

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Civil

Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios

Por:

Francisco Oliveira Martins Oom Sacadura

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção
do grau de Mestre em Engenharia Civil –
– Perfil de Construção

Orientador: Professor Doutor João Leal

2011

Agradecimentos

Queria agradecer a todos que de algum modo possibilitaram este trabalho, sem eles não teria sido possível.

Em primeiro lugar queria agradecer ao meu Orientador, o Professor Doutor João Leal, pelo acompanhamento, desafio, sugestões e apoio precioso no decorrer deste trabalho. A sua disponibilidade, cooperação e respostas sempre imediatas, merecem a minha admiração.

À Marta por toda a ajuda e disponibilidade.

Aos meus amigos por todos os momentos vividos durante este período.

E finalmente mas não menos importante, aos meus pais que sempre me apoiaram em todos os momentos, demonstrando carinho, compreensão e principalmente paciência durante este trabalho.

Resumo

A crescente necessidade de água devido ao aumento demográfico, que conseqüentemente implica um alargamento de zonas urbanas, maiores quantidades de água para consumo doméstico, agrícola e industrial, começa-se a reflectir em alguns países e irá começar a afectar Portugal dentro de alguns anos. É urgente que se tomem medidas adequadas para um uso eficiente deste precioso recurso que, apesar de não parecer, é esgotável. Esta dissertação aborda um tema que visa a poupança de água em usos domésticos, substituindo a água potável usada em fins menos nobres por água pluvial. Ainda é um tema de pouca implantação em Portugal, no entanto nos países mais industrializados e com maior escassez de água começa a ser bastante recorrente. Procura-se analisar as vantagens de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em diversas zonas do nosso país, quer ambientais, quer na óptica do consumidor, em termos de viabilidade económica. É efectuada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, explicando as vantagens e desvantagens da implantação de um sistema deste tipo, exemplificam-se certas situações por todo o país e efectua-se uma breve síntese histórica sobre esta prática. Caracterizam-se as diferentes componentes do sistema, dimensionamento, e requisitos a cumprir na construção destes. Tem-se especial atenção ao cálculo da capacidade do reservatório, sendo este o componente mais caro, é importante que tenha a capacidade óptima para um correcto uso e aproveitamento por parte do consumidor. Este sistema é aplicado a seis casos de estudo, dois tipos de edifícios, em três zonas de Portugal. Pode ter-se uma percepção do impacto que um sistema de aproveitamento de águas pluviais terá em zonas idênticas ou edifícios com tipologias semelhantes. Por fim é realizado um estudo de viabilidade económica, tendo em conta o orçamento para cada caso.

Palavras-chave: Sistema de aproveitamento de águas pluviais, eficiência do reservatório, consumo de água.

Abstract

The growing need for water due to an increase of population consequently implies an enlargement of urban areas, larger quantities of water consumption in domestic usage, agriculture and industry, is starting to have impact in some countries and will begin to affect our own in a few years. It is urgent to take measures to make efficient use of this precious resource, which although it might not seem, is exhaustible. The theme of this dissertation addresses a water saving system in domestic uses, replacing the water used in less noble purposes by rainwater. It is still a subject with low deployment in Portugal, however in most industrialized countries with greater water scarcity it is beginning to be widely applied. The conducted studies seek to examine the advantages of rainwater harvesting system in various Portuguese locations, both in an environmental and consumer perspective, and in terms of economic viability of such system. A search was made recurring to a wide array of literary research on the theme, generating a discussion on the advantages and disadvantages and reaching an explanation of implementing such a system. Throughout the dissertation, there are examples of specific situations along the country and a brief historical overview of this practice. The different components of the system were characterized, considering the scalability other construction requisites that need to be taken into account for the system's correct construction. A special focus was brought upon the calculation of the water tank, because of its expensiveness, making it important to have an optimum utilization capacity to justify its adoption, proper use and enjoyment by the consumers. This system was applied to six case studies, two types of buildings each, in three different regions of Portugal. One can see the impact that a SAAP will have on identical buildings in similar locations. Finally, a study was conducted to address the economic viability of the rainwater harvesting system, taking into account the budget for each case.

Key words: Rainwater harvesting, tank efficiency, water consumption.

Índice de Capítulos

1	Introdução	1
1.1	Preâmbulo	1
1.2	Estrutura da dissertação	1
1.3	Objectivos	2
2	Enquadramento	3
2.1	Problemática da escassez da água	3
2.2	Importância do reaproveitamento da água	5
2.3	Uso de água da chuva ao longo da História	7
2.4	Aproveitamento de água pluvial em Portugal	10
2.5	Enquadramento legal	11
2.6	Qualidade da água pluvial	12
3	Caracterização dos sistemas de aproveitamento de água pluvial	15
3.1	Descrição geral	15
3.2	Componentes de sistemas de aproveitamento de água pluvial	16
3.2.1	Superfície de captação	16
3.2.2	Sistema de transporte	17
3.2.3	Dispositivo de primeira lavagem (first-flush)	19
3.2.4	Dispositivos de filtragem	20
3.2.5	Reservatório para armazenamento	21
3.2.6	Sistema de bombagem	22
3.2.7	Acessórios	23
3.2.7.1	Conjunto de sucção flutuante	23
3.2.7.2	Amortecedor	23
3.2.7.3	Sifão	24
3.3	Tipos de reservatórios	24
3.3.1	Reservatórios domésticos superficiais	24
3.3.2	Reservatórios domésticos enterrados	25
3.3.3	Reservatórios domésticos elevados	26
3.3.4	Reservatórios para estruturas industriais ou comerciais	27
3.4	Materiais de Reservatórios	29
3.4.1	Polietileno de alta densidade	29
3.4.2	Madeira	30
3.4.3	Aço galvanizado	30
3.4.4	Betão armado	31
3.5	Requisitos na instalação do reservatório	32
3.6	Rede de distribuição e manutenção do SAAP	34
4	Determinação do volume do reservatório	37
4.1	Introdução	37
4.2	Tipologia dos edifícios	37
4.3	Dados de base do consumo	38
4.4	Dados de base da precipitação	42
4.5	Método de Rippl	43
4.5.1	Descrição	43
4.5.2	Influência da variação do consumo	44

4.5.3	Influência da utilização da precipitação diária ou mensal	46
4.5.4	Influência do tamanho da série de precipitações	47
4.6	Método Práticos	49
4.6.1	Descrição	49
4.6.2	Método Prático Alemão	50
4.6.3	Método Prático Inglês	51
4.6.4	Método Prático Brasileiro	51
4.6.5	Influência da variação do consumo	53
4.6.6	Influência do tamanho da série de precipitações	53
4.7	Método Australiano	54
4.7.1	Descrição	54
4.7.2	Influência da variação do consumo	55
4.7.3	Influência da utilização da precipitação diária ou mensal	58
4.8	Método de Simulação	62
4.8.1	Descrição	62
4.8.2	Influência da variação do consumo	63
4.8.3	Influência da utilização da precipitação diária ou mensal	65
4.9	Comparação de métodos de dimensionamento de reservatórios	69
4.10	Resumo do capítulo	71
5	Análise económica	73
5.1	Consumos domésticos	73
5.2	Tarifário de consumo de água	74
5.3	Orçamento do SAAP	80
5.3.1	Eleição do volume do reservatório	80
5.3.2	Estimativa de custos dos componentes do SAAP	83
5.3.3	Estimativa dos gastos em actividades de construção civil	83
5.3.4	Estimativa Total	84
5.4	Análise da viabilidade económica	87
6	Síntese e conclusões	91
7	Desenvolvimentos futuros	93
	Bibliografia	95
	Anexos	99
Anexo I	– Quadro de cálculo pelo Método Rippl	101
Anexo II	– Quadro de cálculo pelo Método Australiano	103
Anexo III	– Quadro de cálculo pelo Método da Simulação	105
Anexo IV	– Análise comparativa de dados diários e mensais pelo método de Rippl para a zona de Barcelos e consumo mínimo	107
Anexo V	– Planta de Habitação Unifamiliar com SAAP e rede de água não potável	117
Anexo VI	– Planta de Habitação Multifamiliar com SAAP	119
Anexo VII	– Rede de água não potável nos dois fogos da habitação multifamiliar	121
Anexo VIII	– Preços e quantidades de trabalhos e materiais da construção civil de um SAAP em habitações unifamiliares	123
Anexo IX	– Preços e quantidades de trabalhos e materiais da construção civil de um SAAP em habitações multifamiliares	125
Anexo X	– Análise de viabilidade económica para habitação unifamiliar em Barcelos	127
Anexo XI	– Análise de viabilidade económica para habitação multifamiliar em Barcelos	129
Anexo XII	– Análise de viabilidade económica para habitação unifamiliar em Lisboa	131
Anexo XIII	– Análise de viabilidade económica para habitação multifamiliar em Lisboa	133

Anexo XIV – Análise de viabilidade económica para habitação unifamiliar em Serpa _____	135
Anexo XV – Análise de viabilidade económica para habitação multifamiliar em Serpa _____	137

Índice de Quadros

Quadro 1 – Países com maior quantidade de água per capita.....	4
Quadro 2 – Países com menor quantidade de água per capita ao ano	4
Quadro 3 – Incentivos financeiros a diferentes cidades do Japão no ano de 1999	7
Quadro 4 – Coeficientes de escoamento consoante a superfície de captação.....	17
Quadro 5 – Dimensões e respectivo volume de escavação necessário à instalação do reservatório	33
Quadro 6 – Frequência de manutenção dos componentes SAAP.....	35
Quadro 7 - Repartição dos consumos médios diários (Pedroso, 2009)	38
Quadro 8 – Categorias de eficiência hídrica nos autoclismos (ANQIP, 2008 Barroso 2010)	39
Quadro 9 – Gastos de água de rega de relva por zona.....	40
Quadro 10 – Resumo dos consumos diários estudados para habitações multifamiliares das diferentes zonas.....	41
Quadro 11 – Resumo dos consumos diários estudados para habitações unifamiliares das diferentes zonas	41
Quadro 12 – Influência da variação do consumo no volume do reservatório nas diferentes zonas para habitações unifamiliares	45
Quadro 13 – Influência da variação do consumo no volume do reservatório nas diferentes zonas para habitações multifamiliares.....	45
Quadro 14 – Verificação da influência na análise do volume do reservatório de dados diários e mensais em habitações unifamiliares	46
Quadro 15 – Verificação da influência na análise do volume do reservatório de dados diários e mensais em habitações multifamiliares	47
Quadro 16 – Cálculo da capacidade do reservatório para diferentes dimensões e espaços temporais de séries de precipitação na zona de Barcelos para dados diários	48
Quadro 17 – Cálculo da capacidade do reservatório para diferentes dimensões e espaços temporais de séries de precipitação na zona de Lisboa para dados diários	48
Quadro 18 – Cálculo da capacidade do reservatório para diferentes dimensões e espaços temporais de, séries de precipitação na zona de Serpa para dados diários.....	49
Quadro 19 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Alemão para habitações unifamiliares.....	50
Quadro 20 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Alemão para habitações multifamiliares.....	50
Quadro 21 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Inglês para habitações unifamiliares	51
Quadro 22 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Inglês para habitações multifamiliares.....	51
Quadro 23 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Brasileiro para habitações unifamiliares.....	52
Quadro 24 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Brasileiro para habitações multifamiliares.....	52
Quadro 25 –Variação do volume do reservatório consoante o consumo pelo Método Prático Alemão para habitações unifamiliares	53
Quadro 26 – Variação do volume do reservatório consoante o consumo pelo Método Prático Alemão para habitações multifamiliares.....	53
Quadro 27 – Variação da capacidade consoante o tamanho da série para os Métodos Prático Alemão.....	54
Quadro 28 – Variação da capacidade consoante o tamanho da série para os Métodos Práticos Inglês e Brasileiro	54
Quadro 29 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método de Rippl com dados diários nas diversas habitações e consumos	69

Quadro 30 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método Prático Alemão nas diversas habitações e consumos	70
Quadro 31 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método Prático Inglês nas diversas habitações e consumos	70
Quadro 32 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método Prático Brasileiro nas diversas habitações e consumos.....	71
Quadro 33 – Quadro Resumo da influência dos diversos factores de análise	72
Quadro 34 – Consumo mensal de habitações unifamiliares e respectiva percentagem de substituição por água não potável	73
Quadro 35 – Consumo de habitações multifamiliares e respectiva percentagem de substituição por água não potável	74
Quadro 36 – Consumos domésticos de água potável em Barcelos	74
Quadro 37 – Tarifário para consumo mínimo em habitação unifamiliar na zona de Barcelos	74
Quadro 38 – Tarifário para consumo máximo em habitação unifamiliar na zona de Barcelos	75
Quadro 39 – Tarifário de consumo mínimo em habitação multifamiliar na zona de Barcelos.....	75
Quadro 40 – Tarifário de consumo máximo em habitação multifamiliar na zona de Barcelos	75
Quadro 41 – Tarifário de Consumos domésticos de água potável em Lisboa em rigor no ano 2011	76
Quadro 42 – Tarifário em habitações unifamiliares para consumo mínimo na zona de Lisboa	76
Quadro 43 – Tarifário em habitações unifamiliares para consumo máximo na zona de Lisboa	76
Quadro 44 – Tarifário de consumo mínimo em habitação multifamiliar na zona de Lisboa	77
Quadro 45 – Tarifário de consumo máximo em habitação multifamiliar na zona de Lisboa	77
Quadro 46 – Tarifário de consumos domésticos de água potável no Distrito de Beja, Alentejo em rigor no ano de 2011	77
Quadro 47 – Tarifário em habitações unifamiliares com consumo mínimo na zona de Serpa	78
Quadro 48 – Tarifário em habitações unifamiliares com consumo máximo na zona de Serpa	78
Quadro 49 – Tarifário de consumo mínimo em habitação multifamiliar na zona de Serpa	79
Quadro 50 – Tarifário de consumo máximo em habitação multifamiliar na zona de Serpa.....	79
Quadro 51 – Resumo dos tarifários das diversas habitações	79
Quadro 52 – Capacidades dos reservatórios nas diferentes zonas e respectivas autonomias para habitações com consumo mínimo	81
Quadro 53 – Capacidades dos reservatórios nas diferentes zonas e respectivas autonomias para habitações com consumo máximo	81
Quadro 54 – Custos associados dos reservatórios elegidos para habitações em consumo mínimo	82
Quadro 55 – Custos associados dos reservatórios elegidos para habitações em consumo máximo	82
Quadro 56 – Componentes do SAAP para habitações unifamiliares	83
Quadro 57 – Componentes do SAAP para habitações multifamiliares	83
Quadro 58 – Custo de SAAP em Barcelos para habitação unifamiliar com consumo mínimo e máximo e em Lisboa para habitação unifamiliar com consumo máximo	85
Quadro 59 – Custo de SAAP em Barcelos para habitação multifamiliar com consumo mínimo e máximo e em Lisboa para habitação multifamiliar com consumo mínimo	85
Quadro 60 – Custo de SAAP em Lisboa para habitação unifamiliar com consumo mínimo	85
Quadro 61 – Custo de SAAP em Lisboa para habitação multifamiliar com consumo máximo	86
Quadro 62 – Custo de SAAP em Serpa para habitação unifamiliar com consumo mínimo	86
Quadro 63 – Custo de SAAP em Serpa para habitação unifamiliar com consumo máximo	86
Quadro 64 – Custo de SAAP em Serpa para habitação multifamiliar com consumo mínimo	87
Quadro 65 – Custo de SAAP em Serpa para habitação multifamiliar com consumo máximo	87
Quadro 66 – Custos de investimento e benefícios de um SAAP nas diferentes regiões, tipologias e tipos de consumos.	88
Quadro 67 – Análise da capacidade do reservatório por dados diários e consumo mínimo pelo método de Rippl	107
Quadro 68 – Análise da capacidade do reservatório por dados mensais e consumo mínimo pelo método de Rippl	116

Índice de Figuras

Figura 1 – Disponibilidade de água doce em metros cúbicos por pessoa e por ano no mundo	3
Figura 2 – Pedra Moabita	7
Figura 3 – Abanbars (Cisterna tradicional no Irão)	8
Figura 4 – Chultun, Sistema de aproveitamento pluvial do século X.....	8
Figura 5 – Cisterna da fortaleza Massada	9
Figura 6 – Simplificação de uso de um SAAP	16
Figura 7 – Malha de plástico ou metal instalada sobre a caleira	18
Figura 8 – Dispositivo de Primeira Lavagem	19
Figura 9 – Filtro de água pluvial	20
Figura 10 – Filtro utilizado para áreas de captação superiores a 350 m ² até 2350 m ²	21
Figura 11 – Bomba submersível.....	22
Figura 12 – Conjunto de sucção flutuante	23
Figura 13 – Amortecedor.....	23
Figura 14 – Sifão	24
Figura 15 – Reservatório superficial para uso doméstico.....	24
Figura 16 – Reservatório superficial para irrigação.....	25
Figura 17 – Sistema de aproveitamento de água pluvial com uso apenas no exterior	26
Figura 18 – Sistema de aproveitamento de água pluvial doméstica e exterior	26
Figura 19 – Sistema de aproveitamento de água pluvial instalado no sótão.....	27
Figura 20 – Sistema de aproveitamento de água pluvial numa fábrica	28
Figura 21 – Consumo de água anual da fábrica Betão Liz no Porto.....	28
Figura 22 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais em estação de lavagem de veículos.....	29
Figura 23 – Reservatório de madeira.....	30
Figura 24 – Reservatório de metal.....	31
Figura 25 – Dimensões do reservatório para instalação nas diversas habitações	33
Figura 26 – Precipitação média anual de Portugal Continental	42
Figura 27 – Mapas termopluviométricos das diferentes zonas em estudo.....	52
Figura 28 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Barcelos.....	56
Figura 29 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Lisboa	57
Figura 30 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Serpa.....	58
Figura 31 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Barcelos	59
Figura 32 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Barcelos	59
Figura 33 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Lisboa	60
Figura 34 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Lisboa	60
Figura 35 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Serpa	61
Figura 36 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Serpa.....	61
Figura 37 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Barcelos.....	64
Figura 38 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Lisboa	64

Figura 39 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Serpa.....	65
Figura 40 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Barcelos	66
Figura 41 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Barcelos	66
Figura 42 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Lisboa	67
Figura 43 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Lisboa	67
Figura 44 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Serpa	68
Figura 45 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Serpa.....	68
Figura 46 – Relação Custo/Capacidade de Reservatórios em PEAD existentes no mercado	82
Figura 47 – VAL para habitações unifamiliares.....	89
Figura 48 – VAL para habitações multifamiliares.....	89
Figura 49 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Barcelos com consumo mínimo.....	127
Figura 50 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Barcelos com consumo máximo.....	127
Figura 51 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Barcelos com consumo mínimo	129
Figura 52 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Barcelos com consumo máximo.....	129
Figura 53 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Lisboa com consumo mínimo.....	131
Figura 54 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Lisboa com consumo máximo.....	131
Figura 55 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Lisboa com consumo mínimo.....	133
Figura 56 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Lisboa com consumo máximo.....	133
Figura 57 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Serpa com consumo mínimo.....	135
Figura 58 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Serpa com consumo máximo.....	135
Figura 59 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Serpa com consumo mínimo.....	137
Figura 60 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Serpa com consumo máximo.....	137

Lista de Abreviaturas

ANQIP - Associação Nacional da Qualidade de Instalações Prediais

ETA - Especificação Técnica

IVA - Imposto de Valor Acrescentado

ONU - Organização das Nações Unidas

PNUEA - Plano Nacional para Uso Eficiente da Água

SAAP - Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial

VAL - Valor Actual Líquido

1 Introdução

1.1 Preâmbulo

O início do século XXI trouxe um novo desafio, o abastecimento de água potável em várias zonas do mundo. Muitos dos países sofrem hoje de uma escassez de água, e muitos outros irão sofrer caso não se tomem medidas para controlar a situação. Este problema deve-se ao crescimento da população, ao alargamento das áreas urbanas, ao avanço tecnológico que proporcionou uma mudança de hábitos diários aumentando o consumo por habitante e principalmente ao facto da água ser um recurso esgotável.

Entre várias medidas que têm sido propostas visando um aumento da eficiência hídrica, surge o aproveitamento das águas pluviais em edifícios de habitação, comerciais e industriais. Este tipo de sistema tem vindo a ser cada vez mais estudado e aplicado nos países mais industrializados que devido aos factores acima explicados sofrem de escassez de água. No entanto, em Portugal a sua aplicação ainda é escassa, principalmente devido à falta de informação e ao custo de implantação do sistema.

1.2 Estrutura da dissertação

Seguido deste capítulo introdutório, no Capítulo 2, elaborou-se uma síntese bibliográfica na qual expõe a problemática da escassez de água que a Humanidade enfrenta, a explicação do porquê da tomada de medidas urgentes para evitar o desperdício deste recurso, a qualidade da água das chuvas e a respectiva legislação em vigor. São também referidos projectos e incentivos existentes de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, bem como um breve resumo histórico desta prática por todo o mundo.

No Capítulo 3, caracterizam-se os principais componentes de um SAAP. Exemplificam-se tipos de materiais, requisitos de instalação e dimensionamento.

No Capítulo 4, apresentam-se os diversos casos de estudo. Analisam-se as diferentes zonas de aplicação do sistema, tal como as tipologias das habitações. São também representados cortes e alçados dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. É também elaborado o cálculo da capacidade do reservatório. São analisados diferentes métodos de cálculo, expondo as principais variantes de cada. É realizada uma análise pluviométrica à zona e é feita uma caracterização do consumo de cada caso de estudo.

No Capítulo 5, elaborou-se a análise de viabilidade económica dos casos de estudos apresentados no capítulo anterior. Foram simulados os tarifários de consumo em cada habitação, os custos de investimento inicial e as poupanças ao ano em água. Posteriormente foi analisada a viabilidade económica através do Cálculo do valor actual líquido e o período de retorno do investimento dos projectos.

No Capítulo 6, encontram-se as conclusões deste trabalho.

E finalmente no Capítulo 7, faz-se uma abordagem para estudos futuros.

1.3 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivos;

- Clarificar os requisitos e componentes de implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Expor as suas vantagens e desvantagens;
- Analisar a capacidade óptima do reservatório, por diferentes métodos com diferentes variáveis, e clarificando as suas especificações;
- Definir o investimento inicial real de um sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Analisar a viabilidade económica, para diversos casos de estudo, com tipologias, consumos e regiões diferentes;
- Contribuir como incentivo à prática de aproveitamento de águas pluviais no nosso País, aumentando a água poupada por habitação e evitar que Portugal enfrente uma situação de stress hídrico.

2 Enquadramento

2.1 Problemática da escassez da água

A água é um bem vital para a Humanidade. É essencial na alimentação, na saúde, na economia. Sendo esta um recurso esgotável no nosso planeta, cabe à sociedade, a nós criar os meios necessários para um uso eficiente deste bem precioso. Sabemos que a população mundial aumenta a um ritmo elevado e conseqüentemente a procura de água potável também cresce. Além disso, outros factores como as alterações climáticas que ocorrem por razões ambientais, a poluição desregrada dos aquíferos que se tem verificado por todo o planeta e a falta de tratamento de águas residuais e do correspondente reaproveitamento, fazem com que a situação actual se torne preocupante. Todas estas circunstâncias aconselham vivamente a acções concertadas a nível mundial, executadas com determinação, no sentido de reduzir ao máximo o desperdício de água potável.

Segundo o conhecido economista francês Jacques Attali citado por Santos (2001), a procura da água duplicará de vinte em vinte anos. A oferta, ao invés, não se alterará. Esta diferença entre quantidade de água disponível e a procura foi multiplicada por cinco no espaço de um século. Para além disso, acontece que a sua repartição é cada vez mais desigual. Menos de dez países partilham entre si 60% dos recursos do mundo (por ordem decrescente: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia e Estados Unidos). Um terço da Humanidade, em oitenta países, dos quais catorze no Próximo Oriente, lidam com a escassez de água. É facto que cerca de 1,5 mil milhões de crianças morrem todos os anos devido a doenças relacionadas com o consumo de água não potável. Na Figura 1, podemos observar a quantidade de água que cada país disponibiliza por habitante ao ano. Como podemos observar, na Europa, países como a Alemanha, Inglaterra e principalmente a Polónia sofrem de escassez de água. Na Ásia, China e Índia estão também em situações críticas, mas no Norte de África e Médio Oriente a situação é ainda mais gravosa.

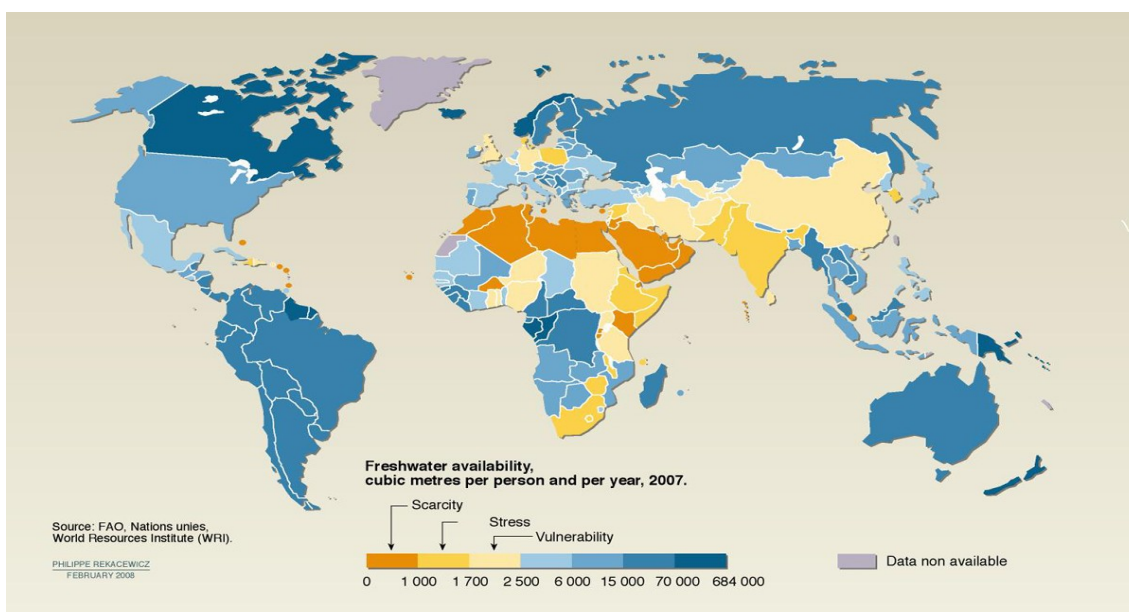


Figura 1 – Disponibilidade de água doce em metros cúbicos por pessoa e por ano no mundo
Fonte: FAQ, Nations unies, World Resources Institute (2006)

Os hidrologistas costumam calcular o grau de risco de escassez de uma determinada região através da análise da equação água/população. Convencionou-se adoptar os 1.700 m³ por pessoa como sendo o limiar mínimo nacional para atender às necessidades em termos de agricultura, indústria, energia e meio ambiente. Considera-se que uma disponibilidade inferior a 1.000 m³ representa uma situação de escassez de água e abaixo dos 500 m³ equivale a escassez absoluta.

Presentemente, cerca de 700 milhões de pessoas oriundas de 43 países vivem abaixo do limiar mínimo que define a situação de falta de água. Dispondo de uma reserva anual média de, aproximadamente, 1.200 m³ por pessoa, o Médio Oriente é a região do mundo mais atingida pela pressão da falta de água. Somente o Irão, o Iraque, o Líbano e a Turquia se encontram acima do limiar mínimo. Os Palestínianos, sobretudo em Gaza, experimentam algumas das crises mais agudas de escassez de água do mundo inteiro, têm apenas cerca de 320 m³ por pessoa. A África Subsariana tem o maior número de países pressionados pela falta de água de toda aquela zona. Quase um quarto da população da África Subsariana habita em países actualmente sujeitos à pressão da falta de água, e essa percentagem tem vindo a aumentar. (Relatório Anual de Desenvolvimento 2006, ONU).

Em Março de 2003, a ONU apresentou uma lista dos países com maior e menor quantidade de água per capita (Quadros 1 e 2) e previa que em 2050 mais de 2 biliões de pessoas iriam sofrer de falta de água.

Quadro 1 – Países com maior quantidade de água per capita

Fonte : ONU, 2003

País	m³ de água per capita
Guiana Francesa	81.200
Islândia	61.000
Guiana	31.700
Suriname	29.300
Congo	27.500

Quadro 2 – Países com menor quantidade de água per capita ao ano

Fonte: ONU, 2003

País	m³ de água per capita
Kuwait	10
Faixa de Gaza	52
Emirados Árabes Unidos	58
Bahamas	66
Qatar	94

Neste momento, já quatro em cada dez pessoas no mundo vivem em zonas onde a água escasseia. Até 2025, estima-se que dois terços da população do planeta, ou seja, cerca de 5.500 milhões de pessoas, vivam em países com escassez grave de água.

No ano de 2010, trinta e dois países têm falta de água em África, na Ásia, e em algumas regiões da Europa e da América. A disponibilidade média anual por habitante reduzir-se-á a 5000 m³, em 2025, a 4000 m³, em 2040. Ao ritmo actual, todas as águas de superfície serão consumidas em 2100.

No futuro, a poluição reduzirá ainda mais a quantidade de água disponível. Por exemplo, em algumas décadas, o mar de Aral, lago de água salgada localizado na Ásia Central (Uzbequistão) que já foi o quarto maior lago do mundo, viu o nível das suas águas baixar catorze metros e perdeu 40% da sua superfície e 60% do seu volume de água.

A escassez de água representa também um problema grave para o desenvolvimento futuro. No século XX, o consumo de água aumentou a um ritmo duas vezes mais rápido do que o crescimento demográfico. Devido à exploração excessiva das águas subterrâneas, as camadas freáticas estão a diminuir e alguns rios como o Colorado, nos Estados Unidos, e o Amarelo, na China, têm frequentemente troços secos, antes de desaguiarem no mar. Várias regiões, como o Médio Oriente, o Norte de África e o Sul da Ásia, sofrem de escassez de água.

O mundo debate-se hoje com problemas relacionados com os limites para a pressão sobre os recursos hídricos. Assim a distribuição de água potável para todos é o grande desafio da Humanidade para os próximos anos.

2.2 Importância do reaproveitamento da água

Sendo a água um factor essencial para o desenvolvimento socioeconómico do País, deve ser considerada um recurso estratégico e estruturante, tendo necessariamente que se garantir uma elevada eficiência do seu uso, o que deve corresponder a uma opção estratégica na política portuguesa de gestão de recursos hídricos. Com o objectivo de identificar as medidas e meios de acção para um uso eficiente da água, foi criado o PNUEA (Plano Nacional para Uso Eficiente da Água) em 2001 pelo Instituto da Água, e elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil com o apoio do Instituto Superior de Agronomia.

Neste plano visam numerosas razões para sustentarem esta opção estratégica:

- Corresponde a um imperativo ambiental, pela necessidade de uma crescente consciencialização da sociedade de que os recursos hídricos não são ilimitados e que, por isso é necessário protegê-los e conservá-los.
- Corresponde a uma necessidade estratégica ligada às disponibilidades e reservas de água no País, na medida em que, embora à escala nacional e anual Portugal não tenha graves problemas de escassez de água em situação hídrica normal – apenas as bacias das Ribeiras do Algarve, Ribeiras do Oeste, Sado, Lis e Leça estão sujeitas a maior *stress* hídrico (PNA), podem no entanto ocorrer situações críticas de seca, sazonais ou localizadas.
- Corresponde a um interesse económico a nível nacional, na medida em que as poupanças potenciais de água correspondem a um valor muito relevante, estimado em cerca de 0,64% do Produto Interno Bruto nacional.
- Corresponde a um interesse económico a nível do tecido empresarial, na medida em que a água é um importante factor de produção em numerosos sectores de actividade económica e a minimização dos encargos – através da maior eficiência da sua utilização, aumenta naturalmente a competitividade das empresas nos mercados nacional e internacional.

- Corresponde a um interesse económico a nível dos cidadãos, na medida em que permite uma redução dos encargos com a utilização da água - devido ao menor volume consumido e à eventual descida de escalão - sem prejuízo da qualidade de vida do seu agregado familiar e da salvaguarda da saúde pública.
- Corresponde a obrigações do País em termos de legislação comunitária, nomeadamente da Directiva Quadro, em termos da conservação da água e de crescente aplicação de custos reais no uso da água, e da Directiva IPPC, no relativo à obrigação de utilização das melhores técnicas disponíveis nas unidades mais relevantes de diversos sectores industriais.

Em Portugal, as alterações climáticas e a constante degradação ambiental tornam a água num recurso cada vez mais limitado com custos associados gradualmente mais elevados. A crescente impermeabilização dos solos devido à ocupação humana faz com que aumentem os escoamentos superficiais de água, resultando num aumento das inundações, e diminuam a recarga das águas subterrâneas.

Desde do ano 2000 que o preço da água na área de Lisboa subiu 35%, e prevêem-se novas subidas para os próximos anos. Sabe-se também que o nosso País, atinge anualmente um desperdício doméstico de água de 750 milhões de euros, situação que exige medidas urgentes, porque dentro de 15 anos haverá escassez desse recurso. Estima-se que se percam anualmente três mil milhões de metros cúbicos de água, metade em meio urbano, em edifícios e redes públicas (ANQIP, 2008).

O aproveitamento de água pluvial para usos urbanos é uma prática antiga no nosso País (nomeadamente, nos Açores) e que se foi abandonando ao longo do tempo, à medida que os sistemas de abastecimento público de água se foram expandindo. Actualmente, assiste-se a um retorno da valorização desta prática no âmbito da renaturalização do ciclo urbano da água, da conservação da água e da procura de soluções mais sustentáveis (Oliveira, 2007).

Como se pôde verificar no capítulo anterior, a Alemanha e a Inglaterra enfrentam graves problemas de escassez de água, tendo por isso, apostado bastante em sistemas de aproveitamento e reciclagem de águas. As empresas líderes de mercado neste campo, (algumas delas já sediadas no nosso País) são originárias destes países, tais como a Graf, 3P Technik, a Kessel Rainwater ou a Skywater.

O Japão é um dos países que mais investe nesta prática, podendo sintetizar uma série de incentivos financeiros por região ao uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. No Quadro 3 descrevem-se alguns incentivos aplicados às diferentes regiões na aquisição de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais no ano de 2000.

Quadro 3 – Incentivos financeiros a diferentes cidades do Japão no ano de 1999

Fonte: Kita et al (1999) May (2004)

Cidades	Valores
Kawagoe	163,00 US \$ para um reservatório
	325,00 US \$ para dois reservatórios
Kamakura	214,00 US \$ para reservatórios com capacidades entre 100 l e 200 l
	257,00 US \$ para reservatórios com capacidades superiores a 200 l
Chofu	Entre 240,00 US \$ e 470,00 US \$ para reservatórios de capacidade entre 100 l e 200 l
Ward	8.547,00 US \$ para reservatórios com capacidades superiores a 1000 l
	2.564,00 US \$ para reservatórios com capacidades entre 500 l e 1000 l
	214,00 US \$ para volumes inferiores a 500 l
Takamatsu	8.547,00 US \$ para reservatórios com capacidades superiores a 1000 l

O aproveitamento das águas pluviais pode ser um dos caminhos a adoptar para se atingir essa eficiência hídrica mencionada no PNUEA, e reduzir o consumo de água potável. Esta prática está a ser lentamente introduzida em Portugal, mas como se viu, já é bastante comum na Alemanha e Inglaterra onde os preços por metro cúbico de água são bastante elevados devido a essa mesma escassez, ou no Japão e Estados Unidos, que contribuem financeiramente para esta medida.

2.3 Uso de água da chuva ao longo da História

O aproveitamento de água pluvial é uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (mais ou menos 30 % da superfície da terra). Esta prática foi inventada em diversas partes do mundo e em diferentes continentes há milhares de anos. Foi usada e difundida especialmente em regiões semi-áridas onde as chuvas ocorrem somente durante poucos meses e em locais diferentes. Por vezes, esta é a única opção disponível de obtenção da água essencial para o consumo humano em regiões secas.

Na ilha de Creta existem inúmeros reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C. com a finalidade de aproveitamento da água da chuva para o consumo humano (Rainwater Technology Handbook, 2001 citado por Alt, 2009).

Segundo Tomaz (2003) citado por Oliveira (2008), o documento mais antigo que existe é a Pedra Moabita (Figura 2) encontrada na antiga região de Moabe perto de Israel e datada de 830 a.C. . A Pedra, construída em basalto negro, tem gravada uma inscrição do rei Mesa dos Moabitas para os habitantes da cidade de Qarhoh, na qual apela à construção de uma cisterna para armazenamento de água das chuvas em cada habitação.



Figura 2 – Pedra Moabita
Fonte : Oliveira (2008)

No Irão, as cisternas subterrâneas feitas com massa de cal e tijolos são utilizadas há mais de 3 mil anos. São conhecidas por *Abanbars* (Figura 3) e são um sistema tradicional comunitário de captação de água pluvial (Carlou, 2005).

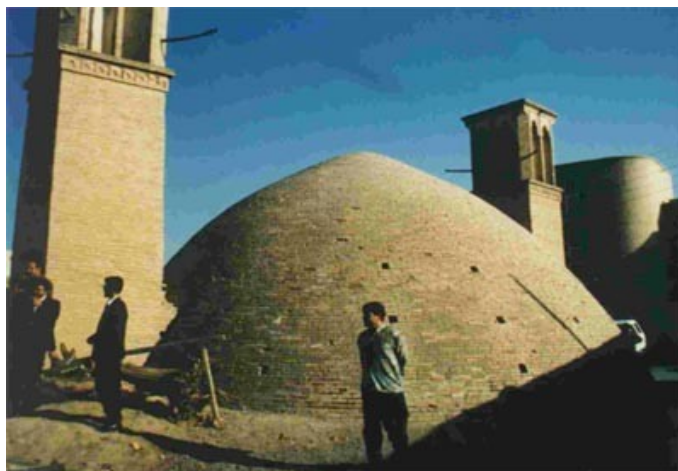


Figura 3 – Abanbars (Cisterna tradicional no Irão)
Fonte : Gnadlinger (2000)

Edzná é um lugar arqueológico Maia localizado no norte do estado mexicano de Campeche. O carácter errático das chuvas e as inundações frequentes de partes do vale onde se situa, levaram à construção de um complexo sistema hidráulico constituído por numerosos canais, cisternas e depósitos subterrâneos que permitia conduzir e armazenar a água das chuvas e ao mesmo tempo eliminar a água em excesso.

