Redução potencial de consumo de água potável por reutilização da água da chuva em centros urbanos

Catarina Viana de Araújo Lúcio

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores

Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Professor Doutor Vitor Faria e Sousa

Júri

Presidente: Professor Doutor Augusto Martins Gomes

Orientador: Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Vogal: Professora Doutora Inês Osório de Castro Meireles

Outubro de 2015

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a tornar este trabalho possível e que me apoiaram durante a sua realização.

Primeiro, queria agradecer à Professora Cristina Matos Silva e ao Professor Vitor Faria e Sousa pela orientação, disponibilidade e conselhos dados que permitiram a elaboração desta dissertação pelo melhor caminho.

À Professora Ana Paula Falcão um agradecimento especial por todo o apoio dado, nomeadamente com o programa *ArcGis*, e por toda a disponibilidade e atenção, que permitiu enriquecer este trabalho.

À Câmara Municipal de Lisboa, em especial à Engª. Rita dos Santos Lucas por toda a atenção e disponibilidade oferecida, assim como à Engª. Luísa Magalhães de Almeida por todo o esclarecimento referente à Matriz de Lisboa.

Por fim, mas não menos importante, aos meus pais, à Maria, à minha família e todos os meus amigos que me apoiaram durante este processo, que me souberam sempre dar o incentivo certo quando precisava e estiveram sempre dispostos a ouvir as minhas preocupações.

Resumo

A água é um recurso em risco de se tornar escasso, assim, alternativas ao uso de água potável vão sendo mais importantes, podendo passar pela utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP).

Esta dissertação avalia a redução potencial de consumo de água potável por reutilização da água da chuva, e para suportar esta avaliação a uma escala urbana propõe-se uma metodologia de análise envolvendo consumos de água, malha urbana e regime de precipitação. Inicialmente procedeu-se à quantificação dos consumos de água e dos usos não potáveis. Numa habitação, consideraram-se máquinas de lavar roupa e descargas de autoclismo, e ao nível da cidade, lavagens de arruamentos e regas de jardins. A segunda caracterização foi efetuada através de dados disponibilizados pela Câmara Municipal de Lisboa e nos Censos. Na caracterização do regime de precipitação consideraram-se os dados disponíveis no SNIRH e no IPMA.

A avaliação do potencial dos SAAP foi realizada ao nível da cidade e ao nível particular dos edifícios. No primeiro caso, os dados de precipitação são anuais e, concluiu-se que, quase sempre, a água recolhida é suficiente para os usos habitacionais pretendidos, havendo ainda água disponível para usos exteriores. No segundo, os dados são diários e, o valor máximo de poupança de água não potável foi 86%.

O presente estudo aplicou-se a Lisboa, contudo, a metodologia desenvolvida poderá ser aplicada a outras cidades/zonas. Uma vez que o desempenho dos SAAP depende em muito do regime de precipitação, é necessário um estudo para a zona em análise.

Palavras-chave

Sistemas de aproveitamento de água pluvial, consumos de água, usos não potáveis, regime de precipitação, Lisboa

Abstract

Water is a resource at risk of becoming scarce, so alternatives to the use of potable water are becoming more important, and one of these measures may include rainwater harvesting systems (RWHS).

This thesis evaluates the potential reduction in potable water consumption by reusing rainwater, and to support this evaluation in an urban scale, the proposed analysis methodology involves water consumption, urban area and precipitation regime. Firstly, it was done the water consumption measurement and its non-potable uses. In a house, washing machines and toilet flushing were considered, while street washing and gardening were considered when looking at the city level. Information given by Câmara Municipal de Lisboa and available in Censos was used to characterize the urban area. For the precipitation regime characterization, the information used was available through SNIRH and IPMA.

The RWHS potential evaluation was made at the city and building levels. In the first analysis, it was used annual precipitation data and the conclusion was that, almost every time, the collected water is enough for the housing uses, and there is still remaining water for the outside ones. In the second one, the data was daily, and the maximum value of savings was 86% in comparison with the non-potable consumption.

This study was made in Lisbon, although, the developed methodology can be used in other cities/areas. As these systems are highly dependent on the precipitation regime, a study in the area where the RWHS is to be implemented should be done.

Key-words

Rainwater harvesting systems, water consumption, non-potable uses, precipitation regime, Lisbon

Índice

1. Introdução 1
1.1. Enquadramento 1
1.2. Objetivos 2
1.3. Organização 3
2. Estado de Arte 5
2.1. Caracterização do Clima no Mundo e em Portugal 5
2.2. Consumo de Água 9
2.2.1. Distribuição e Evolução do Consumo 9
2.2.2. Caracterização do Consumo 11
2.3. Reutilização de Águas Pluviais 15
2.3.1. Descrição de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial 16
2.3.2. Usos Não Potáveis e respetivos Potenciais de Poupança 18
2.3.3. Vantagens e Desvantagens 21
3. Metodologia para Avaliação 23
3.1. Consumos de Água 23
3.2. Malha Urbana 25
3.3. Regime de Precipitação 25
3.4. Aplicação à Cidade de Lisboa 26
4. Dados de Base para Lisboa 31
4.1. Caracterização dos Consumos de Água em Lisboa 31
4.1.1. Consumo de Água nas Habitações 31
4.1.2. Consumos de Água da Câmara Municipal de Lisboa 34
4.2. Caracterização da Malha Urbana 37
4.2.1. Caracterização do Edificado 37
4.2.2. Caracterização dos Residentes 40
4.3. Caracterização do Regime de Precipitação 41
5. Avaliação do Potencial em Lisboa 49
5.1. Análise à Escala da Cidade 49
5.1.1. Variabilidade Temporal da Precipitação 49
5.1.2. Variabilidade Espacial da Precipitação 52
5.1.3. Variabilidade de Consumo 54

5.1.4. Valores Reais de Aproveitamento 55
5.2. Análise à Escala do Edifício 60
5.2.1. Zona A 62
5.2.2. Zona B 63
5.2.3. Zona C 63
5.2.4. Zona D 64
5.2.5. Zona E.1 65
5.2.6. Zona E.2 66
5.2.7. Zona F 66
5.2.8. Estimativa do Grau de Poupança Não Potável de cada Zona 67
6. Conclusões 71
Referências bibliográficas 73
Anexo 1 – Tabela utilizada na 1ª fase do estudo do consumo de água em habitações A.1
Anexo 2 – Precipitação anual obtida pelo *ArcGis* para cada uma das zonas e em Lisboa A.3
Anexo 3 – Valores calculados de precipitação anual no centróide de cada uma das zonas A.5
Anexo 4 – Valores obtidos para os índices de precipitação anual para cada zona A.7
Anexo 5 – Resultados da análise da influência temporal da precipitação no aproveitamento A.15
Anexo 6 – Resultados da análise da influência espacial da precipitação no aproveitamento A.17
Anexo 7 – Resultados da análise da influência da variação de consumo (percentil 25) no aproveitamento A.19
Anexo 8 – Resultados da análise da influência da variação de consumo (percentil 75) no aproveitamento A.21
Anexo 9 – Valores reais de aproveitamento, para cada uma das zonas A.23
Anexo 10 – Valores reais de aproveitamento da CML, para cada uma das zonas A.25

Lista de Figuras

Figura 1.1 – Escassez de água no mundo (adaptado de [3]). 1
Figura 2.1 – Distribuição espacial da classificação Köppen-Geiger (retirado de [11]).....6
Figura 2.2 – Classificação Köppen-Geiger na Europa (retirado de [12]). 6
Figura 2.3 – Gráfico pluviométrico para a cidade de Lisboa (adaptado de [14]). 7
Figura 2.4 – Evaporação e escoamento por região (adaptado de [4]). 8
Figura 2.5 – Identificação das regiões críticas na Europa (retirado de [17]).....9
Figura 2.6 – Distribuição de água na Terra. 9
Figura 2.7 – Evolução populacional de 1950 a 2015 e estimativa até 2050 [2]. 10
Figura 2.8 – Consumo diário de água *per capita* [20] [1] [21] [22] [23] [24] [25] [18] [26]. 12
Figura 2.9 – Consumo diário de água *per capita* no Brasil [5] [6] [7]. 13
Figura 2.10 – Distribuição do consumo de água por setores [29]. 15
Figura 2.11 – Representação esquemática de um SAAP (adaptado de [8]). 16
Figura 2.12 – Disponibilidade de água estimada na zona nordeste do Brasil (adaptado de [5]). 21
Figura 2.13 – Disponibilidade de água estimada na zona sudeste do Brasil (adaptado de [5]). 21
Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia desenvolvida. 23
Figura 3.2 – Localização das estações meteorológicas Transtejo e Sacavém de Cima. 28
Figura 3.3 – Localização dos pontos P173, P174, P175, P185 e P186. 29
Figura 3.4 – Representação da precipitação anual na estação de Sacavém de Cima, considerando os dados reais (SNIRH) e os do *ArcGis*. 30
Figura 4.1 – Resultados da campanha de medição do consumo médio diário *per capita* por equipamento. 31
Figura 4.2 – Resultados da campanha de medição da quantidade diária de consumo potável e não potável, *per capita*. 32
Figura 4.3 – Resultados da campanha de medição do consumo diário *per capita* em 13 casas familiares. 32
Figura 4.4 – Resultados da campanha de medição do consumo diário *per capita* em 2 casas de estudantes. 33
Figura 4.5 – Consumo diário *per capita*. 33
Figura 4.6 – Desagregação dos consumos de água potável no concelho de Lisboa (adaptado de [25]). 34
Figura 4.7 – Desagregação do consumo não doméstico de água potável no concelho de Lisboa (adaptado de [25]). 35
Figura 4.8 – Desagregação do consumo de água potável da CML (adaptado de [25]). 35
Figura 4.9 – Evolução da ART reutilizada pela CML, de 2009 a 2014 (adaptado de [25]). 36
Figura 4.10 – Distribuição dos consumos em regas de espaços verdes e lavagens de arruamentos, no ano de 2014. 36
Figura 4.11 – Definição das zonas da cidade de Lisboa. 37

Figura 4.12 – Caracterização das diferentes zonas da cidade de Lisboa de acordo com o número de pisos. 38
Figura 4.13 – Representação do edificado na cidade de Lisboa. 39
Figura 4.14 – Representação espacial ao nível da cidade da dimensão média familiar. 41
Figura 4.15 – Quantificação da precipitação anual nos pontos P173, P174, P175, P185 e P186. 42
Figura 4.16 – Distribuição da precipitação ao longo do ano dos pontos P173, P174, P175, P185 e P186. 42
Figura 4.17 – Distribuição da precipitação ao longo do ano nas diferentes zonas da cidade. 45
Figura 5.1 – Fluxograma da avaliação do potencial. 49
Figura 5.2 – Aproveitamento residencial nas diferentes zonas da cidade de Lisboa. 51
Figura 5.3 – Aproveitamento residencial considerando as diferentes zonas ou a cidade de Lisboa. 53
Figura 5.4 – Aproveitamento residencial real nas diferentes zonas da cidade de Lisboa. 56
Figura 5.5 – Aproveitamento urbano real por parte da CML nas diferentes zonas da cidade de Lisboa. 58
Figura 5.6 – Aproveitamento residencial real nas diferentes zonas da cidade de Lisboa, considerando a precipitação média. 59
Figura 5.7 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona A. 62
Figura 5.8 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona B. 63
Figura 5.9 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona C. 64
Figura 5.10 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona D. 64
Figura 5.11 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona E.1. 65
Figura 5.12 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona E.2. 66
Figura 5.13 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona F. 67
Figura 5.14 – Grau de poupança não potável obtido em cada uma das zonas, tendo por base os edifícios tipo. 68

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Precipitação, evaporação e escoamento por região (adaptado de [4]). 7
Tabela 2.2 – Volume de água na Terra.....9
Tabela 2.3 – Classificação da disponibilidade de água da UNEP [4]. 11
Tabela 2.4 – Desagregação do consumo doméstico de água potável no concelho de Lisboa, 2014 (adaptado de [25]). 14
Tabela 2.5 – Desagregação do consumo doméstico de água potável em Inglaterra e Gales.....14
Tabela 2.6 – Desagregação do consumo doméstico de água potável nos Estados Unidos 14
Tabela 2.7 – Estimativas de CE em função do material de recolha (adaptado de [34]). 18
Tabela 2.8 – Síntese das poupanças obtidas em diversos estudos. 20
Tabela 3.1 – Quadro utilizado no estudo de consumo em habitações. 24
Tabela 3.2 – Coordenadas das estações meteorológicas Transtejo e Sacavém de Cima. 27
Tabela 3.3 – Coordenadas dos pontos P173, P174, P175, P185 e P186. 28
Tabela 4.1 – Evolução dos dados de ART reutilizada pela CML, de 2009 a 2014 (adaptado de[25])..36
Tabela 4.2 – Distribuição dos consumos em regas de espaços verdes e lavagens de arruamentos, no ano de 2014. 36
Tabela 4.3 – Constituição das seis zonas de Lisboa. 37
Tabela 4.4 – Caracterização das diferentes zonas da cidade de Lisboa de acordo com o número de pisos. 39
Tabela 4.5 – Quantificação da área total e de edifícios, por zona e em Lisboa. 40
Tabela 4.6 – Quantificação da área total e de edifícios nas zonas E.1 e E.2. 40
Tabela 4.7 – Número de residentes por zona. 40
Tabela 4.8 – Valores característicos do índice RR (mm). 43
Tabela 4.9 – Valores característicos do índice RR1 (dias). 44
Tabela 4.10 – Valores característicos do índice CWD (dias). 44
Tabela 4.11 – Valores característicos do índice PRCPTOT (mm). 44
Tabela 4.12 – Valores característicos do índice CDD (dias). 45
Tabela 4.13 – Valores característicos do índice RR (mm). 46
Tabela 4.14 – Valores característicos do índice RR1 (dias). 46
Tabela 4.15 – Valores característicos do índice CWD (dias). 46
Tabela 4.16 – Valores característicos do índice PRCPTOT (mm). 47
Tabela 4.17 – Valores característicos do índice CDD (dias). 47
Tabela 5.1 – Área de edificado e consumo médio anual por zona considerando o consumo médio diário.....50
Tabela 5.2 – Área de edificado e consumo anual por zona considerando o consumo médio diário do percentil 25. 54
Tabela 5.3 – Área de edificado e consumo anual por zona considerando o consumo médio diário do percentil 75. 55
Tabela 5.4 – Valores de variação no aproveitamento, tendo por base o consumo médio diário. 55

Tabela 5.5 – Distribuição dos consumos da CML por cada zona. 57
Tabela 5.6 – Percentagem de edifícios com 1 a 7 ou mais pisos, por zona. 60
Tabela 5.7 – Área de cobertura e número de residentes nos edifícios tipo com maior representatividade por zona. 60
Tabela 5.8 – Consumos observados nos edifícios de cada uma das zonas. 61
Tabela 5.9 – Quadro-resumo do grau de poupança não potável obtido. 68

Lista de Acrónimos

SAAP – Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial

UNEP – *United Nations Environment Programme*

UNDP – *United Nations Development Programme*

WHO – *World Health Organization*

UNICEF – *United Nations Children's Fund*

FF – *First flush*

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

CE – Coeficiente de escoamento

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

CML – Câmara Municipal de Lisboa

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

CIUL – Centro de Informação Urbana de Lisboa

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ART – Água Residual Tratada

ETCCDI – *Expert Team on Climate Change Detection and Indices*

RR – Precipitação total anual (*Precipitation sum*)

RR1 – Número de dias húmidos (*Wet days*)

CWD – Número máximo consecutivo de dias húmidos (*Maximum number of consecutive wet days*)

PRCPTOT – Precipitação total anual em dias húmidos (*Total precipitation in wet days*)

CDD – Número máximo consecutivo de dias secos (*Maximum number of consecutive dry days*)

CV – Coeficiente de variação

AR – Aproveitamento residencial

AP – Água pluvial disponível

AU – Aproveitamento urbano

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A água é um elemento utilizado pelas povoações desde o seu início, para fins tão diversos como a satisfação de necessidades fisiológicas, a confeção de alimentos ou a rega para as colheitas. Os antigos, por necessidade, utilizavam a água da chuva para usos que lhes pareciam serem adequados, uma vez que por vezes a disponibilidade de água nas regiões onde se encontravam não era a que necessitavam. Com o desenvolvimento das sociedades e da tecnologia, o acesso a água foi sendo cada vez mais fácil, e inclusivamente banalizado, nas comunidades mais desenvolvidas. Contudo, face às limitações relativamente às fontes disponíveis, acrescidas do facto de a população estar a crescer a um ritmo muito elevado, a água está-se a tornar num bem escasso [1] [2]. Como consequência, algumas zonas do mundo enfrentam problemas de escassez de água, conforme se pode observar na Figura 1.1.

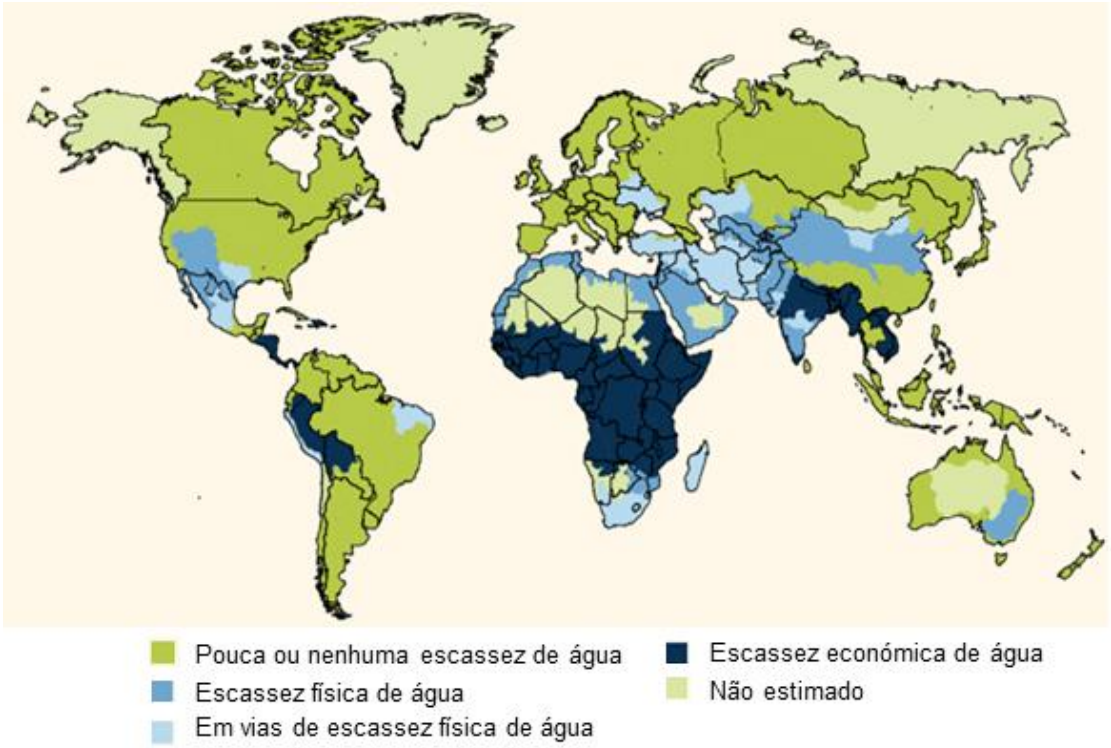

Figura 1.1 – Escassez de água no mundo (adaptado de [3]).

O norte de África, por exemplo, sofre de escassez física de água, isto é, o consumo dos recursos de água já alcançou, ou está prestes a alcançar, o limite sustentável, ou seja, a taxa de consumo é superior à de reposição natural do recurso. Por outro lado, existem zonas com escassez económica de água, ou seja, embora tenham disponibilidade de água no local, os acessos à mesma estão limitados devido à inexistência ou inadequabilidade de meios.

O desenvolvimento sustentável assenta sobre três pilares fundamentais, designadamente a sociedade, a economia e o ambiente; sendo que este último fornece os recursos físicos dos quais a

humanidade depende. Neste âmbito, a escassez de recursos, nomeadamente a água, tem preocupado bastante diversas organizações e, como consequência, nos últimos anos realizaram-se várias conferências e reuniões abordando este tema. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, que teve lugar em Estocolmo no ano de 1972, foi a primeira conferência internacional sobre o ambiente, unindo diversas nações para debaterem um problema comum a todas. Desde então, têm-se feito grandes esforços para se colocar o ambiente na agenda a vários níveis, desde internacional a local, e têm vindo a ser implementadas inúmeras medidas em várias vertentes/sectores. Contudo, alguns dos problemas ainda existem, sendo necessário perpetuar esta preocupação com o meio ambiente, desenvolvendo e implementando medidas complementares ou adicionais [4].

Perante esta situação, alternativas para o uso de água potável como a reutilização de água da chuva vão sendo tidas em consideração de forma mais frequente por parte de todas as partes envolvidas (decisores, promotores, fabricantes, investigadores, utilizadores, entre outros), sendo que em alguns países já existem diversos estudos sobre o potencial de poupança com a utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP). Por exemplo, o Brasil é um país que tem investido em diversos estudos, tanto ao nível das regiões como dos estados, de forma a analisar o potencial de poupança de água potável [5] [6] [7]. Estudos semelhantes foram realizados em vários outros países, mas aplicados a empreendimentos ou edifícios [8]. Contudo, na pesquisa efetuada não foram encontrados estudos integrados que analisem as poupanças que poderão ser alcançadas ao nível da cidade e tendo em conta a escala do edifício.

Em Portugal, a aplicação de SAAP não se encontra muito divulgada, assim como também não existem muitos estudos sobre o potencial de poupança com utilização de água da chuva, em ambas as escalas referidas anteriormente.

Deve-se ter em atenção que o desempenho destes sistemas depende de diversos fatores como o regime de precipitação, os consumos registados, a área disponível de superfície de recolha, que geralmente são telhados, e por fim, a capacidade de armazenamento de água pluvial.

Com este trabalho pretende-se analisar a reutilização de água da chuva em centros urbanos, reduzindo assim o consumo de água potável. A metodologia proposta foi aplicada tanto ao nível da cidade de Lisboa como a uma escala mais reduzida, ou seja, aplicada em determinados edifícios residenciais tipo.

1.2. Objetivos

Esta dissertação propõe uma metodologia para avaliação do potencial de redução de consumo de água potável num determinado centro urbano através da reutilização de água pluvial e aplica a metodologia à cidade de Lisboa.

A metodologia proposta inclui:

- identificar padrão de consumo total e não potável em habitações através de inquéritos à população;
- identificar padrão de consumo total e não potável ao nível urbano por parte da câmara através da consulta de informação disponibilizada;
- efetuar um levantamento da área de superfície de recolha de água pluvial;
- caracterizar o centro urbano em zonas tipo com edifícios representativos;
- caracterizar o regime de precipitação e analisar a variabilidade espacial e temporal do mesmo;
- avaliar o potencial de redução de consumo de água potável, através da substituição do consumo nos usos não potáveis com água da chuva;
- comparar resultados de análises à escala urbana e á escala do edifício.

1.3. Organização

O presente documento encontra-se dividido em seis capítulos. Neste primeiro capítulo, é feita uma breve introdução e enquadramento do tema, quais os objetivos a que se propõe e a forma como se encontra organizado o trabalho. De seguida, no capítulo “Estado de Arte” é realizada uma revisão bibliográfica sobre o clima no mundo e em Portugal; os consumos de água, nomeadamente, a sua distribuição e evolução, bem como a sua caracterização; e por fim, aborda-se a reutilização de águas pluviais, descrevendo um SAAP, quais os usos compatíveis e as vantagens e desvantagens associadas. No terceiro capítulo é introduzida a metodologia utilizada para determinar os níveis de poupança que poderão ser alcançados com reutilização da água da chuva, que poderá ser aplicada a qualquer cidade. No quarto capítulo, são apresentados os dados referentes à cidade de Lisboa, uma vez que é sobre a qual recai o estudo efetuado. No quinto capítulo é realizada a avaliação do potencial, em Lisboa, sendo primeiro aplicado à escala da cidade e de seguida, à escala do edifício, analisando-se os resultados obtidos. Por fim, no sexto e último capítulo, sintetizam-se as conclusões retiradas do estudo e propõe-se algumas medidas complementares de poupança de água potável.

2. Estado de Arte

2.1. Caracterização do Clima no Mundo e em Portugal

Em 1900, Wladimir Köppen apresenta a primeira classificação quantitativa climática para todo o mundo. Tendo tido formação em fisiologia botânica, percebeu que as plantas eram um indicador do clima da região em que se situavam, distinguindo-as em cinco grupos: plantas da zona equatorial (A), da zona árida (B), da zona temperada (C), da zona de neve (D) e da zona polar (E). Em 1954 e 1961, Rudolf Geiger apresentou atualizações do mapa, passando assim a denominar-se classificação Köppen-Geiger [9].

Com mais de cem anos, esta classificação ainda é amplamente utilizada, uma vez que se baseia numa relação empírica entre o clima e a vegetação natural. Para definir as fronteiras entre os diferentes climas, Wladimir Köppen usou dados de precipitação e de temperatura. Cada tipo é caracterizado por três letras, em que a primeira se baseia na precipitação média anual e nas temperaturas médias mensais dos meses mais quentes e mais frios (A-E), a segunda considera a precipitação total dos meses mais secos e com maior pluviosidade (s, w, f, m, W, S, T, F) e, por fim, a última tem em conta critérios de temperatura (a-d, h, k). Desta forma, é possível identificar 30 tipos distintos de clima, que se apresentam de seguida [10]:

- 3 climas tropicais (Af, Am, Aw),
- 4 climas áridos (BWh, BWk, BSh, BSk),
- 9 climas temperados (Csa, Csb, Csc, Cfa, Cfb, Cfc, Cwa, Cwb, Cwc),
- 12 climas frios (Dsa, Dsb, Dsc, Dsd, Dfa, Dfb, Dfc, Dfd, Dwa, Dwb, Dwc, Dwd),
- 2 climas polares (ET, EF).

A distribuição espacial da classificação Köppen-Geiger pelo mundo encontra-se na Figura 2.1. Relativamente aos cinco principais grupos (A, B, C, D, E), estima-se que correspondam a 19,4%, 28,4%, 14,6%, 22,1% e 15,5% da superfície da Terra, respetivamente [11].

Reduzindo a escala, e considerando apenas a Europa, Figura 2.2, é possível observar que apenas quatro dos cinco principais tipos de climas existem neste continente. O clima com maior representatividade em termos de área é o clima frio, D, correspondendo a 44,4%, seguindo-se o clima árido, B, com 36,3%, depois o clima temperado, C, com 17,0% e por fim, o clima polar, E, com 2,3% [12].

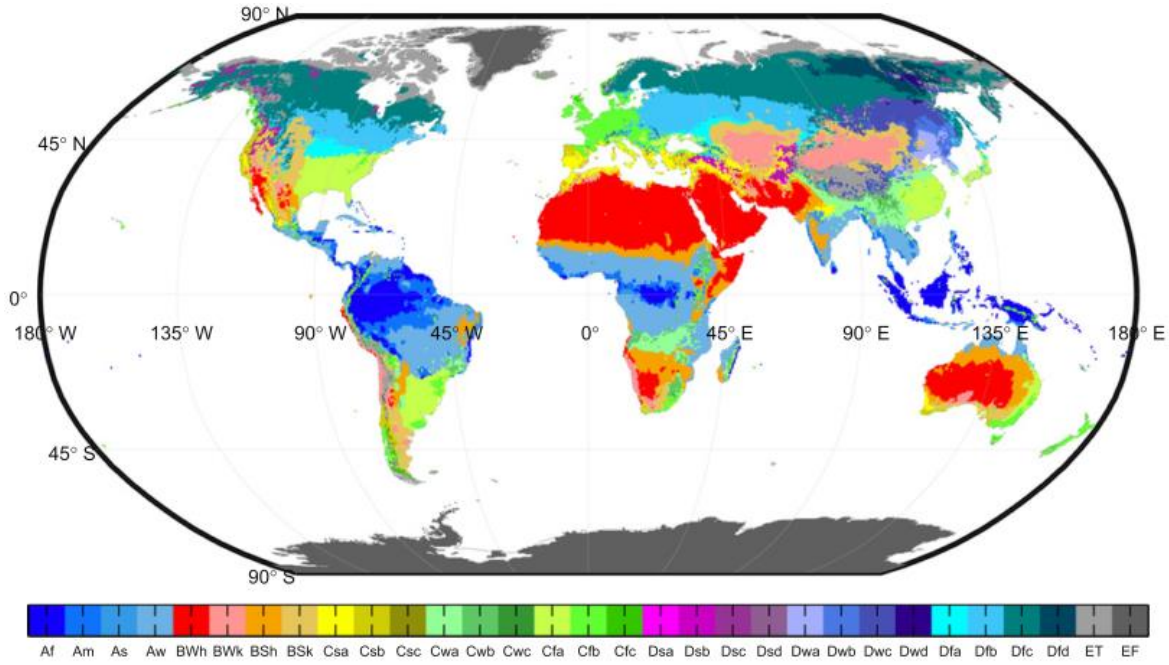

Figura 2.1 – Distribuição espacial da classificação Köppen-Geiger (retirado de [11]).

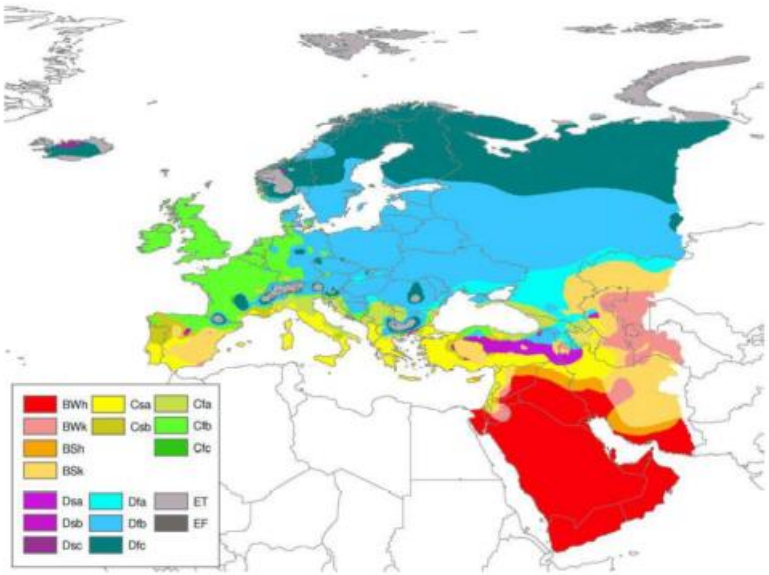

Figura 2.2 – Classificação Köppen-Geiger na Europa (retirado de [12]).

Em Portugal Continental é possível identificar dois tipos de climas da classificação Köppen-Geiger, Csa e Csb, correspondentes a climas mediterrâneos. Sendo ambos clima temperado, caracterizam-se por verões quentes e invernos chuvosos, nos quais ocorrem a maior parte dos eventos de precipitação ao longo do ano. Descreve-se o clima mediterrâneo interior, Csa, como tendo um Verão nitidamente quente e seco. Relativamente à precipitação, o mês mais chuvoso de Inverno tem cerca de três vezes mais precipitação que o mês de Verão mais seco, que apresenta precipitação inferior a 40 mm. O clima mediterrâneo costeiro, Csb, difere apenas por apresentar um Verão quente mas

suave [13]. Lisboa apresenta assim dois períodos distintos, um Verão quente e seco e um Inverno frio e húmido, característico do clima Csa. Na Figura 2.3 encontra-se um gráfico pluviométrico que representa a distribuição anual dos fenómenos de precipitação na cidade de Lisboa, tendo por base o período de 1981 a 2010. Com base na informação disponibilizada, observa-se que os meses com maior precipitação correspondem a Novembro e Dezembro, com cerca de 128 mm e 127 mm, respetivamente, enquanto que os meses com menores valores são Julho e Agosto, na ordem dos 5 mm. Por fim, a precipitação média anual na cidade é de 774 mm, em que mais de 75 a 90% ocorre no período de Outubro a Maio [14] [15].

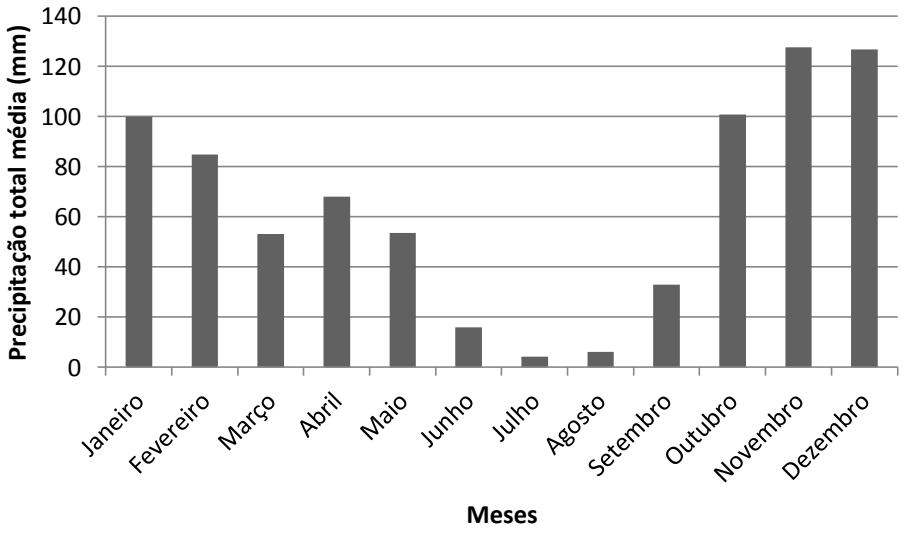

Figura 2.3 – Gráfico pluviométrico para a cidade de Lisboa (adaptado de [14]).

De todo o fenómeno de precipitação mundial, cerca de 80%, que corresponde a cerca de 458 000 km^3/ano, cai nos oceanos, e os restantes 20%, 119 000 km^3/ano, no solo. Mas de toda a quantidade que incide sobre o solo, parte evapora-se, cerca de 72 000 km^3/ano, e o restante é o que origina o escoamento e a recarga das águas subterrâneas, aproximadamente 47 000 km^3/ano [4]. Conforme se pode observar na Tabela 2.1 e na Figura 2.4, mais de metade do escoamento ocorre na Ásia e na América do Sul.

Tabela 2.1 – Precipitação, evaporação e escoamento por região (adaptado de [4]).

