **Coluna de ventilação** - Canalizações cujo traçado apenas se encontra regulamentado para a drenagem de águas residuais domésticas. No que toca às águas pluviais, as colunas de ventilação terão que existir apenas em sistemas de drenagem elevatórios ou mistos, onde existirá um poço de bombagem que necessitará de ventilação independente;

- **Acessórios** - Dispositivos necessários ao sistema que possibilitam as operações de manutenção, retenção e garantia de boas condições de habitabilidade dos espaços;
- **Instalações complementares** - Instalações que têm como finalidade melhorar o desempenho do sistema de drenagem, como nos sistemas prediais podem existir instalações elevatórias (drenagem com elevação ou sistema misto) e câmaras retentoras que impedem o lançamento de resíduos interditos na rede pública.

Tubos de queda

Os tubos de queda de águas pluviais devem ser localizados, de preferência, em condutas de serviço verticais facilmente acessíveis. De acordo com RGSPDADAR e Pedroso (2008), o traçado das redes deverá ter em atenção os seguintes aspetos:

- Os tubos de queda de águas pluviais podem descarregar em:
 - Coletores prediais através de forquilhas ou câmaras de inspeção com curvas de concordância entre os troços verticais e de fraca pendente;
 - Valetas de arruamentos, diretamente ou através de caleiras ou tubos devidamente protegidos contra sobrecargas previsíveis.
- A inclusão dos tubos de queda nos coletores prediais deverá ser garantida através de forquilhas ou câmaras de inspeção;
- É aconselhável a instalação dos tubos de queda à vista ou em galerias, facilitando o seu acesso, e nunca em locais de difícil acesso ou estruturais;
- Caso atravessem elementos estruturais, deverá ser garantida a sua não ligação rígida a estes elementos, com o recurso a elementos que assegurem que isso não se verificará;
- Os tubos de queda, caso se tratem de telhados, podem ser ligados diretamente a uma calha, ou receber um ralo quando se tratam de terraços onde se receia a sua obstrução por folhas e detritos diversos;
- O traçado dos tubos de queda deve ser vertical, constituído preferencialmente por um único alinhamento reto;
- Sempre que não seja exequível o ponto anterior, as mudanças de direção devem ser efetuadas por curvas de concordância, não devendo o valor da translação exceder 10 vezes o diâmetro do tubo de queda. Quando não for possível manter a translação dentro deste limite, o troço de fraca pendente deverá ser tratado como um coletor predial;
- A concordância dos tubos de queda de águas residuais com troços de fraca pendente deverá ser feita por curvas de transição de raio não inferior ao triplo do seu diâmetro, tomando como referência o eixo do tubo, ou por duas curvas de 45° eventualmente ligadas por um troço reto.

Ramais de descarga

De acordo com RGSPDADAR e Pedrosa (2008), o traçado de ramais de descarga deverá ter em atenção os seguintes aspetos:

- A ligação de vários acessórios ao mesmo ramal de descarga deverá ser feita por meio de forquilhas ou caixas de reunião;
- A ligação dos ramais de descarga aos tubos de queda deve ser feita através de forquilhas, e aos coletores prediais, através de forquilhas ou câmaras de inspeção;
- Os ramais de descarga podem ser embutidos, colocados à vista, visitáveis em tetos falsos e galerias, ou enterrados;
- A colocação dos ramais de descarga não pode afetar a resistência mecânica dos elementos estruturais do edifício nem das canalizações;
- Os ramais de descarga deverão ser instalados a profundidades tais que permitam atenuar a transmissão de ruídos para as zonas habitáveis;
- O traçado deve ser constituído por troços retilíneos unidos por curvas de concordância, que permitam a sua desobstrução sem necessidade de se proceder à sua desmontagem, ou por caixas de reunião;
- Os troços que constituem o traçado nunca poderão exceder os 2 m de altura;
- Sempre que possível e, desde que tal não ponha em causa o seu correto desempenho do sistema, deve-se tentar reduzir a dimensão dos percursos a seguir esgoto, reduzindo os custos e os tempos de retenção na canalização.

Coletores prediais

Os coletores prediais podem ser instalados à vista, enterrados, em caleiras, em galerias ou tetos falsos e o seu traçado deve ser retilíneo quer em planta, quer em perfil. Quando enterrados, devem ser implantadas câmaras de inspeção no seu início do coletor, em mudanças de direção, de inclinação, de diâmetro e nas confluências. Quando instalados à vista ou em locais facilmente visitáveis, garantindo assim o seu acesso, as câmaras de inspeção poderão ser substituídas por curvas de transição, reduções, forquilhas e por bocas de limpeza localizadas em pontos apropriados e em número suficiente, de modo a permitir um eficiente serviço de manutenção.

O seu traçado é semelhante ao apresentado no ponto 2.3.1. para redes de drenagem de águas residuais.

Ramais de ligação

A inserção dos ramais de ligação na rede pública pode fazer-se nas câmaras de visita ou, direta ou indiretamente, nos coletores. A inserção direta dos ramais de ligação nos coletores só é admissível para diâmetros destes últimos superiores a 500 mm e deve fazer-se a um nível superior a dois terços de altura daquele. A inserção nos coletores pode fazer-se por meio de forquilha simples com um ângulo de incidência igual ou inferior a 67° 30', sempre no sentido do escoamento, de forma a evitar perturbações na veia líquida principal (Paixão, 1999).

A inserção dos ramais de ligação nos coletores domésticos pode ainda ser realizada por "T", desde que a altura da lâmina líquida do coletor se situe a nível inferior ao da lâmina líquida do ramal. A inclinação não deverá ser inferior a 10 mm/m, sendo aconselhável que se situe entre 20 e 40 mm/m.

O traçado dos ramais de ligação deve ser retilíneo, tanto em planta como em perfil.

Colunas de ventilação

O seu traçado é semelhante ao apresentado no ponto 2.3.1. para redes de drenagem de águas residuais.

Todos os projetos de redes de águas pluviais deverão utilizar uma simbologia universal (ver Anexo I), para que a sua leitura seja efetuada de forma imediata, clara e de modo a que reduza a hipótese de erro.

2.4.2. Caudais de cálculo

A determinação dos caudais de cálculo é baseada em dados de precipitação, que podem ser obtidos numa estação udométrica local. No entanto, na prática, são utilizadas expressões (Eq. (2.16)) que relacionam a intensidade da precipitação (I) com a duração da precipitação (t), para um determinado período de retorno.

$$I = a \cdot t^b \quad (2.16)$$

Sendo:

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 através do Quadro 2.5, que fornece os valores médios de intensidade máxima de precipitação, para as diferentes regiões pluviométricas, representadas na Figura 2.20. De acordo com RGSPDADAR um período de retorno mínimo de 5 anos e uma duração de precipitação de 5 minutos, são suficientes para o cálculo de I .

Quadro 2.5 - Valores dos parâmetros a, b para diferentes períodos de retorno e regiões pluviométricas (adaptado de Pedroso, 2008)

Período de retorno (anos)	Regiões Pluviométricas					
	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
5	259.26	-0.562	207.41	-0.562	311.11	-0.562
10	290.68	-0.549	232.21	-0.549	348.82	-0.549
20	317.74	-0.538	254.19	-0.538	381.29	-0.538
50	349.54	-0.524	279.63	-0.524	419.45	-0.524
100	365.62	-0.508	292.5	-0.508	438.75	-0.508

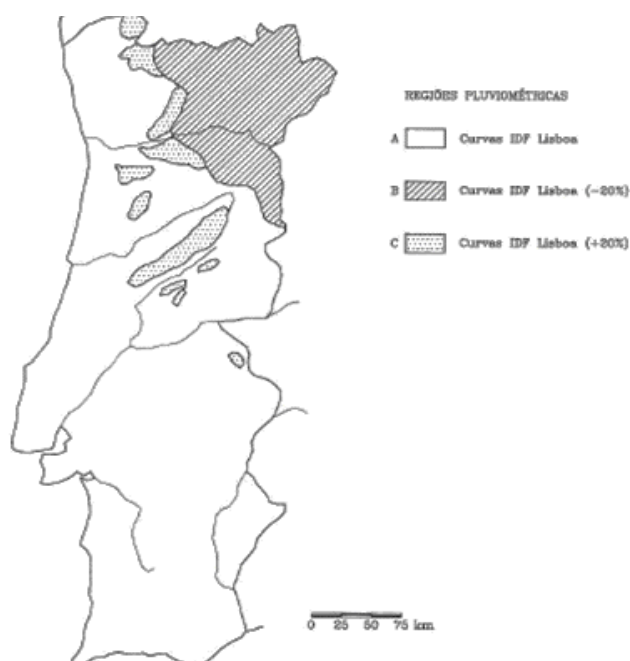


Figura 2.20 - Curvas de intensidade - duração - frequência aplicáveis a Portugal Continental (adaptado de Decreto-Regulamentar nº 23/95 (RGSPDADAR))

O caudal de cálculo (Q_c) é determinado de acordo com a Eq. (2.17), ou seja:

$$Q_c = I.A.C \quad (2.17)$$

Sendo:

C - Coeficiente de escoamento;

I - Intensidade de precipitação (l/min.m²);

A - Área a drenar em projeção horizontal (m²).

O coeficiente de escoamento (C) deve assumir os valores do Quadro 2.6, de acordo com a tipologia e inclinação do terreno. Caso a superfície a drenar se considere impermeável, o valor de C pode ser 1. Os valores C do Quadro 2.6 correspondem a um período de retorno compreendido entre 5 a 10 anos, e pretende traduzir os efeitos no caudal de ponta de cheia da retenção superficial, da infiltração e do armazenamento.

Quadro 2.6 - Coeficiente de escoamento (adaptado de ASCE, 1992)

Tipo de superfície	C
Pavimento - asfáltico	0.70 - 0.95
Pavimento - betão	0.80 - 0.95
Passeio para peões	0.85
Coberturas	0.75 - 0.95

2.4.3. Dimensionamento hidráulico-sanitário

Ramais de descarga

Os ramais de descarga podem ser dimensionados para um escoamento a secção cheia ou meia secção, podendo os diâmetros serem calculados através da Eq. (2.10) e Eq. (2.11), respetivamente, após a estimativa do caudal de cálculo confluyente e a definição de um valor de *i* (entre 0,5% e 4%) e do material a utilizar. O diâmetro mínimo dos ramais de descarga é de 40mm (RGSPDADAR).

Embora não haja um valor para a verificação da tensão de arrastamento (τ), este parâmetro deve ser calculado (ver Eq. (2.12), podendo, por referencia, tomar-se o valor mínimo de 2,45 N/m² (valor definido para coletores de águas residuais). A velocidade de escoamento (*v*) deve variar entre 0,9 m/s e 5 m/s, que é o intervalo normalmente tomado para os coletores públicos (Sousa e Matos, 2008). O valor de *h/D* deve ser inferior a 1, embora não seja determinante calculá-lo.

Caleiras e algerozes

No dimensionamento de caleiras e algerozes deve-se ter em atenção à altura da lâmina líquida no seu interior, que não deve ultrapassar 7/10 da altura da sua secção transversal para evitar

transbordo que pode afetar o interior da edificação. Relativamente ao declive, deverá variar entre 0,5% e 1%.

Para dimensionar a seção de caleiras e algerozes, determina-se primeiro o caudal de cálculo confluyente, através das Eq. (2.16) e Eq. (2.17), sendo o diâmetro estimado em função da seção adotada (circular ou retangular), podendo, para o efeito, serem utilizadas expressões matemáticas ou ábacos apresentados na bibliografia, como Paixão (1999) e Pedroso (2008).

Tubos de queda

O diâmetro dos tubos de queda é calculado a partir do caudal máximo acumulado e drenado pelos vários ramais de descarga, caleiras e algerozes. O seu diâmetro, para a maioria das situações, pode ser estimado através da Eq. (2.18), considerando uma carga (altura da lamina líquida sobre a cobertura, H) entre 10mm e 100mm. O diâmetro mínimo a considerar deve ser de 50 mm (RGSPDADAR).

$$Q_c = \left(\alpha + \beta \cdot \frac{H}{D} \right) \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot \sqrt{2gH} \quad (2.18)$$

Sendo:

H - carga no tubo de queda (m);

g - aceleração da gravidade (m/s²);

$$\alpha = \begin{cases} 0.453 & \text{- entrada em aresta viva no tubo de queda;} \\ 0.578 & \text{- entrada cónica no tubo de queda;} \end{cases}$$

$$\beta = 0.350$$

A Eq. (2.18) pode ser aplicada sempre que o tubo de queda tenha um comprimento superior a 0.04*D e entrada em aresta viva ou um comprimento superior a um metro e entrada cónica, não devendo possuir acessórios na base que introduzam sinuosidades (Pedroso, 2008).

Alternativamente podem ser utilizadas tabelas que relacionam Q_c com H e L, apresentadas em Pedroso (2008).

Coletores Prediais e ramais de ligação

Os coletores prediais de águas pluviais recebem o caudal pluvial acumulado dos tubos de queda. Não devem assumir um diâmetro inferior ao maior diâmetro das canalizações que nele confluem, com um mínimo de 100mm. Estes poderão ser dimensionados para seção cheia ou

meia seção, podendo os diâmetros serem calculados através da Eq. (2.10) e Eq. (2.11), respectivamente. As inclinações das tubagens devem estar compreendidas entre 0,5% e 4%, sendo no entanto recomendado não utilizar valores inferiores a 1%.

Os ramais de ligação dimensionam-se de forma similar, devendo os diâmetros não ser inferiores ao maior dos diâmetros das canalizações que nele confluem, com um mínimo de 125 mm. As inclinações não devem ser inferiores a 1%, sendo o recomendado valores entre 2% e 4%. Alternativamente, podem ser utilizadas tabelas que relacionam Q_c com i , apresentadas em Pedroso (2008).

Capítulo 3

Reutilização de Águas em Redes Pluviais

3.1. Reutilização de águas

A disponibilidade de água para atividades humanas depende de fatores climatéricos (*p.e.* precipitação, temperatura e evapotranspiração), da configuração da bacia hidrográfica, disponibilidade de infraestruturas para o seu armazenamento, qualidade da água na origem e usos. A quantidade e qualidade da água em cursos de água variam no tempo e no espaço e as necessidades de água para as atividades humanas também não são constantes. Estes desequilíbrios quantitativos entre a procura e a disponibilidade de água são acentuados pela degradação da qualidade das águas naturais, decorrente de insuficiente controlo da poluição antropogénica, o que introduz limitações ao aproveitamento de alguns recursos naturais (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A reutilização de águas residuais e de água pluviais (designadas globalmente como reutilização de águas) tem tido um crescimento acentuado nas últimas décadas, motivada essencialmente pela escassez de recursos hídricos (decorrente de uma situação natural, como por exemplo o clima da região, ou como consequência do crescimento demográfico e do desenvolvimento socioeconómico) e pela necessidade de proteção dos meios hídricos recetores dos efluentes de ETAR.

As principais causas que motivam a reutilização de águas são (EPA, 1992; Asano *et al.*, 2007; Marecos do Monte e Albuquerque, 2010):

- O aumento da procura, modo a satisfazer as necessidades do aumento da população e da industrialização;
- A escassez de água devido a secas, principalmente em regiões áridas e semiáridas, sendo a recuperação de água essencial para o desenvolvimento de atividades humanas;
- A subida do preço da água potável em países industrializados, evitando que esta seja utilizada na lavagem de pavimentos e viaturas ou na rega de espaços verdes;
- Os fatores socioeconómicos tais como novos regulamentos, as preocupações a nível da preservação da água e os incentivos económicos têm vindo a estimular a implementação de projetos de reutilização de água;
- A minimização de impactos ambientais em meios hídricos sujeitos a descarga de efluentes tratados.

As águas residuais com potencial para reutilização são essencialmente (Asano *et al.*, 2007; Marecos do Monte e Albuquerque, 2010):

- **Águas residuais urbanas** - essencialmente constituídas por contribuições de origem doméstica, pequena indústria e pluviais;
- **Águas residuais industriais** - resultantes de atividades industriais (*p.e.* agropecuárias e agroalimentares);
- **Águas pluviais** - resultantes da precipitação e escorrências superficial;
- **Escorrências de vias** - provenientes da lavagem de vias após chuvadas;
- **Escorrências agrícolas** - provenientes da escorrência superficial de campos agrícolas.

Na área urbana, as águas residuais tratadas (ART) e as águas pluviais recuperadas (APR) podem ter grande aplicabilidade, nomeadamente para descarga de autoclismos, utilização em fontes ornamentais, lavagem de equipamentos, viaturas, arruamentos e pavimentos, lavagem de zonas comuns em edifícios, lavagem de contentores de resíduos sólidos, combate a incêndios, limpeza de coletores de águas residuais e de águas pluviais, sistemas de ar condicionado, lavagem de espaços e equipamentos de apoio à construção, humedecimento do solo em obras de terra, produção de materiais de construção (*p.e.* cimento e estuque) e fusão de neve (EPA, 1992; Asano *et al.*, 2007; Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A reutilização de águas no local de produção, além de poder ser útil para a poupança de consumos de água da rede pública, elimina os custos associados às instalações elevatórias de ETAR centrais para as redes de distribuição, permite o aproveitamento de águas menos poluídas (*p.e.* águas cinzentas e águas pluviais de coberturas) e permite a preservação deste recurso hídrico. No entanto, a preservação da saúde pública e a viabilidade técnico-económica desta prática podem ser desvantagens para a reutilização em zonas urbanas, em especial em sistemas que não apresentem escala.

Em Portugal, de acordo com o PNUEA (MAOT, 2001), o volume de água captada é muito superior ao da água efetivamente gasta pelo consumidor, para cumprir de forma eficiente os fins a que se destina. A maior ineficiência de utilização em termos de volume está no sector agrícola (cerca de 92%), enquanto no sector urbano atinge cerca de 8%. No entanto, é neste último sector que a ineficiência assume maior importância no que diz respeito a custos. Em termos de consumo urbano, presume-se que a eficiência média de utilização da água seja de 58% podendo, no entanto, ser aumentada para 80%, se forem introduzidas medidas para o uso eficiente da água (*p.e.* substituição de elementos de redes, adoção de boas práticas na utilização e reutilização de águas). O PNUEA apresenta cerca de 50 medidas para o uso eficiente da água, prevendo-se que o desperdício de água seja reduzido para 20% até 2020 (APA, 2012).

A utilização de água da rede de abastecimento em autoclismos pode ser considerada uma má prática, uma vez que se trata de água potável que é utilizada para a descarga de matéria fecal e urina. De acordo com Friedler *et al.* (2006), a água potável utilizada para descarga de autoclismos perfaz entre 10% e 45% do total de água gasto numa habitação.

3.2 Reutilização de águas cinzentas

As águas residuais produzidas em habitações podem ser separadas facilmente, por um lado as águas menos poluídas, designadas por águas cinzentas, e que têm origem nos lavatórios, banheiras, bidés, pias das cozinhas e máquinas de lavar loiça e roupa; e as águas mais poluídas, designadas por *águas negras*, que têm origem nas sanitas (Asano *et al.*, 2007). Estas últimas, são caracterizadas por apresentarem elevada quantidade de matéria orgânica, azoto, fósforo e microrganismos patogénicos, sendo, normalmente, enviadas para a rede pública. As águas cinzentas são as de maior volume e, como são constituídas por baixa carga orgânica e nutrientes, embora possam conter óleos e gorduras e detergentes, são de mais fácil tratamento e reutilização.

O volume de águas cinzentas produzidas depende dos hábitos sanitários e nível de vida das famílias. A quantidade total de águas cinzentas corresponde a entre 50% e 80% da água residual total produzida numa habitação (Friedler *et al.*, 2006; ETA 905, 2011), sendo cerca de 50% provenientes de banhos e duches (NSW, 2008). Em Portugal, as percentagens devem ser similares, tendo em atenção que a maior consumo de água (cerca de 60%) ocorre em banhos/duches, como se pode observar na Figura 3.1.

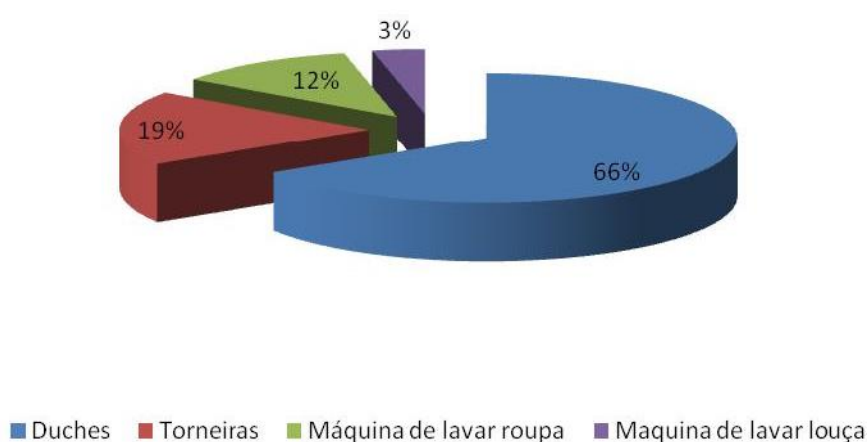


Figura 3.1 - Distribuição do consumo de referência por dispositivo (MAOT, 2001)

De acordo com a ETA 905 (2011), o consumo médio de água poderá estimar-se em cerca de 100 L/hab/d e a produção de águas cinzentas em cerca de 70 L/hab/d. O potencial de reutilização é de cerca de 48 L/hab/d, dos quais 25 a 35 L/hab/d são gastos na limpeza de sanitas.

A reutilização da água cinzenta sem tratamento (ACST) trazer riscos, não só devido à possibilidade de contacto com o interior do autoclismo, como pela possibilidade de contaminação com microrganismos patogénicos que podem ser transmitidos na forma de aerossóis, quando se descarrega o autoclismo (Albrechtsen, 2002). No entanto, se a água sofrer uma desinfecção prévia, ou se for constituída essencialmente por águas de banhos/duches, lavatórios e bidés, o risco de contaminação microbiológica é menor. Assim, a reutilização deste tipo de águas deve ser acompanhado por um plano de controlo de qualidade microbiológica (Asano *et al.*, 2007). A ETA 905 (2011) apresenta os requisitos mínimos de qualidade que devem ser verificados em descargas de autoclismos e rega de jardins privados.

As águas cinzentas podem ser tratadas por processos biológicos ou químicos, sendo os primeiros mais baratos. O tratamento pode ser feito numa instalação de tratamento de águas cinzentas (ITAC), que, no caso do tratamento biológico, será semelhante a uma fossa séptica (Figura 3.2), cuja dimensão e número de compartimentos serão ajustados de acordo com a dimensão do aglomerado a servir com águas cinzentas tratadas (ACT). Também podem ser utilizados sistemas por filtração, com enchimento á base de material natural (*p.e.* solo, areia ou brita), sintético (*p.e.* PEAD) ou artificial (*p.e.* LECA).

Itayama *et al.* (2004) testaram o tratamento de águas cinzentas com um solo rico em alumínio e sílica hidratada, tendo obtido boa remoção de matéria orgânica, fósforo e azoto. Winward *et al.* (2008) utilizam um filtro de areia com plantas durante dois anos, tendo obtido boa remoção de matéria orgânica, matéria sólida e nutrientes, inclusive quando a carga variou (presença de mais pessoas ou variação de temperatura). Já Pidou *et al.* (2008) optaram por um tratamento físico-químico, incluindo coagulação e permuta iónica com uma resina, com águas cinzentas de baixa carga orgânica. A remoção de poluentes foi muito elevada, mas os custos com reagentes e as lamas de tratamento foram indicados com duas desvantagens para este tipo de tratamento.

O volume de tratamento das ITAC do tipo fossa séptica pode ser estimado através da Eq. (3.1) (Pedroso, 2008):

$$V_{FS} = P \left[(C_p \cdot t_r) + [C_d(t_I - t_d)] + \left(\frac{C_f + C_d}{2} \cdot t_d \right) \right] \cdot 10^{-3} \quad (3.1)$$

Sendo,

V_{FS} - Volume da fossa séptica (m³)

- P - População servida (hab)
C_p - Capitação de águas residuais (L/hab/d)
t_r - Tempo de retenção (d)
C_d - Capitação de lamas digeridas (L/hab/d)
t_i - tempo entre limpezas (d)
t_d - Tempo de digestão (d)
C_f - Capitação de lamas frescas (L/hab/d)



Figura 3.2 - Instalação de tratamento para águas cinzentas (<http://www.ecodepur.pt/214/reciclador-de-aguas-cinzentas-ecodepurreg-biox>)

3.3 Reutilização de águas pluviais

A reutilização da água da chuva, ou reaproveitamento de águas da chuva, consiste na captação de água da chuva, nas coberturas, pavimentos, arruamentos ou jardins das habitações, para sua posterior utilização, normalmente para recarga de autoclismos, rega de jardins particulares, lavagem de pavimentos e equipamentos e utilização em máquinas de lavar roupa. Podem ainda ser utilizadas para alimentação de sistemas AVAC, arrefecimento de máquinas, combate a incêndios e na alimentação de piscinas.