No sul da cidade de Oxkutzcab ao pé do Monte Puuc ainda hoje se podem ver as realizações dos Maias. No século X existia ali uma agricultura baseada na colheita de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e a água potável era fornecida por cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, chamadas Chultuns (Figura 4). Estas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5 metros e eram escavadas no subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia um área de captação de 100 a 200 m². Nos vales usavam-se outros sistemas de captação de água de chuva, como Aguadas (reservatórios de água de chuva cavados artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e Aquaditas (pequenos reservatórios artificiais para 100 a 50.000 litros).

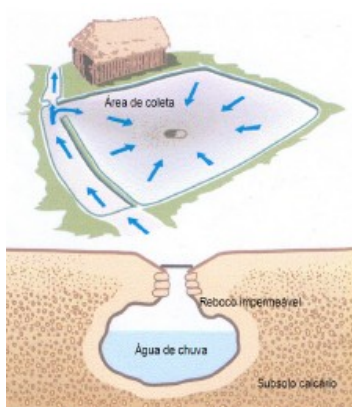


Figura 4 – Chultun, Sistema de aproveitamento pluvial do século X
Fonte : Gnadlinger (2000)

É interessante observar que as Aguadas e Aquaditas eram usadas para irrigar árvores frutíferas e/ou bosques além de fornecerem água para o plantio de verduras e milho em pequenas áreas. Muita água era armazenada, garantindo o abastecimento até durante períodos de seca inesperados. Exemplos como este e muitos outros podem ser encontrados em todo o planeta (Gnadlinger, 2000).

No Irão medieval existiam edifícios que usavam cisternas e torres de vento (*badgirs*) para o seu arrefecimento nas épocas quentes. As cisternas abertas - semelhantes a piscinas - recolhiam a água da chuva. As torres de vento dispunham de aberturas que captavam o vento e de cata-ventos que direccionavam o fluxo de ar para o interior do edifício, normalmente passando sobre a cisterna e saindo por uma torre de arrefecimento situada a jusante da direcção do vento. As torres e outros captadores de vento foram amplamente usados no mundo islâmico medieval, onde eram usados para o condicionamento de ar em muitas cidades.

Em Istambul na Turquia, durante o governo de César Justinian (a.C. 527-565), foi construído um dos maiores reservatórios do mundo denominado de Yerebatan Sarayi, totalizando um volume de 80.000 m³ com objectivo de armazenar água da chuva (Rainwater Harvesting and Utilization, 2002 citado por Alt 2009).

Em 37 a.C. Herodes conquistou a fortaleza de Massada e mandou construir dois palácios com todo conforto e luxo da época: pisos de mosaicos, frescos, colunatas e até uma piscina. Para garantir a auto-suficiência de seu refúgio no deserto, Herodes mandou plantar hortaliças e grãos na montanha, além de construir enormes cisternas escavadas na pedra para colectar água da chuva, com capacidade para mais de 40 milhões de litros (Figura 5).

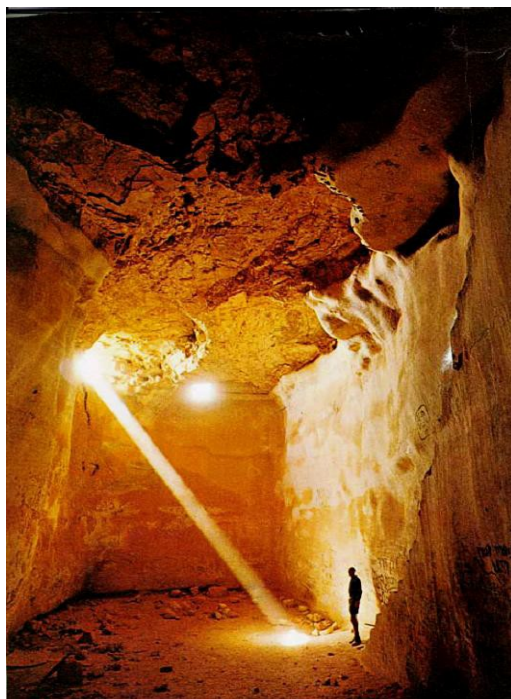


Figura 5 – Cisterna da fortaleza Massada
Fonte: Tomaz (2009)

Como se pôde observar, em várias partes do mundo e em lugares sem qualquer tipo de contacto entre eles, a prática de aproveitamento das águas das chuvas teve grande impacto na sobrevivência e desenvolvimento destes povos.

2.4 Aproveitamento de água pluvial em Portugal

Também, por todo o território português se encontram hoje vários castelos com cisternas de armazenamento de água pluvial que era utilizada para abastecer as populações no caso da água escassear durante um longo cerco às muralhas do castelo pelos inimigos. Um exemplo é o castelo dos Templários e o Convento de Cristo localizados em Tomar (Ribatejo) que foram construídos no ano de 1160, e onde permanecem intactos dois reservatórios (com as capacidades de 215 m³ e 145 m³, respectivamente) que armazenavam a água pluvial naquela altura (Tomaz 2003 citado por Alt 2009). Até à construção do Aqueduto dos Pegões, o abastecimento de água ao Convento de Cristo em Tomar, e respectivos espaços exteriores, assentava totalmente no aproveitamento das águas das chuvas, águas essas que eram armazenadas nas inúmeras cisternas existentes, quer no Castelo, quer no Convento, quer ainda nos seus espaços exteriores.

A vila de Monsaraz, no interior profundo e seco do Alentejo, adoptou um notável sistema de recolha de águas pluviais colectivo através de uma complexa rede de caleiras e tubos de queda que encaminham as águas para uma grande cisterna comum. Construída no final da Idade Média (séculos XIV-XV), e de enormes proporções, a cisterna recolhia e armazenava as águas pluviais caídas sobre os telhados de Monsaraz, e constituía o principal reservatório abastecedor da população.

Também no Algarve, onde a precipitação é menos abundante, se podem identificar várias construções de cisternas para aproveitamento das águas pluviais. A cisterna Árabe que existe às portas do castelo de Silves, tem uma forma circular, com uma abertura de cerca de 2,5 metros de diâmetro e 18 de profundidade. Apresenta vários nichos por onde, circulando por uma escadaria em caracol, se podia aceder à água mais facilmente quando o seu nível descia. A sua localização, junto à muralha e muito perto da porta principal, é indicadora de que o seu papel terá sido fundamental no abastecimento da cidade baixa.

Nos Açores existem também vários exemplos de casas que no passado utilizavam a água da chuva para abastecimento. A Quinta dos Figos, construída no início do século XX, é dotada de uma cisterna que serviu principalmente para fins não potáveis, nomeadamente na agricultura. Apesar de ter sido restaurada e remodelada para turismo rural, a cisterna não é usada nos dias de hoje, tendo apenas o objectivo de manter o traço arquitectónico tradicional típico da Ilha Terceira.

Um projecto de bastante interesse, é o do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro que instalou um SAAP, para apoio ao seu Laboratório de Hidráulica. Este sistema foi instalado no âmbito da cooperação existente entre o Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP). Salienta-se ainda que com investimentos adicionais relativamente reduzidos, é possível proceder-se à extensão deste sistema para alimentação de instalações sanitárias, sistemas de rega e torneiras de lavagem. Também na nova sede da empresa de

construção MSF nas Natura Towers em Lisboa foi instalado um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

2.5 Enquadramento legal

As primeiras leis existentes em Portugal associadas à água datam da década de 40 do século passado. Em 1943 surge a regulamentação para o abastecimento de água e durante os 50 anos seguintes, os conceitos e a tecnologia de projecto, execução e gestão de sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais evoluíram e, nesta sequência, foi feita a revisão e actualização dos regulamentos gerais das canalizações de água e de esgoto, o que se veio a consagrar com o Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto de 1994 (Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto, 1994). É através deste decreto que surge o Decreto Regulamentar n.º 23/95 (DL 23/95), de 23 de Agosto de 1995, que define o conceito de águas residuais pluviais, ou simplesmente águas pluviais.

No dia 23 de Outubro de 2000 é aprovada a Directiva Quadro da Água (Directiva n.º 2000/60/CE, de 23 de Outubro) (DQA, 2000). Na sequência da aprovação da DQA (transposta para a lei nacional através da Lei da Água), aparece, em 2001, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) Junho de 2005. O PNUEA foi criado com o objectivo de avaliar a eficiência com que a água é utilizada em Portugal nos sectores urbano, agrícola e industrial e propor um conjunto de medidas que permitissem uma melhor utilização deste recurso, tendo como vantagens adicionais a redução das águas residuais resultantes e dos consumos energéticos associados (Almeida *et al.*, 2006; Baptista *et al.*, 2001 citado por Oliveira 2008). As medidas que contemplam o aproveitamento de água pluvial em usos urbanos não potáveis são;

- Nº 8 - reutilização ou uso de água de qualidade inferior
- Nº 38 - utilização da água da chuva em jardins e similares
- Nº 45 - utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água.

Para facilitar a aplicação das medidas previstas no PNUEA, são elaborados, em 2005, pelo LNEC vários Relatórios Técnicos de Apoio à Implementação do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, entre os quais o RT9, relativo à análise dos documentos regulamentares e normativos relevantes e onde são identificadas incompatibilidades e lacunas para a aplicação das medidas consideradas no PNUEA (Almeida *et al.*, 2005 citado por Oliveira 2008). De acordo com este relatório, o DL 23/95 e alguns regulamentos municipais surgem como obstáculos à viabilização da medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior. O DL 23/95 proíbe a utilização de água não potável na habitação para outros usos que não a lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares (Artigo 86º), o que constitui uma barreira à aplicação da medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior em redes prediais (por exemplo, nos autoclismos).

Neste sentido, a ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais) elaborou duas especificações técnicas, a ETA 0701 e a ETA 0702. A primeira estabelece critérios técnicos para a realização de sistemas de aproveitamento de água pluvial das coberturas de edifícios, para fins não potáveis. Estabelece uma série de requisitos para um

correcto funcionamento de um SAAP. Refere que os SAAP devem ser objecto de um projecto técnico, cuja elaboração deve respeitar as exigências da Portaria nº 701-H/2008, de 29 de Julho, todos os seus componentes devem respeitar a legislação, normalização nacional e europeia eventualmente existentes. A ETA 0702 estabelece as condições para a certificação de SAAP, executados de acordo com a ETA 0701. A certificação do sistema pressupõe a realização de acordo com a ETA 0701 e exige a certificação do projecto pela ANQIP, a intervenção de um instalador certificado e certificação da instalação.

2.6 Qualidade da água pluvial

A água da chuva tem potencial para superar a qualidade de águas superficiais e subterrâneas visto que não entra em contacto com solos ou rochas que possam contaminá-la pela dissolução de seus componentes, bem como não está directamente sujeita ao lançamento de esgotos e outros poluentes que são constantemente dispostos em corpos de água, podendo inclusive atingir o lençol freático. (Anecchini, 2005)

Gonçalves *et al* (2006) citado por Anecchini (2008) enfatizam que diversos factores influenciam a qualidade da água da chuva. Entre eles destacam-se a localização geográfica (proximidade do oceano, áreas urbanas ou rurais), a presença de vegetação, as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos), a estação do ano e a presença de carga poluidora. Pode-se referir ainda a influência dos materiais que compõem o sistema de captação e armazenamento como telhados, calhas e reservatório. Segundo o mesmo autor a qualidade da água da chuva deve ser considerada nos três momentos distintos de um sistema de aproveitamento: a chuva atmosférica, a chuva após passagem pela área de captação e no reservatório de armazenamento.

A água pluvial pode ser usada em rega de zonas verdes, lavagem de pavimentos ou automóveis, lavagem de roupas ou em descargas de autoclismos. Os dois primeiros não requerem controlos.

Na especificação técnica ETA 0701 são mencionados alguns cuidados a ter no controlo e uso da água da chuva, tais como:

- Recomenda-se um controlo da qualidade da água no reservatório com uma periodicidade máxima de seis meses.
- Caso o pH da água seja superior a 8,5 ou inferior a 6,5, pode ser necessário ou conveniente efectuar uma correcção de pH.
- Quando a área de captação for alargada a zonas mais poluídas (áreas de trânsito de veículos, etc.), devem considerar-se tratamentos suplementares adequados (como, por exemplo, floculação, desinfecção, etc.).
- Caso se considere necessário introduzir um tratamento ou desinfecção para a água da chuva, este deverá ser implementado a jusante do sistema de bombagem, antes da entrada da água da chuva na rede não potável.

- No caso da rega de zonas verdes e da lavagem de pavimentos, a utilização de água da chuva, observadas as presentes prescrições técnicas de instalação, pode não carecer de qualquer tratamento complementar.
- A lavagem de roupas com água da chuva sem tratamento específico apenas deve ser considerada quando a temperatura da água de lavagem atingir, no mínimo, 55°C.
- A utilização de água da chuva sem tratamento em descargas de autoclismo, apenas deve ser admitida quando a água respeite, no mínimo, as normas de qualidade de águas balneares, nos termos da legislação nacional e das Directivas europeias aplicáveis (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1/8, que transpõe a Directiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8/12).
- Na situação referida no item anterior, não sendo cumpridos os valores máximos admissíveis estabelecidos para os parâmetros microbiológicos, deve prever-se uma desinfecção da água por ultravioletas, cloro ou outro processo adequado. No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção, recomenda-se que o cloro residual livre se situe entre 0,2 e 0,6 mg/l.

3 Caracterização dos sistemas de aproveitamento de água pluvial

3.1 Descrição geral

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais têm como objectivo conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável. Estes sistemas, captam a água da chuva que cai sobre superfícies, direccionando-a para reservatórios de armazenamento para posterior utilização.

De um modo generalizado, a captação da água da chuva é efectuada no telhado das habitações. A qualidade da água recolhida depende dos materiais utilizados na construção do telhado e dos resíduos que nele se depositam.

A água da chuva (juntamente com sedimentos, folhas e detritos) é recolhida nas caleiras onde são colocadas malhas de plástico ou metal para uma primeira filtragem. Em seguida é canalizada através dos tubos de queda, passando por um outro sistema de filtragem que lhe retira os restantes sedimentos e impurezas antes de ser recolhida no reservatório de armazenamento.

O reservatório para o armazenamento da água da chuva é o componente mais caro deste sistema de recolha. Para maximizar o retorno financeiro do investimento o dimensionamento do reservatório deve ser efectuada cuidadosamente tendo sempre em conta a capacidade, o material e a localização.

No reservatório ocorre uma última limpeza e filtragem da água recolhida antes de esta estar pronta para ser utilizada para fins não potáveis (sistemas de rega, águas sanitárias, etc.).

Os sistemas (SAAP) são constituídos por componentes básicas (Figura 6) que servem cada uma das seguintes funções:

- Superfície de captação: inclui a superfície sobre a qual a chuva cai, isto é, a superfície de recolha, normalmente o telhado da habitação;
- Sistema de transporte: é constituído pelas componentes que encaminham a água do telhado para o tanque, nomeadamente os algerozes ou as caleiras e os tubos de queda;
- Dispositivos de filtração: têm como função a remoção de detritos e poeiras da água pluvial captada antes desta ir para o tanque (como exemplos podem referir-se os crivos de folhas, os desviadores das primeiras precipitações e os dispositivos de filtração);
- Dispositivos de armazenamento: englobam um ou mais tanques de armazenamento que podem também ser denominados de cisternas;
- Rede de distribuição: é o sistema de transporte da água pluvial para o seu uso final através de bombagem ou gravidade;

- Tratamento: apesar de particularmente relevante no caso dos sistemas potáveis para os usos não potáveis, esta etapa inclui normalmente apenas a remoção de partículas.

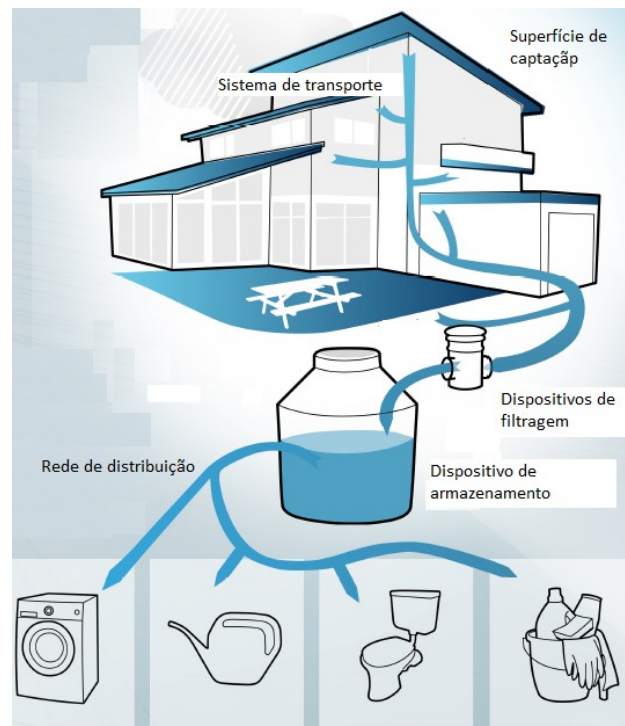


Figura 6 – Simplificação de uso de um SAAP
Fonte : Rainwater Harvesting Virginia (2008)

Os equipamentos que constituem os SAAP podem ser projectados, desenvolvidos e montados de raiz paralelamente à construção do edifício, podendo também ser instalados em habitações ou edifícios já construídos, havendo diversas soluções técnicas para a sua instalação.

Cada projecto tem as suas exigências. Apesar do sistema base ser idêntico, as componentes variam consoante vários requisitos essenciais. Varia-se segundo a zona pluviométrica, o espaço disponível, o tipo de dispositivos existentes (diferentes eficiências de autoclismos, máquinas de lavar roupa), consumo de água não potável, factores económicos, tipo de utilização do próprio sistema (pode ser para apenas rega de exterior ou lavagem de veículos, para fins não potáveis domésticos ou até para consumo).

3.2 Componentes de sistemas de aproveitamento de água pluvial

3.2.1 Superfície de captação

A superfície de captação é geralmente o telhado da habitação, no entanto, podem ser usadas outras superfícies como os pavimentos, especialmente se não susceptíveis de acumular substâncias poluentes em quantidades significativas.

O telhado pode ser constituído por diferentes tipos de materiais que por isso, influenciam a qualidade da água captada. Outros factores com influência directa na qualidade da água da chuva são as substâncias que nele se depositam e o tipo de manutenção ou limpeza a que está sujeito.

Os telhados devem ser limpos e lavados uma ou duas vezes por ano, em particular no fim da estação seca. Árvores eventualmente pendentes sobre eles devem ser podadas de forma a reduzir a quantidade de folhas e impossibilitar o acesso de gatos, roedores ou pássaros, os quais conduzem o aumento da deposição de detritos.

Os materiais mais comuns são a telha cerâmica e o fibrocimento. No entanto os telhados podem ainda ser de lâminas de zinco/alumínio e de aço galvanizado, de vidro, lâminas de policarbonatos ou fibra de vidro, de ardósia, chapas de plástico ondulado ou mesmo, de betão armado ou manta asfáltica. O tipo de revestimento interfere directamente na quantidade de água a aproveitar, sendo por isso aconselhável a eleição de revestimentos com um coeficiente de escoamento (C) mais elevado em detrimento dos que absorvem mais água, com o objectivo de minimizar as perdas, pois sabe-se que nem toda a água colectada é aproveitada.

O coeficiente de escoamento representa a relação entre o volume total de água pluvial recolhida pela superfície de captação e encaminhada para as caleiras e o volume total de água precipitada.

No Quadro 4 são apresentados alguns valores típicos de coeficientes de escoamento para diferentes tipos de superfícies.

Quadro 4 – Coeficientes de escoamento consoante a superfície de captação
Fonte : Adaptada de Oliveira (2008), Tomaz (2003)

Superfície de Captação	Coeficiente de Escoamento
Telhados	
• Telhas Cerâmicas	0,80 – 0,90
• Telhas Esmaltadas	0,90 – 0,95
• Telhas Corrugadas de Metal	0,80 – 0,90
• Cimento, Amianto	0,80 – 0,90
• Plástico , PVC	0,90 – 0,95
Relvados	
• Solo Arenoso, plano - (2%)	0,05 – 0,10
• Solo Arenoso, declive médio (2% - 7%)	0,10 – 0,15
• Solo Arenoso, declive grande (7%)	0,15 – 0,20
Ruas	
• Asfaltadas	0,70 – 0,95
• Betonadas	0,80 – 0,95
Vias para Automóveis e Peões	0,75 – 0,85

3.2.2 Sistema de transporte

A água depois de recolhida no telhado, flui para as caleiras e é conduzida através de tubos de queda até ao reservatório. São também apanhados detritos que serão retidos, e posteriormente removidos pelos dispositivos de filtração.

É imprescindível que as edificações sejam dotadas de caldeiras e condutores verticais direccionando a água da chuva do telhado para o reservatório. Portanto, é importante que uma atenção especial seja dada ao dimensionamento e instalação das caldeiras e condutores verticais, pois o seu subdimensionamento pode reduzir significativamente a eficiência de colecta, comprometendo o funcionamento de todo o sistema de aproveitamento de água de chuva.

Os materiais mais utilizados para caldeiras e tubos de queda são o policloreto de vinilo (PVC), o alumínio e o aço galvanizado. As caldeiras de alumínio e de aço galvanizado são recomendadas devido à sua resistência à corrosão (Carlon, 2005), embora acarretem um maior investimento inicial comparado com as de plástico.

As caldeiras podem ser protegidas por uma malha de plástico ou metal, instalada em toda a sua extensão, para poderem ser retirados os detritos de maior dimensão, como folhas ou galhos, como demonstrado na Figura 7. Os detritos de menor dimensão passarão, mas serão posteriormente retidos pelos dispositivos de filtragem do sistema, prevenindo assim entupimentos nas condutas que levam a água até ao reservatório.

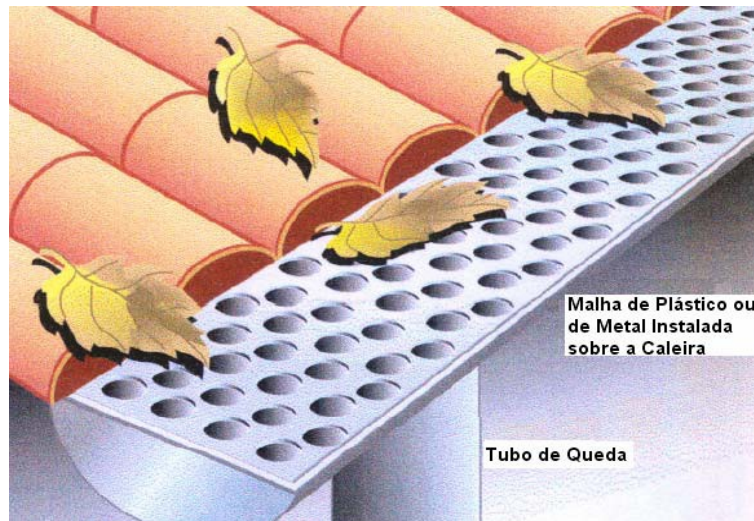


Figura 7 – Malha de plástico ou metal instalada sobre a caldeira
Fonte : Bertolo (2006)

Os órgãos de condução necessitam de ser correctamente dimensionados e instalados, de forma a maximizar a quantidade de água da chuva recolhida. As caldeiras devem ter inclinação contínua e suficiente em direcção aos tubos de queda, de forma a prevenir a concentração de água, a qual pode conduzir ao aumento da acumulação de detritos, ao crescimento de algas e possivelmente proporcionar um local para criação de mosquitos. É razoável instalar as caldeiras com uma inclinação de 1% a 1,5%.

Tal como na superfície de recolha, é importante assegurar que os órgãos de condução não tenham chumbo, nem qualquer outro tratamento que possa contaminar a água da chuva.

3.2.3 Dispositivo de primeira lavagem (*first-flush*)

Após um período de seca, a primeira água da chuva que cai no telhado deve ser desviada. Esta tem como objectivo a limpeza da superfície, removendo todo o tipo de substâncias e detritos que poderiam contaminar a água recolhida. A especificação técnica da ANQIP ETA 0701 refere que o volume de água a desviar poderá ser determinado com base em critérios de tempo ou com base na área da cobertura e numa altura de precipitação pré-estabelecida, geralmente de 2 mm.

O volume de água a desviar por critérios com base na área da cobertura e altura de captação pode ser dado pela expressão,

$$V_d = P \times A \quad (1)$$

onde,

- a) V_d – volume a desviar do sistema (litros)
- b) P – Altura de precipitação (mm) admitida para o *first flush* (em geral 2 mm)
- c) A – Área de captação (m²)

Quando se opte pelo critério de tempo, deverá ser desviado um volume mínimo correspondente aos primeiros 10 minutos de precipitação, podendo adoptar-se um valor mais baixo (não inferior a 2 minutos) quando o intervalo entre precipitações não exceda quatro dias (ETA 0701).

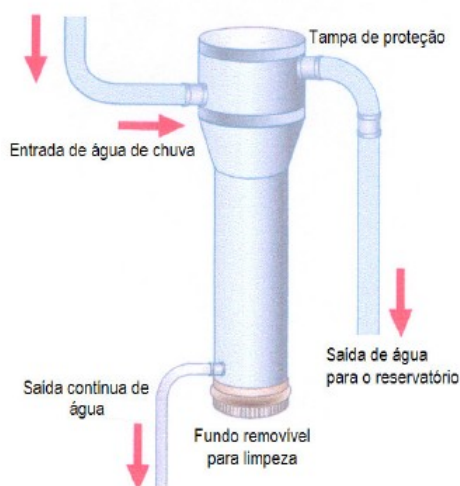


Figura 8 – Dispositivo de Primeira Lavagem
Fonte: May (2004)

Este dispositivo não é essencial para o funcionamento mecânico do sistema de colecta de água da chuva, no entanto, aumenta bastante a qualidade da água da chuva a ser consumida.

Portanto, um procedimento simples de limpeza da água da chuva muito utilizado é a remoção dos primeiros milímetros de chuva, através de um componente importante do sistema de aproveitamento que é o dispositivo de primeira lavagem. Este procedimento é também denominado de auto-limpeza da água da chuva (Tomaz, 2003).

3.2.4 Dispositivos de filtragem

A chuva depois de captada pelo telhado da habitação e conduzida pelas caleiras e posteriormente pelos tubos de queda, não vai directamente para o reservatório sem passar pelos dispositivos de filtragem (Figura 9). Estes têm como objectivo reter os detritos ou substâncias que por ventura venham com a água pluvial.

Esta componente não acumula sujidade se for devidamente limpa e mantida, e detritos maiores são levados directamente para a rede pluvial. O desenho da estrutura do filtro é feito para que, em condições normais apenas 5% da água que passa se perca levando os resíduos. A água passa ainda por uma tela (malha especial de aço inox), que precisa de ser inspeccionada antes e depois das épocas das chuvas, para retirar areia, pó ou outras substâncias que possam obstruir a passagem da água (Sickermann, 2002).



Figura 9 – Filtro de água pluvial
Fonte : Catálogo Skywater (2009)

Este tipo de filtro funciona bem para pequenos ou grandes volumes de água pluvial, processando até 9 litros por segundo. É aconselhável que este dispositivo seja usado em sistemas com áreas de captação inferiores a 350 m². Para edificações com áreas de captação maiores será necessário um filtro com maior capacidade de processamento. As saídas e entradas da tubagem podem ser de DN100 ou DN125 (Sickermann, 2002).

Para áreas de captação superiores a 350 m², podemos utilizar um filtro semelhante ao da Figura 10. Este tipo de filtro tem uma maior capacidade de processamento, não desperdiçando água e tornando-se mais fiável a impedir entupimentos.



Figura 10 – Filtro utilizado para áreas de captação superiores a 350 m² até 2350 m²
Fonte : Catálogo Skywater (2009)

Todos os dispositivos de filtração devem ser limpos. Sem manutenção apropriada, eles não só ficam obstruídos e restringem o fluxo de água pluvial, como também contribuem para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos (The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005).

No dimensionamento de reservatórios têm-se em conta a eficiência do equipamento de filtragem (η). Essa eficiência também pode ser chamada de coeficiente de filtro. É entendida como a razão entre o volume total de água pluvial filtrada e que atinge o tanque e o volume total de água pluvial que chega ao filtro, portanto as perdas no filtro reflectem o volume de água que é descarregada, normalmente, para o sistema de águas residuais ou pluviais. Um valor típico para o coeficiente de filtro é de 0,9, ou seja, 10% da água que entra no filtro é conduzida para a rede de água pluvial.

3.2.5 Reservatório para armazenamento

Após realizado o processo de tratamento da água da chuva, seja ele o processo simplificado de auto-limpeza ou um processo mais complexo de filtração, a água é direccionada ao reservatório de armazenamento final.

Os reservatórios podem ser enterrados, semi-enterrados, apoiados sobre o solo ou elevados. Podem ser construídos com diferentes materiais, como por exemplo alvenaria, betão armado, fibra de vidro, aço, polietileno. Podem ter diversas formas, sendo os mais comuns cilíndricos ou rectangulares, podem ainda desempenhar funções estéticas consoante o tipo de projecto.

O tamanho do reservatório de armazenamento é ditado por diversos factores: a precipitação local, o consumo de água não potável, a duração prevista de períodos de seca, a área de superfície de captação, a estética, a preferência pessoal e orçamento (The Texas Manual Harvesting, 2005).

No caso de ocorrência de um volume de precipitação superior à capacidade de armazenamento do reservatório, a água excedente escoar-se pelo descarregador da cisterna para a rede pública de esgoto pluvial. Caso não haja água de chuva suficiente no reservatório

de água pluvial, este é automaticamente alimentado pelo sistema de abastecimento de água potável.

Para um dimensionamento económico e eficiente é necessário o conhecimento de algumas características do sistema como a área de captação, o índice pluviométrico da região e o coeficiente de escoamento superficial. Quanto maior a área de captação, maior o volume de chuva que poderá ser colectado. O índice pluviométrico mostra a distribuição da chuva ao longo do ano e quanto mais regular for o seu valor mais fiável será o sistema (Anecchini, 2005).

O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, económicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia. A norma técnica ETA 0701 especifica algumas exigências no dimensionamento.

Na instalação dos reservatórios são essenciais fundações e apoios apropriados, uma vez que a água tem um peso considerável. Normalmente em reservatórios enterrados utiliza-se betão de limpeza.

3.2.6 Sistema de bombagem

Utilizam-se bombas quando é necessário elevar a água a cotas superiores à do reservatório. Isto é comum quando o reservatório é enterrado e é necessário abastecer a rede de distribuição de água num SAAP por exemplo.

O sistema de bombagem (Figura 11) arranca sempre que houver consumo e pára sempre que o consumo termina, permitindo um uso eficiente da energia. A especificação técnica ETA 0701 refere que as bombas instaladas dentro dos reservatórios deverão ser dotadas de dispositivos de sucção com tomada de água ligada a flutuador ou sistema equivalente que não permita o arrastamento das partículas sedimentadas ou flutuantes para a tubagem. As bombas submersíveis deverão ser facilmente removíveis, para permitir as operações de manutenção.



Figura 11 – Bomba submersível
Fonte : Catálogo Skywater (2009)

Os equipamentos de bombagem concebidos para os sistemas domésticos de aproveitamento de água pluvial devem estar tecnologicamente dotados de funções que permitem a gestão de água pluvial de uma forma responsável e eficiente.

3.2.7 Acessórios

3.2.7.1 Conjunto de sucção flutuante

Em qualquer cisterna ou tanque, a água é mais límpida logo abaixo da superfície, por isso deve-se retirar a água nessa faixa. Com isso evita-se que partículas suspensas entupam a bomba, diminuindo o desgaste e o consumo de energia. O conjunto de sucção flutuante é formado por uma conexão para a bomba, uma mangueira flexível especial, uma válvula anti-retorno, um filtro de tela e uma bóia, que mantém a entrada com o filtro sempre perto da superfície, qualquer que seja o volume da cisterna (Figura 12).

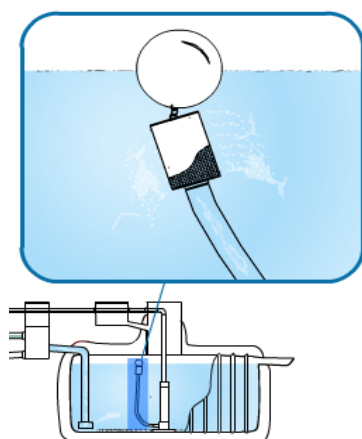


Figura 12 – Conjunto de sucção flutuante
Fonte : Stormsaver (2003)

3.2.7.2 Amortecedor

Existe a necessidade de evitar que a água vinda do filtro embata na superfície ou entre com muita pressão no reservatório. Essa é a função do amortecedor, um vaso de expansão instalado no fundo do reservatório, recebe a água vinda do filtro por meio de um tubo. Assim a água expande-se, e perde força, saindo apenas para cima, sem remexer a sedimentação depositada no fundo (Figura 13). De salientar que este dispositivo é um requisito obrigatório pela norma técnica ETA0701, segundo o ponto 5.4.4 da mesma.

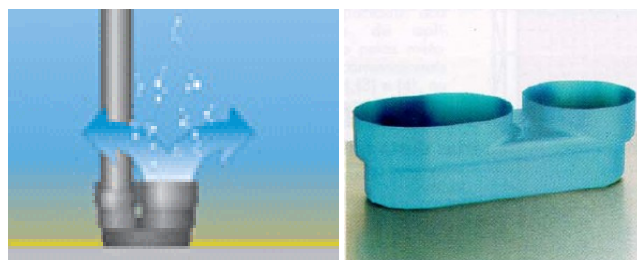


Figura 13 – Amortecedor

3.2.7.3 Sifão

É recomendável prever no projecto que o reservatório fique pelo menos duas vezes por ano totalmente cheio, para que o sifão (Figura 14) possa cumprir a sua principal função, a de limpar a camada superficial de água do reservatório.

Partículas muito finas, como o pólen das flores, e substâncias oleosas podem-se acumular na superfície. E embora, em princípio, esses materiais não prejudiquem a qualidade da água, convém retirá-los periodicamente.

Outras funções importantes do sifão são actuar como selo hidráulico, evitando a entrada de odores do lado de fora, em geral, da rede pluvial, e impedir a entrada de roedores, sobretudo de ratazanas, portadoras de diversas doenças. A barreira faz-se por meio de uma lâmina espiral ou pelo desenho do sifão, quando as aberturas por onde se aspira a água são estreitas demais para um animal ter acesso ao reservatório (Sickermann, 2002).



Figura 14 – Sifão
Fonte: Técne 59

3.3 Tipos de reservatórios

3.3.1 Reservatórios domésticos superficiais

A escolha do local de instalação do reservatório, do modelo e do material a ser utilizado deve ser efectuada verificando as condições do terreno. Os reservatórios superficiais devem ser instalados em locais que disponham de área livre, tendo a vantagem de possibilitar alguns usos sem a necessidade de bombeamento, como para a lavagem de áreas impermeáveis e a rega de jardins (Anecchini 2005). Na Figura 15 o reservatório é dotado de uma bomba, destinando-se a uso doméstico.

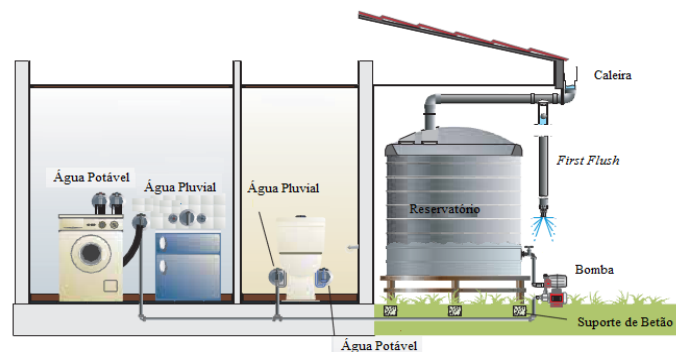


Figura 15 – Reservatório superficial para uso doméstico
Fonte: Guidelines for residential properties in Canberra (2008)

Os reservatórios superficiais necessitam de uma estrutura de apoio, mesmo que sobre o solo. Quando expostos requerem boa aparência, sendo ainda imperativo que a altura máxima, da parte superior do conjunto reservatório, filtro e descarga esteja abaixo da menor cota de captação. Nestas condições, para captação em construções térreas, dotadas de calhas e tubagens aéreas, pode-se obter uma pressão por gravidade de até 1,50 m.c.a. na saída do reservatório (sem uso de bombas). Este facto é muito interessante para utilização da água em baixas pressões, como é o caso da irrigação usando o sistema de gota-a-gota.

Quanto ao tipo de material pode-se utilizar betão, alvenaria impermeabilizada, fibra de vidro, plástico, fibrocimento, aço, aço inoxidável, entre outros. A selecção do tipo de material deve atender também a facilidade de manutenção (limpeza e reparos) e a facilidade da instalação (transporte e forma geométrica).

A Figura 16 ilustra um reservatório apenas com funções de irrigação. Sendo dotado de uma bomba, supõe-se que a área a cobrir seja de uma dimensão considerável. Para áreas pequenas pode-se colocar apenas uma mangueira pela torneira e vaziar a água do reservatório, pois esta teria uma pressão suficiente.

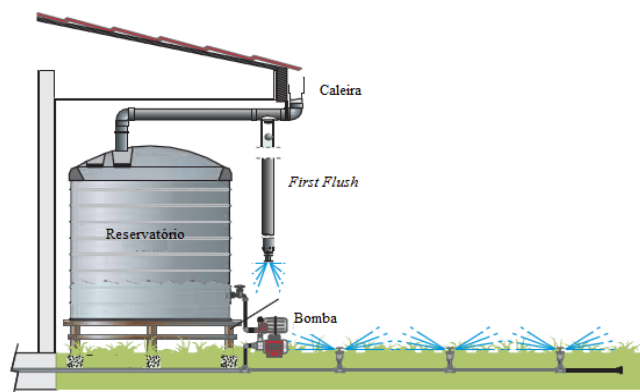


Figura 16 – Reservatório superficial para irrigação
Fonte: Guidelines for residential properties in Canberra (2008)

3.3.2 Reservatórios domésticos enterrados

Os reservatórios enterrados, são os mais comuns. Existe uma variedade de materiais e formatos para este tipo de reservatórios no mercado português. Existem até diferentes funcionalidades para cada situação. Pode-se ter um reservatório apenas para rega de jardim ou lavagem de veículos, no qual é instalada uma mangueira num poste que pode ter diferentes formas consoante o gosto do cliente ou a arquitectura da habitação, como indicado na Figura 17.