	Precipitação (km^3/ano)	**Evaporação (km^3/ano)**	**Escoamento (km^3/ano)**
Europa	8 290	5 320	2 970
Ásia	32 200	18 100	14 100
África	22 300	17 700	4 600
América do Norte	18 300	10 100	8 180
América do Sul	28 400	16 200	12 200
Austrália/Oceânia	7 080	4 570	2 510
Antártida	2 310	2 310	0

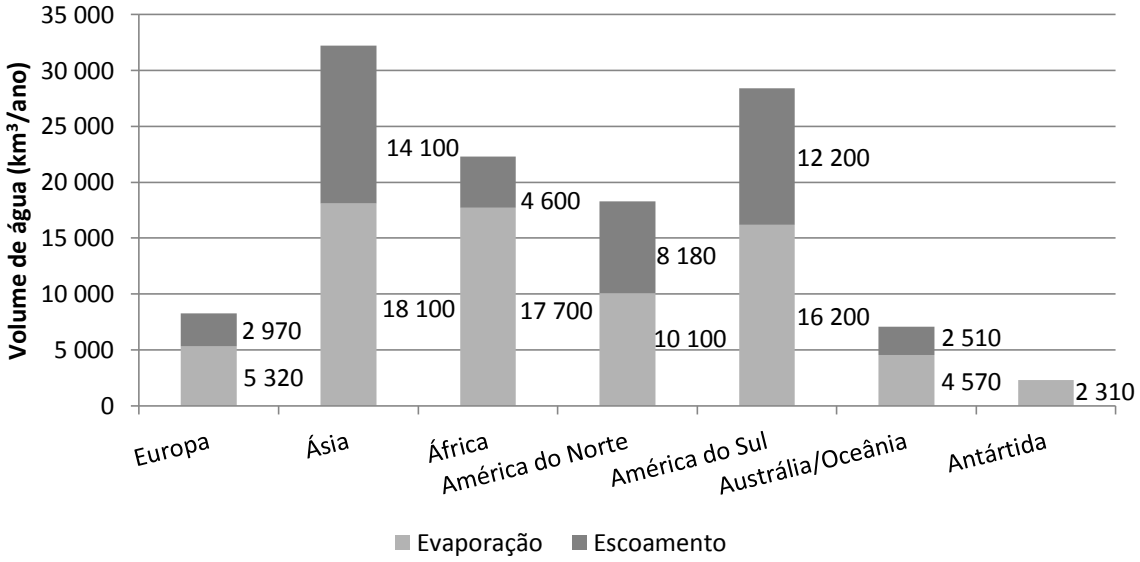

Figura 2.4 – Evaporação e escoamento por região (adaptado de [4]).

Ao longo dos tempos têm-se verificado mudanças na frequência de cheias e secas, por todo o mundo. Mais recentemente têm-se reunido evidências a favor da ocorrência de alterações climáticas, com consequências em termos do regime de precipitação. O aumento da intensidade assim como da variabilidade dos eventos de precipitação espera-se que aumente o risco de fenómenos de cheias e secas em muitas áreas do mundo. As secas têm associadas consequências como a degradação do ecossistema e dos recursos de água, bem como o aumento do risco de incêndios [15]. Devido ao aumento do nível do mar, as áreas de salinização de água subterrânea e dos estuários irão crescer, provocando a diminuição da disponibilidade de água doce para os humanos, e ecossistemas, nas áreas costeiras. Cerca de 20% da população mundial vive em bacias hidrográficas que, possivelmente, serão afetadas pelo aumento do perigo de cheias provocado pelo aquecimento global, por volta de 2080 [16]. Estes são alguns exemplos das consequências que poderão surgir devido às alterações climáticas.

Um estudo desenvolvido ao nível da Europa, de forma a avaliar o impacto destas alterações, definiu "regiões críticas" como as áreas em que os fenómenos de cheias ou secas que atualmente ocorrem com uma intensidade de eventos de 100 anos, poderão em 2070 ocorrer a cada 50 anos, ou com maior frequência [17]. Como se pode observar na Figura 2.5, Portugal encontra-se numa situação que necessita de grande atenção, uma vez que terá zonas onde irão aumentar a ocorrência tanto de cheias como de secas, devido à variabilidade sazonal de precipitação e temperatura.

Como tendências futuras, espera-se que no norte da Europa a precipitação média aumente, assim como a sua variabilidade, sugerindo o aumento de frequência de cheias. Nas regiões sul, o cenário oposto poderá ocorrer, uma vez que haverá menos precipitação, e consequentemente, maiores períodos de seca, e mais evaporação, provocando uma maior frequência de secas [17].

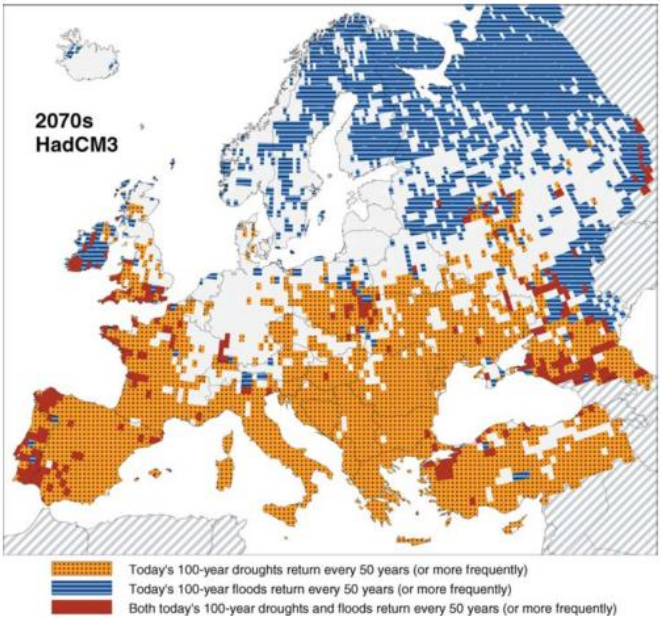

Figura 2.5 – Identificação das regiões críticas na Europa (retirado de [17]).

2.2. Consumo de Água

2.2.1. Distribuição e Evolução do Consumo

A água é um recurso do qual todos os Homens dependem e embora se encontre em todo o lado, nem toda a água disponível é própria para consumo. O volume de água no planeta corresponde a aproximadamente 1 400 milhões km^3, mas apenas 2,5% se encontra na forma de água doce [4]. Conforme se pode observar na Tabela 2.2 e na Figura 2.6, a maior parte desta água encontra-se em glaciares ou água subterrânea, ficando assim uma pequena porção disponível para consumo humano.

Tabela 2.2 – Volume de água na Terra (adaptado de [4]).

	Volume (1 000 km^3)	**%**
Oceanos	**1 338 000**	**96,54**
Outra água salina	**12 870**	**0,93**
Água doce	**35 029**	**2,53**
• Água superficial/ outra água doce	435	0,03
• Água subterrânea	10 530	0,76
• Glaciares e calotes polares	24 064	1,74

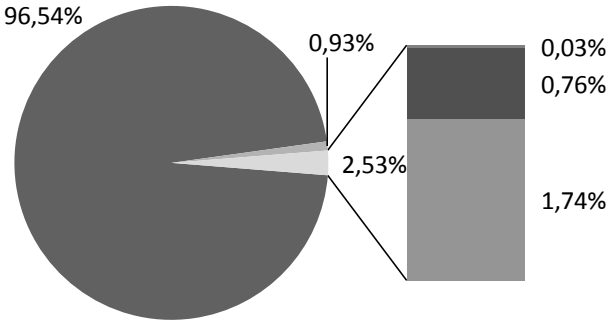

Figura 2.6 – Distribuição de água na Terra.

No último século tem-se assistido a um aumento do consumo de água, devido a três fatores principais: i) o aumento populacional; ii) o desenvolvimento industrial; e iii) a expansão da agricultura irrigada. Espera-se que em 2020 o consumo de água aumente 40%, em relação ao início do século, e que também seja necessário mais 17% de água para produção de comida, de forma a produzir-se o necessário para a população existente. Tal pode-se avistar como um objetivo difícil, uma vez que a população está a crescer a um ritmo superior ao da produção de comida, como se verificou na década de 1985-95, em muitos países, nomeadamente em África [4].

As Nações Unidas dispõem de dados da população mundial desde 1950 até à atualidade, 2015, sendo os valores referentes à data 1 de Julho de cada ano, e permitem também fazer uma estimativa até 2050. Conforme se pode observar na Figura 2.7, a população tem crescido a um ritmo muito elevado, estimando-se que em 2050 habitem mais de 9 000 milhões de pessoas no mundo [2].

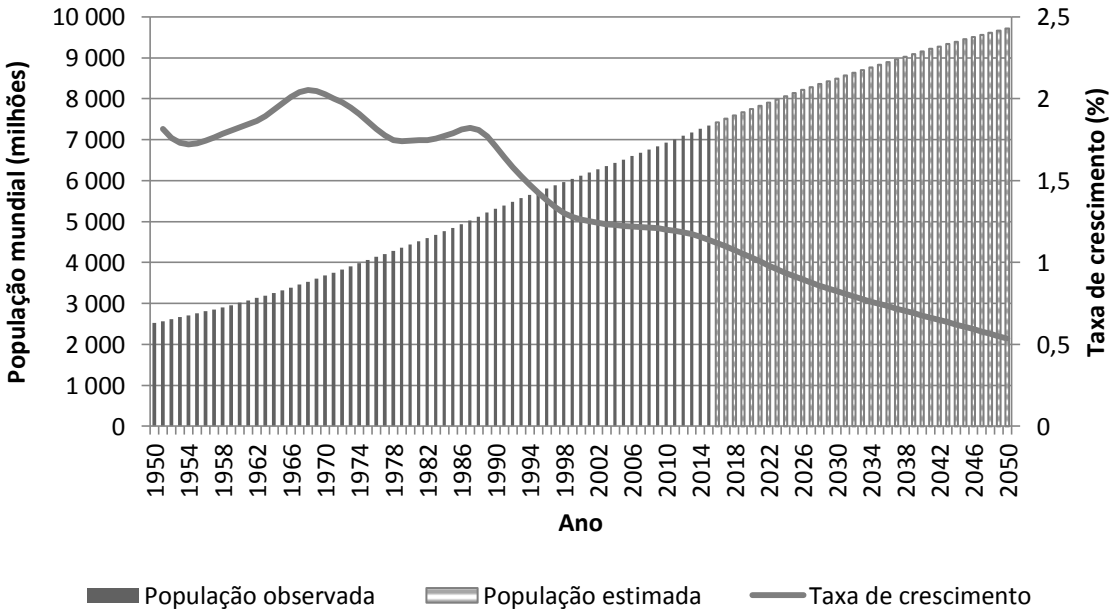

Figura 2.7 – Evolução populacional de 1950 a 2015 e estimativa até 2050 [2].

No período de 1950 a 2015, a população cresceu 191,1%, o que equivaleu a um aumento populacional de 4 824 milhões de pessoas. Entre 2015 e 2050, estima-se que o crescimento seja menor, 32,3%, passando a existir mais 2 376 milhões de pessoas. Numa escala mais reduzida, considerando apenas o intervalo de 2015 e 2016, a população aumentará 83 milhões de pessoas, equivalendo a uma taxa de 1,1%.

Atualmente vivem cerca de 7 300 milhões de pessoas no mundo, e embora a taxa de crescimento anual tenha vindo a diminuir, a população continua a crescer bastante, afetando em muito os recursos da Terra [2]. No que concerne aos recursos hídricos, cerca de um terço da população vive em países que sofrem de *stress* de água moderado a alto, e para analisar este problema nas diferentes regiões, a *United Nations Environment Programme* (UNEP) definiu cinco classes de acordo com a disponibilidade de água, como se observa na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Classificação da disponibilidade de água da UNEP [4].

Disponibilidade (m^3 *per capita*/ano)	Classificação
< 1 000	Catastroficamente baixa
1 000 a 2 000	Muito baixa
2 000 a 5 000	Baixa
5 000 a 10 000	Média
10 000 a 20 000	Alta
> 20 000	Muito alta

Apresentam-se de seguida dois exemplos de países que representam situações extremas em termos de disponibilidade hídrica, que permitem constatar os efeitos dos fatores referidos anteriormente, designadamente o Brasil e a Jordânia. O Brasil é um dos países com maiores recursos hídricos, sendo que a água potável totaliza 11% da disponível na Terra. Desta forma, seria de esperar que fosse um país que não apresentasse problemas de disponibilidade de água. De facto, em 1900, a disponibilidade de água no país era superior a 328 000 m^3 *per capita*/ano, traduzindo-se numa disponibilidade muito alta em todas as regiões. Cem anos depois, a disponibilidade decresceu para 33 000 m^3 *per capita*/ano, o que equivale a uma redução de 90%, mantendo-se ainda muito alta, contudo esta situação já não se observava em todas as regiões. Nas zonas nordeste e sudeste do Brasil, a disponibilidade era muito inferior à média mundial de 7 000 m^3 *per capita*/ano, podendo ser classificadas como tendo uma baixa disponibilidade de água, e para 2050 estima-se que estas duas regiões apresentem disponibilidades inferiores a 2 000 m^3 *per capita*/ano, ou seja, terão disponibilidade de água muito baixa [5]. A Jordânia, por seu lado, é um país com escassos recursos hídricos. Caracterizando-se por apresentar um clima árido a semiárido, a Jordânia é um dos 10 países com maior *stress* de água, lidando com este problema desde cerca dos anos 60. Em 2008, a sua disponibilidade de água rondava os 170 m^3 *per capita*/ano, prevendo-se que em 2025 reduza para valores inferiores a 91 m^3 *per capita*/ano. Desta forma, de acordo com a UNEP, a situação deste país é catastroficamente baixa [18].

Estes são apenas alguns dos muitos exemplos que existem no mundo, e perante esta situação, ou seja, a quantidade de água disponível a diminuir e a população a continuar a crescer, a necessidade de se encontrarem meios alternativos para fornecer água para todos é um assunto de elevada importância. Para além da preocupação da falta de água a certas populações, também se pretende que este problema seja solucionado de forma sustentável [19].

2.2.2. Caracterização do Consumo

O consumo diário *per capita* não é semelhante em todo o mundo, assistindo-se a grandes discrepâncias entre habitantes de diferentes países, e por vezes, dentro do mesmo país, variando com a região em que se encontram. Os países desenvolvidos, regra geral, apresentam consumos superiores, e isso deve-se principalmente a duas razões. Por um lado, as infraestruturas de

saneamento básico e distribuição de água encontram-se amplamente consolidadas e servem a totalidade ou perto da totalidade da população há vários anos. Por outro lado, e em grande medida potenciado pela facilidade de acesso a este bem, as infraestruturas e os hábitos de utilização evoluíram ou estão a evoluir no sentido de maiores consumos e para um maior leque de utilizações.

Através de diversos estudos analisados e por consulta do *Human Development Report 2006* da *United Nations Development Programme* (UNDP) [20] foi possível recolher informação relativa ao consumo diário de água *per capita* em diversos países, e algumas cidades, que se encontra sintetizada na Figura 2.8 e na Figura 2.9.

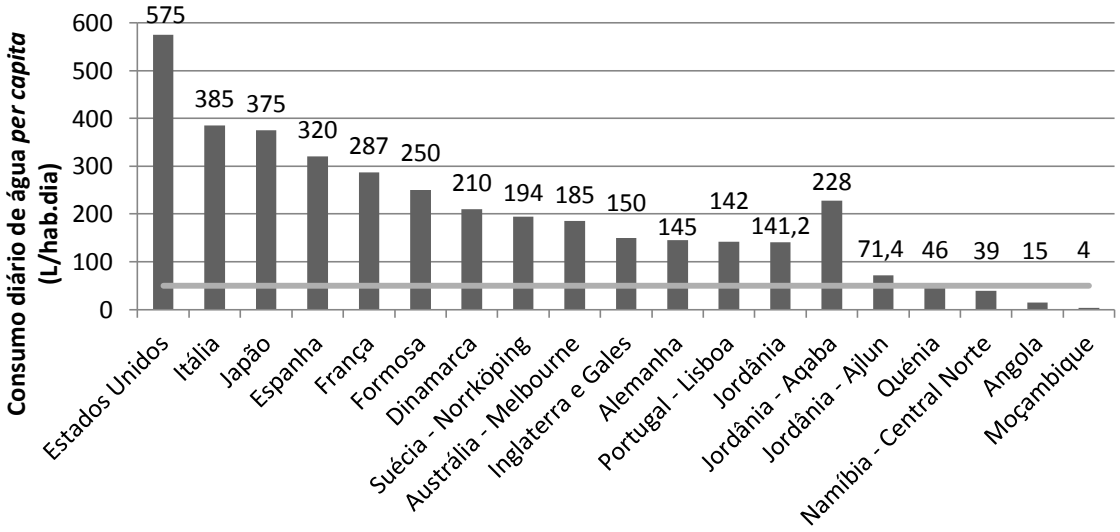

Figura 2.8 – Consumo diário de água *per capita* [20] [1] [21] [22] [23] [24] [25] [18] [26].

Conforme se pode observar pela Figura 2.8, os países mais desenvolvidos apresentam os maiores consumos. Nos Estados Unidos, o consumo médio diário por pessoa corresponde a 575 L/hab.dia, sendo que em Phoenix, por exemplo, o consumo excede os 1 000 L/hab.dia. No extremo oposto, encontra-se Moçambique, que dispõe de apenas 4 L diários para cada pessoa. Perante situações semelhantes às de Moçambique, Angola, Namíbia [26] e Quénia, organizações como a *World Health Organization* (WHO) e a *United Nations Children's Fund* (UNICEF), definiram como quantidade mínima de água disponível por pessoa 50 L, considerando que apenas assim as pessoas conseguem assegurar as suas necessidades mínimas de água. A Formosa, embora seja um país em desenvolvimento, apresenta elevados valores de consumo diário, 250 L/hab.dia. Tal deve-se ao facto do padrão de vida das populações ter melhorado bastante, nomeadamente nas zonas urbanas; o preço da água ser reduzido; e as dificuldades de acesso a água potável no passado, o que fez com que as pessoas usufruam ao máximo desse bem que atualmente dispõem [1].

Os estudos efetuados na Suécia e na Austrália focaram cidades específicas, Norrköping e Melbourne, respetivamente, sendo os consumos diários de água apresentados associados às mesmas [21] [22]. Para Inglaterra e Gales, o valor de 150 L/hab.dia é um valor médio para as duas regiões do Reino Unido [23]. No caso do estudo realizado na Alemanha, foi apresentado um intervalo de consumo, 140

a 145 L/hab.dia, de forma a tentar mostrar da melhor forma a realidade do país, tendo-se optado por apresentar o maior valor [24].

Apresentar valores médios de consumo para a totalidade de um país não permite ter em consideração a sua variabilidade. Na Jordânia, por exemplo, o consumo médio é de 141,2 L/hab.dia, porém existem zonas com consumos muito superiores, 228 L/hab.dia, e outras com valores muito inferiores, 71,4 L/hab.dia [18].

No Brasil existem diversos estudos que permitem analisar o consumo diário em diversas regiões, assim como em algumas cidades. Como podemos observar na Figura 2.9, as cinco regiões do país (Norte, Nordeste, Central-Oeste, Sudeste e Sul) apresentam valores entre 88 e 159 L/hab.dia. Contudo, com estudos mais específicos, considerando apenas a região Sudeste e analisando os quatro estados, conclui-se que a gama de valores apresenta alguma variação [5] [6] [7]. Assim, de forma a obter-se resultados mais fiéis à realidade devem-se fazer análises o mais específicas possível, evitando à escala do país, uma vez que tende a disfarçar elevadas diferenças.

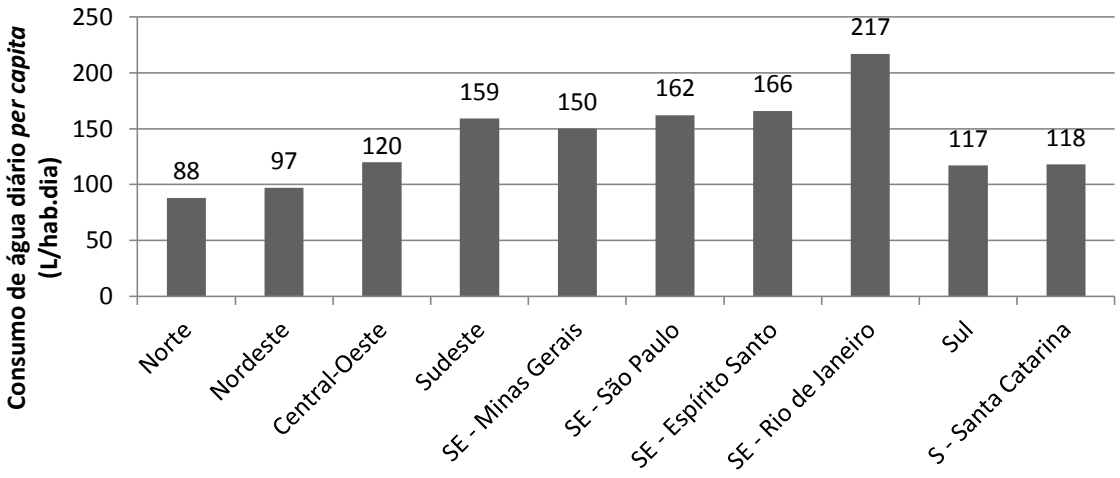

Figura 2.9 – Consumo diário de água *per capita* no Brasil [5] [6] [7].

No início do ano de 2015 foi lançado um relatório referente aos fluxos de água na cidade de Lisboa no ano de 2014. Tendo em conta a quantidade de água utilizada em consumo doméstico e o número de habitantes da cidade, determinou-se que o consumo diário de água corresponde a 142 L/hab.dia [25]. Em 2004 tinha sido lançado um relatório semelhante, que apresentava 152 L/hab.dia, tendo-se verificado assim uma redução no consumo de água doméstico, podendo dever-se a uma maior consciencialização, por parte das pessoas, da escassez deste recurso [27].

Com base num estudo realizado em 2005 [25], definiu-se a quantidade de água associada a cada tipo de utilização, que se encontra na Tabela 2.4. Conforme se pode observar, a maior parte da água utilizada em casa destina-se a duches e descargas de autoclismo, perfazendo 71% do consumo total.

Tabela 2.4 – Desagregação do consumo doméstico de água potável no concelho de Lisboa, 2014 (adaptado de [25]).

Distribuição dentro do domicílio	Consumo (10^3 m^3)	%
Duches	13 000	49
Autoclismo	5 800	22
Torneira da casa de banho	2 200	8
Máquina de lavar roupa	1 600	6
Lavar a loiça à mão	1 500	6
Torneira da cozinha	1 400	5
Outras torneiras e dispositivos	1 000	4
Total	26 500	100

Nota: As "Outras torneiras e dispositivos" incluem banhos de imersão, lavar roupa à mão, máquina de lavar loiça e outras torneiras.

Um estudo semelhante foi realizado em Inglaterra e Gales, encontrando-se sintetizado na Tabela 2.5 [23]. Embora as designações utilizadas na desagregação dos consumos não sejam as mesmas que as apresentadas na Tabela 2.4, é possível realizar comparações. A descarga de autoclismo é semelhante, havendo uma diferença de apenas 4%. Relativamente à máquina de lavar roupa, o valor estimado em Inglaterra e Gales corresponde ao dobro do observado em Lisboa. Conclui-se que a maior parte do consumo numa habitação destina-se a descargas de autoclismo e limpeza pessoal, ou seja, consumos na casa de banho. Na Tabela 2.6 apresenta-se a desagregação dos consumos numa habitação nos Estados Unidos. Mais uma vez, o consumo observado na descarga de autoclismo é muito semelhante, cerca de 27%. As máquinas de lavar roupa apresentam um consumo muito elevado (21,7%), seguindo-se o duche com 16,8%.

Tabela 2.5 – Desagregação do consumo doméstico de água potável em Inglaterra e Gales (adaptado de [23]).

Distribuição dentro do domicílio	%
Autoclismo	26
Limpeza pessoal	35
Máquina de lavar roupa	12
Lavar a louça	9
Uso exterior e lavagem do carro	7
Usos variados	11

Tabela 2.6 – Desagregação do consumo doméstico de água potável nos Estados Unidos (adaptado de [28]).

Distribuição dentro do domicílio	%
Autoclismo	26,7
Duche	16,8
Torneiras	15,7
Máquina de lavar roupa	21,7
Perdas	13,7
Outros	5,3

Para além do consumo doméstico, os gastos associados à indústria e agricultura também são importantes. No mundo, o consumo doméstico representa apenas 12% da totalidade, estando 18% e 71% associado à indústria e agricultura, respetivamente. Reunindo informação referente a diferentes países foi possível concluir que a agricultura, em muitos países, representa mais de metade do consumo de água total, conforme se pode observar pela Figura 2.10. Contudo, países como a Suécia e o Reino Unido, apresentam valores reduzidos associados a este setor, e tal pode-se dever ao facto de apresentarem um clima com bastante precipitação, sendo assim necessário menores gastos em regas dos campos de agricultura. A Jordânia, por ser um país pouco desenvolvido e industrializado,

apresenta poucos consumos de água com o setor da indústria. Em Portugal, da totalidade dos consumos, a agricultura representa quase 75% e o doméstico apenas 8%.

Um correto conhecimento dos consumos associados a cada setor, assim como a desagregação do consumo doméstico, é importante para um bom planeamento e dimensionamento das redes de distribuição de água.

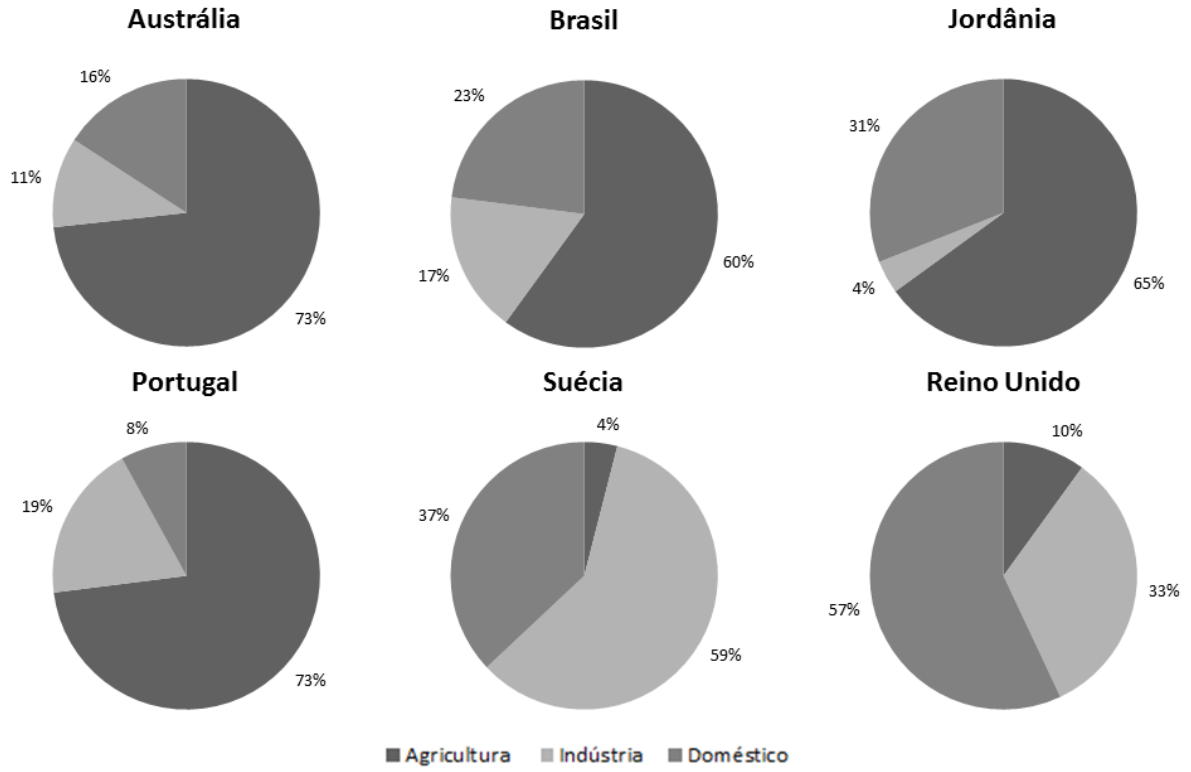

Figura 2.10 – Distribuição do consumo de água por setores [29].

2.3. Reutilização de Águas Pluviais

Perante uma situação em que a população mundial continua a crescer, a disponibilidade de água tende a diminuir e as alterações climáticas a que se tem assistido, é necessário ter em consideração soluções alternativas, uma vez que a água se está a transformar num bem escasso. Assim, a reutilização de água da chuva através de SAAP deve ser incluída na gestão do ciclo urbano da água, uma vez que pode levar a elevadas poupanças de água, substituindo a utilização de água potável em usos que não têm requisitos de potabilidade.

Uma região de elevada precipitação anual não é obrigatoriamente mais adequada para a reutilização de água da chuva comparativamente a regiões com precipitação anual inferior, sendo necessário também ter em consideração a população e o respetivo padrão de consumo. Por exemplo, na Formosa por ano chovem 2 510 mm, traduzindo-se em 4 300 m^3/ano.pessoa, enquanto no Japão a precipitação média é de apenas 1 714 mm anuais, mas que correspondem a 5 241 m^3/ano.pessoa

[1]. Assim, embora o Japão disponha de menos precipitação anual, espera-se que possa apresentar maiores níveis de poupança.

A recolha de água da chuva é um método utilizado em alguns países há já muitos anos. Na Jordânia, sistemas de recolha de água da chuva são utilizados desde 850 A.C. e a água recolhida era aproveitada tanto para usos domésticos como para irrigação [18]. Desde o fim da década de 70, têm também surgido no Quénia diversos projetos neste âmbito [30].

2.3.1. Descrição de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial

Um SAAP inclui três elementos básicos: i) uma superfície de recolha; ii) um sistema de transporte e iii) um sistema de armazenamento e distribuição. Num SAAP moderno a superfície de recolha, geralmente, é constituída pelo telhado, e a sua configuração e material por que é composto influenciam a qualidade e quantidade de água recolhida. De seguida, sendo encaminhada por tubagens, que constituem o sistema de transporte, a água recolhida é tratada. A solução de tratamento mais usual é composta por um dispositivo de *first flush* (FF), que desvia a primeira porção da água pluvial que tende a transportar os poluentes e contaminantes que se acumulam na superfície de recolha, frequentemente complementada por um filtro. Após ser tratada, a água é armazenada num tanque, que pode ser elevado ou subterrâneo, a partir do qual é transportada para os destinos finais de uso, através do sistema de distribuição. Dependendo da localização dos aparelhos que vão ser servidos pela água recolhida, poderá ser necessário a colocação de uma bomba, para garantir a pressão necessária [31]. Na Figura 2.11 encontra-se uma representação esquemática de um SAAP, considerando que o tanque se encontra subterrâneo.

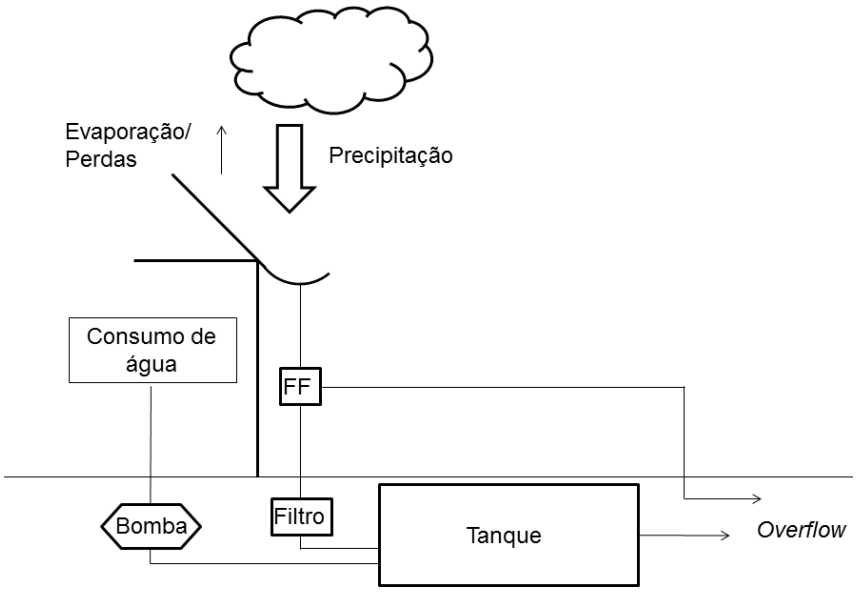

Figura 2.11 – Representação esquemática de um SAAP (adaptado de [8]).

Dada a aleatoriedade dos fenómenos pluviométricos, torna-se impossível garantir que o abastecimento seja totalmente assegurado por água da chuva. Como tal, deve-se assegurar a existência de uma fonte de água alternativa que garanta o abastecimento sempre que a quantidade de água pluvial no tanque não seja suficiente para satisfazer as necessidades de consumos existentes.

Geralmente, o tanque é de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), sendo os tamanhos mais comuns de 0,5 m^3 a 75 m^3 [32], ou de betão, em que o tamanho será de acordo com as necessidades do cliente. Apesar de existir uma grande variedade de opções para o material em que será feito o tanque, estes dois são os mais usuais por reunirem uma boa relação de fiabilidade, custo e disponibilidade [31]. O tamanho do tanque depende de muitos fatores, como a precipitação e o consumo de água, e assim a capacidade ideal deve ser otimizada para cada caso. Desta forma, há quem defina que iterando em intervalos de 1 000 L, se a poupança não aumentar mais de 0,5%, esse tamanho é o ideal, uma vez que o aumento do tamanho do tanque já não compensa o que se poupa [6].

Na Figura 2.11 encontra-se a representação do tanque ao nível subterrâneo, contudo este também pode ser elevado. Nos tanques que se encontram à superfície a instalação é mais barata e a manutenção mais fácil. Se em vez de ao nível térreo, for elevado não necessita de sistema de bombagem. Em contrapartida, ocupam espaço que poderia ser útil para outros fins, têm maior risco de aparecimento e crescimento de algas devido à exposição solar e também da água congelar nas tubagens provocando danos nas mesmas. Mais uma vez, se for elevado, há ainda o peso provocado sobre a estrutura. Por outro lado, os tanques subterrâneos encontram-se mais protegidos das condições climáticas. Contudo, requerem sistema de bombagem para transportar a água aos fins destinados com a pressão necessária, a instalação é mais cara devido às escavações necessárias, não são tão acessíveis para inspeção e manutenção e, por fim, pode haver o risco de contaminação por águas subterrâneas. Este elemento é o mais dispendioso de todo o sistema [18] [23] [31].

Como já referido, o material da superfície de recolha, assim como a sua área efetiva, afetam a eficiência da recolha e a qualidade da água. Materiais mais suaves, limpos e impermeáveis são preferíveis, uma vez que captam maior quantidade de água e com melhor qualidade. Assim, telhados cobertos por telhas ou com chapas onduladas de aço macio são uma melhor opção devido ao seu fácil uso e por fornecerem a água mais limpa. O coeficiente de escoamento, CE, é um coeficiente que tem em consideração diversas perdas que possam ocorrer aquando da recolha de precipitação. Essas perdas podem ser devido à textura do material, por evaporação ou absorção quando a água alcança o telhado, perdas nas caleiras e tanques, ineficiências no processo de recolha e ainda a água que não é aproveitada devido ao aparelho de FF [18] [31].

Diversos autores consideram um CE de 0,8 independentemente dos fatores referidos [7] [18], e a Associação Brasileira de Normas Técnicas também recomenda o mesmo valor [31]. Na Tabela 2.7 encontram-se sintetizados diversos valores de CE em função da inclinação do telhado e do material que o compõe [34].

Tabela 2.7 – Estimativas de CE em função do material de recolha (adaptado de [34]).