A água pode ser armazenada em reservatórios, depósitos ou açudes e ser utilizada sem qualquer tratamento. Normalmente, a sua qualidade é melhor que a das águas cinzentas, em especial as que provêm das coberturas. De acordo com Ghisi *et al.* (2007), a utilização de águas pluviais sem tratamento (APST), em edifícios pode levar a uma poupança entre 12% e 79% de água potável. No entanto, se não apresentarem qualidade para reutilizar, as águas pluviais devem ser tratadas (águas pluviais tratadas (APT)), utilizando-se tecnologias semelhantes às utilizadas no tratamento das águas cinzentas.

Outras vantagens da reutilização de água pluviais são (Campos, 2004; Quadros, 2010): diminuição de volumes de água que vão para as redes públicas, com diminuição de custos em ETAR, quando a rede é unitária; baixos custos de exploração; a água pode ser armazenada durante largos períodos de tempo, porque a sua qualidade é relativamente boa; ajuda a controlar cheias urbanas; permitem controlar os volumes nas coberturas dos edifícios.

No entanto, também apresentam desvantagens, sendo as principais (Campos, 2004; Quadros, 2010): o elevado investimento inicial; riscos de contaminação da água se não for armazenada de modo adequado; a capacidade de armazenamento pode limitar a quantidade de água a recolher, em especial em períodos chuvosos.

Normalmente, as águas recolhidas nas coberturas não têm grande alteração de qualidade, a não ser que a cobertura esteja suja com detritos de animais (*p.e.* pássaros e ratos) ou com depósitos de folhas. Nestes casos, a primeira vazão (*First flux*) após cada chuvada deve ser rejeitada. O risco de contaminação da água pluvial é tanto maior quanto maior for o intervalo entre chuvadas. O caudal pode calcular-se através das Eq. (2.16) e Eq.(2.17) ou então, utilizando o Mapa da Pluviosidade Média em Portugal Continental, elaborado pela ANQIP com base em dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (1961-1990), que é apresentada na ETA 701 (2012).

O volume das primeiras águas a desviar pode ser determinado através da Eq. (3.2) (ETA 701, 2012).

$$V_d = P \cdot A \quad (3.2)$$

Sendo,

V_d - Volume a desviar (m^3)

P - Altura de precipitação a desviar (mm)

A - Área de captação (m^2)

O volume de água a aproveitar pode ser estimado como indicado na ETA 701 (2012), ou fazendo um balanço entre a disponibilidade de água, calculada com base em históricos de precipitação, e as necessidades para abastecer autoclismos, rega de jardins e lavagens de pavimentos.

O reservatório deve ser opaco, protegido contra a luz, podendo ter um filtro para remoção de detritos, uma descarga de superfície, uma descarga de fundo e uma estação elevatória para elevar volumes de água ou para dar pressão ao escoamento. Deverá ser coberta, ventilada e permitir a inspeção, respeitando todas as normas de segurança. O volume do depósito pode ser determinado como indicado na ETA 701 (2012) ou utilizando um balanço hídrico em função da água disponível num ano e o consumo previsto.

Capítulo 4

Proposta de Reutilização de Águas na Habitação

4.1. Descrição e Redimensionamento das Redes de Águas

4.1.1. Descrição da Habitação

A habitação onde se foca o caso em estudo é do tipo moradia unifamiliar, situada no Loteamento Quinta de Santa Maria, lote nº 55, Charneca da Caparica, Almada. É constituída por um piso de habitação térreo, estando o estacionamento automóvel localizado no exterior, para dois lugares, e um lugar em garagem fechada.

O edifício de habitação, de tipologia T3, é composto por uma sala/cozinha, duas instalações sanitárias, três quartos e uma garagem contígua, de acordo com as peças desenhadas apresentadas no Anexo II.

A área envolvente da edificação foi alvo de tratamento de arranjos exteriores, nomeadamente a pavimentação de uma área de 62,4 m², com o uso de materiais de uso corrente na região, tendo ainda sido reservada uma área de 55 m² para jardim. Relativamente à natureza e condições do terreno, esta habitação não está implantada em área inundável. A propriedade está implantada em terreno com pouco declive e não se encontra em zona de nível freático superficial nem com linhas de água próximas. Existe, ainda, uma piscina, com cerca de 35 m² e um volume máximo de 53 m³, bem como um sistema de tratamento automático com processos de filtração, aspiração e desinfecção com cloro.

No entanto, como os dados sobre o dimensionamento hidráulico-sanitários das redes de água não foram todos disponibilizados, entendeu-se que seria mais adequado redimensionar as 3 redes de água, cujos resultados se apresentam seguidamente.

4.1.2 - Descrição e redimensionamento da rede de abastecimento de água

No que diz respeito ao abastecimento e distribuição de águas, o edifício é dotado de água potável, quente e fria, sendo o seu abastecimento feito através de rede pública do SMAS de Almada. O abastecimento de água quente é efetuado através de um esquentador a gás localizado na garagem.

A rede foi executada em material plástico de alta resistência, denominado por PEX multicamadas, estando as tubagens de água quente envolvidas em lã de vidro, assegurando assim a menor perda de conforto térmico dos troços.

Os ramais sectoriais foram instalados de forma a poder suspender-se qualquer deles, sem prejuízo dos restantes, ou seja, colocaram-se passadores de segurança no ramal de ligação antes da sua entrada no edifício, esquentador e cozinha, e antes de cada ambiente sanitário, ou seja, em todas as zonas munidas de abastecimento de águas, como se pode observar nas peças desenhadas apresentadas no Anexo II.

A rede de distribuição é constituída por 44 troços de conduta ramificada, sendo o escoamento sob pressão, com origem no ramal da rede pública, para distribuição de água potável aos vários pontos de consumo no interior da habitação. Os troços foram redimensionados a partir de dados do projeto original, tendo em atenção o número e tipo de dispositivos a servir e o caudal mínimo de serviço definido para cada dispositivo (Quadro 2.1).

A partir do caudal acumulado em cada troço (Q_a) determinou-se o caudal de cálculo (Q_c) e o diâmetro necessário para cada troço, por aplicação das Eq. (2.1) a Eq. (2.3), apresentando-se os resultados no Quadro 4.1. O diâmetro comercial (D) foi tomado do Quadro 2.3, tendo a velocidade de escoamento (v) sido estimada a partir da Eq. (2.4), admitindo um nível conforto médio. Apresenta-se também o diâmetro instalado na habitação (D_i).

Nos troços N5-A5 e N9-A6 verifica-se que o diâmetro instalado não garante o cumprimento da velocidade mínima (0,5 m/s), pelo que o diâmetro mais aconselhado seria o de 16mm. Nos troços N22-N25, N14-N13, N13-N17 e N23-N21 verifica-se que seria necessário um diâmetro maior (de 25mm) para cumprir a velocidade mínima. Nos troços N23-N16 e N16-N15 verifica-se que foi instalado um diâmetro inferior ao necessário, porque os caudais admitidos em projeto foram inferiores, provavelmente por erro de cálculo. As velocidades para o diâmetro recalculado variam entre 0,5 m/s e 0,76 m/s, valores que se encontram de acordo com o intervalo apontando no RGSPDADAR (1995) e EN 806-3 (2006), entre 0,5 m/s e 2 m/s.

A pressão de serviço (P^*) mínima necessária em cada troço foi calculada a partir da soma entre a perda de carga total acumulada em cada troço ($\Delta H_{t(a)}$) e o desnível entre a cota a que está o nó de alimentação da tubagem pública e a cota a que está cada dispositivo de entrega de água, tendo sido utilizadas as Eq. (2.6) a Eq. (2.9). Não foi possível verificar a pressão de serviço disponível, porque não se conseguiu obter o valor da pressão de serviço na rede pública (P_r). Assim, optou-se por apresentar a pressão mínima necessária para satisfazer o abastecimento em cada dispositivo. O material utilizado foi PEX com um K_s de 125 m^{1/3}/s.

Assim, tendo em atenção os resultados do Quadro 4.1 a pressão mínima que deve existir na rede predial para satisfazer o serviço de água na habitação seria de 18 KPa. No entanto, como

a pressão mínima na rede pública deve seguir a condição $100 + 40 \cdot n$, sendo n o número de pisos acima do solo (neste caso $n = 0$), a pressão mínima na rede deverá ser de 100 kPa, o que será suficiente para o funcionamento adequado da rede predial.

Quadro 4.1 - Valores do redimensionamento da rede de distribuição de águas

Troço	L (m)	Nº dispositivos	Q _a (L/s)	x	Q _c (L/s)	D (mm)	D _i (mm)	v (m/s)	Δ _{t(a)} (m)	P* (kPa)
N1-N2	4.62	21	2.75	0.224	0.615	32	32	0.76	0.949	9.49
N2-A14	0.40	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.012	0.12
N2-N3	0.08	20	2.65	0.229	0.608	32	32	0.76	0.937	9.37
N3-N6	14.27	20	2.65	0.229	0.608	32	32	0.76	0.937	16.37
N6-N4	2.77	20	2.65	0.229	0.608	32	32	0.76	0.937	16.37
N4-N5	6.14	10	1.40	0.333	0.467	32	32	0.58	0.676	13.76
N5-A5	2.79	1	0.10	1.000	0.100	16	20	0.50	0.083	7.83
N5-N7	2.28	9	1.30	0.354	0.460	32	32	0.57	0.593	12.93
N7-A4	2.80	1	0.20	1.000	0.200	20	20	0.64	0.102	8.02
N7-N9	0.99	8	1.10	0.378	0.416	32	32	0.52	0.491	11.91
N9-N8	0.79	7	1.00	0.408	0.408	32	32	0.51	0.226	9.26
N9-A6	8.86	1	0.10	1.000	0.100	16	20	0.50	0.265	9.65
N4-N12	2.61	10	1.25	0.333	0.417	32	32	0.52	0.261	9.61
N12-N11	1.84	2	0.35	1.000	0.350	25	25	0.71	0.027	7.27
N11-A3	0.14	1	0.15	1.000	0.150	16	16	0.75	0.009	7.09
N11-A13	0.47	1	0.20	1.000	0.200	20	20	0.64	0.017	7.17
N12-N22	4.80	8	0.90	0.378	0.340	25	25	0.69	0.234	9.34
N22-N25	1.48	3	0.35	0.707	0.247	25	20	0.50	0.047	7.47
N25-A9	0.20	1	0.15	1.000	0.150	16	16	0.75	0.013	7.13
N25-N19	1.37	2	0.20	1.000	0.200	20	20	0.64	0.034	7.34
N19-A10	0.17	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.005	7.05
N19-A2	0.95	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.028	7.28
N22-N14	0.13	5	0.55	0.500	0.275	25	25	0.56	0.187	8.87
N14-N13	2.77	3	0.35	0.707	0.247	25	20	0.50	0.144	8.44
N13-A7	0.08	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.002	7.02
N13-N17	1.48	2	0.25	1.000	0.250	25	20	0.51	0.142	8.42
N17-A1	2.76	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.083	7.83
N17-A8	0.88	1	0.15	1.000	0.150	16	16	0.75	0.059	7.59
N14-N24	0.55	2	0.20	1.000	0.200	20	20	0.64	0.043	7.43
N24-A11	0.40	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.012	7.12
N24-A12	1.03	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.031	7.31
N8-N10	12.89	7	1.00	0.408	0.408	30	30	0.58	0.226	9.26
N10-A13	2.46	1	0.20	1.000	0.200	20	20	0.64	0.090	7.90
N10-N23	4.61	6	0.80	0.447	0.358	25	25	0.73	0.136	8.36
N23-N21	1.74	2	0.25	1.000	0.250	25	20	0.51	0.050	7.50
N21-A9	0.10	1	0.15	1.000	0.150	16	16	0.75	0.007	7.07
N21-A10	1.43	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.043	7.43
N23-N16	0.31	4	0.55	0.577	0.318	25	20	0.65	0.087	7.87
N16-N15	2.41	2	0.35	1.000	0.350	25	20	0.71	0.049	7.49
N15-A7	0.04	1	0.20	1.000	0.200	20	20	0.64	0.001	7.01
N15-A8	2.33	1	0.15	1.000	0.150	16	16	0.50	0.048	7.48
N16-N18	0.71	2	0.20	1.000	0.200	20	20	0.64	0.037	7.37
N18-A11	0.31	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.009	7.09
N18-A12	0.94	1	0.10	1.000	0.100	16	16	0.50	0.028	7.28

Nota: A **vermelho** encontram-se os troços de água quente. A **azul** encontram-se os troços recalculados que apresentam diâmetro diferente do instalado.

4.1.3 - Descrição da rede de drenagem de águas residuais

A rede de drenagem de águas residuais é constituída por ramais de descarga dos vários dispositivos, caixas de ligação, sifões, coletores prediais, ramais de ventilação e um ramal de ligação ao coletor público de drenagem. Não há tubos de queda.

Os ramais de descarga são constituídos por tubagens em PVC rígido com junta autoblocante, embebidos nos pavimentos com inclinações compreendidas entre 2% e 4%, de acordo com o traçado definido nas peças desenhadas apresentadas no Anexo II. Os troços são retilíneos, unidos por curvas de concordância, facilmente desobstruíveis sem necessidade de proceder à sua desmontagem. Os ramais de descarga saponários ligam a caixas de pavimento, sendo conduzidos por um coletor até à caixa de visita. Quando os ramais de descarga desembocam diretamente nas caixas de inspeção, a sua ligação é efetuada por quedas guiadas, de forma a conseguir efetuar o seu varejamento.

Nas bancas de cozinha encontram-se instalados sifões de gordura em polietileno de alta densidade (PEAD), com o interior perfurado para limpeza periódica. Os restantes dispositivos tais como máquinas de lavar a roupa, máquinas de lavar a louça, banheiras e chuveiros são sifonados por curvas de sifonagem em PVC, instaladas nas caixas de pavimento.

As caixas de pavimento são em PVC, embebidas nos pavimentos, com um diâmetro de 125 mm e são fechadas com tampas roscadas. As caixas de visita foram executadas em caixas pré-fabricadas em betão, assentes sob fundação em betão e fechadas com tampas em betão.

A rede de drenagem de águas residuais é constituída por 20 troços de conduta ramificada, com escoamento gravítico a meia seção, com origem nos ramais de descarga associados aos vários dispositivos sanitários. Os troços foram redimensionados a partir de dados do projeto original, tendo em atenção o número e tipo de dispositivos e o caudal mínimo de descarga definido para cada dispositivo (Quadro 2.4).

A partir do caudal acumulado em cada troço (Q_a) determinou-se o caudal de cálculo (Q_c) por aplicação das Eq. (2.1) e Eq. (2.2). O diâmetro para cada troço foi estimado a partir da Eq. (2.11), considerando o escoamento em meia seção e o material do tipo PVC ($K_s = 120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) apresentando-se os resultados no Quadro 4.2. O diâmetro comercial (D) foi tomado do Quadro 2.3. Apresenta-se também o diâmetro instalado na habitação (D_i). Na generalidade dos troços o diâmetro instalado é superior ao calculado, provavelmente como medida de precaução para evitar entupimentos.

Para estimar a velocidade de escoamento (v) foi utilizada a Eq. (2.14) e uma inclinação de 2% (i), tendo o valor de θ sido calculado pela Eq. (2.13). A tensão de arrastamento (τ) foi calculada através da Eq. (2.12), para $\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$.

Aos valores de D_i correspondem velocidades de escoamento e tensões de arrastamento inferiores aos obtidos com os diâmetros recalculados. No Quadro 4.2 apresentam-se os valores de v e τ para os diâmetros recalculados. As velocidades variam entre 0,78 m/s e 1,22 m/s, valores que se encontram dentro do intervalo apontando no RGSPDADAR (1995) e Paixão (1999), entre 0,6 m/s e 3 m/s. As tensões de arrastamento variam entre 2,45 N/m² e 5,39 N/m², valores que se encontram acima do valor mínimo (2,45 N/m²) referido por Paixão (1999), para evitar o depósito de material sólido nas tubagens que podem levar ao seu entupimento.

Quadro 4.2 - Valores do redimensionamento da rede de drenagem de águas residuais

Troço	L (m)	Nº dispositivos	x	Q _c (L/s)	D (mm)	D _i (mm)	v (m/s)	τ (N/m ²)
N2-A32	4.50	11	0.32	3.00	110	140	1.22	5.39
A32-A33	9.28	1	1.00	1.00	63	75	0.93	3.09
A33-A24	0.73	1	1.00	1.00	63	75	0.93	3.09
A32-A31	6.81	10	0.33	2.83	110	125	1.20	5.39
A31-A16	1.29	1	1.00	1.50	90	90	1.02	4.41
A31-A28	2.57	2	1.00	1.50	63	75	1.04	3.09
A28-A17	0.70	1	1.00	1.00	63	50	0.93	3.09
A28-A19	0.73	1	1.00	0.50	50	50	0.78	2.45
A31-A26	6.08	2	1.00	1.50	63	75	1.04	3.09
A26-A23	0.42	1	1.00	0.50	50	50	0.78	2.45
A26-A25	0.64	1	1.00	1.00	63	50	0.93	3.09
A31-A30	4.81	5	0.50	2.00	90	110	1.10	4.41
A30-A29	5.81	5	0.50	2.00	90	110	1.10	4.41
A29-A15	2.33	1	1.00	1.50	90	90	1.02	4.41
A29-A27	1.92	4	0.58	1.44	63	75	1.03	3.09
A27-A22	1.67	1	1.00	0.50	50	50	0.78	2.45
A27-N1	1.32	2	1.00	1.00	63	75	0.93	3.09
N1-A20	0.34	1	1.00	0.50	50	50	0.78	2.45
N1-A21	0.36	1	1.00	0.50	50	50	0.78	2.45
A27-A18	0.69	1	1.00	1.00	63	50	0.93	3.09

Nota: O troço a laranja identifica o ramal de ligação à rede pública, os troços a vermelho designam os coletores prediais e os restantes, os ramais de descarga. A azul encontram-se os troços recalculados que apresentam diâmetro diferente do instalado.

4.1.4 - Descrição da rede de drenagem de águas pluviais

As águas pluviais são oriundas da cobertura da edificação e uma vez que são praticamente planas (inclinação de 3%), são recolhidas por tubos de queda devidamente posicionados e posteriormente conduzidas para a rede pluvial pública.

Quanto às águas recolhidas no logradouro, são recolhidas em caixas de visita, ligadas entre si por coletores, e posteriormente dirigidas para o ramal de ligação ao coletor pluvial, enquanto que as águas provenientes de zonas pavimentadas são recolhidas através de ralos ou sumidouros e posteriormente conduzidas ao coletor pluvial.

A habitação situa-se na zona pluviométrica A (Quadro 2.5 e Figura 2.20) e, por aplicação da Eq. (2.16), considerando um período de retorno de 5 anos, estimou-se a intensidade de precipitação em 104,93 mm/h. O caudal de cálculo (Q_c) foi estimado através da Eq. (2.17) considerando uma área de drenagem na cobertura do edifício de 202,39 m² e um coeficiente de drenagem (C) de 0,95 (retirado do Quadro 2.6, considerando que a cobertura é praticamente plana, em betão armado e revestida com tela asfáltica). O valor apurado para Q_c foi de 336,26 L/min.

A rede de drenagem de águas pluviais é constituída por 4 tubos de queda (P1, P2, P3 e P4) ligados a 4 ramais de descarga em coletores e 1 ramal de descarga proveniente de um sumidouro localizado à entrada da garagem. Estes ramais de descarga drenam para 5 coletores prediais que encaminham as águas pluviais para um ramal de ligação final antes de as descarregar na rede pública de drenagem de águas pluviais.

Os tubos de queda são constituídos por tubagens em PVC rígido com junta autoblocante, embebidos nas fachadas, sem inclinação e de acordo com o traçado definido nas peças desenhadas apresentadas no Anexo III. Os troços são retilíneos, unidos por curvas de concordância, facilmente desobstruíveis sem necessidade de proceder à sua desmontagem.

Os coletores prediais possuem uma inclinação de 2% e desembocam diretamente nas caixas de inspeção, sendo a sua ligação efetuada por quedas guiadas, de forma a conseguir efetuar o seu varejamento.

Os 4 tubos de queda foram redimensionados a partir dos dados de projeto e do Q_c , tendo em atenção as áreas contributivas a cada um, bem como uma carga H de 20mm, apresentando-se os resultados no Quadro 4.3. O respetivo diâmetro foi estimado a partir da Eq. (2.18). Verifica-se que, nos tubos P2 e P3, o diâmetro deveria ser superior ao instalado.

Quadro 4.3 - Valores do redimensionamento dos tubos de queda

Troço	L (m)	Q_c (L/min)	D (mm)	D_i (mm)
P1	2.70	124.10	200	200
P2	2.70	44.03	75	50
P3	2.70	44.03	75	50
P4	2.70	124.10	200	200

Nota: A azul encontram-se os troços recalculados que apresentam diâmetro diferente do instalado.

Os ramais de descarga, coletores prediais e ramal de ligação final foram redimensionados para um escoamento em meia seção, tendo em atenção o caudal confluyente a cada um e uma inclinação de 2%. O diâmetro foi estimado pela Eq. (2.11) considerando o material PVC ($K_s = 120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), apresentando-se os resultados no Quadro 4.4. Apresenta-se também o diâmetro instalado na habitação (D_i). Nos troços N10-A40 e N9-A38 o diâmetro é 75mm porque o do

respetivo tubo de queda também é 75mm (ver Quadro 4.3). No troço final (A38-N5) um diâmetro de 200mm seria suficiente para permitir um escoamento adequado.

Para estimar a velocidade de escoamento (v) foi utilizada a Eq. (2.14) e uma inclinação de 2% (i), tendo o valor de θ sido calculado pela Eq. (2.13). A tensão de arrastamento (τ) foi calculada através da Eq. (2.12), para $\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$. No Quadro 4.4 apresentam-se os valores de v e τ para os diâmetros recalculados.

Nos troços N10-A40 e N9-A38, a velocidade é ligeiramente abaixo do valor mínimo (0,9 m/s) sugerido por Sousa e Matos (2008). Provavelmente, foi instalado um diâmetro inferior (50mm) para aumentar a velocidade de escoamento. Nos troços A40-A34 e A34-A41 também se verificam velocidades inferiores ao mínimo sugerido para um funcionamento adequado, no entanto, não se pode diminuir o diâmetro, porque o valor mínimo regulamentar para coletores prediais deve ser de 100mm (para o PVC apenas existe o diâmetro 110mm). No troço A39-A38 também se verifica uma velocidade baixa, mas o diâmetro não pode ser inferior a 50mm porque se trata de um ramal de descarga associado a um sumidouro com ralo (Pedroso, 2008).

As tensões de arrastamento encontram-se acima do valor mínimo (2,45 N/m^2) referido por Paixão (1999), para evitar o depósito de material sólido nas tubagens que podem levar ao seu entupimento.

Quadro 4.4 - Valores do redimensionamento dos ramaís de descarga, coletores prediais e ramal de ligação final de águas pluviais

Troço	L (m)	Q _c (L/min)	D (m)	D _i (m)	v (m/s)	τ (N/m ²)
N10-A40	0.89	44.03	75	50	0.84	3.68
A40-A34	6.71	44.03	110	110	0.81	5.39
A34-A41	7.86	44.03	110	110	0.81	5.39
N11-A41	1.25	124.10	200	200	1.02	9.80
A41-A35	6.92	168.13	200	200	1.11	9.80
A35-A36	7.74	168.13	200	200	1.11	9.80
N8-A36	1.37	124.10	200	200	1.02	9.80
A36-A37	7.55	292.23	200	200	1.31	9.80
A37-A38	6.81	292.23	200	200	1.31	9.80
A39-A38	3.4	27.00	50	50	0.76	2.45
N9-A38	1.08	44.03	75	50	0.84	3.68
A38-N5	3.3	363.26	200	250	1.40	9.80

Nota: A laranja estão assinalados os ramaís de descarga. A vermelho encontra-se o troço relativo ao ramal de ligação final. A azul encontram-se os troços recalculados que apresentam diâmetro diferente do instalado.

4.2 - Soluções para a Reutilização de Águas

4.2.1 - Descrição das soluções propostas

Afim de melhor avaliar a viabilidade técnico-económica da reutilização de águas cinzentas e de águas pluviais na habitação, consideraram-se 5 opções, com diferentes associações de águas cinzentas tratadas (ACT) com águas pluviais (em bruto e tratadas num sistema de tratamento da piscina), por vezes compensando-se, e com diferentes aplicações (recarga de autoclismos, rega de jardins e lavagem de pavimentos).