Figura 17 – Sistema de aproveitamento de água pluvial com uso apenas no exterior
Fonte : Catálogo Skywater (2010)

O mais comum é que seja usado para fins domésticos e para usos exteriores. Um sistema típico de aproveitamento de águas pluviais é o indicado na Figura 18. Este é constituído por um filtro, reservatório que contém bomba de sucção, amortecedor, sifão, descarregador superficial, e dentro da habitação um sistema de controlador de água, que quando o reservatório não atende às exigências de consumo transfere instantaneamente para o consumo de água potável da rede de distribuição.



Figura 18 – Sistema de aproveitamento de água pluvial doméstica e exterior
Fonte: Catálogo Monsoon Stormsaver (2009)

3.3.3 Reservatórios domésticos elevados

Este tipo de instalação (Figura 19) é mais comum em edifícios multifamiliares, pois normalmente, disponibilizam maiores áreas para um reservatório e o uso do equipamento de bombagem será menor, estando o reservatório numa parte elevada em vez de enterrado ou apoiado no solo.

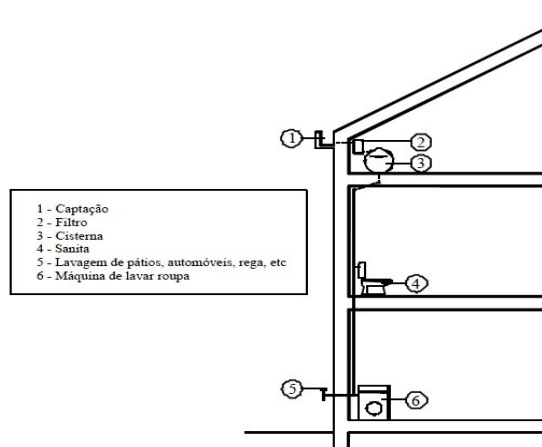


Figura 19 – Sistema de aproveitamento de água pluvial instalado no sótão
Fonte : Mário Valente Neves (2006)

Em habitações unifamiliares existe o inconveniente de todo o sistema de aproveitamento de águas pluviais ter de ser instalado na fase de construção. Torna-se por isso, bastante menos apelativo que os outros tipos de reservatórios.

3.3.4 Reservatórios para estruturas industriais ou comerciais

Em áreas de maior porte, aproveitar a água de chuva é unir ainda mais, os benefícios ecológicos aos económicos. A água pode ser usada para resfriar equipamentos e máquinas, em serviços de limpeza, para descarga de autoclismos, no reservatório contra incêndio ou irrigação de áreas verdes. Nos dias de chuva intensa, as cisternas podem funcionar como dispositivos de contenção, diminuindo ou até evitando alagamentos e a sobrecarga da rede pluvial (Malqui, 2008).

No Japão na arena de sumo na cidade de Tóquio, também é usado um sistema de captação de água das chuvas. A água é utilizada para que abastecimento das casas de banho públicas e na lavagem das bancadas e do recinto. Esta têm uma área de captação de 8400 m².

Foi feito um estudo sobre o aproveitamento de águas pluviais na fábrica da Betão Liz na cidade do Porto. O sistema de instalação seria semelhante ao da Figura 20, na qual os tubos de queda conduziram a água captada para vários filtros que posteriormente fluiriam para o reservatório. O reservatório dimensionado para a fábrica teria uma dimensão de 213 m³, pois só assim atenderia às necessidades. Teria de ser construído em betão armado, visto não existirem reservatórios pré-fabricados destas dimensões no mercado.

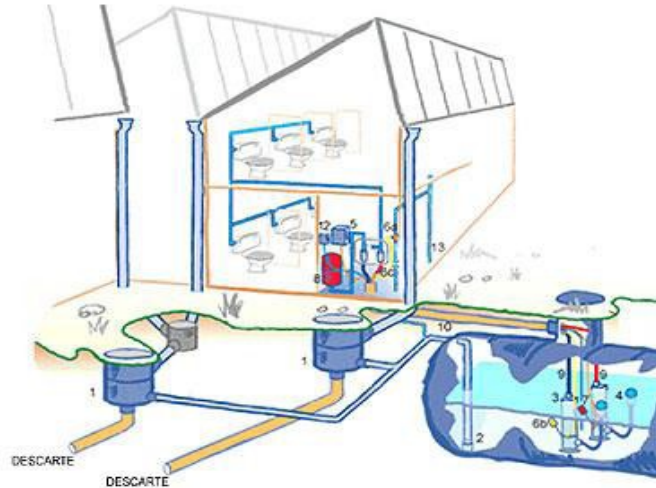


Figura 20 – Sistema de aproveitamento de água pluvial numa fábrica
 Fonte : Engeplas (2006)

Neste estudo efectuado por Oliveira (2007) foi testada a substituição da água potável por águas pluviais nas diversas actividades demonstradas na Figura 21.

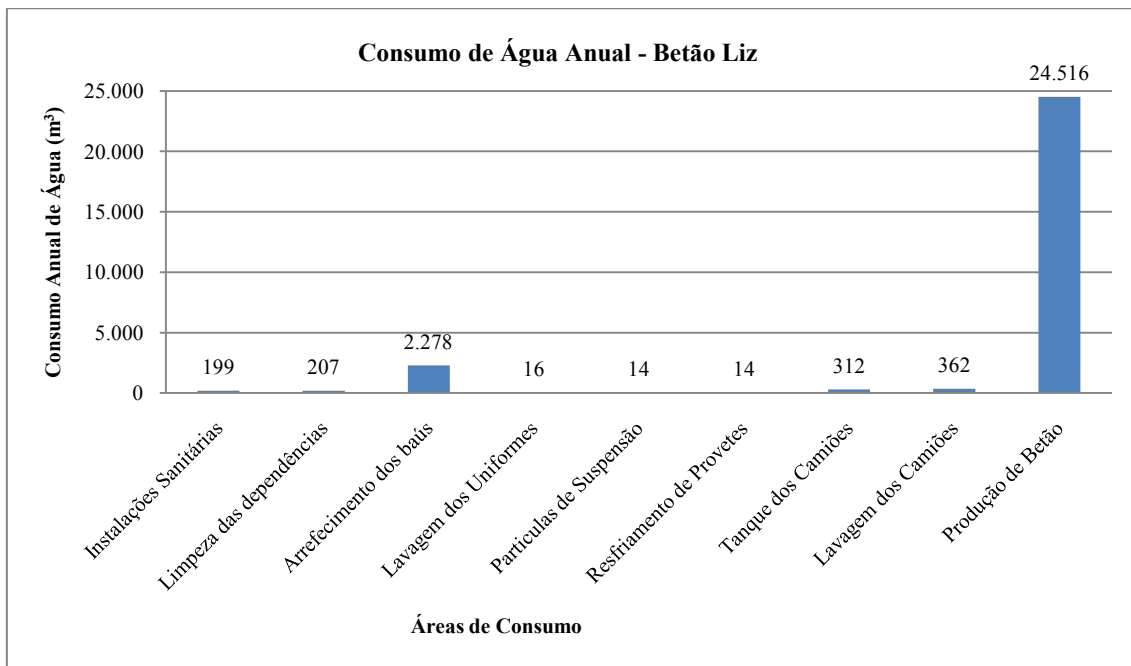


Figura 21 – Consumo de água anual da fábrica Betão Liz no Porto
 Fonte : Adaptado de Oliveira (2007)

Verificou-se que as águas pluviais se aproveitadas, atenderiam a um consumo de 11,50 % de toda a água usada na fábrica. Conclui-se também que, caso as superfícies de captação da fábrica fossem pavimentadas, o coeficiente de escoamento passaria de 0,2 para 0,8 o que implicaria um aumento significativo do armazenamento da água. Esta medida seria válida para 1571 m² de área. Concluiu-se que a utilização de água pluvial no fabrico de betão não afecta a resistência do mesmo. A construção do reservatório têm um período médio de amortização do investimento de 2 anos.

A Figura 22 demonstra uma estação de lavagem de veículos em que se usa um sistema de aproveitamento a água da chuva. Utilizam-se três reservatórios em paralelo para aumentar a

quantidade de água armazenada, mas a principal vantagem é o facto de se poder manter operacional se um dos outros estiver em manutenção.

O filtro utilizado terá de ter uma capacidade de processamento equivalente à da respectiva área de captação. Nos edifícios comerciais ou industriais é comum que a área de captação seja de grande dimensão, podendo assim tirar partido de um maior aproveitamento da água pluvial. Poderá ser necessária a utilização de vários filtros caso a área de captação seja superior a 2350 m². Estes filtros seriam colocados em diferentes pontos de recolha de tubos de queda, conduzindo cada um, a um ou a diferentes reservatórios.



Figura 22 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais em estação de lavagem de veículos
Fonte: Kessel Rainwater Management Systems (2009)

Chilton *et al* (1999) num estudo elaborado no âmbito de aproveitamento de águas pluviais em edifícios comerciais com grandes áreas de captação, concluíram que os períodos de recuperação do investimento são bastante reduzidos devido ao elevado consumo de água que poderia ser substituída e ao elevado aproveitamento de água captada. Aplicado num supermercado com área de captação de 4200 m², e consumos diários na ordem dos 8 m³/dia, Calculou-se um payback com menos de 4 anos.

3.4 Materiais de Reservatórios

3.4.1 Polietileno de alta densidade

Os reservatórios de polietileno existem comercialmente disponíveis numa vasta gama de dimensões, formas e cores. Podem ser construídos quer acima, quer abaixo do solo. Têm ganho popularidade graças ao seu baixo custo e à sua durabilidade, ligeiramente maior do que os de fibra de vidro. Segundo Bertolo (2006) o seu baixo peso possibilita que sejam fáceis de transportar e, caso seja necessário, de mudar de local. A sua superfície interior lisa

facilita as operações de limpeza. As reparações também são relativamente fáceis de fazer, utilizando o calor para amolecer o plástico e moldar conforme necessário.

Com o objectivo de garantir a sua longa duração, os reservatórios de polietileno utilizados no exterior devem ser escolhidos contendo inibidores de radiações UV. Podem também ser instalados interiormente, ou pintados com uma pintura de protecção de forma a minimizar os efeitos das radiações UV.

Os reservatórios brancos têm melhor resistência às radiações UV, apresentam uma durabilidade média de cerca de 35 anos, apesar de absorverem calor, o qual pode prejudicar a qualidade da água.

3.4.2 Madeira

Para apelo estético, um reservatório de madeira (Figura 23) é frequentemente uma escolha altamente desejável para colectoras de águas pluviais urbanas e suburbanas. Em Portugal os reservatórios de madeira foram construídos ao longo do século normalmente em pau-brasil (Bertolo,2006). Os modernos geralmente são de pinho, cedro, cipreste ou envolvidos por uma tensão de cabos de aço e revestida com plástico.

Estes tanques estão disponíveis em capacidades de diferentes dimensões, e são construídos *in situ* por técnicos qualificados. Podem ser montados e desmontados em diferentes locais (The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005).



Figura 23 – Reservatório de madeira
Fonte: The Texas Manual Harvesting (2005)

3.4.3 Aço galvanizado

Reservatórios de chapa galvanizada de metal (Figura 24) também são uma opção atraente para o jardim urbano ou suburbano. Estão disponíveis em tamanhos de 150 a 2.500 litros, são leves, fáceis de se deslocar e o seu preço é acessível. Na Austrália este é o material mais comum no fabrico de reservatórios de água da chuva.

A maioria dos tanques são de aço galvanizado ondulado mergulhada em zinco quente para resistência à corrosão. São revestidas com um revestimento de grau alimentício, geralmente

de polietileno ou PVC, ou revestidos no interior com pintura epóxi. A pintura, que também amplia a vida útil do metal, deve ser aprovada para uso de potabilidade, prevenindo a contaminação química da água (The Texas Manual Harvesting 2005).

Para evitar a corrosão externa, a face inferior das cisternas metálicas devem ser mantidos acima do solo. (Guidelines for residential properties in Camberra 2008).



Figura 24 – Reservatório de metal
Fonte: The Texas Manual Harvesting (2005)

3.4.4 Betão armado

Os reservatórios de betão armado podem ser construídos *in situ* ou até em blocos de betão pré-fabricado. Podem ser enterrados ou superficiais, embora os primeiros sejam mais comuns e vantajosos, pois permitem satisfazer maiores necessidades não ocupando área útil da edificação. São caracterizados pela sua robustez e longa duração.

O betão apesar de ser um material estável e duradouro, pode ser susceptível ao aparecimento de fissuras, provocando fugas indesejáveis, especialmente em tanques enterrados em solo argiloso. Isto porque, a expansão e a contracção do terreno pode originar uma tensão extra no reservatório. Ainda assim estas fissuras podem ser facilmente reparados, embora o tanque necessite de ser totalmente esvaziado para a localização da fuga (Bertolo 2006).

Este material tem a vantagem de possuir a capacidade de tornar a água da chuva menos ácida, através da dissolução do carbonato de cálcio (base) das paredes da laje de fundo do reservatório (Texas Guide to Rainwater Harvesting, 2005, Bertolo, 2006). No caso de reservatórios novos, esta situação pode conduzir ao aumento excessivo do pH devendo por isso serem enxaguados antes da sua utilização.

Embora sejam de uma construção mais complexa que os de plásticos ou até de aço, que apenas requerem montagem no local, estes reservatórios são bastante competitivos em termos de preço. A partir de dimensões de 2,5 m³ são mesmo os mais económicos (Neves *et al* 2006).

3.5 Requisitos na instalação do reservatório

Existem vários cuidados a ter no dimensionamento do reservatório, de modo a não afectar a qualidade da água no interior. A especificação técnica ETA701 menciona alguns tais como:

- Os reservatórios devem ser constituídos por materiais que assegurem as necessárias condições estruturais, não porosos e que não propiciem reacções químicas com a água.
- Os reservatórios deverão ser dotados de sifão, descarga de fundo e filtro a montante. Os cantos devem ser arredondados para facilitar a manutenção e para evitar o desenvolvimento de *biofilmes*. A cisterna deverá ser coberta, ventilada e permitir a inspecção, respeitando todas as normas de segurança.
- As águas da chuva provenientes do *overflow* do sistema, do dispositivo de primeira lavagem e do filtro poderão ser lançadas na rede de águas pluviais, infiltradas ou lançadas em linha de água natural, desde que não exista a possibilidade de contaminação.
- Deve ser colocado um dispositivo que reduza a turbulência e que diminua a velocidade de entrada da água na cisterna. A aspiração da bombagem deve também ser realizada com baixa velocidade e, quando possível, entre 10 e 15 cm abaixo do nível de água na cisterna (ou através de sistema equivalente que não permita a aspiração de resíduos flutuantes ou sedimentados na mesma).
- A água da chuva deve ser armazenada em local abrigado da luz e do calor e as aberturas devem ser dotadas de dispositivos anti-roedores e anti-mosquitos. Quando o *overflow* estiver ligado directamente a uma rede pluvial, recomenda-se a instalação de uma membrana anti-roedores. No caso de existir a possibilidade de retorno, o sistema de descarga deve ser equipado com válvula que evite o retorno da água.
- Os reservatórios localizados em locais de baixas temperaturas devem ser instaladas de modo a prevenir o congelamento da massa de água armazenada. Nestas situações, as tubagens devem igualmente possuir isolamento. Se as cisternas forem colocadas no exterior, devem ser preferencialmente enterradas, para aproveitar a protecção geotérmica do solo (a uma profundidade mínima de 50 centímetros).
- A instalação das cisternas em fibra de vidro, PEAD ou noutros materiais plásticos devem respeitar as instruções de instalação do fabricante de modo a evitar deformações estruturais. Na instalação de cisternas enterradas deverá ainda prevenir-se a flutuação, quando se encontre vazia, e atender às cargas de tráfego.
- Os reservatórios de grandes dimensões podem ser repartidos em células, para que seja facilitada a sua manutenção. A comunicação entre células deve ser equipada com válvulas de seccionamento. O esvaziamento das células pode ser efectuado por descarga de fundo gravítica ou por bombagem.
- Deve ser instalado um sistema de corte no início do sistema, de modo a que, quando sejam utilizados ou derramados (deliberada ou acidentalmente) produtos potencialmente nocivos para a saúde humana na área de captação, o sistema possa ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos na cisterna. A conexão só

deve ser retomada após lavagem adequada da área de captação e garantia de ausência de perigosidade.

Na instalação do SAAP existe a necessidade de movimentação de terras, quer para a colocação do reservatório quer para a instalação das tubagens necessárias de ligação à edificação. Alguns fabricantes de reservatórios fornecem um manual de instalação com as medidas específicas para cada tipo de reservatório. Na Figura 25 demonstra-se algumas dimensões a respeitar para a correcta implantação e funcionamento do reservatório enterrado. Assim, foi calculado um volume de escavação necessário para cada reservatório e outro volume para a instalação das tubagens nos dois tipos de habitação. As áreas de escavação para todas as habitações unifamiliares são iguais tal como para todas as habitações multifamiliares, pois a área onde a tubagem é instalada é independente do tamanho dos reservatórios e igual em cada tipo de habitação. Para além dos espaçamentos exigidos, existe ainda a necessidade de criar uma laje de apoio para suportar e prevenir assentamentos do reservatório.

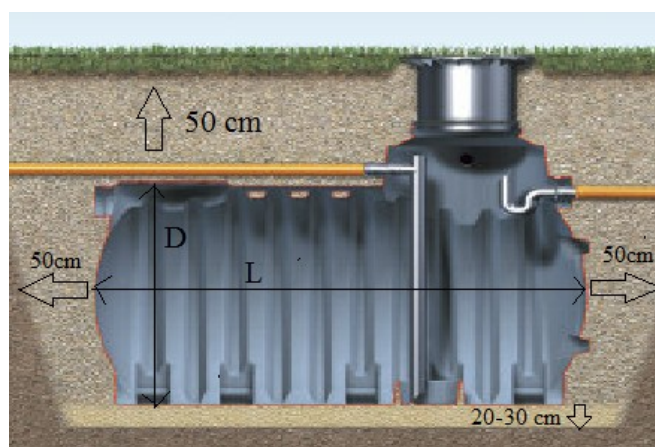


Figura 25 – Dimensões do reservatório para instalação nas diversas habitações

No Quadro 5, calculou-se o volume de escavação necessário à instalação de cada reservatório, tal como a quantidade de betão armado necessário para criar a soleira de apoio. O volume escavado terá uma folga de 50 cm em cada lado e em profundidade, permitindo assim betonar a laje de suporte que varia de espessura consoante o volume do reservatório. Para reservatórios até 5 m³ a laje tem uma espessura de 20 cm de espessura, até 10 m³ de 25 cm e até 20 m³ de 30 cm.

Quadro 5 – Dimensões e respectivo volume de escavação necessário à instalação do reservatório

Capacidade (L)	D (mm)	L (mm)	Abertura de Inspeção (mm)	Volume de Escavação (m ³)	Quantidade de betão armado para a soleira (m ³)
3000	1600	2140	600	11,87	1,13
4000	1600	2660	600	13,83	1,31
5000	1600	2750	600	14,18	1,35
6000	1740	2930	600	17,60	1,97
7000	1740	3110	600	18,41	2,06
10000	2000	3700	600	25,85	2,59
15000	2000	5290	600	34,60	4,15
20000	2350	5140	600	43,75	4,61

3.6 Rede de distribuição e manutenção do SAAP

É necessário dimensionar a rede de água suplementar visto que para o uso legal do SAAP, a legislação não permite a circulação de água pluvial na tubagem de água potável. Elegeu-se o polietileno de alta densidade (PEAD) como material da tubagem interior quer das habitações unifamiliares quer das habitações multifamiliares. O polietileno de alta densidade para além de ser um material económico apresenta diversas características que o tornam uma boa escolha para uma rede de distribuição de água doméstica, tais como:

- alta resistência química, a abrasão e impactos;
- imune à corrosão;
- possui baixa rugosidade;
- fácil instalação, de manusear e flexível;
- longa vida útil;
- maior variedade de diâmetros e classes de pressão;

Na concepção do traçado das redes prediais tem de se respeitar o Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, que abrange a rede de distribuição de água e os órgãos de condução como caleiras e tubos de queda. Devem ser tidos em conta os aspectos de boas práticas construtivas e por isso, as canalizações interiores da rede predial do SAAP devem ser instaladas embutidas na parede da habitação, tendo um recobrimento superior a 2 cm, não perfurando nenhum elemento estrutural. Os traçados das canalizações devem apresentar troços rectilíneos (horizontais e verticais) ligados por acessórios normalizados, inclinações de 0,5% para os troços horizontais, ortogonalidade e paralelismo em relação a paredes e pavimentos.

Os diâmetros da tubagem foram atribuídos analisando vários projectos de redes prediais, tornando possível uma aproximação dos diâmetros de cálculo reais de uma rede. No Anexo V pode-se verificar as disposições construtivas de um SAAP, onde estão explícitas os diâmetros da rede de água pluvial no interior da habitação unifamiliar. Os Anexos VI e VII correspondem às disposições construtivas de uma habitação multifamiliar.

A recolha das águas pluviais é feita pela cobertura e drenada graviticamente pelas caleiras e posteriores tubos de queda, sendo por isso necessário dimensioná-los de modo a não existir desperdício de caudal de água pela rede, ou entupimentos. Devem também respeitar as exigências do Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto.

A drenagem das águas pluviais pelas caleiras é feita por gravidade, geralmente em PVC e com inclinações de 5%. Nas caleiras existem redes de protecção de modo a evitar o entupimento por folhas ou galhos caídos conforme a Figura 7.

A manutenção do SAAP pode ser efectuada pelo próprio utilizador, embora seja aconselhável que o sistema de bombagem seja acompanhado por técnicos especializados, de acordo com as especificações do fabricante. A ETA 0701 sugere que as manutenções semestrais devem ter lugar no início e no final da época das chuvas, evitando contaminações nos componentes. A frequência de manutenção dos componentes SAAP devem seguir o Quadro 6.

Quadro 6 – Frequência de manutenção dos componentes SAAP

Componentes	Frequência de manutenção
Filtro	Inspecção e manutenção semestrais
Sistema de desvio da primeira lavagem	Inspecção semestral e limpeza anual
Caleiras e tubos de descarga	Inspecção e limpeza semestrais
Órgãos e tratamentos de desinfecção	Inspecção mensal e manutenção anual
Sistema de bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Reservatório	Inspecção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidade de controlo	Inspecção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspecção anual

4 Determinação do volume do reservatório

4.1 Introdução

O reservatório é na grande maioria dos casos o elemento mais dispendioso dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, daí a extrema importância do seu correcto dimensionamento. Não pode permanecer por um longo período vazio, bem como não pode provocar o desperdício de água pluvial em detrimento do consumo necessário. Tem assim de ser capaz de satisfazer as necessidades de consumo de água para fins não potáveis. No entanto é preciso conhecer bem as características do edifício a servir, tem que se saber a respectiva área de captação, zona pluviométrica da região que está inserido, tipo de superfície e do volume de água potável a ser substituída por água pluvial.

Foram elegidas três zonas distintas em Portugal para aplicação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

- a) Zona Norte: Distrito Braga, mais concretamente no Concelho de Barcelos.
- b) Zona Centro: Distrito de Lisboa mais concretamente no Concelho de Loures.
- c) Zona Sul: Distrito de Beja, na cidade de Serpa.

O propósito da escolha reside nas diferentes precipitações das zonas. Sendo a zona Norte mais chuvosa e a zona Sul a que menos precipitação ocorre.

Em Barcelos a precipitação média anual é de 1531 mm, em Lisboa de 712 mm e em Serpa toma o valor de 523 mm.

4.2 Tipologia dos edifícios

Foram considerados dois tipos de edifícios - edifício unifamiliar e edifício multifamiliar - com o intuito de avaliar se a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais depende do tipo de edifício.

O edifício unifamiliar tem apenas um piso, tendo uma área útil de 180 m². Existem duas salas, quatro casas de banho e quartos e uma cozinha. A cobertura é de telha cerâmica, com uma área total de 200 m². A área exterior é de 150 m², sendo que 90 m² necessitam de ser regados por ser relvado e a restante zona é pavimentada para estacionamento dos veículos. O agregado familiar desta residência é de quatro pessoas, e possui um veículo.

O edifício multifamiliar tem quatro pisos (R/C, 1º, 2º e 3º piso). O R/C é apenas área comum não existindo nenhum fogo. Cada piso é constituído por dois fogos T3. Cada fogo tem duas casas de banho, uma cozinha e uma pequena divisão destinada à máquina de lavar roupa. A cobertura é revestida por telhas cerâmicas, com uma área de 20 m por 25 m, ou seja de 500 m². O agregado familiar por fogo é de quatro pessoas.

4.3 Dados de base do consumo

A caracterização do consumo de água numa residência é um requisito fundamental no dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais, principalmente para a escolha da capacidade ideal do reservatório, que como já foi referido é o elemento mais dispendioso de todo o sistema.

O consumo de água numa habitação varia consoante factores de ordem socioeconómica, grau de sofisticação dos dispositivos utilizados ou características da residência. Pode-se enquadrar o consumo em uso interno e externo. Interno, para todas as actividades no interior da habitação como em descargas de autoclismos, máquina de lavar loiça, na máquina de lavar roupa, em lavatórios, chuveiros, bidés. Externo em irrigação de áreas verdes, em lavagem de veículos ou outros equipamentos.

Apesar da falta de estudos e análises estatísticas sobre a caracterização dos consumos domésticos, é possível calcular uma aproximação considerando algumas medidas efectuadas por Pedroso (2009) no Quadro 7. Esta apresenta os consumos médios aproximados para uma tipologia unifamiliar e multifamiliar de uma habitação.

Quadro 7 - Repartição dos consumos médios diários (Pedroso, 2009)

Utilizações	Consumo (l/hab.dia)			
	Edifício multifamiliar		Edifício unifamiliar	
Autoclismo	43	31%	43	27%
Torneiras	22	16%	22	14%
Banho/Duche	52	37%	52	32%
Máquina lavar roupa	13	9%	13	8%
Máquina lavar louça	3	2%	3	2%
Perdas	7	5%	7	4%
Exterior	-	-	20	13%
Total (litros/hab.dia)	140		160	

Em termos de consumos anuais médios e considerando que cada habitante permanece na sua residência cerca de 330 dias/ano, teremos aproximadamente um valor de 53 m³/hab.ano para um consumo de 160 l/hab.dia. No caso de habitações multifamiliares considerando o consumo de 140 l/hab.dia, o consumo anual médio toma o valor de 46 m³/hab.ano (Pedroso, 2009, Barroso, 2010).

Com estes valores aproximados, pode-se então, sintetizar os consumos de água potável passíveis a serem substituídos por água da chuva no uso doméstico. Como já referido, os dispositivos que podem ser substituídos por água da chuva são:

- autoclismo
- máquina lavar roupa
- torneiras exteriores
- dispositivos de rega

Como foi visto no Quadro 7, as descargas de autoclismos correspondem a um dos usos com grande peso no consumo doméstico, na medida em que variam entre os 27% e os 31% do consumo da habitação. A frequência diária de uso de um autoclismo situa-se entre as 4 e 6 descargas por habitante (Arpke *et al.*, 2005, Ghisi *et al.*, 2006; Baptista *et al.*, 2001, Barroso, 2010). Note-se que em cerca de 70% das descargas não é necessário esta quantidade de água, pois não se verifica a presença de matéria fecal, assim, uma solução sustentável e adequada resultaria numa poupança bastante significativa.

A ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, elaborou uma certificação hídrica de produtos, associado a uma rotulagem. O modelo funciona como uma classificação variável com a eficiência do produto e é aplicado a autoclismos das bacias de retrete, chuveiros, torneiras e fluxómetros. No Quadro 8 apresentam-se as categorias definidas na Especificação Técnica ANQIP 0804 para autoclismos. A melhor eficiência corresponde à letra A e a pior à letra E.

Quadro 8 – Categorias de eficiência hídrica nos autoclismos (ANQIP, 2008 Barroso 2010)

Volume nominal (litros)	Tipo de descarga	Categoria de Eficiência Hídrica	Tolerância (Volume máx. de descarga completa)	Tolerância (Volume mín. de descarga para poupança de água)
4	Dupla descarga	A++	4,0 – 4,5	2,0 – 3,0
5	Dupla descarga	A+	4,5 – 5,5	3,0 – 4,0
6	Dupla descarga	A	6,0 – 6,5	3,0 – 4,0
7	Dupla descarga	B	7,0 – 7,5	3,0 – 4,0
9	Dupla descarga	C	8,5 – 9,0	3,0 – 4,5

Para o estudo, de modo a avaliar o impacto do consumo na viabilidade do aproveitamento de água pluvial, utilizam-se dois tipos de consumos, mínimo e máximo. O consumo mínimo está associado a consumos utilizando dispositivos de eficiência maior, e o máximo usando dispositivos de eficiência menor. Assim sendo, para o consumo mínimo atribuiu-se um autoclismo de dupla descarga de eficiência A⁺ que gasta cerca de 5 litros. Para o consumo máximo, utilizou-se também um autoclismo de dupla descarga de eficiência C, que consome 9 litros de água por descarga.

Nas últimas décadas, as máquinas de lavar roupa têm tido uma evolução rápida em termos de redução dos consumos na lavagem. Modelos mais recentes são claramente mais eficientes, consumindo cerca de metade da água comparativamente a modelos produzidos 10 anos atrás (Vieira, 2006, Barroso, 2010). Actualmente, os modelos de máquina de lavar em uso têm consumos de água muito variáveis, entre 35 e 220 litros por lavagem, podendo admitir-se um valor médio de 90 litros por lavagem em geral, para uma capacidade de carga de 5 kg de roupa de algodão (Barroso 2010). Os modelos considerados eficientes têm consumos inferiores a 50 litros por lavagem, por isso, utilizou-se para o consumo mínimo da habitação, um gasto de 35 litros por lavagem, e para o consumo máximo, um gasto de 90 litros por lavagem. Um agregado familiar de 4 pessoas, utiliza em média 0,8 vezes ao dia a máquina de lavar roupa (Vieira, 2006, Barroso, 2010).

As torneiras exteriores servem basicamente para rega de vasos, enchimento de baldes para lavagem de pavimentos, de veículos ou outro tipo de equipamentos. Não existe um valor certo para este tipo de consumo pois varia com bastantes factores como a decoração do jardim, o tipo de uso que lhe é conferido, tipos de equipamentos existentes ou número de veículos. Pode-se estimar que por cada lavagem de veículos são usados mais ou menos 100 litros de água, e a frequência de uso é maior nos meses quentes que nos restantes. Porém admite-se simplificadaamente uma frequência de uma lavagem em cada duas semanas. Para as restantes actividades estimam-se usos diários na ordem dos 6 litros por dia.

Ainda que os valores do Quadro 7 sejam uma aproximação da realidade, no presente estudo opta-se por acrescentar o consumo da rega nas habitações unifamiliares. Esta situação, faz com que se altere a distribuição percentual do consumo numa habitação unifamiliar.

A quantidade de água necessária para a rega de um espaço verde, depende essencialmente da tipologia das plantas, da estação do ano e do clima da região. Este consumo é apenas tido em conta na habitação unifamiliar. A quantidade de água necessária por m^2 de relva ronda os 6 litros. As necessidades hídricas variam consoante a zona. A necessidade é maior no Alentejo, que em Lisboa ou Barcelos. Segundo o manual de instalação de rega de Cudell (2000) para Portugal, na zona Norte estima-se uma necessidade de 3 a 5 litros/ m^2 , zona Centro cerca de 4 a 6 litros/ m^2 e no Alentejo cerca de 6 a 8 litros/ m^2 , por dia. Assim para as áreas de relva da habitação unifamiliar obtêm-se os gastos apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Gastos de água de rega de relva por zona

	Barcelos	Lisboa	Alentejo
Gasto de água por m^2	3 - 5 L	4 - 6 L	6 - 8 L
Área de $90 m^2$	270 L/dia-450 L/dia	360 L/dia-540 L/dia	540 L/dia-720 L/dia

De salientar que a relva é uma planta com uma elevada necessidade de água em comparação com qualquer outro tipo. Assim, caso o jardim da habitação não fosse relvado, o consumo de água seria menor. No entanto, optou-se por este tipo de espaço, pois é bastante comum nas residências portuguesas, englobando assim uma amostra maior de análise.

Analisaram-se os consumos conforme o Quadro 9, e como se pode verificar existe um maior consumo de água nas zonas mais secas, consequência da água gasta em irrigação que é maior no Alentejo que em Barcelos ou Lisboa.

Pela análise do Quadro 10, conclui-se que o uso de dispositivos eficientes diminui em 96% o gasto de água potável da habitação. O consumo total de 774 litros e de 1518 litros corresponde ao somatório do consumo dos seis fogos existentes no edifício multifamiliar, sendo 129 litros e 253 litros o consumo de cada fogo atendendo a um consumo mínimo e um máximo respectivamente. Por exemplo com um consumo mínimo tem-se 600 litros em consumo por autoclismos, que correspondem ao gasto de 5 litros por descarga, 5 vezes por dia por cada habitante, o que resulta um consumo de 100 litros/dia por cada fogo, e 600 litros/dia pelo edifício.

Quadro 10 – Resumo dos consumos diários estudados para habitações multifamiliares das diferentes zonas

	Barcelos, Lisboa, Serpa	
	Habitação Multifamiliar	
	Consumo Mínimo	Consumo Máximo
Descargas de Autoclismos (l)	600	1080
Máquina de Lavar Roupa (l)	168	432
Lavagem de Pavimentos (l)	6	6
Rega (l)	-	-
Lavagem de Veículos (l)	-	-
Total do Edifício (l)	774	1515
Total por Fogo (l)	129	253
Variação de consumo (%)	96%	

Pelo Quadro 11, obtem-se os gastos de água por actividade e por zona. Verifica-se que a variação de consumo vai diminuindo da região mais pluviosa para a menos pluviosa, isto deve-se ao facto de na que menor precipitação ocorre, necessitar de um maior gasto de água em rega. Como se pode verificar o único consumo que varia de região é a irrigação, implicando quanto maior for o gasto menor será a variação relativa. As actividades de lavagem de pavimento e veículos, descargas de autoclismos, uso da máquina de lavar roupa não variam de consumo consoante a região.

Quadro 11 – Resumo dos consumos diários estudados para habitações unifamiliares das diferentes zonas

	Barcelos		Lisboa		Alentejo	
	Habitação Unifamiliar		Habitação Unifamiliar		Habitação Unifamiliar	
	Consumo Mínimo	Consumo Máximo	Consumo Mínimo	Consumo Máximo	Consumo Mínimo	Consumo Máximo
Descargas de Autoclismos (l)	100	180	100	180	100	180
Máquina de Lavar Roupa (l)	28	72	28	72	28	72
Lavagem de Pavimentos (l)	5	5	5	5	5	5
Rega (l)	360	360	450	450	630	630
Lavagem de Veículos (l)	7	7	7	7	7	7
Total (l)	500	624	590	714	770	894
Variação do consumo	25%		21%		16%	

4.4 Dados de base da precipitação

Os dados da precipitação diária e mensal foram retirados do SNIRH (Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos), que pertence ao Instituto da Água (INAG). A Figura 26 é um mapa da distribuição espacial da precipitação total anual em Portugal Continental, onde estão também assinaladas as zonas de estudo. Barcelos mais a Norte, São Julião de Tojal no Distrito de Lisboa a Centro e a Sul, a zona de Serpa, no Distrito de Beja. As zonas foram escolhidas de modo a representarem pluviosidades diferentes. Por seu lado, as localizações específicas em cada zona foram escolhidas por coincidirem com locais onde existem postos udométricos com maiores amostras de dados de precipitação.

Observa-se claramente um contraste Norte/Sul do Tejo. A região mais chuvosa localiza-se no Norte Litoral. O contraste é ainda reforçado pelo relevo e pela sua disposição. Os cumes das principais montanhas a Norte do Tejo constituem-se como as regiões mais chuvosas. No entanto, há elevações a Sul que registam também precipitações elevadas, como por exemplo, a Serra de Monchique, no Algarve. As regiões do interior são claramente menos chuvosas, quer a Norte, quer a Sul do País.

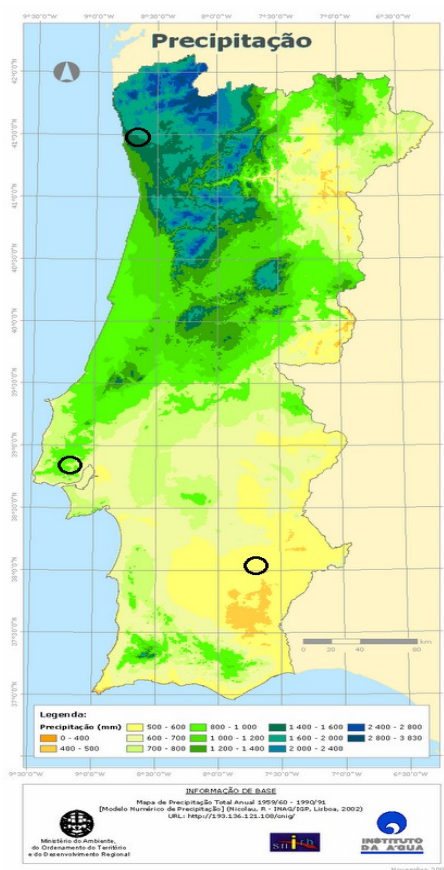


Figura 26 – Precipitação média anual de Portugal Continental
 Fonte: INAG (2002)

Na estação meteorológica de Barcelos (04F/01C) obtiveram-se dados de séries de precipitação diária e mensal desde 1/10/1932 até 30/9/2010, ou seja, dados de uma série de 78 anos. Da estação meteorológica de São Julião do Tojal em Lisboa (20C/01C), as séries diárias disponíveis datam desde 1/10/1955 e as mensais desde 1/10/1938. Na estação meteorológica de Serpa (26L/01UG), os dados diários datam desde 1/10/1932 e as mensais

desde 1/10/1931. As séries de precipitação iniciam-se no primeiro dia do mês de Outubro e terminam no último dia do mês de Setembro, isto porque é necessário avaliar as precipitações pelos anos hidrológicos, que é o período contínuo de doze meses durante o qual ocorre um ciclo anual climático completo e que é escolhido por permitir uma independência estatística das séries de dados meteorológicos.

4.5 Método de Rippl

4.5.1 Descrição

Existem diferentes métodos de dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais. Entre eles o método de Rippl, também chamado de Método do Diagrama de Massas. Este método é o que mais aparece na bibliografia que trata deste assunto.

Campos *et al.* (2007) citado por Amorim (2008) comentam que o seu método é o mais utilizado, especialmente pela sua fácil aplicação. No entanto, este método a princípio foi elaborado para dimensionamento de grandes reservatórios, o que acarretaria uma sobre-estimativa do volume a ser reservado, pelo que foi sujeito a algumas críticas. Geralmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório e é sempre importante obtê-lo para se ter uma referência máxima.