	Material	CE
Telhados (em geral)		0,7 – 0,95
Telhados inclinados	Betão/asfalto	0,9
	Metal	0,81 – 0,84
		0,95
	Alumínio	0,7
Telhados planos	Betuminoso	0,7
	Gravilha	0,8 – 0,85
	Cimento de regularização	0,81

Quanto à qualidade da água recolhida, esta pode deteriorar-se nos processos de recolha, armazenamento e até uso na habitação. Numa superfície de telhas ou folhas de alumínio é possível recolher água pouco, ou até mesmo, não poluída. Por outro lado, telhados de zinco, cobre ou com pinturas metálicas não são recomendados devido à forte presença de metais pesados, assim, como caleiras de bambu por causa de possíveis riscos para a saúde. O ambiente em que se pretende instalar o SAAP também tem influência na qualidade da água recolhida. A água da chuva no seu estado puro praticamente não apresenta impurezas, sendo a atmosfera que possui poluentes, tais como partículas, micro-organismos, metais pesados e substâncias orgânicas, que se depositam nos telhados e a tornam poluída quando recolhida. As áreas urbanas apresentam muito tráfego e industrialização, e como consequência a chuva é contaminada por partículas, metais pesados e substâncias orgânicas. Contrariamente, em zonas rurais, o ar é mais puro, assim como a chuva, à exceção de alguns gases dissolvidos [35].

Quanto ao tratamento da água no SAAP, como já referido, devem ser instalados um aparelho de FF e um filtro. Após um período seco, devido à deposição e acumulação de material poluente no telhado, a quantidade inicial de um evento de precipitação deve ser rejeitada, por apresentar maiores concentrações de carga poluente, que diminuem com a continuação da chuva. Esta contaminação é inferior em épocas de chuva, uma vez que as áreas de recolha são lavadas mais frequentemente pela chuva. Assim, é de notar que quanto maior o período seco antes de eventos de precipitação, maior a probabilidade de existirem mais poluentes na FF. O filtro, por sua vez, remove parte da carga poluente da água. Complementarmente, devem ser colocadas redes de arame para impedir a passagem de folhas para as tubagens. De forma a minimizar a acumulação de detritos, deve ser feita uma limpeza regular da área de recolha e antes da época de chuvas se iniciar, assim como das caleiras para evitar que estas entupam [18] [21] [31] [36].

2.3.2. Usos Não Potáveis e respetivos Potenciais de Poupança

A aplicação mais usual de um SAAP é em utilizações que não requerem água potável. Em habitações incluem-se descargas de autoclismo, lavagens de roupa, nomeadamente a máquina de lavar, podendo em alguns casos servir também para regas e lavagens de pátios ou terraços e de veículos [23]. Em instalações de maiores dimensões, como estabelecimentos comerciais ou industriais, estes

usos, para além dos referidos para habitações, incluem equipamentos de climatização, arrefecimento de equipamentos e sistemas de combate a incêndios[37]. A um nível urbano, as entidades camarárias podem também ter em conta águas pluviais para lavagens de rua e rega de jardins [37].

Foram feitos diversos estudos de forma a analisar qual a quantidade de água potável utilizada nas habitações passível de ser substituída por água da chuva. Em 1999, no Reino Unido, aferiu-se que os consumos das descargas de autoclismo correspondiam a 30% [38]. Mais tarde, em 2010, aferiu-se que para o mesmo uso, em Inglaterra e Gales, o consumo era de 26% e a máquina de lavar roupa e regas de jardim correspondiam a 12% e 7%, respetivamente [23]. Na Formosa a quantidade de água potável que pode ser substituída é 32% da totalidade, englobando usos como autoclismo, limpezas e jardinagem [39]. Enedir Ghisi concluiu que no Brasil cerca de 50% da água consumida numa habitação corresponde a utilizações que não necessitam de água potável, como descargas de autoclismo, rega, limpeza do chão e lavagem de roupa e carros [5]. Outro exemplo é na Suécia, onde os usos associados ao autoclismo, máquina de lavar roupa, lavagem de carro e limpezas correspondem a 20%, 15% e 10% da totalidade dos consumos, respetivamente [21].

Embora os valores não sejam os mesmos em todos os casos, nem as utilizações consideradas sejam todas as mesmas, é possível concluir que a instalação de um SAAP poderá levar a poupanças de água potável significativas.

Regra geral, o potencial de poupança de água potável é definido como o “Volume de água recolhido/Consumo total de água potável” e na Tabela 2.8 encontram-se sintetizados os valores obtidos de poupança em diversos estudos analisados.

Os dois casos apresentados referentes à Austrália à primeira vista podem parecer um pouco contraditórios. Em Hamilton ao considerar a irrigação, para além dos sistemas de aquecimento e autoclismo, a poupança aumenta de 45% para 60%. No segundo caso, quando se tem em conta apenas o autoclismo e a máquina de lavar roupa a poupança pode variar de 61 a 97%, mas ao acrescentar regas diminui para menos de 25%. Tal, deve-se ao facto deste estudo ser realizado em zonas áridas, e como tal, as necessidades de irrigação são muito elevadas.

O Brasil tem sido alvo de vários estudos e um deles foi feito ao nível das cinco regiões do país, tendo-se estimado poupanças de 48%, no Sudeste, a 100%, no Norte. Posteriormente, uma análise apenas na zona Sudeste do Brasil estimou a poupança média em 41%, em vez dos 48% obtidos anteriormente. Ainda no mesmo estudo, analisando os quatro estados do Sudeste do Brasil separadamente, as estimativas de poupança variaram entre 29 e 42%. Da mesma forma, um estudo que incidiu apenas sobre o Estado de Santa Catarina, no Sul do Brasil, estimou a poupança média em 69% em vez dos 82% para toda a região Sul. Demonstra-se assim que o grau de detalhe da análise tem uma influência não desprezável na estimativa do potencial de poupança decorrente da utilização de água da chuva. Quanto maior o detalhe da análise, mais fidedignos são os resultados obtidos. Outro exemplo é o caso da Jordânia, em que a média de poupança do país é de 7,056%, variando entre 0,27 e 19,7%.

Tabela 2.8 – Síntese das poupanças obtidas em diversos estudos.

País	Região	Cidade/Estado	Poupança (%)	Usos não potáveis
Alemanha [24]			30 a 60	Autoclismo, máquina de lavar roupa e irrigação
Austrália [8]	Newcastle	Hamilton	45	Sistemas de aquecimento e autoclismo
			60	Sistemas de aquecimento, autoclismo e irrigação
Austrália [40]	Regiões áridas		61 a 97	Autoclismo e máquina de lavar roupa
			<25	Autoclismo, máquina de lavar roupa e irrigação
Brasil [5]	Norte		100	Autoclismo, regas, lavagens de roupa, carro e limpeza do chão
	Nordeste		61	
	Sudeste		48	
	Sul		82	
	Central-Oeste		74	
Brasil [6]	Sudeste		41	
		Minas Gerais	42	
		São Paulo	42	
		Espírito Santo	35	
		Rio de Janeiro	29	
Brasil [7]	Sul	Santa Catarina	69	
Jordânia [18]			7,056	Usos domésticos e exteriores
		Aqaba	0,27	
		Ajlun	19,7	
Suécia [21]		Norrköping	60	Autoclismo
			40	Máquina de lavar roupa
			30	Autoclismo e máquina de lavar roupa

Em diversos casos o potencial de poupança obtido foi superior às necessidades de água potável. Por exemplo, em Norrköping, considerando apenas o autoclismo, que é 20% do total, uma poupança de 60% foi conseguida, mostrando que é possível recolher mais água do que aquela que é necessária. Assim como em Norrköping, no Brasil o mesmo foi alcançado, obtendo-se poupanças superiores a 50%, que é a totalidade dos usos não potáveis no país. Desta forma, deve ser tido em conta a possibilidade de utilização de águas pluviais para fins potáveis, com a salvaguarda de que necessita de tratamento [5].

A WHO define diversos parâmetros e intervalos de valores a cumprir no que diz respeito à qualidade da água. Na Jordânia, amostras de águas pluviais recolhidas em cisternas mostraram que os valores obtidos nos parâmetros físicos e químicos respeitavam os *standard* da WHO para água própria para consumo. Por outro lado, o mesmo não se verificou quanto à contaminação biológica [18]. Para melhorar a qualidade da água e reduzir o risco de perigo para a saúde humana, a desinfeção solar e

por recurso a cloro são dois exemplos de desinfeção barata para água armazenada, podendo assim torná-la apta para consumo humano [36].

2.3.3. Vantagens e Desvantagens

A aplicação de um SAAP tem diversas vantagens associadas [5] [23] [41]:

- pode reduzir a necessidade externa de água da cidade;
- reduz a pressão sobre este recurso, no sentido em que se consome menos água potável;
- reduz a poluição de origem não-localizada, ou seja, a poluição provocada por todo o processo que envolva levar água a uma habitação;
- o volume de escoamento urbano tratável diminui, ou seja, o caudal afluente à rede pública é menor;
- ajuda a diminuir a ocorrência de cheias, ou a atenuar os seus efeitos;
- atenua as consequências das alterações climáticas;
- reduz o custo associado ao consumo de água potável;
- reduz a taxa a que a disponibilidade de água diminui.

Através da recolha de água da chuva, as consequências das alterações climáticas são atenuadas, no sentido em que durante épocas de seca as necessidades de água podem ser garantidas com a quantidade que estiver armazenada em tanques. Quanto às cheias, ao diminuir-se o escoamento superficial é possível atenuar os seus efeitos, ou até mesmo evitar a sua ocorrência.

Quanto ao último aspeto referido nas vantagens, foi desenvolvido um estudo no Brasil que analisou, entre outros aspetos, a disponibilidade de água com e sem SAAP [5]. Conforme se pode observar pela Figura 2.12 e Figura 2.13, ao considerar a utilização de água da chuva, embora a disponibilidade de água continue a reduzir, ocorre a uma taxa muito inferior do que sem SAAP.

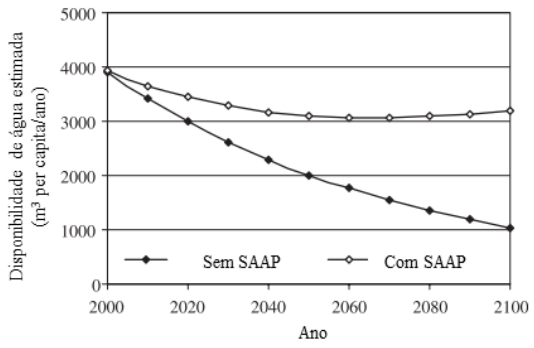

Figura 2.12 – Disponibilidade de água estimada na zona nordeste do Brasil (adaptado de [5]).

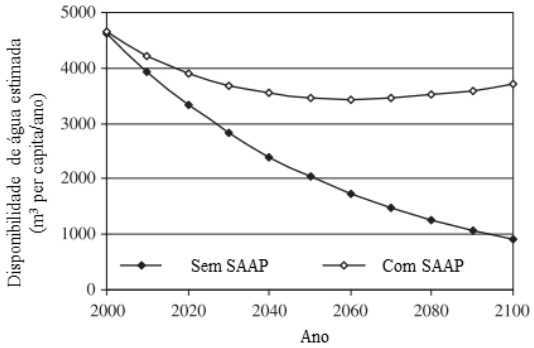

Figura 2.13 – Disponibilidade de água estimada na zona sudeste do Brasil (adaptado de [5]).

Relativamente às desvantagens, destacam-se o facto das poupanças financeiras serem superiores quando a instalação de um SAAP ocorre durante a construção da habitação, uma vez que se projeta toda a estrutura já tendo em consideração este sistema, evitando-se assim alterações nas canalizações existentes [23]. Para além da poupança financeira, o sistema também é mais eficiente quando aplicado de raiz [18]. Outro aspeto é a sua dependência de diversos fatores, como a necessidade de água potável, consumo de água da chuva, área de recolha da habitação em questão e também da precipitação diária da zona onde esta se insere [6]. Por fim, estes sistemas requerem um controlo da qualidade da água, de forma a não pôr em causa a saúde humana e o correto funcionamento do SAAP.

3. Metodologia para Avaliação

No âmbito da presente dissertação, propõe-se uma metodologia de avaliação do potencial de utilização de água da chuva à escala urbana tendo em consideração características do edificado que envolve três componentes (Figura 3.1):

- caracterização do consumo de água (capítulo 3.1);
- caracterização da malha urbana (capítulo 3.2);
- caracterização do regime de precipitação (capítulo 3.3).

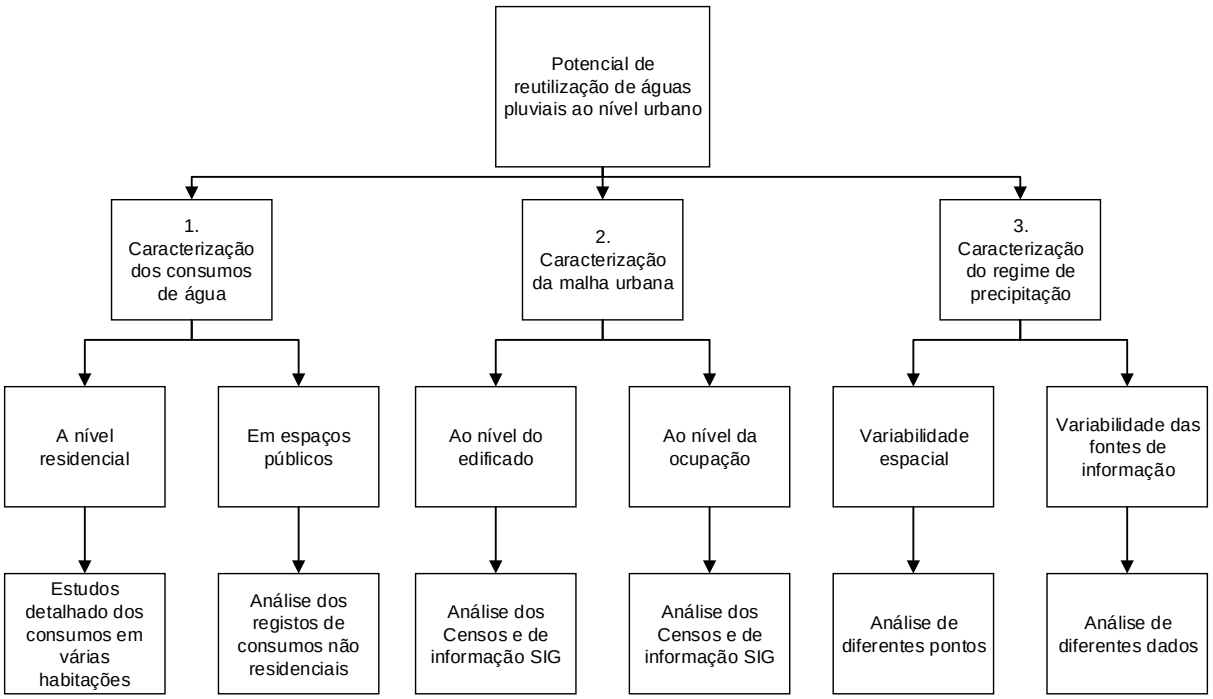

Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia desenvolvida.

Esta metodologia foi aplicada à cidade de Lisboa (capítulo 3.4) conforme descrito de seguida.

3.1. Consumos de Água

Um dos dados fundamentais para a determinação da viabilidade de um SAAP é o consumo de água *per capita* numa habitação. Inicialmente, estudaram-se os hábitos de consumo de uma habitação familiar tipo, de forma a determinar a percentagem de consumo de água associada a cada aparelho que requer a utilização de água. A tabela utilizada nesta fase encontra-se no Anexo 1.

Relativamente ao seu preenchimento, solicitou-se:

- que tirassem uma leitura de manhã antes de iniciarem os consumos, ao início da tarde e ao deitar;

- que registassem as utilizações efetuadas em cada aparelho (máquina de lavar roupa, máquina de lavar louça, lava-louça, lavatório, bidé, banheira e autoclismo) durante os mesmos três períodos em que retiraram a leitura do contador;
- o modelo da máquina de lavar roupa, que permite aferir o consumo por cada utilização da mesma, ou opcionalmente, indicar diretamente o seu consumo;
- a descarga do autoclismo, mediante medições no contador antes e depois da sua utilização;
- por fim, no caso de se ter empregada doméstica, indicar o(s) dia(s) de trabalho, uma vez que os consumos nesses dias poderão ser ligeiramente diferentes dos restantes.

Numa 2ª fase, de forma a obter valores mais representativos relativamente à percentagem de água passível de ser substituída por água da chuva, ou seja, a água utilizada em máquinas de lavar roupa e autoclismos, conduziu-se um estudo em diversas casas. Foi pedido que preenchessem uma tabela semelhante à que se encontra apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Quadro utilizado no estudo de consumo em habitações.

Nome:							
Morada:							
Agregado familiar (Nº pessoas):		Tipologia:		Dia de início:		Leitura inicial (m^3)	

	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
Leitura do contador (m^3)							
Horas							

	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo	Consumo por utilização (l)
Modelo da máquina de lavar roupa:								
Máquina de lavar roupa (utilizações)								
Autoclismo (utilizações)								

O preenchimento desta tabela difere da utilizada na primeira análise apenas nos seguintes aspetos:

- solicitou-se que tirassem apenas uma leitura de manhã antes de iniciarem os consumos, de forma a ser a leitura "zero";
- depois de apontada a leitura inicial, que registassem os consumos efetuados em autoclismo e máquina de lavar roupa, até tirar a leitura do fim do dia;
- após tirar a leitura do fim do dia, os consumos efetuados já seriam no dia seguinte;
- a leitura do contador devia ser apontada diariamente à mesma hora, por forma a ter-se conhecimento do consumo efetivo num intervalo de 24 horas na habitação e, consequentemente, tendo conhecimento do agregado familiar, o consumo *per capita*.

Tendo-se verificado que a descarga do autoclismo foi praticamente a mesma em todas as casas abrangidas pelo estudo que responderam a esta questão, adotou-se este valor nos casos em que essa informação não foi fornecida.

Embora a aplicação mais direta de um SAAP seja num edifício de habitação, também se pode aproveitar água da chuva para fins como lavagens de rua ou regas de jardins, uma vez que dispensam características de potabilidade. Para se obter os consumos associados a estes usos, contactou-se a câmara municipal da cidade.

3.2. Malha Urbana

Outro aspeto importante a definir é a malha urbana, tanto o edificado presente como a sua ocupação. Por consulta do Censos de 2011, que abrange toda a área de Portugal continental e arquipélagos dos Açores e Madeira, foi possível obter informação relativamente aos edifícios [42]. A informação continha o número de edifícios que existem com, por exemplo, 1 piso e 1 alojamento ou 5 pisos e 4 alojamentos. Analisou-se apenas a informação relativa ao número de pisos, começando-se por analisar o número de edifícios com 1 até 7 ou mais pisos de cada freguesia, detetando-se algumas similaridades entre freguesias vizinhas e optando por agrupá-las. Desta forma, foi possível definir zonas distintas na cidade, tendo por base apenas o número de pisos.

De seguida, foi necessário recolher informação relativa ao edificado da cidade, como a área de implantação dos edifícios. Esta informação foi inserida no programa *ArcGis*, sobrepondo-a com a dos limites das freguesias, sendo assim possível determinar o centróide de cada uma das zonas assim como o da cidade.

Após a caracterização do edificado é necessário realizar uma análise ao nível da ocupação, nomeadamente os residentes, dos edifícios em cada uma das zonas definidas. Para tal, recorreu-se a informação disponível no *site* da câmara municipal referente a cada freguesia, sendo assim possível determinar o número de residentes por cada zona. Juntamente com esta informação também foi possível determinar o número de famílias existentes em cada uma das regiões e, desta forma, o número de habitantes por apartamento.

3.3. Regime de Precipitação

Para se analisar o potencial de reutilização de águas pluviais é necessário realizar um estudo ao nível da precipitação. Neste estudo, um ano será referente a um ano hidrológico, ou seja, desde o dia 1 de Outubro até 30 de Setembro do ano seguinte. Inicialmente, consultaram-se diversos dados, como por exemplo do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) que abrange toda a área de Portugal [43].

Para fazer a análise espacial ao nível da cidade, recorreu-se a uma funcionalidade do programa *ArcGis*, *Geostatistical Analyst*, mais concretamente à ferramenta *Geostatistical Wizard – Inverse Distance Weighting*. Inserindo os dados de precipitação anual, este comando calcula a distribuição espacial da precipitação, dando maior peso à precipitação observada num ponto mais próximo e menos peso a um ponto que se encontre mais distante, obtendo-se assim um mapa de variabilidade da precipitação em toda a cidade.

Numa análise mais pormenorizada, como é o caso da análise à escala dos edifícios, os dados utilizados foram os de precipitação diária, pois não é adequado considerar uma escala com uma dimensão tão elevada como a anual.

3.4. Aplicação à Cidade de Lisboa

Inicialmente, estudaram-se os consumos numa habitação familiar em Lisboa, durante 15 dias, de forma a obter os consumos associados a cada utilização e respetiva percentagem do consumo total. De seguida, conduziu-se um segundo estudo em 15 casas, também em Lisboa, por uma semana, para se obterem valores mais representativos quanto à quantidade de água passível de ser substituída por água da chuva. Abrangeram-se tanto casas familiares como de estudantes, não se restringindo apenas a uma zona da cidade.

Para se obterem os consumos associados a lavagens de rua e regas, contactou-se a Câmara Municipal de Lisboa (CML) e analisou-se a Matriz da Água de Lisboa de 2014 [25]. Constatou-se que é utilizada água potável na sua grande maioria, mas que já se recorre à utilização de água tratada, proveniente da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Chelas para lavagens de rua. A água potável tem como destino lavagens manuais, ou seja, recorrendo a mangueiras, podendo ocasionalmente também servir para encher o depósito de algumas viaturas que efetuem lavagem mecânica, e a sua fonte é maioritariamente bocas-de-incêndio, ou bocas de rega, situadas nas fachadas dos edifícios. Relativamente à água proveniente da ETAR, esta é destinada apenas à lavagem mecânica dos arruamentos, ou seja, através da utilização de viaturas com depósito de água.

Relativamente à caracterização da malha urbana, consultou-se, como já referido, o Censos de 2011, obtendo-se a informação da cidade de Lisboa relativamente ao número de pisos dos edifícios. Os dados disponíveis encontravam-se de acordo com a antiga organização das freguesias de Lisboa, e como tal, o estudo foi feito a esse nível. Contudo, notou-se que as freguesias que com a organização administrativa de Lisboa, Lei 56/2012 de 8 Novembro [44], se fundiram, encontravam-se dentro da mesma zona de edificado.

O Centro de Informação Urbana de Lisboa (CIUL) facultou informação relativa ao edificado da cidade, que continha dados como a área de implantação dos edifícios, que se considerou a área de recolha de água pluvial. Inseriu-se esta informação no programa *ArcGis*, sobrepondo-a com a relativa aos atuais limites administrativos das freguesias de Lisboa, disponível no *site* da Direcção-Geral do

Território [45], e determinou-se o centróide correspondente a cada uma das zonas definidas assim como da cidade de Lisboa.

Para a caracterização dos residentes, consultou-se informação disponível no *site* da CML para cada freguesia [44] e foi possível obter a informação relativa à população existente e, desta forma, o número de residentes de cada uma das zonas. Com esta informação também foi possível determinar o número de famílias existentes em cada uma das regiões. Toda esta informação tem como fonte o Censos de 2011 [46], contudo optou-se por utilizar os dados disponíveis pela CML por apresentarem informação mais completa, como por exemplo o número de famílias, que não estava disponibilizado no Censos de 2011. Procedeu-se à validação dos dados comparando o valor da dimensão média familiar para o município de Lisboa [47] com o valor obtido pelo *site* da CML.

O estudo realizado ao nível da precipitação incidiu sobre a cidade de Lisboa. Foram recolhidos registos de precipitação do SNIRH, referentes à estação meteorológica de Sacavém de Cima, e da Transtejo [48], referentes à estação meteorológica no Cais do Sodré. As coordenadas destas estações encontram-se na Tabela 3.2 e as suas localizações na Figura 3.2. Também foram recolhidos os dados referentes à estação no Instituto Superior Técnico e em Algés, porém optou-se por não os utilizar por apresentarem pouca representatividade temporal e algumas falhas ao longo do período de recolha de dados.

A estação de Sacavém de Cima apresenta dados desde o ano 1980/81 até 2001/02, e a da Transtejo, sendo mais recente, tem dados desde 1 de Janeiro de 2010. Relativamente à segunda, foram considerados os registos de precipitação apenas a partir de 1 de Outubro de 2010, para se analisar anos hidrológicos completos, o que corresponde a uma amostra com 4 anos de registos (2010/11 até 2013/14).

Tabela 3.2 – Coordenadas das estações meteorológicas Transtejo e Sacavém de Cima.

Estação	Latitude (N)	Longitude (W)
Transtejo	38,705°	9,145°
Sacavém de Cima	38,794°	9,113°

Figura 3.2 – Localização das estações meteorológicas Transtejo e Sacavém de Cima.

Embora estas estações se encontrem um pouco distanciadas, abrangem ainda uma grande parte da cidade de Lisboa. Porém, os dados mais recentes da estação de Sacavém são referentes a 2001/02 e os do Cais do Sodré, embora mais atuais, não apresentam uma grande representatividade temporal.

Os dados devem ter representatividade temporal, e para assegurar que isso se verificava, analisaram-se os dados de um estudo disponível no Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) sobre a precipitação em Portugal continental com uma resolução definida por quadrículas com aproximadamente 22 km x 22 km [15]. Estes dados apresentam uma grande representatividade temporal, uma vez que se iniciam no ano 1950/51 até 2002/2003.

Para a cidade de Lisboa identificaram-se 5 pontos que limitam e permitem caracterizar a distribuição espacial da precipitação na área de interesse. Os pontos utilizados foram o P173, P174, P175, P185 e P186. As suas coordenadas encontram-se na Tabela 3.3 e a sua representação na Figura 3.3.

Tabela 3.3 – Coordenadas dos pontos P173, P174, P175, P185 e P186.

Pontos	Latitude (N)	Longitude (W)
P173	38,8°	9,4°
P174	38,8°	9,2°
P175	38,8°	9,0°
P185	38,6°	9,2°
P186	38,6°	9,0°

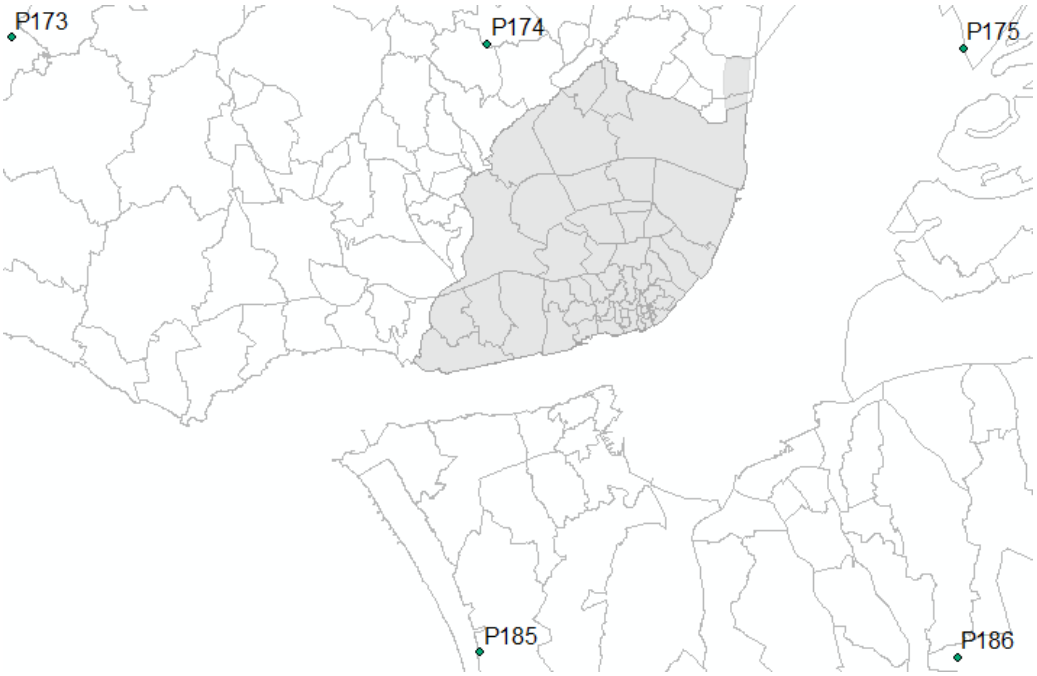

Figura 3.3 – Localização dos pontos P173, P174, P175, P185 e P186.

Existindo anos coincidentes entre estes dados e os disponíveis na estação de Sacavém de Cima, designadamente no período de 1980/81 a 2001/02, analisou-se a correlação existente entre os mesmos. Tendo por base a precipitação anual relacionou-se os dados de Sacavém de Cima com os dos pontos P174 e P175, tendo em consideração as distâncias entre os pontos, obtendo-se uma correlação de 0,87. Desta forma, utilizaram-se os dados do estudo, por apresentarem uma maior representatividade temporal.

Para se analisar a distribuição da precipitação ao longo do ano, consideraram-se os dados diários no intervalo dos 53 anos, a que corresponde o estudo, e caracterizou-se a variação mensal da precipitação em torno da mediana.

No decorrer da análise espacial ao nível da cidade foi necessário decidir se se consideraria apenas a distância, "d", ou o quadrado da distância, "d^2". Fez-se a análise para os dois casos e recolheram-se os dados do ponto da estação selecionada do SNIRH, Sacavém de Cima, e, posteriormente, compararam-se com os valores obtidos no *ArcGis* considerando cada uma das variáveis, tendo por base os 5 pontos referidos do estudo. Como se pode observar pela Figura 3.4, os dados obtidos no *ArcGis* encontram-se muito próximos da realidade, apresentando uma correlação de 0,867 e 0,871 considerando d e d^2, respetivamente.

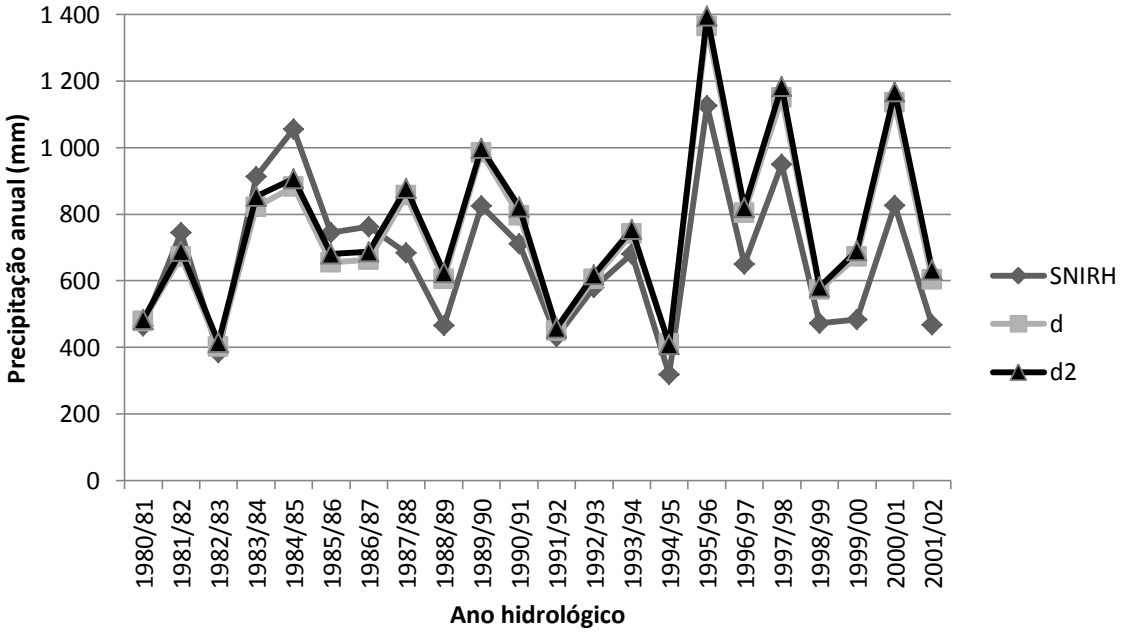

Figura 3.4 – Representação da precipitação anual na estação de Sacavém de Cima, considerando os dados reais (SNIRH) e os do *ArcGis*.

Optou-se por considerar apenas "d", uma vez que como não se dispõe de uma malha com muitos pontos, não se deve dar demasiada importância à distância. Desta forma, tendo por base os dados de precipitação de 53 anos nos pontos em redor da cidade, fez-se a análise para esse intervalo temporal. No Anexo 2 encontram-se os valores de precipitação anual obtidos no *ArcGis* para cada uma das zonas e cidade, tendo-se considerado como representativo o respetivo ponto centróide.

Relativamente à análise ao nível dos edifícios, uma vez que não seria exequível inserir os dados diários dos pontos do estudo circundantes à cidade ao longo de 53 anos, e depois retirar a precipitação correspondente aos centróides de cada uma das zonas, determinaram-se estes dados recorrendo a uma fórmula de *inverse distance weighting.*

Tendo por base os dados anuais recolhidos na análise à escala da cidade para cada uma das zonas, determinou-se uma expressão que tivesse em consideração os valores de precipitação nos pontos circundantes à cidade, assim como a distância a cada um dos centróides das zonas, obtendo-se valores de correlação de 0,9999 e 1,000 entre os valores fornecidos pelo *ArcGis* (já apresentados no Anexo 2) e os calculados pela expressão, que se encontram no Anexo 3. Desta forma, calcularam-se os valores de precipitação diária em cada um dos centróides das zonas recorrendo à expressão, uma vez que se obtêm valores bastante próximos dos obtidos pelo *ArcGis*.

4. Dados de Base para Lisboa

4.1. Caracterização dos Consumos de Água em Lisboa

A caracterização dos consumos de água em Lisboa divide-se em duas categorias: ao nível da habitação e ao nível da cidade. No capítulo 4.1.1 apresenta-se o consumo de água nas habitações, em que os dados apresentados foram recolhidos através de campanha de medição, abrangendo desde casas familiares a apartamentos de estudantes, por toda a cidade de Lisboa. O consumo de água ao nível da cidade, ou seja, por parte da CML é apresentado no capítulo 4.1.2, e esta informação foi recolhida junto da própria câmara.

4.1.1. Consumo de Água nas Habitações

O trabalho desenvolvido para a avaliação dos consumos de água nas habitações, descrito no capítulo 3.1, conduziu aos resultados apresentados na Figura 4.1, Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4 e Figura 4.5.

Com a primeira análise realizada, ou seja, considerando apenas uma habitação tipo, obtiveram-se valores percentuais de consumo relativos em cada equipamento que requer a utilização de água. Na Figura 4.1 apresentam-se os valores obtidos de consumo médio diário *per capita* por equipamento.