Para cada opção é descrita a solução equacionada, apresentado o dimensionamento hidráulico-sanitário das redes e dos órgãos de tratamento, armazenamento e elevação, sendo a viabilidade técnico-económica das soluções discutida no Capítulo 5.

Opção 1 - Reutilização de águas cinzentas tratadas e de águas pluviais armazenadas

A solução equacionada (Figura 4.1) pretende separar parte das águas cinzentas (constituídas pelas descargas de duas banheiras, um bidé e três lavatórios das casas de banho) das negras (provenientes das duas retretes), sendo as primeiras tratadas e reutilizadas para a alimentação dos dois autoclismos das retretes, tal como previsto no RUMA (CM Almada, 2008) e na Especificação Técnica ETA-905 (2011), sendo previamente armazenadas num reservatório de cobertura durante 2 dias (tal como recomendado pela Especificação Técnica ETA-905 (2011) para SPRAC). As águas negras provenientes das sanitas e as águas cinzentas provenientes das máquinas de lavar roupa e loiça e de uma pia de lava-loiça seriam encaminhadas para a rede drenagem pública de águas residuais.

As águas cinzentas recolhidas para reutilizar nos autoclismos das retretes seriam previamente sujeitas a um tratamento biológico numa instalação de tratamento de águas cinzentas (ITAC), tipo fossa séptica com um compartimento, seguido de desinfecção. Pretende-se reutilizar estas águas em circuito fechado (circuito de reutilização de águas cinzentas tratadas). A ITAC está dotada de uma estação elevatória (EE) para elevação do efluente até ao depósito de cobertura.

As águas pluviais recolhidas na cobertura do edifício seriam encaminhadas para um depósito de armazenamento (DAAP), para posterior utilização na rega de relvado e na lavagem de pavimentos (circuito de reutilização de águas pluviais), tal como previsto na Especificação Técnica ETA-701 (2012). O DAAP poderia também alimentar o reservatório de cobertura, sempre que não houvesse disponibilidade de águas cinzentas tratadas (circuito de compensação). Uma EE permitirá a elevação da água para o circuito de rega e de lavagens. Esta é a opção mais complexa e com mais exigências do ponto de vista de redes, órgãos e acessórios.

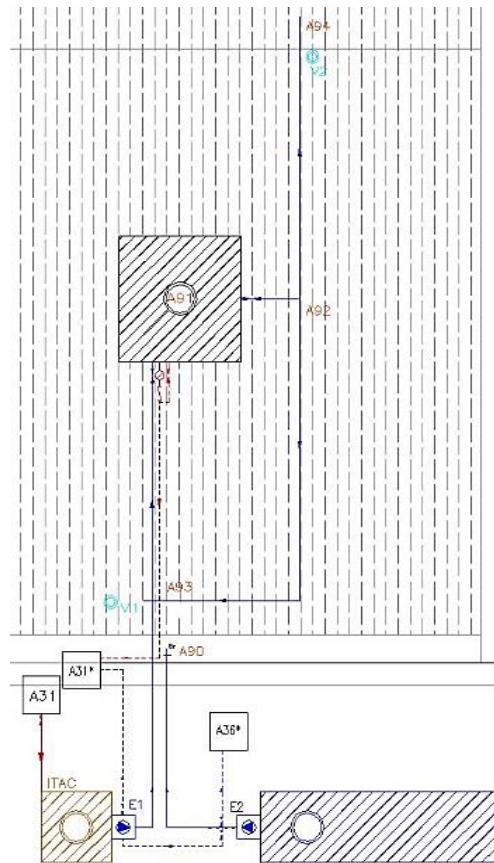


Figura 4.1- Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 1

Nota: A90 - Boca de Rega (Torneira); A91 - reservatório de cobertura; A92, A93 e A94 - rede para recarga dos autoclismos com ACT; V1 e V2 - tubos de ventilação; A36* e A31* - caixas de descarga de emergência; A36 e A31 - caixas de entrada de águas pluviais e cinzentas, respetivamente; ITAC - estação de tratamento de águas cinzentas; DAAP - depósito de armazenamento de águas pluviais; E1 e E2 - estações elevatórias.

Opção 2 - Reutilização de águas cinzentas tratadas

Esta solução (Figura 4.2) visa reutilizar unicamente as ACT, excluindo a recolha de águas pluviais, para a alimentação dos dois autoclismos das retretes, tal como previsto no RUMA (CM Almada, 2008) e na Especificação Técnica ETA-905 (2011). As águas cinzentas seriam retidas para tratamento durante 2 dias (tal como recomendado pela Especificação Técnica ETA-905 (2011) para SPRAC). Após o tratamento, as ACT seriam bombadas para um depósito de cobertura, com características semelhantes às da Opção 1, de onde seriam enviadas para a recarga dos autoclismos. A rede separativa de águas cinzentas e águas negras, EE, depósito de cobertura e rede de recarga dos autoclismos, seriam idênticas às da Opção 1.

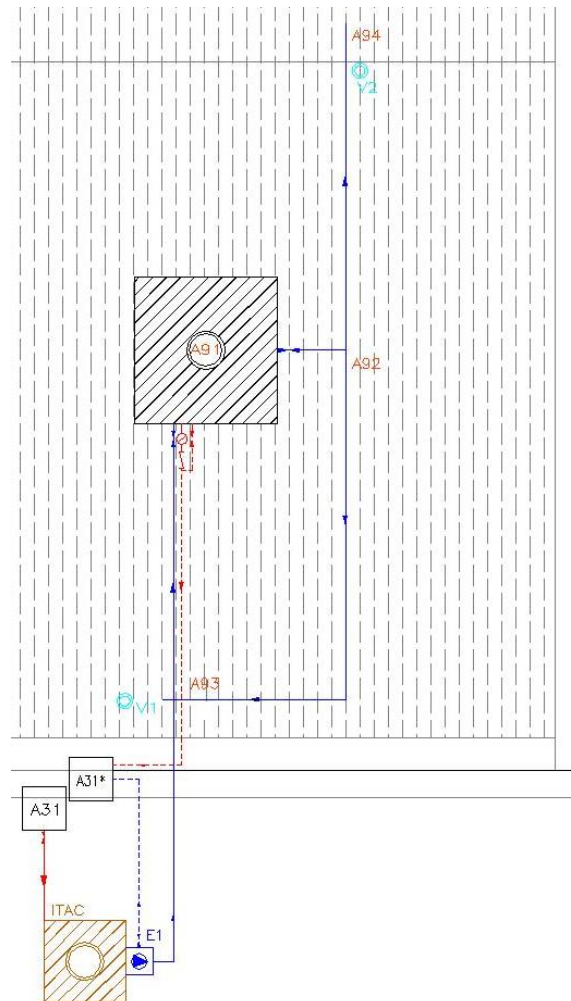


Figura 4.2 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 2

Nota: A91- reservatório de cobertura; A92, A93 e A94 - rede para recarga dos autoclismos com ACT; V1 e V2 - tubos de ventilação; A31* - caixa de descarga de emergência; A31 - caixa de entrada de águas cinzentas; ITAC - estação de tratamento de águas cinzentas; E1 - estação elevatória.

Opção 3 - Reutilização de águas cinzentas não tratadas

Esta opção (Figura 4.3), à semelhança da Opção 2, prevê a reutilização de águas cinzentas, no entanto exclui qualquer tipo de tratamento, apenas as armazena num depósito de águas cinzentas (DAC). Este DAC estaria munido de um sistema regulador de pressão associado a uma bomba que permitiria elevar volumes de águas cinzentas não tratadas (ACST) diretamente para os autoclismos, sem ser necessário um depósito de cobertura. A rede separativa de águas cinzentas e águas negras e rede de recarga dos autoclismos seriam idênticas às da Opção 1.

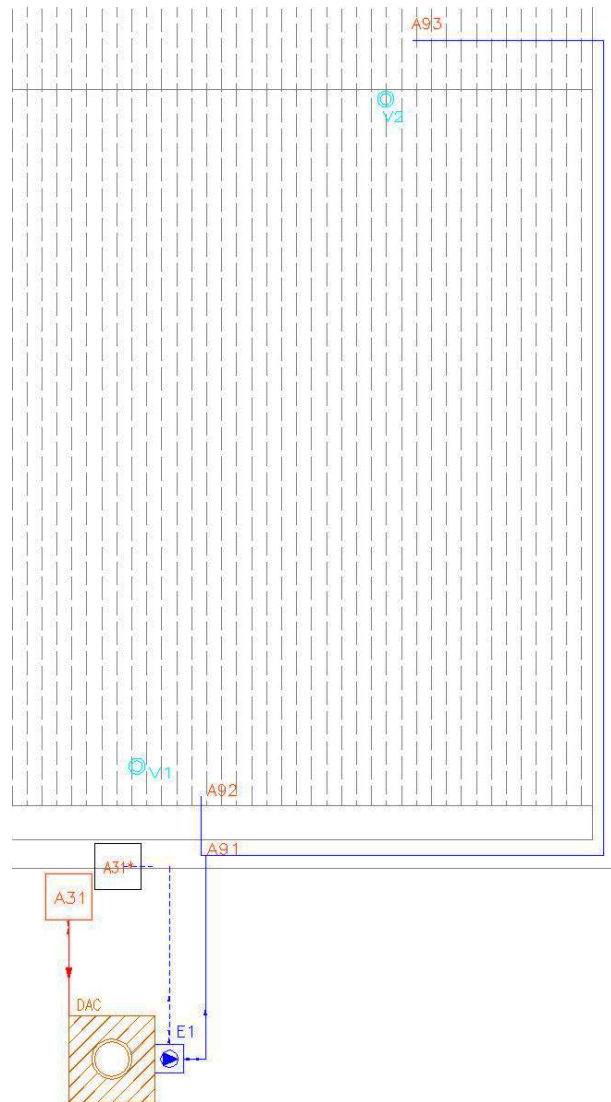


Figura 4.3. - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 3

Nota: DAC - Depósito de Águas Cinzentas; A91, A92 e A93 - rede para recarga dos autoclismos com ACST; V1 e V2 - tubos de ventilação; A31* - caixa de descarga de emergência; A31 - caixa de entrada de águas cinzentas; E1 - estação elevatória.

Opção 4 - Reutilização de águas pluviais armazenadas

Esta solução (Figura 4.4) pretende recolher, armazenar e reutilizar as águas pluviais provenientes da cobertura, sem tratamento, para a recarga dos dois autoclismos, a rega do jardim e a lavagem de pavimentos, tal como sugerido na Especificação Técnica ETA-701 (2012). A rede de águas residuais seria a existente. As redes de águas pluviais, DAAP, reservatório de cobertura, EE e rede para recarga dos autoclismos, rega do jardim e lavagem dos pavimentos seriam iguais às da Opção 1.

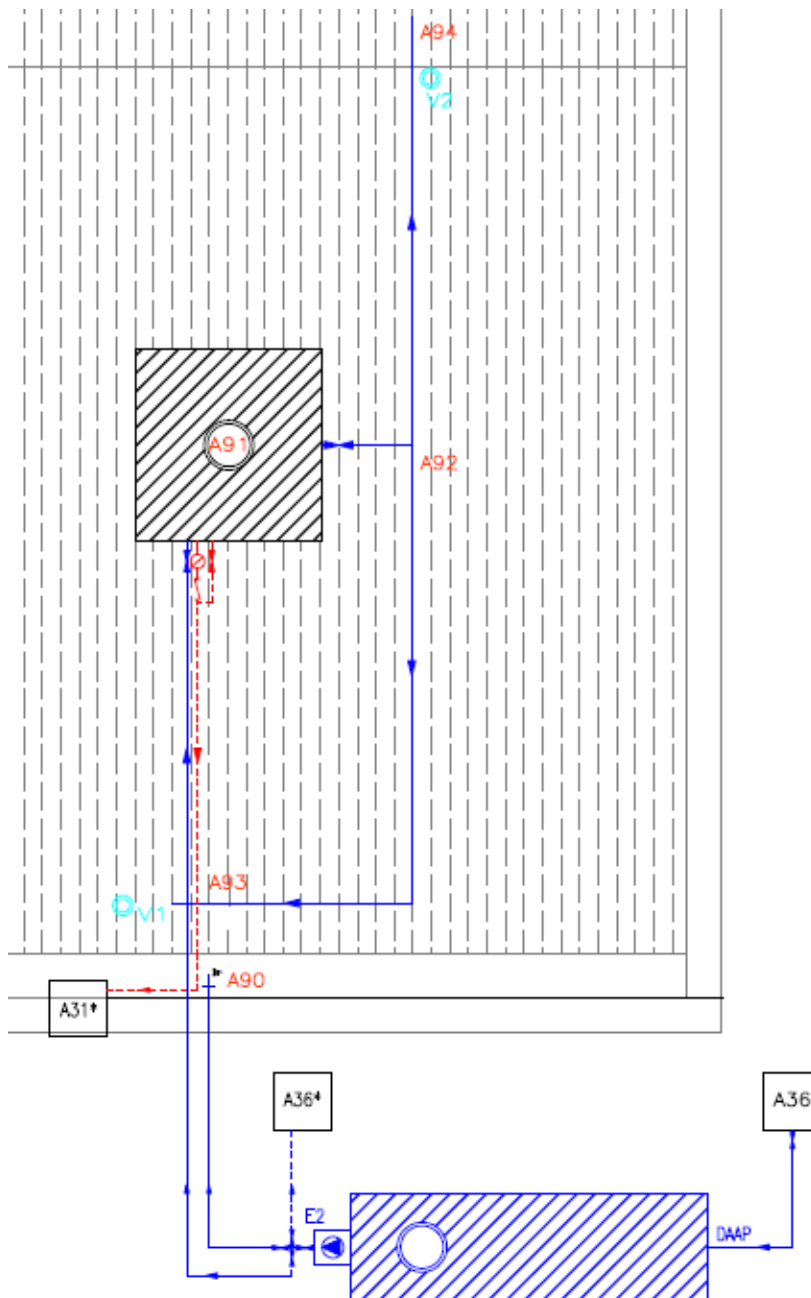


Figura 4.4 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 4

Nota: A90 - Boca de Rega (Torneira) A91 - reservatório de cobertura; A92, A93 e A94: rede para recarga dos autoclismos com APST; V1 e V2 - tubos de ventilação; A36* e A31* - caixas de descarga de emergência; A36 - caixa de entrada de águas pluviais; DAAP - depósito de armazenamento de águas pluviais; E2 - estação elevatória.

Opção 5 - Reutilização de águas pluviais armazenadas na piscina com tratamento

Esta opção pretende utilizar a piscina existente (Quadro 4.5) no logradouro da moradia, em especial nos meses em que não é utilizada, para o armazenamento de águas pluviais da cobertura, sendo estas previamente tratadas na casa de máquinas, através de um sistema de

tratamento automático com processos de filtração, aspiração e desinfecção com cloro. A piscina tem cerca de 35 m² e 1,5 m de altura média, o que permitiria um armazenamento máximo de 53 m³ que de águas pluviais, de grande utilidade para uso no tempo mais seco (entre Abril e Setembro, excluindo os meses de julho a agosto em que a piscina seria utilizada para atividades de lazer).

Será instalado junto da casa das máquinas um sistema regulador de pressão associado a uma estação elevatória de 500L (E3) que permitiria elevar volumes de APT, diretamente para os autoclismos, sem ser necessário um depósito de cobertura, idêntico ao da Solução 3. A rede de águas residuais seria a existente. As redes de águas pluviais e rede para recarga dos autoclismos, rega do jardim e lavagem dos pavimentos seriam instaladas de acordo com a Figura 4.5. Existe, ainda, um troço que permite uma descarga de emergência da E3, ligando este ponto à descarga de emergência da piscina (DEP).

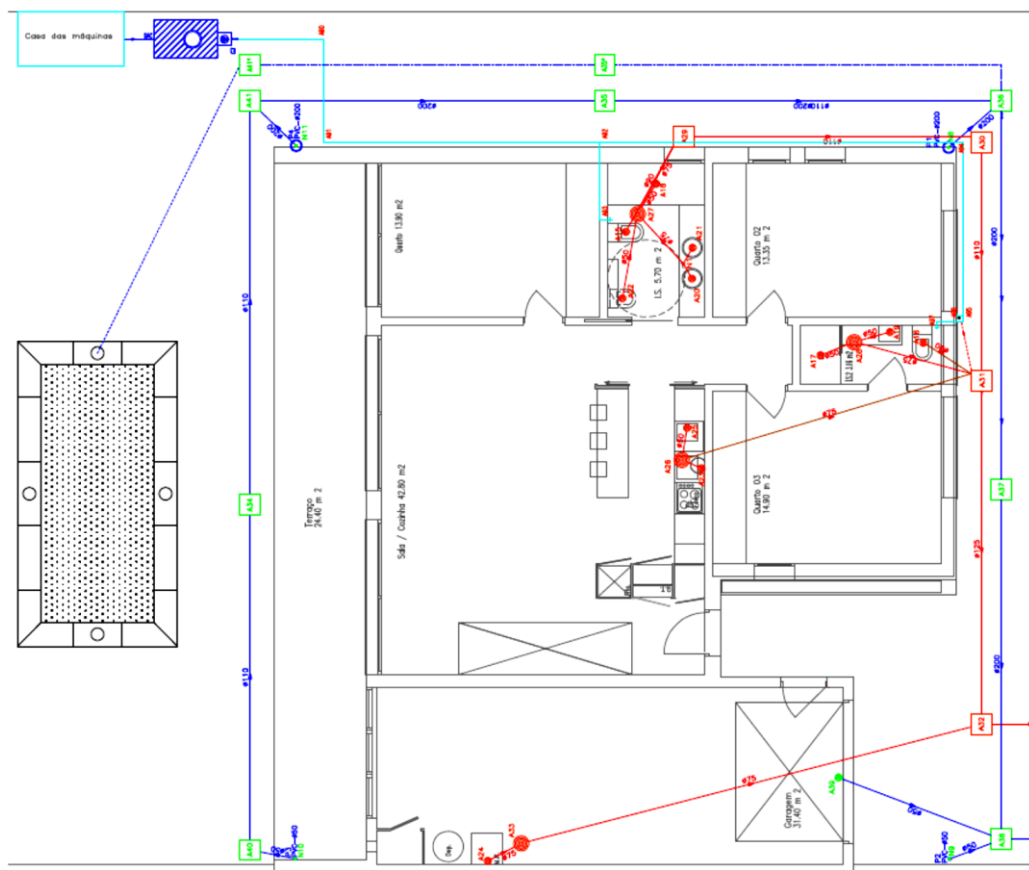


Figura 4.5 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 5

Nota: A90, A91, A92, A93, A94, A95, A97 - rede para recarga dos autoclismos com APNT A96 - Boca de Rega (Torneira); A35*, A41* - coletores prediais de recolha de águas pluviais; E3 - estação elevatória.

4.2.2 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas tratadas - Opções 1 e 2

A rede de abastecimento de ACT tem início na ITAC, sendo as águas daqui bombadas (E1) para um reservatório de cobertura (ponto A91, ver Figura 4.6). Esta prática pretende respeitar uma recomendação da ETA-905 (2011), que refere que o volume de reserva não deve ser maior do que o consumo diário médio, que se estimou em cerca de 180 L/d, tendo em consideração a permanência de, em média, 4 pessoa na residência, estando a cada uma, associadas 3 descargas de autoclismo diárias. A alimentação do reservatório seria feita cada 2 dias, através da bombagem de 0,44 L/s durante 15 minutos (troço E1-A91), i.e. 396 L de ACT.

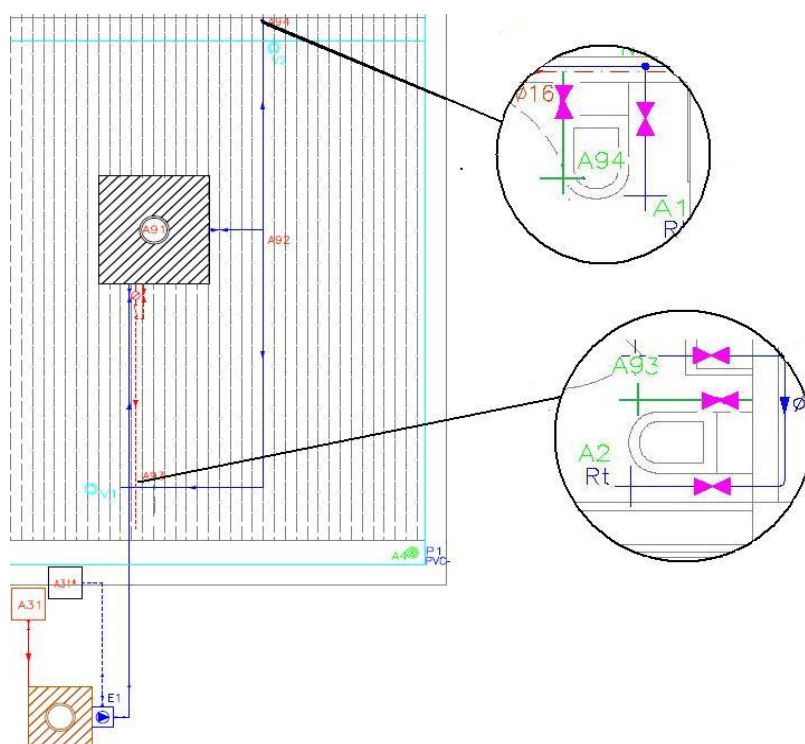


Figura 4.6 - Representação esquemática da rede de abastecimento de águas cinzentas tratadas - Opções 1 e 2

Nota: A93 e A94 - rede de recarga de autoclismos com ACT; A91 - Reservatório de cobertura; A31 - caixas de entrada de águas cinzentas; A31* - caixas de descarga de emergência; E1 - estação elevatória.

O reservatório deverá ser opaco e de cor escura para evitar o desenvolvimento de algas e seria provido de um tubo de ventilação para libertação de gases. De acordo com os fornecedores contactados, o volume mais próximo do necessário é de 650 L. Deste reservatório seriam alimentados dois autoclismos de retrete (troços E1-A91, A91-A92, A92-A93 e A92-A94). Existe uma descarga de emergência (*overflow*), provida de sifão e de válvula antirretorno, que está ligada ao circuito de evacuação de águas negras (troço A91-A31*) e que foi dimensionado para o caudal máximo de alimentação do reservatório (0,44 L/s) (as características deste troço

aparecem Quadro 4.9). Existiria ainda uma descarga de fundo no reservatório que estaria ligada ao início do troço A91-A31*.

Nos troços existentes, as válvulas de seccionamento são as que já estão instaladas. Nos novos troços serão instaladas válvulas de seccionamento à saída do reservatório de cobertura, à entrada da ITAC e à saída da E1, estando estas últimas incluídas nos respetivos equipamentos.

No Quadro 4.5 apresentam-se os resultados do dimensionamento dos novos troços, por aplicação das Eq. (2.1) a Eq. (2.4) considerando a tubagem em aço galvanizado ($K_s = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) e os diâmetros comerciais apresentados no Quadro 2.2. As velocidades encontram-se dentro do intervalo apontado no RGSPDADAR (1995) e EN 806-3 (2006), entre 0,5 m/s e 2 m/s e pressão mínima (P^*) para satisfazer o serviço seria de 38,3 kPa, que seria garantida pela bomba da E1.

Quadro 4.5 - Valores do dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas tratadas - Opções 1 e 2

Troço	L (m)	Nº dispositivos	Q_a (L/s)	x	Q_c (L/s)	D (mm)	v (m/s)	P^* (kPa)
E1-A91	13.3	1	0.44	1	0.44	32	0.55	35.1
A91-A92	1.28	2	0.20	1	0.20	20	0.64	1.7
A92-A94	5.93	1	0.10	1	0.10	15	0.57	32.3
A92-A93	9.79	1	0.10	1	0.10	15	0.57	38.3

4.2.3 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas não tratadas - Opção 3

A rede de abastecimento de águas cinzentas sem tratamento (ACST) (Figura 4.7), teria início no depósito de águas cinzentas (DAC), sendo estas águas daqui bombadas (E1) para a rede que abasteceria os dois autoclismos de retrete (troços E1-A91, A91-A92 e A91-A93). Existiria uma descarga de emergência (*overflow*), provida de sifão e de válvula antirretorno, que estaria ligada ao circuito de evacuação de águas cinzentas/negras (troço E1-A31*) e que foi dimensionado para o caudal máximo de alimentação do reservatório (0,44 L/s) (as características deste troço aparecem no Quadro 4.6). Nos troços existentes, as válvulas de seccionamento seriam as que já estão instaladas. Nos novos troços serão instaladas válvulas de seccionamento à entrada do DAC e à saída da E1, estando estas últimas incluídas nos respetivos equipamentos.