Pela especificação técnica da ANQIP ETA 0701, recomenda-se a utilização deste método para dimensionamento de reservatórios de grande dimensão ou quando a estrutura de consumos não é uniforme ao longo do tempo, situação que pode ser relevante, por exemplo, quando se considera a regra de espaços verdes ou em ocupações sazonais.

O método consiste na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registada, considerando-se que nem toda a água precipitada é armazenada e correlacionando-se tal volume com o consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável. O período de colecta dos dados da pluviometria local é de extrema importância para a precisão no dimensionamento, pois, quanto mais prolongado o período analisado, mais eficiente é o dimensionamento.

Os dados de entrada são:

- Precipitação média mensal ou diária
- Consumo mensal ou diário
- Área de captação
- Coeficiente de escoamento superficial
- Eficiência do sistema de filtragem

A eficiência do sistema de filtragem refere-se à eficiência dos equipamentos colocados antes do reservatório, os filtros. Para a maioria dos filtros adopta-se 0,9, o que significa que 10% da água que entra no filtro é escoada directamente para a rede de drenagem junto com os detritos ou poeiras que não entram no reservatório.

Os dados de saída são:

- Volume aproveitável (m^3): volume máximo de água pluvial que poderá ser colectado no intervalo de um mês ou diariamente

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (2)$$

- V = Volume mensal ou diário de água pluvial (l)
- P = Precipitação média mensal ou diária (mm)
- A = Área de captação (m^2)
- C = Coeficiente de escoamento superficial (-)
- η = Eficiência do sistema de filtragem (-)

- Volume aproveitável – Consumo (m^3): Diferença entre o volume de água pluvial aproveitável e o volume de água a ser consumido.
- Diferença acumulada (m^3): diferença entre o volume obtido pelo somatório das diferenças negativas do volume de água aproveitável e o consumo.
- Volume do reservatório de água pluvial (m^3): volume adquirido no somatório da diferença negativa do volume de chuva e do consumo.

Um exemplo de quadro usada para o cálculo da capacidade do reservatório por este método pode ser consultado no Anexo I. Os dados a cinzento são os de entrada e as restantes colunas são calculadas pela folha de cálculo. A coluna do “Volume Aproveitável” é calculada com base na Equação (1). A coluna da “Diferença Acumulada” é obtida somando os valores negativos consecutivos da “Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo” sendo o “Volume do Reservatório” é igual ao máximo valor absoluto da coluna da “Diferença Acumulada”. O consumo atribuído à coluna do quadro de cálculo depende da análise está a elaborar, caso seja mensal, atribui-se o consumo mensal, caso seja diária atribui-se o consumo diário, no entanto, pode-se atribuir diferentes consumos consoante as estações do ano, ou dias da semana, caso se pretenda elaborar uma análise mais pormenorizada.

Assim ao introduzir a data da série, o consumo mínimo e máximo, o coeficiente de escoamento, a eficiência do sistema de filtragem, obtém-se o volume máximo do reservatório. É importante referir que para o método de Rippl admite-se que o reservatório atende o consumo da série total, com o reservatório totalmente cheio, ou seja, caso existisse um reservatório cheio de água no início da série, com a capacidade obtida no cálculo, todo o consumo de água não potável seria atendido. Não sendo necessário, recorrer à rede de água potável para nenhuma das actividades anteriormente referidas.

4.5.2 Influência da variação do consumo

A variação do consumo no dimensionamento do reservatório tem grande impacto na capacidade final calculada. Como se pode verificar pelos valores obtidos no Quadro 11, com uma diferença de $0,5 m^3/\text{dia}$ para $0,62 m^3/\text{dia}$ de consumo diário o volume obtido para o reservatório de Barcelos é de $55 m^3$ e $69 m^3$ para capacidades mínimas e máximas. Uma variação de $14 m^3$ foi consequente de uma variação de consumo de $0,12 m^3/\text{dia}$ na

capacidade do reservatório implicando um acréscimo de 25% na capacidade do reservatório. Em Lisboa para dados de consumo idênticos o volume varia em 21 m³, de 99 m³ para 120 m³ significando um acréscimo de 21% no volume do reservatório. No Alentejo, a variação de volume é de 23 m³, de 143 m³ para 166 m³ com valores idênticos de consumo mínimo e máximo, o que equivale a um aumento de 16% na capacidade.

Nas habitações multifamiliares, o consumo é maior. No entanto, existe também um aumento na área de captação de 300 m², aumentando assim a água pluvial aproveitada. Neste tipo de edifício não se considera o consumo da rega, que tem um valor significativo nas habitações unifamiliares. Assim tem-se que o consumo mínimo de um edifício multifamiliar é de 0,77 m³/dia e um consumo máximo de 1,51 m³/dia (Quadro 10).

Estas variações de consumo podem ter grande impacto económico quer na escolha do reservatório quer na conta mensal da água. É por isso desejável um uso eficiente da água, com o mínimo desperdício possível. Como se viu, o uso de equipamentos de classe eficiente altera e muito o consumo de água.

Quadro 12 – Influência da variação do consumo no volume do reservatório nas diferentes zonas para habitações unifamiliares

	Barcelos	Lisboa	Serpa
Volume do Reservatório com Consumo Mínimo	55 m ³	99 m ³	143 m ³
Volume do Reservatório com Consumo Máximo	69 m ³	120 m ³	166 m ³
Variação do volume do Reservatório	21%	18%	14%

Pelo Quadro 13 conclui-se que nas habitações multifamiliares existe uma maior dependência do consumo, que se comprova pela grande variação no volume do reservatório com o aumento do consumo. Em Barcelos e Serpa uma variação no consumo implica uma variação de 99% no volume do reservatório, e em Lisboa uma variação de 131%, que comparando com as habitações unifamiliares são muito superiores. Isto deve-se principalmente ao facto da variação de consumo mínimo para máximo ser superior nas habitações multifamiliares e também por não se gastar água em irrigação que implicaria uma diminuição da diferença percentual entre consumos, visto que quer em consumo máximo quer em mínimo são volumes gastos de utilizações iguais.

Quadro 13 – Influência da variação do consumo no volume do reservatório nas diferentes zonas para habitações multifamiliares

	Barcelos	Lisboa	Serpa
Volume do Reservatório com Consumo Mínimo	85 m ³	111 m ³	141 m ³
Volume do Reservatório com Consumo Máximo	169 m ³	256 m ³	281 m ³
Variação do volume do Reservatório	99%	131%	99%

4.5.3 Influência da utilização da precipitação diária ou mensal

O facto de se analisar dados diários ou mensais da precipitação também tem grande influência no volume do reservatório. Ao calcular a quantidade de água aproveitável por dia e o consumo diário, fica-se a saber o excesso de água que existe no reservatório ao fim do dia, ou a quantidade de água necessária da rede pública potável para satisfazer o consumo por dia. No caso de se analisar séries mensais, ao calcular o consumo mensal, e a quantidade de água aproveitável mensalmente, sabe-se o volume de água em excesso por mês ou o volume necessário de água para suprimir o consumo nesse mês, no entanto, não se sabe em que dias do mês essas situações ocorrem, tal como nas precipitações diárias não sabemos a que horas a falta ou excesso de água ocorre. Assim, quanto menor for o espaço temporal de análise, melhores serão os resultados obtidos do volume de água pluvial aproveitável. Por isso, para uma melhor análise deve-se considerar os dados diários de precipitação, tal como os consumos diários.

Como se pode verificar pelos Quadros 14 e 15 a utilização de dados diários ou mensais provoca uma variação do volume do reservatório que em alguns casos, principalmente nas zonas de pouca pluviosidade e elevado consumo, toma valores extremamente elevados.

As variações existentes em ambas as habitações na zona de Serpa com consumo máximo, ultrapassando os 2100% e os 900% de variação de capacidades de reservatórios nas habitações unifamiliares e multifamiliares, respectivamente. Isto porque, a variação da diferença acumulada diária será sempre menor que a variação acumulada mensal. Com isso, os volumes apresentados pelo método de análise de dados mensais serão sempre maiores que os de análise diária. Para uma melhor compreensão, no Anexo IV pode-se verificar que para o mesmo ano de 1990 (elegido aleatoriamente), o valor da diferença acumulada diária é bastante menor que o valor da diferença acumulada mensal. Sendo o método de Rippl calculado pela interrupção da série negativa de valores da coluna da “Diferença Acumulada” é mais susceptível que exista uma interrupção dessa série ao analisar dados diários. Ao analisar dados mensais caso o “Volume Aproveitável” não seja superior ao “Consumo” a “Diferença Acumulada” estará sempre a aumentar o valor do “Consumo”. O resultado é um menor valor para reservatórios em dados diários.

Assim conclui-se que quanto menor for a precipitação e maior o consumo de água, maior relevância terá a análise de dados diários em detrimento dos mensais.

Quadro 14 – Verificação da influência na análise do volume do reservatório de dados diários e mensais em habitações unifamiliares

	Dados de Precipitação	Barcelos	Lisboa	Serpa
Volume do reservatório com consumo mínimo	Diário	55 m ³	99 m ³	143 m ³
	Mensal	86 m ³	383 m ³	3051 m ³
Variação		56 %	287 %	2034 %
Volume do reservatório com consumo máximo	Diário	69 m ³	120 m ³	166 m ³
	Mensal	116 m ³	535 m ³	3674 m ³
Variação		68 %	346 %	2113 %

Quadro 15 – Verificação da influência na análise do volume do reservatório de dados diários e mensais em habitações multifamiliares

	Dados de Precipitação	Barcelos	Lisboa	Serpa
Volume do reservatório com consumo mínimo	Diário	85 m ³	111 m ³	141 m ³
	Mensal	169 m ³	276 m ³	481 m ³
Variação		99 %	149 %	241 %
Volume do reservatório com consumo máximo	Diário	116 m ³	256 m ³	281 m ³
	Mensal	282 m ³	955 m ³	2834 m ³
Variação		143 %	273 %	909 %

4.5.4 Influência do tamanho da série de precipitações

A análise para um período prolongado fornece maiores hipóteses de se observar o que ocorre em casos anormais, como, por exemplo, períodos de seca prolongados. No caso de a água pluvial armazenada ser a única fonte de água na edificação, o recomendado é observar um período de décadas de registo, se possível. Para comprovar, estudaram-se séries de precipitação com várias décadas de registos (disponíveis no SNIRH), comparando os resultados obtidos com a série completa e os obtidos apenas com parte da série.

No caso de Barcelos podemos verificar pelo Quadro 16, que a capacidade do reservatório não varia consoante o estudo das últimas décadas. Isto acontece porque, a pior série sem chuva ocorre precisamente nos últimos 10 anos, portanto, neste caso bastava apenas estudar estes para se obter o volume máximo do reservatório. Ao analisar os dados verificou-se que a precipitação acumulada desde dia 15/6/2010 a 30/09/2010 é apenas 3,1 mm nesta região. Podemos verificar também que a segunda pior década, ou seja, a que menos precipitação ocorre, é nos anos 50 que se obtém uma capacidade de 51,49 m³ e de 64,41 m³ para consumo mínimo e máximo, respectivamente.

Pelos dados de Lisboa verificamos que existe uma variação na capacidade caso se dimensionasse apenas para os últimos 10 anos. Para dados diários e consumo mínimo, teria uma capacidade máxima de 74,17 m³ em vez dos 83,72 m³. Para o consumo máximo também existe uma variação de 11,78 m³, ou seja, de 93,14 m³ dos últimos 10 anos para 104,92 m³ da série total. Pela análise do Quadro 17, verificamos também que a década de maior período sem chuva ocorreu nos anos 60, pelo que a capacidade do reservatório é condicionada por esse período. Neste caso, é interessante verificar que apesar de se estudar os últimos 40 anos, ainda assim, era preciso uma série de maior dimensão para obter o volume máximo. De referir que caso dispusesse de uma amostra ainda maior, provavelmente o valor da capacidade aumentava, é preciso saber qual o tamanho da série de modo a se obter um resultado satisfatório para o dimensionamento.

Quadro 16 – Cálculo da capacidade do reservatório para diferentes dimensões e espaços temporais de séries de precipitação na zona de Barcelos para dados diários

	Capacidade do Reservatório para Consumo Mínimo (m ³)	Varição comparado com a capacidade do reservatório da série total	Capacidade do Reservatório para Consumo Máximo (m ³)	Varição comparado com a capacidade do reservatório da série total
Série Total				
Últimos 10 anos	55	0 %	69	0 %
Últimos 20 anos				
Últimos 30 anos				
Últimos 40 anos				
Séries de 10 Anos				
01/10/2000 - 30/10/2010	55	0 %	69	0 %
01/10/1990 - 30/10/2000	28	96 %	41	68 %
01/10/1980 - 30/10/1990	46	20 %	57	21 %
01/10/1970 - 30/10/1980	34	62 %	43	60 %
01/10/1960 - 30/10/1970	33	67 %	55	25 %
01/10/1950 - 30/10/1960	52	6 %	64	8 %
01/10/1940 - 30/10/1950	36	53 %	45	53 %
01/10/1932 - 30/10/1940	35	57 %	66	5 %
Séries de 20 Anos				
01/10/1990 - 30/10/2010	55	0 %	69	0 %
01/10/1980 - 30/10/2000	46	20 %	57	21 %
01/10/1970 - 30/10/1990	34	62 %	55	25 %
01/10/1960 - 30/10/1980	46	20 %	57	21 %
01/10/1940 - 30/10/1960	36	53 %	45	53 %

Quadro 17 – Cálculo da capacidade do reservatório para diferentes dimensões e espaços temporais de séries de precipitação na zona de Lisboa para dados diários

	Capacidade do Reservatório para Consumo Mínimo (m ³)	Varição comparado com a capacidade do reservatório da série total	Capacidade do Reservatório para Consumo Máximo (m ³)	Varição comparado com a capacidade do reservatório da série total
Série Total	84	0 %	105	0 %
Últimos 10 anos	74	14 %	93	13 %
Últimos 20 anos				
Últimos 30 anos				
Últimos 40 anos				
Séries de 10 Anos				
01/10/2000 - 30/10/2010	74	14 %	93	13 %
01/10/1990 - 30/10/2000	71	18 %	81	30 %
01/10/1980 - 30/10/1990	63	33 %	87	21 %
01/10/1970 - 30/10/1980	58	45 %	73	44 %
01/10/1960 - 30/10/1970	84	0 %	105	0 %
01/10/1955 - 30/10/1965	51	65 %	64	64 %
Séries de 20 Anos				
01/10/1965 - 30/10/1985	63	33 %	87	21 %
01/10/1985 - 30/10/2005	74	14 %	93	13 %

No Alentejo (Quadro 18), ocorre uma situação bastante interessante, na qual, para o consumo mínimo temos que a série de dimensionamento é a década 30, e para consumo máximo os anos entre 1995 e 2005. Isto acontece porque para a década de 30, o consumo mínimo não é interrompido por uma data com chuva que atenda o consumo deste, enquanto que entre 1995 e 2005 o é, e o consumo máximo, apesar de haver uma data com precipitação não é suficiente para interromper a série negativa acumulada. Podemos verificar que os valores das capacidades dos reservatórios nesta região são maiores que os anteriores pois existe menos precipitação, e neste método de dimensionamento as séries sem chuva são essenciais, nomeadamente no somatório das diferenças acumuladas negativas, como foi visto anteriormente.

Quadro 18 – Cálculo da capacidade do reservatório para diferentes dimensões e espaços temporais de séries de precipitação na zona de Serpa para dados diários

	Capacidade do Reservatório para Consumo Mínimo (m ³)	Varição comparado com a capacidade do reservatório da série total (%)	Capacidade do Reservatório para Consumo Máximo (m ³)	Varição comparado com a capacidade do reservatório da série total (%)
Série Total	91	0 %	115	0 %
Últimos 10 anos	72	26 %	95	21 %
Últimos 20 anos	72	26 %	115	0 %
Últimos 30 anos	82	11 %	115	0 %
Últimos 40 anos	82	11 %	115	0 %
Séries de 10 Anos				
01/10/1995 - 30/10/2005	72	26 %	115	0 %
01/10/1985 - 30/10/1995	82	11 %	103	12 %
01/10/1975 - 30/10/1985	62	47 %	82	40 %
01/10/1965 - 30/10/1975	75	21 %	96	20 %
01/10/1955 - 30/10/1965	61	49 %	76	51 %
01/10/1945 - 30/10/1955	69	32 %	86	34 %
01/10/1935 - 30/10/1945	69	32 %	87	32 %
01/10/1931 - 30/10/1941	91	0 %	114	0,8 %
Séries de 20 Anos				
01/10/1985 - 30/10/2005	82	11 %	115	0 %
01/10/1965 - 30/10/1985	75	21 %	96	20 %
01/10/1945 - 30/10/1965	69	32 %	87	32 %

Pela análise dos quadros anteriores verifica-se que as variações são em grande maioria superiores nas habitações com consumo mínimo e nas zonas de maior pluviosidade. Isto acontece pelo facto das séries sem precipitação serem sempre superiores nas zonas de Lisboa ou Serpa do que em Barcelos, e sendo assim, existe um maior espaço temporal sem que a precipitação seja interrompida por uma série positiva de “Volume Aproveitável” (Quadro do Anexo I), implicando uma variação inferior de um valor da série negativa comparado com o valor calculado do volume do reservatório para a série total. Ao analisar todas as variações, conclui-se que estas devem ser tidas em conta em todos os casos de análise, principalmente se existirem grandes variações das condições pluviométricas ao longo das décadas, mais recorrente nas zonas de maior pluviosidade, como em Barcelos que se nota que por exemplo a variação da década de 1990 até 2000, origina uma variação de 96% no volume do reservatório. Concluindo assim que choveu bastante mais nessa mesma década, que na última.

4.6 Método Práticos

4.6.1 Descrição

Os métodos práticos são calculados de forma aproximada, que não têm em conta tantas variáveis como os outros. São calculados com base em fórmulas simples, que permitem uma aproximação rápida do valor final da capacidade, mas nem sempre a mais adequada. Existem vários métodos mas os principais são o Alemão, Inglês e Brasileiro. Existe ainda o método Australiano, mas tem mais alguma complexidade pelo que será objecto de estudo num outro subcapítulo.

4.6.2 Método Prático Alemão

É um método empírico segundo o qual se toma o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{reservatório}} = \text{mínimo} [V; C] \times 0,06 \quad (3)$$

Onde:

- $V_{\text{reservatório}}$ = volume calculado do reservatório (l)
- V = volume anual de precipitação aproveitável (l);
- C = consumo anual de água não potável (l).

Para as diferentes regiões de estudo, foram calculados os diferentes volumes anuais de precipitação aproveitável, consumo anual mínimo e máximo que não varia, e os volumes de reservatório. Pode-se analisar os diferentes valores obtidos nos Quadros 19 e 20 para habitações unifamiliares e multifamiliares respectivamente.

Quadro 19 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Alemão para habitações unifamiliares

Zona	Volume anual médio de precipitação aproveitável (m ³)	Tipo de Consumo	Consumo Anual (m ³)	Volume do Reservatório
Barcelos	241	Mínimo	181	11 m³
		Máximo	226	14 m³
Lisboa	110	Mínimo	213	7 m³
		Máximo	259	7 m³
Serpa	81	Mínimo	279	5 m³
		Máximo	324	5 m³

Quadro 20 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Alemão para habitações multifamiliares

Zona	Volume anual médio de precipitação aproveitável (m ³)	Tipo de Consumo	Consumo Anual (m ³)	Volume do Reservatório
Barcelos	602	Mínimo	281	33 m³
		Máximo	552	17 m³
Lisboa	311	Mínimo	281	17 m³
		Máximo	552	19 m³
Serpa	201	Mínimo	281	12 m³
		Máximo	552	12 m³

Verifica-se que nas zonas de maior pluviosidade existe uma maior dependência em relação ao consumo, sendo este quem contribui para o dimensionamento do reservatório, pois é menor que o volume de precipitação aproveitável.

Segundo a especificação técnica ETA 0701, desenvolvida pela ANQIP, em moradias unifamiliares, situadas em zonas com pluviosidades mínimas entre 500 e 800 mm por ano e com consumos do tipo doméstico, pouco variáveis ao longo do ano, pode ser aplicado o Método Prático Alemão.

4.6.3 Método Prático Inglês

A capacidade do reservatório é calculada apenas com dados das áreas de captação e a precipitação média anual (Campos *et al* 2007, Amorim 2008).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (4)$$

onde:

- P = precipitação média anual (mm);
- A = área de captação em projecção (m²);
- V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (l).

Sendo assim, o tipo de consumo (máximo ou mínimo) não tem influência no cálculo do volume do reservatório. A precipitação média anual foi obtida pela média da série total de precipitação. Nos Quadros 21 e 22 apresentam-se os resultados obtidos por este método.

Quadro 21 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Inglês para habitações unifamiliares

Zona	Precipitação média anual (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume do reservatório (m ³)
Barcelos	1530,51	200	15 m ³
Lisboa	712,28	200	7 m ³
Serpa	523,51	200	5 m ³

Quadro 22 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Inglês para habitações multifamiliares

Zona	Precipitação média anual (mm)	Área de Captação (m ²)	Volume do reservatório (m ³)
Barcelos	1530,51	500	38 m ³
Lisboa	712,28	500	18 m ³
Serpa	523,51	500	13 m ³

4.6.4 Método Prático Brasileiro

Este método foi elaborado para condições climáticas diferentes das portuguesas, conduzindo a um volume que é cerca do dobro do volume calculado pelo Método Prático Alemão, o que é considerado excessivo (Campos *et al* 1998).

Trata-se de método empírico que é calculado pela fórmula:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (5)$$

Sendo;

- V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (l);
- P = precipitação média anual (mm);
- A = área de colecta em projecção (m²);
- T = número de meses de pouca chuva ou seca.

Neste método o facto de o consumo variar também não altera a capacidade do reservatório (Quadros 23 e 24). Nota-se que os volumes são idênticos apesar da diferente pluviosidade entre as regiões, demonstrando que este método deve ser usado em condições climáticas diferentes das de Portugal. Num clima mais tropical como o nordeste brasileiro, existe uma maior diferença entre o número de meses secos e a precipitação média anual que num clima mediterrâneo.

Quadro 23 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Brasileiro para habitações unifamiliares

Zona	Precipitação Média Anual (mm)	Área de Captação (m ²)	Número de Meses de Secos	Volume do Reservatório (m ³)
Barcelos	1530,51	200	2	26 m³
Lisboa	712,28	200	4	24 m³
Serpa	523,51	200	5	22 m³

Quadro 24 – Cálculo do volume do reservatório pelo Método Prático Brasileiro para habitações multifamiliares

Zona	Precipitação Média Anual (mm)	Área de Captação (m ²)	Número de Meses de Secos	Volume do Reservatório (m ³)
Barcelos	1530,51	500	2	64 m³
Lisboa	712,28	500	4	60 m³
Serpa	523,51	500	5	55 m³

Como se pôde verificar pelos quadros anteriores, não existe grande variação nos volumes calculados entre as diferentes zonas, isto acontece porque apesar de haver maior precipitação em Barcelos o número de meses secos é menor que em Serpa.

O número de meses secos é definido pelos meses cujo valor de precipitação em milímetros (mm) é inferior ou igual ao dobro da temperatura em graus centígrados. Sendo assim, para Barcelos existem dois meses secos, Julho e Agosto, para a zona de Lisboa existem mais dois, Junho e Setembro, em Serpa o mês de Maio é considerado seco, conforme comprovado pela Figura 27 onde está explícito o mapa termopluiométrico das zonas de estudo.

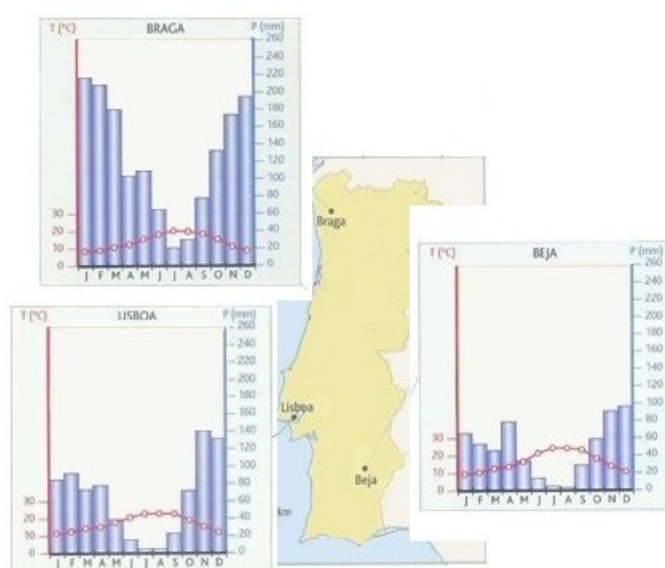


Figura 27 – Mapas termopluiométricos das diferentes zonas em estudo

4.6.5 Influência da variação do consumo

Apenas o método Alemão faz a distinção de consumos no cálculo da capacidade do reservatório. Assim pelos Quadros 25 e 26, pode-se verificar a variação existente consoante o consumo de água não potável.

Quadro 25 – Variação do volume do reservatório consoante o consumo pelo Método Prático Alemão para habitações unifamiliares

	Barcelos	Lisboa	Serpa
Capacidade para Consumo Mínimo (m ³)	11	7	5
Capacidade para Consumo Máximo (m ³)	14	7	5
Variação (%)	27%	0%	0%

Quadro 26 – Variação do volume do reservatório consoante o consumo pelo Método Prático Alemão para habitações multifamiliares

	Barcelos	Lisboa	Serpa
Capacidade para Consumo Mínimo (m ³)	17	17	12
Capacidade para Consumo Máximo (m ³)	33	19	12
Variação (%)	94%	12%	0%

No Alentejo não existem variações e em Lisboa apenas existe nas habitações multifamiliares e de pouca relevância. Para Barcelos a variação em habitações multifamiliares é de 94%, sendo já significativa. Nesta situação a capacidade do reservatório é calculada pela variável consumo. Isto porque ao existir uma elevada precipitação que conseqüentemente proporciona elevada quantidade de água aproveitada faz com que o valor mínimo da expressão (3) seja sempre o consumo e não o volume de água aproveitável. Nas restantes situações, o volume aproveitável de água e o consumo de água têm valores semelhantes, não proporcionando grandes discrepâncias no resultado calculado para a capacidade do reservatório.

4.6.6 Influência do tamanho da série de precipitações

Foi feito o estudo da série dos últimos 10 anos e conclui-se que existem algumas variações nas capacidades de reservatórios comparando com a série total. Nestes métodos o que varia principalmente é a precipitação média anual, que para a série total é calculada com a amostra toda, e para a série dos últimos 10 anos é determinada usando apenas os dados mensais destes anos. A verificação da variação para o método Alemão, está expressa no Quadro 27, enquanto que para os outros dois métodos no Quadro 28. Isto porque, o método Alemão distingue os consumos máximos e mínimos no cálculo da capacidade do reservatório, implicando mais variações que nos outros dois métodos.

Quadro 27 – Variação da capacidade consoante o tamanho da série para os Métodos Prático Alemão

	Tipo de Consumo	Barcelos	Lisboa	Serpa
Volume Calculado pela Série Total (m ³)	Consumo mínimo	17 m ³	17 m ³	12 m ³
	Consumo máximo	33 m ³	19 m ³	12 m ³
Volume Calculado pela Série dos últimos 10 anos (m ³)	Consumo mínimo	17 m ³	17 m ³	11 m ³
	Consumo máximo	30 m ³	19 m ³	11 m ³
Variação (%)	Consumo mínimo	0%	0%	9%
	Consumo máximo	10%	0%	9%

Quadro 28 – Variação da capacidade consoante o tamanho da série para os Métodos Práticos Inglês e Brasileiro

	Método Prático Inglês			Método Prático Brasileiro		
	Barcelos	Lisboa	Serpa	Barcelos	Lisboa	Serpa
Capacidade calculada pela Série Total (m ³)	38 m ³	18 m ³	13 m ³	64 m ³	60 m ³	55 m ³
Capacidade Calculada pelos Últimos 10 anos (m ³)	32 m ³	18 m ³	12 m ³	53 m ³	61 m ³	52 m ³
Variação (%)	19%	0%	8%	21%	2%	6%

Podemos verificar que as variações não são muito relevantes excepto para a aplicação do métodos Inglês e Brasileiro em Barcelos. Esta variação apesar de pequena pode ter impacto económico na escolha do reservatório. Pelo método prático Alemão, as variações são pouco significativas, variando no máximo em Barcelos em 10%.

4.7 Método Australiano

4.7.1 Descrição

Este método apesar de ser mais complexo, é considerado um método prático. Neste método já é possível analisar uma maior base de dados e tirar resultados e conclusões para diversos cenários que os outros métodos não permitiam. É possível analisar o número de meses em que um reservatório consegue satisfazer o consumo consoante a precipitação local, dando assim, a eficiência do sistema. A quantidade de chuva aproveitável é dada pela seguinte expressão:

$$Q = (A \times C \times (P - I))/1000 \quad (6)$$

onde:

- C = coeficiente de escoamento superficial, dependente da superfície de captação;
- P = precipitação média mensal (mm);
- I = interceptação da água que atinge a superfície e perda por evaporação, geralmente 2 mm;
- A = área de captação (m²);
- Q = volume produzido pela chuva (m³).

O método de cálculo baseia-se em arbitrar um volume para o reservatório, que permite calcular o volume de água aproveitável pelo reservatório, podendo assim verificar-se a eficiência do sistema. Este ciclo é repetido até se atingir uma eficiência desejável.

Interessa então calcular o volume de água do reservatório no final do período em análise e que é dado pela equação seguinte,

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - C_t \quad (7)$$

Onde:

- a) V_t = volume de água que está no tanque no fim do mês t (m^3);
- b) V_{t-1} = volume de água que está no tanque no início do mês t (m^3);
- c) Q_t = volume mensal produzido pela chuva no mês t (m^3);
- d) C_t = consumo diário/mensal (m^3).

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio ($V_{t-1}=0$) e quando $(V_{t-1} + Q_t - C_t) < 0$, então o $V_t = 0$. Para o cálculo da eficiência utilizam-se as seguintes equações:

$$E = 1 - P_r \quad (8)$$

$$P_r = N_r/N \quad (9)$$

Onde:

- a) E = eficiência
- b) P_r = falha;
- c) N_r = número de dias/meses em que o reservatório não atendeu ao consumo, isto é, quando $V_t = 0$;
- d) N = número de dias/meses considerado

O método descrito pode ser aplicado a dados diários fazendo-se nesse caso a análise dia a dia em vez de mês a mês. Recomenda-se que os valores de eficiência estejam entre 90% e 100%. De realçar que terá de se efectuar um estudo para a viabilidade económica. O sistema mais eficiente pode não ser o mais viável, por exemplo um reservatório de $120 m^3$, apesar de ter uma eficiência de 100%, se se comparar com um de $50 m^3$ que tenha apenas 75% de eficiência, este pode ser bastante mais apelativo pelo simples facto de ser mais barato e viável após período de utilização mais curto. O nível de eficiência depende da escolha do utilizador, das suas possibilidades e preferências.

Para cálculo dos volumes dos reservatórios e análise da respectiva eficiência foram utilizados quadros semelhantes às que se apresentam no Anexo II.

4.7.2 Influência da variação do consumo

Como será de esperar, ao alterar o consumo, varia-se a capacidade e a eficiência do sistema. Para isso foi analisado o consumo mínimo e máximo e verificou-se que para um consumo maior, a eficiência de um reservatório, da mesma capacidade, é bastante menor. Para comprovar pode-se verificar a Figura 28 relativa às diferentes habitações e na zona de Barcelos, mostrando a diferença de eficiência para os diferentes consumos.

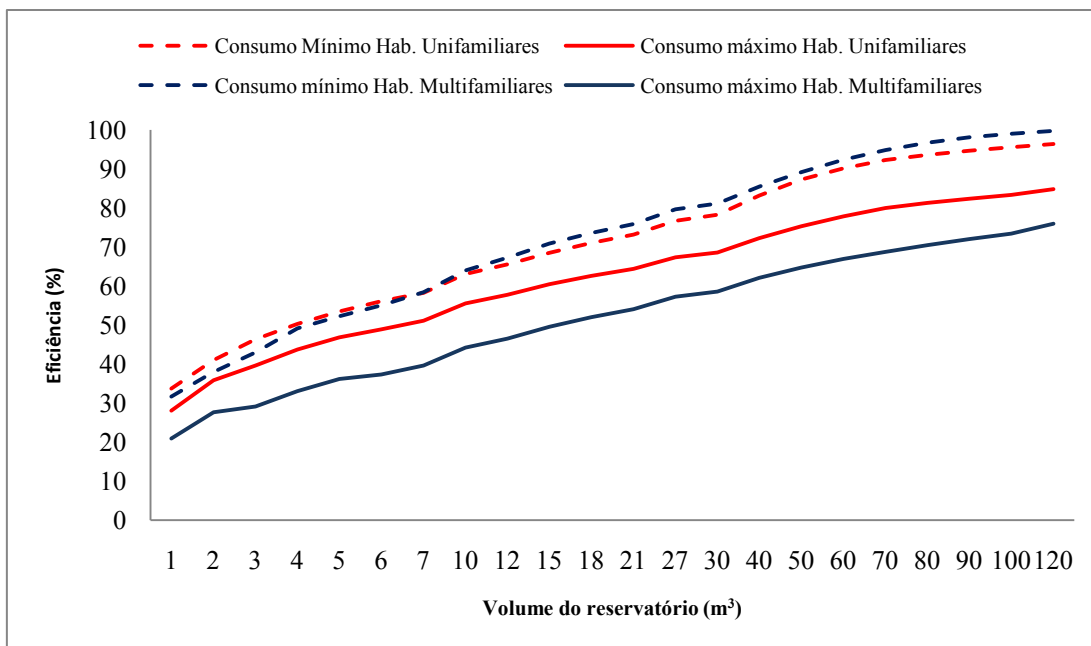


Figura 28 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Barcelos

Nas habitações unifamiliares a eficiência aumenta com o aumento da capacidade do reservatório, chegando a um valor de quase 100% de eficiência para um volume de 120 m³, em consumo mínimo. Para consumo máximo também atinge valores satisfatórios, chegando aos 85% para a mesma capacidade. Para as habitações multifamiliares, a variação do consumo é mais significativa, havendo para as mesmas capacidades diferenças máximas de 30% de eficiência para cada um dos consumos. O principal factor que influencia neste tipo de habitação é o consumo dos autoclismos, que como se viu é de 71% do consumo total de águas não potáveis de uma residência multifamiliar.

De realçar que as eficiências em ambas as habitações para os diferentes consumos, seguem trajectos similares, não existindo grandes variações ou estagnações em função da eficiência. Como se pode verificar, a diferença de consumos das habitações unifamiliares é menos significativa que nas multifamiliares. Uma habitação multifamiliar com regime de consumo máximo tem uma eficiência inferior a uma unifamiliar no mesmo regime, pelo facto de sustentar mais do dobro consumo que a anterior. Apesar de ter uma área de captação superior em 300 m², esta não chega para criar uma eficiência idêntica.

De seguida analisam-se o gráfico da região de Lisboa (Figura 29), que apresentam eficiências menores, devido à menor precipitação. Nota-se que entre os 7 m³ de capacidade e os 120 m³, os valores de eficiência andam entre os 30% e 40%, não sendo de todo viável o dimensionamento de um reservatório com capacidade muito elevada.

As habitações multifamiliares com consumo mínimo, são as que maior eficiência apresentam para as mesmas capacidades de reservatórios. Nas habitações unifamiliares a eficiência não é muito satisfatória, grande parte pelo facto da precipitação não ser muito abundante, e o consumo de água ser elevado. Nas habitações multifamiliares, por não existirem gastos em rega, a eficiência para consumo máximo chega a ultrapassar a eficiência de uma habitação unifamiliar para consumo mínimo, mostrando que o principal factor da reduzida eficiência é o elevado consumo em irrigação. A eficiência chega a variar em 38% nas habitações

multifamiliares com os diferentes consumos, mostrando que de facto o uso de dispositivos de baixo consumo é um factor importante para o dimensionamento do reservatório.

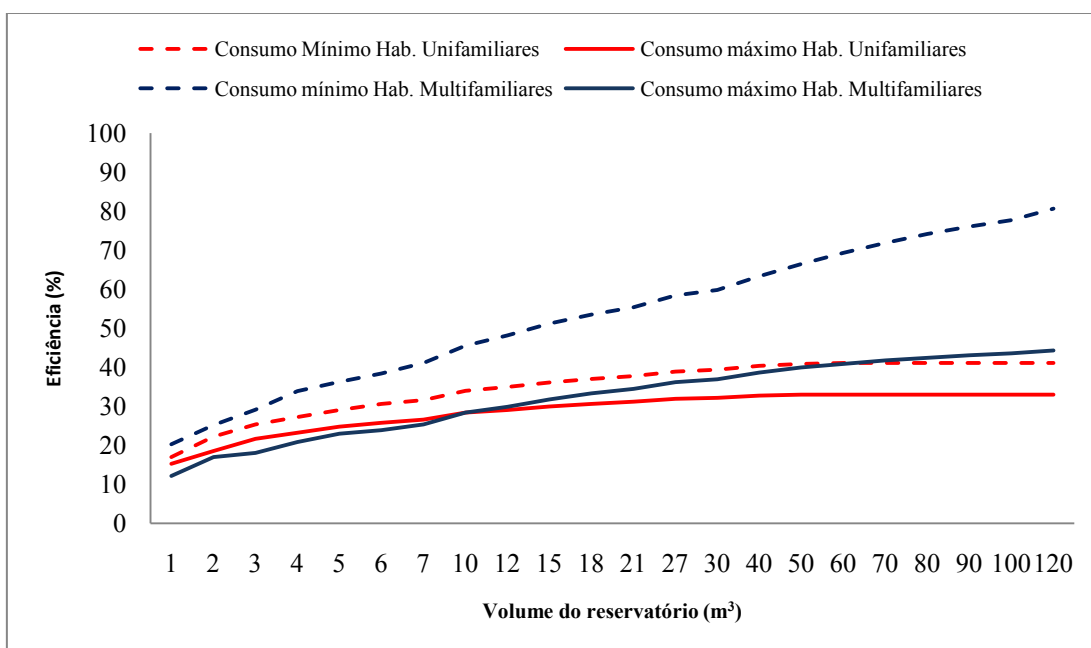


Figura 29 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Lisboa

Na zona Alentejana, elaborou-se a Figura 30 e notou-se que os resultados entre consumos nas habitações unifamiliares não têm diferença significativa, apresentando em ambos os consumos uma eficiência bastante reduzida. Para as habitações multifamiliares a eficiência é maior, atingindo valores satisfatórios para consumo mínimo. Entre capacidades de 10 m³ e 50 m³ a eficiência situa-se entre 30% e 50%, no entanto para o consumo máximo entre as mesmas capacidades, a eficiência aumenta de 20% para 25%, e se aumentarmos a capacidade para 120 m³ a eficiência apenas aumenta em 1%. É portanto, importante estimular consumos mínimos nesta região, de modo a tornar viável um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Estas eficiências bastante baixas, devem-se à falta de precipitação nesta região e ao elevado consumo nas habitações unifamiliares. Não existe suficiente precipitação para aumentar a eficiência do sistema de aproveitamento de águas pluviais, e por isso como já foi mencionado, um reservatório de baixa capacidade torna-se mais apelativo em termos de viabilidade. Assim põe-se em causa o dimensionamento do reservatório por métodos que elaborem uma sobrestimativa, como o caso do Método Prático Brasileiro, mas principalmente o de Rippl.