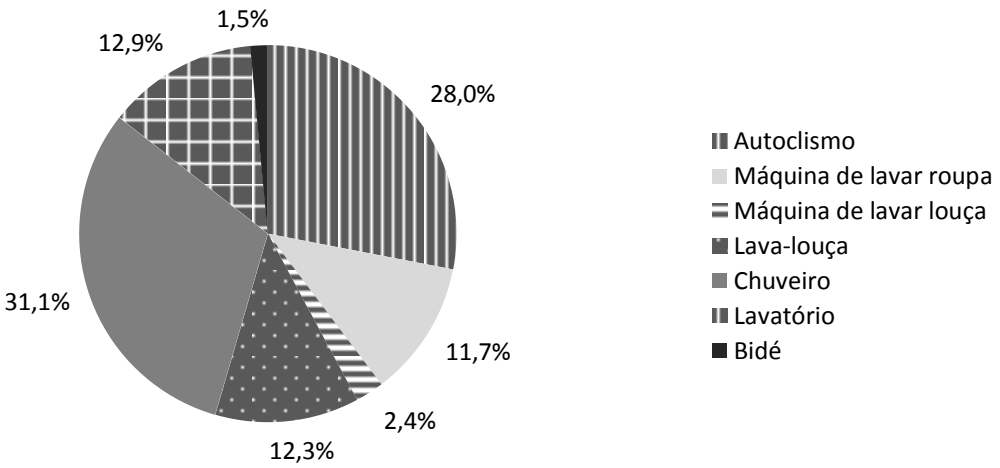

Figura 4.1 – Resultados da campanha de medição do consumo médio diário *per capita* por equipamento.

Conforme se pode observar pela Figura 4.1, a quantidade de água consumida numa habitação que pode ser substituída por água da chuva representa 39,7% do consumo total. Comparando com os outros valores apresentados no capítulo 2.3.2, o valor associado às descargas de autoclismo é da mesma ordem de grandeza, ou seja, entre 20% e 30%, sendo ligeiramente superior ao apresentado também para Lisboa em 2005, que era de 22%. Relativamente à máquina de lavar roupa, o valor aumentou em comparação com 2005, passou de 6% para 11,7%, contudo é inferior aos apresentados no capítulo 2.3.2. Na Figura 4.2 encontra-se sintetizada a informação relativa à quantidade diária de consumo potável e não potável, *per capita*.

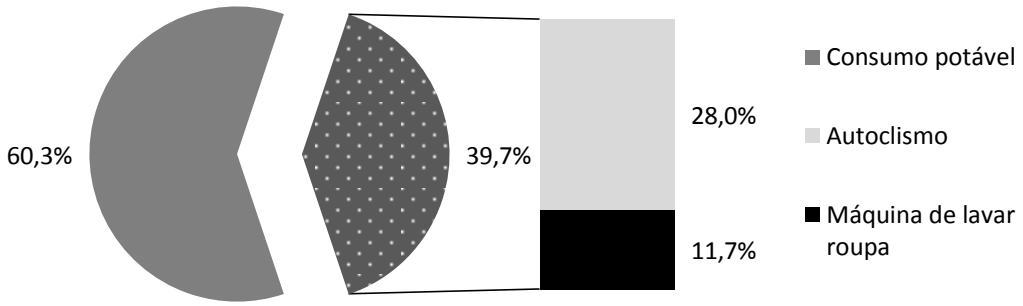

Figura 4.2 – Resultados da campanha de medição da quantidade diária de consumo potável e não potável, *per capita*.

Tendo por base os valores apresentados anteriormente, realizou-se uma segunda análise, abrangendo mais habitações, de forma a obter valores de consumo mais fidedignos. Nas 15 habitações consideradas em Lisboa obteve-se o consumo *per capita* ao longo da semana, sendo assim possível adotar um valor médio diário. De seguida, apresentam-se os consumos diários totais e não potáveis, considerando apenas casas familiares (Figura 4.3), casas de estudantes (Figura 4.4) e tendo em conta estes dois tipos de casa em simultâneo (Figura 4.5).

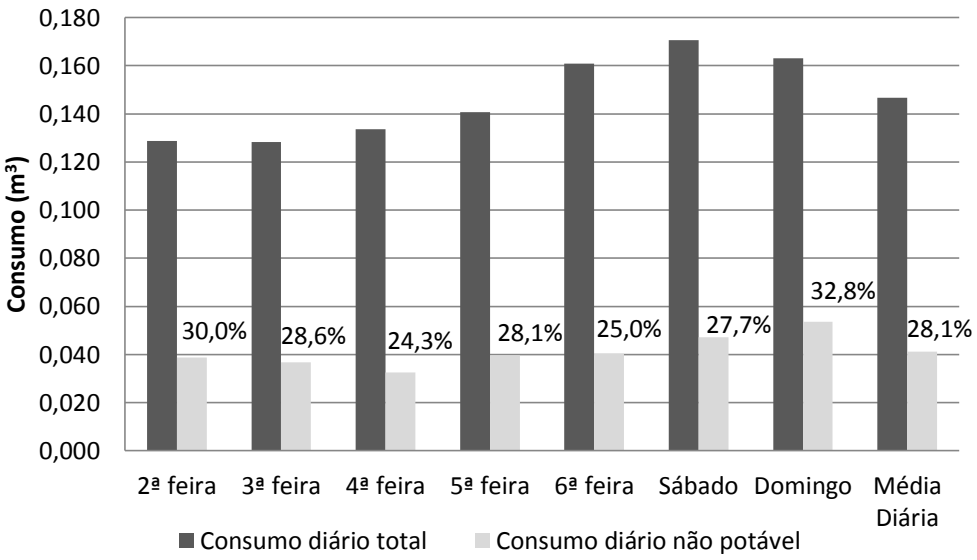

Figura 4.3 – Resultados da campanha de medição do consumo diário *per capita* em 13 casas familiares.

Dada a irregularidade acentuada do consumo nas casas de estudantes, Figura 4.4, procedeu-se a uma análise mais detalhada. Essa análise permitiu identificar que os valores anómalos resultavam apenas de uma situação, que constitui claramente um *outlier*, e como tal, foi removido da amostra para efeitos da análise conjunta do consumo *per capita* de casas familiares e de estudantes.

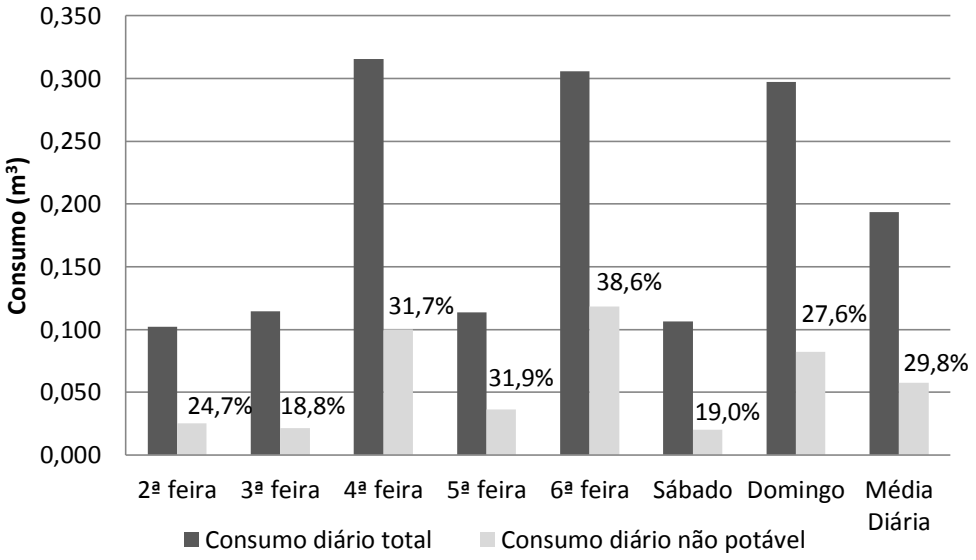

Figura 4.4 – Resultados da campanha de medição do consumo diário *per capita* em 2 casas de estudantes.

Assim, na Figura 4.5 é possível observar o consumo diário *per capita* registado ao longo da semana e a média diária considerada.

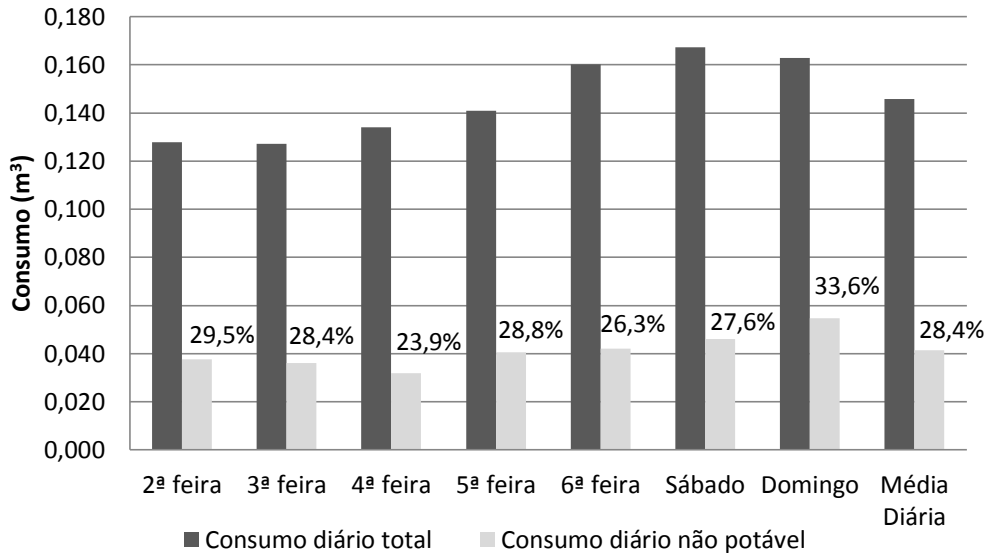

Figura 4.5 – Consumo diário *per capita*.

Após este estudo, concluiu-se que o consumo médio diário *per capita* corresponde a 0,146 m^3, sendo que 0,041 m^3 são de utilizações em água não potável, o que corresponde a 28,4% do total. Assumiu-se que o consumo é semelhante em toda a cidade e que não apresenta variabilidade significativa ao longo do ano. Esta assunção é uma simplificação que pode ser significativa porque a amostra é limitada e existe variação do consumo de água ao longo do ano e entre anos. Relativamente à variação do consumo ao longo do ano, um estudo realizado em Mafra aferiu que nos meses de Verão, Junho a Agosto, o consumo aumenta em média 1%, comparativamente aos consumos

observados de Dezembro a Fevereiro [49]. Comparando os dados apresentados com os resultados disponíveis na Matriz da Água de Lisboa 2014, verifica-se que houve um ligeiro aumento do consumo diário de água, relativamente a 2014, passando de 142 L/hab.dia para 146 L/hab.dia [25], contudo é inferior ao observado na Matriz da Água de Lisboa 2004, que era 152 L/hab.dia [27].

4.1.2. Consumos de Água da Câmara Municipal de Lisboa

Para além dos consumos numa habitação, também se pretendeu aferir os consumos ao nível urbano, sendo que estes valores foram recolhidos junto da entidade responsável pela sua gestão.

Consultando a Matriz da Água de Lisboa 2014 constata-se que 15% da água consumida no concelho de Lisboa corresponde a consumos por parte da câmara municipal, conforme se pode observar na Figura 4.6. No ano de 2014 estes consumos foram de 8 200 x 10^3 m^3 [25].

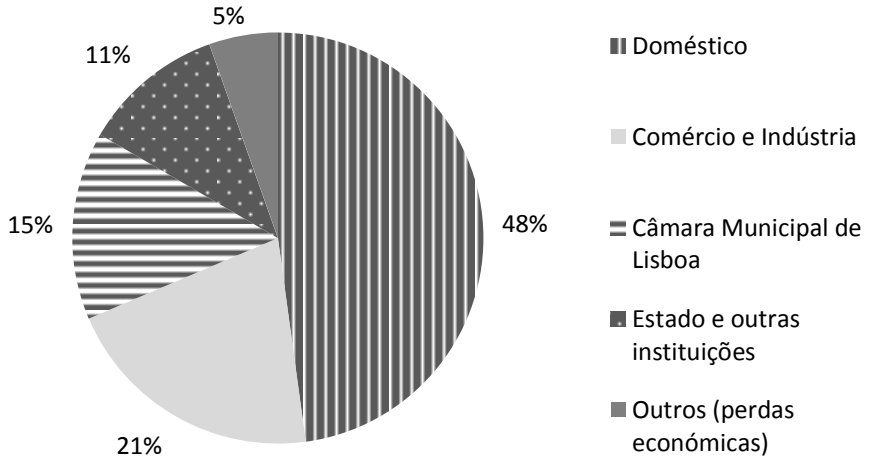

Figura 4.6 – Desagregação dos consumos de água potável no concelho de Lisboa (adaptado de [25]).

Excluindo o volume correspondente ao consumo doméstico, é possível concluir, pela Figura 4.7, que a CML constitui-se como o maior consumidor não doméstico, apresentando 32% do total deste tipo de consumo.

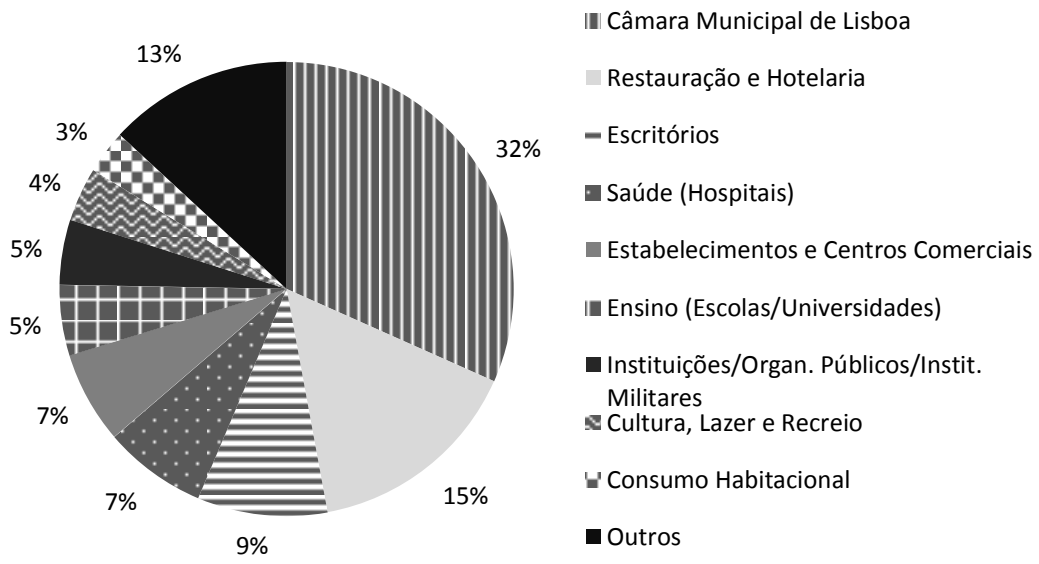

Figura 4.7 – Desagregação do consumo não doméstico de água potável no concelho de Lisboa (adaptado de [25]).

Considerando apenas os consumos da CML (Figura 4.8), verifica-se que cerca de 75% podem ser substituídos por água pluvial, que corresponde aos consumos com regas de jardins, 4 400 x 10^3 m^3, e lavagens de ruas, 1 700 x 10^3 m^3.

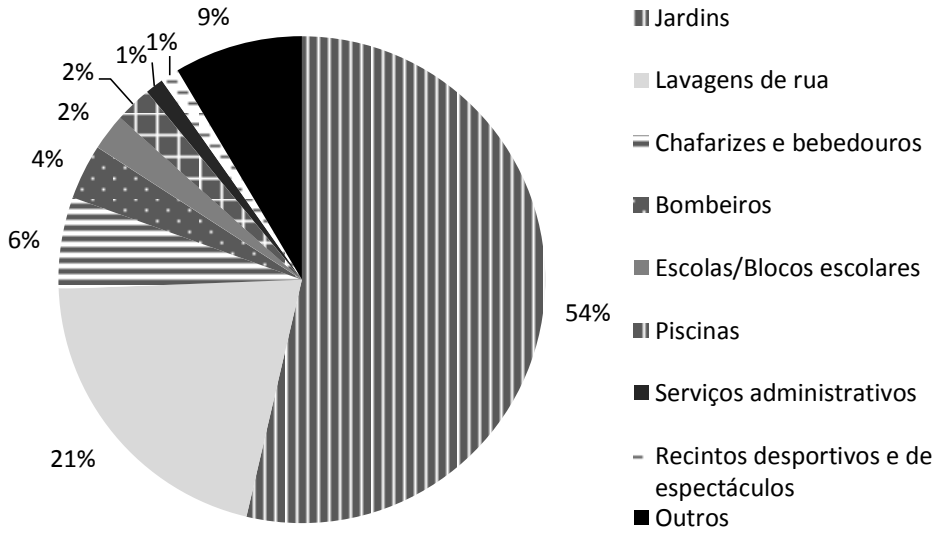

Figura 4.8 – Desagregação do consumo de água potável da CML (adaptado de [25]).

Embora a CML apresente elevados consumos de água potável, tem vindo a investir na reutilização de água residual tratada (ART) disponível na ETAR de Chelas, aproveitando-a, maioritariamente, para lavagem mecânica dos arruamentos. A lavagem manual, dado a maior possibilidade de contacto com os trabalhadores, tem como fonte as bocas-de-incêndio ou bocas de rega. Conforme se pode observar pela Tabela 4.1 e Figura 4.9 o volume de ART reutilizada pela CML de 2009 a 2014 tem

vindo a aumentar, mas representa ainda uma reduzida parcela, apenas 0,4% do consumo total em lavagens de arruamentos e regas de espaços verdes no ano 2014.

Tabela 4.1 – Evolução dos dados de ART reutilizada pela CML, de 2009 a 2014 (adaptado de[25]).

Evolução	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Água reutilizada pela CML (m^3)	2 850	7 976	13 025	14 127	24 733	23 638

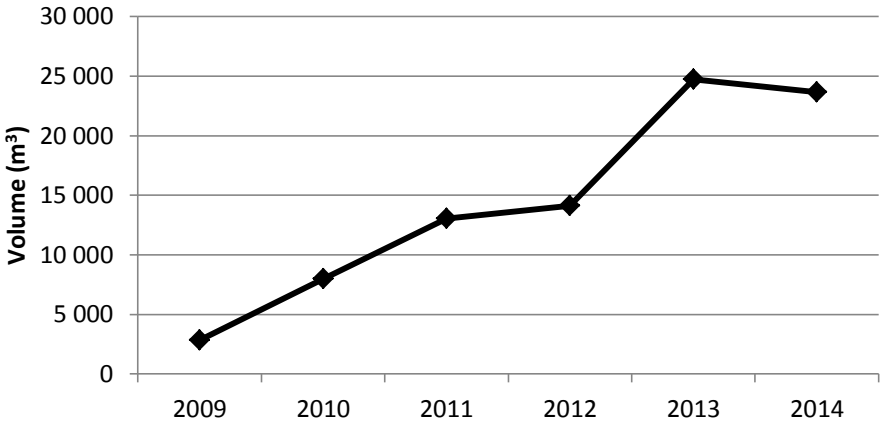

Figura 4.9 – Evolução da ART reutilizada pela CML, de 2009 a 2014 (adaptado de [25]).

Assim, os consumos totais no ano de 2014 por parte da CML em lavagens de arruamentos e regas de espaços verdes encontram-se sintetizados na Figura 4.10 e na Tabela 4.2.

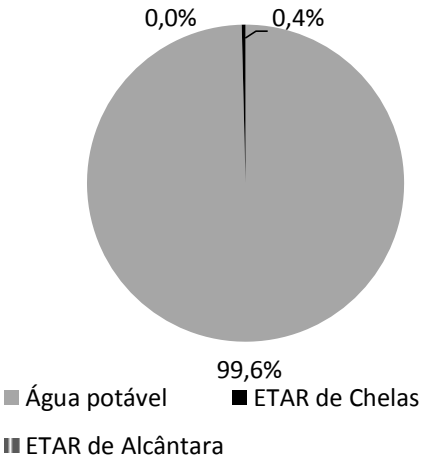

Figura 4.10 – Distribuição dos consumos em regas de espaços verdes e lavagens de arruamentos, no ano de 2014.

Tabela 4.2 – Distribuição dos consumos em regas de espaços verdes e lavagens de arruamentos, no ano de 2014.

	Consumo (m^3)	%
Água potável	6 100 000	99,6%
ETAR de Chelas	23 409	0,4%
ETAR de Alcântara	229	0,0%
Total	6 123 638	100%

4.2. Caracterização da Malha Urbana

4.2.1. Caracterização do Edificado

Como já referido no capítulo 3.2, dividiu-se a cidade de Lisboa em zonas, tendo como referência as semelhanças em termos do número de pisos do edificado presente. Optou-se assim por criar seis zonas distintas, que incluem as várias freguesias da cidade. Na Tabela 4.3 apresenta-se a informação das freguesias que constituem cada uma das zonas e na Figura 4.11 a representação das mesmas.

Tabela 4.3 – Constituição das seis zonas de Lisboa.

Zona A	Ajuda
	Alcântara
	Belém
	Campo de Ourique
	Campolide
	Estrela
Zona B	Arroios
	Beato
	Misericórdia
	Penha de França
	Santa Maria Maior
	Santo António
	São Vicente

Zona C	Areeiro
	Avenidas Novas
	São Domingos de Benfica
Zona D	Alvalade
Zona E	Benfica
	Carnide
	Lumiar
	Marvila
	Olivais
	Parque das Nações
Zona F	Santa Clara

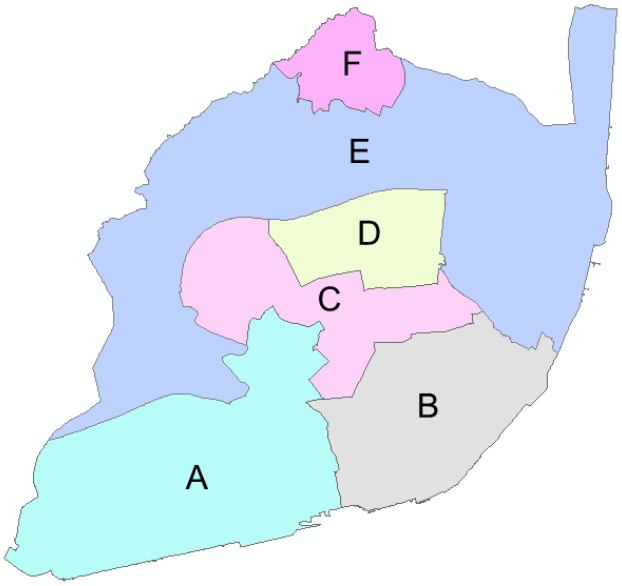

Figura 4.11 – Definição das zonas da cidade de Lisboa.

Tendo as zonas definidas procedeu-se à sua caracterização. Na Figura 4.12 é possível observar a percentagem correspondente aos edifícios com 1 até 7 ou mais pisos, associada a cada zona. As zonas A e F caracterizam-se por prédios com reduzido número de pisos, em que mais de 50% são de 1 ou 2 pisos. A zona B é um pouco semelhante às referidas anteriormente, no sentido em que também não apresenta muitos prédios elevados, mas na sua maioria são de 3 ou 4 pisos, sendo

possível também encontrar com alguma facilidade alguns edifícios de 5 pisos. A zona C caracteriza-se por ser uma zona mais alta, onde cerca de metade dos edifícios apresentam 4 ou 7 ou mais pisos, em que os últimos representam 28% da totalidade. Na zona D a maioria dos edifícios são de 3 ou 4 pisos, representando 46% da totalidade, mas os edifícios de 7 ou mais pisos também têm alguma representatividade, 15%. Por fim, a zona E tem uma grande percentagem de edifícios de 7 ou mais pisos, 24%, assim como de 2 pisos, 31%.

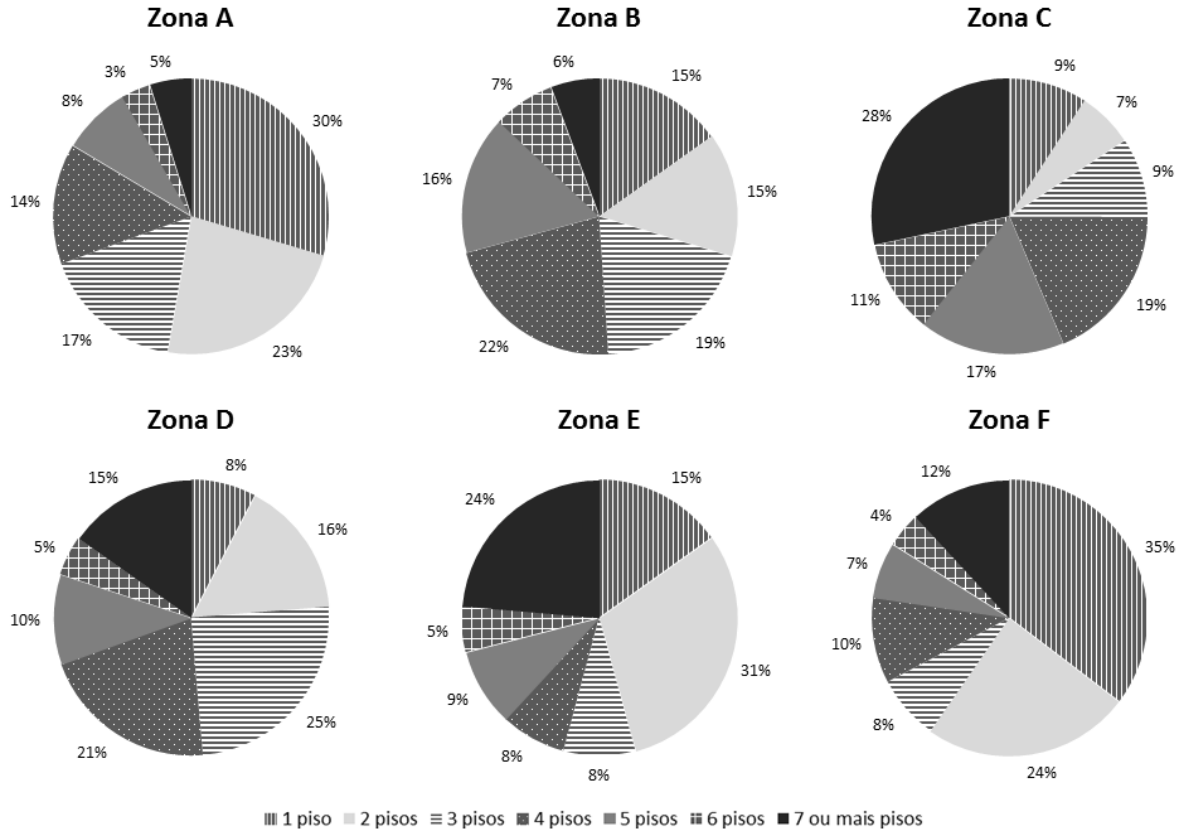

Figura 4.12 – Caracterização das diferentes zonas da cidade de Lisboa de acordo com o número de pisos.

A zona E, por abranger uma grande área da cidade e ser bastante extensa, optou-se por subdividi-la em duas zonas, E.1 e E.2, de forma a ser possível obter valores mais representativos nos estudos em diante, mais concretamente na caracterização dos residentes e do regime de precipitação. Desta forma, a zona E.1 engloba Benfica, Carnide e Lumiar, enquanto que a zona E.2 inclui Olivais, Parque das Nações e Marvila. De salientar que se considerou que estas duas zonas são idênticas relativamente à caracterização do edificado, ou seja, o número de pisos característico é semelhante, conforme se pode confirmar pelos valores apresentados na Tabela 4.4. A zona E.1 apresenta maioritariamente edifícios de 2 e 7 ou mais pisos, 31% e 27% respetivamente, a par que na zona E.2 as percentagens correspondem a 30% e 20%, respetivamente.

Tabela 4.4 – Caracterização das diferentes zonas da cidade de Lisboa de acordo com o número de pisos.

Zona	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
A	30 %	23 %	17 %	14 %	8 %	3 %	5 %
B	15 %	15 %	19 %	22 %	16 %	7 %	6 %
C	9 %	7 %	9 %	19 %	17 %	11 %	28 %
D	8 %	16 %	25 %	21 %	11 %	5 %	15 %
E.1	16 %	31 %	6 %	6 %	8 %	6 %	27 %
E.2	14 %	30 %	11 %	10 %	11 %	5 %	20 %
F	35 %	24 %	8 %	10 %	7 %	4 %	12 %

Com a informação disponibilizada pelo CIUL, como referido no capítulo 3.4, foi possível inserir no programa *ArcGis* a informação relativa ao edificado da cidade (Figura 4.13).

Figura 4.13 – Representação do edificado na cidade de Lisboa.

Como se pode observar pela Figura 4.13, existem freguesias que apresentam elevada densidade de edifícios, por exemplo Misericórdia e Santa Maria Maior que se encontram representadas por “1”, enquanto que outras, por exemplo Benfica e Alcântara, “2”, apresentam uma elevada quantidade de espaços verdes.

Os limites das freguesias do município de Lisboa encontravam-se disponíveis no *site* da Direcção-Geral do Território [45]. Inserindo essa informação no *ArcGis*, foi possível obter a área correspondente a cada uma delas. Desta forma, na Tabela 4.5 apresenta-se a área de edificado existente em cada uma das zonas e em Lisboa, a área total das mesmas, assim como a percentagem de edificado.

Tabela 4.5 – Quantificação da área total e de edifícios, por zona e em Lisboa.

Zona	Área total (ha)	Área edif (ha)	% Edifícios
A	2 028	376	19%
B	1 138	426	37%
C	903	233	26%
D	534	125	23%
E	3 714	537	14%
F	336	51	15%
Lisboa	8 653	1 747	20%

Na Tabela 4.6 apresentam-se os valores de área total e do edificado nas zonas E.1 e E.2, assim como a percentagem de edifícios presentes, mostrando mais uma vez que a caracterização do edificado é semelhante.

Tabela 4.6 – Quantificação da área total e de edifícios nas zonas E.1 e E.2.

Zona	Área total (ha)	Área edif. (ha)	% Edifícios
E.1	1 829	253	14%
E.2	1 885	285	15%

4.2.2. Caracterização dos Residentes

Após a caracterização do edificado, procede-se à caracterização dos residentes em cada uma das zonas, de forma a ser possível prever as necessidades de água em cada uma das regiões definidas. Como referido no capítulo 3.4, esta informação foi recolhida no *site* da CML na área destinada à caracterização de cada freguesia da cidade. Na Tabela 4.7 apresenta-se o número de residentes por zona, as famílias existentes, assim como a correspondente dimensão média familiar e, na Figura 4.14, a distribuição espacial da dimensão média familiar para cada zona.

Tabela 4.7 – Número de residentes por zona.

Zona	Residentes	Famílias	Dimensão média familiar
A	103 796	47 308	2,2
B	125 398	61 419	2,0
C	74 799	34 135	2,2
D	31 812	14 403	2,2
E.1	101 808	43 121	2,4
E.2	92 607	36 824	2,5
F	22 480	8 684	2,6
Lisboa	552 700	245 894	2,2

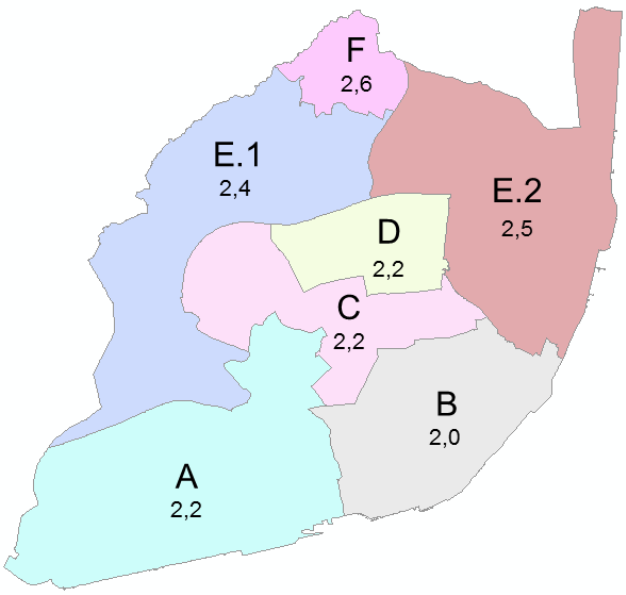

Figura 4.14 – Representação espacial ao nível da cidade da dimensão média familiar.

Em Lisboa, a dimensão média familiar é 2,2, contudo, de acordo com as zonas definidas, este valor pode variar entre 2,0 e 2,6. A zona que apresenta o valor mais reduzido (2,0) é a zona B, que inclui o centro histórico da cidade de Lisboa, ou seja, a freguesia de Santa Maria Maior. Por ser uma zona mais antiga, o número de pessoas numa habitação, regra geral, é mais reduzido. De seguida surgem as zonas A, C e D, com 2,2. Na zona E.1 observa-se que a dimensão média é de 2,4, na zona E.2 corresponde a 2,5 e, por fim, na zona F é 2,6. É possível concluir que quanto mais distante do centro da cidade, ou seja, quando as áreas em questão são mais recentes, a dimensão média familiar é maior, conforme se pode observar pela Figura 4.14.

4.3. Caracterização do Regime de Precipitação

Como já referido no capítulo 3.3, para caracterizar a precipitação na cidade de Lisboa, foi necessário recorrer a diversos pontos, que foram o P173, P174, P175, P185 e P186. Na Figura 4.15 encontra-se informação relativa à precipitação anual nos pontos considerados para o estudo desde 1950/51 até 2002/03. Com base na Figura 4.15 conclui-se que a evolução temporal da precipitação anual não mostra tendência visível no tempo. Assim, apesar dos estudos apontarem para a alteração do regime de precipitação em Portugal devido às alterações climáticas, no âmbito do presente estudo considerou-se que os dados disponíveis são representativos do regime de precipitação dos próximos anos.

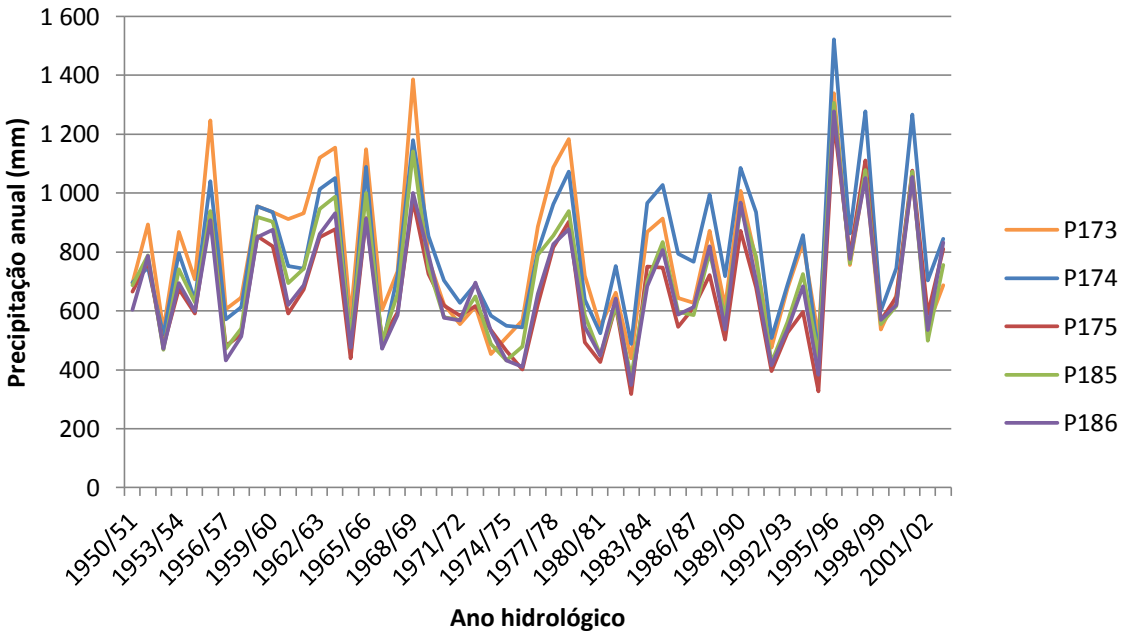

Figura 4.15 – Quantificação da precipitação anual nos pontos P173, P174, P175, P185 e P186.