No Quadro 4.6 apresentam-se os resultados do dimensionamento dos novos troços, por aplicação das Eq. (2.1) a Eq. (2.4), considerando a tubagem em aço galvanizado ($K_s = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) e os diâmetros comerciais apresentados no Quadro 2.2. As velocidades encontram-se dentro do intervalo apontado no RGSPDADAR (1995) e EN 806-3 (2006), entre 0,5 m/s e 2 m/s e pressão mínima (P^*) para satisfazer o serviço seria de 60,5 kPa, que seria garantida pela bomba da E1.

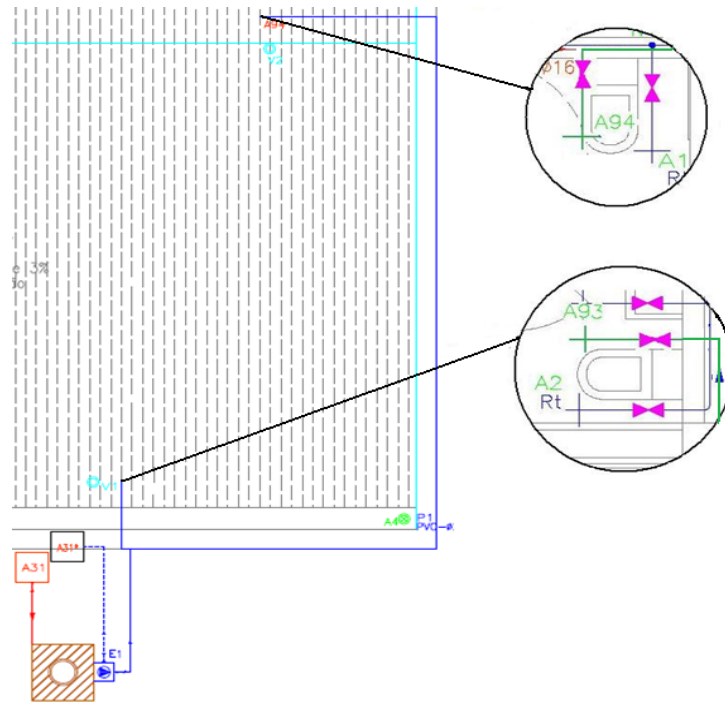


Figura 4.7 - Representação da rede de abastecimento de águas cinzentas não tratadas - Opção 3

Nota: A93 e A94 - rede de recarga de autoclismos com ACST; DAC - Depósito de águas cinzentas; A31 - caixas de entrada de águas cinzentas; A31* - caixas de descarga de emergência; E1 - estação elevatória.

Quadro 4.6 - Valores do dimensionamento da rede de abastecimento de águas cinzentas não tratadas - Opção 3

Troço	L (m)	Nº dispositivos	Q _a (L/s)	x	Q _c (L/s)	D (mm)	v (m/s)	P* (kPa)
E1-A91	3,55	2	0,44	1	0,44	32	0,55	29,9
A91-A92	1,05	1	0,1	1	0,1	15	0,57	1,6
A91-A93	24,0	1	0,1	1	0,1	15	0,57	60,5

4.2.4 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais - Opções 1 e 4.

Na Opção 4, a rede de abastecimento de águas pluviais (AAP) (Figura 4.8), teria início no DAAP, sendo estas daqui diretamente bombadas (E2) para um reservatório de cobertura (ponto A91), elemento responsável, pela distribuição de água de dois autoclismos de retrete (troços E2-A91, A91-A92, A92-A93 e A92-A94). Estes troços foram dimensionados similarmente ao efetuado para o Quadro 4.6, apresentando-se os resultados no Quadro 4.7. As velocidades encontram-se dentro do intervalo apontado no RGSPDADAR (1995) e EN 806-3 (2006), entre 0,5 m/s e 2 m/s e pressão mínima (P*) para satisfazer o serviço seria de 38,3 kPa, que seria garantida pela bomba da E2. Nos troços existentes, as válvulas de seccionamento seriam as que já estão instaladas. Nos novos troços seriam instaladas válvulas de seccionamento à saída do reservatório de cobertura, à entrada do DAAP e à saída da E2, estando estas últimas incluídas nos respetivos equipamentos.

Para as Opções 1 e 4, existiria também uma boca de rega, que permitiria a rega do relvado existente, bem como a lavagem da área pavimentada existente (troço E2-A90). Existiria ainda uma descarga de emergência (*overflow*), provida de sifão e de válvula antirretorno, que estaria ligada ao circuito de evacuação de águas pluviais (troço E2-A36*) e que foi dimensionado para o caudal máximo de alimentação do reservatório (0,44 L/s) (as suas características constam do Quadro 4.9).

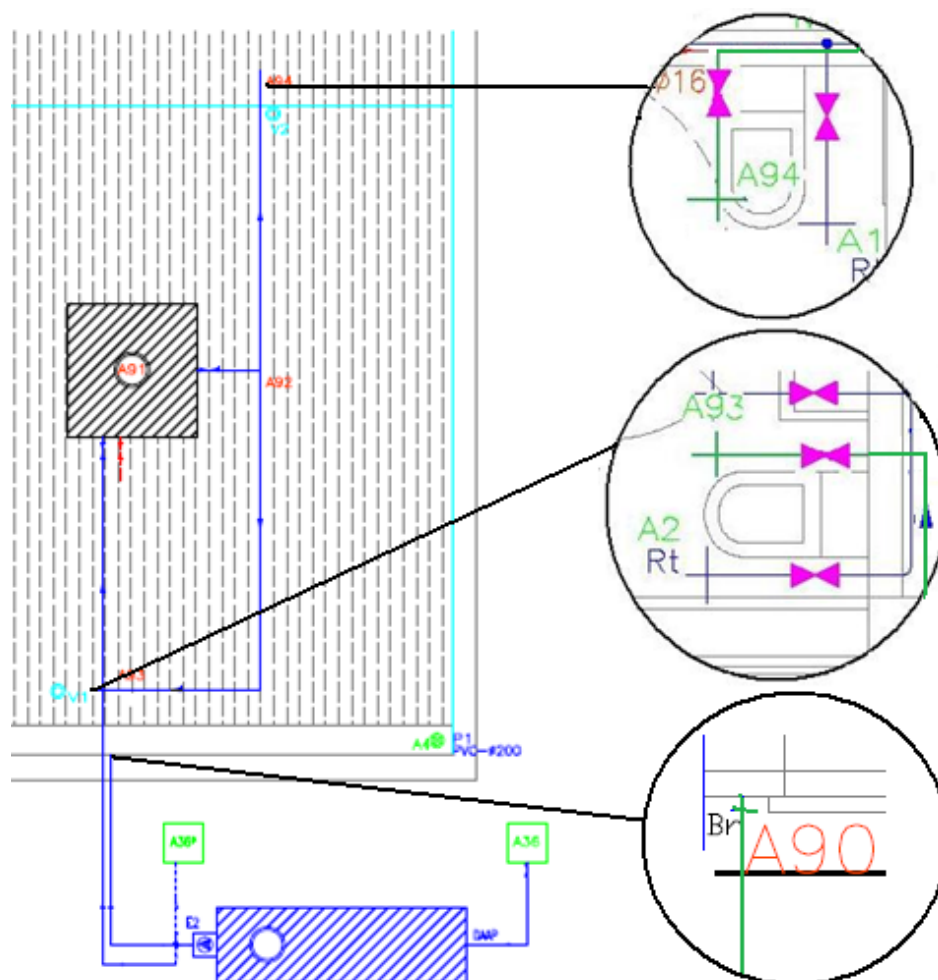


Figura 4.8 - Representação da rede de abastecimento de águas pluviais - Opção 4

Nota: A92, A93 e A94 - rede de recarga de autoclismos com APST; A90 - Boca de Rega (Torneira); A91 - Reservatório de cobertura; DAAP - Depósito de armazenamento de águas pluviais; A36 - caixa de entrada de águas pluviais; A36* - caixas de descarga de emergência; E2 - estação elevatória.

Quadro 4.7 - Valores do dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais - Opção 4

Troço	L (m)	Nº dispositivos	Q _a (L/s)	x	Q _c (L/s)	D (mm)	v (m/s)	P* (kPa)
E2-A90	5.14	1	0.44	1	0.44	32	0.55	17.7
E2-A91	16.53	1	0.44	1	0.44	32	0.55	35.1
A91-A92	1.28	2	0.20	1	0.20	20	0.64	1.7
A92-A94	5.93	1	0.10	1	0.10	15	0.57	32.3
A92-A93	9.79	1	0.10	1	0.10	15	0.57	38.3

Nota: o troço E2-A90 também existe na Opção 1

4.2.5 - Descrição e dimensionamento da rede de abastecimento de águas pluviais - Opção 5.

O AAP (Figura 4.5 - Representação esquemática do sistema de reutilização de águas - Opção 5) tem início na estação elevatória de 500L (E3), instalada a jusante da casa das máquinas, sendo as águas daqui bombadas para a rede que alimenta os autoclismos, permitindo o seu abastecimento pressurizado (troços E3-A92, A92-A94, A92-A95, A5-A93 e E3-DEP). Estes troços foram dimensionados similarmente ao efetuado para o Quadro 4.6, apresentando-se os resultados no Quadro 4.8. As velocidades encontram-se dentro do intervalo apontado no RGSPDADAR (1995) e EN 806-3 (2006), entre 0,5 m/s e 2 m/s e pressão mínima (P^*) para satisfazer o serviço seria de 21 kPa, que seria garantida pela bomba da E3. Nos troços existentes, as válvulas de seccionamento são as que já estão instaladas. Nos novos troços serão instaladas válvulas de seccionamento à saída da E1, estando estas últimas incluídas nos respetivos equipamentos.

Existiria também uma boca de rega, que permitiria a rega do relvado, bem como a lavagem da área pavimentada (troço A95-A90). Existiria ainda uma descarga de emergência (*overflow*), provida de sifão e de válvula antirretorno, que estaria ligada ao circuito de evacuação de águas da piscina (troço E3-DEP) e que foi dimensionado para o caudal máximo de alimentação do reservatório (0,44 L/s) (Quadro 4.8).

Quadro 4.8 - Valores do dimensionamento da rede de distribuição de águas pluviais

Troço	L (m)	Nº dispositivos	Q_a (L/s)	x	Q_c (L/s)	D (mm)	v (m/s)	P^* (kPa)
E3-A92	5.14	3	0.44	0.71	0.31	25	0.63	21,0
A92-A94	16.53	1	0.44	1	0.44	32	0.55	2,0
A92-A93	1.28	2	0.44	1	0.44	32	0.55	0.7
A92-A90	5.93	1	0.44	1	0.44	32	0.55	0.2
E3-DEP	2.07	1	0.44	1	0.44	32	0.55	10.9

4.2.6 - Descrição e dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais, ITAC e DAC - Opções 1, 2 e 3

No caso das Opções 1, 2 e 3, a rede de drenagem de águas residuais incluiria 12 troços com águas cinzentas que seriam reutilizadas (A22-A27, A18-A27, A20-N1, A21-N1, N1-A27, A27-A29, A29-A30, A30-A31, A17-A28, A19-A28, A28-A31 e A31-ITAC), 9 troços com águas cinzentas que não seriam reutilizadas (A91-A31*, E1-A31*, A31-A32*, A23-A26, A25-A26, A26-A31*, A24-A33, A33-A32 e A31-A32*), 4 troços com águas negras (A15-A29*, A29*-A30*, A30*-A31* e A16-A31*) e 3 troços com águas residuais totais (cinzentas e negras) (A31*-A32*, A32*-A32 e A32-N2). Estes 7 últimos troços seriam descarregados na rede pública de drenagem de águas residuais.

Os novos ramais de descarga e coletores prediais seriam constituídos por tubagens em PVC, com inclinações de 2%, de acordo com o traçado definido na Figura 4.9 e Figura 4.10 para as opções 1 e 2, respetivamente. Os troços seriam retilíneos, unidos por curvas de concordância, facilmente desobstruíveis e sem necessidade de serem desmontados.

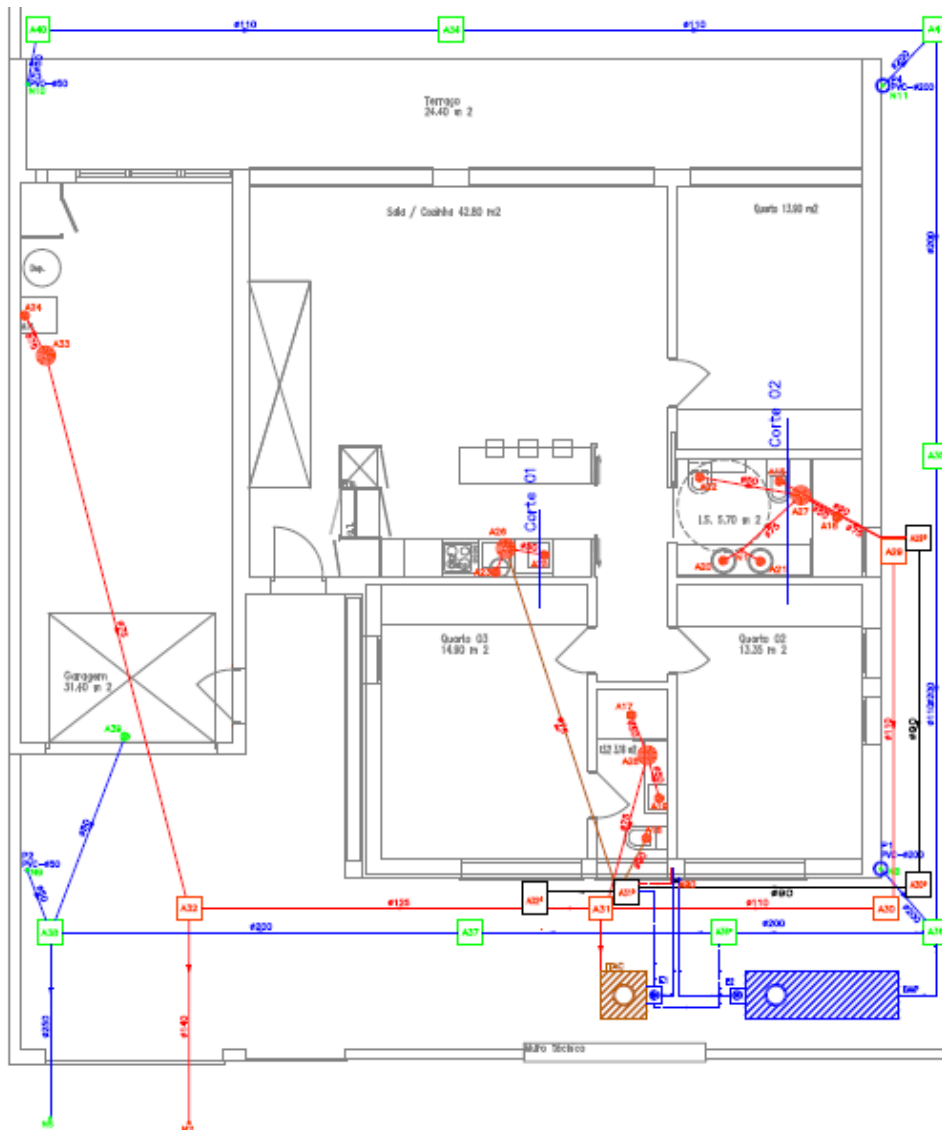


Figura 4.9 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas residuais com a inclusão das redes de águas cinzentas, águas negras e águas residuais totais - Opção 1

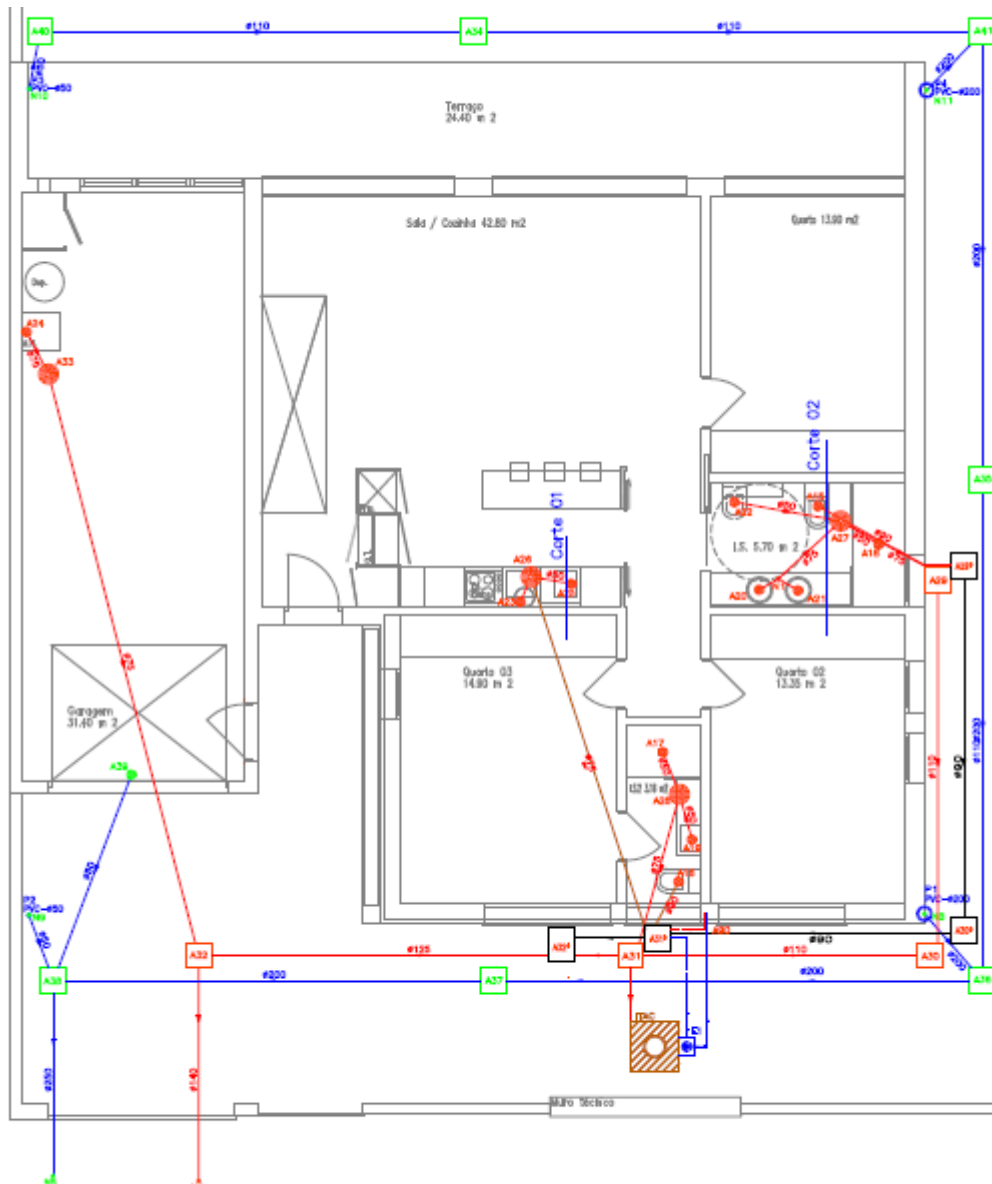


Figura 4.10 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas residuais com a inclusão das redes de águas cinzentas, águas negras e águas residuais totais - Opção 2

A rede de drenagem ficaria constituída por 28 troços, contra os 20 que estão já instalados, com escoamento gravítico a meia secção. Todos os troços foram dimensionados, tendo em atenção o número e tipo de dispositivos e o caudal mínimo de descarga definido para cada dispositivo (Quadro 2.4). Assim, existiriam 11 troços novos e seriam suprimidos 3 troços.

A partir do caudal acumulado em cada troço (Q_a) determinou-se o caudal de cálculo (Q_c) por aplicação das Eq. (2.1) e Eq. (2.2). O diâmetro para cada troço foi estimado a partir da Eq. (2.11), considerando o escoamento m meia secção e o material do tipo PVC (i.e., $K_s = 120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) apresentando-se os resultados no Quadro 4.9. O diâmetro comercial (D) foi tomado do Quadro 2.3. Para estimar a velocidade de escoamento (v) foi utilizada a Eq. (2.14) e uma inclinação de 2% (i), tendo o valor de θ sido calculado pela Eq. (2.13). A tensão de arrastamento (τ) foi calculada através da Eq. (2.12), para $\gamma = 9800 \text{ N}/\text{m}^3$.

As velocidades variam entre 0,8 m/s e 1,2 m/s, valores que se encontram dentro do intervalo apontando no RGSPPDADAR (1995) e Paixão (1999), entre 0,6 m/s e 3 m/s. As tensões de arrastamento variam entre 2,45 N/m² e 5,39 N/m², valores que se encontram acima do valor mínimo (2,45 N/m²) referido por Paixão (1999) para evitar o depósito de material sólido nas tubagens que podem levar ao seu entupimento.

Quadro 4.9 - Valores do dimensionamento da rede de drenagem de águas cinzentas, negras e residuais totais (Opções 1, 2 e 3)

Troço	L (m)	Nº dispositivos	x	Q _c (L/s)	D (mm)	v (m/s)	τ (N/m ²)
A15-A29*	4.57	1	1.00	1.50	90	1.00	4.41
A29*-A30*	10.47	1	1.00	1.50	90	1.00	4.41
A30*-A31*	8.67	1	1.00	1.50	90	1.00	4.41
A31*-A16	1.29	1	1.00	1.50	90	1.00	4.41
A31*-A26	11.33	1	1.00	1.50	75	1.00	3.09
E1-A31*	3.60	1	1.00	0.40	50	0.80	2.45
A31*-A32	2.21	4	0.60	3.00	90	1.20	4.41
A31-ITAC	1.67	5	0.50	2.00	110	1.10	5.39
A91-A31*	7.62	1	1.00	0.40	50	0.80	2.45

Nota: Os troços a **laranja** identificam os coletores com águas negras; os troços a **vermelho** identificam os coletores com águas residuais totais, sendo os restantes de águas cinzentas.

De acordo com Especificação Técnica ETA-905 (2011), a captação média de águas cinzentas regeneradas é de 48 L/hab.d, cerca de 70% da captação sugerida para a totalidade de águas cinzentas (70 L/hab.d). De acordo com PNUEA (2001), o consumo de referência para duches e torneiras (dispositivos que geram águas cinzentas) é de 85%, o que, tendo em atenção um coeficiente de afluência à rede de 0.8, dá cerca de 70% de águas cinzentas rejeitadas por aqueles dispositivos. Nestes termos, pode assumir-se que a captação de 48 L/hab.d corresponde às descargas das duas banheiras, um bidé e três lavatórios das casas de banho da habitação. Assim, o volume de ACT produzidos diariamente na habitação estima-se em 192 L/d (Opções 1, 2 e 3).

Na Opção 1, as águas cinzentas reutilizadas seriam encaminhadas para uma ITAC, tal como recomendado na Especificação Técnica ETA-905 (2011) para SPRAC, seguidas de uma desinfeção por cloragem. A ITAC seria do tipo fossa séptica com um compartimento. Considerando que as águas cinzentas não contêm muitos sólidos (Asano *et al.*, 2007), não haveria produção significativa de lamas como acontece nas fossas sépticas convencionais. Considerando 3 dias de retenção para a ITAC, como sugerido por Pedroso (2008) para habitações com entre 3 e 50 habitantes, por aplicação da Eq. (3.1), resulta um volume para a ITAC de 576 L. Depois de consultar vários fornecedores, verificou-se que o volume comercial mais próximo existente no mercado é de 650 L, que seria a dimensão da ITAC.

No caso da Opção 3, em vez de uma ITAC está proposto um DAC, que deverá ser em material plástico e de cor opaca, e que só acumula 192 L num dia, volume suficiente para cobrir as necessidades diárias previstas para as descargas dos autoclismos (180 L). Depois de consultar vários fornecedores, verificou-se que o volume mais próximo existente no mercado é de 500 L, que seria a dimensão do DAC. O excesso de volume que se pode acumular em cada dia, poderá ser descarregado para a rede de drenagem através de um sistema de controlo de nível. Na rede drenagem, cujos resultados do dimensionamento são apresentados no Quadro 4.9, apenas trocando o troço A31-ITAC pelo troço A31-DAC.

Os novos ramais de descarga e coletores prediais seriam constituídos por tubagens em PVC, com inclinações de 2%, de acordo com o traçado definido na Figura 4.11, com características semelhantes aos referidos para a Figura 4.9 e Figura 4.10.