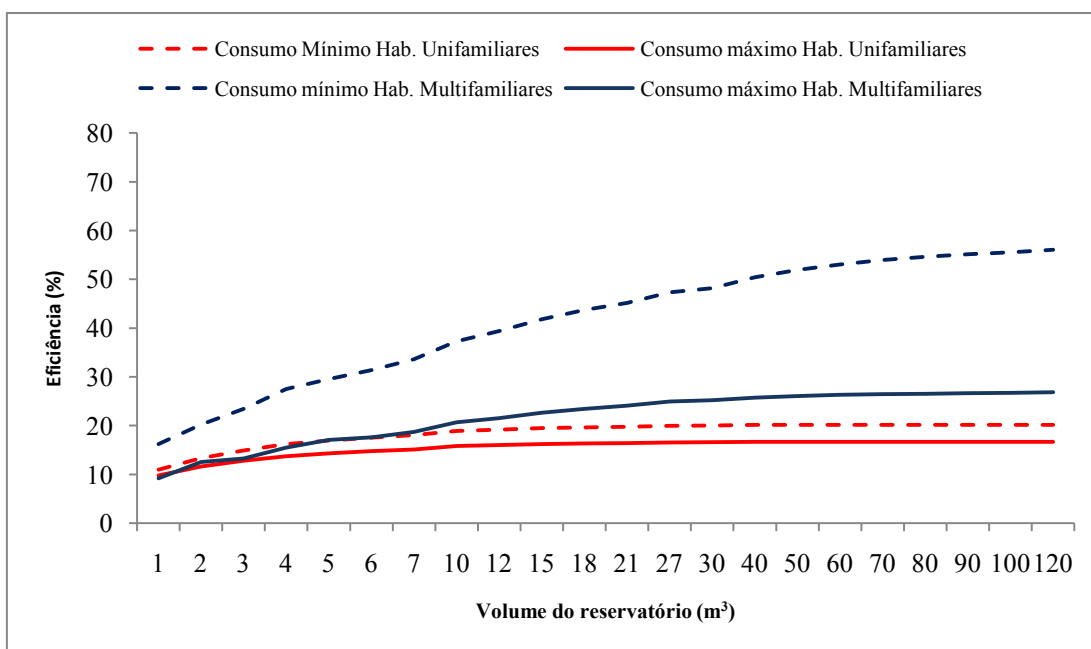


Figura 30 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Serpa

Em todas as habitações verificou-se que quanto menor for o consumo praticado, maior será a eficiência do sistema. Isto porque, para o mesmo volume de aproveitamento de água pluvial, quanto menos se gastar, mais água estará armazenada no reservatório pronta para consumir em períodos de estiagem. Também existe uma maior eficiência nas zonas de maiores precipitações, pois renova o volume de água disponível é maior.

4.7.3 Influência da utilização da precipitação diária ou mensal

Para este método a bibliografia pesquisada apenas utiliza dados mensais na análise, no entanto, neste estudo optou-se por alargar a dados diários, pois transmitem melhor a realidade a que um reservatório e consumo de água estão sujeitos. É de referir que apesar de se utilizar dados diários, não significa que o sistema tenha uma maior eficiência, mas sim que essa eficiência, está mais próxima da realidade. Isto porque com a precipitação diária teremos a eficiência mensal, e não a anual como no caso da utilização de dados mensais. Para estes calcula-se o número de meses por ano em que o reservatório não fica vazio, com os dados diários analisa-se o número de dias por mês que o reservatório não esvazia, tendo assim maior proximidade da realidade.

Para as diferentes zonas de estudo, analisou-se a eficiência calculada para dados diários e mensais, em regime de diferentes consumos. Pode-se observar nas Figuras 31 e 32 as variações referentes à região de Barcelos. A Figura 31 retrata as eficiências das habitações unifamiliares em análises de dados diários e mensais com consumos mínimos e máximos. Verifica-se que existe uma maior eficiência para consumo mínimo, o que é normal pelo facto de quanto menor for o gasto mais quantidade de água disponível armazenada no reservatório. Em relação à comparação da análise com dados diários ou mensais, nota-se que não existe uma grande diferença entre estas, excepto nos volumes de reservatórios de dimensões até aos

4 m³, onde a análise mensal sobrestima a capacidade do reservatório. Por exemplo para consumo mínimo e para uma capacidade de 1 m³, da análise diária calcula-se uma eficiência perto dos 30%, e na mensal uma com valores a rondar os 50%, sendo a mais fiável a primeira, e por isso a mensal acrescentaria uma eficiência superior à realidade em 20%. Nas capacidades posteriores uma análise diária ou mensal, traria resultados similares, apesar da diária aproximar-se mais da realidade de uso do reservatório.

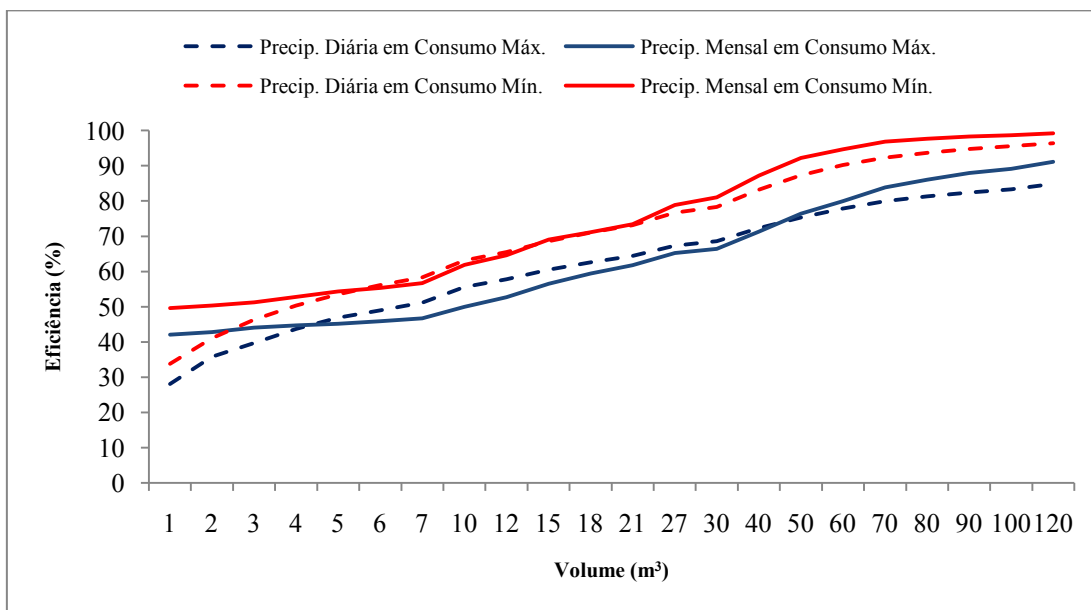


Figura 31 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Barcelos

Nas habitações multifamiliares (Figura 32), acontece o mesmo, embora com discrepâncias maiores nos volumes de reservatórios mais pequenos, existindo diferenças de 30 % para os reservatórios 1 m³ de volume para consumo mínimo e de 20 % para a mesma capacidade com consumo máximo. A partir do valor de 10 m³ o dimensionamento quer em dados diários ou mensais torna-se pouco relevante.

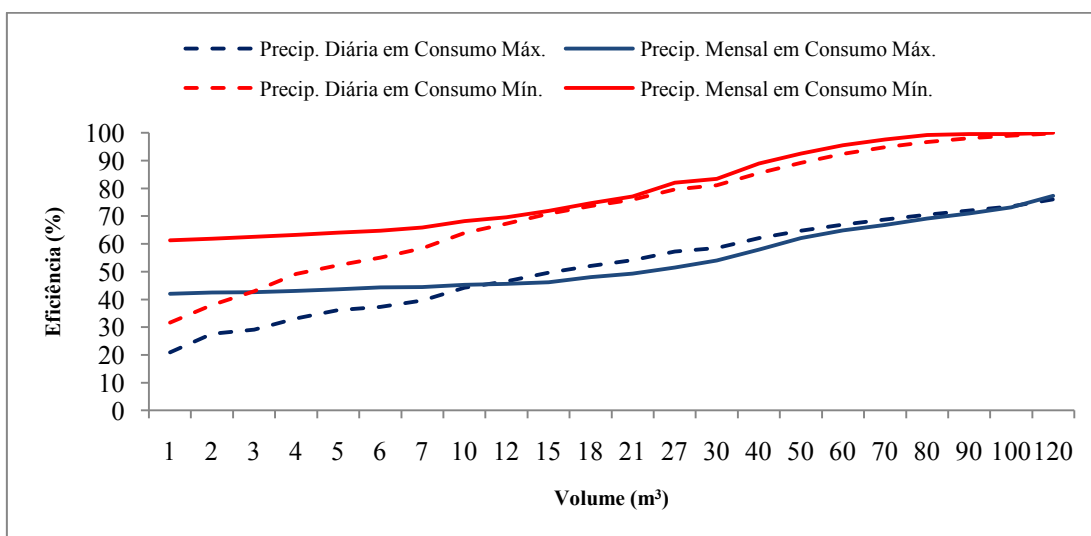


Figura 32 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Barcelos

Para a zona de Lisboa, pela análise dos gráficos das Figuras 33 e 34 pode-se dizer que existe uma maior variação entre uma análise diária e mensal, sendo a diária a apresentar melhores eficiências para os mesmos volumes de reservatório, chegando a aumentos de 11% em consumos máximos em capacidades superiores a 2 m³.

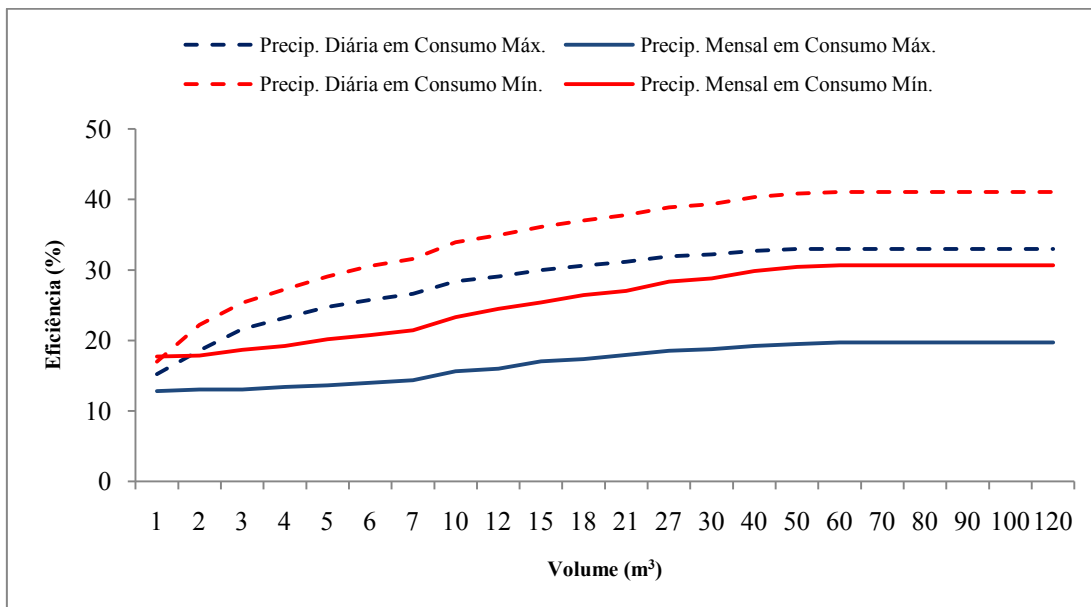


Figura 33 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Lisboa

Nas habitações multifamiliares (Figura 34) nota-se que até 10 m³ a análise por dados mensais apresenta resultados mais eficientes, porém posteriormente torna-se indiferente a distinção da análise de precipitação diária ou mensal, no caso de consumo mínimo. Para um consumo máximo, a utilização da série diária conduz a uma eficiência maior depois de 4 m³ e menor para valores mais pequenos, não querendo dizer que para estes valores é benéfico a análise por dados mensais.

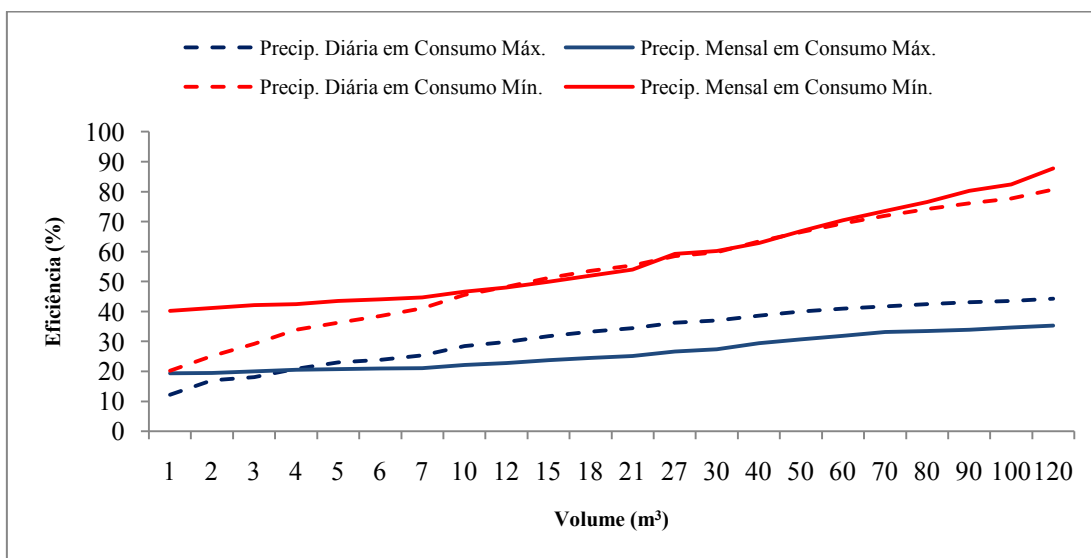


Figura 34 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Lisboa

Para a zona do Alentejo em habitações unifamiliares (Figura 35), verifica-se que para um consumo mínimo e análise de dados diários a eficiência a partir de 7 m³, varia em 2% até à capacidade de 120 m³ não sendo de todo viável a implementação de reservatórios de elevadas capacidades. Nota-se ainda que a diferença de eficiência entre um reservatório de 1 m³ e um de 120 m³ é apenas de 9%. Para uma análise mensal a eficiência varia em 1% desde 1 m³ a 120 m³, não sendo por isso uma análise fiável ou aproximada da real (como a diária).

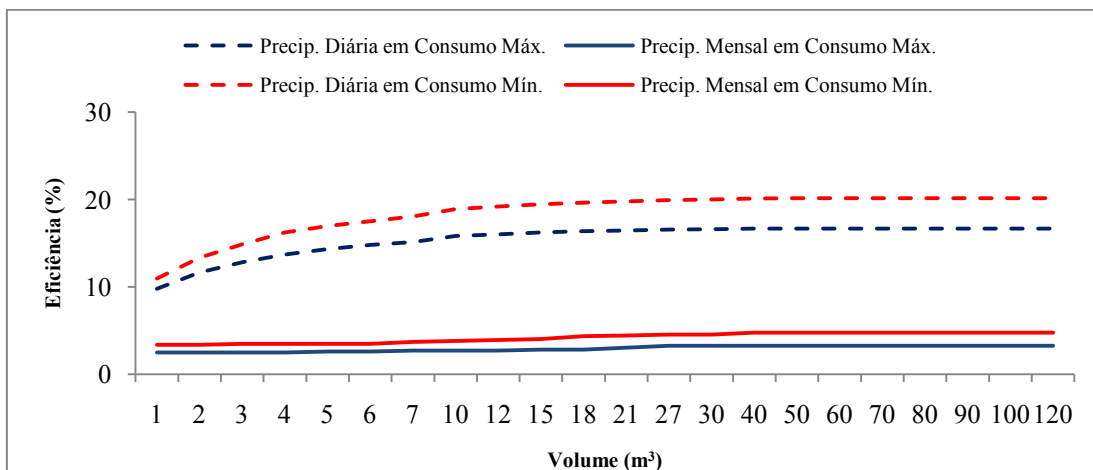


Figura 35 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Serpa

Para as habitações multifamiliares (Figura 36) a eficiência é maior, notando-se uma aproximação de valores numa análise mensal e diária para consumo mínimo, mas para consumo máximo tal já não acontece. Neste regime de consumo, verifica-se que numa análise mensal os valores mantêm-se constantes e numa análise diária a eficiência vai aumentando com o aumento da capacidade do reservatório. Esta chega a um valor máximo de 23% de eficiência a partir de capacidades superiores a 27 m³.

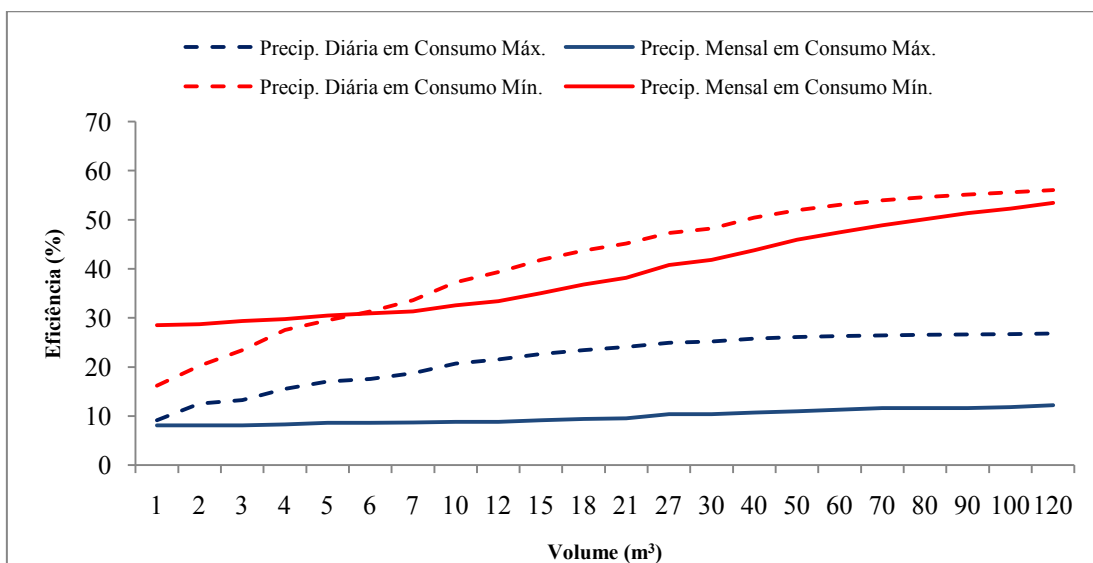


Figura 36 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Serpa

Analisando as figuras anteriores das diferentes regiões e habitações, conclui-se que quanto maior for o consumo e a precipitação, menor é o impacto da eleição de análise de dados diários ou mensais. Como se verificou na zona de Barcelos o uso de dados diários não traz grandes discrepâncias comparados com os mensais, principalmente para consumo mínimo em ambas as habitações. À medida que a precipitação vai diminuindo, uma análise de dados diários torna-se mais relevante, como é no caso de Lisboa e Serpa em habitações unifamiliares. Nas multifamiliares destas duas regiões, a análise também se torna pouco relevante a partir de determinados valores porque o volume de água aproveitável é muito superior aos das habitações unifamiliares. De facto, se se diminuísse a área de captação das habitações multifamiliares, as curvas de eficiência aproximar-se-iam das habitações unifamiliares.

4.8 Método de Simulação

4.8.1 Descrição

Este método consiste basicamente na fixação de um volume para o reservatório e na verificação do percentual de consumo que será atendido. É um método similar ao Australiano, pois também se adoptam volumes de reservatórios e verifica-se a eficiência dos mesmos, varia apenas no cálculo de água da chuva aproveitada, sendo o anterior mais conservador (Campos *et al* 2007, Amorim 2008).

A análise para um período prolongado fornece maiores hipóteses de se observar o que ocorre em casos anormais, como, por exemplo, períodos de seca prolongados. No caso de a água pluvial armazenada ser a única fonte de água na edificação, o recomendado é observar um período de décadas de registo, se possível.

O primeiro passo para a aplicação deste método é adoptar alguns valores possíveis para o volume do reservatório, com base na estimativa do consumo diário ou mensal de água não potável.

Para o cálculo da capacidade do reservatório e respectivas eficiências, foi usada um quadro semelhante ao apresentado no Anexo III. Como se pode verificar, os dados de entrada são:

- a) Precipitação diária ou mensal (mm)
- b) Consumo Mínimo ou Máximo (m^3)
- c) Área de captação (m^2)
- d) Coeficiente de escoamento
- e) Volume do Reservatório Adoptado (m^3)

Os dados de saída serão:

- a) Q_t = Quantidade de chuva aproveitada (m^3)
- b) V_t = Volume do reservatório no final do dia/mês
- c) V_{t-1} = Volume do reservatório no início do dia/mês (m^3)
- d) O_w = *Overflow*, ou seja, o excedente de água que escoo para a rede de drenagem (m^3)
- e) S = Suprimento de água da rede pública de abastecimento (m^3)

Para a utilização do quadro do Anexo III e o correcto dimensionamento, recomenda-se seguir os seguintes passos, que resumem a aplicação do método:

- 1) arbitrar um volume do reservatório;
- 2) para cada dia/mês, adicionar ao valor inicial do volume do reservatório (o final do mês anterior) a quantidade de água captada;
- 3) para cada dia/mês, subtrair o volume consumido;
- 4) calcular o número de dias/meses que a coluna “Abastecimento de água da rede pública” é maior que zero;
- 5) analisar a eficiência de cada reservatório que é calculada pela razão entre o número de dias/meses estudados pelo número de dias/meses que o reservatório não necessita de água da rede externa.

O volume do reservatório a ser escolhido é aquele que apresentar a maior eficiência entre os volumes adoptados inicialmente. Pode-se, no caso de a eficiência encontrada ainda ser muito baixa, adoptar outro volume para o reservatório e refazer esse procedimento, até que se chegue a um resultado satisfatório segundo o objectivo do projectista (melhor custo/benefício por exemplo).

O Método da Simulação pode ser utilizado em combinação com outros métodos de dimensionamento, pois permite o cálculo da eficiência associada aos volumes determinados por outros métodos. Assim, pode ser útil na avaliação da adequabilidade dos valores obtidos por um método simplificado onde a eficiência não é calculada.

4.8.2 Influência da variação do consumo

Neste método a variação de consumo tem influência directa na análise da capacidade do reservatório, daí a necessidade de estudar esse impacto e calcular o volume optimizado. Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados referentes à comparação da eficiência do reservatório em habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo.

Para a zona de Barcelos (Figura 37), em habitações unifamiliares, a variação do consumo não é muito significativa tomando valores de eficiência máximos na ordem dos 10%. Para habitações multifamiliares a variação já é mais acentuada, sendo que algumas comparações de volumes diferem em 20% de eficiência, como no caso de análise de um volume de 10 m³ para o reservatório. Esta zona apresenta resultados satisfatoriamente eficientes, quer em habitações unifamiliares quer em multifamiliares, devido á elevada precipitação.

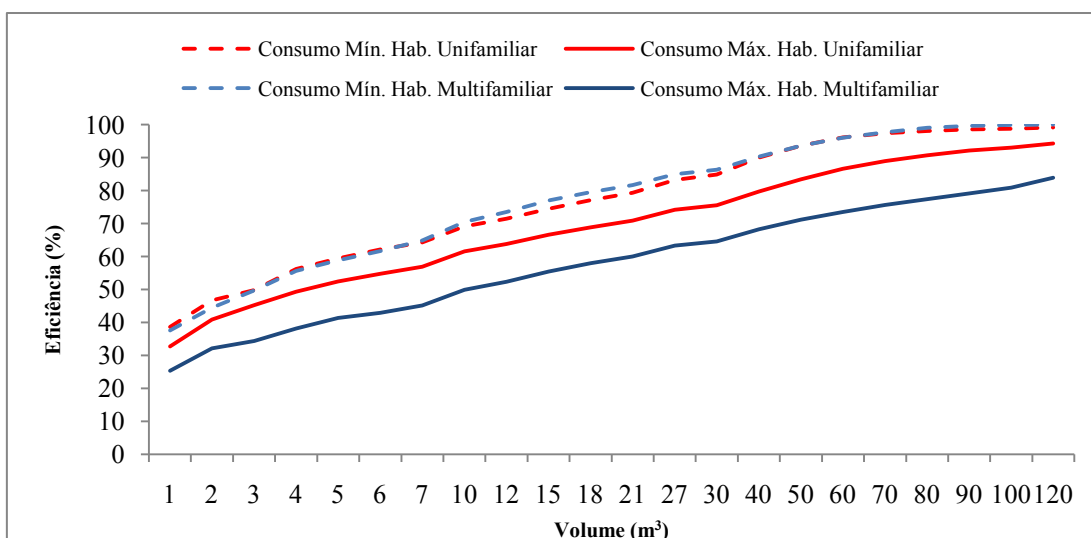


Figura 37 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Barcelos

Na zona de Lisboa (Figura 38), e em habitações unifamiliares, a variação máxima entre consumos é de 10%, que ocorre precisamente para um volume de 120 m³. Este volume dificilmente será dimensionado devido a restrições de espaço e até económicas, por isso, a variação de consumo só será significativa caso seja construído um reservatório com volume de grandes dimensões, como em edifícios comerciais ou industriais. Conclui-se que em habitações unifamiliares a variação de consumo para esta zona não é relevante. Para habitações multifamiliares, a variação do consumo já é mais significativa, visto haver discrepâncias na eficiência na ordem dos 40% ou até 50% quando se aplicam volumes de reservatório elevados. Torna-se mais importante o uso de dispositivos de baixo consumo nas habitações multifamiliares que nas unifamiliares.

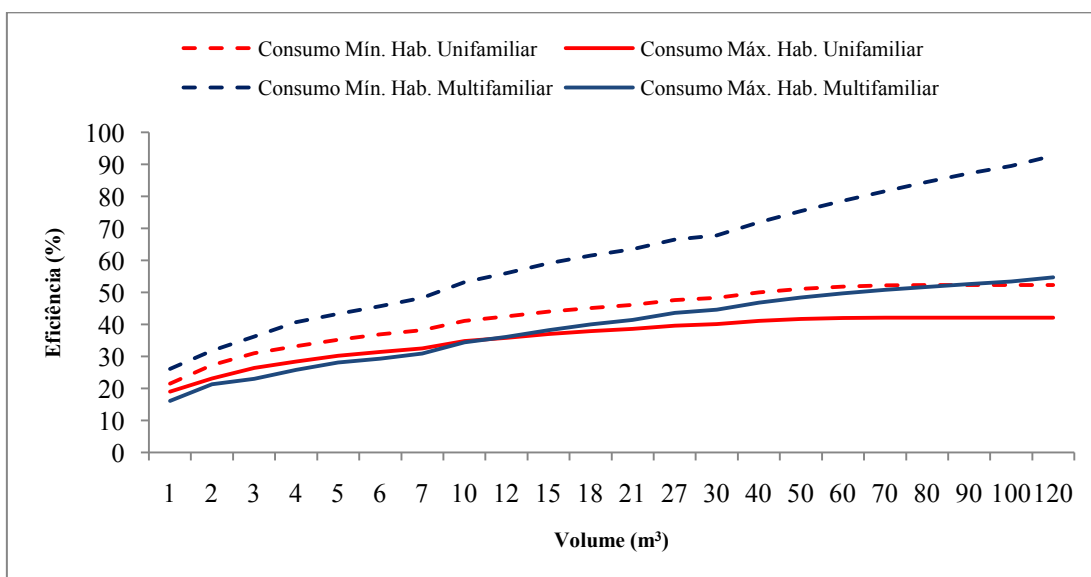


Figura 38 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Lisboa

Na zona do Alentejo como se pode verificar pela Figura 39, a eficiência é bastante menor, isto devido ao elevado consumo de água na irrigação e à escassa precipitação. Nota-se que para valores de capacidade a partir de 7 m³, a eficiência não varia muito, tendo um

reservatório dessa mesma capacidade quase a mesma eficiência que um de 120 m³, isto acontece porque existe uma falta de precipitação, não enchendo o reservatório. Consta-se que para esta zona, com este tipo de consumo, o facto de se consumir o mínimo ou o máximo é pouco relevante para o dimensionamento do reservatório, visto que a máxima diferença da eficiência para os respectivos consumos é de 5 %. Isto deve-se precisamente à falta de precipitação da região, não tornando viável a construção de reservatórios de grandes dimensões.

Para as habitações multifamiliares desta zona, nota-se que apesar da fraca precipitação, a eficiência para um consumo mínimo vai aumentando com o volume do reservatório, que no caso de um consumo máximo não acontece, estagnando entre 30% e 35% a partir da capacidade de 18 m³. No caso de estas habitações atenderem a um consumo mínimo para o mesmo volume de 18 m³, a eficiência ultrapassa 50%, tendo grande impacto na viabilidade do sistema. A grande variação para as habitações unifamiliares é a inexistência de consumo com a irrigação, apesar de um grande aumento no consumo por autoclismos, e um acréscimo da área de captação.

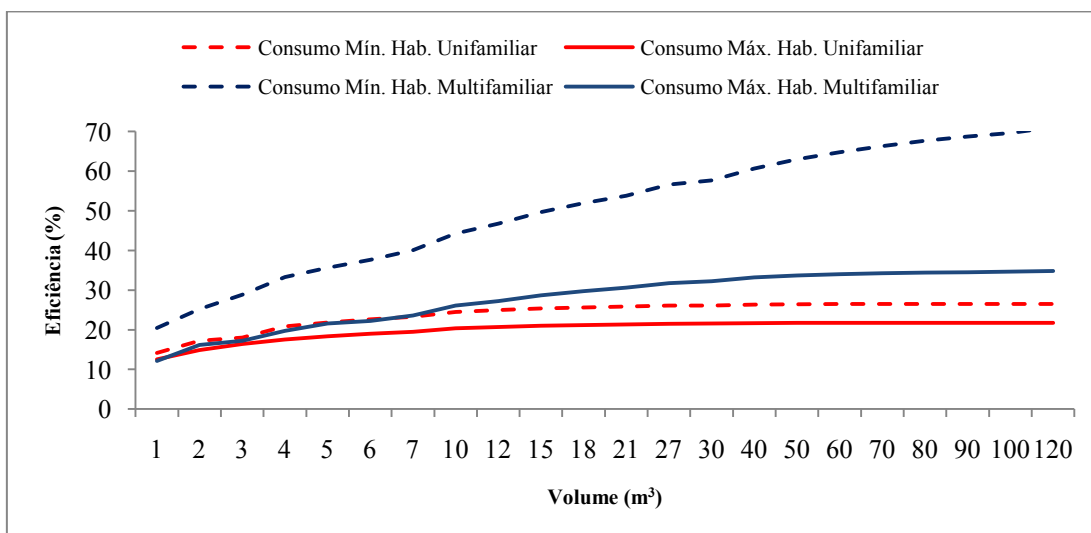


Figura 39 – Comparação da eficiência da capacidade do reservatório entre habitações unifamiliares e multifamiliares consoante o consumo - zona de Serpa

4.8.3 Influência da utilização da precipitação diária ou mensal

Nas seguintes figuras demonstra-se que quando mais aproximada da realidade a amostra for, melhores resultados apresenta. Neste caso, compara-se a utilização de dados diários para análise da capacidade do reservatório, com a utilização de dados mensais. Ao utilizar uma série diária verifica-se uma aproximação da realidade a que um reservatório está sujeito ao longo do mês, enquanto que ao usarmos séries de precipitação mensal, analisa-se o comportamento do reservatório ao longo do ano.

Para a zona de Barcelos em habitações unifamiliares (Figura 40), o facto de se usar dados mensais ou diários, não é tão relevante como nas outras regiões, pois as variações entre as eficiências das respectivas séries não vão além de 12 %.

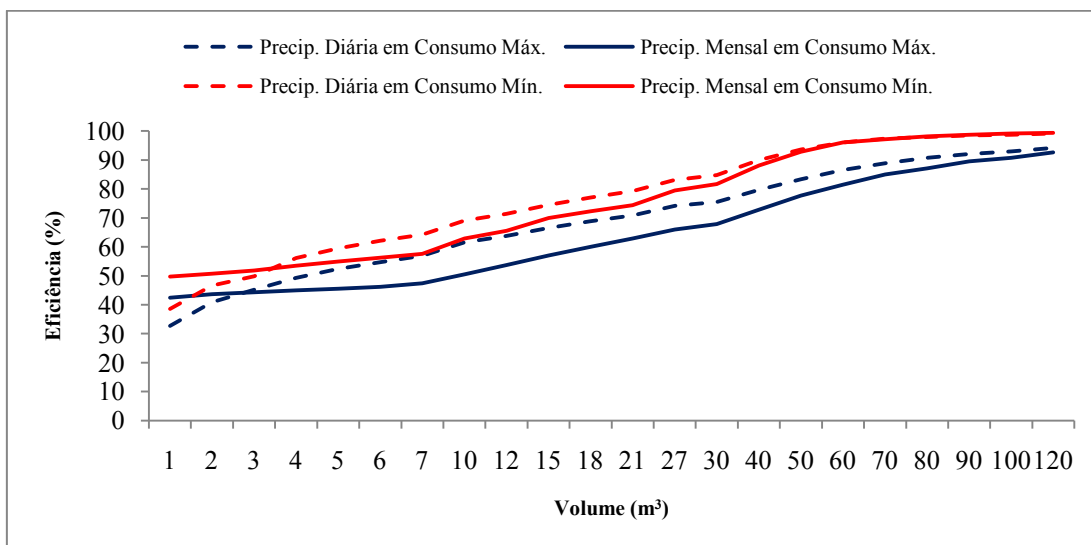


Figura 40 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Barcelos

Em habitações multifamiliares (Figura 41), uma análise de dados diários torna-se essencial para capacidades pequenas. Isto porque uma análise de dados mensais, estaria a deturpar majoritivamente a real eficiência de um reservatório para capacidades até 7 m³, pensando o utilizador que estaria a beneficiar de uma eficiência maior enquanto que na realidade esta é bastante menor. Este efeito acontece para os diferentes consumos.

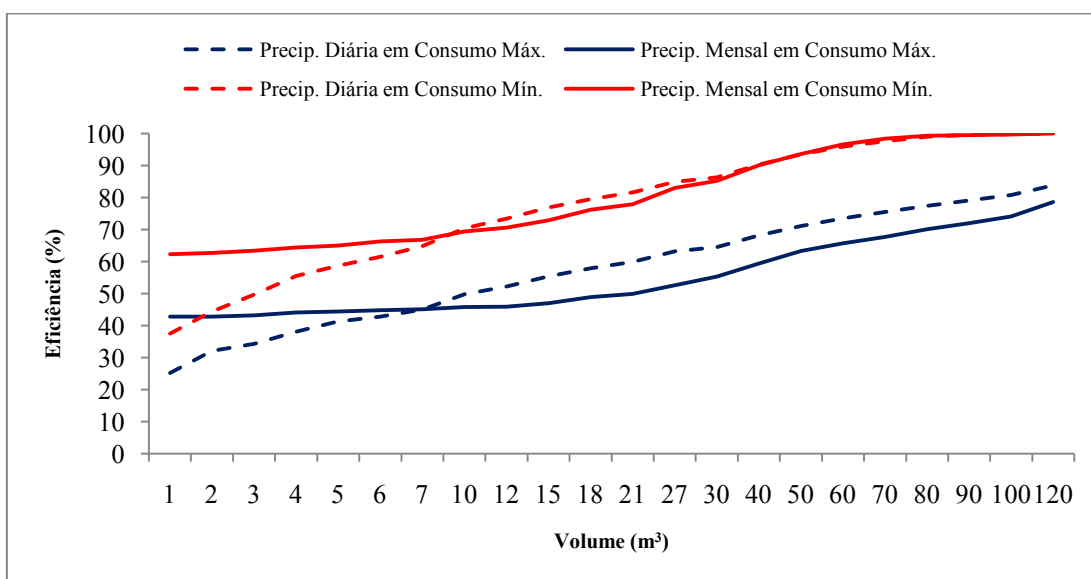


Figura 41 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Barcelos

Na zona de Lisboa em habitações unifamiliares (Figura 42), a eficiência apesar de não ser tão expressiva em dados mensais, apresenta resultados relativamente satisfatórios para dados de séries diárias. Para um consumo mínimo, um volume de 10 m³ atinge uma eficiência na ordem dos 40% e para uma capacidade de 120 m³, um aumento de apenas de 12%. Pode-se verificar que para a análise diária a eficiência estagna a partir de capacidades superiores a

100 m³, apresentando uma eficiência de 52%, ou seja, podemos aumentar o volume do reservatório que este não se torna mais eficiente, isto acontece porque não ocorre precipitação suficiente nesta zona para maiores enchimentos. Nota-se uma maior importância do tipo de análise de dados, pois em Lisboa as diferenças são superiores às de Barcelos por exemplo (Figura 41).