De forma a caracterizar a variabilidade mensal da precipitação apresenta-se a Figura 4.16, com a distribuição para cada um dos pontos do estudo. Os valores apresentados nos cinco pontos em cada mês aparentam ter um comportamento semelhante, em que os valores do quartil 25, quartil 75 e mediana são similares, observando-se apenas algumas diferenças nos valores máximos registados. Assim, para cada mês, os pontos não apresentam grandes variações entre si.

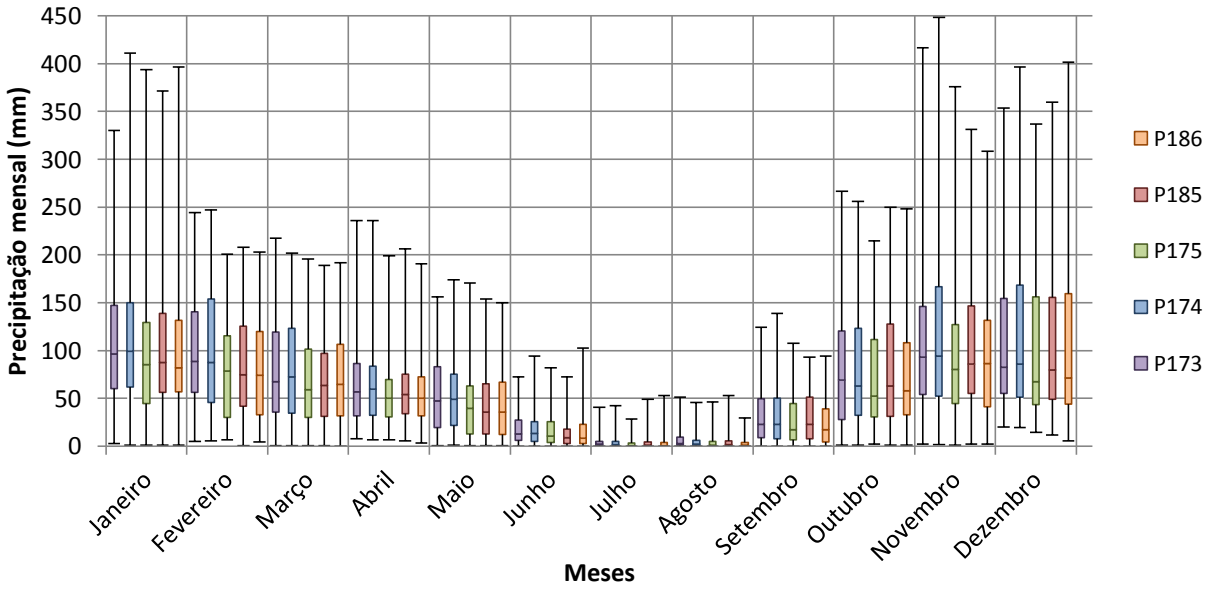

Figura 4.16 – Distribuição da precipitação ao longo do ano dos pontos P173, P174, P175, P185 e P186.

Durante os meses considerados de chuva (Outubro a Abril) a mediana para cada uma dos pontos encontra-se entre os 50 e 100 mm de precipitação mensal. Complementarmente (Maio a Setembro) a mediana situa-se sempre abaixo dos 50 mm, sendo que em Julho e Agosto os valores são bastante

reduzidos, rondando os 2 mm de precipitação mensal, podendo-se assim considerar como meses secos.

Com base no estudo de Zhang *et al*. [50] calcularam-se alguns índices referentes à precipitação anual, de forma a caracterizar a amostra. Estes índices são recomendados pela *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) [51], e apresentam-se de seguida:

- a precipitação total anual – RR (mm);
- o número de dias húmidos – RR1 (dias);
- o número máximo consecutivo de dias húmidos – CWD (dias);
- a precipitação total anual em dias húmidos – PRCPTOT (mm);
- o número máximo consecutivo de dias secos – CDD (dias).

Estes índices foram calculados tendo por base os dados diários de precipitação. Para efeito do cálculo dos índices, um dia seco é definido como aquele em que ocorre uma precipitação inferior a 1 mm (P<1 mm) e, complementarmente, num dia húmido chove uma quantidade superior ou igual a 1 mm (P≥1 mm).

De seguida, apresentam-se alguns parâmetros de estatística descritiva, como o mínimo, máximo, média, desvio-padrão e o coeficiente de variação, para cada um dos índices indicados, em cada um dos pontos considerados. O coeficiente de variação, CV, corresponde à razão entre o desvio-padrão e a média, sendo assim uma medida de dispersão relativa, e quanto menor o seu valor, maior a precisão dos dados. Por exemplo, se o CV for 0,2 significa que os desvios relativamente à média atingem, em média, 20% do seu valor.

Na Tabela 4.8 encontram-se os valores para o índice RR e, como se pode observar, não existe grande variação entre os pontos, cerca de 129 mm e 280 mm nos valores mínimos e máximos, respetivamente. Quanto ao CV, em todos os pontos assume o valor de 0,3, considerando-se um valor baixo/médio.

Tabela 4.8 – Valores característicos do índice RR (mm).

	P173	P174	P175	P185	P186
Mínimo	439,0	446,9	318,2	378,2	348,8
Máximo	1 386,4	1 523,0	1 242,9	1 305,7	1 277,3
Média	787,3	800,7	669,0	706,7	680,8
Desvio-padrão	240,8	234,6	199,1	210,3	200,9
CV	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Os valores relativos ao índice RR1 encontram-se na Tabela 4.9, verificando-se que também não existe grande variação entre os diferentes pontos, sendo que os valores mínimo e máximo têm uma variação de 11 e 13 dias, respetivamente. Neste índice, tal como anteriormente, o CV é igual para todos os pontos, com o valor de 0,2, o que se pode considerar baixo.

Tabela 4.9 – Valores característicos do índice RR1 (dias).

	P173	P174	P175	P185	P186
Mínimo	65	67	56	57	56
Máximo	128	126	120	122	115
Média	94	92	83	85	80
Desvio-padrão	17,6	17,2	16,7	16,6	16,6
CV	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

De seguida, apresentam-se os resultados para o índice CWD na Tabela 4.10. Mais uma vez, a variação entre os valores mínimo e máximo é reduzida, 2 e 5 dias, e quanto ao CV o ponto P173 toma valor 0,3 e os restantes 0,4.

Tabela 4.10 – Valores característicos do índice CWD (dias).

	P173	P174	P175	P185	P186
Mínimo	6	5	4	4	4
Máximo	22	25	26	22	27
Média	11	12	11	10	10
Desvio-padrão	3,7	4,2	4,5	3,9	4,4
CV	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4

Relativamente ao índice PRCPTOT, os seus valores encontram-se sintetizados na Tabela 4.11. Quanto à variação de valores, esta é da ordem dos 134 e 280 mm para os valores mínimo e máximo, respetivamente. Mais uma vez, todos os pontos apresentam o mesmo valor para CV, 0,3.

Tabela 4.11 – Valores característicos do índice PRCPTOT (mm).

	P173	P174	P175	P185	P186
Mínimo	417,8	433,0	299,1	356,6	332,0
Máximo	1 370,2	1 512,7	1 233,5	1 288,7	1 263,3
Média	771,0	784,1	650,5	690,4	664,7
Desvio-padrão	241,1	235,0	199,4	209,6	200,7
CV	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Por fim, quanto ao índice CDD, os seus valores característicos encontram-se na Tabela 4.12. Os valores mínimo e máximo apresentam uma variação de 10 e 41 dias entre os diferentes pontos. Quanto ao CV, todos os pontos tomam o valor de 0,3, à exceção do ponto P174 que dispõe de 0,4.

Tabela 4.12 – Valores característicos do índice CDD (dias).

	P173	P174	P175	P185	P186
Mínimo	29	33	34	34	39
Máximo	114	143	129	144	155
Média	61	64	75	69	75
Desvio-padrão	20,5	23,0	22,4	23,3	26,0
CV	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3

Desta forma, pode-se concluir que os dados dos 5 pontos do estudo não são muito dispersos, uma vez que as variações de valores observadas não são muito significativas tendo em conta a escala, e a maior parte dos pontos apresentam valor de CV reduzido a médio.

Uma vez que se considerou a cidade de Lisboa dividida por zonas, realizou-se um estudo semelhante ao apresentado anteriormente, para cada uma das zonas já indicadas, tendo por base os pontos P173, P174, P175, P185 e P186. Na Figura 4.17 é possível observar a distribuição da precipitação ao longo do ano nas sete zonas definidas em Lisboa. Conforme também se concluiu anteriormente, a precipitação é relativamente semelhante entre as zonas, verificando-se que os valores mínimos, máximos e mediana são praticamente os mesmos em cada mês, assim como os valores dos quartis 25 e 75. É possível concluir que, na cidade de Lisboa a variabilidade temporal é muito mais relevante que a variabilidade espacial.

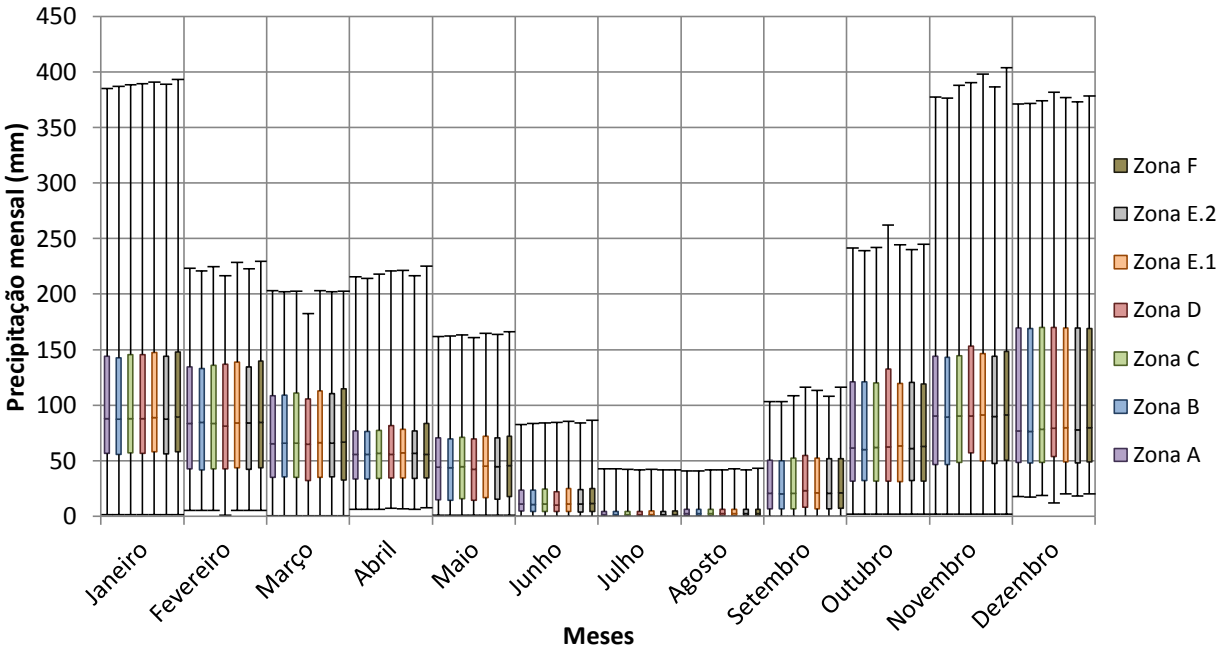

Figura 4.17 – Distribuição da precipitação ao longo do ano nas diferentes zonas da cidade.

De seguida, analisaram-se os valores obtidos para os índices indicados anteriormente, como RR, RR1, CWD, PRCPTOT e CDD, para cada uma das zonas. Os valores obtidos nestes índices encontram-se sintetizados no Anexo 4.

Na Tabela 4.13 encontram-se os valores referentes ao índice RR, e pode-se constatar que os valores entre as diferentes zonas são bastante semelhantes, sendo que os valores mínimo e máximo apresentam uma variação de 28,7 mm e 55,3 mm, respetivamente, o que é bastante inferior ao observado nos pontos da Tabela 4.8, o que seria de esperar uma vez que esses pontos abrangem uma área muito superior à abrangida pelas zonas de Lisboa, apresentando assim maior variação nos resultados obtidos. Quanto ao CV, todas as zonas mostraram o mesmo comportamento, ou seja, 0,3.

Tabela 4.13 – Valores característicos do índice RR (mm).

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E.1	Zona E.2	Zona F
Mínimo	404,9	400,1	413,1	414,5	425,2	408,3	428,8
Máximo	1 360,4	1 355,2	1 377,8	1 381,2	1 399,3	1 370,9	1 410,5
Média	735,9	731,7	742,6	743,7	752,6	738,7	756,3
Desvio-padrão	213,7	212,4	215,3	215,6	218,1	214,2	219,2
CV	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Relativamente ao índice RR1, os seus valores encontram-se sintetizados na Tabela 4.14. Mais uma vez, não se observa grande variação entre os valores obtidos, sendo que os valores mínimo e máximo apresentam uma variação de 2 e 3 dias, respetivamente. Quanto ao CV todas as zonas tomam o valor 0,2.

Tabela 4.14 – Valores característicos do índice RR1 (dias).

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E.1	Zona E.2	Zona F
Mínimo	65	66	66	66	66	67	66
Máximo	125	126	125	125	125	124	127
Média	91	91	92	92	92	92	93
Desvio-padrão	17,7	17,7	17,7	17,8	17,8	17,6	17,8
CV	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

De seguida, apresentam-se os valores relativos ao índice CWD (Tabela 4.15). Neste caso, o valor máximo é o mesmo em todas as zonas, e o mínimo ou é 5 ou 6 dias, verificando-se que a amostra apresenta uma reduzida variação, pois a média também é semelhante em todos os pontos, 13 dias, à exceção da zona A que apresenta 12 dias. Quanto ao CV verificou-se que, mais uma vez, todas as zonas apresentam o mesmo valor, neste caso, 0,4.

Tabela 4.15 – Valores característicos do índice CWD (dias).

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E.1	Zona E.2	Zona F
Mínimo	6	6	6	6	5	6	5
Máximo	27	27	27	27	27	27	27
Média	12	13	13	13	13	13	13
Desvio-padrão	5,3	5,2	5,2	5,2	5,3	5,2	5,1
CV	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Os valores relativos ao índice PRCPTOT encontram-se na Tabela 4.16. Os valores mínimo e máximo apresentam uma variação de 32,5 mm e 56,6 mm, respetivamente. Quanto ao CV, todas as zonas apresentam 0,3.

Tabela 4.16 – Valores característicos do índice PRCPTOT (mm).

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E.1	Zona E.2	Zona F
Mínimo	383,4	379,0	393,5	394,9	406,4	388,9	411,5
Máximo	1 343,9	1 340,0	1 361,3	1 364,8	1 382,9	1 353,6	1 396,6
Média	715,6	711,6	722,8	723,8	732,9	718,5	736,8
Desvio-padrão	214,1	212,9	215,7	216,0	218,4	214,4	219,7
CV	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Por fim, apresentam-se os valores relativos ao índice CDD. Pela Tabela 4.17 é possível observar que o valor mínimo observado é idêntico em todas as zonas, enquanto que o máximo ou é 143 ou 144 dias. Todas as zonas apresentam o valor de 0,3 para o CV.

Tabela 4.17 – Valores característicos do índice CDD (dias).

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E.1	Zona E.2	Zona F
Mínimo	33	33	33	33	33	33	33
Máximo	144	143	144	144	144	143	144
Média	69	69	69	69	68	69	67
Desvio-padrão	23,8	23,4	23,6	23,7	23,3	24,0	23,3
CV	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Assim, é possível afirmar que os valores apresentados nas diferentes zonas não são dispersos, uma vez que as variações observadas não são muito significativas e que a maior parte das zonas apresenta valor de CV reduzido.

5. Avaliação do Potencial em Lisboa

A avaliação do potencial em Lisboa divide-se em duas análises, com diferentes escalas: cidade e edifício. Na Figura 5.1 apresenta-se uma representação esquemática do presente capítulo.

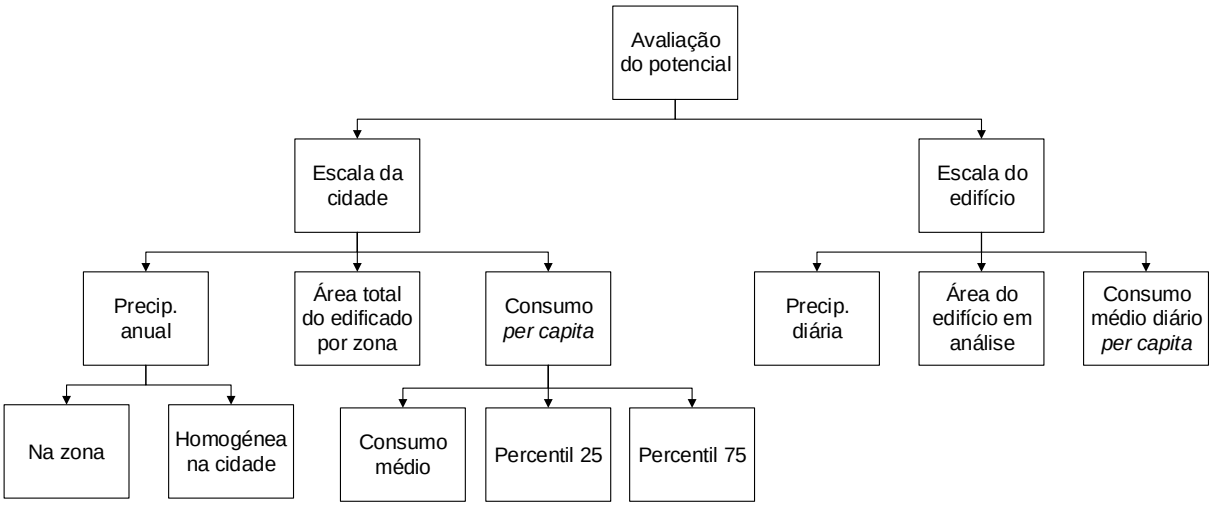

Figura 5.1 – Fluxograma da avaliação do potencial.

Na análise à escala da cidade, os dados de precipitação são anuais, disponíveis no Anexo 2, e pretendeu-se analisar qual o potencial da cidade considerando a chuva anual e toda a área de cobertura existente. Foi também estudada a variabilidade temporal da precipitação, ou seja, consideraram-se os 53 anos de dados de precipitação e analisaram-se as diferenças nos vários anos; a variabilidade espacial da precipitação, ou seja, considerando a precipitação homogénea em toda a cidade ou variando com cada zona; e por fim, a variabilidade do consumo, isto é, adotar o consumo correspondente aos percentis 25 e 75 em vez do consumo médio diário.

Na análise à escala do edifício, recorre-se a dados de precipitação diária, que foram calculados conforme descrito no capítulo 3.3, ou seja, utilizando uma fórmula de *inverse distance weighting* tendo por base os valores diários associados aos 5 pontos do estudo. Para esta análise, a área de cobertura considerada corresponde à área de implantação de cada edifício.

5.1. Análise à Escala da Cidade

5.1.1. Variabilidade Temporal da Precipitação

Como já referido, nesta análise utilizaram-se os valores de precipitação anual para cada uma das zonas definidas, obtidos no *ArcGis*. Sabendo a área total de edificado de cada zona, o número de residentes e o consumo médio diário de água não potável *per capita*, 0,041 m^3, (valor obtido no capítulo 4.1.1, que se considerou uniforme em toda a cidade) calculou-se o consumo médio anual por zona, conforme se apresenta na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Área de edificado e consumo médio anual por zona considerando o consumo médio diário.

Zona	Área edificado (m^2)	Residentes	Consumo médio diário (m^3)/pessoa	Consumo médio anual (m^3)/pessoa	Consumo médio anual (m^3)/zona
A	3 759 745	103 796	0,041	15,0	1 553 307
B	4 258 210	125 398	0,041	15,0	1 876 581
C	2 325 885	74 799	0,041	15,0	1 119 367
D	1 250 356	31 812	0,041	15,0	476 067
E.1	2 525 321	101 808	0,041	15,0	1 523 557
E.2	2 846 148	92 607	0,041	15,0	1 385 864
F	505 670	22 480	0,041	15,0	336 413

Consoante o ano hidrológico, a deposição e acumulação de água pluvial disponível para ser reutilizada varia e, consequentemente, o aproveitamento obtido. Em cada ano, considerou-se o aproveitamento residencial (AR) como o quociente entre a água pluvial disponível (AP) e o consumo médio não potável anual da zona, equação (5.1). A água pluvial disponível determina-se multiplicando a área de edificado (m^2) pela precipitação anual na zona (mm x 10^{-3}).

$$AR = \frac{AP\ (m^3)}{Consumo\ médio\ anual/zona\ (m^3)} \tag{5.1}$$

Esta análise foi feita para os 53 anos de dados disponíveis de precipitação apresentados no Anexo 2, e na Figura 5.1 apresentam-se os histogramas do número de anos por intervalos de aproveitamento estimados para cada zona, sendo possível observar quais as zonas com maior potencial para a reutilização de água da chuva e a variabilidade do aproveitamento em função da variabilidade do regime de precipitação característico da cidade de Lisboa. No Anexo 5 detalham-se os valores parciais obtidos nesta análise.

Os intervalos de aproveitamento considerados foram semelhantes para todas as zonas para permitir uma comparação mais direta entre as mesmas, e encontram-se de seguida:

- 0,51 – 0,82
- 0,82 – 1,13
- 1,13 – 1,45
- 1,45 – 1,76
- 1,76 – 2,07
- 2,07 – 2,38
- 2,38 – 2,69
- 2,69 – 3,01
- 3,01 – 3,32
- 3,32 – 3,63

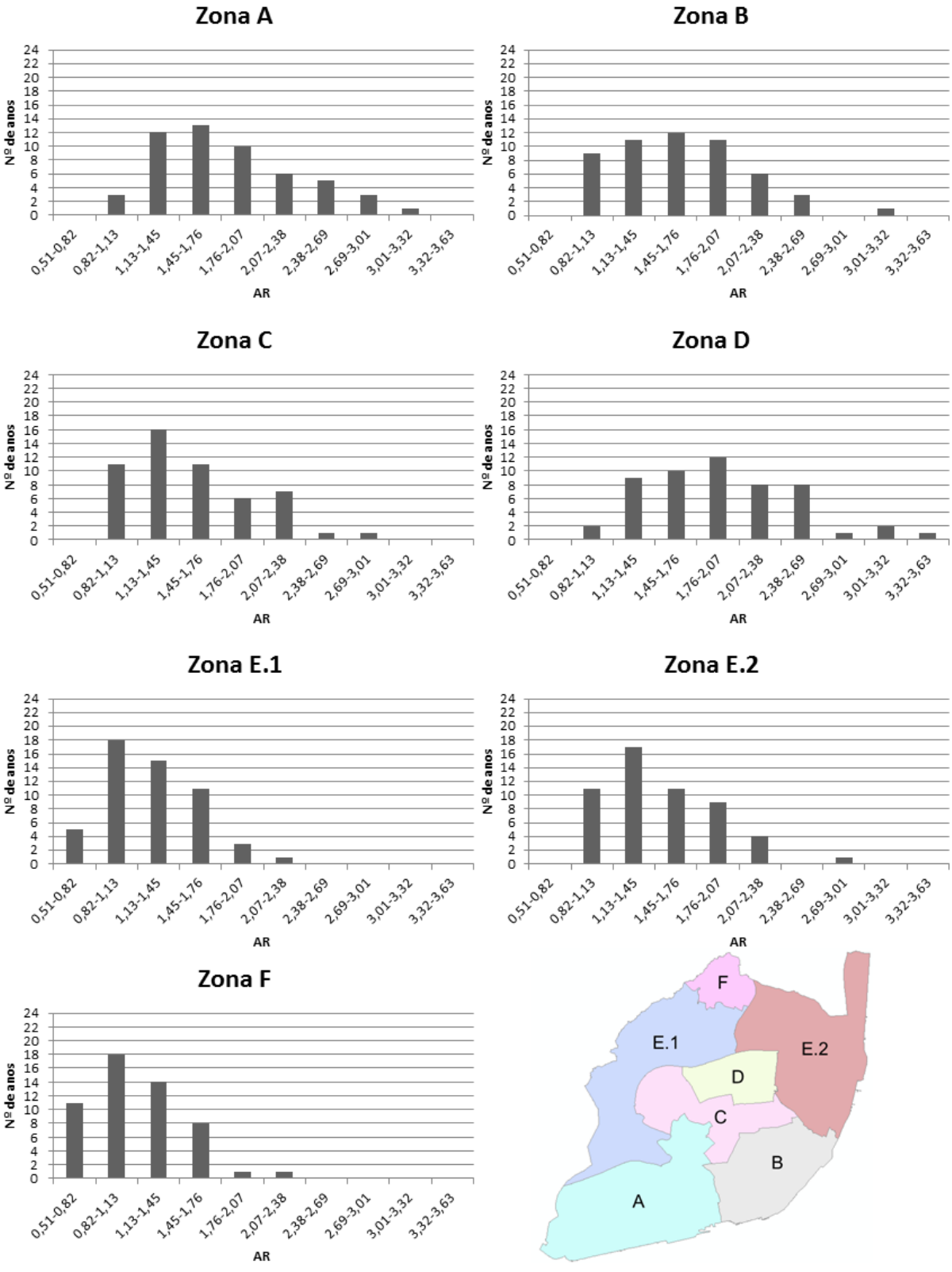

Figura 5.2 – Aproveitamento residencial nas diferentes zonas da cidade de Lisboa.

Conforme se pode observar pela Figura 5.2, a zona F é a que apresenta menores valores de aproveitamento. Contudo, mesmo neste caso, a água da chuva disponível conseguiria satisfazer todas as necessidades requeridas pelos usos não potáveis em mais de 60% dos anos e seria sempre suficiente para suprimir mais de metade das necessidades. Em oposição, a zona D apresenta os

maiores valores de aproveitamento, tendo-se estimado que a água da chuva disponível conseguiria satisfazer todas as necessidades requeridas pelos usos não potáveis nos 53 anos analisados.

Nos anos em que o aproveitamento estimado é superior à unidade, seria possível a utilização dessa água para usos extra, como por exemplo lavagens de rua ou regas de espaços verdes.

Analisando os valores apresentados no Anexo 5 conclui-se que, considerando a média dos 53 anos obtém-se sempre um aproveitamento superior à unidade, considerando tanto cada uma das zonas de forma independente como Lisboa na sua totalidade. No entanto, estes valores médios anuais podem induzir a erro uma vez que existem anos em que o aproveitamento ronda os 0,7 ou 0,8.

5.1.2. Variabilidade Espacial da Precipitação

Numa segunda análise, determinou-se o aproveitamento em cada zona considerando a precipitação em Lisboa homogénea em toda a sua área, ou seja, os valores apresentados no Anexo 2 correspondentes a Lisboa. Analisando as diferenças de aproveitamento de água considerando a precipitação constante em toda a cidade de Lisboa ou considerando a precipitação distinta em cada uma das zonas (ver 5.1.1) torna-se possível analisar a variabilidade espacial da precipitação e o erro cometido por agregar a precipitação ao nível da cidade de Lisboa.

Conforme se pode observar pela Figura 5.3, as diferenças no aproveitamento de água pluvial, ao longo dos 53 anos, são reduzidas, uma vez que as linhas representativas do aproveitamento considerando a precipitação por cada zona ou homogénea (Lisboa) se encontram praticamente sobrepostas, sendo o valor máximo de erro de 5,5%. Os dados obtidos nesta análise encontram-se no Anexo 6.

Figura 5.3 – Aproveitamento residencial considerando as diferentes zonas ou a cidade de Lisboa.

5.1.3. Variabilidade de Consumo

Numa terceira análise, pretendeu-se estudar qual o impacto provocado no aproveitamento de água pluvial pela variação de consumo da população, considerando que a precipitação é distinta para cada uma das zonas, como na primeira análise.

Simulando uma situação de diminuição do consumo, tendência observada nos últimos anos em Lisboa e expectável considerando o incremento da eficiência hídrica dos equipamentos, considerou-se o valor do consumo médio diário correspondente ao percentil 25 do estudo de consumos realizado, 0,035 m^3 *per capita*. Os valores obtidos para o consumo anual por zona encontram-se na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Área de edificado e consumo anual por zona considerando o consumo médio diário do percentil 25.

Zona	Área edificado (m^2)	Residentes	Consumo médio diário percentil 25 (m^3)/pessoa	Consumo anual (m^3)/pessoa	Consumo anual (m^3)/zona
A	3 759 745	103 796	0,035	12,7	1 316 523
B	4 258 210	125 398	0,035	12,7	1 590 517
C	2 325 885	74 799	0,035	12,7	948 732
D	1 250 356	31 812	0,035	12,7	403 495
E.1	2 525 321	101 808	0,035	12,7	1 291 307
E.2	2 846 148	92 607	0,035	12,7	1 174 604
F	505 670	22 480	0,035	12,7	285 131

Os valores de água pluvial para cada zona são semelhantes aos da primeira análise (ver 5.1.1), variando apenas o consumo anual. Considerando que as pessoas passariam a consumir o equivalente ao consumo médio diário no percentil 25, as diferenças no aproveitamento correspondem a um acréscimo de 18% na poupança de água não potável. Os valores obtidos encontram-se no Anexo 7.

Para simular uma situação de aumento do consumo, situação menos provável mas possível se as alterações climáticas implicarem um aumento da temperatura que altere os hábitos da população, considerou-se o consumo médio diário do percentil 75, 0,044 m^3 *per capita*. Os valores correspondentes do consumo anual por zona apresentam-se na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Área de edificado e consumo anual por zona considerando o consumo médio diário do percentil 75.

Zona	Área edificado (m^2)	Residentes	Consumo médio diário no percentil 75 (m^3)/pessoa	Consumo anual (m^3)/pessoa	Consumo anual (m^3)/zona
A	3 759 745	103 796	0,044	15,9	1 648 841
B	4 258 210	125 398	0,044	15,9	1 991 997
C	2 325 885	74 799	0,044	15,9	1 188 212
D	1 250 356	31 812	0,044	15,9	505 346
E.1	2 525 321	101 808	0,044	15,9	1 617 261
E.2	2 846 148	92 607	0,044	15,9	1 471 099
F	505 670	22 480	0,044	15,9	357 104

Considerando estes dados de consumo, obtém-se uma redução no aproveitamento de 5,8%. Os valores resultantes desta análise encontram-se no Anexo 8.

Assim, conclui-se que a variação de consumo terá um maior impacto no caso de a população passar a consumir menores quantidades de água. Na Tabela 5.4 apresentam-se sintetizados os valores obtidos de variação no aproveitamento do sistema, quando considerando o consumo médio diário no percentil 25 ou 75, em comparação com o consumo médio diário.

Tabela 5.4 – Valores de variação no aproveitamento, tendo por base o consumo médio diário.

	Variação no aproveitamento
Percentil 25	18%
Percentil 75	-5,8%

5.1.4. Valores Reais de Aproveitamento

Nas análises realizadas anteriormente considerou-se que toda a água que chove é aproveitada no sistema. Contudo, como referido no capítulo 2.3.1, o valor real de água pluvial tem que ser afetado por um coeficiente de escoamento, tendo-se adotado o valor de 0,8. Desta forma, o valor real de aproveitamento calcula-se de acordo com a equação (5.2).

$$AR = \frac{AP \times 0{,}8\ (m^3)}{Consumo\ médio\ anual/zona\ \ (m^3)} = \frac{AP_{recolhida}\ \ (m^3)}{Consumo\ médio\ anual/zona\ \ (m^3)} \qquad (5.2)$$

Estes valores foram calculados considerando a precipitação distinta em cada uma das zonas e um consumo médio diário de água não potável *per capita* de 0,041 m^3. Os valores obtidos encontram-se no Anexo 9, e na Figura 5.4 apresentam-se os histogramas que indicam a quantidade de anos que cada zona teve nos intervalos de aproveitamento adotados.

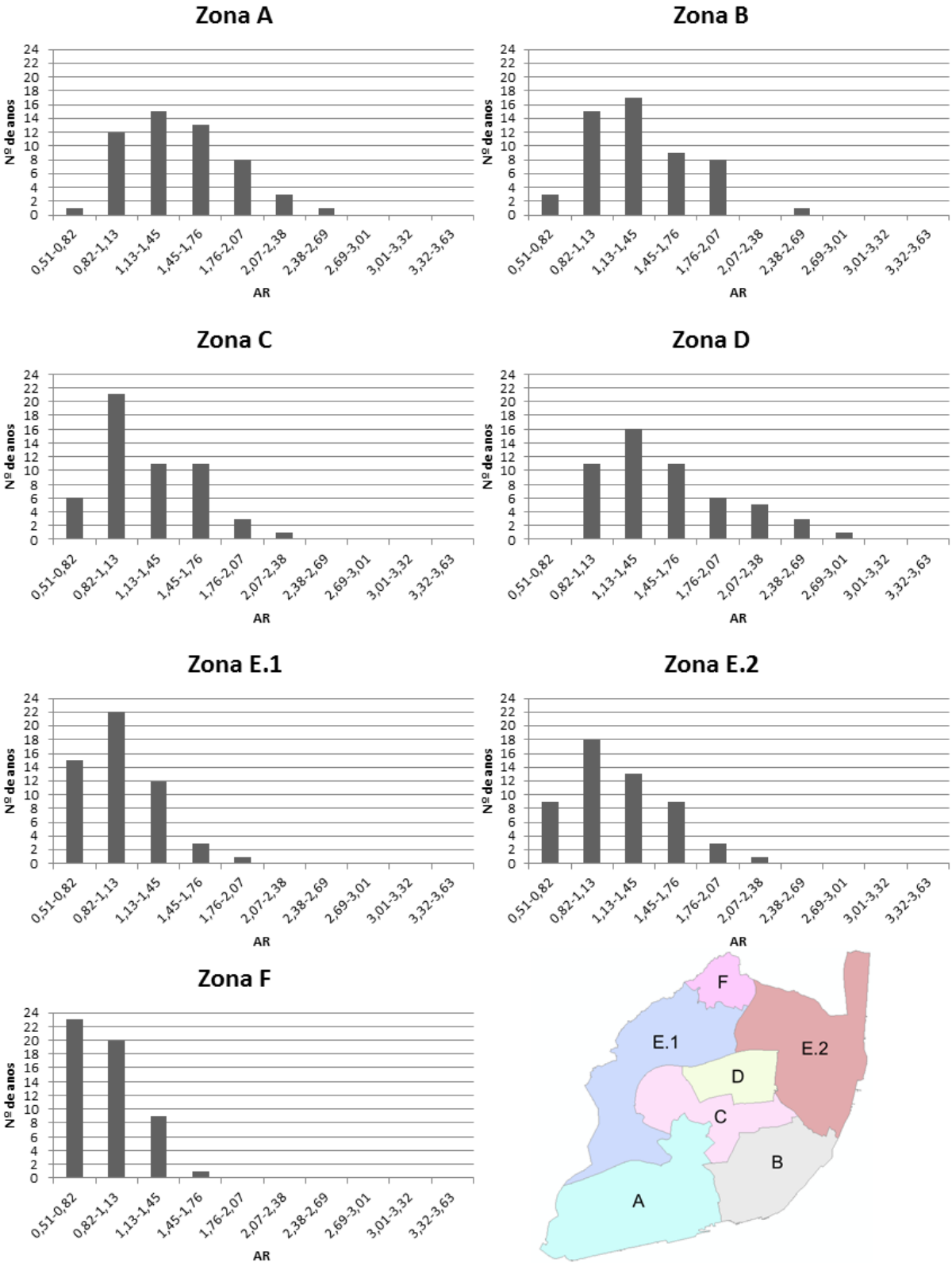

Figura 5.4 – Aproveitamento residencial real nas diferentes zonas da cidade de Lisboa.