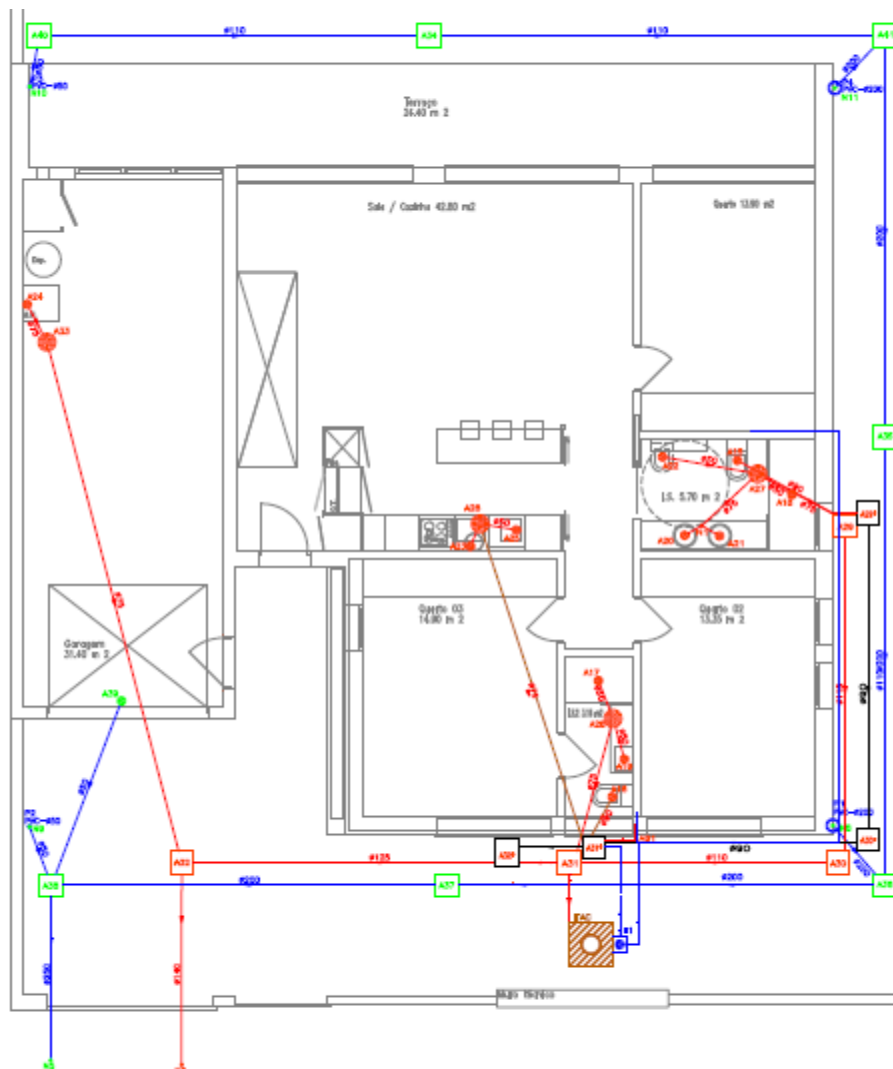


Figura 4.11 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas residuais com a inclusão das redes de águas cinzentas, águas negras e águas residuais totais - Opção 3

4.2.7 - Descrição e dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais e DAAP - Opções 1, 4 e 5

Para as Opções 1, 4 e 5, a rede de drenagem de águas pluviais incluiria 4 tubos de queda (P1, P2, P3 e P4), 5 ramais de descarga (N10-A40, N11-A41, N8-A36, N9-A38 e A39-A38) e 5 coletores prediais (A40-A34, A34-A41, A41-A35, A35-A36 e A36-DAAP). Todos os coletores seriam constituídos por tubagens em PVC rígido, com inclinação de 2%, exceto os tubos de queda que não teriam inclinação, tal como apresentado na Figura 4.12 para a Opção 4, mas que é igual para as Opções 1 e 5. Os troços seriam retilíneos, unidos por curvas de concordância, facilmente desobstruíveis sem necessidade de proceder à sua desmontagem.

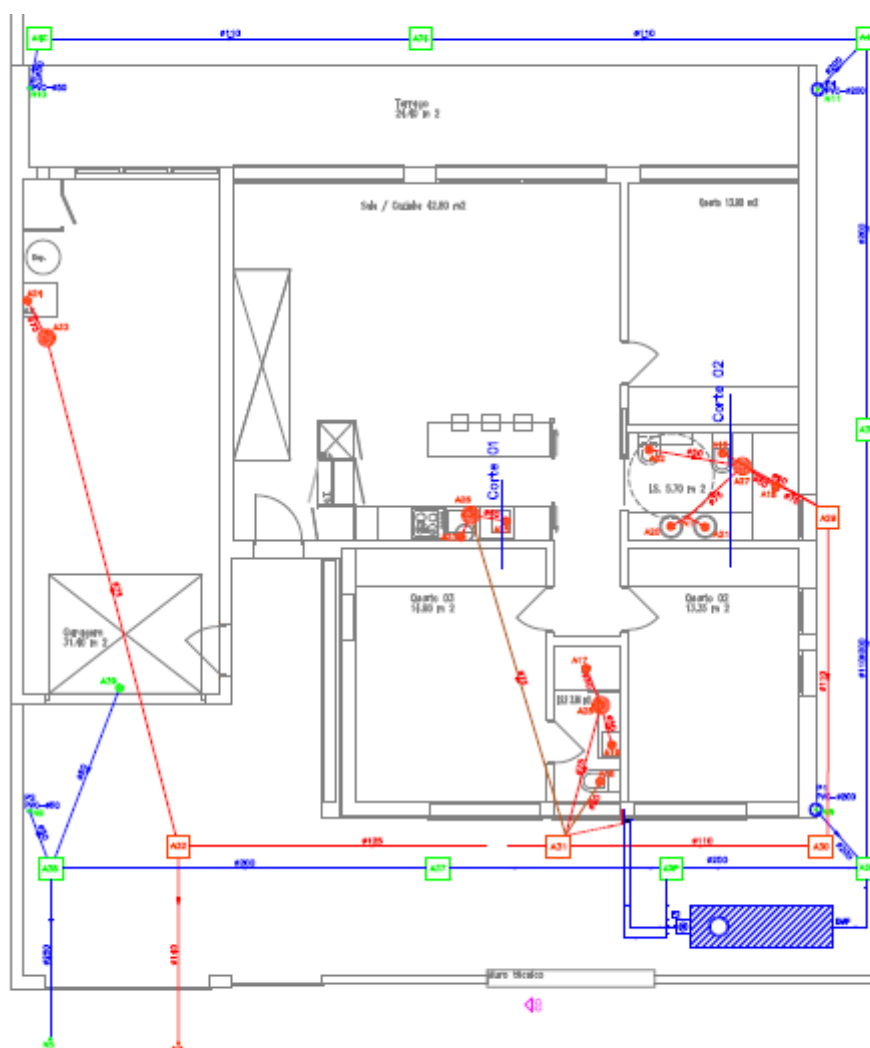


Figura 4.12 - Representação esquemática da rede de drenagem de águas pluviais - Opção 4

As características dos tubos de queda seriam idênticas às apresentadas no Quadro 4.3. Os novos coletores foram dimensionados para um escoamento em meia seção, tendo em atenção o caudal confluyente a cada um e uma inclinação de 2%. O diâmetro foi estimado pela Eq. (2.11) considerando o material PVC ($K_s = 120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), apresentando-se os resultados dos novos coletores no Quadro 4.10. Para estimar a velocidade de escoamento (v) foi utilizada a Eq. (2.14)

e uma inclinação de 2% (i), tendo o valor de θ sido calculado pela Eq.(2.13). A tensão de arrastamento (τ) foi calculada através da Eq. (2.12), para $\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$.

Quadro 4.10 - Valores do dimensionamento dos ramais de descarga, coletores prediais e ramal de ligação final de águas pluviais - Opções 1 e 4

Troço	L (m)	Q _c (L/min)	D (m)	v (m/s)	τ (N/m ²)
A36-DAAP	2.84	292.23	200	1.31	9.80
E2-A36*	2.22	26.40	50	0.90	2.45

A velocidade está acima do valor mínimo (0,9 m/s) sugerido por Sousa e Matos (2008), enquanto a tensão de arrastamento encontram-se acima do valor mínimo (2,45 N/m²) referido por Paixão (1999) para evitar o depósito de material sólido nas tubagens.

O DAAP funcionaria em função da disponibilidade de água da chuva e seria utilizada nas Opções 1 e 4. Na Opção 1 seria utilizada para fornecer água pluvial não tratada para a rega do jardim e a lavagem de pavimentos. Poderia ainda compensar a recarga de autoclismos quando não houvesse ACT na ITAC. Na Opção 4, apenas seriam aproveitadas águas pluviais e a DAAP apenas forneceria água para a rega do jardim e a lavagem de pavimentos.

A partir dos dados de pluviosidade recolhidos na estação meteorológica de Monte de Caparica para o período 2001 a 2009, calculou-se o volume mensal de água pluvial disponível para armazenar no DAAP. Dada a variação de precipitação ao longo dos anos, com anos mais secos em 2003 e 2005, verifica-se que é possível armazenar durante o período chuvoso (Outubro a Abril) em média 5,4 m³ de águas pluviais por mês. Tendo em atenção a captação média de água necessária para rega de jardins e para lavagem de pavimentos (400 L/m² (em seis meses) e 5 L/m² (por lavagem), respetivamente, de acordo com a Especificação Técnica ETA-701, 2012), seriam necessários em média 4,9 m³ de águas pluviais por mês (75% corresponderiam a necessidades para rega e 25% para lavagem de pavimentos). Assim, o volume tomado para o DAAP para a Opção 1 foi de 20 m³, para poder armazenar águas para aplicar nos meses de verão.

No caso da Opção 4, como também se considerou a recarga dos autoclismos (5,4 m³ por mês), o volume do DAAP seria de 10 m³. Considerou-se um volume mais baixo, para diminuir os custos de investimento e exploração e conseguir um retorno de investimento mais cedo, porque se pouparia água nos autoclismos e ainda se conseguiria armazenar água para rega e lavagem de pavimentos em alguns meses, como analisado no Capítulo 5.

Os cálculos que permitiram avaliar o volume de água pluvial com potencial para armazenar na DAAP, para as Opções 1 e 4, são apresentados no Anexo III (Quadros III.1 e III.2).

Os DAAP deveriam ser em material plástico e de cor opaca. Depois de consultar vários fornecedores, verificou-se que o volume mais próximo existente no mercado é de 10 m³ (Opção 4) e 20 m³ (Opção 1) que seriam as dimensões dos DAAP para as duas opções. Associados ao

funcionamento da DAAP existem 2 troços novos, para cada uma das Opções 1 e 4, que foram dimensionados por aplicação das Eq. (2.1) a Eq. (2.4), considerando a tubagem em aço galvanizado ($K_s = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) e os diâmetros comerciais apresentados no Quadro 2.2. As velocidades encontram-se dentro do intervalo apontando no RGSPDADAR (1995) e EN 806-3 (2006), entre 0,5 m/s e 2 m/s e pressão mínima (P^*) para satisfazer o serviço seria de 35,1 kPa, que seria garantida pela bomba da E2 (Quadro 4.11).

Quadro 4.11 - Valores do dimensionamento dos troços da rede de águas pluviais armazenadas - Opções 1 e 4

	Troço	L (m)	Q_a (L/s)	x	Q_c (L/s)	D (mm)	v (m/s)	P^* (kPa)
Opção 1	E2-E1	2.66	0.44	1	0.44	32	0.55	1.4
	E2-A90	5.14	0.44	1	0.44	32	0.55	17.7
Opção 4	E2-A90	5.14	0.44	1	0.44	32	0.55	17.7
	E2-A91	15.3	0.44	1	0.44	32	0.55	35.1

As águas de lavagem do pavimento seriam recolhidas através de um ralo (A39), que estaria ligada a uma caixa de recolha (A38), sendo posteriormente conduzidas ao coletor pluvial (N5). As características dos troços A39-A38 e A38-N5 constam do Quadro 4.4. Existiria um novo troço (E2-A36*), que corresponde à descarga de emergência do DAAP, cujo dimensionamento foi similar aos dos troços A39-A38 e A38-N5, apresentando-se o resultado no Quadro 4.12.

Quadro 4.12- Valores do dimensionamento do troço E2-A36* - Opções 1 e 4

Troço	L (m)	Q_c (l/min)	D (m)	v (m/s)	τ (N/m ²)
E2-A36*	1.65	0.44	50	0.90	2.45

Relativamente à Opção 5, a recolha de águas pluviais seria efetuada como descrito nas Opções 1 e 4, mas o armazenamento seria feito numa piscina existente, com capacidade para 53 m³, que incluiria ainda uma casa de máquinas com um sistema de tratamento automático com processos de filtração, aspiração e desinfecção com cloro. A rede de drenagem de águas pluviais como nas opções anteriores, à exceção dos troços (A36-A36* e A36-DAAP), que têm as características apresentadas na Figura 4.5. Associada à piscina seria incluído um reservatório de 500L com uma estação elevatória (E3), para armazenamento de água proveniente do sistema de tratamento da piscina, que seria especialmente útil durante uma eventual manutenção da piscina, num eventual seca, meses sem pluviosidade, ou parcialmente nos meses em que a piscina for utilizada para lazer.

Para esta solução não seria necessária a instalação do coletor predial A36*, uma vez que as águas pluviais seriam conduzidas pelos coletores prediais A36-A50 e A50-PISCINA. Todos os novos coletores seriam constituídos por tubagens em PVC rígido, com inclinação de 2%, com troços retilíneos, unidos por curvas de concordância, facilmente desobstruíveis sem

necessidade de proceder à sua desmontagem, apresentando-se o resultado do seu dimensionamento no Quadro 4.13.

Quadro 4.13 - Valores do dimensionamento dos ramais de descarga, coletores prediais e ramal de ligação final de águas pluviais à piscina - Opção 5

Troço	L (m)	Q _c (l/min)	D (m)	v (m/s)	τ (N/m ²)
A36-A50	16.10	292.23	200	1.31	9.80
A50-A51	13.03	292.23	200	1.31	9.80
A51-PISCINA	12.09	292.23	200	1.31	9.80

A partir dos dados de pluviosidade recolhidos na estação meteorológica de Monte de Caparica para o período 2001 a 2009, calculou-se o volume mensal de água pluvial disponível para armazenar na piscina, similarmente ao que foi efetuado para o DAAP. Verifica-se que seria possível armazenar águas pluviais durante o período chuvoso (Outubro a Abril), em média 5,4 m³ de águas pluviais por mês.

Tendo em atenção a necessidade de água para recarregar os autoclismos (5,4 m³ por mês), a captação média de água necessária para rega de jardins e para lavagem de pavimentos (400 L/m² (em seis meses) e 5 L/m² (por lavagem), respetivamente, de acordo com a Especificação Técnica ETA-701, 2012), seria necessário, em média, 10.3 m³ de águas pluviais por mês. Assim, o volume disponível na piscina, daria para armazenar água pluviais em contínuo durante o tempo chuvosos e por um período de aproximadamente 3 meses para o período seco.

No entanto, como se prevê que seja utilizada para fins de lazer nos meses de junho, julho e agosto, o volume de água necessário para o abastecimento dos autoclismos, rega de jardim e lavagem de pavimentos teria origem primeiro no reservatório de armazenamento de 500L, depois na rede pública de abastecimento, não se prevendo economia de água neste período.

No caso da Opção 4, como também se considerou a recarga dos autoclismos (5,4 m³ por mês), o volume do DAAP seria de 10 m³. Considerou-se um volume mais baixo, para diminuir os custos de investimento e exploração, e conseguir um retorno de investimento mais cedo porque se pouparia água nos autoclismos e ainda se conseguiria armazenar água para rega e lavagem de pavimentos em alguns meses, como analisado no Capítulo 5.

Os cálculos que permitiram avaliar o volume de água pluvial com potencial para armazenar na piscina, para a Opção 5, são apresentados no Anexo III (Quadros III.3).

Capítulo 5

Análise Técnica e Económica das Soluções

A avaliação da viabilidade e sustentabilidade de uma solução de reutilização de águas, tendo por base uma solução de abastecimento de água e drenagem de águas residuais e pluviais já existentes, implica a análise de fatores técnicos (*p.e.* conceção e exequibilidade da solução, equipamentos, elementos de rede e acessórios utilizar, complexidade das soluções e funcionamento hidráulico sanitário) e económicos (*p.e.* custos de investimento e de exploração (manutenção e operação dos sistemas), poupanças associadas a um menor consumo de água da rede pública devido à reutilização de águas cinzentas e pluviais e o tempo que pode demorar a recuperar o investimento).

As 5 opções equacionadas para a reutilização de águas numa moradia localizada em Charneca da Caparica (descritas no Capítulo 4), podem ser, do ponto construtivo e de funcionamento hidráulico-sanitário, todas construídas e permitiriam a recuperação de águas cinzentas e pluviais, reduzindo a utilização de água potável da rede pública na descarga de autoclismos, rega de jardins e lavagem de pavimentos. Qualquer opção poderia ser construída para funcionar autonomamente, com inclusão de detetores de pressão junto dos pontos de consumo, sistemas de pressurização e de controladores de nível junto dos pontos de armazenamento que permitiriam um adequado funcionamento das redes de abastecimento de águas a reutilizar e das redes de drenagem.

Do ponto de vista de viabilidade técnica, qualquer solução pode ser construída com os materiais, equipamentos e acessórios referidos no Capítulo 4. Analisando os Quadros 4.5 a 4.8 e 4.11, pode verificar-se que as redes de abastecimento apresentariam velocidades de acordo com o intervalo de valores indicados no RGSPDADAR (1995) e EN 806-3 (2006), entre 0,5 m/s e 2 m/s. As pressões mínimas necessárias nos pontos de entrega (entre 0,2 kPa e 60,5 kPa) seriam garantidas pelas bombas das estações elevatórias E1, E2 e E3. De acordo com as informações disponibilizadas por empresas nacionais aquando de um pedido de orçamento, existem equipamentos comerciais disponíveis no mercado que permitem garantir aquele intervalo de pressões.

As características das redes de drenagem de águas residuais (ver Quadro 4.9) permitem verificar que as velocidades estão dentro dos valores adotados no RGSPDADAR (1995) e Paixão (1999), entre 0,6 m/s e 3 m/s, e as tensões de arrastamento são superiores ao valor mínimo (2,45 N/m²) referido por Paixão (1999) para evitar o depósito de material sólido nas tubagens. O mesmo se verifica para as redes de drenagem de águas pluviais (ver Quadro 4.10, Quadro 4.12 e Quadro 4.13), que verificam os critérios de velocidade e de tensão de arrastamento.

Além da viabilidade técnica, é necessário avaliar a viabilidade económica das 5 opções, sendo a mais favorável aquela que apresentar uma maior poupança de água, associada a um menor investimento, baixa manutenção e uma recuperação mais rápida do capital investido, podendo estes critérios nem sempre convergir.

A reutilização de águas cinzentas e pluviais é uma prática recente e como tal são raras as considerações e estudos da sua viabilidade económica. Soares (2012) refere que o custo-benefício de um sistema de águas cinzentas é variável de acordo com o tipo de sistema, dependendo a poupança de fatores como:

- Volume de água poupada;
- Custos de investimento;
- Custos de operação;
- Custos de manutenção;
- Custos de inspeção;
- Custos energéticos.

Silva (2012) elaborou um estudo de viabilidade técnico-económico do aproveitamento de águas em sistemas prediais, tendo analisado os benefícios económicos e ambientais da implementação de diferentes sistemas de aproveitamento de águas pluviais e águas cinzentas, nomeadamente, a substituição dos dispositivos obsoletos para redução do consumo de águas; instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e outro de reutilização de águas cinzentas. Concluiu que a instalação de um sistema misto revela-se muito atrativo economicamente para moradias unifamiliares, moradias multifamiliares e escolas, exceto para a habitação unifamiliar com instalação de dispositivos eficientes. Nos restantes casos, o saldo foi positivo, devido principalmente à rápida recuperação de investimentos.

O custo-benefício de um sistema de reutilização de águas cinzentas e pluviais é, portanto, variável de acordo com o tipo de sistema a instalar, dimensão da habitação e número de utentes que utiliza os dispositivos. Para este estudo foram escolhidos os seguintes critérios para o estudo de viabilidade económica:

- Volume de água potável poupada;
- Custos de investimento;
- Custos e exigências de exploração;
- Redução do preço da fatura mensal com serviços de águas e resíduos;
- Tempo de recuperação dos investimentos.

Volume de água poupada

O volume de água poupada foi quantificado atendendo às descargas médias de autoclismos por pessoa e dia (15 L por descarga, 4 descargas por habitante e por dia), à frequência de rega das áreas ajardinadas (400 L/m² em 55 m² de jardim, por 6 meses) e à frequência de lavagem das áreas pavimentadas (5 L/m² em 62,4 m² de pavimento, 4 vezes por mês), uma vez que seriam alimentados com águas do circuito de reutilização. Tendo em atenção que cada descarga de autoclismo utiliza 15 L de água, a rega de jardim aproximadamente 3,7 m³ por mês e a lavagem de pavimentos aproximadamente 1,2 m³ por mês, apurou-se o valor médio anual de água poupada que se apresenta no Quadro 5.1. As Figura 5.1 e Figura 5.2 apresentam, a título exemplificativo, uma variação da poupança de água ao longo de um ano para as Opções 1 e 5. Os cálculos globais dos volumes de água da rede poupada são apresentados no Anexo V.

Quadro 5.1 - Volume anual de água potável poupada com as opções consideradas

Local	Volume médio anual de água potável consumida (m ³)	Volume médio anual de água potável poupada (m ³)				
		Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Autoclismos	64,8	64,8	64,80	64,80	36,6	48,6
Rega de jardins e lavagem de pavimentos	29,7	27,2	0,0	0,0	4,23	16,5
Total	94,5	92,0	64,8	64,80	40,83	65,1

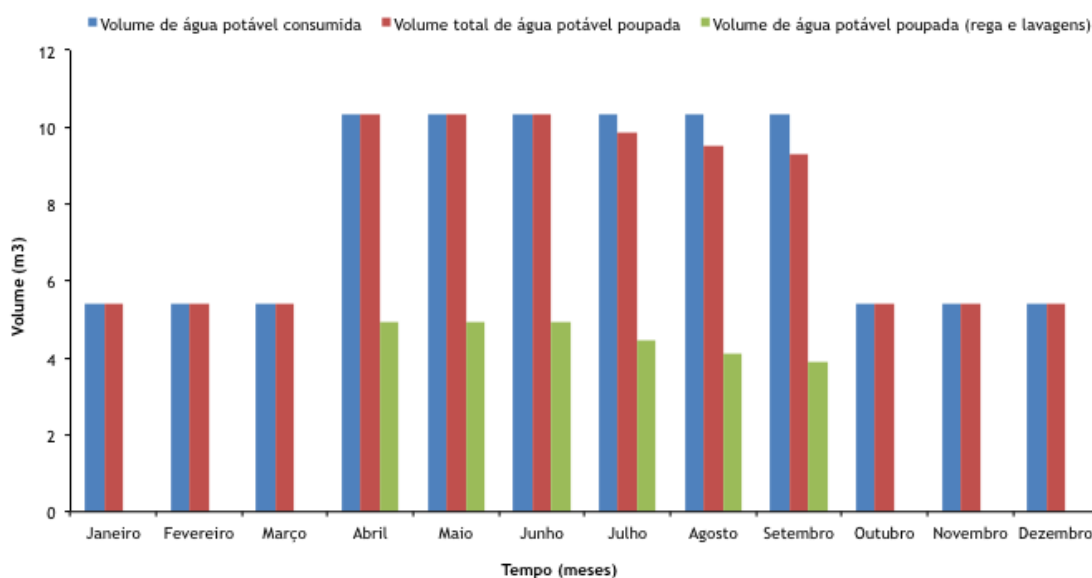


Figura 5.1 - Variação do volume de água potável consumida e poupada ao longo de 1 ano - Opção 1

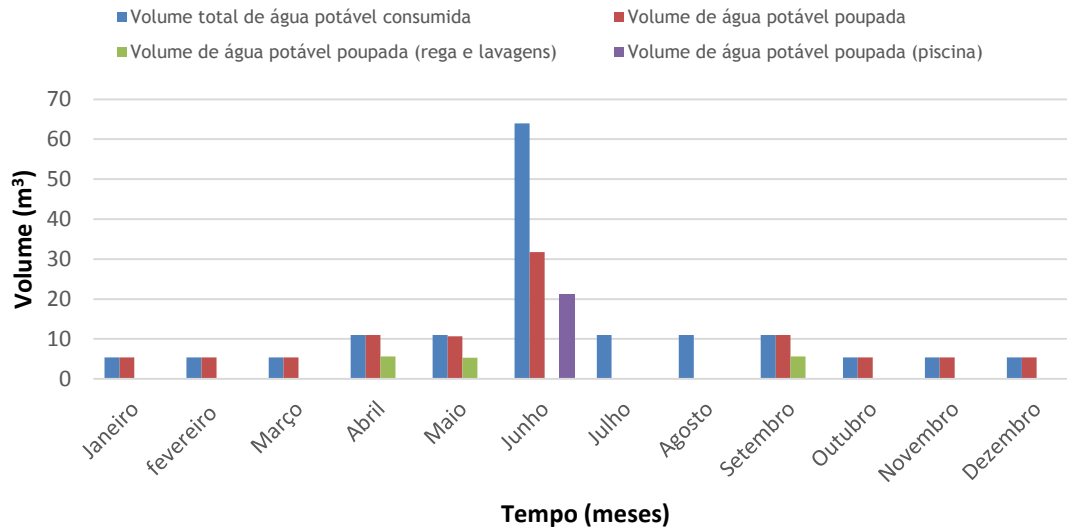


Figura 5.2 - Variação do volume de água potável consumida e poupada ao longo de um ano - Opção 5

Pode verificar-se que, do ponto de vista de poupança de água, a Opção 1 é a que mais água pouparia, com um valor próximo do consumido atualmente em 9 meses por ano, com uma poupança significativa de água para rega e lavagens nos meses mais quentes. A Opção 4 levaria a cerca de 43,2% de redução do consumo de água da rede relativamente ao consumido atualmente, sendo a que levaria a menos poupança de água. O volume de água poupado seria igual ao consumido atualmente em 9 meses por ano, no entanto, não haveria poupança para rega ou lavagens nos meses de junho a agosto.