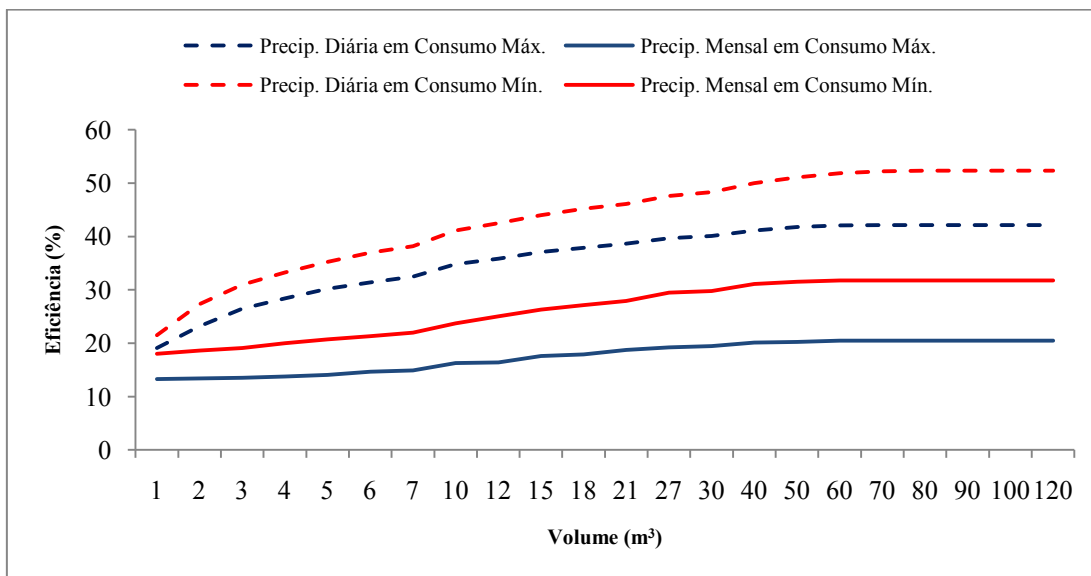


Figura 42 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Lisboa

Em habitações multifamiliares (Figura 43), constata-se uma proximidade de valores em consumo mínimo e uma maior discrepância em consumo máximo, entre séries diárias e mensais. Para consumo máximo existe uma diferença de eficiência de quase 20% entre consumos, para uma capacidade de 120 m³, no entanto este volume é demasiado grande para ser implementado e apresentar uma viabilidade económica benéfica para o utilizador. Os restantes valores andam na ordem de 10% a 15%, nos valores de capacidades mais baixas. Neste caso é importante uma análise com base em dados diários.

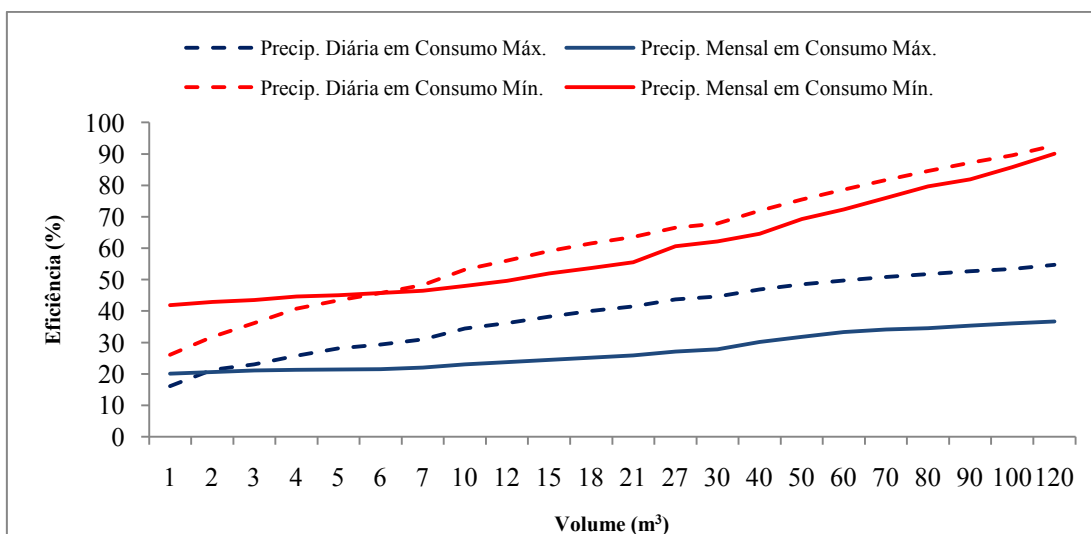


Figura 43 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Lisboa

Para o Alentejo as habitações unifamiliares (Figura 44), consta-se que a análise de séries mensais, apesar de não transmitirem a realidade de uso de um reservatório ao longo do mês, apresenta valores muito baixos em termos de eficiência como se pode verificar nos seguintes gráficos.

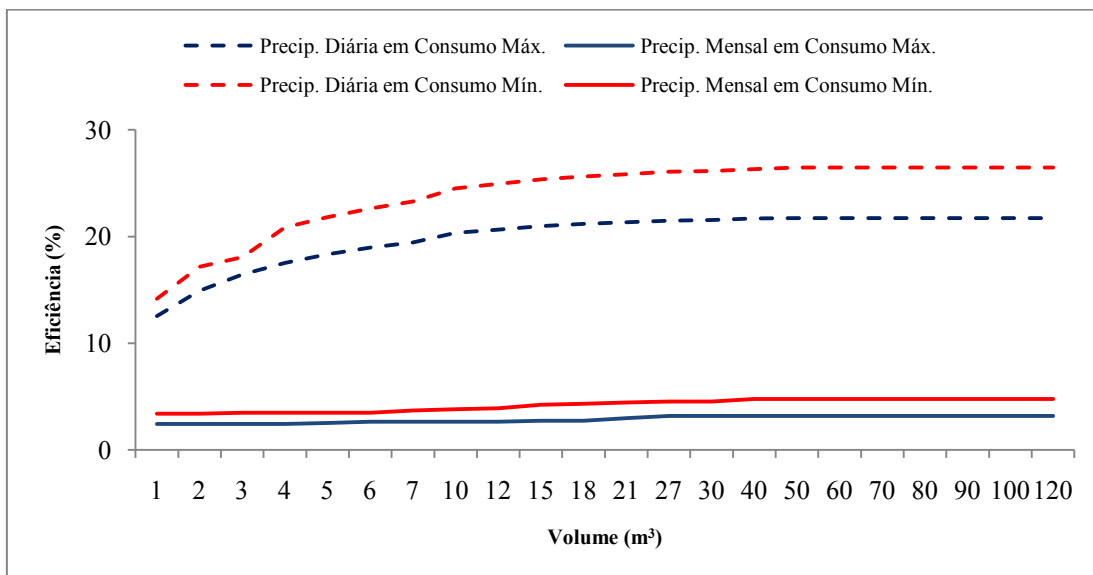


Figura 44 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações unifamiliares na zona de Serpa

Também se verifica que para as habitações multifamiliares da zona de Serpa (Figura 45) a eficiência é maior, isto porque não têm gastos com irrigação (que no Alentejo é maior que nas outras zonas), deixando de parte grande porção de consumo a que uma habitação unifamiliar está sujeita. Nestas habitações, é importante uma análise de dados diários, pois nesta zona que carece de precipitação, uma variação superior a 10% pode ser relevante na eleição do volume do reservatório. No caso de o consumo ser máximo, a importância é ainda maior, pois as eficiências diferem cerca de 20%.

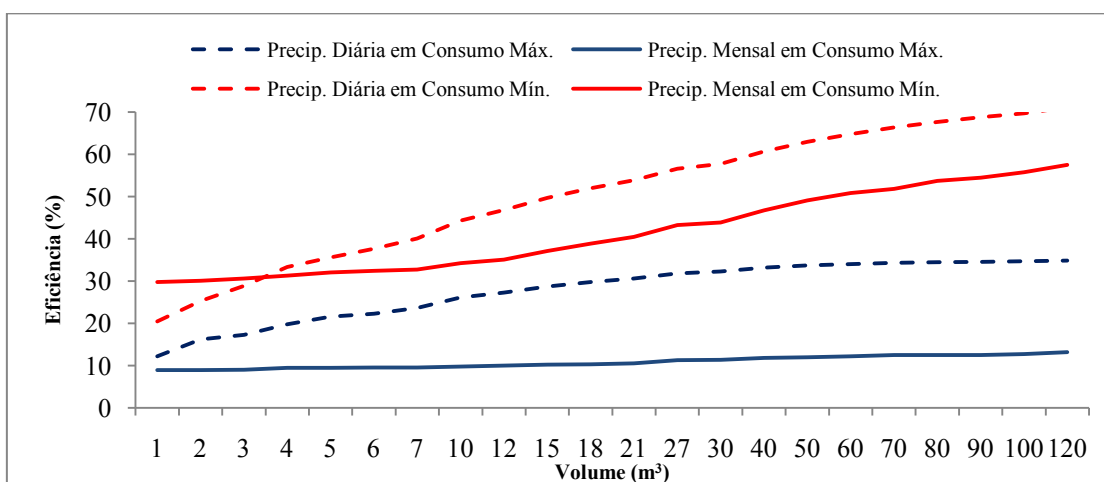


Figura 45 – Comparação entre a eficiência dos dados diários e mensais nos diferentes consumos nas habitações multifamiliares na zona de Serpa

4.9 Comparação de métodos de dimensionamento de reservatórios

Analisando as diferentes figuras e métodos de cálculo de reservatórios, pode-se compilar os dados nos seguintes quadros, permitindo uma melhor perspectiva do volume de reservatório a adoptar, comparando a real eficiência dos diferentes métodos. Foram elaborados diferentes quadros para os vários métodos de dimensionamento, e calculadas as suas eficiências pelos Métodos da Simulação e Australiano para uma perspectiva crítica da utilização dos métodos de dimensionamento de reservatórios.

Pelo Quadro 29, verifica-se que na região de Barcelos são apresentados resultados de eficiência bastante elevados no cálculo pelo método de Rippl. As restantes zonas apresentam resultados inferiores, ainda assim para habitações multifamiliares com consumo mínimo este método produz resultados elevados, 80% para Lisboa e 56% para Serpa. Conclui-se que o cálculo por este método, traz melhores resultados nas zonas com maiores precipitações e consumo baixo, não querendo isto dizer que os volumes calculados sejam de viável implantação no sistema, pois como se verifica são capacidades de grandes dimensões, não facilitando a sua construção por requisitos económicos ou até de espaço.

Quadro 29 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método de Rippl com dados diários nas diversas habitações e consumos

Zona	Tipologia do Edifício	Tipo de Consumo	Volume do Reservatório (m ³)	Eficiência (%)	
				Australiano	Simulação
Barcelos	Habitação Unifamiliar	Mínimo	55 m ³	90%	95%
		Máximo	69 m ³	80%	89%
	Habitação Multifamiliar	Mínimo	85 m ³	98%	99%
		Máximo	169 m ³	81%	90%
Lisboa	Habitação Unifamiliar	Mínimo	99 m ³	41%	52%
		Máximo	120 m ³	33%	42%
	Habitação Multifamiliar	Mínimo	111 m ³	80%	91%
		Máximo	256 m ³	45%	57%
Serpa	Habitação Unifamiliar	Mínimo	143 m ³	20%	26%
		Máximo	166 m ³	17%	22%
	Habitação Multifamiliar	Mínimo	141 m ³	56%	72%
		Máximo	281 m ³	27%	35%

No Quadro 30, apresentam-se as capacidades de reservatórios calculadas pelo Método Prático Alemão. Os volumes obtidos são inferiores aos calculados pelo método de Rippl, constatando-se que as suas eficiências são também inferiores. Obtêm-se resultados elevados na zona mais pluviosa, Barcelos, com eficiências na ordem dos 65% e 75% com consumos mínimos e 60% e 85% com consumos máximos. Nas regiões de Lisboa e Serpa, as eficiências diminuem, principalmente nas habitações unifamiliares devido ao elevado consumo e a falta de precipitação. Quando se fala de falta de precipitação, tem que se mencionar que esta está directamente relacionada com a área de captação pois a precipitação pode ser escassa, no entanto se existisse uma área de captação muito superior, o volume de água aproveitado poderia ser superior ao de uma zona com elevada pluviosidade e uma pequena área de captação.

Quadro 30 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método Prático Alemão nas diversas habitações e consumos

Zona	Tipologia do Edifício	Tipo de Consumo	Volume do Reservatório (m ³)	Eficiência (%)	
				Australiano	Simulação
Barcelos	Habitação Unifamiliar	Mínimo	11 m ³	63%	70%
		Máximo	14 m ³	55%	66%
	Habitação Multifamiliar	Mínimo	17 m ³	73%	79%
		Máximo	33 m ³	83%	88%
Lisboa	Habitação Unifamiliar	Mínimo	7 m ³	32%	38%
		Máximo	7 m ³	26%	33%
	Habitação Multifamiliar	Mínimo	17 m ³	53%	61%
		Máximo	19 m ³	34%	41%
Serpa	Habitação Unifamiliar	Mínimo	5 m ³	17%	22%
		Máximo	5 m ³	14%	18%
	Habitação Multifamiliar	Mínimo	12 m ³	39%	47%
		Máximo	12 m ³	22%	27%

O Método Prático Inglês (Quadro 31) apresenta resultados similares aos do método anterior. No entanto este método não faz distinção do tipo de consumo a que a habitação está sujeita. Por isso para calcular as eficiências foi necessário fazer a média da eficiência para um consumo mínimo e máximo da mesma capacidade. Como se pode analisar, comparando com os volumes obtidos pelo método Alemão os valores são similares, não existindo grandes discrepâncias entre eles.

Quadro 31 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método Prático Inglês nas diversas habitações e consumos

Zona	Tipologia do Edifício	Volume do Reservatório	Eficiência (%)	
			Australiano	Simulação
Barcelos	Habitação Unifamiliar	15 m ³	63%	71%
	Habitação Multifamiliar	38 m ³	73%	79%
Lisboa	Habitação Unifamiliar	7 m ³	29%	35%
	Habitação Multifamiliar	18 m ³	43%	51%
Serpa	Habitação Unifamiliar	5 m ³	16%	20%
	Habitação Multifamiliar	13 m ³	31%	38%

No Quadro 32 foi comparada a eficiência do volume do reservatório calculado pelo Método Prático Brasileiro, e nota-se um aumento das capacidades do reservatório em comparação com os métodos práticos anteriores. Como foi mencionado, este método foi elaborado para zonas climáticas distintas das portuguesas e por isso elabora uma sobrestimativa da dimensão do reservatório. Assim sendo, os volumes apresentam uma eficiência satisfatória nomeadamente na região de Barcelos, são pouco viáveis.

Quadro 32 – Comparação da eficiência do volume do reservatório calculado pelo método Prático Brasileiro nas diversas habitações e consumos

Zona	Tipologia do Edifício	Volume do Reservatório	Eficiência (%)	
			Australiano	Simulação
Barcelos	Habitação Unifamiliar	26 m ³	72%	78%
	Habitação Multifamiliar	64 m ³	81%	86%
Lisboa	Habitação Unifamiliar	24 m ³	35%	43%
	Habitação Multifamiliar	60 m ³	55%	64%
Serpa	Habitação Unifamiliar	22 m ³	18%	24%
	Habitação Multifamiliar	55 m ³	40%	49%

4.10 Resumo do capítulo

Neste capítulo analisaram-se diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios, utilizando várias combinações que envolviam a variação de consumos, de dados de precipitação e de localização. Conclui-se que para consumos mínimos, a eficiência do sistema é bastante maior, logo mais apelativo para o consumidor. Também que nas zonas de maior precipitação, a capacidade do reservatório é menor que as zonas onde chove menos. O método de Rippl e o Método Prático Brasileiro elaboram uma estimativa superior aos restantes.

Os métodos práticos apesar de fácil aplicação, não reflectem a realidade de consumo para as diversas situações, podendo, no entanto, aproximar-se da eficiência óptima em algumas situações, em que por exemplo não vale a pena aumentar a capacidade do reservatório se esta não traz maior eficiência mas sim maiores gastos económicos. O Método Prático Alemão e o Inglês apresentam resultados bastante idênticos no cálculo da capacidade do reservatório, ambos são recomendados pela especificação técnica ETA 0701 como métodos fiáveis de dimensionamento de reservatórios em Portugal. Pode-se ter diferentes variações, nomeadamente no consumo ou análise de dados, que as capacidades calculadas por estes métodos mantêm-se semelhantes.

Os métodos Australiano e da Simulação são bastante similares variando apenas na quantidade de água da chuva aproveitada e por isso as eficiências são idênticas, sendo bastante úteis na interpretação de uso do reservatório. Como se pôde analisar o método Australiano é mais conservador em relação ao da Simulação, apresentando eficiências menores pois conta com um maior desperdício de água captada no telhado das habitações. Estes métodos podem ser utilizados para verificação de eficiências calculadas por outros métodos. No Quadro 33 apresenta-se um resumo dos diferentes métodos com os diferentes factores de influência avaliados qualitativamente. Tem-se então que:

- MS - diferenças de volume superiores a 20%
- S - diferenças de volume entre 10% e 20%
- PS - diferenças de volume inferiores a 10%

Quadro 33 – Quadro Resumo da influência dos diversos factores de análise

Método utilizado	Zona	Tipologia	Influência da variação de consumos	Influência da utilização da série de precipitação diária ou mensal	Influência do tamanho da série de precipitação
Rippl	Barcelos	Unifamiliar	S	MS	PS
		Multifamiliar	MS	MS	-
	Lisboa	Unifamiliar	S	MS	S
		Multifamiliar	MS	MS	-
	Serpa	Unifamiliar	S	MS	S
		Multifamiliar	MS	MS	-
Alemão	Barcelos	Unifamiliar	PS	-	PS
		Multifamiliar	MS	-	-
	Lisboa	Unifamiliar	PS	-	PS
		Multifamiliar	S	-	-
	Serpa	Unifamiliar	PS	-	PS
		Multifamiliar	PS	-	-
Inglês	Barcelos	Unifamiliar	-	-	S
		Multifamiliar	-	-	-
	Lisboa	Unifamiliar	-	-	PS
		Multifamiliar	-	-	-
	Serpa	Unifamiliar	-	-	PS
		Multifamiliar	-	-	-
Brasileiro	Barcelos	Unifamiliar	-	-	S
		Multifamiliar	-	-	-
	Lisboa	Unifamiliar	-	-	PS
		Multifamiliar	-	-	-
	Serpa	Unifamiliar	-	-	PS
		Multifamiliar	-	-	-
Australiano	Barcelos	Unifamiliar	S	$MS < 2 \text{ m}^3 < PS$	-
		Multifamiliar	MS	$MS < 5 \text{ m}^3 < PS$	-
	Lisboa	Unifamiliar	PS	$PS < 5 \text{ m}^3 < S$	-
		Multifamiliar	$S < 6 \text{ m}^3 < MS$	$MS < 3 \text{ m}^3 < PS$	-
	Serpa	Unifamiliar	PS	S	-
		Multifamiliar	$S < 5 \text{ m}^3 < MS$	S	-
Simulação	Barcelos	Unifamiliar	PS	PS	-
		Multifamiliar	MS	S	-
	Lisboa	Unifamiliar	PS	S	-
		Multifamiliar	MS	$S < 2 \text{ m}^3 < PS$	-
	Serpa	Unifamiliar	PS	MS	-
		Multifamiliar	MS	S	-

Legenda: MS – muito significativa; S – significativa; PS – pouco significativa; “-“ – não entra para o cálculo

5 Análise económica

5.1 Consumos domésticos

De acordo com o Quadro 7 do capítulo 4 determinou-se o consumo típico por habitante para usos em que a água potável não pode ser substituída por água pluvial, obtendo-se o consumo total de uma habitação. Para isso, acrescentou-se o consumo por habitante em usos de banhos/duches, máquina de lavar loiça, torneiras e em perdas existentes. Para as habitações unifamiliares os consumos variam consoante a região, conforme já foi referido, pela diferente necessidade de água para rega de cada uma, sendo a zona do Alentejo a que mais água requer, daí um maior consumo. Os 336 litros expressos no Quadro 34 resultam do consumo de torneiras (22 litros/dia), banhos/duches (52 litros/dia), máquina de lavar louça (3 litros/dia), e perdas (7 litros/dia) de um agregado familiar de 4 pessoas. Os valores de consumo de água substituível são os de acordo com o Quadro 11, elaborada no capítulo 4.

Quadro 34 – Consumo mensal de habitações unifamiliares e respectiva percentagem de substituição por água não potável

	Barcelos		Lisboa		Alentejo	
	Consumo Mínimo	Consumo Máximo	Consumo Mínimo	Consumo Máximo	Consumo Mínimo	Consumo Máximo
Consumo de água potável (l)	336	336	336	336	336	336
Consumo de água substituível (l)	500	624	590	714	770	894
Consumo por habitação diário (l)	836	960	926	1050	1106	1230
Consumo Mensal por habitação (m ³)	25,08	28,80	27,78	31,50	33,18	36,90
Percentagem de consumo de água substituível	60%	65%	64%	68%	70%	73%

Para se obter o valor de consumo total de uma habitação multifamiliar, foram acrescentados os valores de consumo em que a água potável não pode ser substituída por água pluvial, consoante o Quadro 7 do Capítulo 4. Adicionaram-se 1248l/dia de banhos/duches correspondentes a 4 habitantes por cada 6 fogos (52 l.hab x 4 hab x 6 fogos = 1248 l), 72 litros por máquina de lavar loiça, e 528 litros de consumo em torneiras. Assim obtém-se um gasto de água na ordem dos 83,70 m³/mês para consumo mínimo e 106,02 m³/mês para consumo máximo. Para as habitações multifamiliares, foi considerado o consumo da totalidade dos fogos e por isso, o consumo mínimo total por ano de águas passíveis de substituição é de 23,44 m³ e de 45,58 m³ com consumo máximo. Por não haver consumo exterior, os consumos de cada habitação são idênticos, pois o consumo na rega variava de região em região consoante as horas de sol de cada uma. No Quadro 35, apresentam-se os valores de consumo diário e mensal, e ainda a percentagem de consumo de água passível de substituição por água potável.

Quadro 35 – Consumo de habitações multifamiliares e respectiva percentagem de substituição por água não potável

	Barcelos, Lisboa, Serpa	
	Consumo Mínimo	Consumo Máximo
Consumo de água potável (l)	336	336
Consumo de água substituível (l)	129	253
Consumo por fogo diário (l)	465	589
Consumo Mensal por habitação (m ³)	13,95	17,67
Consumo Mensal do edifício de habitação (m ³)	83,70	106,02
Percentagem de consumo de água substituível	28%	43%

5.2 Tarifário de consumo de água

Os dados foram fornecidos pelas empresas responsáveis pela distribuição de água dos respectivos concelhos, em Lisboa pela EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres), em Barcelos pela AdB (Águas de Barcelos) e em Serpa pela EMAS (Empresa Municipal de Água e Saneamento de Beja). Apresentam-se os diversos escalões de consumo correspondente ao consumo de água que existe em cada habitação, sendo que quanto maior é o consumo maior é o custo por m³ de água. Começando pela zona de Barcelos, no Quadro 36 apresentam-se os escalões e respectivos tarifários correspondentes a esta zona.

Quadro 36 – Consumos domésticos de água potável em Barcelos

Consumos domésticos de água potável em Barcelos			
1º escalão	2º escalão	3º escalão	4º escalão
Até 5,0 m ³	de 6,0 m ³ a 10 m ³	de 6 m ³ a 20 m ³	6 m ³ a superiores 20 m ³
0,65 €	0,98 €	1,24 €	1,70 €

No caso de uma habitação unifamiliar na zona de Barcelos, segundo o Quadro 34, tem-se um consumo total de 25,08 m³ em consumo mínimo e de 28,80 m³ para consumo máximo. Assim, o tarifário a pagar pelos consumidores é calculado conforme os Quadros 37, 38, 39 e 40, em que se determina o custo por cada escalão, acrescentando a taxa do IVA de 6% para consumo de água em uso doméstico. O gasto de cada habitação unifamiliar em água é de 39,62 € e de 46,33 € para consumo mínimo e máximo, respectivamente. Constata-se também que existe um gasto de 23,77 € e de 30,12 € em água que poderia ser substituída por água pluvial (consumos de autoclismos, máquina de lavar roupa, torneiras exterior e rega).

Quadro 37 – Tarifário para consumo mínimo em habitação unifamiliar na zona de Barcelos

Consumo mensal de 25,08 m ³ na zona de Barcelos					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,65	3,25		60%
4º escalão	20,08	1,70	34,13		
Total (Mês)			37,38	39,62	23,77 €
Total (Ano)				475,44	285,28 €

Para uma habitação unifamiliar na zona de Barcelos, o gasto em água que poderia facilmente ser substituída por água pluvial corresponde a 60% da água total consumida, o que equivale a uma factura de 23,77 € por mês e 258,28 € por ano. É um valor bastante atractivo visto que em apenas 4 anos poupar-se-ia mais de 1000 € na factura da água.

Quadro 38 – Tarifário para consumo máximo em habitação unifamiliar na zona de Barcelos

Consumo mensal de 28,80 m ³ na zona de Barcelos					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,65	3,25		65%
4º escalão	23,80	1,70	40,46		
Total (Mês)			43,71	46,33	30,12 €
Total (Ano)				555,96	361,40 €

Caso a habitação ainda use dispositivos pouco eficientes proporcionando um elevado consumo, a percentagem correspondente de água passível de substituição será de 65%. Ao fim do mês gastar-se-ia 30,12 € em água que pode ser substituída por água pluvial e ao fim do ano 361,40 €. Nota-se que esta habitação comparada com a de consumo mínimo poupa mais em água, no entanto talvez necessite de um reservatório superior podendo não ser mais viável economicamente que a anterior.

Para as habitações multifamiliares, o consumo corresponde a cada fogo. Sendo por isso o gasto do edifício em água que pode ser substituída por pluvial 4,26 € x 6 fogos = 25,56 € no total do mês e 306,72 € ao fim do ano. Dividiu-se o consumo por fogos porque a factura de água vem por fogo e não por edifício.

Quadro 39 – Tarifário de consumo mínimo em habitação multifamiliar na zona de Barcelos

Consumo mensal de 13,95 m ³ na zona de Barcelos					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível pluviais
1º escalão	5	0,65	3,25		28%
3º escalão	8,95	1,24	11,10		
Total (Mês)			14,35	15,21	4,26 €
Total (Ano)				182,52	51,12 €
Total edifício (Ano)				1.095,12	306,72 €

Quadro 40 – Tarifário de consumo máximo em habitação multifamiliar na zona de Barcelos

Consumo mensal de 17,67 m ³ na zona de Barcelos					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,65	3,25		43%
3º escalão	12,67	1,24	15,71		
Total (Mês)			18,96	20,13	8,66 €
Total (Ano)				241,56	104 €
Total edifício (Ano)				1.449,39	624€

Para uma habitação multifamiliar em que todos os fogos tenham um consumo máximo nos seus equipamentos, o gasto será superior ao anterior, sendo por mês 51,96 € e ao ano 624 €, ou seja, cada família por ano poupara cerca de 104€.

Os tarifários de consumo para a zona de Lisboa explícitos no Quadro 41, demonstram um elevado desnível de preços comparado com a zona de Barcelos (Quadro 36), pois o 1º escalão desta região é quase 4 vezes superior ao da capital.

Quadro 41– Tarifário de Consumos domésticos de água potável em Lisboa em rigor no ano 2011

Consumos domésticos de água potável em Lisboa		
1º escalão	2º escalão	3º escalão
Até 5,0 m ³	de 5 m ³ até 20 m ³	superiores a 20 m ³
0,182 €	0,5993 €	1,4141 €

Em habitações unifamiliares os consumos mínimos e máximos, tomam valores de 27,78 m³ e 31,50 m³, respectivamente. As tarifas de consumo são obtidas com o mesmo cálculo das da zona de Barcelos que foram demonstradas anteriormente. De seguida apresenta-se os resultados da simulação elaborada para consumo de água na zona de Lisboa, em habitações unifamiliares e multifamiliares com consumo mínimo e máximo (Quadros 42, 43, 44 e 45).

Quadro 42 – Tarifário em habitações unifamiliares para consumo mínimo na zona de Lisboa

Consumo mensal de 27,78 m ³ na zona de Lisboa					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,182	0,91		64%
2º escalão	15	0,5993	8,99		
3º escalão	7,78	1,4141	11,00		
Total (Mês)			20,90	22,15	14,17 €
Total (Ano)				265,80	170 €

Nas habitações unifamiliares nota-se uma menor poupança de água comparada com as da zona de Barcelos. Isto deve-se à diferença de preços da água que é inferior em Lisboa, gastando-se cerca de menos 115 € por ano com um consumo superior que em Barcelos. Assim uma habitação unifamiliar em Lisboa, tem gastos na ordem dos 170 € por ano em água que poderia ser substituída. Nas que têm um consumo máximo, a poupança é superior gastando-se 226,20 € em água passível de ser substituída por água pluvial, como se pode verificar no Quadro 43.

Quadro 43 – Tarifário em habitações unifamiliares para consumo máximo na zona de Lisboa

Consumo mensal de 31,50 m ³ na zona de Lisboa					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,182	0,91		68%
2º escalão	15	0,5993	8,99		
3º escalão	11,50	1,4141	16,26		
Total (Mês)			26,16	27,73	18,85 €
Total (Ano)				332,76	226,20 €

Para as habitações multifamiliares, a poupança por fogo é muito inferior. Principalmente devido ao pouco consumo e ao tarifário baixo. Isto faz com que as poupanças de água por cada fogo ao mês sejam de apenas 1,86 € e ao ano 22,33 €. Já em todos os fogos o gasto é de 134 € ao ano, tornando aparentemente pouco viável um SAAP comum para todo o edifício.

Quadro 44 – Tarifário de consumo mínimo em habitação multifamiliar na zona de Lisboa

Consumo mensal de 13,95 m ³ na zona de Lisboa					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,182	0,91		28%
2º escalão	8,95	0,5993	5,36		
Total (Mês)			6,27	6,64	1,86 €
Total (Ano)				79,68	22,33 €
Total edifício (Ano)				478,08	134 €

Caso os fogos tenham um consumo máximo o gasto em águas que possam ser substituídas é relativamente maior, chegando a quase 4 € por fogo. Isto faz com que ao ano em todo o edifício se gaste 278,64 € e 46,44 € por fogo em água passível de substituição. Este valor torna mais viável o uso de um SAAP comum para todo o edifício do que no caso do consumo mínimo.

Quadro 45 – Tarifário de consumo máximo em habitação multifamiliar na zona de Lisboa

Consumo mensal de 17,67 m ³ na zona de Lisboa					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,182	0,91		43%
2º escalão	12,67	0,5993	7,59		
Total (Mês)			8,50	9,01	3,87 €
Total (Ano)				108,12	46,44 €
Total edifício (Ano)				648,72	278,64€

No Alentejo, nomeadamente no Distrito de Beja, os tarifários são divididos em 6 escalões (Quadro 46), o dobro dos escalões existentes em Lisboa. Penalizando bastante os consumidores que excedam os 15 m³ de água, e caso excedam os 30 m³, a taxa a pagar por m³ é de 3,3602 €, mais do dobro que na capital.

Quadro 46 – Tarifário de consumos domésticos de água potável no Distrito de Beja, Alentejo em rigor no ano de 2011

Consumos domésticos de água potável no Distrito de Beja, Alentejo					
1º escalão	2º escalão	3º escalão	4º escalão	5º escalão	6º escalão
Até 5,0 m ³	Até 10 m ³	de 11 m ³ a 15 m ³	de 16 m ³ a 20 m ³	de 21 m ³ a 30 m ³	Superiores a 30 m ³
0,3922€	0,848€	1,0494€	1,7914€	2,5652€	3,3602€

Nas habitações unifamiliares da zona de Serpa, simulou-se um consumo mínimo de 33,18 m³ e um consumo máximo de 36,89 m³. Como se pode verificar pelo tarifário para a região no quadro anterior, para habitações unifamiliares tem-se uma factura de água de 60,14 € (Quadro 47) em consumo mínimo e de 73,39 € para um consumo máximo (Quadro 48). O equivalente aos gastos de águas passíveis de substituição é de 42,10 € para consumo mínimo e de 53,58 € para máximo. Nos Quadros 49 e 50, simulou-se o consumo para habitações multifamiliares,

apresentando facturas de 10,97 € e 17,20 €, com valores de 3,07 € e 7,39 € que poderiam ser substituídos por águas pluviais, por cada fogo.

Quadro 47 – Tarifário em habitações unifamiliares com consumo mínimo na zona de Serpa

Consumo mensal de 33,18 m ³ na zona de Serpa					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,3922	1,96		70%
2º escalão	5	0,848	4,24		
3º escalão	5	1,0494	5,25		
4º escalão	5	1,7914	8,96		
5º escalão	10	2,5652	25,65		
6º escalão	3,18	3,3602	10,68		
Total (Mês)			56,74	60,14	42,10 €
Total (Ano)				721,68	505,20 €

Note-se que o gasto ao ano desta habitação é de 505,20 € só em água substituível. Este é um valor bastante elevado que pode tornar viável a implantação de um SAAP nesta habitação, não fosse o facto de existir pouca precipitação nesta zona. Para as habitações com consumo máximo o gasto é ainda superior, no entanto será ainda mais difícil a viabilidade de um SAAP nestas habitações pela fraca pluviosidade existente. Para uma habitação com consumo máximo a poupança em água ainda é maior, chegando a valores aproximados de 643 €.

Quadro 48 – Tarifário em habitações unifamiliares com consumo máximo na zona de Serpa

Consumo mensal de 36,90 m ³ na zona de Serpa					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,3922	1,96		73%
2º escalão	5	0,848	4,24		
3º escalão	5	1,0494	5,25		
4º escalão	5	1,7914	8,96		
5º escalão	10	2,5652	25,65		
6º escalão	6,9	3,3602	23,18		
Total (Mês)			69,24	73,39	53,58 €
Total (Ano)				880,68	642,93 €

Como se pode comprovar, nas habitações multifamiliares com consumo mínimo (Quadro 49) poupa-se cerca de 3,07 € ao mês e 36,86 € ao ano por fogo. No total do consumo pelo edifício gasta-se 131,64 €. Nas habitações multifamiliares com consumo máximo (Quadro 50) poupa-se mais, cerca de 7,40 € por mês e 88,80 € por ano por fogo. No total do consumo pelo edifício gasta-se em água passível de substituição por água pluvial cerca de 221,04 € com consumo mínimo e 532,80 € com consumo máximo. Um valor bastante elevado, tornando possivelmente viável o uso de um SAAP neste tipo de edifícios

Quadro 49 – Tarifário de consumo mínimo em habitação multifamiliar na zona de Serpa

Consumo mensal de 13,95 m ³ na zona de Barcelos					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,3922	1,96		28%
2º escalão	5	0,848	4,24		
3º escalão	3,95	1,0494	4,15		
Total (Mês)			10,35	10,97	3,07 €
Total (Ano)				131,64	36,86 €
Total edifício (Ano)				789,84	221,04 €

Quadro 50 – Tarifário de consumo máximo em habitação multifamiliar na zona de Serpa

Consumo mensal de 17,67 m ³ na zona de Barcelos					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º escalão	5	0,3922	1,96		43%
2º escalão	5	0,848	4,24		
3º escalão	5	1,0494	5,25		
4º escalão	2,67	1,7914	4,78		
Total (Mês)			16,23	17,20	7,40 €
Total (Ano)				206,40	88,80€
Total edifício (Ano)				1.238,40	532,80 €

Como se verifica no Quadro 51, algumas zonas beneficiam de uma maior poupança de água, apenas porque o preço é mais elevado. Apesar de os consumos serem idênticos nas diferentes regiões, numa habitação multifamiliar em Barcelos, paga-se mais de o dobro de uma habitação multifamiliar em Lisboa. É de esperar que para esta zona os SAAP tragam maiores benefícios económicos. Nas habitações multifamiliares, o gasto total por ano é relativo ao gasto de todo o edifício.

Quadro 51 – Resumo dos tarifários das diversas habitações

Zona	Tipologia	Consumo	Gasto Total por ano	Gasto em água substituível
Barcelos	Unifamiliar	Mínimo	475,44 €	285 €
		Máximo	555,96 €	361 €
	Multifamiliar	Mínimo	1.095,12 €	307 €
		Máximo	1.449,39 €	624 €
Lisboa	Unifamiliar	Mínimo	265,80 €	170 €
		Máximo	332,76 €	226 €
	Multifamiliar	Mínimo	478,08 €	134 €
		Máximo	648,72 €	279 €
Serpa	Unifamiliar	Mínimo	721,68 €	505 €
		Máximo	880,68 €	643 €
	Multifamiliar	Mínimo	789,84 €	221 €
		Máximo	1.238,40 €	532 €

O que se pode concluir do quadro anterior, é que as regiões com maior precipitação e maior consumo, são as que mais gastam em água, ou seja, as que mais poupam com a implantação do SAAP. No entanto, apesar do elevado consumo na habitação unifamiliar de Serpa, a autonomia do reservatório é menor como se verificou anteriormente, e apesar do elevado gasto em água que poderia ser substituída, a fraca pluviosidade pode não permitir a viabilidade de implantação.

5.3 Orçamento do SAAP

5.3.1 Eleição do volume do reservatório

As diferentes regiões requerem diferentes volumes de reservatórios com o objectivo de satisfazerem as diferentes necessidades. Assim, estuda-se caso a caso o volume ideal de cada habitação, implicando diferentes orçamentos e períodos de retorno do investimento. Parece claro que um reservatório na zona Norte do País seja menor que um da zona Sul, no entanto, um estudo mais aprofundado é necessário para uma melhor análise destes sistemas.

No âmbito de se obter a maior rentabilidade do sistema, foram atribuídos os volumes de reservatórios dos Quadros 52 e 53 aos casos de estudo em questão. Pode-se notar que na zona do Alentejo em habitações unifamiliares, a autonomia que um SAAP proporcionada pode não satisfazer os requisitos económicos de um investidor/consumidor. Essa matéria será abordada nos subcapítulos seguintes, dando maior ênfase à viabilidade económica do sistema.

Em Barcelos na habitação unifamiliar, optou-se pelo uso de um reservatório de 5 m³ com autonomia de 60%, isto porque ao aumentar esta capacidade, para por exemplo 10 m³, ganha-se um acréscimo de apenas 10% em termos de autonomia do sistema, podendo não compensar o investimento económico para retorno num período mais curto. Na habitação multifamiliar o volume do reservatório elegido foi de 10 m³ pois existe repartição dos gastos de investimento (6 fogos do edifício) e um maior consumo, apesar da taxa de autonomia nos 5 m³ ser de 60%, o investimento que cada familiar terá de fazer num SAAP é mais atenuado, proporcionando maiores benefícios económicos com o acréscimo da taxa de autonomia em 10%.

Na habitação unifamiliar da zona de Lisboa, a capacidade de 3 m³ satisfaz as exigências de consumo em 31%, comparando com o dobro da capacidade esta satisfaz apenas mais 6%, não justificando o investimento numa capacidade maior. Nas habitações multifamiliares verificou-se que para uma capacidade de 10 m³ a eficiência proporcionada pelo reservatório era de 54%, e um com capacidade de 15 m³ aumenta apenas 5%, também não justificando o acréscimo.