Os intervalos de aproveitamento são os mesmos que considerados na primeira análise, de forma a possibilitar a comparação direta entre os resultados obtidos.

Pode-se verificar que os níveis de aproveitamento são inferiores a quando não se considerou o coeficiente de escoamento, o que seria de esperar uma vez que parte da água que incide nos telhados não é aproveitada. Apesar desta redução, praticamente todas as zonas apresentam bastantes anos em que o aproveitamento foi superior à unidade, mantendo-se a zona F a que apresenta menores valores de aproveitamento, mas mesmo assim em todos os anos mais de metade das necessidades para usos não potáveis foram satisfeitas.

Anteriormente sugeriu-se que, quando o aproveitamento fosse superior à unidade, ou seja, quando existisse água excedente em relação às necessidades não potáveis numa habitação, essa água fosse utilizada para regas de jardins e lavagens de arruamentos. Na Tabela 4.5 e Tabela 4.6 são apresentados os valores referentes à área total de cada zona, assim como a área de edificado. A diferença entre estes valores indica-nos a quantidade de área pública, que seria o espaço destinado à quantidade de água excedente. Os valores de lavagens de rua e regas de espaços verdes são referentes a toda a cidade (ver 4.1.2) e, de forma a obter-se o correspondente a cada uma das regiões, determinou-se a percentagem de área pública de cada zona em relação à cidade e essa percentagem representaria também a parcela dos consumos referidos associados a essa mesma região, conforme se sintetiza na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Distribuição dos consumos da CML por cada zona.

Zona	Área total (ha)	Área edif (ha)	Área pública (ha)	% Zona	Consumo da CML (m^3)
A	2 028	376	1 652	23,9	1 459 148,5
B	1 138	426	712	10,3	629 179,7
C	903	233	670	9,7	592 354,6
D	534	125	409	5,9	361 409,1
E.1	1 829	253	1 576	22,8	1 392 411,3
E.2	1 885	285	1 600	23,2	1 413 764,6
F	336	51	285	4,1	251 732,2
Lisboa	8 653	1 747	6 906	100	6 100 000,0

De seguida, com base nos valores de aproveitamento obtidos nas habitações, determinou-se a quantidade de água que não tinha sido utilizada e dividindo-a pelo consumo da zona obteve-se um novo aproveitamento, aproveitamento urbano (AU) (5.3).

$$AU = \frac{Quantidade\ de\ água\ excedente\ das\ habitações/zona\ (m^3)}{Consumo\ da\ CML\ /zona\ \ (m^3)} \tag{5.3}$$

Assim, na Figura 5.5 apresentam-se os histogramas de aproveitamento referentes aos usos por parte da CML.

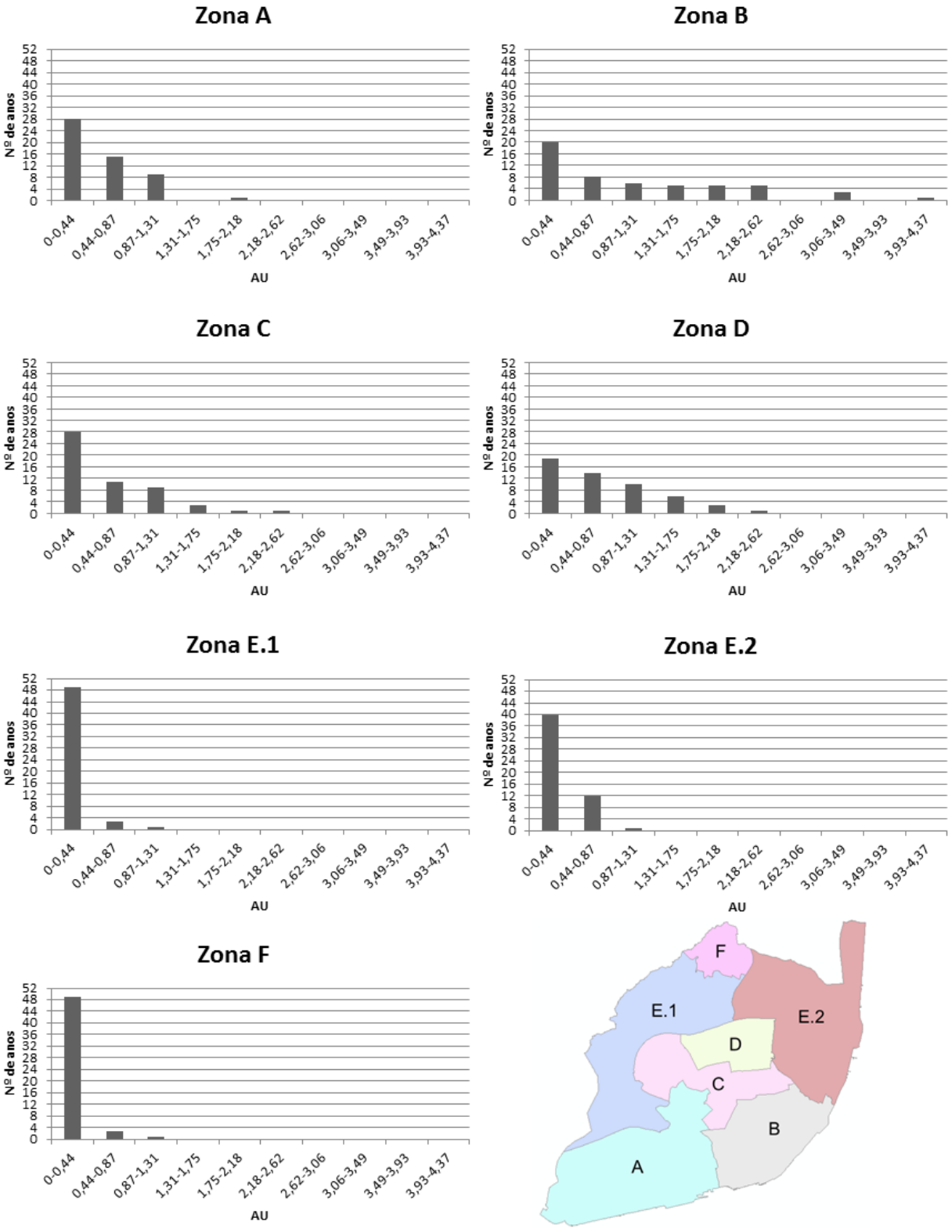

Figura 5.5 – Aproveitamento urbano real por parte da CML nas diferentes zonas da cidade de Lisboa.

Nesta análise os intervalos de aproveitamento considerados foram os seguintes:

- 0 – 0,44
- 0,44 – 0,87
- 2,18 – 2,62
- 2,62 – 3,06

- 0,87 – 1,31
- 1,31 – 1,75
- 1,75 – 2,18
- 3,06 – 3,49
- 3,49 – 3,93
- 3,93 – 4,37

Conforme se pode observar pela Figura 5.5, ainda se observam alguns níveis de aproveitamento da água da chuva para fins urbanos, sendo as zonas B, C e D as que apresentam valores mais elevados. Os dados desta análise encontram-se no Anexo 10.

Uma vez que parece ser rentável utilizar água da chuva também para estes fins, propõe-se a hipótese de também existirem áreas de recolhas em espaços verdes, em vez de limitar a recolha ao nível dos edifícios, de modo a aumentar a quantidade de água disponível e, consequentemente, o aproveitamento a nível urbano.

Na Figura 5.6, apresenta-se o valor de AR para cada uma das zonas definidas na cidade de Lisboa, considerando a precipitação anual correspondente à média dos 53 anos.

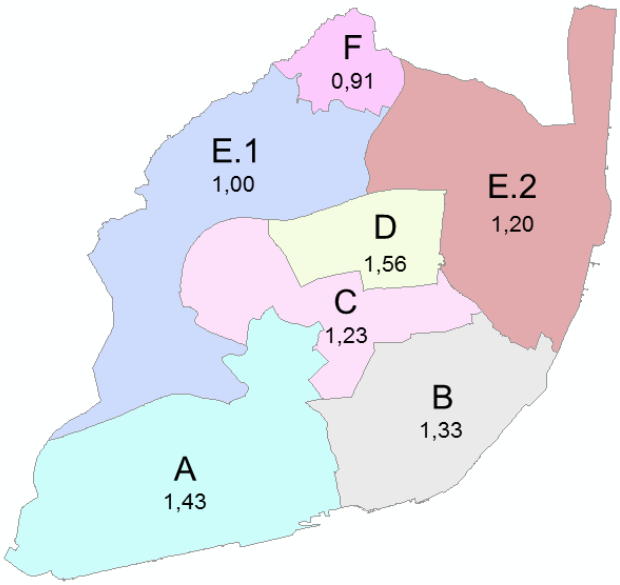

Figura 5.6 – Aproveitamento residencial real nas diferentes zonas da cidade de Lisboa, considerando a precipitação média.

Deve-se ter cuidado com a utilização de valores médios porque, como se pode concluir pela Figura 5.6, neste caso apenas a zona F apresenta um aproveitamento inferior à unidade. Contudo, em todas as zonas se observou que existem anos em que o aproveitamento era inferior à unidade, o que não é percetível adotando a precipitação média anual dos 53 anos de que se dispõe de dados.

5.2. Análise à Escala do Edifício

Para realizar uma análise ao nível do edifício é necessário definir em cada uma das zonas os tipos de edifícios mais frequentes. Tendo por base a informação apresentada no capítulo 4.2.1, relativamente à percentagem de edifícios com um determinado número de pisos, Tabela 4.4, determinou-se quais os edifícios com maior representatividade em cada uma das zonas. Na Tabela 5.6 sintetiza-se essa informação apresentando a sombreado os pisos com maior representatividade, ou seja, aqueles que representam cerca de 50% da totalidade dos edifícios de cada zona.

Tabela 5.6 – Percentagem de edifícios com 1 a 7 ou mais pisos, por zona.

Zona	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
A	30 %	23 %	17 %	14 %	8 %	3 %	5 %
B	15 %	15 %	19 %	22 %	16 %	7 %	6 %
C	9 %	7 %	9 %	19 %	17 %	11 %	28 %
D	8 %	16 %	25 %	21 %	11 %	5 %	15 %
E.1	16 %	31 %	6 %	6 %	8 %	6 %	27 %
E.2	14 %	30 %	11 %	10 %	11 %	5 %	20 %
F	35 %	24 %	8 %	10 %	7 %	4 %	12 %

Através de visita ao local, determinou-se, dentro dos edifícios com o número de pisos mais frequente, qual o número de fogos por piso. A área de cobertura correspondente aos edifícios com o número de pisos mais frequente foi retirada da informação disponibilizada pelo CIUL, já referido no capítulo 3.4, após a sua identificação na visita às diferentes zonas. No capítulo 4.2.2 determinou-se qual a dimensão média familiar característica em cada uma das zonas e, com esta informação, calculou-se o número de residentes em cada edifício, como apresentado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Área de cobertura e número de residentes nos edifícios tipo com maior representatividade por zona.

Zona	Área cobertura (m^2)	Nº pisos	Nº de fogos/piso	Nº de famílias	Dimensão média da família	Nº de residentes estimado	Nº de residentes
A	31,68	1	-	1	2,2	2,2	3
A	158,60	2	2	4	2,2	8,8	9
B	125,90	3	2	6	2,0	12	12
B	229,35	4	2	8	2,0	16	16
C	151,63	4	2	8	2,2	17,6	18
C	227,90	8	2	16	2,2	35,2	36
D	127,19	3	2	6	2,2	13,2	14
D	264,97	4	2	8	2,2	17,6	18
E.1	24,76	2	-	1	2,4	2,4	3
E.1	198,55	9	2	18	2,4	43,2	44
E.2	55,00	2	-	1	2,5	2,5	3
E.2	420,68	8	-	23	2,5	57,5	58
F	55,48	1	-	1	2,6	2,6	3
F	102,81	2	-	1	2,6	2,6	3

Nota: Os edifícios que não apresentam valor para o número de fogos/piso são vivendas onde reside apenas uma família por cada habitação, à exceção do edifício de 8 pisos da zona E.2 que apresenta 2 fogos/piso no R/C e 3 fogos/piso nos restantes 7 pisos.

Relativamente ao consumo de água diário, assumiu-se que é semelhante em toda a cidade de Lisboa e constante ao longo dos vários meses, sendo o consumo médio diário *per capita* de 0,146 m^3 e o correspondente a consumo não potável de 0,041 m^3. Desta forma, multiplicando estes valores pelo número de residentes de cada edifício, obtiveram-se os consumos diários totais e não potáveis, que se apresentam na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Consumos observados nos edifícios de cada uma das zonas.

Zona	Nº de residentes	Consumo médio diário (m^3)/edifício	Consumo médio diário não potável (m^3)/edifício
A	3	0,438	0,123
A	9	1,314	0,369
B	12	1,752	0,492
B	16	2,336	0,656
C	18	2,628	0,738
C	36	5,256	1,476
D	14	2,044	0,574
D	18	2,628	0,738
E.1	3	0,438	0,123
E.1	44	6,424	1,804
E.2	3	0,438	0,123
E.2	58	8,468	2,378
F	3	0,438	0,123
F	3	0,438	0,123

Tendo também os valores de precipitação diária para cada uma das zonas, dispõe-se de todos os dados necessários para realizar o estudo para cada um dos edifícios apresentados, ou seja, área de cobertura, que condiciona a disponibilidade para recolha de água pluvial, e o consumo, que depende do número de pisos, número de fogos por piso e dimensão média familiar.

Para determinar qual o volume adequado do reservatório para a recolha de águas pluviais recorreu-se a um programa que tem em consideração a precipitação diária no local (mm), a área de recolha (m^2), que corresponde à área da cobertura, o consumo diário do edifício (m^3/dia), o consumo diário não potável do edifício (m^3/dia) e as capacidades de tanque que se pretendem analisar (m^3). Fornecendo estes dados, são gerados valores para diversos parâmetros, em função da capacidade do tanque. Os parâmetros considerados relevantes, que serão analisados em cada um dos casos, foram [52]:

- Eficiência de aproveitamento total de água pluvial = $\frac{AP_{armazenada}}{AP_{total}}$
- Eficiência de aproveitamento de água pluvial recolhida = $\frac{AP_{armazenada}}{AP_{recolhida}}$
- Grau de poupança de água não potável = $\frac{AP_{utilizada}}{Consumo\ não\ potável}$
- Grau de poupança total de água = $\frac{AP_{utilizada}}{Consumo\ total}$
- Redução mínima do caudal pluvial afluente à rede pública = min $\left(\frac{AP_{armazenada}}{AP_{total}}\right)$

Este programa considera que a quantidade inicial de precipitação, que se admitiu ser 1 mm, não é utilizada, ou seja, existe desvio da FF. De seguida, apresentam-se as análises efetuadas para cada uma das zonas e respetivos edifícios com maior representatividade.

5.2.1. Zona A

Na zona A, identificou-se que os edifícios com maior representatividade eram os de 1 e 2 pisos. Com os dados referentes aos edifícios e da precipitação diária na zona, calculada como indicado no capítulo 3.3, foi possível traçar os gráficos apresentados na Figura 5.7.

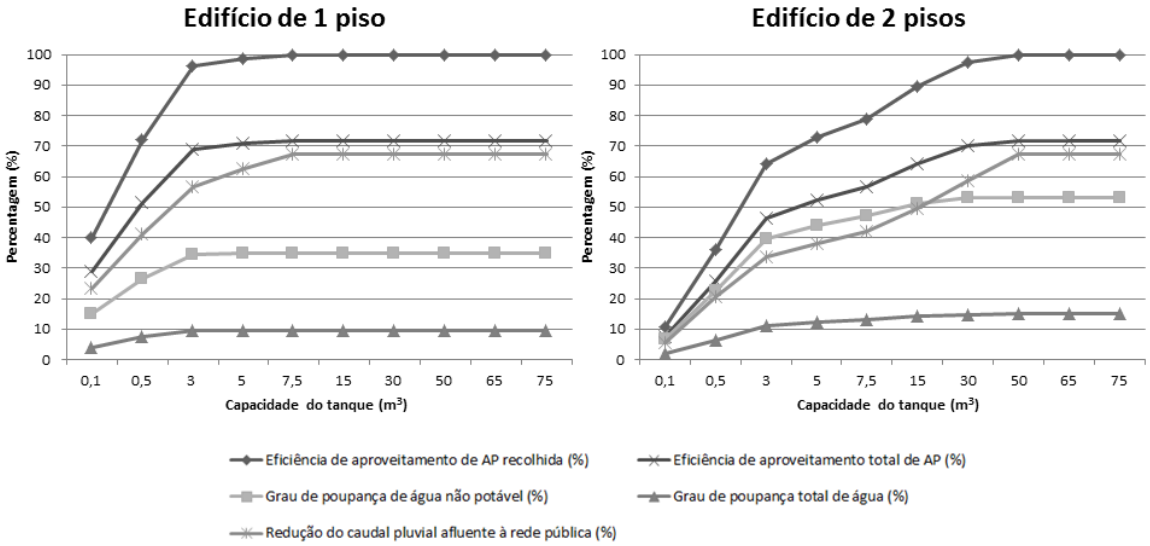

Figura 5.7 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona A.

Nos edifícios de 1 piso, regra geral só habita uma família e, como tal, o tanque necessário não será de dimensão muito elevada. Por observação, conclui-se que todos os parâmetros evoluem bastante até aos 3 m^3, a partir do qual começam a ter um crescimento mais reduzido, acabando por estabilizar na capacidade de 7,5 m^3, onde se verifica uma eficiência de aproveitamento de AP recolhida de 100%, eficiência de aproveitamento total de AP de cerca de 70% e o grau de poupança de água não potável é de cerca de 35%. Contudo, a capacidade que melhor se adequaria seria 3 m^3, uma vez que os ganhos que se observam nos valores de eficiência e grau de poupança para tanques de 5 m^3 ou 7,5 m^3 não justificariam o investimento, nomeadamente nos graus de poupança que seriam inferiores a 0,5%. Com esta capacidade, o grau de poupança de água não potável é de 34%.

Relativamente aos edifícios de 2 pisos observa-se um comportamento mais irregular que nos de 1 piso, para a mesma zona. Até cerca dos 3 m^3 os parâmetros têm todos um crescimento que se pode designar como linear, a partir do qual ainda se observa uma grande evolução, mas mais irregular, estabilizando nos 50 m^3, onde se observam os mesmos valores de eficiência que anteriormente. Contudo, o grau de poupança de água não potável é superior, pouco mais de 50%, em vez de 35%. O reservatório mais apropriado seria de 30 m^3, porque, mais uma vez, as poupanças alcançadas com o de 50 m^3 já não compensariam o investimento que seria necessário, porque os ganhos nos graus

de poupança correspondentes são inferiores a 0,3%. O grau de poupança de água não potável alcançado corresponde a 53%.

5.2.2. Zona B

Para a zona B, os edifícios considerados foram de 3 e 4 pisos, encontrando-se a evolução dos diversos parâmetros na Figura 5.8.

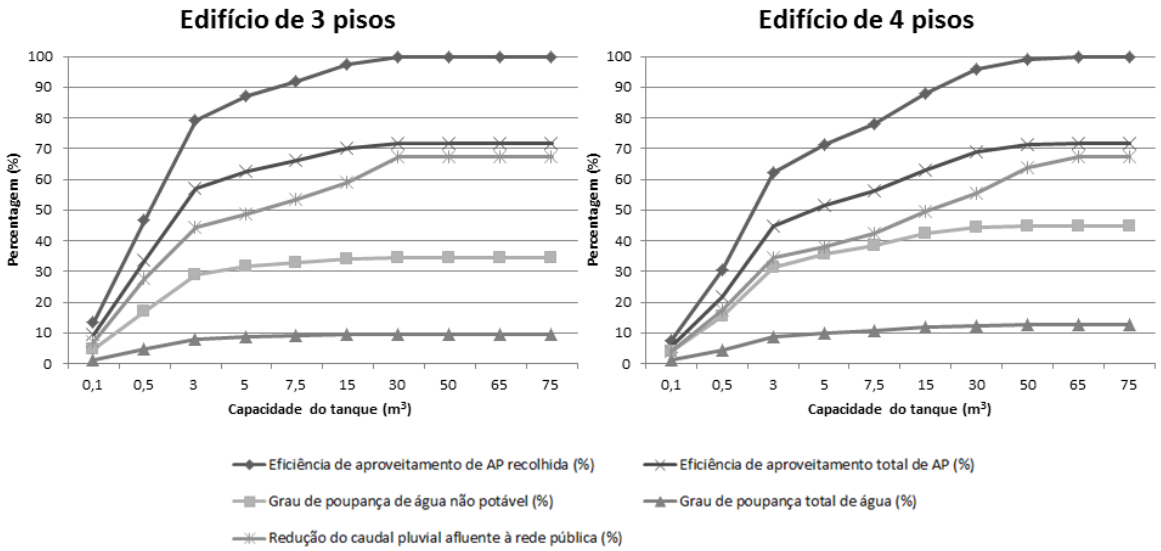

Figura 5.8 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona B.

No caso dos edifícios de 3 pisos, os valores dos parâmetros estabilizam quando o tanque é de 30 m^3. Nesta capacidade, a eficiência de aproveitamento de AP recolhida e total de AP é de 100% e pouco mais de 70%, respetivamente. Quanto ao grau de poupança de água não potável, o seu valor é cerca de 35%. Contudo, o tanque de 15 m^3 parece o mais acertado para este tipo de edifício, uma vez que o que se poupa com o de 30 m^3 não compensa o aumento de volume, por exemplo o grau de poupança de água não potável aumenta menos de 0,2% e o de poupança total de água nem alcança 0,1%. Assim, o grau de poupança de água não potável é semelhante ao alcançado na zona A nos edifícios de 1 piso, 34%.

Para os edifícios de 4 pisos, uma situação semelhante só é alcançada com um reservatório de 50 m^3. Os níveis de eficiência obtidos são os mesmos, contudo o grau de poupança de água não potável, em vez de 35% é 45%. Pela mesma razão que anteriormente, o volume mais apropriado é o de 30 m^3, uma vez que o grau de poupança de água não potável aumenta de 44,37% para 44,78%, uma diferença de apenas 0,41%.

5.2.3. Zona C

Os edifícios de 4 e 8 pisos foram os considerados para análise da zona C, que se encontra sintetizada na Figura 5.9.

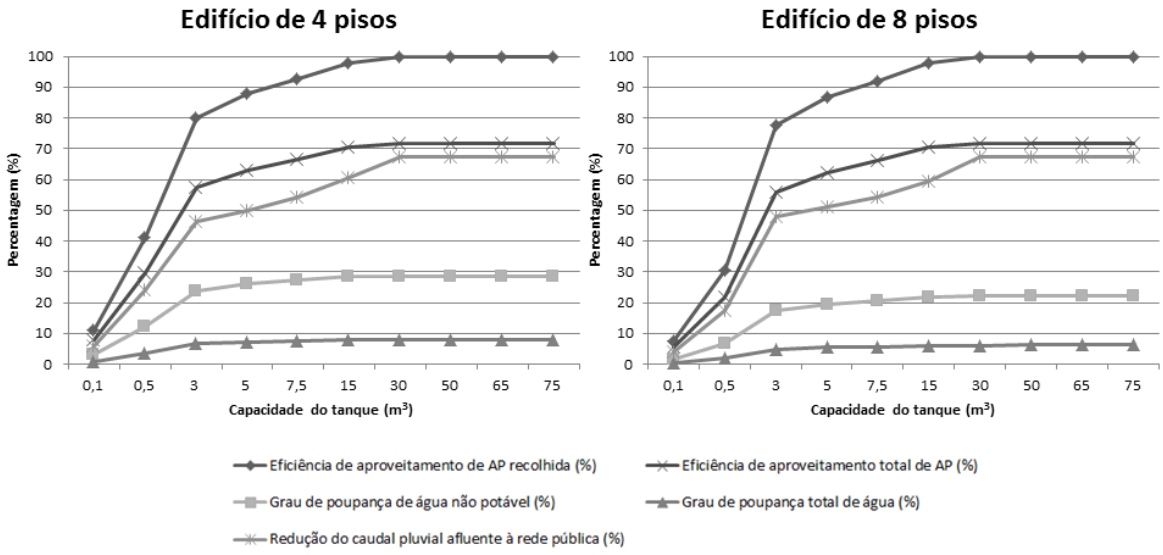

Figura 5.9 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona C.

O comportamento observado nos dois tipos de edifícios é muito similar. O tanque que melhor se adequa é o mesmo em ambos os edifícios, e é o de 15 m^3. Com esta capacidade obtêm-se graus de poupança de água não potável de 28,61% e 21,90% para os edifícios de 4 e 8 pisos, respetivamente. Embora os parâmetros estabilizem aos 30 m^3, as diferenças obtidas não compensavam o aumento de volume.

5.2.4. Zona D

Relativamente à zona D, a evolução dos parâmetros encontra-se na Figura 5.10, sendo os edifícios de 3 e 4 pisos os que apresentam maior representatividade.

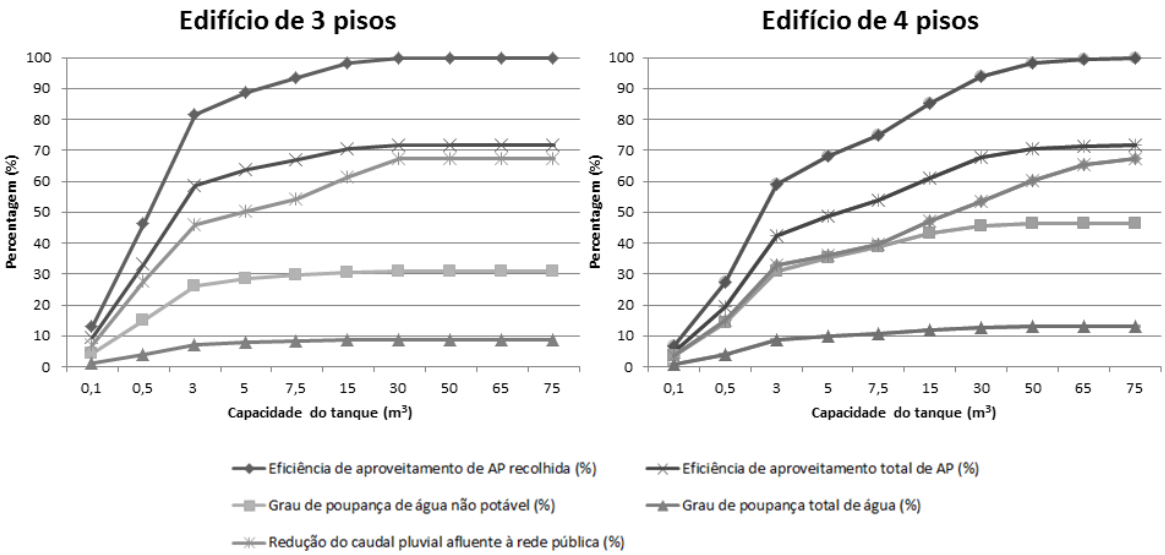

Figura 5.10 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona D.

No primeiro tipo de edifício, até aos 3 m^3, os parâmetros, nomeadamente a eficiência de aproveitamento de AP recolhida, apresentam uma evolução bastante acentuada, estabilizando aos

30 m^3. Para este edifício, um reservatório de 15 m^3 é o mais adequado uma vez que a este nível as poupanças já praticamente estabilizaram, não sendo rentável passar para 30 m^3 para se poupar apenas mais 0,11% de água não potável. Desta forma, o grau de poupança de água não potável corresponde a 31%.

Quanto ao edifício de 4 pisos, a evolução é mais irregular, e um reservatório de 50 m^3 aparenta ser a escolha mais acertada, alcançando um grau de poupança de água não potável de 46%. Neste caso, os valores estabilizam apenas na ordem dos 65 m^3.

5.2.5. Zona E.1

Para a zona E.1 os edifícios com maior representatividade apresentam 2 e 9 pisos, e os valores dos parâmetros para cada edifício encontram-se na Figura 5.11.

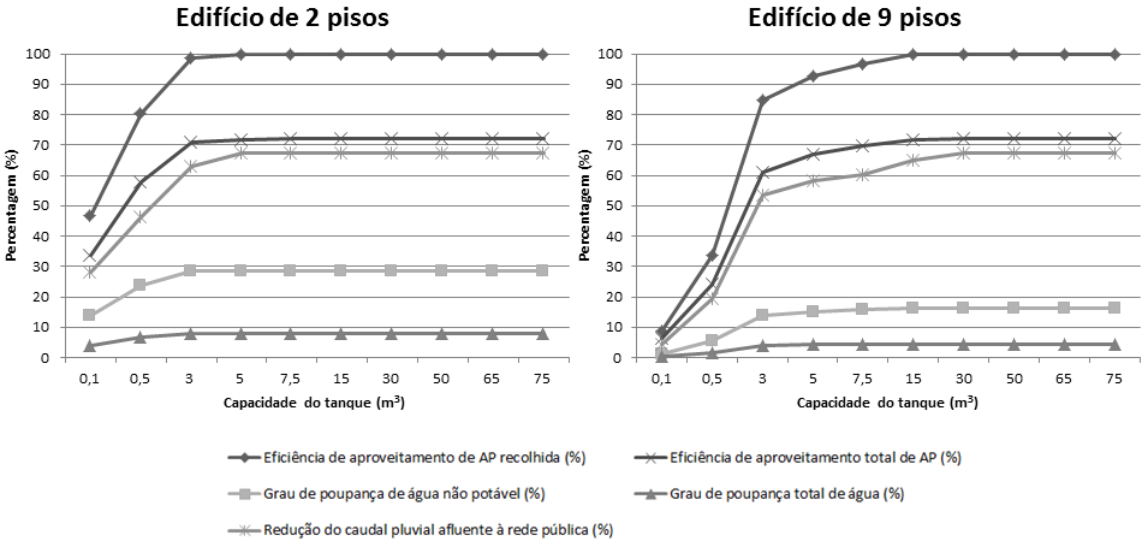

Figura 5.11 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona E.1.

Nos edifícios de 2 pisos, por habitarem poucas pessoas, o volume do tanque será reduzido e, como se pode observar pela Figura 5.11, os valores estabilizam aos 5 m^3, mas o volume mais acertado para este edifício será o de 3 m^3, alcançando um grau de poupança de água não potável de cerca de 30%.

Quanto ao segundo caso, já será necessário um reservatório maior, observando-se que a estabilização que anteriormente se observou aos 5 m^3, aqui ocorre apenas aos 15 m^3. Assim, como se tem verificado em todos os casos apresentados, o volume apropriado será o anterior ao qual ocorre a estabilização, ou seja, 7,5 m^3, correspondendo um grau de poupança de água não potável de 16%.

5.2.6. Zona E.2

Na zona E.2 os edifícios com maior representatividade são também de 2 pisos e, em vez de 9, apresentam 8 pisos, e a evolução dos valores dos parâmetros encontra-se na Figura 5.12.

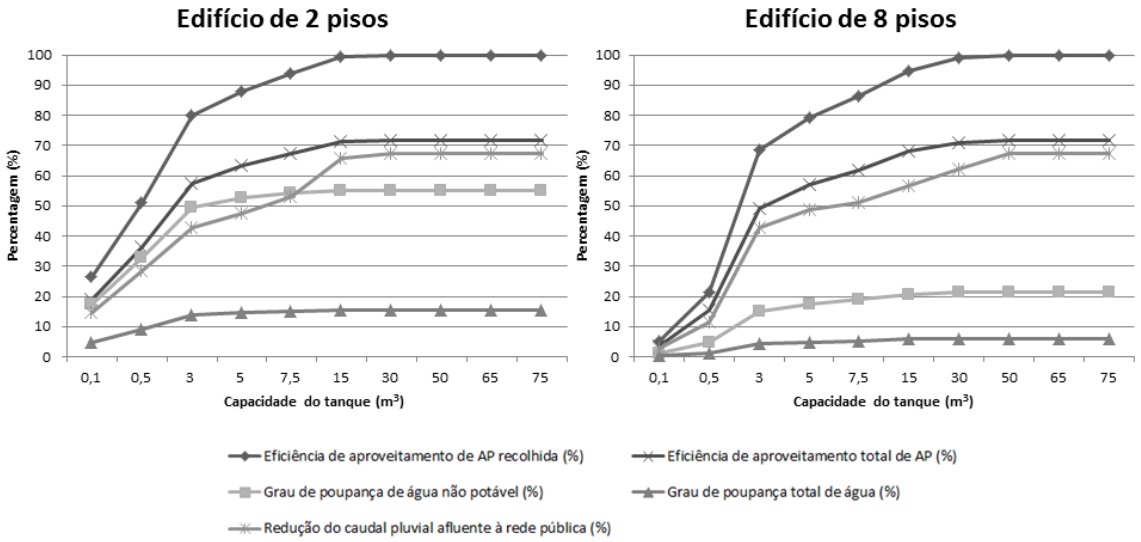

Figura 5.12 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona E.2.

Nesta zona, o volume mais apropriado para edifícios de 2 pisos seria 7,5 m^3. Verificando-se, mais uma vez, que os valores estabilizam nos 15 m^3, e que usar esta dimensão em vez da escolhida não compensa o investimento que seria necessário. Assim, alcança-se um grau de poupança de água não potável de 54%.

Relativamente a edifícios de 8 pisos, o tanque necessário apresenta dimensões maiores que o observado na zona E.1 para edifícios de 9 pisos, recomendando-se 30 m^3, o que permite alcançar um grau de poupança de água não potável ligeiramente superior a 20%.

5.2.7. Zona F

Por fim, a zona F apresenta edifícios relativamente baixos, em que os que têm maior representatividade são de 1 e 2 pisos, e a evolução dos valores para cada um dos edifícios encontra-se na Figura 5.13.