Verifica-se que a maioria das opções estudadas podem trazer benefícios ambientais e económicos. O fator de incerteza na predominância das águas pluviais poderá afetar o volume de água disponível para satisfazer as necessidades dos utilizadores, enquanto a reutilização das águas cinzentas, sendo um volume mais constante e permanente ao longo do ano, permitiria estimar previamente o volume de água para reutilizar.

Custos de investimento inicial

Os custos de investimento inicial incluem custos associados à alteração das redes de águas, construção de estações elevatórias, instalação de equipamentos, elementos de redes e acessórios e mão-de-obra.

Nas Opções 1, 2 e 3, seria necessário a alteração do sistema de drenagem de águas residuais existente, para separar as águas cinzentas das águas negras. As soluções propostas consideram o desvio das águas negras para a rede pública de águas residuais, visto que não seriam aproveitadas (troços A15-A29*, A29*-A30*, A30*-A31*, A31*-A32*). Os coletores prediais

existentes seriam utilizados para transporte das águas cinzentas (troços A22-A27, A20-N1, A21-N1, N1-A27, A27-A29, A29-A30, A30-A31, A17-A28, A19-A28, A28-A31, A31-ITAC). Com a separação destes tipos de água, o tratamento das águas cinzentas seria mais eficiente e menos exigente. Existe um troço de descarga de emergência (troço E1-A31*), que permitiria a descarga de excesso de águas quando a ITAC atingisse a capacidade máxima. Na Opção 1, existe ainda a necessidade de recolher as águas pluviais, através de um ramal de com ligação ao DAAP e 2 troços para a descarga de emergência (A36-DAAP e E2-A36*).

Seria necessário criar uma rede de distribuição de águas para as Opções 1 e 2, com um troço de ligação ao reservatório de cobertura (troço E1-A91) e daí para os respetivos dispositivos de abastecimento (A91-A92, A92-A93 e A92-A94). No DAAP, existiria também um ramal para uma boca de rega (A90), um troço de compensação (E2-E1) e um troço para descarga de emergência (E2-A36*).

A Opção 3 tem as mesmas alterações para a recolha de água e distribuição de águas cinzentas, contudo, como estas últimas não são tratadas, a bombagem de E3 é feita diretamente para os autoclismos da habitação, através de um sistema de bombagem acionado por diferença de pressão (*i.e.* é acionado quando os autoclismos acionam o seu sistema de abastecimento) inserido no IRAC (troços E2-A91, A91-A92 e A91-A93).

Para a Opção 4, apenas seria necessário recolher as águas pluviais para posterior distribuição pela habitação. A recolha de águas pluviais apenas prevê a conceção de um ramal de ligação ao DAAP e 2 troços para a descarga de emergência (A36-DAAP e E2-A36*). A rede predial de águas residuais manter-se-ia como se encontra atualmente, uma vez que não haveria reutilização de águas residuais. Relativamente à distribuição de águas pluviais recolhidas, estas seriam conduzidas até aos equipamentos através de um troço de ligação ao reservatório de cobertura (troço E2-A91) e daí seguiria para os respetivos dispositivos de abastecimento (A91-A92, A92-A93 e A92-A94), bem como para um ramal para uma boca de rega (A90).

Na Opção 5, as águas pluviais seriam conduzidas até à piscina e seria necessário instalar apenas coletores prediais (troços A36-A50, A50-A51 e A51-PISCINA). Da piscina, estas águas seguiriam para um processo de tratamento e daqui para a E3, que disporia de um sistema de bombagem pressurizado, com ligação direta aos dispositivos (troços E3-A92, A92-A94, A92-A95, A95-A90 e A95-A93). Na estação elevatória E3, existe também um troço para descarga de emergência (E3-DEP).

Os custos de primeiro investimento relacionados com a alteração das 3 redes de águas e para as 5 opções são apresentadas no **Quadro 5.2**, podendo verificar-se que a Opção 1 é a mais cara e a Opção 4 apresenta-se cerca de 60% mais barata que a primeira.

Quadro 5.2 - Custos da alteração da rede de recolha e distribuição

Rede	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Recolha de águas cinzentas	911,82 €	911,82 €	911,82 €	0,00 €	0,00 €
Recolha de águas pluviais	294,40 €	0,00 €	0,00 €	294,40 €	375,53 €
Distribuição de águas tratadas	747,32 €	625,02 €	590,02 €	498,10 €	498,10 €
TOTAL	1953,54 €	1536,84 €	1501,84 €	792,5 €	873,63 €

No que respeita aos equipamentos a utilizar, pediram-se orçamentos para a ITAC (Opções 1 e 2), DAC (Opção 3), DAAP (Opções 1, 2 e 4), reservatório de cobertura (Opções 1, 2 e 4), bem como para os sistemas elevatórios (E1, E2 e E3), já incluindo os acessórios (*p.e.* válvulas, manómetros e pressurizados) e elementos de rede (*p.e.* junções, curvas e joelhos).

A ITAC poderia ser como o equipamento mostrado na Figura 5.3, em polipropileno reforçado, com capacidade máxima de 650L, constituída por um reservatório bi-compartimentado com um sistema de tratamento de águas e um grupo hidropressor.



Figura 5.3 - Sistema de tratamento (ITAC) para as Opções 1 e 2 (adaptada de <http://rothportugal.com/556.htm>)

O DAAP poderia ser como o equipamento mostrado na Figura 5.4, do tipo do tipo ROTHRAIN, com um volume de 20 m³ (Solução 1) ou 10 m³ (Solução 4), constituído por um reservatório em polipropileno reforçado, incluindo tratamento primário e um grupo hidropressor.

O DAC poderia ser como o equipamento mostrado na Figura 5.5, do tipo ROTHIDRAULICO, com capacidade de 500L, com inclusão de uma filtração para eliminar cabelos e um grupo hidropressor. Este equipamento é o mesmo que se instalaria na E3 da Opção 5.

O reservatório de cobertura teria uma capacidade máxima de 600L, embora só 300L sejam necessários para alimentar os autoclismos, em polipropileno escuro, como ilustrado na Figura 5.6.



Figura 5.4 - Depósito de águas pluviais com bombagem integrada (DAAP) - Opções 1 e 4 (adaptada de http://www.roth-portugal.com/files/3218_Tarifa_Catalogo_Acumulacion_y_gestion_del_agua_2013.pdf)



Figura 5.5 - Reservatório de águas com bombagem integrada (DAC na Opção 3; E3 na Opção 5) (adaptada de http://www.roth-portugal.com/files/3218_Tarifa-Catalogo_Acumulacion_y_gestion_del_agua_2013.pdf)



Figura 5.6 - Reservatório de cobertura para as Opções 1, 2 e 4 (adaptada de http://www.roth-portugal.com/10_697.htm)

Os custos associados a estes equipamentos são apresentados no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 - Custos dos equipamentos instalados em cada opção

Item	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Equipamentos e sua instalação, incluído elementos e acessórios	20 979 €	7 989 €	998 €	5 200 €	998 €

Custos e exigências de exploração

Estes custos incluem a substituição de equipamentos, elementos de rede e acessórios ao longo do tempo de exploração. Considerou-se, assim, que bombas e válvulas seriam substituídos cada 10 anos, apresentando-se no Quadro 5.4. o custo associado com cada substituição para as 5 opções. Entendeu-se fazer este estudo apenas para 10 anos, porque seria suficiente para ter uma ideia dos custos de exploração.

Quadro 5.4 - Custos associados à manutenção de equipamentos e substituição de elementos em 10 anos para cada opção

Item	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Manutenção dos equipamentos	1 460 €	730 €	730 €	730 €	730 €

Os custos totais para cada opção num horizonte de 10 anos são apresentados na Figura 5.7, onde se incluem os custos de investimento (intervenção nas redes e aquisição de equipamentos, elementos e acessórios), de exploração para um período de funcionamento de 10 anos e totais.

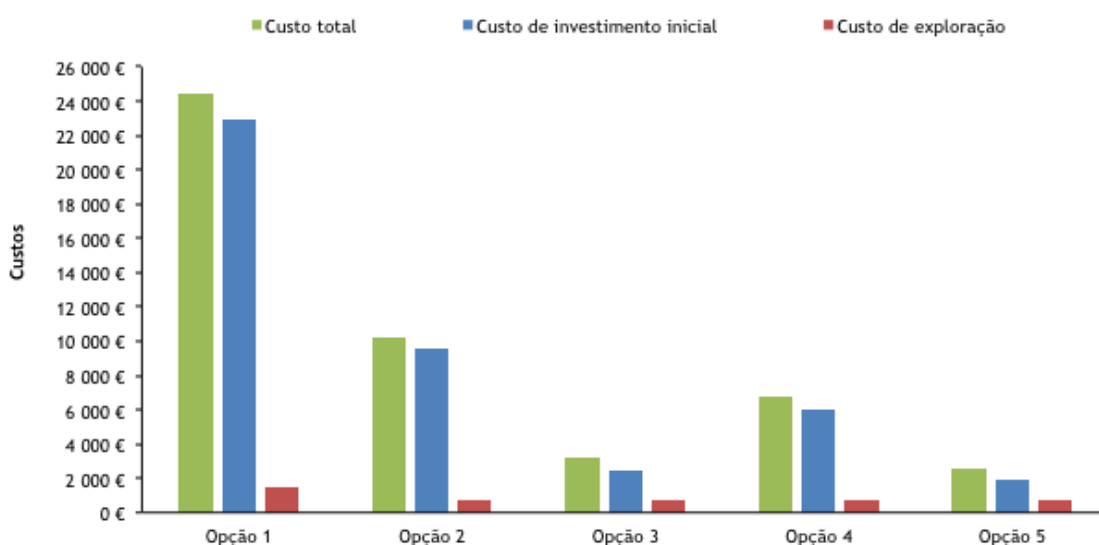


Figura 5.7 - Custos para cada opção num horizonte de 10 anos

Verifica-se que os custos de primeiro investimento são mais de 90% dos custos totais num período de 10 anos, independentemente da opção tomada. A Opção 1 é a que, de longe, apresenta custos de investimento superiores, sendo as opções mais baratas as que reutilizam ACST (Opção 3) ou utilizam uma infraestrutura já existente para armazenamento de água pluviais (Opção 5).

No que respeita às exigências de exploração, a Opção 1, dada a sua complexidade, é a que carece de mais cuidado de operação pelos utentes, bem como de maior manutenção de equipamentos. A Opção 3 é a que requer menos cuidado de operação e mais baixa manutenção, uma vez que apenas inclui uma estação elevatória e acessórios (válvulas de seccionamento e antirretorno).

Redução do preço da fatura mensal com serviços de águas e resíduos

Para calcular a redução do preço da fatura mensal, utilizaram-se os tarifários dos serviços de abastecimento de águas e de drenagem e tratamento de águas residuais para habitações em vigor para o concelho de Almada, bem como a indexação afeta à de recolha e tratamento de resíduos sólidos urbanos. Estes dados foram obtidos no SMAS de Almada (Edital N.º 6/2012/SMAS) e apresentam-se nos Quadro 5.5 e Quadro 5.6. As tarifas de consumo dividem-se em escalões consoante o volume de água consumido pelo utilizador. A tarifa variável de saneamento de águas residuais é aplicada a 90% do volume de água consumida.

Quadro 5.5 - Tarifa mensal de abastecimento de água no Município de Almada para utilizadores domésticos (adaptado SMAS de Almada, 2013)

Tarifário para o Concelho de Almada – Utilizadores domésticos			
Escalão	Tarifa variável (€)	Calibre do contador (Cc)	Tarifa fixa (€)
1º Escalão: 1 – 5 m ³	0.38	CC ≤ 25mm	2,00
2º Escalão: 6 – 15 m ³	0.91	25 mm ≤ CC ≤ 30 mm	13.50
3º Escalão: 16 – 25 m ³	1.27	30 mm ≤ CC ≤ 50 mm	40,00
4º Escalão: > 25 m ³	1.78	50 mm ≤ CC ≤ 100 mm	120.00
		CC ≤ 100 mm	360.00

Quadro 5.6 - Tarifa mensal de saneamento de águas residuais no Município de Almada para utilizadores domésticos (adaptado SMAS de Almada, 2013)

Tarifário para o Concelho de Almada – Utilizadores Domésticos			
Escalão	Tarifa variável (€)	Calibre do contador (Cc)	Tarifa fixa (€)
1º Escalão: 1 – 5 m ³	0.44	Todos os contadores	1.50
2º Escalão: 6 – 15 m ³	1.05		
3º Escalão: 16 – 25 m ³	1.46		
4º Escalão: > 25 m ³	2.05		

No Quadro 5.7 apresenta-se a poupança média anual em termos de fatura de serviços de águas e resíduos que poderia ser conseguida na habitação da Charneca de Caparica, aplicando os

tarifários previstos para o concelho de Almada, para cada opção. Os valores foram apurados tendo em atenção o volume de água poupada em cada opção por utilização de ACT (Opções 1 e 2), ACST (Opção 3), APST (Opções 1 e 4) e APT (Opção 5), apresentando-se os cálculos no Anexo V.

Quadro 5.7 - Poupança relacionada com a fatura de serviços de águas e resíduos no concelho de Almada para cada opção

Item	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Poupança anual associada ao serviços de águas e resíduos	211,33 €	142,33 €	142,33 €	103,41 €	266,92 €
Rácio poupança/custos totais	0,009	0,014	0,044	0,015	0,102

Ou seja, a maior poupança anual com a fatura de serviços de águas e resíduos seria obtida com a Opção 5 que também é a solução que apresenta um menor custo de investimento inicial e exploração para um horizonte de 10 anos (ver Quadro 5.7 e Figura 5.7), bem como um maior rácio poupança/custo total. As opções que incluem apenas a reutilização de águas cinzentas (Opções 2 e 3) ou de águas pluviais com implementação de um DAAP (Opção 4) são as que levariam a uma menor poupança (*i.e.* as soluções que consideram a reutilização simultânea de águas cinzentas e de águas pluviais conduziriam a uma maior poupança na fatura mensal). No entanto, a Opção 3, como apresenta o segundo custo total mais baixo e o segundo melhor rácio poupança/custo total, poderia ser uma alternativa económica em habitações sem jardins e/ou com pouca área pavimentada.

A fim de avaliar a viabilidade destas opções a nível nacional, desenvolveu-se uma análise semelhante considerando habitações da mesma tipologia e com as mesmas áreas de jardim e pavimento, mas localizadas em dois outros concelhos (Paços de Ferreira e Viseu), onde os custos de serviços de águas e resíduos são mais elevados. Nos Quadro 5.8 e Quadro 5.9 apresentam-se o tarifário dos serviços de abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e recolha e tratamento de resíduos sólidos urbanos para habitações, em vigor para o concelho de Paços de Ferreira, enquanto o Quadro 5.10 apresenta os valores para o concelho de Viseu.

Quadro 5.8 - Tarifa mensal de abastecimento de água no Município de Paços de Ferreira para utilizadores domésticos (adaptado de AGS, 2013)

Tarifário para o Concelho de Paços de Ferreira - Utilizadores domésticos			
Escalão	Tarifa variável (€)	Calibre do contador (Cc)	Tarifa fixa (€)
1º Escalão: 1 - 4 m ³	0.70	Até 20 mm	7,56
2º Escalão: 5 - 15 m ³	1.42	25 mm	10,91
3º Escalão: 16 - 25 m ³	2.30	30 mm	21,82
4º Escalão: > 25 m ³	3.76	40 mm	31,99
		Maior que 40 mm	48.00

Quadro 5.9 - Tarifa mensal de saneamento de águas residuais no Município de Paços de Ferreira para utilizadores domésticos (adaptado de AGS, 2013)

Tarifário para o Concelho de Paços de Ferreira - Utilizadores Domésticos			
Disponibilidade	Tarifa fixa (€)	Disponibilidade	Tarifa variável (€)
Consumidores de água	5.57	Utentes domésticos	0.50
Não consumidores água	16.33		
Consumidores ausentes ou sem consumo água	16.33		

Quadro 5.10 - Tarifa mensal de água no Município de Viseu para utilizadores domésticos (adaptado SMAS de Viseu, 2013)

Tarifário para o Concelho de Viseu – Utilizadores Domésticos			
Escalão	Tarifa variável (€)	Calibre do contador (Cc)	Tarifa fixa (€)
1º Escalão: 0 – 5 m ³	0,55	15	1,42
2º Escalão: 0 – 10 m ³	0,67	20	3,80
3º Escalão: 0 – 15 m ³	0,96	25	3,95
4º Escalão: 0 - 25 m ³	1,37	30	5,58
5º Escalão: 0 – 50 m ³	1,72	40	8,42
6º Escalão: + de 50 m ³	2,03	50	13,41
Usos de instituições solidariedade social, cultural e recreativa		60	16,72
		80	19,98
		100	26,28
		150	28,91
		200	31,54
Escalão	Tarifa variável (€)		
0-100	0,55		
+ de 100	0,74		
Taxa de recursos hídricos de água (€/m ³)	0,025€/m ³	Taxa de recursos hídricos de saneamento (€/m ³)	0,0149
Tarifas de Saneamento			
Tarifa de disponibilidade (€)	0,30	Tarifa de resíduos sólidos urbanos (€)	3,00
Tarifa de utilização de Saneamento (€/m ³)	1,46		

Na Figura 5.8 apresenta-se a poupança média anual em termos de fatura de serviços de águas e resíduos que poderia ser conseguida nos 3 concelhos, aplicando os tarifários em vigor, para cada opção e considerando a mesma habitação. A Figura 5.9 apresenta a poupança média mensal para cada concelho e para cada opção.

Os valores foram apurados tendo em atenção o volume de água poupado em cada opção por utilização de ACT (Opções 1 e 2), ACST (Opção 3), APST (Opções 1 e 4) e APT (Opção 5), bem como o regime de precipitações em cada concelho. Os dados de precipitação foram recolhidos nas estações meteorológicas de Monte de Caparica (para Almada), Lamoso e Penafiel (para Paços de Ferreira) e Fragosela de Baixo e Lobagueira Bodiosa (para Viseu) e são apresentados no Anexo III. Os cálculos globais da poupança de água são apresentados no Anexo V.

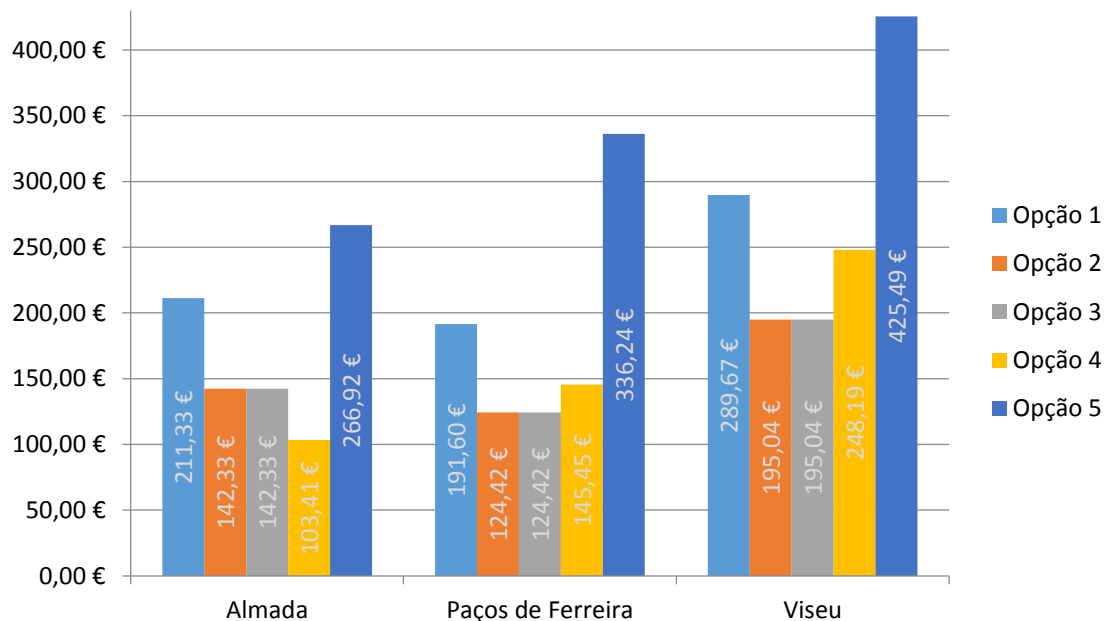


Figura 5.8 - Poupança média anual associada aos serviços de água e resíduos para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu

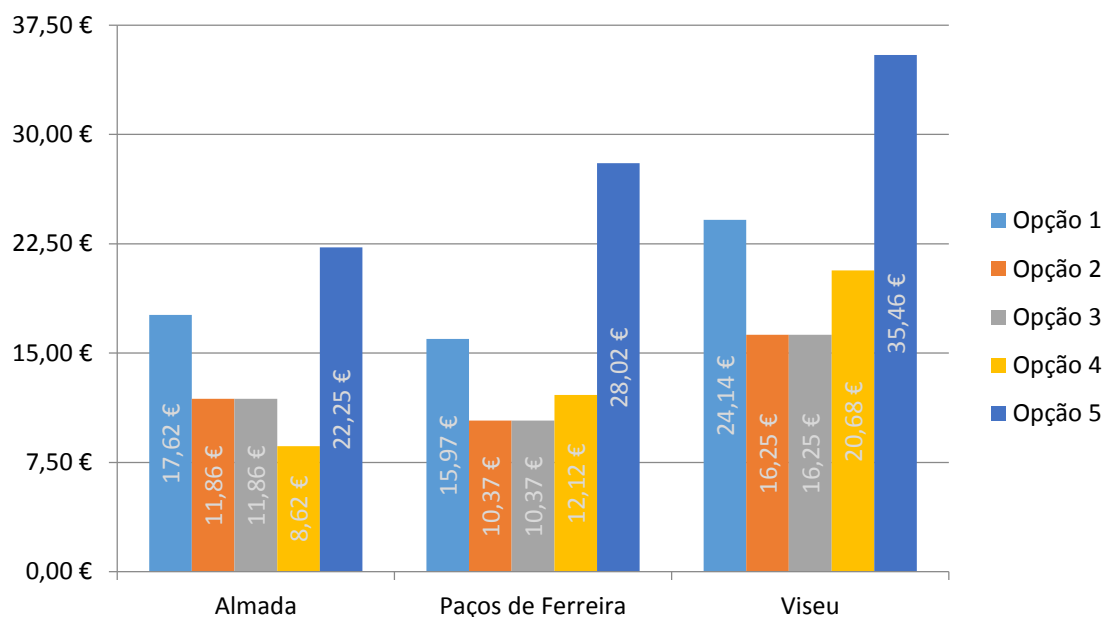


Figura 5.9- Poupança média mensal associada aos serviços de água e resíduos para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu

As Figura 5.8 e Figura 5.9 permitem observar que, para uma habitação do tipo unifamiliar, independente do concelho onde poderia estar construída, a utilização de uma infraestrutura existente (neste caso uma piscina) para o armazenamento de águas pluviais durante os meses chuvosos seria a melhor solução para a diminuição do valor da fatura de serviços de águas e

resíduos. A poupança seria mais elevada no concelho de Viseu, porque os custos dos serviços também são mais elevados.