No Alentejo, na zona de Serpa, nota-se uma clara diferença de autonomia comparado com as regiões anteriores. Muito devido à falta de precipitação, mas também devido ao elevado consumo principalmente de rega. Elegeu-se uma capacidade de 4 m³ proporcionando uma autonomia de 21%. De notar, que a eficiência máxima desta habitação seria de 26,5% com uma capacidade de 50 m³, demonstrando que existe de facto falta de precipitação nesta zona para aumentar a viabilidade do sistema. Na habitação multifamiliar, o uso de um reservatório com 21 m³ permite 54% de eficiência do SAAP. Nesta habitação optou-se por um volume maior, pelo facto do tarifário de consumo doméstico nesta região ser bastante superior ao de Lisboa (como se verificou no subcapítulo 6.2), e a eficiência menor. Isto faz com que o aumento percentual de eficiência traga um maior benefício económico do sistema, até valores na ordem dos 20 m³.

Quadro 52 – Capacidades dos reservatórios nas diferentes zonas e respectivas autonomias para habitações com consumo mínimo

Zona	Tipologia	Capacidade do reservatório (m ³)	Autonomia do reservatório
Barcelos	Unifamiliar	5	60%
	Multifamiliar	10	70%
Lisboa	Unifamiliar	3	31%
	Multifamiliar	10	54%
Alentejo	Unifamiliar	4	21%
	Multifamiliar	20	53%

A análise das habitações com consumo máximo é demonstrada pelo Quadro 52. Como se pode verificar, as eficiências do sistema são menores que as de consumo mínimo, não querendo dizer no entanto que se poupará menos dinheiro, pois estas habitações têm gastos mais elevados que as anteriores.

Em Barcelos, em ambas as habitações optou-se pelo mesmo volume de reservatório e como se pode verificar as eficiências baixaram em 7% e 20% nas habitações unifamiliares e multifamiliares.

Em Lisboa, as capacidades arbitradas foram de 5 m³ e 7 m³, correspondendo a uma autonomia de 30% e 31%. Pelo facto do tarifário da água ser reduzido em Lisboa, os volumes foram eleitos tendo em conta este factor, não aumentando em demasia a capacidade, associada a um custo de investimento mais elevado, e o valor monetário de poupança mais difícil de amortizado.

Para o Alentejo, na habitação unifamiliar regista-se uma autonomia bastante baixa, de apenas 19% para um volume de 6 m³. Ao optar por uma capacidade de 10 m³ a eficiência aumentava apenas 1% e para os 50 m³ uma autonomia de 22%, a maior proporcionada nestas condições. Para as habitações multifamiliares com uma capacidade de 18 m³ atinge-se 29% de eficiência.

Quadro 53 – Capacidades dos reservatórios nas diferentes zonas e respectivas autonomias para habitações com consumo máximo

Zona	Tipologia	Capacidade do reservatório (m ³)	Autonomia do reservatório
Barcelos	Unifamiliar	5	53%
	Multifamiliar	10	50%
Lisboa	Unifamiliar	5	30%
	Multifamiliar	7	31%
Alentejo	Unifamiliar	6	19%
	Multifamiliar	15	29%

Os preços dos reservatórios foram estimados em consulta de empresas que se dedicam à sua comercialização no nosso País. Optou-se por polietileno de alta densidade (PEAD), pois são os mais encontrados no mercado e porque permitem uma fácil montagem, transporte e preços acessíveis. Na Figura 46 apresenta-se uma média de preços de várias empresas do ramo. Aos valores estimados foi acrescentado a taxa do IVA em vigor, 23% para este tipo de equipamento. Segundo as comercializadoras, o transporte também está incluído no orçamento, no entanto, as actividades de construção civil não constam no orçamento, sendo elaborado posteriormente.

Como se pode observar, existe uma relação aproximadamente linear entre custo e capacidade de um reservatório deste material. Com este gráfico, facilita-se a estimativa da capacidade de reservatórios para vários tipos de volumes.

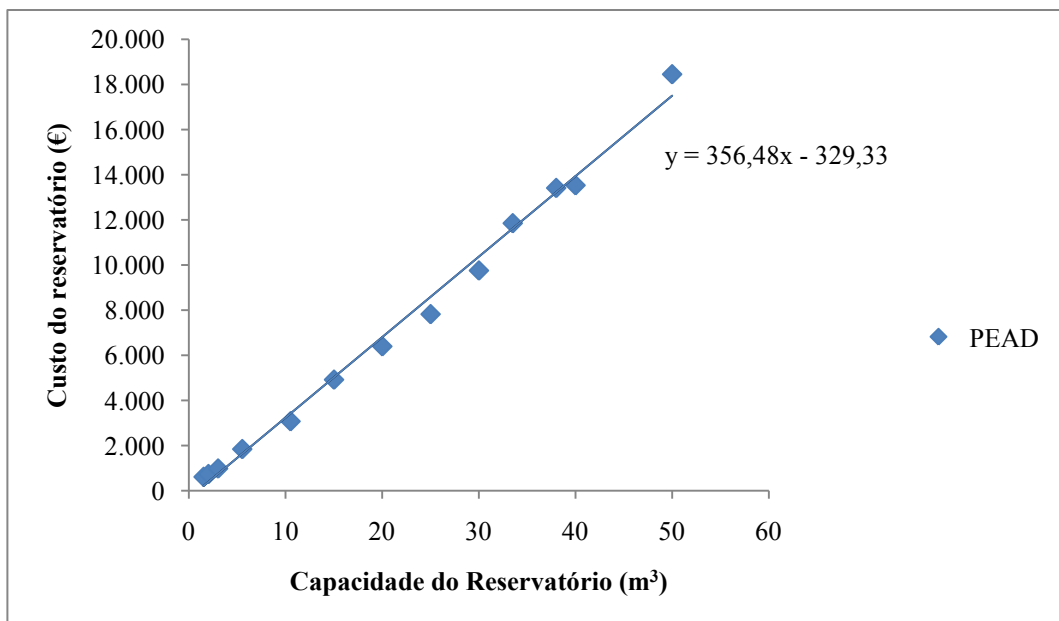


Figura 46 – Relação Custo/Capacidade de Reservatórios em PEAD existentes no mercado

Na Figura 46 obtém-se a expressão gráfica da relação custo/capacidade através da função;

$$\text{Custo de reservatório PEAD (€)} = 356,48 \times \text{Capacidade (m}^3\text{)} - 329,33 \quad (9)$$

Assim através da expressão, obtiveram-se os custos dos reservatórios descritos nos Quadros 54 e 55.

Quadro 54 – Custos associados dos reservatórios elegidos para habitações em consumo mínimo

Zona	Tipologia	Capacidade do reservatório (m³)	Custo (€)
Barcelos	Unifamiliar	5	1453,10
	Multifamiliar	10	3235,50
Lisboa	Unifamiliar	3	740,00
	Multifamiliar	10	3235,50
Alentejo	Unifamiliar	4	1096,60
	Multifamiliar	20	6.800,30

Quadro 55 – Custos associados dos reservatórios elegidos para habitações em consumo máximo

Zona	Tipologia	Capacidade do reservatório (m3)	Custo (€)
Barcelos	Unifamiliar	5	1453,10
	Multifamiliar	10	3235,50
Lisboa	Unifamiliar	5	1453,10
	Multifamiliar	7	2166,05
Alentejo	Unifamiliar	6	1809,55
	Multifamiliar	15	5017,90

5.3.2 Estimativa de custos dos componentes do SAAP

Os componentes do sistema, serão na sua grande maioria, os mesmos nas diferentes simulações de estudo, variando principalmente o sistema de bombagem (que para um edifício terá de ser mais potente) e o filtro, que como se analisou no Capítulo 3 depende das áreas de captação. Sendo uma área de captação do edifício multifamiliar superior a 350 m², necessita de um filtro com capacidade de processamento mais elevada. Sendo por isso dividida a análise em habitações unifamiliares e multifamiliares. Nos Quadros 56 e 57 apresentam-se as listagens dos diversos componentes necessários ao funcionamento do SAAP para cada tipo de habitação.

Quadro 56 – Componentes do SAAP para habitações unifamiliares

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Total
1.	Filtro para Águas Pluviais para áreas até 350 m ²	1	UN	522,75 €
2.	Acessórios			
2.1	Sifão de Overflow com barreira anti roedores	1	UN	190,65 €
2.2	Dispositivo de Sucção com Mangueira	1	UN	135,30 €
2.3	Entrada Anti-Turbulência	1	UN	136,82 €
3.	Sistema de Bombagem	1	UN	678,87 €
4.	Sistema de Alimentação Automática da rede de Água Potável com Indicador de Nível Electrónico	1	UN	645,40 €
Total				2.309,79 €

Nas habitações multifamiliares os preços de alguns equipamentos aumentam, como seria o caso do filtro para águas pluviais que até áreas de 700 m² custa à volta de 2300 €, não justificando o investimento pois pode-se aplicar dois filtros idênticos aos usados nas habitações unifamiliares em cada tubo de queda. O preço do sistema de Alimentação Automático da Rede aumenta em cerca de 200 €, tal como o sistema de bombagem por necessitar uma potência superior.

Quadro 57 – Componentes do SAAP para habitações multifamiliares

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Total
1.	Filtro para Águas Pluviais para coberturas até 350 m ²	2	UN	1.045,50 €
2.	Acessórios			
2.1	Sifão de Overflow com barreira anti roedores	1	UN	170,63 €
2.2	Dispositivo de Sucção com Mangueira	1	UN	210,25 €
2.3	Entrada Anti-Turbulência	1	UN	116,82 €
3.	Sistema de Bombagem	1	UN	806,82 €
4.	Sistema de Alimentação Automática da rede de Água Potável com Indicador de Nível Electrónico	1	UN	845,40 €
Total				3.195,42 €

5.3.3 Estimativa dos gastos em actividades de construção civil

Além dos componentes do sistema, existem gastos em actividades que normalmente são cobrados ao consumidor. Resumem-se a trabalhos de construção civil normalmente subempreitados pelas empresas de instalação de SAAP. A escavação da vala para assentamento do reservatório, colocação da laje de betão para suporte do reservatório, montagem da rede de água pluvial que inclui toda uma nova rede de distribuição e acessórios necessários à colocação

das diversas tubagens. Foram consultadas empresas de construção e bibliografia de preços para aproximar uma estimativa do verdadeiro custo de um SAAP. Primeiro obtiveram-se as dimensões dos reservatórios de cada caso de estudo de modo a se conseguir calcular o volume de escavação, e o volume de betão na base de suporte para cada reservatório, já descritos no Quadro 5 do subcapítulo 3.5. De relembrar que pelas especificações técnicas já mencionadas, a escavação da vala deve exceder em 50 cm para cada lado da dimensão do reservatório.

No Anexo VIII e IX, apresentam-se alguns preços das actividades de movimentação de terras, betonagem e instalação da rede de água suplementar do SAAP. Como se verificou na legislação em vigor apresentada no subcapítulo 2.6, é necessária instalar uma rede de água totalmente separada de modo a não se misturar com a rede de água potável do sistema público de abastecimento.

Como se pode comprovar pelo Anexo V, a área de escavação para as habitações unifamiliares é de 45 m² e para as multifamiliares de 55 m², tendo uma profundidade de cerca de 1 m, perfazendo um volume de escavação de 45 m³ em habitações unifamiliares e 55 m³ em habitações multifamiliares. Assim, para além do volume de escavação de cada reservatório, tem-se ainda o volume de instalação da tubagem. Apresenta-se ainda uma estimativa das actividades orçamentadas por unidade de m³. O material para aterro do ponto nº 2.2, foi calculado pelo volume das tubagens instaladas no terreno, dando um valor aproximado de 0,53 m³.

Foram medidas as dimensões da rede de tubagem em planta, e estimados diâmetros da rede de água. A tubagem é de polietileno de alta densidade (PEAD) e obedece a todas as especificações já mencionadas anteriormente.

5.3.4 Estimativa Total

Calcula-se a estimativa dos trabalhos de construção civil das diferentes habitações e depois acrescenta-se para cada caso o volume de escavação do reservatório e do betão para a soleira. Assim tem-se no Anexo V, o mapa de quantidades geral de uma habitação unifamiliar e na Anexo VI o mapa de quantidades geral de uma habitação multifamiliar. Nos Quadros 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64 e 65, apresenta-se uma estimativa total do custo de implantação de um SAAP nas diversas habitações e regiões com os dois tipos de consumo.

Quadro 58 – Custo de SAAP em Barcelos para habitação unifamiliar com consumo mínimo e máximo e em Lisboa para habitação unifamiliar com consumo máximo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	14,18	m ³	9,60 €	136,13 €
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	5,0	m ³	4,35 €	21,75 €
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado	1,35	m ³	193,40 €	261,10 €
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				1.345,10 €
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações unifamiliares				2.309,79 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 5000 Litros de capacidade				1.453,10€
Total					5.526,97€

Quadro 59 – Custo de SAAP em Barcelos para habitação multifamiliar com consumo mínimo e máximo e em Lisboa para habitação multifamiliar com consumo mínimo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	25,85	m ³	9,60 €	248,16 €
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	10,0	m ³	4,35 €	43,50 €
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado	2,59	m ³	193,40 €	500,90 €
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				3.595,25 €
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações multifamiliares				3.195,42 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 10.000 Litros de capacidade				3.235,50€
Total					10.818,73€

Quadro 60 – Custo de SAAP em Lisboa para habitação unifamiliar com consumo mínimo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	11,87	m ³	9,60 €	113,95 €
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	3,0	m ³	4,35 €	13,05 €
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado	1,13	m ³	193,40 €	218,54 €
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				1.345,10 €
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações unifamiliares				2.309,79 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 3.000 Litros de capacidade				740,00 €
Total					4.740,43 €

Quadro 61 – Custo de SAAP em Lisboa para habitação multifamiliar com consumo máximo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	18,41	m ³	9,60 €	176,74 €
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	7,0	m ³	4,35 €	30,45 €
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado	2,06	m ³	193,40 €	398,40 €
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				3.595,25 €
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações multifamiliares				3.195,42 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 7.000 Litros de capacidade				2.166,05 €
Total					9.562,31€

Quadro 62 – Custo de SAAP em Serpa para habitação unifamiliar com consumo mínimo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	13,83	m ³	9,60 €	132,77 €
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	4,0	m ³	4,35 €	17,40 €
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado	1,31	m ³	193,40 €	253,35 €
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				1.345,10 €
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações unifamiliares				2.309,79 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 4.000 Litros de capacidade				1.096,60 €
Total					5.155,01 €

Quadro 63 – Custo de SAAP em Serpa para habitação unifamiliar com consumo máximo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	17,60	m ³	9,60 €	169 €
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	6,0	m ³	4,35 €	26,10 €
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado	1,97	m ³	193,40 €	381 €
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				1.345,10 €
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações multifamiliares				2.309,79 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 6.000 Litros de capacidade				1.809,55 €
Total					6.040,54 €

Quadro 64 – Custo de SAAP em Serpa para habitação multifamiliar com consumo mínimo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	43,75	m ³	9,60 €	420,00 €
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	20,00	m ³	4,35 €	87,00 €
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado	4,61	m ³	193,40 €	891,57 €
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				3.595,25 €
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações multifamiliares				3.195,42 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 20.000 Litros de capacidade				6.800,30 €
Total					14.989,54 €

Quadro 65 – Custo de SAAP em Serpa para habitação multifamiliar com consumo máximo

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras para instalação do reservatório				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações	34,60	m ³	9,60 €	332,16€
1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação	15,00	m ³	4,35 €	65,25€
2.	Betão armado				
2.1	Fornecimento e execução de betão armado,	4,15	m ³	193,40 €	802,61€
3.	Sistema de Abastecimento de Água incluindo movimentação de terras para tubagem				3.595,25€
4.	Fornecimento e instalação dos componentes do SAAP para habitações multifamiliares				3.195,42 €
5.	Fornecimento e montagem de reservatório com 15.000 Litros de capacidade				5.017,90 €
Total					12.997,59 €

5.4 Análise da viabilidade económica

A análise de viabilidade procura determinar as possibilidades de sucesso económico e financeiro do SAAP. Através deste estudo são efectuadas previsões dos proveitos e dos custos gerados e calculados diversos indicadores de viabilidade, baseados na avaliação dos fluxos de tesouraria gerados, entre os quais o Valor Actual Líquido (VAL) e o Período de Retorno do Investimento (PRI) ou *Payback Period*. O VAL pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (10)$$

Onde;

- CF_t = Cashflow no ano *t* (€)
- *t* = Taxa de actualização (%)

- n = Duração do projecto
- i = Investimento inicial

O Período de Retorno do Investimento é quando o Valor Actual Líquido é nulo, indicando a variável n em que se recupera o investimento. Estes dois indicadores são de simples aplicação e dos mais usados em análises de viabilidade económica. O Quadro 66 demonstra os vários tipos de habitação com os respectivos investimentos iniciais e os benefícios anuais em poupança de água. A autonomia do SAAP é determinada pela eficiência do reservatório que está explicita nos Quadros 52 e 53.

Quadro 66 – Custos de investimento e benefícios de um SAAP nas diferentes regiões, tipologias e tipos de consumos.

Zona	Tipologia	Consumo	Custo do SAAP	Autonomia do SAAP	Gasto total em água “não potável”	Poupança de água ao ano
Barcelos	Unifamiliar	Mínimo	5.526,97€	60%	285 €	171 €
		Máximo	5.526,97€	53%	361 €	191 €
	Multifamiliar	Mínimo	10.818,73€	70%	307 €	215 €
		Máximo	10.818,73€	50%	624 €	312 €
Lisboa	Unifamiliar	Mínimo	4.740,43 €	31%	170 €	53 €
		Máximo	5.526,97€	30%	226 €	68 €
	Multifamiliar	Mínimo	10.818,73€	54%	134 €	72 €
		Máximo	9.562,31€	31%	279 €	87 €
Serpa	Unifamiliar	Mínimo	5.155,01 €	21%	505 €	106 €
		Máximo	6.040,54 €	19%	643 €	122 €
	Multifamiliar	Mínimo	14.989,54 €	53%	221 €	117 €
		Máximo	12.997,59 €	29%	533 €	155 €

A poupança de água ao ano foi calculada multiplicando a autonomia do SAAP pelo gasto da habitação em uso de águas que poderiam ser substituídas por águas pluviais. Por exemplo para uma habitação unifamiliar de Barcelos com consumo mínimo, sendo a autonomia de 60%, e o gasto 285,28 € em água passível de substituição, a poupança de água ao ano é de 171 €.

No cálculo dos indicadores teve que se ter em conta o aumento do preço da água ao ano, e para isso foram contactadas as empresas de distribuição de água de cada região que disponibilizaram os tarifários em vigor no início da década. Verificou-se que o aumento nos últimos 10 anos na cidade de Barcelos foi de 55%, em Lisboa o aumento foi de 35%, e ainda reduziram o número de escalões de 4 para 3, em Serpa o aumento rondou os 40%, com escalões a aumentarem mais que outros. Esta actualização é obrigatória para uma análise económica, porque o valor da água que se poupa agora não é o mesmo do que se poupa daqui a 10 anos, logo os *cashflows* acumulados ao ano vão aumentando consoante a taxa de inflação.

Em seguida apresenta-se a linha do *cashflow* acumulado actualizado das habitações unifamiliares (Figura 47). Inicia-se em valores negativos, pois considera-se o valor despendido pelo investimento inicial do SAAP, e que este vai amortizando com o passar dos anos, pela poupança de água que o sistema permite. Como se pode verificar a região que apresenta melhores resultados de viabilidade económica é em Barcelos, com a habitação de consumo máximo a ter um período de retorno no investimento inferior a todos os outros, embora a

diferença para a de consumo mínimo não seja muito relevante. Esta apresenta um *payback* de 17,6 anos enquanto que na zona de Lisboa, o investimento é amortizado em mais de 50 anos.

É interessante notar que apesar da zona de Lisboa ser mais pluviosa que Serpa, é nesta que é mais rentável instalar um SAAP. Isto porque o tarifário da água para consumo doméstico em Lisboa é muito inferior ao de Serpa, além disso o aumento do preço do m³ de água ao ano é inferior ao de Serpa. Nota-se ainda que no ano em que o *cashflow* acumulado é igual a zero na zona de Lisboa, em Barcelos o SAAP gerou um lucro próximo dos 25.000€.

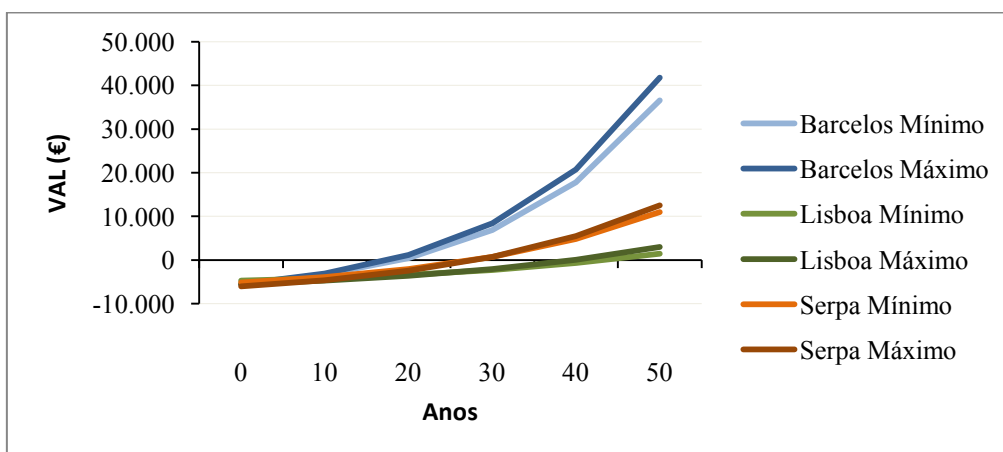


Figura 47 – VAL para habitações unifamiliares

Para as habitações multifamiliares (Figura 48), nota-se uma maior diferença entre os *cashflows* acumulados das habitações com consumo mínimo e máximo, devendo-se principalmente à diferença percentual entre consumos, já que não existe consumo exterior. Verifica-se também que existe um período de retorno no investimento inferior às habitações unifamiliares, apesar de um investimento inicial superior. Deve-se ao facto de não existirem gastos na principal actividade de consumo das habitações unifamiliares, a rega, podendo assim armazenar água para os restantes consumos. Uma análise mais promenorizada de cada caso de estudo é elaborada nos Anexos X, XI, XII, XIII, XIV e XV.

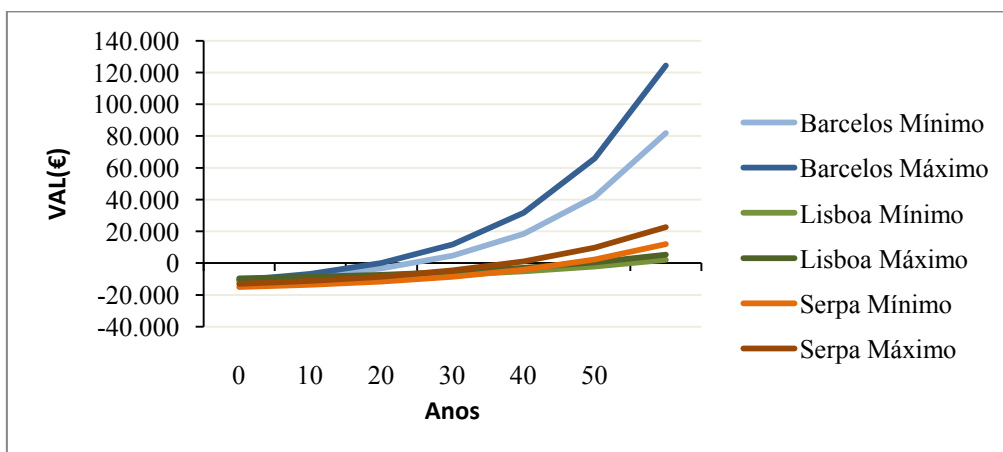


Figura 48 – VAL para habitações multifamiliares

6 Síntese e conclusões

A água é um bem essencial à vida, no entanto é esgotável. Este início de século depara-se com uma situação até então desprezada, a escassez de água. Como se pôde verificar, existe uma distribuição desigual deste recurso pelas diferentes zonas do planeta. Devido a inúmeros factores já mencionados, tais como o aumento da população, aumento das áreas urbanas ou mudança de comportamentos socioeconómicos (nomeadamente na higiene), é exigida uma maior quantidade de água que a que o nosso planeta pode oferecer hoje em dia, agravando-se este factor com o decorrer do tempo. Para combater este problema surgem actualmente várias medidas de eficiência hídrica, entre elas, o aproveitamento de águas pluviais.

Foi elaborada uma pesquisa histórica que demonstrou que esta é uma prática usada desde a antiguidade por todo o mundo. Apresentou-se a legislação da água e a sua evolução, fazendo uma breve referência a alguns sistemas de aproveitamento de águas pluviais utilizados em Portugal.

Nesta dissertação tentou-se clarificar e demonstrar todos os requisitos de instalação de um SAAP. Caracterizaram-se todos os componentes existentes, desde os telhados onde é captada a água da chuva, os órgãos de condução (caleiras e tubos de queda), dispositivos de primeira lavagem, reservatórios de armazenamento e tratamento da água. Definiram-se também alguns tipos de materiais e respectivas vantagens em cada um destes.

Foram estudados seis casos de estudo, no qual se dimensionou todo o SAAP, consoante as características de cada um. Foram apresentados modelos de instalação dos sistemas integrados nas habitações e simulou-se os respectivos consumos de cada caso com base em estudos da área.

Apesar das limitações inerentes ao número de casos estudados, o presente estudo permite elencar as seguintes conclusões:

- A diferença de consumos entre o mínimo (onde se usam dispositivos eficientes) e máximo (dotados de dispositivos pouco eficientes) tem um impacto diferente na escolha da capacidade do reservatório consoante a região e o tipo de edifício. Nas regiões mais pluviosas a diferença entre consumos tem maior impacto na autonomia do SAAP, independentemente do tipo de edifício. No entanto, conclui-se que nas habitações multifamiliares a diferença de consumo é mais significativa que as habitações unifamiliares.
- A utilização de dados diários ou mensais tem um maior impacto nas regiões onde há falta de pluviosidade, e principalmente em habitações multifamiliares. Nota-se também que para o cálculo de volumes de pequenas dimensões em habitações multifamiliares, a utilização de dados mensais conduz a um sobredimensionamento da capacidade do reservatório.
- A dimensão das séries de precipitação utilizadas na análise revelou ter pouca influência no valor da capacidade do reservatório, em qualquer dos métodos práticos ou de Rippl. No entanto, é fundamental que a série a utilizar tenha dimensão suficiente para incluir períodos húmidos e períodos de seca para evitar situações de subdimensionamento ou sobredimensionamento do reservatório, respectivamente.

- Nas zonas de menor pluviosidade, não é aconselhável a utilização do método de Rippl no cálculo da capacidade do reservatório, pois sobredimensiona a dimensão do mesmo inviabilizando a implantação de um SAAP.
- Os volumes dos reservatório obtidos pelos métodos inglês e alemão conduzem a custos que se aproximam da viabilidade económica, podendo ser adoptados para uma estimativa da capacidade óptima do reservatório.
- Os métodos da simulação e australiano são bastante úteis na medida em que permitem saber a eficiência do SAAP, permitindo estimar o volume de água que não necessita de ser consumido da rede de água potável. O método australiano apresenta, também, valores mais conservadores que o método da simulação, pois aproveita menos água que o segundo.
- Verificou-se que para zonas de menor pluviosidade, serão necessários reservatórios com dimensões bastante superiores às calculadas para zonas mais chuvosas, pois têm de armazenar maiores quantidades de água ao longo do ano para satisfazer as necessidades de consumo nas épocas secas.
- A região com maior pluviosidade apresenta o menor o período de retorno do investimento do SAAP.
- O factor mais importante para um sistema ser ou não viável é o preço por m³ de água, pois apesar de chover mais 30% em Lisboa do que em Serpa, a implantação de um SAAP é mais viável em Serpa devido a ter um tarifário mais baixo.
- A implantação de um SAAP é mais viável em habitações multifamiliares, pois o consumo não inclui a rega, que constitui uma parcela importante nas habitações unifamiliares e que não é totalmente garantida pela água pluvial.

Resumindo, o período de retorno do investimento num SAAP é bastante elevado, entre 17,4 anos em Barcelos e 60 anos em Lisboa. Isto deve-se principalmente aos tarifários baixos que actualmente se praticam. No entanto, com a crescente falta de água em vários países e a possível privatização do sector da água, seguramente os preços de consumo irão aumentar não apenas com a inflação, mas em percentagens superiores, tornando mais atractiva a implementação de SAAP.

7 Desenvolvimentos futuros

Tendo em conta o trabalho desenvolvido e as conclusões obtidas, considerou-se que futuramente poderiam ser efectuados os seguintes desenvolvimentos:

- Alargar o âmbito do estudo a outras zonas do País, criando uma carta de viabilidade com os períodos de retorno do investimento, que permita aos projectistas considerarem ou não a hipótese de implementação de um SAAP. Este alargamento à escala nacional poderá levantar alguns problemas, nomeadamente de insuficiência de dados de precipitação diária em algumas zonas do País.
- Estudo da viabilidade da implementação de SAAP em edifícios com grandes áreas de captação, como são o caso de algumas unidades industriais e comerciais, onde os tarifários mais elevados podem conduzir a períodos de retorno do investimento mais curtos.
- Estudo da utilização de SAAP com sistemas de aproveitamento de águas cinzentas e negras. Estes últimos não dependem da variabilidade temporal da precipitação, e em zonas de fraca pluviosidade podem ter um grande contributo para a viabilidade do investimento, pois apenas dependem do consumo de cada habitação.
- Estudar a influência que as alterações climáticas, nomeadamente o previsível aumento da variabilidade temporal da precipitação, podem ter na análise de viabilidade apresentada.

Bibliografia

- 3P Technick.** (s.d.). Obtido em Novembro de 2010, de <http://www.3ptechnik.co.uk>
- Alt, R. (2009).** *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.* São Paulo.
- Amorim, S. V. (2008).** *Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.* São Carlos, Brasil.
- Anirban Khastagir (2010).** *Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation.* School of Civil, Environmental and Chemical Engineering, RMIT University, Melbourne, Australia
- Anecchini, K. P. (2005).** *Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória.* Vitória.
- ANQIP. (2009).** *ETA070: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios.*
- ANQIP. (2009).** *ETA0702: Certificação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.*
- Aprovechamiento de Agua Lluvia - Depósitos pluviales.** (s.d.). Obtido em Novembro de 2010, de Skywater: <http://www.skywatercompany.com>
- Associação Nacional para Qualidade nas Instalações Prediais.** (s.d.). Obtido em Novembro de 2010, de ANQIP: <http://www.anqip.pt>
- Bertolo, E.J.P. (2006).** *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações.* Dissertação realizada sob a supervisão do Professor Doutor Mário Neves do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Junho de 2006.
- Barroso, Luís (2010).** *Construção Sustentável – Soluções comparativas para o uso eficiente da água nos edifícios de habitação.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Basinger, M. (2010).** *Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation.* Columbia University, Earth and Environmental Engineering Department, New York, USA.
- Carlson, M. R. (2005).** *Percepção dos actores sociais quanto as alternativas de implantação e captação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em Joinville.* Joinville: Universidade do Vale do Itajaí.
- Chilton, J.C (1999).** *Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with a large roof.* University of Nottingham
- Coomber, P.J.; Spinks, A.; Evans, C.; Dunstan, H.** *Performance of Rainwater tanks at an Inner City House in Carrington NSW During a Drought.* School of Environmental and Life Sciences. University of Newcastle, Australia.
- Cudell, G. (2000).** *Manual de instalação de rega.* Porto.

Cunliffe, D.A (1998). *Guidance on the use of rainwater tanks*. National Environmental health Forum Monographs. South Australian Health Commission.

Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto (1994). *Revisão e Actualização dos Regulamentos Gerais das Canalizações de Água e de Esgoto*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Decreto-Lei n.º 207/94 de 6 de Agosto.

Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto (1995). *Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais*. Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto.

Digital, D. (2008). *Aproveitamento de água da chuva Graf*. Obtido em Novembro de 2010, de Graf Portugal: <http://www.graf.pt>

DQA. (2000). *Directiva do Quadro da Água*.

Ecoágua- <http://www.ecoagua.pt/index.php>

Ecoágua (2007). *Aproveitamento de água pluvial*. 3P Technik Filtersysteme GmbH. Ecoágua, Lda. Lisboa.

Edgar L. Villarreal , Andrew Dixon (2003). *Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrkoöping, Sweden*

Enedir Ghisi, Sulayre Mengotti de Oliveira (2007). *Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil*. Laboratory of Energy Efficiency in Buildings, Department of Civil Engineering, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brazil

Fayez A. Abdulla (2009). *Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan*. Water Resources and Environmental Engineering Program, Civil Engineering Department. Jordan University of Science & Technology, Jordan

Fewkes A. (1999). *Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach*. Department of Building and Environmental Health. The Nottingham Trent University

Fewkes A. (1998). *The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system*. Department of Building and Environmental Health, The Nottingham Trent University

Gnadlinger, J. (2000). *Colheita de água da chuva em áreas rurais*. Haia, Holanda: IRPAA.

Guidelines for residential properties in Camberra (2008). Camberra: ACT Government.

INAG. (2002). *Modelo Numérico de Precipitação*. Lisboa: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Kessel Rainwater Management Systems Catalog (2009). London.

Kessel Rainwater Systems. (s.d.). Obtido em Novembro de 2010, de Kessel Rainwater: <http://www.kesselrainwater.co.uk>

Kingspanwater (2006) – Integrated Rainwater Harvesting System. London, England

Malqui, F. A. (2008). *Captação da água da chuva para utilização residencial*. Santa Maria, Brasil.

- May, S (2004).** *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações.* Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Neves, M.V. (2006).** *Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos.* Porto.
- LNEC (2001).** *Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água.* Lisboa: Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.
- Oliveira, E. N. (2007).** *Uso eficiente da água numa fábrica de betão e análise da sua utilização na produção de betão.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Oliveira, F. T. (2008).** *Aproveitamento de águas pluvial em usos urbanos em Portugal Continental – Simulador para avaliação da viabilidade.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental apresentada ao Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- ONU. (2006).** *Relatório Anual de Desenvolvimento.*
- ONU. (2009).** *World Water Development Report.*
- Ortiz, P.M.(2003).** *Materiais e ferramentas para construção de uma caixa de água em ferro cimento.* São José Cerrito.
- Pedroso, V. (2000).** *Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de água.* Lisboa: LNEC.
- Pedroso, V. (2009).** *Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios.* Informações Científicas Técnicas, LNEC.
- Rainwater Harvesting Handbook (2001) - Assessment of Best Practises and Experience in Water Harvesting.** African Development Bank
- Ree-Ho Kim (2005).** *Application of a metal membrane for rainwater utilization: filtration characteristics and membrane fouling.* Korea Institute of Construction Technology
- Rotoport (2007).** *Quadro de preços – depósitos.* Março. Versão 08/2007.
- Santos, L. d. (2001).** *Segurança e defesa na viragem do milénio.* Sintra: EUROPA-AMÉRICA.
- Sickermann, J. (Fevereiro de 2002).** Como construir sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações. *Téchne 59*, pp. 69-72.
- Skywater Catalog (2010).** Barcelona: Ecologic Water Technologies S.L.
- Smith A. (1998).** Water reuse at the UK's millennium dome. *Membrane Technology* No. 118, pp 5-8.
- SNIRH.** *Dados de precipitação.* Obtido em Novembro de 2010, de <http://snirh.inag.pt>
- Stormsaver (2003).** *Stormsaver Catalog 2003.* London.
- União Europeia.** *Directiva do Conselho n° 98/83/CE de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano.*

The Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005). Austin, Texas: Texas Water Development Board in Cooperation.

Thomas, P.R.; Grenne, G.R. (1993). *Rainwater quality from different roof catchments.* Water Science.