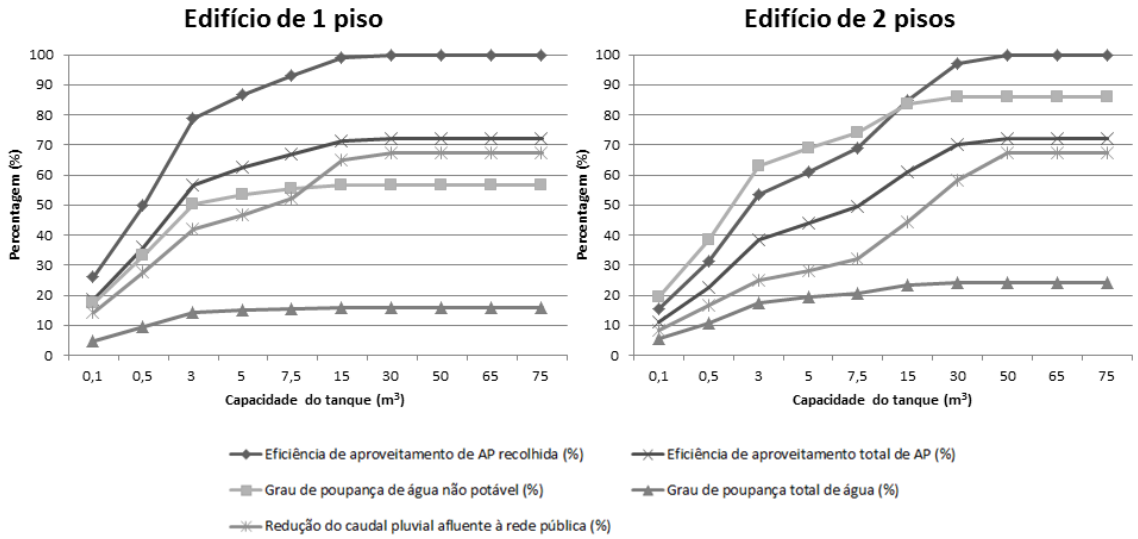

Figura 5.13 – Desempenho do SAAP em função do volume do tanque para os edifícios na zona F.

No primeiro caso, observa-se que a estabilização dos valores ocorre com 30 m^3 e, como se tem verificado, o volume mais adequado será o de 15 m^3, uma vez que o ganho no grau de poupança de água não potável, considerando o maior tanque em relação ao escolhido, é de apenas 0,02%. Desta forma, o grau de poupança de água não potável correspondente ao tanque de 15 m^3 é 57%.

Relativamente aos edifícios de 2 pisos, não é possível indicar uma capacidade na qual todos os parâmetros tenham estabilizado. Assim, analisando apenas o grau de poupança de água não potável, o volume que aparenta ser o mais adequado para este caso é o de 30 m^3, sendo possível alcançar-se um grau de poupança de água não potável na ordem dos 86%.

5.2.8. Estimativa do Grau de Poupança Não Potável de cada Zona

Na Tabela 5.9 apresentam-se os resultados obtidos na análise ao nível do edifício.

Tabela 5.9 – Quadro-resumo do grau de poupança não potável obtido.

Zona	Nº de pisos	Área de cob. (m^2)	Nº de resid.	Consumo médio diário (m^3)/edifício	Consumo médio diário não potável (m^3)/edifício	Capacidade do tanque (m^3)	Grau de poupança não potável (%)
A	1	31,68	3	0,438	0,123	3	34
A	2	158,60	9	1,314	0,369	30	53
B	3	125,90	12	1,752	0,492	15	34
B	4	229,35	16	2,336	0,656	30	44
C	4	151,63	18	2,628	0,738	15	29
C	8	227,90	36	5,256	1,476	15	22
D	3	127,19	14	2,044	0,574	15	31
D	4	264,97	18	2,628	0,738	50	46
E.1	2	24,76	3	0,438	0,123	3	29
E.1	9	198,55	44	6,424	1,804	7,5	16
E.2	2	55,00	3	0,438	0,123	7,5	54
E.2	8	360,00	58	8,468	2,378	30	22
F	1	55,48	3	0,438	0,123	15	57
F	2	102,81	3	0,438	0,123	30	86

Tendo por base os valores apresentados na Tabela 5.9 é possível obter um grau de poupança não potável para cada uma das zonas, que se calcula de acordo com (5.4):

$$Grau\ de\ poupanção\ não\ potável_{pond} = \frac{\sum Quant.edif_i \times Grau\ de\ poupança\ não\ potável}{\sum Quant.edif_i} \qquad (5.4)$$

A variável "Quantidade de edifícios$_i$" corresponde à percentagem de edifícios com 1 a 7 ou mais pisos, de acordo com o edifício em estudo, conforme apresentado na Tabela 5.6. Aplicando esta expressão a cada zona, obtém-se a informação apresentada na Figura 5.14. Os resultados foram apresentados em unidades, em vez de percentagem, para facilitar a comparação com os resultados obtidos na análise ao nível da cidade (ver Figura 5.6).

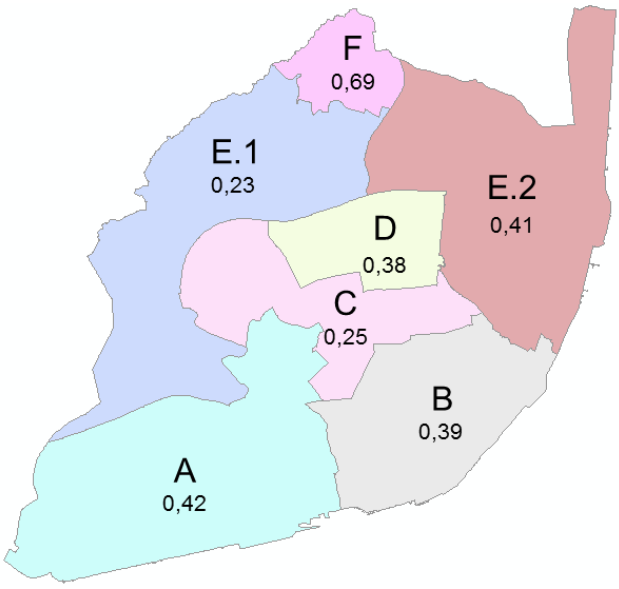

Figura 5.14 – Grau de poupança não potável obtido em cada uma das zonas, tendo por base os edifícios tipo.

A Figura 5.14 traduz o grau de poupança de água não potável em cada zona, considerando apenas os edifícios com maior representatividade. Estes valores correspondem a uma média ponderada dos valores obtidos em cada edifício, e como tal, são inferiores aos máximos apresentados na Tabela 5.9. A zona F continua a ser a que apresenta maior grau de poupança de água não potável, tomando o valor de 0,69, em vez de 0,86.

Comparando com a Figura 5.6, que apresenta o AR para cada zona com base na precipitação média, ou seja, considerando a média anual dos 53 anos do estudo e o consumo nesse mesmo período, os valores são amplamente superiores. A zona D é a que apresenta maior aproveitamento (1,56), o que equivale a dizer que é possível recolher toda a água necessária para os usos não potáveis e que ainda existe um substancial excedente para os usos exteriores. Com esta análise ao nível dos edifícios, a mesma zona apresenta um grau de poupança não potável de apenas 0,38, o que significa que se consegue recolher 38% da quantidade de água necessária para satisfazer as necessidades não potáveis. O facto de na primeira análise se terem considerado dados de precipitação totais anuais e nesta última quantidades diárias, terá contribuído para estas diferenças. Por outro lado, no capítulo 5.1 considerou-se a área total de edificado de cada zona assim como o consumo anual total não potável associado. No capítulo 5.2, por ser um estudo mais pormenorizado, teve-se em conta apenas a área de cobertura de dois edifícios tipo por cada zona e o correspondente consumo. Pode ocorrer que no edifício habitem bastantes pessoas, mas que a sua área de implantação não aumente na mesma proporção, o que levará a uma diminuição nas poupanças. Este aspeto não é tido em consideração na primeira abordagem, que na prática considera um edifício médio por zona.

6. Conclusões

Este trabalho permitiu ter uma melhor noção sobre a problemática da disponibilidade de recursos naturais na Terra, nomeadamente a água. Com a população a aumentar cada vez mais, e consequentemente as necessidades de água, a sua disponibilidade vai reduzindo. Assim, a escassez de água começa a ser um problema em diversas partes do mundo, com menores recursos hídricos, nomeadamente, o norte de África, médio oriente ou Austrália, mas também em regiões que, apesar da abundância de água, a sua qualidade e/ou elevada população criam situações de *stress* hídrico, nomeadamente o México ou a Índia.

Perante esta situação, é fulcral procurar medidas que possam reduzir o consumo de água potável, como a reutilização de água da chuva recorrendo a SAAP. Para além de se reduzir o consumo de água potável, estes sistemas também podem contribuir para atenuar as cheias, ou até mesmo, em alguns casos, mitigar a sua ocorrência. Contudo, algumas pessoas podem não estar disponíveis a aderir a esta medida devido ao investimento inicial necessário.

O presente estudo avalia a redução potencial de consumo de água potável por reutilização da água da chuva na cidade de Lisboa, tendo-se procedido a duas análises complementares tendo em consideração as diferenças do edificado e demográficas de diferentes zonas da cidade. A primeira trata-se de uma avaliação do potencial teórico com base no balanço de massa entre o volume precipitado e o volume consumido a nível anual. A segunda trata-se de uma avaliação com base na simulação dinâmica ao nível diário do desempenho de SAAP tipo em cada zona definida.

Para tal, foi necessário determinar o padrão de consumo total e não potável em habitações, que foi obtido através de inquéritos, tendo-se chegado à conclusão que cerca de 28% corresponde a consumo de água que não apresenta requisitos de potabilidade. Foi também aferido, através de informação disponibilizada, o padrão de consumo total e não potável ao nível urbano por parte da câmara, sendo que 75% poderá ser substituído por água da chuva. Relativamente ao centro urbano, foi possível identificar sete zonas distintas na cidade de Lisboa, tendo por base o número de pisos dos edifícios presentes.

Tendo em consideração a variabilidade espacial da precipitação em comparação com a alternativa de assumir um valor médio para toda a cidade de Lisboa, constata-se que as diferenças de poupança potencial são mínimas. Ao analisar a variação de consumo, observou-se que o aproveitamento será mais afetado se o consumo corresponder ao percentil 25, havendo um ganho de 18%, relativamente ao cenário de consumo médio, do que no caso do percentil 75, em que se verifica uma perda de aproveitamento de 5,8% relativamente ao cenário de consumo médio. Por fim, considerando o coeficiente de escoamento, mesmo assim, em quase todas as zonas é possível recolher a água necessária para os usos não potáveis e havendo ainda alguma excedente, que poderá ser utilizada pela câmara municipal ou juntas de freguesia em lavagens de arruamentos ou regas de espaços verdes.

Na análise mais específica, simulando o desempenho de SAAP tipo nos edifícios com mais representatividade de cada zona, os valores de aproveitamento foram significativamente inferiores. Na prática, em nenhum dos casos foi possível recolher a água necessária para os consumos não potáveis, sendo que o valor máximo obtido foi de 86% em relação ao consumo não potável, na zona F em edifícios de 2 pisos.

O estudo permite concluir que a cidade de Lisboa apresenta um potencial apreciável de poupança de água potável por reutilização de água da chuva. O estudo evidencia ainda as diferenças significativas decorrentes das escalas temporais e espaciais utilizadas na avaliação no caso de um clima como o da cidade de Lisboa, em que existem épocas marcadamente distintas em termos pluviométricos ao longo do ano.

A metodologia desenvolvida para este estudo foi para a cidade de Lisboa, mas pode ser igualmente aplicada a qualquer outra cidade ou região. Para além dos SAAP, outras medidas poderão ser adotadas de forma a reduzir o consumo de água potável em usos que não mostram requisitos de potabilidade, como por exemplo através da utilização de águas cinzentas ou de água tratada. A Junta de Freguesia de Alcântara utiliza mensalmente 350 mil litros de água reciclada em lavagens de ruas, o que permite poupar 8 mil euros por ano [53].

Embora a escassez de água não seja ainda um problema em Portugal, variados estudos indicam que poderá ser um problema num futuro não muito distante [15] [17]. Assim, a implementação destas medidas deve ser considerada tendo em atenção as variadas vantagens que lhes estão associadas, incluindo, a preservação de um recurso do qual todos dependemos.

Desta forma, recomenda-se que sejam aplicados incentivos à reutilização de água da chuva, uma vez que poderá levar a poupanças de água potável significativas, e também financeiras. Num trabalho futuro poderá ser interessante realizar uma análise semelhante à apresentada nesta dissertação, mas ao nível do quarteirão, assim como também em outros centros urbanos.

Referências bibliográficas

[1] C. L. Cheng, “Evaluating water conservation measures for Green Building in Taiwan,” *Build. Environ.*, vol. 38, no. 2, pp. 369–379, 2003.

[2] United Nations, “World Population Prospects: The 2015 Revision,” 2015.

[3] United Nations-Water, “World Water Development Report 4,” 2012.

[4] United Nations Environment Programme (UNEP), “Global Environment Outlook 3,” 2002.

[5] E. Ghisi, “Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil,” *Build. Environ.*, vol. 41, no. 11, pp. 1544–1550, 2006.

[6] E. Ghisi, D. L. Bressan, and M. Martini, “Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil,” *Build. Environ.*, vol. 42, pp. 1654–1666, 2007.

[7] E. Ghisi, A. Montibeller, and R. W. Schmidt, “Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil,” *Build. Environ.*, vol. 41, pp. 204–210, 2006.

[8] P. J. Coombes, J. R. Argue, and G. Kuczera, “Figtree Place: a case study in water sensitive urban development (WSUD),” *Urban Water*, vol. 1, no. 1999, pp. 335–343, 2000.

[9] M. Kottek, J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel, “World map of the Köppen-Geiger climate classification updated,” *Meteorol. Zeitschrift*, vol. 15, no. 3, pp. 259–263, 2006.

[10] A. Palla, I. Gnecco, L. G. Lanza, and P. La Barbera, “Performance analysis of domestic rainwater harvesting systems under various European climate zones,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 62, pp. 71–80, 2012.

[11] D. Chen and H. W. Chen, “Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901-2010,” *Environ. Dev.*, vol. 6, no. 1, pp. 69–79, 2013.

[12] M. C. Peel, B. L. Finlayson, and T. a Mcmahon, “Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification,” *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, vol. 4, pp. pp. 439–473, 2007.

[13] The Encyclopedia of Earth, “Moist Mid-latitude Climates with Mild Winters - C Climate Type,” 2011. [Online]. Available: http://www.eoearth.org/view/article/162272/. [Accessed: 24-May-2015].

[14] Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), “Precipitação - normais climatológicas 1981-2010 (provisórias).” [Online]. Available: http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/012/. [Accessed: 03-Sep-2015].

[15] M. Belo-Pereira, E. Dutra, and P. Viterbo, “Evaluation of global precipitation data sets over the Iberian Peninsula,” *J. Geophys. Res.*, vol. 116, no. 20, pp. 1–16, 2011.

[16] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,” 2007.

[17] B. Lehner, P. Döll, J. Alcamo, T. Henrichs, and F. Kaspar, “Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: A continental, integrated analysis,” *Clim. Change*, vol. 75, no. 3, pp. 273–299, 2006.

[18] F. A. Abdulla and A. W. Al-Shareef, “Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan,” *Desalination*, vol. 243, no. 1–3, pp. 195–207, 2009.

[19] United Nations, “Millenium Development Goals.” [Online]. Available: http://www.un.org/millenniumgoals/environ.shtml. [Accessed: 27-Feb-2015].

[20] United Nations Development Programme (UNDP), “Human Development Report 2006,” 2006.

[21] E. L. Villarreal and A. Dixon, “Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden,” *Build. Environ.*, vol. 40, no. 9, pp. 1174–1184, 2005.

[22] M. A. Imteaz, A. Ahsan, J. Naser, and A. Rahman, “Reliability analysis of rainwater tanks in Melbourne using daily water balance model,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 56, no. 1, pp. 80–86, 2011.

[23] Environment Agency, “Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide,” *Environ. Agency Reports*, no. October, pp. 1–32, 2010.

[24] T. Herrmann and U. Schmida, “Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects,” *Urban Water*, vol. 1, no. 1999, pp. 307–316, 2000.

[25] A. M. de E.-A. de L. Lisboa E-Nova, Câmara Municipal de Lisboa, Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), and Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão (SIMTEJO), “Matriz da Água de Lisboa 2014,” 2015.

[26] M. Sturm, M. Zimmermann, K. Schütz, W. Urban, and H. Hartung, “Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia,” *Phys. Chem. Earth*, vol. 34, no. 13–16, pp. 776–785, 2009.

[27] A. M. de E.-A. de L. Lisboa E-Nova, Câmara Municipal de Lisboa, Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), and Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão (SIMTEJO), “Matriz da Água de Lisboa 2004,” 2004.

[28] United States Environmental Protection Agency (EPA), “Indoor Water Use in the United States.” [Online]. Available: http://www.epa.gov/watersense/pubs/indoor.html. [Accessed: 30-Apr-2015].

[29] World Bank Group, “Annual freshwater withdrawals.” [Online]. Available: http://wdi.worldbank.org/table/3.5#. [Accessed: 30-Apr-2015].

[30] United Nations Environment Programme (UNEP), “Examples of Rainwater Harvesting and Utilisation Around the World.” [Online]. Available: http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp. [Accessed: 30-May-2015].

[31] C. M. Silva, V. Sousa, and N. V. Carvalho, “Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 94, pp. 21–34, 2015.

[32] Premier Tech Iberoto, “Tabela de preços,” 2014. [Online]. Available: http://www.premiertech.pt/. [Accessed: 11-Feb-2014].

[33] E. Ghisi, K. A. Cardoso, and R. F. Rupp, “Short-term versus long-term rainfall time series in the assessment of potable water savings by using rainwater in houses,” *J. Environ. Manage.*, vol. 100, pp. 109–119, 2012.

[34] R. Farreny, T. Morales-Pinzón, A. Guisasola, C. Tayà, J. Rieradevall, and X. Gabarrell, “Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain,” *Water Res.*, vol. 45, no. 10, pp. 3245–3254, 2011.

[35] B. Helmreich and H. Horn, “Opportunities in rainwater harvesting,” *Desalination*, vol. 248, no. 1–3, pp. 118–124, 2009.

[36] World Health Organization (WHO), “WHO guidelines for drinking-water quality,” *WHO Chron.*, vol. 38, no. 3, pp. 104–108, 1984.

[37] Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), “Comissão Técnica ETA 0701. Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios,” 2015.

[38] A. Fewkes, “The use of rainwater for WC flushing: The field testing of a collection system,” *Build. Environ.*, vol. 34, no. 6, pp. 765–772, 1999.

[39] C. L. Cheng and M. C. Liao, “Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 53, pp. 421–428, 2009.

[40] E. Hajani and A. Rahman, “Rainwater utilization from roof catchments in arid regions: A case study for Australia,” *J. Arid Environ.*, vol. 111, pp. 35–41, Dec. 2014.

[41] R. Farreny, X. Gabarrell, and J. Rieradevall, “Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 55, no. 7, pp. 686–694, 2011.

[42] Instituto Nacional de Estatística (INE), “2.02 - Edifícios, segundo o número de pisos, por tipo de edifício e número de alojamentos,” 2011. [Online]. Available: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos_quadros_edif. [Accessed: 09-Nov-2014].

[43] Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), “Relatório do parâmetro Precipitação diária (mm) em SACAVÉM DE CIMA (21C/01UG),” 2003. [Online]. Available: http://www.snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1. [Accessed: 08-Oct-2014].

[44] Câmara Municipal de Lisboa, “Juntas de Freguesia,” 2012. [Online]. Available: http://www.cm-lisboa.pt/municipio/juntas-de-freguesia. [Accessed: 10-Jan-2015].

[45] Direcção-Geral do Território, “CAOP2014,” 2014. [Online]. Available: http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/carta_administrativa_oficial_de_portugal__caop_/caop_em_vigor/. [Accessed: 18-Feb-2015].

[46] Instituto Nacional de Estatística (INE), “Censos2011 - População residente por freguesia, CAOP 2013,” 2013. [Online]. Available: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos_quadros. [Accessed: 12-Apr-2015].

[47] Instituto Nacional de Estatística (INE), “Dimensão média familiar segundo os Censos2011,” 2011. [Online]. Available: https://www.ine.pt/scripts/flex_definitivos/Main.html. [Accessed: 12-Apr-2015].

[48] Transtejo e Soflusa - Meteo, “Histórico Mensal/Anual,” 2015. [Online]. Available: http://meteo.transtejo.pt/historico.php?yr=2014. [Accessed: 08-Oct-2014].

[49] Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza and Veolia Água, “EcoFamílias − Água. Relatório Final Dezembro 2008- Janeiro 2010,” 2010.

[50] X. Zhang, L. Alexander, G. C. Hegerl, P. Jones, A. K. Tank, T. C. Peterson, B. Trewin, and F. W. Zwiers, “Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data,” *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.*, vol. 2, no. 6, pp. 851–870, 2011.

[51] European Climate Assessment & Dataset (ECA&D), “Indices dictionary.” [Online]. Available: http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php. [Accessed: 15-Apr-2015].

[52] M. I. B. Ponces, “Avaliação Técnico-Económica de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios Comerciais - Casos de Estudo da Sonae Sierra,” Instituto Superior Técnico, 2015.

[53] Semanário Expresso, “Água de esgoto usada para lavar ruas,” Lisboa, 16-May-2015.

Anexo 1 – Tabela utilizada na 1ª fase do estudo do consumo de água em habitações

Agregado familiar:					Data de início:			
		2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
Leitura do contador (m^3)	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Máquina de lavar roupa	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Máquina de lavar louça	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Lava-louça	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Autoclismo	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Chuveiro	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Lavatório	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Bidé	Manhã							
	Tarde							
	Noite							
Modelo da máquina de lavar roupa								
Modelo da máquina de lavar louça								

Anexo 2 – Precipitação anual obtida pelo *ArcGis* para cada uma das zonas e em Lisboa

A presente tabela dispõe dos valores de precipitação anual, em mm, para cada uma das zonas e em Lisboa, desde 1950/51 até 2002/03. O "Ano médio" é a média dos 53 anos considerados.

Precipitação anual (mm)								
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F	Lisboa
Ano médio	739,4	731,8	743,9	742,6	756,2	732,4	752,8	742,9
1950/51	676,7	672,0	676,9	676,3	681,3	672,6	679,8	676,6
1951/52	785,4	783,6	780,6	779,9	776,3	781,0	775,3	780,8
1952/53	495,5	493,6	498,3	498,3	503,1	495,2	502,4	498,0
1953/54	759,6	749,9	760,1	758,1	769,5	748,1	765,0	759,2
1954/55	632,1	627,2	630,8	629,7	633,7	625,6	631,4	630,5
1955/56	1 007,4	997,4	1 010,0	1 008,5	1 020,8	999,0	1 016,7	1 009,0
1956/57	517,8	511,4	523,0	522,5	534,3	514,7	532,1	522,2
1957/58	571,5	565,3	574,7	573,8	584,0	566,2	581,3	574,0
1958/59	916,8	908,7	917,5	915,9	926,0	907,4	922,4	916,8
1959/60	902,4	894,9	902,4	900,6	910,0	891,8	906,0	901,7
1960/61	716,8	702,4	715,7	712,6	727,5	699,0	720,7	714,6
1961/62	750,1	740,6	746,0	743,8	749,7	737,1	745,2	745,5
1962/63	965,2	951,3	965,5	962,7	978,5	948,9	972,1	964,3
1963/64	1 006,9	993,4	1 006,6	1 003,6	1 018,9	989,6	1 012,3	1 005,4
1964/65	498,2	492,3	495,2	493,6	497,2	488,8	494,1	494,8
1965/66	1 024,9	1 011,4	1 027,3	1 024,8	1 042,4	1 010,4	1 036,4	1 026,0
1966/67	500,4	498,9	497,7	497,4	495,2	498,7	494,8	497,8
1967/68	669,9	660,3	672,0	670,2	683,3	659,6	679,1	671,0
1968/69	1 142,6	1 122,2	1 138,5	1 134,0	1 152,5	1 116,1	1 143,0	1 137,0
1969/70	788,5	784,8	794,7	794,1	805,9	785,6	803,7	794,0
1970/71	631,1	628,6	639,8	640,2	652,0	633,8	651,4	639,1
1971/72	588,8	588,0	593,4	593,6	599,5	590,5	599,3	593,0
1972/73	660,9	659,9	663,3	662,8	667,8	658,6	666,5	663,0
1973/74	528,1	529,9	536,0	537,1	543,8	534,3	544,7	535,7
1974/75	485,4	482,1	493,1	493,2	504,6	486,6	503,7	492,4
1975/76	491,6	480,9	493,3	491,2	505,4	479,5	500,5	492,3
1976/77	765,2	748,5	761,4	757,4	772,9	742,1	764,9	760,1
1977/78	911,3	900,4	914,4	912,5	927,6	900,5	922,7	913,3
1978/79	1 001,5	988,5	1 006,5	1 004,5	1 023,6	990,1	1 018,1	1 005,1
1979/80	601,8	590,9	601,5	599,0	611,4	587,6	606,0	600,5

Precipitação anual (mm)								
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F	Lisboa
1980/81	483,2	477,5	486,3	485,3	495,1	477,8	492,4	485,6
1981/82	671,3	667,1	679,9	679,6	694,1	670,1	692,0	679,0
1982/83	409,9	400,7	415,3	413,7	430,5	400,8	426,1	414,2
1983/84	815,0	805,8	831,9	831,8	859,5	814,9	856,3	830,2
1984/85	892,5	878,8	902,7	900,4	928,1	879,7	921,4	900,9
1985/86	660,0	649,5	671,6	670,2	695,6	652,1	690,5	670,0
1986/87	658,1	653,9	670,3	670,4	688,5	659,3	686,8	669,2
1987/88	865,0	853,6	875,7	873,7	899,8	854,2	893,7	874,0
1988/89	613,5	602,4	620,9	619,0	640,6	602,7	635,3	619,5
1989/90	993,8	984,4	1 000,4	998,5	1 017,7	983,4	1 012,5	999,1
1990/91	807,2	793,5	815,5	813,2	838,9	793,6	832,6	813,8
1991/92	453,4	447,8	457,7	456,8	468,1	448,5	465,4	457,0
1992/93	610,5	601,3	616,8	615,5	632,7	602,8	628,6	615,7
1993/94	758,9	743,7	763,6	760,5	784,1	740,8	776,4	762,0
1994/95	429,1	418,7	425,8	423,1	432,1	413,4	426,8	425,1
1995/96	1 369,4	1 357,1	1 382,5	1 380,8	1 409,9	1 360,1	1 404,2	1 380,6
1996/97	799,7	798,6	807,3	807,8	817,3	802,5	817,0	806,8
1997/98	1 143,5	1 138,2	1 158,1	1 158,4	1 180,0	1 145,7	1 178,4	1 156,7
1998/99	571,2	571,3	574,8	575,1	579,1	573,0	579,2	574,6
1999/00	668,3	665,4	677,2	677,5	690,1	670,2	689,2	676,4
2000/01	1 132,5	1 126,2	1 146,1	1 145,9	1 168,2	1 131,9	1 165,7	1 144,7
2001/02	590,7	589,8	605,9	607,2	624,0	599,0	624,4	604,9
2002/03	794,6	798,9	802,6	804,0	808,4	803,0	810,2	802,5

Anexo 3 – Valores calculados de precipitação anual no centróide de cada uma das zonas

Esta tabela apresenta os valores que foram calculados pela fórmula de *inverse distance weighting*, para verificar se a correlação obtida seria boa, para se poder determinar os valores de precipitação diária em cada zona.

Precipitação anual calculada (mm)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1950/51	674,9	671,7	676,3	676,4	679,9	674,1	680,9
1951/52	787,5	785,2	782,7	781,3	779,7	782,2	775,4
1952/53	495,2	494,0	498,6	499,2	502,5	497,6	504,1
1953/54	756,9	750,5	759,7	759,8	767,6	755,1	768,3
1954/55	631,4	627,8	631,1	630,7	633,7	628,9	632,8
1955/56	1 008,0	1 000,4	1 012,6	1 012,8	1 022,0	1 008,0	1 022,2
1956/57	516,4	512,3	523,3	524,5	532,5	520,1	535,9
1957/58	569,7	565,8	574,6	575,3	582,1	571,4	584,3
1958/59	913,3	908,3	916,1	916,3	923,0	912,2	924,6
1959/60	898,8	894,4	900,8	900,9	906,9	897,0	907,9
1960/61	713,9	703,9	716,0	715,6	726,1	709,2	725,5
1961/62	749,8	742,4	747,6	746,4	751,1	743,4	747,9
1962/63	961,5	952,2	965,1	965,0	975,9	958,4	976,7
1963/64	1 003,0	994,1	1 005,9	1 005,8	1 016,2	999,4	1 016,6
1964/65	497,1	492,9	495,3	494,5	497,2	492,6	495,3
1965/66	1 020,5	1 011,9	1 026,3	1 026,8	1 038,7	1 019,7	1 041,2
1966/67	502,7	500,4	499,8	499,0	498,2	499,4	495,4
1967/68	666,2	660,2	670,7	671,3	680,0	666,0	682,3
1968/69	1 137,9	1 123,7	1 138,4	1 137,3	1 150,4	1 129,0	1 148,5
1969/70	785,1	784,1	792,9	794,4	801,6	790,5	806,4
1970/71	628,8	628,3	638,8	641,0	648,3	637,2	654,5
1971/72	587,1	587,4	592,3	593,5	597,0	591,6	600,5
1972/73	658,4	658,9	661,5	662,2	664,9	660,6	667,1
1973/74	526,4	529,0	534,6	536,6	540,3	534,9	546,0
1974/75	483,7	482,3	492,6	494,4	501,7	490,7	506,9
1975/76	487,4	480,8	492,0	492,4	501,8	486,7	504,0
1976/77	759,4	748,3	759,5	758,6	769,1	751,6	768,4
1977/78	909,4	902,0	915,2	915,7	926,2	909,9	927,8
1978/79	998,7	990,1	1 006,9	1 008,0	1 021,0	1 000,6	1 024,2
1979/80	598,5	591,5	600,9	600,7	609,1	595,6	609,4

Precipitação anual calculada (mm)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	481,3	477,9	485,9	486,6	493,1	483,0	495,2
1981/82	667,7	666,5	678,1	680,2	689,1	675,5	695,5
1982/83	404,9	400,1	413,1	414,5	425,2	408,3	430,0
1983/84	810,0	805,8	830,2	834,4	852,0	825,0	864,0
1984/85	884,2	877,5	898,8	901,4	918,8	891,4	927,7
1985/86	652,4	648,0	667,8	670,8	686,5	661,9	696,2
1986/87	653,7	653,0	668,0	671,0	682,1	665,2	691,1
1987/88	857,3	852,3	871,9	874,6	890,8	865,5	899,6
1988/89	606,5	601,0	617,5	619,4	633,0	611,5	639,9
1989/90	987,8	983,5	997,5	999,1	1 011,1	992,3	1 016,8
1990/91	797,9	791,2	810,6	812,9	828,9	803,3	837,5
1991/92	450,3	447,5	456,4	457,5	464,7	453,4	468,2
1992/93	606,5	601,4	615,5	617,0	628,2	610,7	633,1
1993/94	751,4	742,9	760,5	761,7	777,0	752,7	781,9
1994/95	425,5	418,6	424,6	423,8	430,0	419,7	428,8
1995/96	1 360,4	1 355,2	1 377,8	1 381,2	1 399,3	1 370,9	1 410,5
1996/97	797,3	797,9	805,8	807,8	813,4	804,8	819,1
1997/98	1 137,5	1 136,4	1 154,6	1 158,4	1 171,6	1 151,2	1 183,1
1998/99	570,0	570,8	574,0	574,9	577,1	573,7	579,9
1999/00	665,6	665,0	675,9	678,1	685,9	674,0	692,4
2000/01	1 125,7	1 124,2	1 142,1	1 145,7	1 159,2	1 138,2	1 170,3
2001/02	587,9	589,3	604,4	608,1	618,3	603,1	628,8
2002/03	793,3	797,7	801,0	803,0	805,0	802,4	810,7

Anexo 4 – Valores obtidos para os índices de precipitação anual para cada zona

O primeiro índice abordado é a precipitação total anual, RR, que não se vai apresentar neste anexo por ser igual ao Anexo 3.

De seguida, apresentam-se os valores referentes ao índice de número de dias húmidos, RR1.

RR1 (dias)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1950/51	92	93	93	93	93	92	93
1951/52	86	86	88	88	85	87	84
1952/53	67	67	67	67	67	67	67
1953/54	78	77	79	78	79	78	80
1954/55	84	83	85	85	86	84	86
1955/56	106	106	107	107	106	106	106
1956/57	74	74	73	73	72	73	73
1957/58	82	80	81	80	83	80	82
1958/59	110	111	112	112	113	111	115
1959/60	124	124	124	124	123	124	123
1960/61	113	112	114	114	116	114	115
1961/62	76	77	75	74	74	75	76
1962/63	120	120	119	119	119	119	118
1963/64	107	107	106	105	104	104	104
1964/65	65	66	66	66	66	67	66
1965/66	114	113	115	114	114	114	114
1966/67	77	77	77	76	77	76	76
1967/68	83	83	83	82	83	83	82
1968/69	124	124	125	125	125	124	125
1969/70	89	89	91	91	93	90	94
1970/71	90	92	92	93	92	94	92
1971/72	78	77	77	77	78	77	77
1972/73	89	87	88	88	88	88	88
1973/74	83	83	85	85	84	84	85
1974/75	71	71	71	70	72	71	71
1975/76	71	70	73	73	74	72	74
1976/77	105	105	106	107	112	105	112
1977/78	114	114	114	113	114	113	114
1978/79	111	111	111	111	111	111	112
1979/80	79	80	79	81	82	80	82

RR1 (dias)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	77	77	83	83	83	82	83
1981/82	75	74	76	76	76	75	76
1982/83	67	67	69	69	70	69	70
1983/84	101	100	103	103	103	102	103
1984/85	110	110	110	110	111	110	112
1985/86	88	88	87	87	88	88	87
1986/87	81	82	81	81	83	81	84
1987/88	114	115	119	120	120	119	119
1988/89	74	74	74	74	75	74	75
1989/90	94	92	96	96	98	95	99
1990/91	102	102	103	104	104	102	103
1991/92	68	68	69	69	69	68	70
1992/93	86	85	88	87	90	86	90
1993/94	86	87	86	85	85	84	82
1994/95	73	72	73	73	72	72	75
1995/96	125	126	125	125	125	124	127
1996/97	90	93	93	93	92	92	94
1997/98	115	115	115	115	117	115	117
1998/99	71	70	71	71	70	71	70
1999/00	81	83	84	85	85	83	86
2000/01	119	118	120	120	120	118	120
2001/02	78	78	79	79	82	79	83
2002/03	101	101	100	100	99	100	98

O próximo índice apresentado é o número máximo consecutivo de dias húmidos, CWD.