A reutilização de ACT e APST em simultâneo (Opção 1) também levaria a poupanças consideráveis, mas, como o investimento numa ITAC, DAAP e outros elementos e acessórios tem custos mais elevados, o custo-benefício seria mais baixo. Verifica-se ainda que a solução que reutiliza só águas pluviais (Opção 4) leva a uma maior poupança de custos nos concelhos de Paços de Ferreira e Viseu, não só porque o tarifário é mais elevado, mas também devido à maior disponibilidade de água da chuva porque a precipitação média é superior naqueles concelhos. Esta circunstância é importante porque, na maioria dos casos, as habitações não dispõem de uma piscina, ou outra infraestrutura para armazenamento de águas pluviais e, nestes casos, a utilização de apenas um DAAP pode revelar-se vantajosa.

Nos casos em que não haja necessidade de regar jardins ou lavar pavimentos, a solução mais vantajosa será a de reutilizar ACST nos autoclismos (Opção 3), porque exige um mais baixo investimento e leva a uma poupança semelhante à que se teria com uma ITAC (Opção 2). No entanto, a opção pela reutilização de ACST só deve ser tomada se estas não incluírem muita matéria orgânica (i.e. se tiverem origem apenas em lavatórios, banheiras e bidés).

Tempo de recuperação do investimento

O tempo de recuperação do investimento é outro critério importante para a escolha da melhor solução do ponto de vista económico. A partir do custo de investimento inicial, dos custos de exploração em 10 anos, da poupança anual na fatura de serviços de águas e resíduos, calculou-se o tempo necessário para recuperar estes investimentos na habitação em Charneca da Caparica (concelho de Almada), apresentando-se no

Quadro 5.11 os valores para cada opção. O tarifário foi atualizado anualmente considerando-se uma taxa de atualização de 3% (tomou-se por base a taxa de inflação de 2012, retirada de [http://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Inflacao+\(Taxa+de+Variacao+++Indice+de+Precos+no+Consumidor\)-138](http://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Inflacao+(Taxa+de+Variacao+++Indice+de+Precos+no+Consumidor)-138)).

Quadro 5.11 - Tempo de recuperação do investimento no concelho de Almada para cada opção

Item	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Tempo de recuperação de custos de investimento e exploração (anos)	57	44	18	36	7

O tempo de recuperação dos investimentos (investimento inicial e na exploração) é muito mais curto na solução em que existia já uma infraestrutura para armazenar as águas pluviais (Opção 5), uma vez que o valor de investimento também seria o mais baixo (ver Quadro 5.3). No entanto, se a habitação não dispusesse de uma piscina, as melhores soluções seriam a Opção 4 para satisfazer os três pontos de consumo considerados (só armazenamento de águas pluviais numa DAAP para utilização em autoclismos, rega de jardins e lavagem de pavimentos) ou a Opção 3 para satisfazer apenas a recarga de autoclismos (só o armazenamento de ACST num DAC).

Procedeu-se uma análise semelhante considerando a existência da mesma moradia nos concelhos de Paços de Ferreira e Viseu, apresentando-se os resultados no Quadro 5.12e Figura 5.10 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação unifamiliar) para Opção 1. Os cálculos globais apresentando-se no Anexo VI.

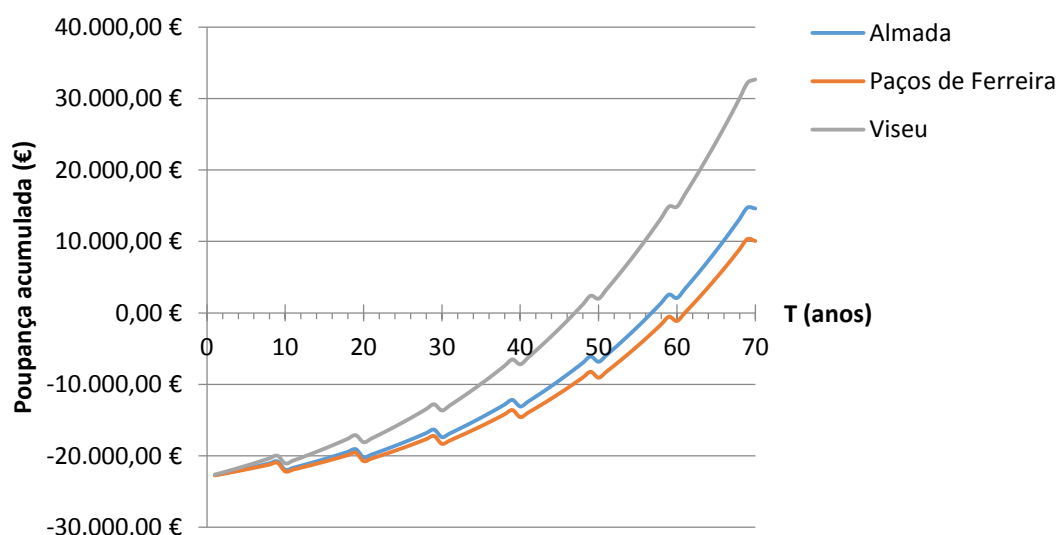


Figura 5.10 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação unifamiliar)

Quadro 5.12 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação unifamiliar)

	Custos de investimento inicial (€)	Custos de exploração em 10 anos (€)	Poupança média anual (€)	Tempo de recuperação do investimento (anos)
Almada	22.932	1.460	211.33	57
Paços de Ferreira			191.60	62
Viseu			289.67	47

Verifica-se, assim, que a implementação da Opção 1 seria mais favorável na zona de Viseu, uma vez que apresenta um tempo de recuperação 10 anos mais cedo do que em Almada e 15 anos mais cedo que em Paços de Ferreira.

Para avaliar o efeito que as soluções teriam em habitações com mais moradores e utilizadores de autoclismos, fez-se uma simulação considerando um edifício de habitação coletiva, com mesma área de recolha de águas pluviais na cobertura, as mesmas áreas ajardinadas e pavimentadas, variando apenas o número de pisos e de habitantes. Considerou-se que a habitação teria 4 pisos e 3 fogos por piso (*i.e.* 12 habitações e 48 pessoa em permanência). Os resultados para a Opção 1 são apresentados no Quadro 5. 13 e Figura 5.11.

Quadro 5. 13 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação coletiva)

	Custos de investimento inicial (€)	Custos de exploração em 10 anos (€)	Poupança média anual (€)	Tempo de recuperação do investimento (anos)
Almada	54 910	1 460	2 535	18
Paços de Ferreira			2 299	19
Viseu			3 476	14

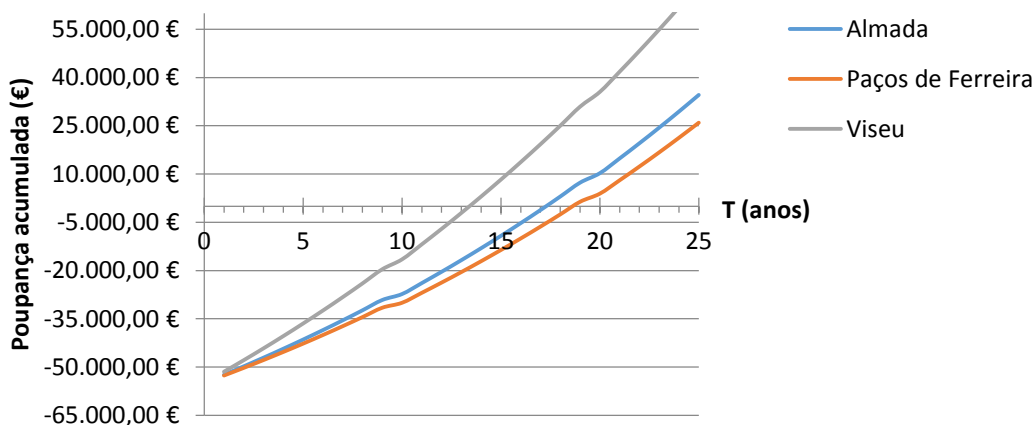


Figura 5.11 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 1 (habitação coletiva)

Independentemente da localização regional, os custos de investimentos (inicial e de exploração) para a Opção 1 seria de 4.698 € por fogo para a solução coletiva, contra 24.392 € para a habitação unifamiliar. Haveria, assim, um decréscimo de despesa em 10 anos de cerca de 80% para cada fogo da habitação coletiva, o que é indicativo da viabilidade destas soluções para um número maior de utentes. O tempo de recuperação de investimentos para uma habitação coletiva, relativamente a uma habitação unifamiliar, ocorreria mais cedo 39, 43 e 33

anos para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu, respetivamente. Viseu seria o concelho com maior viabilidade económica para a implementação de uma sistema de reutilização de ACT e APST para habitações coletiva, com uma poupança média anual de cerca de 290 €, à semelhança do analisado para uma habitação unifamiliar.

Nos Quadro 5.14 a Quadro 5.17 apresentam-se os resultados da poupança média anual e do tempo de recuperação de investimentos para uma habitação unifamiliar, para as Opções 2 a 5, respetivamente, enquanto as Figura 5.12 a Figura 5.15 apresentam a variação da recuperação de investimentos no tempo para os 3 concelhos. Os cálculos globais apresentando-se no Anexo VI.

Quadro 5.14 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 2 (habitação unifamiliar)

	Custos de investimento inicial (€)	Custos de exploração em 10 anos (€)	Poupança média anual (€)	Tempo de recuperação do investimento (anos)
Almada	9.526	730	142,33	44
Paços de Ferreira			124,42	48
Viseu			195,04	35

Quadro 5.15 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 3 (habitação unifamiliar)

	Custos de investimento inicial (€)	Custos de exploração em 10 anos (€)	Poupança média anual (€)	Tempo de recuperação do investimento (anos)
Almada	2.500	730	142,33	18
Paços de Ferreira			124,42	23
Viseu			195,04	14

Quadro 5.16 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 4 (habitação unifamiliar)

	Custos de investimento inicial (€)	Custos de exploração em 10 anos (€)	Poupança média anual (€)	Tempo de recuperação do investimento (anos)
Almada	5.993	730	130,41	36
Paços de Ferreira			145,45	34
Viseu			248,19	22

Quadro 5.17 - Poupança média anual e tempo de recuperação do investimento nos concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 5 (habitação unifamiliar)

	Custos de investimento inicial (€)	Custos de exploração em 10 anos (€)	Poupança média anual (€)	Tempo de recuperação do investimento (anos)
Almada	1 872	730	266,92	7
Paços de Ferreira			336,24	6
Viseu			425,49	5

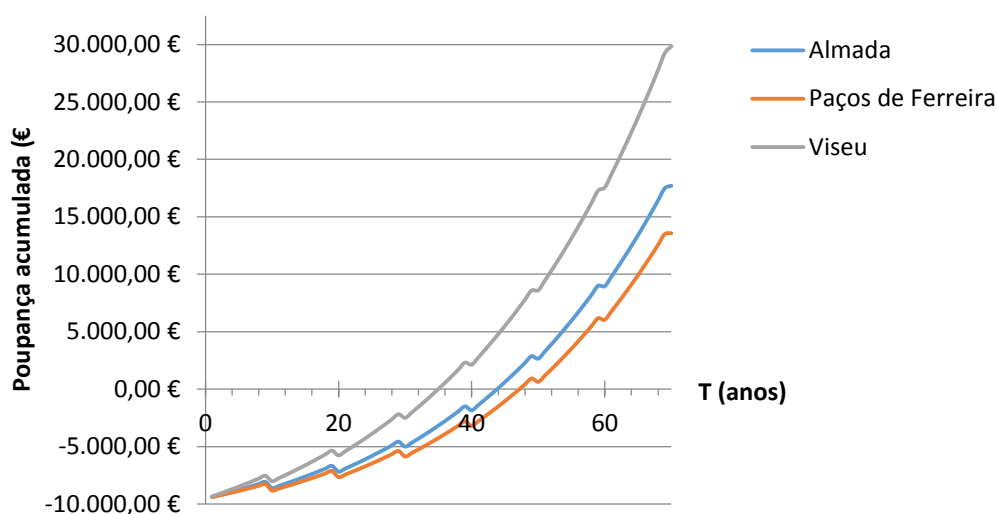


Figura 5.12 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 2 (habitação unifamiliar)

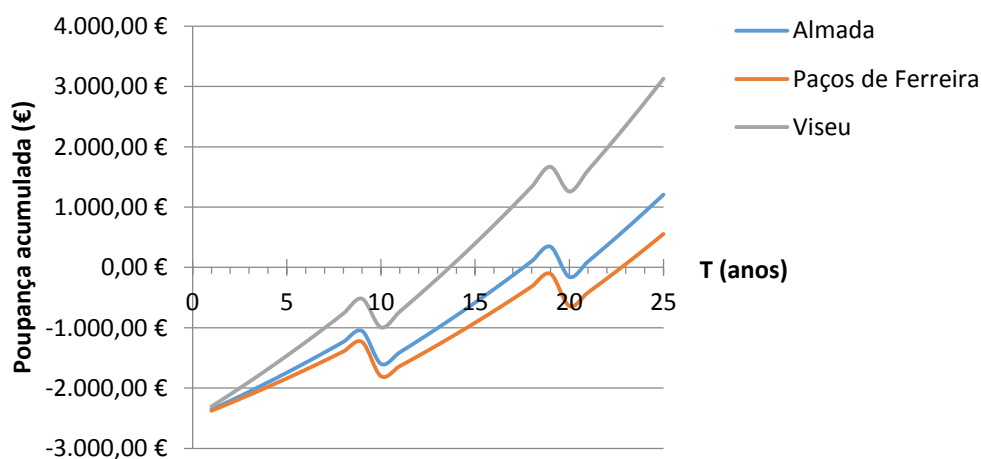


Figura 5.13 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 3 (habitação unifamiliar)

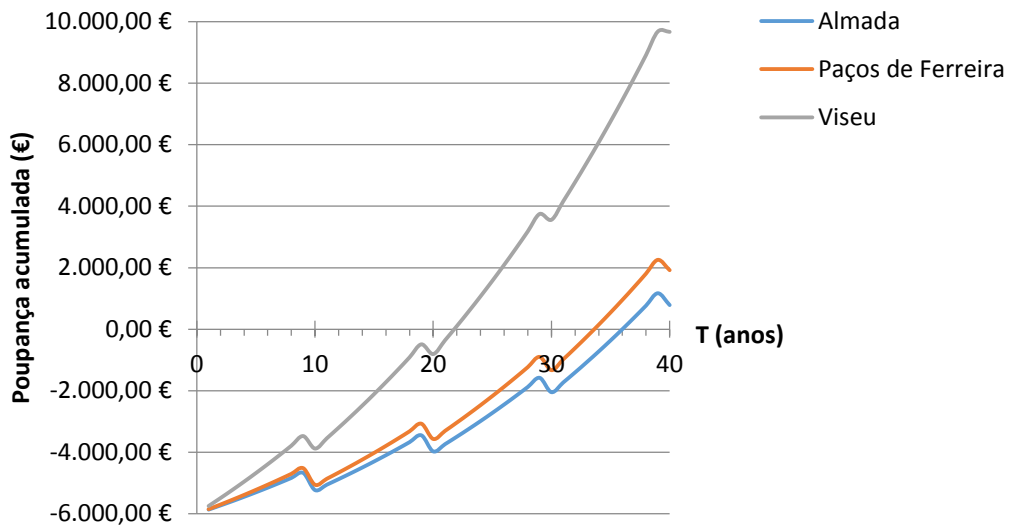


Figura 5.14 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 4 (habitação unifamiliar)

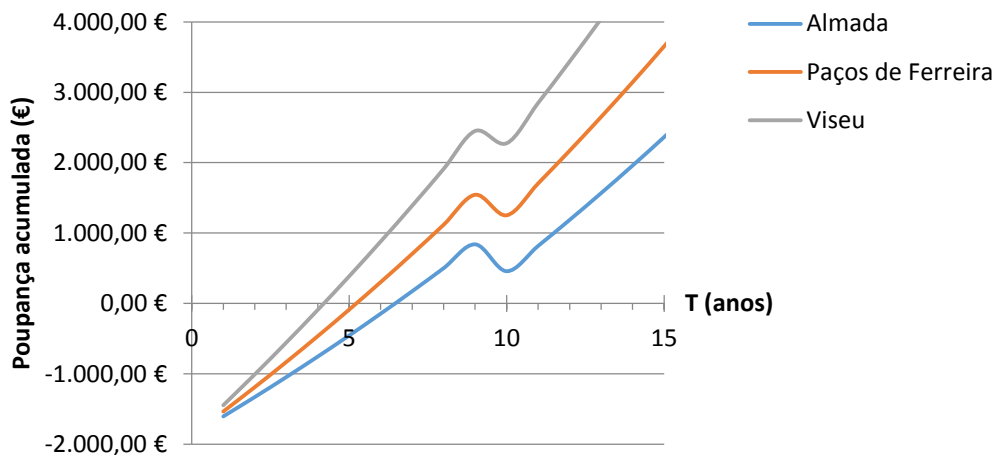


Figura 5.15 - Tempo de recuperação do investimento para os concelhos de Almada, Paços de Ferreira e Viseu - Opção 5 (habitação unifamiliar)

A análise do Quadro 5.12, Quadro 5.14 a Quadro 5.17, e Figura 5.12 a Figura 5.15 permite verificar que a Opção 5 apresenta mais baixos custos de investimento e exploração, poupanças médias anuais mais elevadas e tempos de recuperação mais curto, independentemente da sua localização, mas a poupança é maior em Viseu, onde também se verifica uma recuperação de investimentos mais rápida.

Capítulo 6

Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros

6.1. Conclusões

A reutilização de águas cinzentas e de águas pluviais em edifícios é uma prática crescente nos últimos anos, porque pode permitir poupança de água potável e diminuição dos valores da fatura mensal consideráveis, além de ter o benefício ambiental de reduzir a descarga de efluentes domésticos no ambiente.

Apesar da utilização simultânea de águas cinzentas e de águas das chuvas (Opção 1) se apresentar como uma prática ambientalmente atrativa, os resultados mostram que, apesar da poupança na fatura mensal ser a segunda mais elevada, os investimentos iniciais seriam muito elevados e o tempo de recuperação dos investimentos seria muito longo, colocando esta solução com uma baixa viabilidade económica, independentemente da região onde pudesse ser implementada, do tarifário praticado e do regime de precipitação.

A utilização de uma infraestrutura existente (*p.e.* piscina) para o armazenamento de águas pluviais (Opção 5) e sua posterior utilização para recarga de autoclismos, rega de jardins e lavagem de pavimentos revela-se uma solução técnica e economicamente viável, independentemente da localização geográfica.

Não havendo infraestrutura de armazenamento para águas pluviais, mas existindo jardim e área pavimentada, a melhor solução para obter uma boa poupança na fatura seria utilizar apenas um DAAC para armazenar águas pluviais (Opção 4), mas o tempo necessário para recuperar o investimento seria muito elevado para zonas de baixo tarifário e baixa precipitação e aceitável para zonas de mais elevado tarifário e precipitação mais elevada.

No caso de apenas se pretender reutilizar águas nos autoclismos, a solução mais vantajosa seria utilizar águas cinzentas sem tratamento, de preferência provenientes de bidés, banheiras, chuveiros e lavatórios (Opção 3) para reduzir a carga orgânica e patogénica. A utilização de uma ITAC (Opção 2) levaria a maiores investimentos, menores poupanças e maiores tempos de recuperação, tornando esta opção pouco viável.

A utilização de qualquer das opções numa habitação coletiva levaria a um abaixamento considerável dos custos de investimento por fogo, a poupanças na fatura mensal mais elevadas e a tempos de recuperação mais curtos, que seriam muito significativos em regiões de tarifário mais elevado e de maior pluviosidade.

Partindo de uma situação de iguais custos de investimento inicial e de exploração, independentemente da solução adotada, a poupança em termos de fatura de serviços de águas e resíduos seria superior em municípios que tem o tarifário mais elevado, mas com tempos de recuperação dos investimentos mais curto nestas situações. O valor da poupança seria superior se fossem utilizadas águas pluviais para todos os serviços em regiões de mais elevada pluviosidade.

6.2. Perspetivas de trabalhos futuros

Seguidamente resume-se os trabalhos complementares que poderiam dar continuidade a este estudo:

- Avaliar a viabilidade das soluções para outra tipologia de habitação como complexo desportivos, centros comerciais, escolas, parques de campismo e conjunto de habitações unifamiliares e coletivas;
- Equacionar a introdução de medidas para a utilização eficiente da água (previstas no PNUEA), como por exemplo a introdução de torneiras automáticas nos lavatórios, bidés e banheiras, bem como de autoclismos com descargas de dupla descarga (3/4.5 L);
- Instalar medidores de caudal e amostradores nas canalizações da habitação, para avaliar localmente o caudal descarregado e as características físico-químicas e microbiológicas das águas cinzentas, bem como udómetros na cobertura para medir a precipitação real.

Capítulo 7

Referências Bibliográficas

Albrechtsen, H. (2002). Microbiological investigations of rainwater and graywater collected for toilet flushing. *Water Science and Technology*, 46 (6/7), 311-316.

AGS Paços de Ferreira, (2013). Tarifário 2013. Tarifa de venda de água, Tarifa de disponibilidade de água, Tarifa de disponibilidade de Saneamento, Tarifa variável de Saneamento. Paços de Ferreira.

APA (2012). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA): Implementação 2012-2010. Agencia Portuguesa do Ambiente, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Lisboa.

Asano T., Burton F., Leverenz H., Tsuchihashi R. e Tchobanoglous G. (2007). Water Reuse: Issues, Technologies and Applications. McGraw-Hill, New York, EUA.

ASCE (1992). Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. American Society of Civil Engineers, Reports on Engineering Practice No. 77, Reston, EUA, 760 p.

CM Almada (2008). RUMA - Regulamento Urbanístico do Município de Almada. Câmara Municipal de Almada, Almada, 2008.

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

Deustches Institut fur Normung, DIN EN 806-3: Specification for Instalation Inside Buildings conveying water for human consumption: 2006

EPA (2004). Guidelines for Water Reuse. Relatório EPA/625/R-04/108, Environmental Protection Agency, Washington D.C., EUA.

ETA 905 (2011). Sistemas Prediais de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC). Especificação Técnica ANQIP. ANQIP, Aveiro, 19 p.

ETA 701 (2012). Sistemas de Aproveitamento de Águas pluviais em Edifícios (SAAP). Especificação Técnica ANQIP. ANQIP, Aveiro, 27 p.

Friedler E, Kovalio R., & Ben-Zvi A. (2006). Comparative study of the microbial quality of greywater treated by three on-site treatment systems. *Environmental Technology*, 27(6), 653-663.

Ghisi, *et. al.* (2007). Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*.

Itayama M., Kiji M., Suetsugu A., Tanaka N., Saito T., Iwami N., Mizouchi M., Inamori J. (2004). Onsite experiments of the slanted soil treatment for domestic greywater. *Water Science and Technology*, 53(9), 193-201.

Lança P. (2010). Física dos Edifícios - Redes Prediais de Drenagem de Águas Residuais. Cap. 7, Texto de apoio, IPB, Beja, 65 p.

Lança P. (2009). Física dos Edifícios - Redes Prediais de Abastecimento de Água. Cap. 7, Texto de apoio, IPB, Beja, 36 p.

MAOT (2001). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). LNEC, ISA, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Lisboa.

MARECOS DO MONTE H., ALBUQUERQUE A. (2010). Reutilização de Águas Residuais. Guia Técnico nº14, ERSAR, Lisboa, 339 p.

NSW (2008). Guidelines for Greywater Reuse in Sewered, Single Households Residential Premises. NSW Government, Water for Life, Sydney, Australia.

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

Pedroso, V. (2008). Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas. 4ª Edição. LNEC, Lisboa.

Pidou M., Avery L., Stephenson T., Jeffrey P., Parsons S., Liu S., Memon F., Jefferson B. (2008). Chemical solutions for greywater recycling. *Chemosphere*, 71, 147-155.

SMAS Almada (2011). Regulamento do Abastecimento de Água e do Saneamento de Águas Residuais. Edital nº 8/2011/SMAS, 16 de dezembro de 2011.

SMAS Almada (2013). Tarifário Geral 2013. Edital N°6/2012/SMAS, Almada

SMAS Viseu (2013). Tabela de Preços. Serviço de Distribuição de Água e Serviço de Drenagem de Águas Residuais, Viseu

Sousa R. (2008). Projeto de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Comunitárias. Texto de apoio, IST, Lisboa, 42 p.

Sousa R. e Matos (2008). Projeto de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Pluviais. Texto de apoio, IST, Lisboa, 38 p.

Tchobanoglous G., Burton F. & Stensel H.D., (2003). Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Metcalf & Eddy, McGraw Hill, Nova York, EUA.

Winward G., Avery L., Frazer-Williams R., Pidou M., Jeffrey P., Stephenson T. Jefferson B. (2008). A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse. *Ecological Engineering*, 32, 187-197.























Anexos

Anexo I














Simbologia para Redes Prediais de Águas

Quadro I.1 - Simbologia para redes prediais de distribuição de água

Canalizações e acessórios

SIMBOLOGIA	DESIGNAÇÃO
	- Canalização de água fria
	- Canalização de água fria (serviço de combate a incêndio)
	- Canalização de água quente
	- Canalização de água quente de retorno
	- Caleira para alojamento de canalizações ou encamisamento
	- Cruzamento com ligação
	- Cruzamento sem ligação
	- Junta de dilatação
	- Prumadas ascendentes com mudança de piso
	- Prumadas descendentes com mudança de piso
	- Queda de canalização da esquerda para a direita
	- Queda de canalização da direita para a esquerda
	- Filtro
	- Purgador de água
	- Torneira de serviço
	- Torneira ou válvula de seccionamento
	- Válvula de flutuador
	- Válvula redutora de pressão
	- Válvula de retenção
	- Válvula de segurança
	- Vaso de expansão aberto
	- Vaso de expansão fechado ou balão

Aparelhos



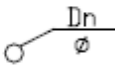
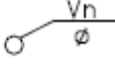
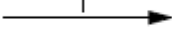
















SÍMBOLOGIA	DESIGNAÇÃO
	- Autoclismo
	- Boca de incêndio
	- Boca de incêndio e de rega exterior
	- Contador
	- Depósito de água quente
	- Esquentador
	- Fluxómetro
	- Marco incêndio
	- Termoacumulador eléctrico
	- Termoacumulador a gás
	- Sistema de regularização
	- Bomba
	- Grupo de pressurização

Materiais

SÍMBOLO/SIGLA	DESIGNAÇÃO
AL	- Aço inox
CU	- Cobre
FF	- Ferro fundido
FG	- Ferro galvanizado
FP	- Ferro preto
PE	- Polietileno
PP	- Polipropileno
PVC	- Policloreto de vinilo

Quadro I.2 - Simbologia para redes prediais de drenagem de águas residuais

Canalizações e acessórios

SIMBOLOGIA	DESIGNAÇÃO
	- Canalização de águas residuais domésticas
	- Canalização de ventilação
	- Tubo de queda de águas residuais domésticas
	- Coluna de ventilação
	- Sentido de escoamento
	- Boca de limpeza
	- Sifão
	- Caixa de pavimento
	- Ralo
	- Câmara de inspeção
	- Câmara retentora
	- Instalação elevatória
	- Fossa séptica
	- Poço absorvente
	- Válvula de seccionamento
	- Válvula de retenção
	- número do tubo de queda
	- diâmetro do tubo de queda
	- inclinação da tubagem
	- rede doméstica
	- ventilação

Aparelhos

Sigla	Designação
Br	Bacia de retrete
Ba	Banheira
Bd	Bidé
Ch	Chuveiro
Ll	Lava-louça
Lv	Lavatório
Ml	Máquina lava-louça
Mr	Máquina lava-roupa
Mi	Mictório
Pd	Pia de despejo
Tq	Tanque

Materiais

Sigla	Designação
B	Betão
CU	Cobre
FF	Ferro fundido
FG	Ferro galvanizado
FP	Ferro preto
FC	Fibrocimento
G	Grês
PVC	Policloreto de vinilo
PE	Polietileno
PP	Polipropileno

Anexo II

Plantas da Moradia Unifamiliar e das Redes Prediais de Águas

Anexo III
Dados de Precipitação

Quadro III.1 - Dados de precipitação da estação meteorológica de Monte de Caparica

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	-	-	-	-	-	17.8	0.8	1.4	72.7	164.1	11.4	44.7
2002	77.3	12.7	89.3	33.7	12.1	0.4	0.1	-	82.3	-	168.5	106.8
2003	106.7	86.5	71.8	85.1	5.3	5.5	1.9	-	14.1	170.2	-	77.9
2004	135.1	40.3	30.9	42.9	15.1	0.9	0.4	24.8	19.6	98.1	23.6	37.2
2005	2.3	9.9	26.7	25.8	-	0.7	3.8	5.5	-	121.9	173.6	25.6
2006	51.9	67.8	81.7	35.7	-	26.7	2.6	5	57.4	163.9	139.2	60.9
2007	48	77.8	171.1	26.7	50.5	26.2	2.1	6.6	26.2	12	92.7	52
2008	85.9	182.1	46.3	47.7	54.8	1.8	1.2	1.2	15.5	0.2	-	-
2009	-	-	-	36.8	11.9	34.6	-	-	-	68.5	115.9	157.3
2010	-	146.3	-	79.3	26.3	23.5	-	-	-	-	-	-
2011	-	113.3	54.3	87.6	18.4	0.5	-	0.5	0.3	2.1	4.8	0.5
2012	-	-	-	50.3	48.3	-	0.4	7	32	-	-	-

Nota: os valores expressos encontram-se em mm/mês.

Quadro III.2 - Dados de precipitação das estações meteorológicas de Lamoso e Penafiel (valores médios das duas estações)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2001	672.1	239	887.2	88.5	125.2	24.5	46.3	50	41.1	232.8	8.0	8.0
2002	245.7	108.3	148.2	75.5	99	50.5	6.5	117.5	174	4.1	62.8	41.6
2003	38.2	184.6	48.3	33.7	0.9	121.5	51.9	17.9	11.6	11.3	53	37.7
2004	150.7	27.2	71	235.3	123.9	16.2	15.8	26.9	105.4	38	0.2	66.7

Nota: os valores expressos encontram-se em mm/mês.

Quadro III.3 - Dados de precipitação das estações meteorológicas de Fragosela de Baixo e Lobagueira Bodiosa (valores médios das duas estações)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002	164.3	44.3	118.0	46.6	40.2	21.0	8.7	29.5	56.9	133.8	164.7	176.2
2003	230.1	109.5	71.1	81.4	3.4	23.1	16.9	15.7	4.2	147.7	94.1	86.8
2004	61.6	38.1	43.3	44.7	51.7	7.3	1.2	70.5	6.6	225.8	15.8	44.1
2005	44.1	8.3	32.3	72.4	45.2	35.0	8.8	17.6	3.3	32.6	198.0	66.0
2006	49.3	107.8	165.6	84.8	3.8	37.9	7.9	34.7	16.9	154.9	40.5	66.2
2007	10.3	118.7	30.8	51.6	55.6	97.3	16.0	13.7	9.3	38.9	83.9	20.3
2008	110.0	42.4	31.6	219.2	83.8	17.8	3.3	40.2	41.4	47.5	72.2	150.4

Nota: os valores expressos encontram-se em mm/mês.

Anexo IV

Cálculos de Volumes de Águas para Armazenamento

Quadro IV.1 - Volumes de águas consumidos, disponíveis e a reutilizar - Opção 1 (concelho de Almada)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Cinzentas Disponíveis	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76
Volume de Águas Cinzentas Reutilizadas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume de Águas Pluviais Disponíveis	12.11	13.68	11.95	8.38	5.65	5.15	4.80	4.58	5.94	14.87	15.24	10.45
Volume de Águas pluviais Reutilizadas	0.00	0.00	0.00	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	0.00	0.00	0.00
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.45	-0.80	-1.02	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.2 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 2 e 3 (concelho de Almada)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Cinzentas Disponíveis	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76
Volume de Águas Cinzentas Reutilizadas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.3 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 4 (concelho de Almada)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Pluviais Disponíveis	3.93	4.19	4.28	3.87	3.18	0.96	0.52	0.66	3.15	2.71	3.50	3.44
Volume de Águas pluviais Reutilizadas	3.93	4.19	4.28	3.87	3.18	0.96	0.52	0.66	3.15	2.71	3.50	3.44
Volume Compensatório	-1.47	-1.21	-1.12	-1.53	-2.22	-4.44	-10.48	-10.34	-7.85	-2.69	-1.90	-1.96

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.4 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 5 (concelho de Almada)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de águas consumidas	5.4	5.4	5.4	11	11	64	11	11	11	5.4	5.4	5.4
Volume de águas pluviais disponíveis	12.11	13.68	11.95	8.38	5.65	5.15	4.80	4.58	5.94	14.87	15.24	10.45
Volume de águas pluviais reutilizadas	5.4	5.4	5.4	11	10.69	31.74	0	0	11	5.4	5.4	5.4
Volume Compensatório	0	0	0	0	-0.30	-32.25	-11	-11	0	0	0	0

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.6 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 1 (concelho de Paços de Ferreira)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Cinzentas Disponíveis	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76
Volume de Águas Cinzentas Reutilizadas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume de Águas Pluviais Disponíveis	15.47	10.23	12.34	12.94	9.04	6.05	2.39	7.60	9.23	12.54	10.43	14.94
Volume de Águas pluviais Reutilizadas	0.00	0.00	0.00	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	0.00	0.00	0.00
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.7 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 2 e 3 (concelho de Paços de Ferreira)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Cinzentas Disponíveis	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76
Volume de Águas Cinzentas Reutilizadas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.8 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 4 (concelho de Paços de Ferreira)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Pluviais Disponíveis	15.47	10.23	12.34	12.94	9.04	6.05	2.39	7.60	9.23	12.54	10.43	14.94
Volume de Águas pluviais Reutilizadas	4.6	5.2	4.86	10.3	9.63	8.71	6.27	5.82	5.74	4.09	4.73	4.89
Volume Compensatório	-0.84	-0.20	-0.54	0.00	-0.68	-1.60	-4.05	-4.50	-4.61	-1.39	-0.67	-0.52

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.9 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 5 (concelho de Paços de Ferreira)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de águas consumidas	5.4	5.4	5.4	11	11	64	11	11	11	5.4	5.4	5.4
Volume de águas pluviais disponíveis	15.47	10.23	12.34	12.94	9.04	6.05	2.39	7.60	9.23	12.54	10.43	14.94
Volume de águas pluviais reutilizadas	5.4	5.4	5.4	11	11	56.18	0	0	11	5.4	5.4	5.4
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.81	-11.00	-11.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.10 - Volumes de águas consumidos, disponíveis e a reutilizar - Opção 1 (concelho de Viseu)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Cinzentas Disponíveis	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76
Volume de Águas Cinzentas Reutilizadas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Volume de Águas Pluviais Disponíveis	15.99	11.20	11.76	14.34	6.77	5.71	1.50	5.30	3.31	18.6	15.97	14.56
Volume de Águas pluviais Reutilizadas	0.00	0.00	0.00	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	0.00	0.00	0.00
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.12 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 2 e 3 (concelho de Viseu)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Cinzentas Disponíveis	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76	5.76
Volume de Águas Cinzentas Reutilizadas	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.13 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 4 (concelho de Viseu)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de Águas Consumidas	5.40	5.40	5.40	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	5.40	5.40	5.40
Volume de Águas Pluviais Disponíveis	15.99	11.20	11.76	14.34	6.77	5.71	1.50	5.30	3.31	18.6	15.97	14.56
Volume de Águas pluviais Reutilizadas	4.87	5.40	5.40	11.00	11.00	11.00	7.78	6.65	3.84	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	-0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.22	-4.35	-7.16	-2.69	0.00	0.00

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Quadro IV.14 - Volumes de águas disponíveis e volumes de águas a reutilizar - Opção 5 (concelho de Viseu)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Volume de águas consumidas	5.4	5.4	5.4	11	11	64	11	11	11	5.4	5.4	5.4
Volume de águas pluviais disponíveis	15.99	11.20	11.76	14.34	6.77	5.71	1.50	5.30	3.31	18.6	15.97	14.56
Volume de águas pluviais reutilizadas	5.40	5.40	5.40	11.00	11.00	48.47	0.00	0.00	11.00	5.40	5.40	5.40
Volume Compensatório	0	0	0	0	0	-15.53	-11	-11	0	0	0	0

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês.

Anexo V
Cálculos de Poupança de Água

Quadro V.1 - Cálculos de poupança para opção 1 - concelho de Almada

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	6.69	6.69	6.69	7.14	7.49	7.71	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	25.16	25.16	25.16	37.68	37.68	37.68	37.68	37.68	37.68	25.16	25.16	25.16	
Gasto mensal c/ reutilização	13.30	13.30	13.30	13.48	13.48	13.48	14.48	15.25	15.73	13.30	13.30	13.30	
Redução na fatura	11.86	11.86	11.86	24.20	24.20	24.20	23.20	22.43	21.95	11.86	11.86	11.86	$\Sigma=211.33$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao “Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura” que se encontram em €.

Quadro V.2 - Cálculos de poupança para opção 2 e 3 - concelho de Almada

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	25.16	25.16	25.16	30.43	30.43	30.43	30.43	30.43	30.43	25.16	25.16	25.16	
Gasto mensal c/ reutilização	13.30	13.30	13.30	18.57	18.57	18.57	18.57	18.57	18.57	13.30	13.30	13.30	
Redução na fatura	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	11.86	$\Sigma=142.33$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao “Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura” que se encontram em €.

Quadro V.3 - Cálculos de poupança para opção 4 - concelho de Almada

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	8.07	7.81	7.72	5.61	6.30	8.53	14.57	14.43	11.93	9.29	8.50	8.56	
Gasto mensal s/ reutilização	25.16	25.16	25.16	30.43	30.43	30.43	30.43	30.43	30.43	25.16	25.16	25.16	
Gasto mensal c/ reutilização	16.53	15.95	15.77	11.13	12.64	17.53	30.80	30.48	25.01	19.20	17.47	17.59	
Redução na fatura	8.63	9.21	9.39	19.30	17.79	12.90	-0.37	-0.06	5.42	5.96	7.69	7.56	$\Sigma=103.41$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao "Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura" que se encontram em €.

Quadro V.3 - Cálculos de poupança para opção 5 - concelho de Almada

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Piscina	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	67.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	3.40	3.70	35.66	14.40	14.40	3.40	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	25.16	25.16	25.16	30.43	30.43	233.83	30.43	30.43	30.43	25.16	25.16	25.16	
Gasto mensal c/ reutilização	13.30	13.30	13.30	8.09	8.41	104.75	30.43	30.43	8.09	13.30	13.30	13.30	
Redução na fatura	11.86	11.86	11.86	22.34	22.01	129.07	0.00	0.00	22.34	11.86	11.86	11.86	$\Sigma=266.92$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao "Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura" que se encontram em €.

Quadro V.4 - Cálculos de poupança para opção 1 - concelho de Paços de Ferreira

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	33.29	33.29	33.29	43.23	43.23	43.23	43.23	43.23	43.23	33.29	33.29	33.29	
Gasto mensal c/ reutilização	22.92	22.92	22.92	21.77	21.77	21.77	21.77	21.77	21.77	22.92	22.92	22.92	
Redução na fatura	10.37	10.37	10.37	21.46	21.46	21.46	21.46	21.46	21.46	10.37	10.37	10.37	$\Sigma=191.60$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao “Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura” que se encontram em €.

Quadro V.5 - Cálculos de poupança para opção 2 e 3 - concelho de Paços de Ferreira

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	33.29	33.29	33.29	37.90	37.90	37.90	37.90	37.90	37.90	33.29	33.29	33.29	
Gasto mensal c/ reutilização	22.92	22.92	22.92	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53	22.92	22.92	22.92	
Redução na fatura	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	10.37	$\Sigma=124.42$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao “Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura” que se encontram em €.

Quadro V.6 - Cálculos de poupança para opção 4 - concelho de Paços de Ferreira

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	7.44	6.80	7.14	6.69	7.37	8.29	10.73	11.18	11.29	7.99	7.27	7.12	
Gasto mensal s/ reutilização	33.29	33.29	33.29	43.23	43.23	43.23	43.23	43.23	43.23	33.29	33.29	33.29	
Gasto mensal c/ reutilização	24.54	23.30	23.96	23.09	24.40	26.16	30.86	31.72	31.94	25.60	24.21	23.91	
Redução na fatura	8.75	9.99	9.33	20.14	18.83	17.07	12.37	11.51	11.29	7.69	9.08	9.38	$\Sigma=145.45$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao "Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura" que se encontram em €.

Quadro V.7 - Cálculos de poupança para opção 5 - concelho de Paços de Ferreira

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Piscina	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	67.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	3.40	3.40	11.21	14.40	14.40	3.40	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	33.29	33.29	33.29	37.90	37.90	242.45	37.90	37.90	37.90	33.29	33.29	33.29	
Gasto mensal c/ reutilização	22.92	22.92	22.92	16.78	16.78	31.78	37.90	37.90	16.78	22.92	22.92	22.92	
Redução na fatura	10.37	10.37	10.37	21.12	21.12	210.67	0.00	0.00	21.12	10.37	10.37	10.37	$\Sigma=336.24$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao "Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura" que se encontram em €.

Quadro V.8 - Cálculos de poupança para opção 1 - concelho de Viseu

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	48.94	48.94	48.94	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	48.94	48.94	48.94	
Gasto mensal c/ reutilização	30.77	30.77	30.77	22.07	22.07	22.07	22.07	22.07	22.07	30.77	30.77	30.77	
Redução na fatura	18.17	18.17	18.17	34.09	34.09	34.09	34.09	34.09	34.09	18.17	18.17	18.17	$\Sigma=289.67$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao “Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura” que se encontram em €.

Quadro V.9 - Cálculos de poupança para opção 2 e 3 - concelho de Viseu

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	43.37	43.37	43.37	50.59	50.59	50.59	50.59	50.59	50.59	43.37	43.37	43.37	
Gasto mensal c/ reutilização	27.12	27.12	27.12	34.34	34.34	34.34	34.34	34.34	34.34	27.12	27.12	27.12	
Redução na fatura	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	16.25	$\Sigma=195.04$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao “Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura” que se encontram em €.

Quadro V.10 - Cálculos de poupança para opção 4 - concelho de Viseu

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	7.13	6.60	6.60	6.69	6.69	6.69	9.90	11.04	13.84	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	43.37	43.37	43.37	65.39	65.39	65.39	65.39	65.39	65.39	43.37	43.37	43.37	
Gasto mensal c/ reutilização	26.63	25.20	25.20	25.43	25.43	25.43	34.18	37.27	44.90	25.20	25.20	25.20	
Redução na fatura	16.74	18.17	18.17	39.96	39.96	39.96	31.21	28.12	20.49	18.17	18.17	18.17	$\Sigma=248.19$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao “Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura” que se encontram em €.

Quadro V.11 - Cálculos de poupança para opção 5 - concelho de Viseu

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Autoclismos	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	
Rega e Lavagem de Pavimentos	0	0	0	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	0	0	0	
Piscina	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	
Consumo medio mensal	12.00	12.00	12.00	14.40	14.40	67.40	14.40	14.40	14.40	12.00	12.00	12.00	
Consumo com reutilização	6.60	6.60	6.60	3.40	3.40	18.93	14.40	14.40	3.40	6.60	6.60	6.60	
Gasto mensal s/ reutilização	48.94	48.94	48.94	56.16	56.16	287.81	56.16	56.16	56.16	48.94	48.94	48.94	
Gasto mensal c/ reutilização	30.77	30.77	30.77	22.07	22.07	73.61	56.16	56.16	22.07	30.77	30.77	30.77	
Redução na fatura	18.17	18.17	18.17	34.09	34.09	214.20	0.00	0.00	34.09	18.17	18.17	18.17	$\Sigma=425.49$

Nota: os valores expressos encontram-se em m³/mês (Autoclismos, rega e Lavagens de Pavimentos, Consumo médio mensal e Consumo com reutilização), com a exceção dos itens correspondentes ao "Gasto mensal se/ reutilização; Gasto mensal c/ reutilização; Redução na fatura" que se encontram em €.

Anexo VI

Cálculos do Tempo de Recuperação de Investimentos

Quadro VI.1 - Cálculos de recuperação dos investimentos para cada opção no concelho de Almada

Opção 1	Anos	1	2	3	...	55	56	57
	Valor do investimento	22932.54	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	211.33	217.67	224.20	...	1042.73	1074.01	1106.23
	Saldo	-22721.21	-22503.54	-22279.34	...	-1927.86	-853.85	252.38
Opção 2	Anos	1	2	3	...	42	43	44
	Valor do investimento	9525.84	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	142.33	146.60	151.00	...	478.21	492.56	507.34
	Saldo	-9383.51	-9236.91	-9085.91	...	-905.53	-412.97	94.37
Opção 3	Anos	1	2	3	...	16	17	18
	Valor do investimento	2499.99	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	142.33	146.60	151.00	...	221.75	228.40	235.25
	Saldo	-2357.66	-2211.06	-2060.06	...	-361.06	-132.66	102.59
Opção 4	Anos	1	2	3	...	34	35	36
	Valor do investimento	5992.50	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	103.41	106.51	109.71	...	347.45	357.87	368.61
	Saldo	-5889.09	-5782.58	-5672.87	...	-564.53	-206.66	161.95
Opção 5	Anos	1	2	3	4	5	6	7
	Valor do investimento	1871.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	266.92	274.93	283.18	291.67	300.42	309.43	318.72
	Saldo	-1604.86	-1329.93	-1046.76	-755.09	-454.67	-145.23	173.48

Quadro VI.2 - Cálculos de recuperação dos investimentos para cada opção no concelho de Paços de Ferreira

Opção 1	Anos	1	2	3	...	59	60	61	62
	Valor do investimento	22932.54	0.00	0.00	...	0.00	1692.54	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	191.60	197.35	203.27	...	1064.03	1095.95	1128.8	1162.7
	Saldo	22740.94	22543.59	22340.32	...	-538.79	1135.38	-6.55	1156.15
Opção 2	Anos	1	2	3	...	45	46	47	48
	Valor do investimento	9525.84	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	124.42	128.15	132.00	...	456.80	470.51	484.62	499.16
	Saldo	-9401.42	-9273.27	-9141.27	...	1043.68	-573.18	-88.56	410.60
Opção 3	Anos	1	2	3	...	20	21	22	23
	Valor do investimento	2499.99	0.00	0.00	...	751.90	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	124.42	128.15	132.00	...	218.17	224.72	231.46	238.40
	Saldo	-2375.57	-2247.42	-2115.42	...	-638.68	-413.96	182.50	55.90
Opção 4	Anos	1	2	3	...	31	32	33	34
	Valor do investimento	5992.50	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	145.45	149.81	154.31	...	353.05	363.64	374.55	385.78
	Saldo	-5847.05	-5697.24	-5542.93	...	-975.97	-612.33	237.78	148.00
Opção 5	Anos	1	2	3	4	5	6	7	8
	Valor do investimento	1871.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	336.24	346.33	356.72	367.42	378.44	389.79	401.49	413.53
	Saldo	-1535.54	-1189.21	-832.50	465.08	-86.64	303.16	704.65	1118.18

Quadro VI.3 - Cálculos de recuperação dos investimentos para cada opção no concelho de Viseu

Opção 1	Anos	1	2	3	...	44	45	46	47
	Valor do investimento	22932.54	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	289.67	298.36	307.31	...	1032.53	1063.51	1095.41	1128.2
	Saldo	22642.87	22344.51	22037.20	...	3245.98	2182.47	1087.06	41.22
Opção 2	Anos	1	2	3	...	32	33	34	35
	Valor do investimento	9525.84	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	195.04	200.89	206.92	...	487.62	502.24	517.31	532.83
	Saldo	-9330.80	-9129.91	-8922.99	...	1542.06	1039.81	-522.50	10.33
Opção 3	Anos	1	2	3	...	11	12	13	14
	Valor do investimento	2499.99	0.00	0.00	...	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	195.04	200.89	206.92	...	262.12	269.98	278.08	286.42
	Saldo	-2304.95	-2104.06	-1897.14	...	-731.96	-461.98	-183.90	102.53
Opção 4	Anos	1	2	3	...	19	20	21	22
	Valor do investimento	5992.50	0.00	0.00	...	0.00	751.90	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	248.19	255.64	263.30	...	422.53	435.20	448.26	461.71
	Saldo	-5744.31	-5488.67	-5225.37	...	-488.74	-805.44	-357.18	104.52
Opção 5	Anos	1	2	3	4	5	6	7	8
	Valor do investimento	1871.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Valor anual de retorno	425.49	438.25	451.40	464.9	478.89	493.26	508.06	523.30
	Saldo	-1446.29	-1008.04	-556.63	-91.69	387.20	880.46	1388.52	1911.82