CWD (dias)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1950/51	12	12	12	12	12	12	12
1951/52	8	8	9	9	9	9	9
1952/53	9	9	9	9	9	9	9
1953/54	9	9	13	13	13	13	13
1954/55	10	10	18	18	18	10	18
1955/56	15	15	15	15	15	15	15
1956/57	6	6	6	6	6	6	6
1957/58	8	8	8	8	9	8	9
1958/59	15	16	16	16	16	16	16
1959/60	17	17	17	17	11	17	11
1960/61	27	27	27	27	27	27	27
1961/62	14	14	14	14	13	14	14
1962/63	26	26	26	26	26	26	21
1963/64	11	11	11	11	11	11	11
1964/65	7	8	7	7	7	7	7
1965/66	13	13	13	13	13	13	13
1966/67	13	13	13	13	13	13	13
1967/68	22	22	22	22	22	22	22
1968/69	14	14	14	14	14	14	14
1969/70	18	18	18	18	18	18	18
1970/71	9	9	9	9	9	9	9
1971/72	9	9	9	9	9	9	9
1972/73	12	12	12	12	12	12	12
1973/74	8	8	8	8	8	8	8
1974/75	9	9	9	9	9	9	9
1975/76	10	10	11	11	11	11	11
1976/77	16	16	16	16	16	16	16
1977/78	19	19	19	19	19	19	19
1978/79	19	19	19	19	19	19	19
1979/80	7	7	7	7	7	7	7

CWD (dias)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	6	6	9	9	9	9	9
1981/82	6	6	6	6	6	6	6
1982/83	17	17	17	17	15	17	15
1983/84	18	18	18	18	18	18	18
1984/85	17	17	14	14	14	14	14
1985/86	12	12	12	12	12	12	12
1986/87	9	9	9	9	9	9	9
1987/88	17	17	17	17	17	17	17
1988/89	9	9	9	9	9	9	9
1989/90	11	11	11	11	11	11	11
1990/91	9	9	9	9	9	9	9
1991/92	7	7	7	7	7	7	7
1992/93	6	6	6	6	6	6	6
1993/94	13	13	13	13	13	13	13
1994/95	7	7	7	7	5	7	5
1995/96	25	25	25	25	25	25	25
1996/97	16	16	16	16	16	16	16
1997/98	13	13	13	13	13	13	13
1998/99	7	7	7	7	7	7	7
1999/00	8	11	8	12	12	8	12
2000/01	11	11	18	18	21	18	21
2001/02	8	8	8	8	8	8	8
2002/03	15	15	15	15	15	15	15

O quarto índice apresentado foi a precipitação total anual em dias húmidos, PRCPTOT.

PRCPTOT (mm)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1950/51	645,6	643,9	648,2	648,5	652,1	645,1	653,6
1951/52	763,8	761,7	760,4	758,9	754,1	758,9	749,0
1952/53	475,6	474,7	478,9	479,5	482,6	477,9	484,3
1953/54	736,6	729,8	739,9	738,9	747,1	734,7	748,9
1954/55	615,9	611,5	616,8	616,4	620,4	613,6	619,7
1955/56	990,2	983,2	995,6	995,9	1 003,6	990,4	1 003,8
1956/57	493,8	489,6	499,5	500,7	507,9	496,2	512,5
1957/58	549,2	543,8	552,5	552,2	561,3	548,8	562,5
1958/59	889,7	885,6	893,8	893,9	901,5	888,7	905,0
1959/60	875,2	871,1	876,9	876,9	881,5	873,3	882,5
1960/61	691,1	681,1	694,3	693,9	705,8	688,0	704,6
1961/62	721,5	715,6	718,1	715,9	720,5	714,0	719,6
1962/63	943,3	934,1	945,6	945,6	956,3	939,1	956,3
1963/64	983,3	974,5	985,6	984,6	994,6	977,1	995,5
1964/65	475,5	472,7	474,7	474,0	476,5	473,3	474,8
1965/66	998,1	989,1	1 004,7	1 004,3	1 016,0	997,4	1 018,9
1966/67	481,8	479,8	478,8	476,9	476,9	477,6	473,2
1967/68	648,3	642,8	653,3	653,0	662,7	648,8	664,7
1968/69	1 119,2	1 105,3	1 120,9	1 119,8	1 132,9	1 110,5	1 131,2
1969/70	768,0	767,3	776,6	777,9	786,1	773,5	791,4
1970/71	609,1	610,4	620,4	623,5	630,0	620,7	636,2
1971/72	567,8	566,9	571,6	572,7	577,4	570,7	579,8
1972/73	642,0	640,1	644,4	645,1	648,5	643,1	651,1
1973/74	505,6	508,2	514,4	516,1	518,3	513,8	524,3
1974/75	469,4	468,5	477,4	478,2	486,7	475,9	490,8
1975/76	471,9	464,7	478,1	478,6	488,7	472,1	490,9
1976/77	731,3	721,0	731,5	731,5	746,1	723,1	745,3
1977/78	888,0	881,0	893,1	892,5	903,5	886,9	905,0
1978/79	979,4	971,1	987,0	987,9	1 000,5	980,8	1 004,5
1979/80	574,9	569,3	576,7	578,5	587,3	572,8	587,6

PRCPTOT (mm)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	456,9	453,6	466,3	466,8	472,8	462,5	474,6
1981/82	648,7	647,0	658,7	660,6	668,4	655,5	674,4
1982/83	383,4	379,0	393,5	394,9	406,4	388,9	411,5
1983/84	789,7	785,0	810,8	814,7	831,4	804,7	842,8
1984/85	871,7	865,2	886,1	888,7	907,1	878,7	917,3
1985/86	635,3	631,2	649,5	652,5	669,2	644,7	678,1
1986/87	633,9	634,3	648,0	651,1	664,2	645,1	674,4
1987/88	830,4	826,5	850,0	853,8	870,4	843,4	878,6
1988/89	587,6	582,2	598,0	599,9	614,4	592,1	621,3
1989/90	968,7	962,6	979,8	981,3	994,9	973,8	1 001,5
1990/91	780,0	773,8	793,9	797,3	813,2	785,8	821,1
1991/92	434,5	431,9	441,5	442,6	449,7	437,5	454,7
1992/93	577,8	572,6	588,8	589,4	602,9	582,4	608,2
1993/94	728,9	721,9	738,3	738,7	753,9	728,8	756,6
1994/95	408,1	400,7	407,2	406,4	411,3	401,5	413,4
1995/96	1 343,9	1 340,0	1 361,3	1 364,8	1 382,9	1 353,6	1 396,6
1996/97	776,8	780,6	788,2	790,1	794,7	786,3	802,5
1997/98	1 120,8	1 119,8	1 137,6	1 141,3	1 156,4	1 134,2	1 167,9
1998/99	554,5	554,4	557,8	558,6	559,4	557,7	561,9
1999/00	645,5	647,2	658,4	661,6	669,1	655,7	676,5
2000/01	1 110,3	1 107,9	1 127,0	1 130,5	1 143,7	1 121,2	1 154,8
2001/02	562,6	564,0	580,0	583,8	597,1	578,8	608,9
2002/03	770,4	774,8	777,4	779,5	780,8	778,8	785,7

Por fim, apresenta-se o número máximo consecutivo de dias secos, CDD.

CDD (dias)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1950/51	81	81	93	93	93	94	93
1951/52	58	58	58	58	58	58	58
1952/53	89	82	89	89	89	89	89
1953/54	114	114	114	114	114	113	113
1954/55	113	113	113	113	113	112	112
1955/56	46	46	46	46	46	46	46
1956/57	77	77	77	77	77	77	77
1957/58	50	50	50	50	50	50	50
1958/59	104	104	104	104	104	104	102
1959/60	76	76	76	76	76	76	76
1960/61	78	78	78	78	78	78	78
1961/62	99	99	99	99	99	99	99
1962/63	75	75	75	75	75	75	75
1963/64	45	45	45	45	45	45	45
1964/65	144	143	144	144	144	143	144
1965/66	50	50	50	50	50	50	50
1966/67	52	52	52	52	52	52	52
1967/68	71	71	71	71	71	71	71
1968/69	70	70	70	70	70	70	70
1969/70	71	71	71	71	49	71	49
1970/71	39	39	39	39	39	39	39
1971/72	60	60	60	60	60	60	60
1972/73	51	51	51	51	51	51	51
1973/74	89	89	89	89	89	89	89
1974/75	103	103	103	104	68	103	68
1975/76	65	65	65	65	65	65	65
1976/77	55	55	55	55	55	55	55
1977/78	85	85	85	85	85	85	85
1978/79	63	64	63	63	63	63	63
1979/80	44	44	44	44	44	44	44

CDD (dias)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	75	75	75	75	75	75	75
1981/82	51	51	51	51	51	51	51
1982/83	72	72	72	72	72	72	72
1983/84	42	42	42	42	42	42	42
1984/85	87	87	87	87	87	87	87
1985/86	55	55	55	55	55	55	55
1986/87	74	74	74	74	74	74	74
1987/88	58	58	57	57	57	57	57
1988/89	95	95	95	95	95	95	95
1989/90	35	35	35	35	35	35	35
1990/91	60	89	60	60	60	89	94
1991/92	58	58	58	58	58	58	58
1992/93	36	36	36	36	36	36	36
1993/94	75	75	75	75	76	75	75
1994/95	69	69	69	69	69	69	69
1995/96	106	106	94	94	94	106	47
1996/97	44	44	44	44	44	44	44
1997/98	87	87	87	87	87	87	87
1998/99	38	60	38	38	38	38	38
1999/00	39	39	39	39	39	39	39
2000/01	33	33	33	33	33	33	33
2001/02	76	76	76	76	76	76	76
2002/03	55	55	55	55	55	55	55

Anexo 5 – Resultados da análise da influência temporal da precipitação no aproveitamento

Neste anexo apresentam-se os valores de aproveitamento obtidos para cada uma das zonas definidas, ao longo dos 53 anos dos dados de precipitação, assim como a média dos anos.

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
Ano médio	1,79	1,66	1,55	1,95	1,25	1,50	1,13
1950/51	1,64	1,52	1,41	1,78	1,13	1,38	1,02
1951/52	1,90	1,78	1,62	2,05	1,29	1,60	1,17
1952/53	1,20	1,12	1,04	1,31	0,83	1,02	0,76
1953/54	1,84	1,70	1,58	1,99	1,28	1,54	1,15
1954/55	1,53	1,42	1,31	1,65	1,05	1,28	0,95
1955/56	2,44	2,26	2,10	2,65	1,69	2,05	1,53
1956/57	1,25	1,16	1,09	1,37	0,89	1,06	0,80
1957/58	1,38	1,28	1,19	1,51	0,97	1,16	0,87
1958/59	2,22	2,06	1,91	2,41	1,53	1,86	1,39
1959/60	2,18	2,03	1,88	2,37	1,51	1,83	1,36
1960/61	1,74	1,59	1,49	1,87	1,21	1,44	1,08
1961/62	1,82	1,68	1,55	1,95	1,24	1,51	1,12
1962/63	2,34	2,16	2,01	2,53	1,62	1,95	1,46
1963/64	2,44	2,25	2,09	2,64	1,69	2,03	1,52
1964/65	1,21	1,12	1,03	1,30	0,82	1,00	0,74
1965/66	2,48	2,30	2,13	2,69	1,73	2,07	1,56
1966/67	1,21	1,13	1,03	1,31	0,82	1,02	0,74
1967/68	1,62	1,50	1,40	1,76	1,13	1,35	1,02
1968/69	2,77	2,55	2,37	2,98	1,91	2,29	1,72
1969/70	1,91	1,78	1,65	2,09	1,34	1,61	1,21
1970/71	1,53	1,43	1,33	1,68	1,08	1,30	0,98
1971/72	1,43	1,33	1,23	1,56	0,99	1,21	0,90
1972/73	1,60	1,50	1,38	1,74	1,11	1,35	1,00
1973/74	1,28	1,20	1,11	1,41	0,90	1,10	0,82
1974/75	1,17	1,09	1,02	1,30	0,84	1,00	0,76
1975/76	1,19	1,09	1,03	1,29	0,84	0,98	0,75
1976/77	1,85	1,70	1,58	1,99	1,28	1,52	1,15
1977/78	2,21	2,04	1,90	2,40	1,54	1,85	1,39
1978/79	2,42	2,24	2,09	2,64	1,70	2,03	1,53
1979/80	1,46	1,34	1,25	1,57	1,01	1,21	0,91

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	1,17	1,08	1,01	1,27	0,82	0,98	0,74
1981/82	1,62	1,51	1,41	1,78	1,15	1,38	1,04
1982/83	0,99	0,91	0,86	1,09	0,71	0,82	0,64
1983/84	1,97	1,83	1,73	2,18	1,42	1,67	1,29
1984/85	2,16	1,99	1,88	2,36	1,54	1,81	1,39
1985/86	1,60	1,47	1,40	1,76	1,15	1,34	1,04
1986/87	1,59	1,48	1,39	1,76	1,14	1,35	1,03
1987/88	2,09	1,94	1,82	2,29	1,49	1,75	1,34
1988/89	1,48	1,37	1,29	1,63	1,06	1,24	0,95
1989/90	2,41	2,23	2,08	2,62	1,69	2,02	1,52
1990/91	1,95	1,80	1,69	2,14	1,39	1,63	1,25
1991/92	1,10	1,02	0,95	1,20	0,78	0,92	0,70
1992/93	1,48	1,36	1,28	1,62	1,05	1,24	0,94
1993/94	1,84	1,69	1,59	2,00	1,30	1,52	1,17
1994/95	1,04	0,95	0,88	1,11	0,72	0,85	0,64
1995/96	3,31	3,08	2,87	3,63	2,34	2,79	2,11
1996/97	1,94	1,81	1,68	2,12	1,35	1,65	1,23
1997/98	2,77	2,58	2,41	3,04	1,96	2,35	1,77
1998/99	1,38	1,30	1,19	1,51	0,96	1,18	0,87
1999/00	1,62	1,51	1,41	1,78	1,14	1,38	1,04
2000/01	2,74	2,56	2,38	3,01	1,94	2,32	1,75
2001/02	1,43	1,34	1,26	1,59	1,03	1,23	0,94
2002/03	1,92	1,81	1,67	2,11	1,34	1,65	1,22

Anexo 6 – Resultados da análise da influência espacial da precipitação no aproveitamento

Neste anexo apresentam-se os valores de aproveitamento considerando a precipitação igual em toda a cidade de Lisboa.

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
Ano médio	1,80	1,69	1,54	1,95	1,23	1,53	1,12
1950/51	1,64	1,54	1,41	1,78	1,12	1,39	1,02
1951/52	1,89	1,77	1,62	2,05	1,29	1,60	1,17
1952/53	1,21	1,13	1,03	1,31	0,83	1,02	0,75
1953/54	1,84	1,72	1,58	1,99	1,26	1,56	1,14
1954/55	1,53	1,43	1,31	1,66	1,05	1,29	0,95
1955/56	2,44	2,29	2,10	2,65	1,67	2,07	1,52
1956/57	1,26	1,18	1,09	1,37	0,87	1,07	0,78
1957/58	1,39	1,30	1,19	1,51	0,95	1,18	0,86
1958/59	2,22	2,08	1,90	2,41	1,52	1,88	1,38
1959/60	2,18	2,05	1,87	2,37	1,49	1,85	1,36
1960/61	1,73	1,62	1,48	1,88	1,18	1,47	1,07
1961/62	1,80	1,69	1,55	1,96	1,24	1,53	1,12
1962/63	2,33	2,19	2,00	2,53	1,60	1,98	1,45
1963/64	2,43	2,28	2,09	2,64	1,67	2,06	1,51
1964/65	1,20	1,12	1,03	1,30	0,82	1,02	0,74
1965/66	2,48	2,33	2,13	2,69	1,70	2,11	1,54
1966/67	1,20	1,13	1,03	1,31	0,83	1,02	0,75
1967/68	1,62	1,52	1,39	1,76	1,11	1,38	1,01
1968/69	2,75	2,58	2,36	2,99	1,88	2,34	1,71
1969/70	1,92	1,80	1,65	2,09	1,32	1,63	1,19
1970/71	1,55	1,45	1,33	1,68	1,06	1,31	0,96
1971/72	1,44	1,35	1,23	1,56	0,98	1,22	0,89
1972/73	1,60	1,50	1,38	1,74	1,10	1,36	1,00
1973/74	1,30	1,22	1,11	1,41	0,89	1,10	0,81
1974/75	1,19	1,12	1,02	1,29	0,82	1,01	0,74
1975/76	1,19	1,12	1,02	1,29	0,82	1,01	0,74
1976/77	1,84	1,72	1,58	2,00	1,26	1,56	1,14
1977/78	2,21	2,07	1,90	2,40	1,51	1,88	1,37
1978/79	2,43	2,28	2,09	2,64	1,67	2,06	1,51
1979/80	1,45	1,36	1,25	1,58	1,00	1,23	0,90

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	1,18	1,10	1,01	1,28	0,80	1,00	0,73
1981/82	1,64	1,54	1,41	1,78	1,13	1,39	1,02
1982/83	1,00	0,94	0,86	1,09	0,69	0,85	0,62
1983/84	2,01	1,88	1,72	2,18	1,38	1,70	1,25
1984/85	2,18	2,04	1,87	2,37	1,49	1,85	1,35
1985/86	1,62	1,52	1,39	1,76	1,11	1,38	1,01
1986/87	1,62	1,52	1,39	1,76	1,11	1,37	1,01
1987/88	2,12	1,98	1,82	2,30	1,45	1,79	1,31
1988/89	1,50	1,41	1,29	1,63	1,03	1,27	0,93
1989/90	2,42	2,27	2,08	2,62	1,66	2,05	1,50
1990/91	1,97	1,85	1,69	2,14	1,35	1,67	1,22
1991/92	1,11	1,04	0,95	1,20	0,76	0,94	0,69
1992/93	1,49	1,40	1,28	1,62	1,02	1,26	0,93
1993/94	1,84	1,73	1,58	2,00	1,26	1,56	1,15
1994/95	1,03	0,96	0,88	1,12	0,70	0,87	0,64
1995/96	3,34	3,13	2,87	3,63	2,29	2,84	2,08
1996/97	1,95	1,83	1,68	2,12	1,34	1,66	1,21
1997/98	2,80	2,62	2,40	3,04	1,92	2,38	1,74
1998/99	1,39	1,30	1,19	1,51	0,95	1,18	0,86
1999/00	1,64	1,53	1,41	1,78	1,12	1,39	1,02
2000/01	2,77	2,60	2,38	3,01	1,90	2,35	1,72
2001/02	1,46	1,37	1,26	1,59	1,00	1,24	0,91
2002/03	1,94	1,82	1,67	2,11	1,33	1,65	1,21

Anexo 7 – Resultados da análise da influência da variação de consumo (percentil 25) no aproveitamento

Neste anexo apresentam-se os valores de aproveitamento considerando o consumo do percentil 25.

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
Ano médio	2,11	1,96	1,82	2,30	1,48	1,77	1,34
1950/51	1,93	1,80	1,66	2,10	1,33	1,63	1,21
1951/52	2,24	2,10	1,91	2,42	1,52	1,89	1,38
1952/53	1,42	1,32	1,22	1,54	0,98	1,20	0,89
1953/54	2,17	2,01	1,86	2,35	1,50	1,81	1,36
1954/55	1,81	1,68	1,55	1,95	1,24	1,52	1,12
1955/56	2,88	2,67	2,48	3,13	2,00	2,42	1,80
1956/57	1,48	1,37	1,28	1,62	1,04	1,25	0,94
1957/58	1,63	1,51	1,41	1,78	1,14	1,37	1,03
1958/59	2,62	2,43	2,25	2,84	1,81	2,20	1,64
1959/60	2,58	2,40	2,21	2,79	1,78	2,16	1,61
1960/61	2,05	1,88	1,75	2,21	1,42	1,69	1,28
1961/62	2,14	1,98	1,83	2,30	1,47	1,79	1,32
1962/63	2,76	2,55	2,37	2,98	1,91	2,30	1,72
1963/64	2,88	2,66	2,47	3,11	1,99	2,40	1,80
1964/65	1,42	1,32	1,21	1,53	0,97	1,18	0,88
1965/66	2,93	2,71	2,52	3,18	2,04	2,45	1,84
1966/67	1,43	1,34	1,22	1,54	0,97	1,21	0,88
1967/68	1,91	1,77	1,65	2,08	1,34	1,60	1,20
1968/69	3,26	3,00	2,79	3,51	2,25	2,70	2,03
1969/70	2,25	2,10	1,95	2,46	1,58	1,90	1,43
1970/71	1,80	1,68	1,57	1,98	1,28	1,54	1,16
1971/72	1,68	1,57	1,45	1,84	1,17	1,43	1,06
1972/73	1,89	1,77	1,63	2,05	1,31	1,60	1,18
1973/74	1,51	1,42	1,31	1,66	1,06	1,29	0,97
1974/75	1,39	1,29	1,21	1,53	0,99	1,18	0,89
1975/76	1,40	1,29	1,21	1,52	0,99	1,16	0,89
1976/77	2,19	2,00	1,87	2,35	1,51	1,80	1,36
1977/78	2,60	2,41	2,24	2,83	1,81	2,18	1,64
1978/79	2,86	2,65	2,47	3,11	2,00	2,40	1,81
1979/80	1,72	1,58	1,47	1,86	1,20	1,42	1,07

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	1,38	1,28	1,19	1,50	0,97	1,16	0,87
1981/82	1,92	1,79	1,67	2,11	1,36	1,62	1,23
1982/83	1,17	1,07	1,02	1,28	0,84	0,97	0,76
1983/84	2,33	2,16	2,04	2,58	1,68	1,97	1,52
1984/85	2,55	2,35	2,21	2,79	1,81	2,13	1,63
1985/86	1,88	1,74	1,65	2,08	1,36	1,58	1,22
1986/87	1,88	1,75	1,64	2,08	1,35	1,60	1,22
1987/88	2,47	2,29	2,15	2,71	1,76	2,07	1,58
1988/89	1,75	1,61	1,52	1,92	1,25	1,46	1,13
1989/90	2,84	2,64	2,45	3,09	1,99	2,38	1,80
1990/91	2,31	2,12	2,00	2,52	1,64	1,92	1,48
1991/92	1,29	1,20	1,12	1,42	0,92	1,09	0,83
1992/93	1,74	1,61	1,51	1,91	1,24	1,46	1,11
1993/94	2,17	1,99	1,87	2,36	1,53	1,80	1,38
1994/95	1,23	1,12	1,04	1,31	0,85	1,00	0,76
1995/96	3,91	3,63	3,39	4,28	2,76	3,30	2,49
1996/97	2,28	2,14	1,98	2,50	1,60	1,94	1,45
1997/98	3,27	3,05	2,84	3,59	2,31	2,78	2,09
1998/99	1,63	1,53	1,41	1,78	1,13	1,39	1,03
1999/00	1,91	1,78	1,66	2,10	1,35	1,62	1,22
2000/01	3,23	3,02	2,81	3,55	2,28	2,74	2,07
2001/02	1,69	1,58	1,49	1,88	1,22	1,45	1,11
2002/03	2,27	2,14	1,97	2,49	1,58	1,95	1,44

Anexo 8 – Resultados da análise da influência da variação de consumo (percentil 75) no aproveitamento

Neste anexo apresentam-se os valores de aproveitamento considerando o consumo do percentil 75.

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
Ano médio	1,69	1,56	1,46	1,84	1,18	1,42	1,07
1950/51	1,54	1,44	1,33	1,67	1,06	1,30	0,96
1951/52	1,79	1,68	1,53	1,93	1,21	1,51	1,10
1952/53	1,13	1,06	0,98	1,23	0,79	0,96	0,71
1953/54	1,73	1,60	1,49	1,88	1,20	1,45	1,08
1954/55	1,44	1,34	1,23	1,56	0,99	1,21	0,89
1955/56	2,30	2,13	1,98	2,50	1,59	1,93	1,44
1956/57	1,18	1,09	1,02	1,29	0,83	1,00	0,75
1957/58	1,30	1,21	1,13	1,42	0,91	1,10	0,82
1958/59	2,09	1,94	1,80	2,27	1,45	1,76	1,31
1959/60	2,06	1,91	1,77	2,23	1,42	1,73	1,28
1960/61	1,63	1,50	1,40	1,76	1,14	1,35	1,02
1961/62	1,71	1,58	1,46	1,84	1,17	1,43	1,06
1962/63	2,20	2,03	1,89	2,38	1,53	1,84	1,38
1963/64	2,30	2,12	1,97	2,48	1,59	1,91	1,43
1964/65	1,14	1,05	0,97	1,22	0,78	0,95	0,70
1965/66	2,34	2,16	2,01	2,54	1,63	1,95	1,47
1966/67	1,14	1,07	0,97	1,23	0,77	0,96	0,70
1967/68	1,53	1,41	1,32	1,66	1,07	1,28	0,96
1968/69	2,61	2,40	2,23	2,81	1,80	2,16	1,62
1969/70	1,80	1,68	1,56	1,96	1,26	1,52	1,14
1970/71	1,44	1,34	1,25	1,58	1,02	1,23	0,92
1971/72	1,34	1,26	1,16	1,47	0,94	1,14	0,85
1972/73	1,51	1,41	1,30	1,64	1,04	1,27	0,94
1973/74	1,20	1,13	1,05	1,33	0,85	1,03	0,77
1974/75	1,11	1,03	0,97	1,22	0,79	0,94	0,71
1975/76	1,12	1,03	0,97	1,22	0,79	0,93	0,71
1976/77	1,74	1,60	1,49	1,87	1,21	1,44	1,08
1977/78	2,08	1,92	1,79	2,26	1,45	1,74	1,31
1978/79	2,28	2,11	1,97	2,49	1,60	1,92	1,44
1979/80	1,37	1,26	1,18	1,48	0,95	1,14	0,86

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	1,10	1,02	0,95	1,20	0,77	0,92	0,70
1981/82	1,53	1,43	1,33	1,68	1,08	1,30	0,98
1982/83	0,93	0,86	0,81	1,02	0,67	0,78	0,60
1983/84	1,86	1,72	1,63	2,06	1,34	1,58	1,21
1984/85	2,04	1,88	1,77	2,23	1,45	1,70	1,30
1985/86	1,50	1,39	1,31	1,66	1,09	1,26	0,98
1986/87	1,50	1,40	1,31	1,66	1,08	1,28	0,97
1987/88	1,97	1,82	1,71	2,16	1,40	1,65	1,27
1988/89	1,40	1,29	1,22	1,53	1,00	1,17	0,90
1989/90	2,27	2,10	1,96	2,47	1,59	1,90	1,43
1990/91	1,84	1,70	1,60	2,01	1,31	1,54	1,18
1991/92	1,03	0,96	0,90	1,13	0,73	0,87	0,66
1992/93	1,39	1,29	1,21	1,52	0,99	1,17	0,89
1993/94	1,73	1,59	1,49	1,88	1,22	1,43	1,10
1994/95	0,98	0,90	0,83	1,05	0,67	0,80	0,60
1995/96	3,12	2,90	2,71	3,42	2,20	2,63	1,99
1996/97	1,82	1,71	1,58	2,00	1,28	1,55	1,16
1997/98	2,61	2,43	2,27	2,87	1,84	2,22	1,67
1998/99	1,30	1,22	1,13	1,42	0,90	1,11	0,82
1999/00	1,52	1,42	1,33	1,68	1,08	1,30	0,98
2000/01	2,58	2,41	2,24	2,84	1,82	2,19	1,65
2001/02	1,35	1,26	1,19	1,50	0,97	1,16	0,88
2002/03	1,81	1,71	1,57	1,99	1,26	1,55	1,15

Anexo 9 – Valores reais de aproveitamento, para cada uma das zonas

Neste anexo apresentam-se os valores reais de aproveitamento, ou seja, afetados pelo coeficiente de escoamento.

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
Ano médio	1,43	1,33	1,24	1,56	1,00	1,20	0,91
1950/51	1,31	1,22	1,13	1,42	0,90	1,10	0,82
1951/52	1,52	1,42	1,30	1,64	1,03	1,28	0,93
1952/53	0,96	0,90	0,83	1,05	0,67	0,81	0,60
1953/54	1,47	1,36	1,26	1,59	1,02	1,23	0,92
1954/55	1,22	1,14	1,05	1,32	0,84	1,03	0,76
1955/56	1,95	1,81	1,68	2,12	1,35	1,64	1,22
1956/57	1,00	0,93	0,87	1,10	0,71	0,85	0,64
1957/58	1,11	1,03	0,96	1,21	0,77	0,93	0,70
1958/59	1,78	1,65	1,53	1,92	1,23	1,49	1,11
1959/60	1,75	1,62	1,50	1,89	1,21	1,47	1,09
1960/61	1,39	1,28	1,19	1,50	0,96	1,15	0,87
1961/62	1,45	1,34	1,24	1,56	0,99	1,21	0,90
1962/63	1,87	1,73	1,60	2,02	1,30	1,56	1,17
1963/64	1,95	1,80	1,67	2,11	1,35	1,63	1,22
1964/65	0,96	0,89	0,82	1,04	0,66	0,80	0,59
1965/66	1,98	1,84	1,71	2,15	1,38	1,66	1,25
1966/67	0,97	0,91	0,83	1,05	0,66	0,82	0,60
1967/68	1,30	1,20	1,12	1,41	0,91	1,08	0,82
1968/69	2,21	2,04	1,89	2,38	1,53	1,83	1,37
1969/70	1,53	1,42	1,32	1,67	1,07	1,29	0,97
1970/71	1,22	1,14	1,06	1,35	0,86	1,04	0,78
1971/72	1,14	1,07	0,99	1,25	0,79	0,97	0,72
1972/73	1,28	1,20	1,10	1,39	0,89	1,08	0,80
1973/74	1,02	0,96	0,89	1,13	0,72	0,88	0,66
1974/75	0,94	0,88	0,82	1,04	0,67	0,80	0,61
1975/76	0,95	0,87	0,82	1,03	0,67	0,79	0,60
1976/77	1,48	1,36	1,27	1,59	1,02	1,22	0,92
1977/78	1,76	1,63	1,52	1,92	1,23	1,48	1,11
1978/79	1,94	1,79	1,67	2,11	1,36	1,63	1,22
1979/80	1,17	1,07	1,00	1,26	0,81	0,97	0,73

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	0,94	0,87	0,81	1,02	0,66	0,78	0,59
1981/82	1,30	1,21	1,13	1,43	0,92	1,10	0,83
1982/83	0,79	0,73	0,69	0,87	0,57	0,66	0,51
1983/84	1,58	1,46	1,38	1,75	1,14	1,34	1,03
1984/85	1,73	1,60	1,50	1,89	1,23	1,45	1,11
1985/86	1,28	1,18	1,12	1,41	0,92	1,07	0,83
1986/87	1,27	1,19	1,11	1,41	0,91	1,08	0,83
1987/88	1,67	1,55	1,46	1,84	1,19	1,40	1,07
1988/89	1,19	1,09	1,03	1,30	0,85	0,99	0,76
1989/90	1,92	1,79	1,66	2,10	1,35	1,62	1,22
1990/91	1,56	1,44	1,36	1,71	1,11	1,30	1,00
1991/92	0,88	0,81	0,76	0,96	0,62	0,74	0,56
1992/93	1,18	1,09	1,03	1,29	0,84	0,99	0,76
1993/94	1,47	1,35	1,27	1,60	1,04	1,22	0,93
1994/95	0,83	0,76	0,71	0,89	0,57	0,68	0,51
1995/96	2,65	2,46	2,30	2,90	1,87	2,23	1,69
1996/97	1,55	1,45	1,34	1,70	1,08	1,32	0,98
1997/98	2,21	2,07	1,93	2,43	1,56	1,88	1,42
1998/99	1,11	1,04	0,96	1,21	0,77	0,94	0,70
1999/00	1,29	1,21	1,13	1,42	0,92	1,10	0,83
2000/01	2,19	2,04	1,91	2,41	1,55	1,86	1,40
2001/02	1,14	1,07	1,01	1,28	0,83	0,98	0,75
2002/03	1,54	1,45	1,33	1,69	1,07	1,32	0,97

Anexo 10 – Valores reais de aproveitamento da CML, para cada uma das zonas

Neste anexo apresentam-se os valores reais de aproveitamento associados aos consumos da CML em lavagens de arruamentos e regas de espaços verdes.

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
Ano médio	0,46	0,98	0,45	0,74	0,00	0,20	0,00
1950/51	0,33	0,66	0,24	0,55	0,00	0,10	0,00
1951/52	0,55	1,26	0,56	0,84	0,03	0,28	0,00
1952/53	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
1953/54	0,50	1,08	0,50	0,78	0,02	0,22	0,00
1954/55	0,24	0,41	0,09	0,43	0,00	0,03	0,00
1955/56	1,01	2,42	1,28	1,47	0,39	0,63	0,30
1956/57	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
1957/58	0,11	0,08	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
1958/59	0,83	1,94	0,99	1,22	0,25	0,48	0,15
1959/60	0,80	1,86	0,94	1,18	0,23	0,46	0,12
1960/61	0,41	0,82	0,36	0,66	0,00	0,15	0,00
1961/62	0,48	1,03	0,45	0,74	0,00	0,21	0,00
1962/63	0,93	2,17	1,14	1,35	0,33	0,55	0,23
1963/64	1,01	2,40	1,27	1,46	0,38	0,61	0,29
1964/65	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
1965/66	1,05	2,49	1,34	1,52	0,42	0,65	0,33
1966/67	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
1967/68	0,32	0,59	0,22	0,54	0,00	0,08	0,00
1968/69	1,29	3,09	1,69	1,82	0,58	0,82	0,50
1969/70	0,56	1,27	0,61	0,88	0,08	0,28	0,00
1970/71	0,24	0,42	0,12	0,45	0,00	0,04	0,00
1971/72	0,15	0,20	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
1972/73	0,30	0,59	0,19	0,52	0,00	0,08	0,00
1973/74	0,02	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
1974/75	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
1975/76	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
1976/77	0,51	1,07	0,50	0,78	0,03	0,21	0,00
1977/78	0,81	1,89	0,98	1,21	0,25	0,47	0,15
1978/79	1,00	2,37	1,27	1,46	0,39	0,61	0,30
1979/80	0,18	0,22	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00

Aproveitamento (-)							
Zona / Ano	A	B	C	D	E.1	E.2	F
1980/81	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
1981/82	0,32	0,63	0,25	0,56	0,00	0,10	0,00
1982/83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983/84	0,62	1,38	0,72	0,99	0,15	0,33	0,04
1984/85	0,78	1,78	0,95	1,17	0,25	0,44	0,14
1985/86	0,30	0,53	0,22	0,54	0,00	0,07	0,00
1986/87	0,29	0,56	0,22	0,54	0,00	0,08	0,00
1987/88	0,72	1,64	0,86	1,10	0,21	0,40	0,10
1988/89	0,20	0,28	0,06	0,40	0,00	0,00	0,00
1989/90	0,98	2,35	1,25	1,45	0,38	0,60	0,29
1990/91	0,60	1,31	0,67	0,93	0,12	0,30	0,00
1991/92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1992/93	0,19	0,27	0,05	0,39	0,00	0,00	0,00
1993/94	0,50	1,04	0,51	0,79	0,04	0,21	0,00
1994/95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1995/96	1,76	4,37	2,45	2,50	0,95	1,21	0,92
1996/97	0,58	1,34	0,65	0,92	0,09	0,31	0,00
1997/98	1,29	3,18	1,75	1,89	0,62	0,86	0,56
1998/99	0,11	0,11	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00
1999/00	0,31	0,62	0,24	0,56	0,00	0,10	0,00
2000/01	1,27	3,11	1,71	1,85	0,60	0,84	0,54
2001/02	0,15	0,21	0,01	0,36	0,00	0,00	0,00
2002/03	0,57	1,34	0,63	0,91	0,08	0,31	0,00