Tomaz, P. (2010). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis vol II.*

Virginia Rainwater Harvesting Manual (2007). *A comprehensive guide to examining, designing and maintaining rainwater harvesting systems to abate stormwater runoff.* Compiled by The Cabell Brand Center

Vivian W.Y. Tam (2010). *Cost effectiveness and tradeoff on the use of rainwater tank: An empirical study in Australian residential decision-making.* journal homepage: www.elsevier.com/locate/resconrec

Wung, T. S. (2005). *Rainwater reuse supply and demand response in urban elementary school of different districts in Taipei.* Department of Civil Engineering, National Taiwan University, Taiwan

Anexos

Anexo IV – Análise comparativa de dados diários e mensais pelo método de Rippl para a zona de Barcelos e consumo mínimo

Quadro 67 - Análise da capacidade do reservatório por dados diários e consumo mínimo pelo método de Rippl

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
01-01-1990 09:00	0,50	4,8384	4,3384	0,00
02-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
03-01-1990 09:00	0,50	1,9872	1,4872	0,00
04-01-1990 09:00	0,50	0,9936	0,4936	0,00
05-01-1990 09:00	0,50	0,3168	-0,1832	-0,18
06-01-1990 09:00	0,50	1,152	0,652	0,00
07-01-1990 09:00	0,50	2,592	2,092	0,00
08-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
09-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
10-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
11-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
12-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,48
13-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,98
14-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,47
15-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,97
16-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,46
17-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,96
18-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,45
19-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,95
20-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,45
21-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,94
22-01-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,44
23-01-1990 09:00	0,50	0,3888	-0,1112	-7,55
24-01-1990 09:00	0,50	1,512	1,012	0,00
25-01-1990 09:00	0,50	0,936	0,436	0,00
26-01-1990 09:00	0,50	1,9872	1,4872	0,00
27-01-1990 09:00	0,50	1,1952	0,6952	0,00
28-01-1990 09:00	0,50	3,9312	3,4312	0,00
29-01-1990 09:00	0,50	0,0576	-0,4424	-0,44
30-01-1990 09:00	0,50	5,3136	4,8136	0,00
31-01-1990 09:00	0,50	3,4704	2,9704	0,00
01-02-1990 09:00	0,50	0,7632	0,2632	0,00

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
02-02-1990 09:00	0,50	2,8512	2,3512	0,00
03-02-1990 09:00	0,50	2,2896	1,7896	0,00
04-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
05-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
06-02-1990 09:00	0,50	0,936	0,436	0,00
07-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
08-02-1990 09:00	0,50	1,2528	0,7528	0,00
09-02-1990 09:00	0,50	1,224	0,724	0,00
10-02-1990 09:00	0,50	0,144	-0,356	-0,35
11-02-1990 09:00	0,50	0,6192	0,1192	0,00
12-02-1990 09:00	0,50	0,0288	-0,4712	-0,47
13-02-1990 09:00	0,50	0,8496	0,3496	0,00
14-02-1990 09:00	0,50	0,072	-0,428	-0,42
15-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,92
16-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,42
17-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,91
18-02-1990 09:00	0,50	0,216	-0,284	-2,19
19-02-1990 09:00	0,50	0,432	-0,068	-2,26
20-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,75
21-02-1990 09:00	0,50	1,1088	0,6088	0,00
22-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
23-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
24-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
25-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
26-02-1990 09:00	0,50	0,4752	-0,0248	-2,00
27-02-1990 09:00	0,50	0,0432	-0,4568	-2,46
28-02-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,95
01-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,45
02-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,94
03-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,44
04-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,94
05-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,43
06-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,93
07-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,42
08-03-1990 09:00	0,50	3,6	3,1	0,00
09-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
10-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
11-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
12-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
13-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,48
14-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,98
15-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,47
16-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,97

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
17-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,46
18-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,96
19-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,45
20-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,95
21-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,45
22-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,94
23-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,44
24-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,93
25-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,43
26-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,93
27-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,42
28-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,92
29-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,41
30-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,91
31-03-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,41
01-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,90
02-04-1990 09:00	0,50	3,1248	2,6248	0,00
03-04-1990 09:00	0,50	2,664	2,164	0,00
04-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
05-04-1990 09:00	0,50	0,4752	-0,0248	-0,52
06-04-1990 09:00	0,50	3,3552	2,8552	0,00
07-04-1990 09:00	0,50	0,648	0,148	0,00
08-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
09-04-1990 09:00	0,50	0,288	-0,212	-0,70
10-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,20
11-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,70
12-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,19
13-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,69
14-04-1990 09:00	0,50	1,9584	1,4584	0,00
15-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
16-04-1990 09:00	0,50	0,072	-0,428	-0,92
17-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,42
18-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,91
19-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,41
20-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,90
21-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,40
22-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,90
23-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,39
24-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,89
25-04-1990 09:00	0,50	0,1728	-0,3272	-5,21
26-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,71
27-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,20
28-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,70

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
-----	----------------------------------	---------------------------------------	--	---------------------------------------

29-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,19
30-04-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,69
01-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,19
02-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,68
03-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,18
04-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,67
05-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,17
06-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,66
07-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,16
08-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,66
09-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-12,15
10-05-1990 09:00	0,50	2,1024	1,6024	0,00
11-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
12-05-1990 09:00	0,50	0,3168	-0,1832	-0,67
13-05-1990 09:00	0,50	0,36	-0,14	-0,81
14-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,31
15-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,80
16-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,30
17-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,79
18-05-1990 09:00	0,50	0,4032	-0,0968	-2,89
19-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,38
20-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,88
21-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,37
22-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,87
23-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,37
24-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,86
25-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,36
26-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,85
27-05-1990 09:00	0,50	0,648	0,148	0,00
28-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
29-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
30-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
31-05-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
01-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,48
02-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,98
03-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,47
04-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,97
05-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,46
06-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,96
07-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,45
08-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,95
09-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,45
10-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,94

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
11-06-1990 09:00	0,50	0,2448	-0,2552	-7,19
12-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,69
13-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,19
14-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,68
15-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,18
16-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,67
17-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,17
18-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,66
19-06-1990 09:00	0,50	0,9072	0,4072	0,00
20-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
21-06-1990 09:00	0,50	0,4464	-0,0536	-0,55
22-06-1990 09:00	0,50	0,504	0,004	0,00
23-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
24-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
25-06-1990 09:00	0,50	0,6192	0,1192	0,00
26-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
27-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
28-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
29-06-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
30-06-1990 09:00	0,50	0,504	0,004	0,00
01-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
02-07-1990 09:00	0,50	0,2016	-0,2984	-0,79
03-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,29
04-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,78
05-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,28
06-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,77
07-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,27
08-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,77
09-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,26
10-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,76
11-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,25
12-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,75
13-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,24
14-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,74
15-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,24
16-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,73
17-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,23
18-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,72
19-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,22
20-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,72
21-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,21
22-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,71
23-07-1990 09:00	0,50	0,4752	-0,0248	-10,73

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
24-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,22
25-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,72
26-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-12,22
27-07-1990 09:00	0,50	0,0576	-0,4424	-12,65
28-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-13,15
29-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-13,65
30-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-14,14
31-07-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-14,64
01-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-15,13
02-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-15,63
03-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-16,13
04-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-16,62
05-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-17,12
06-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-17,61
07-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-18,11
08-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-18,61
09-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-19,10
10-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-19,60
11-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-20,09
12-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-20,59
13-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-21,08
14-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-21,58
15-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-22,08
16-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-22,57
17-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-23,07
18-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-23,56
19-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-24,06
20-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-24,56
21-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-25,05
22-08-1990 09:00	0,50	5,2128	4,7128	0,00
23-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
24-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
25-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
26-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
27-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,48
28-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,98
29-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,47
30-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,97
31-08-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,46
01-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,96
02-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,45
03-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,95
04-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,45

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
05-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,94
06-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,44
07-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-7,93
08-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,43
09-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-8,93
10-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,42
11-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-9,92
12-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,41
13-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-10,91
14-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,41
15-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-11,90
16-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-12,40
17-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-12,89
18-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-13,39
19-09-1990 09:00	0,50	0,4608	-0,0392	-13,42
20-09-1990 09:00	0,50	2,16	1,66	0,00
21-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
22-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
23-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
24-09-1990 09:00	0,50	0,6192	0,1192	0,00
25-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
26-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
27-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
28-09-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
29-09-1990 09:00	0,50	1,296	0,796	0,00
30-09-1990 09:00	0,50	1,3248	0,8248	0,00
01-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
02-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
03-10-1990 09:00	0,50	1,6272	1,1272	0,00
04-10-1990 09:00	0,50	1,0512	0,5512	0,00
05-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
06-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
07-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
08-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
09-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,48
10-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,98
11-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,47
12-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,97
13-10-1990 09:00	0,50	0,576	0,076	0,00
14-10-1990 09:00	0,50	1,296	0,796	0,00
15-10-1990 09:00	0,50	12,2832	11,7832	0,00
16-10-1990 09:00	0,50	0,1872	-0,3128	-0,31
17-10-1990 09:00	0,50	2,304	1,804	0,00

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
-----	----------------------------------	---------------------------------------	--	---------------------------------------

18-10-1990 09:00	0,50	5,5152	5,0152	0,00
19-10-1990 09:00	0,50	0,1728	-0,3272	-0,32
20-10-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,82
21-10-1990 09:00	0,50	3,456	2,956	0,00
22-10-1990 09:00	0,50	2,088	1,588	0,00
23-10-1990 09:00	0,50	3,9312	3,4312	0,00
24-10-1990 09:00	0,50	0,6624	0,1624	0,00
25-10-1990 09:00	0,50	0,72	0,22	0,00
26-10-1990 09:00	0,50	3,1392	2,6392	0,00
27-10-1990 09:00	0,50	0,144	-0,356	-0,35
28-10-1990 09:00	0,50	2,7936	2,2936	0,00
29-10-1990 09:00	0,50	6,3792	5,8792	0,00
30-10-1990 09:00	0,50	2,9664	2,4664	0,00
31-10-1990 09:00	0,50	2,0016	1,5016	0,00
01-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
02-11-1990 09:00	0,50	0,1008	-0,3992	-0,89
03-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,39
04-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,88
05-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,38
06-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,87
07-11-1990 09:00	0,50	1,1376	0,6376	0,00
08-11-1990 09:00	0,50	1,5264	1,0264	0,00
09-11-1990 09:00	0,50	1,7712	1,2712	0,00
10-11-1990 09:00	0,50	1,008	0,508	0,00
11-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
12-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
13-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
14-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
15-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,48
16-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,98
17-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,47
18-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,97
19-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,46
20-11-1990 09:00	0,50	0,4176	-0,0824	-4,54
21-11-1990 09:00	0,50	3,096	2,596	0,00
22-11-1990 09:00	0,50	0,0864	-0,4136	-0,41
23-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,91
24-11-1990 09:00	0,50	4,608	4,108	0,00
25-11-1990 09:00	0,50	2,7792	2,2792	0,00
26-11-1990 09:00	0,50	2,232	1,732	0,00
27-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
28-11-1990 09:00	0,50	0,0864	-0,4136	-0,91
29-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,40

Dia	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
-----	----------------------------------	---------------------------------------	--	---------------------------------------

30-11-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,90
01-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,39
02-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,89
03-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,38
04-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,88
05-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,38
06-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,87
07-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,37
08-12-1990 09:00	0,50	0,5184	0,0184	0,00
09-12-1990 09:00	0,50	0,2016	-0,2984	-0,29
10-12-1990 09:00	0,50	0,8496	0,3496	0,00
11-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,50
12-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-0,99
13-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,49
14-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-1,98
15-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,48
16-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-2,98
17-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-3,47
18-12-1990 09:00	0,50	0,0144	-0,4856	-3,95
19-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,45
20-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-4,94
21-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,44
22-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-5,94
23-12-1990 09:00	0,50	0	-0,5	-6,43
24-12-1990 09:00	0,50	0,6048	0,1048	0,00
25-12-1990 09:00	0,50	4,1328	3,6328	0,00
26-12-1990 09:00	0,50	1,6272	1,1272	0,00
27-12-1990 09:00	0,50	3,3984	2,8984	0,00
28-12-1990 09:00	0,50	0,7056	0,2056	0,00
29-12-1990 09:00	0,50	4,032	3,532	0,00
30-12-1990 09:00	0,50	1,5984	1,0984	0,00
31-12-1990 09:00	0,50	3,384	2,884	0,00

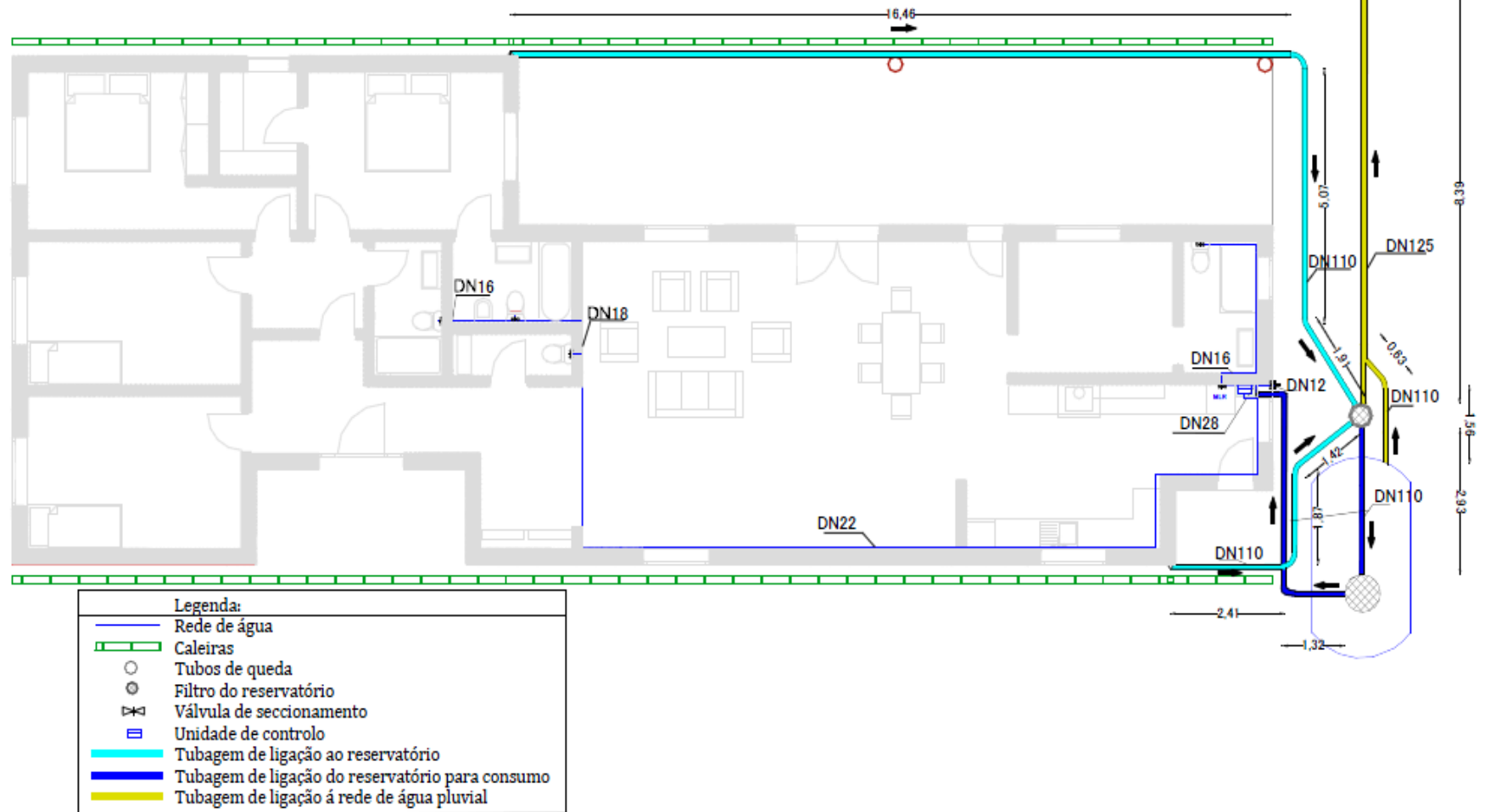
Valor Máximo Da Diferença Acumulada (m ³)	25,05
---	-------

Quadro 68 - Análise da capacidade do reservatório por dados mensais e consumo mínimo pelo método de Rippl

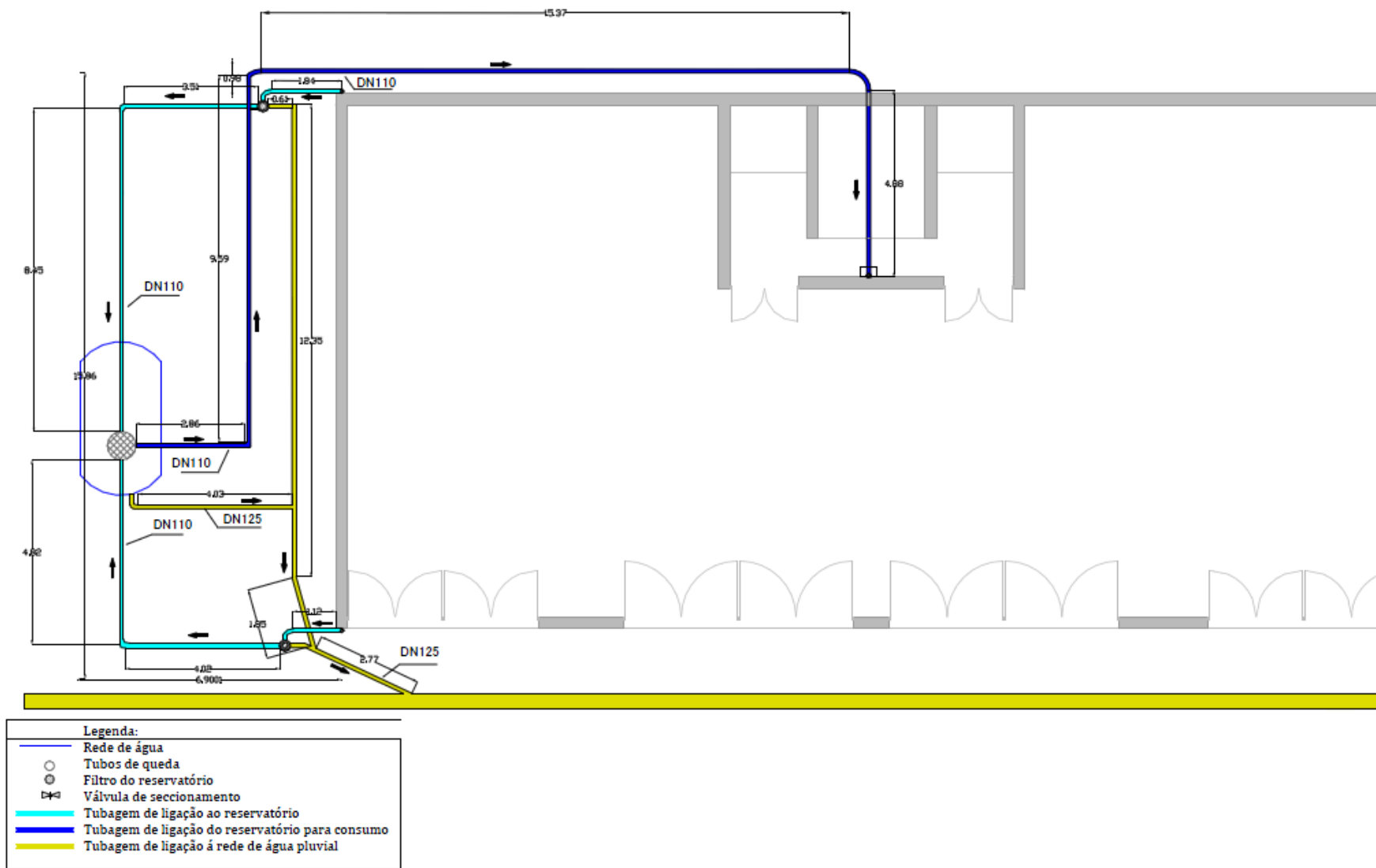
Mês	Consumo Mínimo (m ³)	Volume Aproveitável (m ³)	Diferença entre Volume Aproveitável e Consumo Mínimo	Diferença Acumulada (m ³)
01-01-1990 09:00	15,08	30,672	15,592	0,00
01-02-1990 09:00	15,08	13,3056	-1,7744	-1,78
01-03-1990 09:00	15,08	3,6	-11,48	-13,26
01-04-1990 09:00	15,08	12,7584	-2,3216	-15,59
01-05-1990 09:00	15,08	3,8304	-11,2496	-26,84
01-06-1990 09:00	15,08	3,2256	-11,8544	-38,70
01-07-1990 09:00	15,08	0,7344	-14,3456	-53,05
01-08-1990 09:00	15,08	5,2128	-9,8672	-62,92
01-09-1990 09:00	15,08	5,8608	-9,2192	-72,14
01-10-1990 09:00	15,08	53,2944	38,2144	0,00
01-11-1990 09:00	15,08	18,8496	3,7696	0,00
01-12-1990 09:00	15,08	21,0672	5,9872	0,00

Valor Máximo Da Diferença Acumulada (m ³)	72,14
---	-------

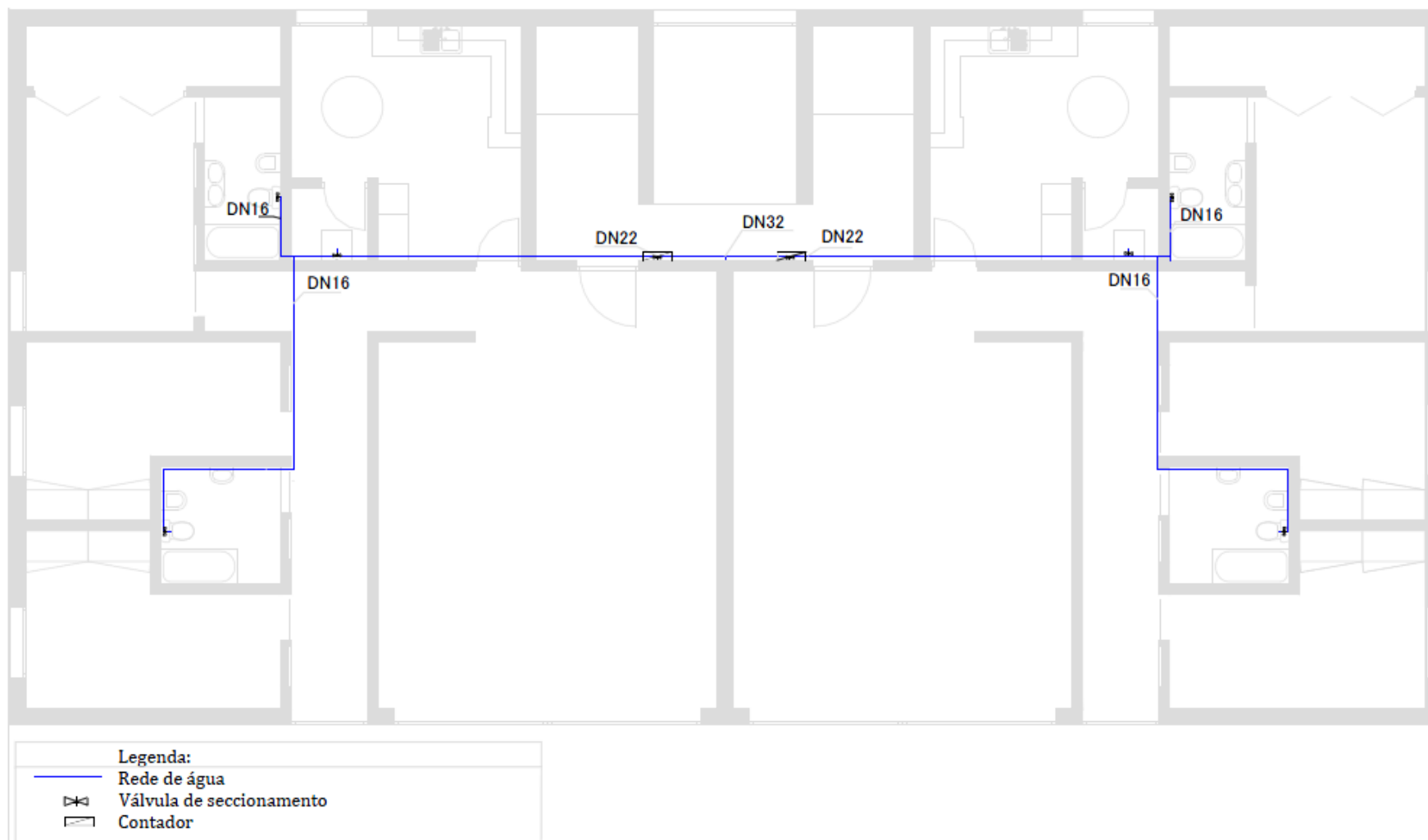
Anexo V – Planta de Habitação Unifamiliar com SAAP e rede de água não potável



Anexo VI – Planta de Habitação Multifamiliar com SAAP



Anexo VII – Rede de água não potável nos dois fogos da habitação multifamiliar



Anexo VIII – Preços e quantidades de trabalhos e materiais da construção civil de um SAAP em habitações unifamiliares

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Un.	Preço Total
1.	Movimentação de Terras				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações para implantação de órgãos, incluindo eventuais operações de baldeação e remoção para os terrenos adjacentes e/ou depósito provisório, entivação, drenagem do fundo e/ou rebaixamento do nível freático quando necessário	36,30	m ³	9,60 €	348,48 €
1.2	Aterro com produtos sobrantes da escavação, incluindo a remoção dos produtos para aterro, espalhamento, rega, compactação, todos os trabalhos e materiais necessários, conforme peças desenhadas.	0,53	m ³	4,35 €	2,31€
2.	Sistema de Abastecimento de Água				
2.1	Tubagem				
2.1.1	Fornecimento e montagem de tubo em Polietileno de Alta Densidade PN20 (PEAD), abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:				
2.1.1.1	DN 12	0,50	m	0,28	0,14 €
2.1.1.2	DN 16	7,80	m	0,33	2,57 €
2.1.1.3	DN 18	3,24	m	0,42	1,36 €
2.1.1.4	DN 22	22,33	m	0,71	15,85 €
2.1.1.5	DN 28	2,50	m	0,85	2,13 €
2.1.2	Fornecimento e montagem de tubo em PVC PN16, de:				
2.1.2.1	DN 110	57	m	12,34	703,38 €
2.1.2.2	DN 125	7,20	m	15,84	114,05 €
2.2	Equipamento				
2.2.1	Fornecimento e montagem de válvulas de seccionamento de macho esférico, em latão, aplicadas a montante da torneira de bica roscada das instalações sanitárias, em tubagem com os diâmetros de:				
2.2.1.1	DN12	1	un	16,10	16,10 €
2.2.1.2	DN16	2	un	18,74	37,48 €
2.2.1.3	DN18	1	un	19,55	19,55 €
2.2.1.4	DN22	2	un	24,61	49,22 €
2.2.1.5	DN28	1	un	34,08	34,08 €
Total					1.345,10 €

Anexo IX – Preços e quantidades de trabalhos e materiais da construção civil de um SAAP em habitações multifamiliares

Nº	Designação	Quant.	Un.	Preço Unitário	Preço Total
1.	Movimentação de Terras				
1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações para implantação de órgãos, incluindo eventuais operações de baldeação e remoção para os terrenos adjacentes e/ou depósito provisório, entivação, drenagem do fundo e/ou rebaixamento do nível freático quando necessário	187,1	m ³	9,60 €	1.796,16 €
1.2	Aterro com produtos sobrantes da escavação, incluindo a remoção dos produtos para aterro, espalhamento, rega, compactação, todos os trabalhos e materiais necessários, conforme peças desenhadas.	2,71	m ³	4,35 €	11,78 €
2.	Sistema de Abastecimento de Água				
2.1	Fornecimento e montagem de tubo em PEAD PN20, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:				
	DN 16	72,60	m	0,33	23,96 €
	DN 22	55,17	m	0,71	39,17 €
	DN 32	10,40	m	0,85	8,84 €
2.2	Fornecimento e montagem de tubo em PVC PN16, de:				
2.2.1	DN 110	57	m	12,34	703,38 €
2.2.2	DN 125	22	m	15,84	348,48 €
2.3	Equipamento				
2.3.1	Fornecimento e montagem de válvulas de seccionamento de macho esférico, em latão, aplicadas a montante da torneira de bica roscada das instalações sanitárias, em tubagem com os diâmetros de:				
2.3.1.2	DN16	12	un	18,74	224,88 €
2.3.1.3	DN22	12	un	24,61	295,32 €
2.4	Acessórios				
2.4.1	Fornecimento e montagem de curvas 90° em PVC de:				
2.4.1.1	DN110	10	un	9,66	96,60 €
2.4.1.2	DN125	2	un	11,22	22,44 €
2.4.2	Fornecimento e montagem de forquilhas 45° em PVC de:				
2.4.2.1	DN125	2	un	12,12	24,24 €
Total					3.595,25 €

Anexo X – Análise de viabilidade económica para habitação unifamiliar em Barcelos

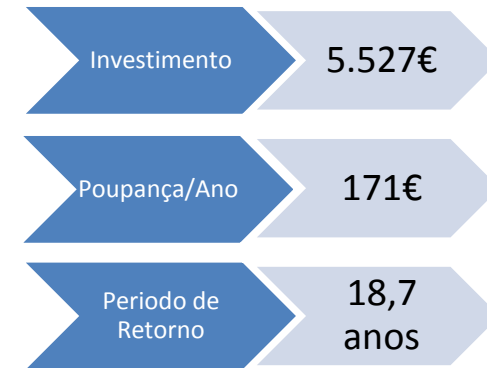
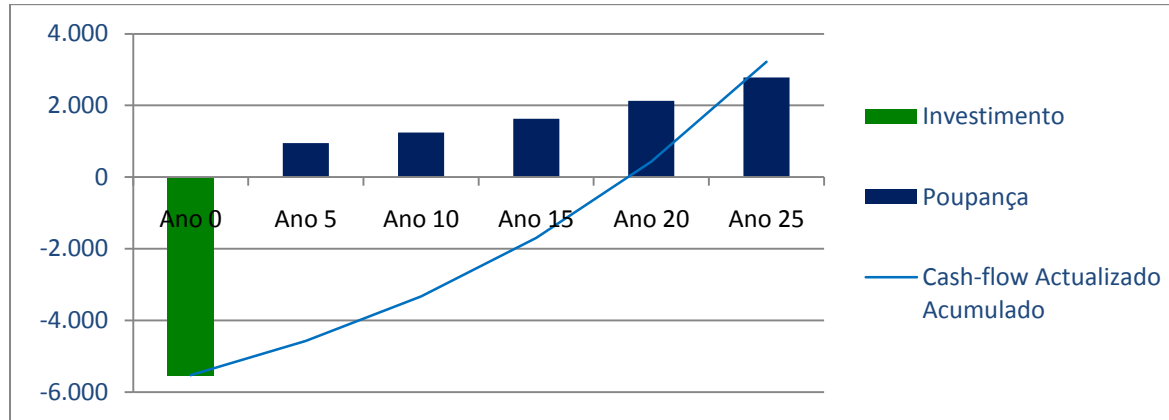


Figura 49 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Barcelos com consumo mínimo

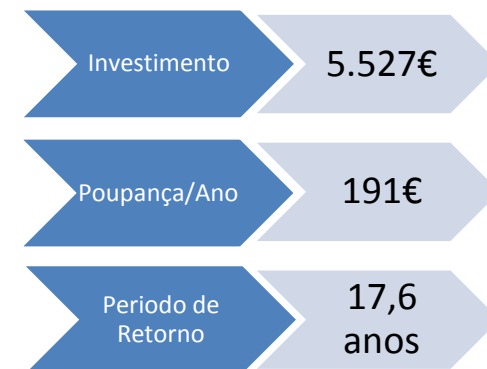
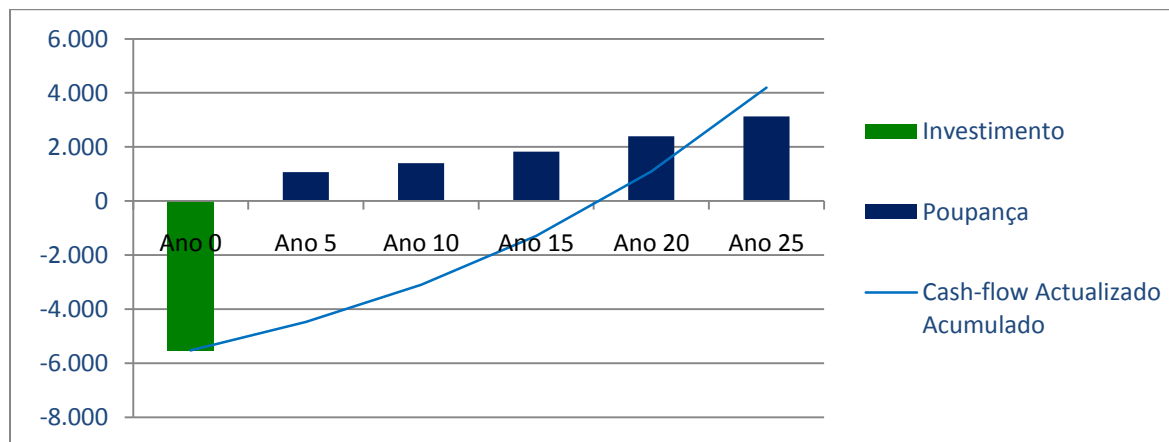


Figura 50 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Barcelos com consumo máximo

Anexo XI – Análise de viabilidade económica para habitação multifamiliar em Barcelos

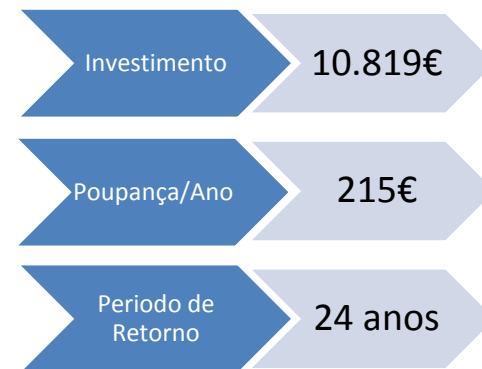
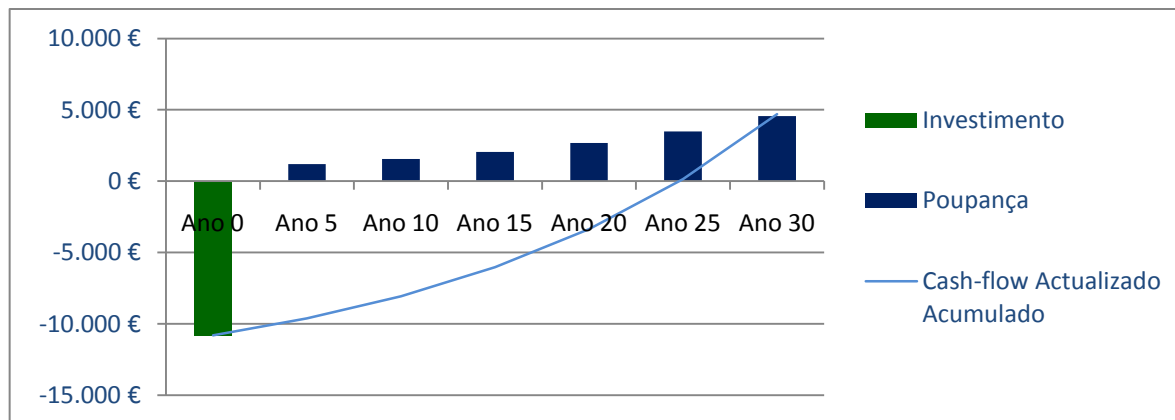


Figura 51 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Barcelos com consumo mínimo

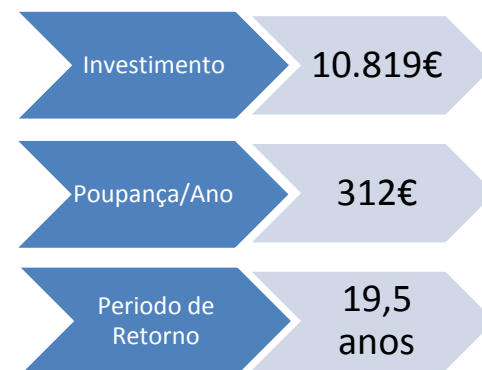
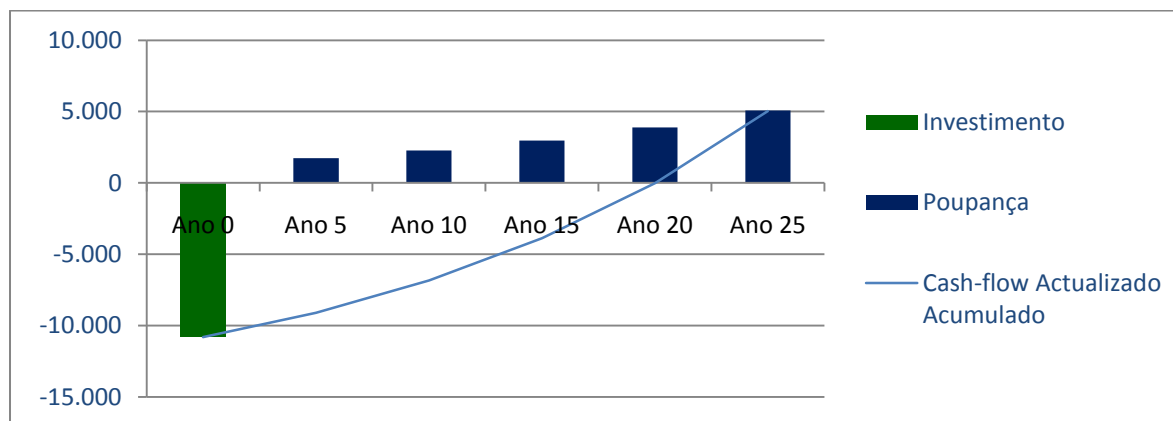


Figura 52 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Barcelos com consumo máximo

Anexo XII – Análise de viabilidade económica para habitação unifamiliar em Lisboa

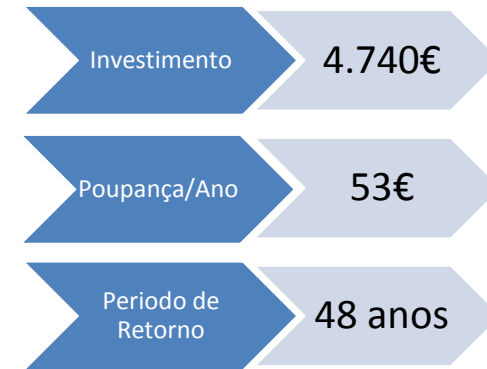
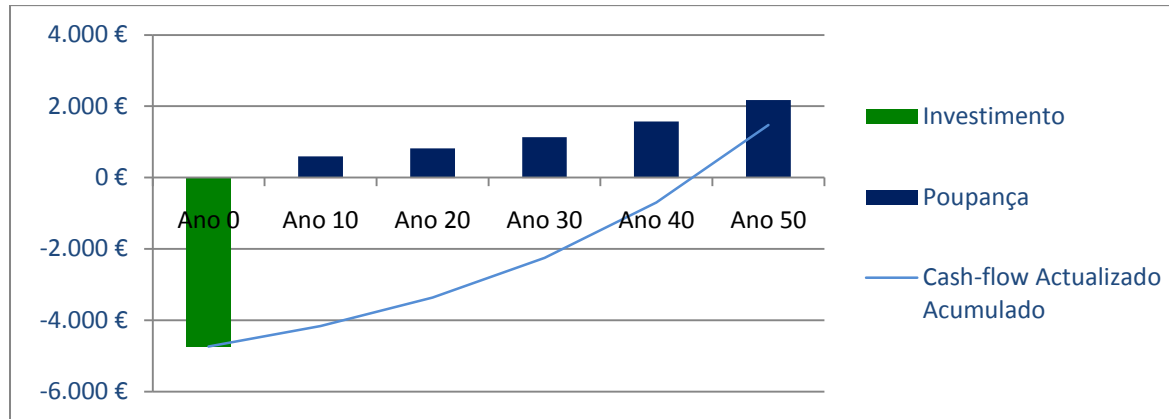


Figura 53 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Lisboa com consumo mínimo

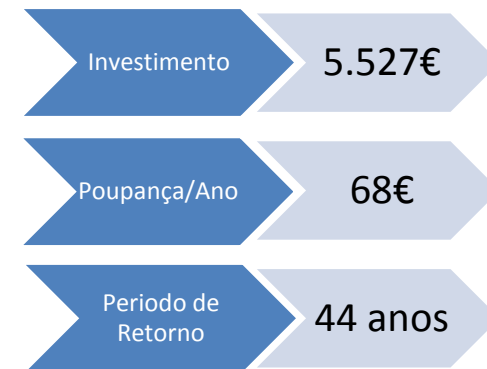
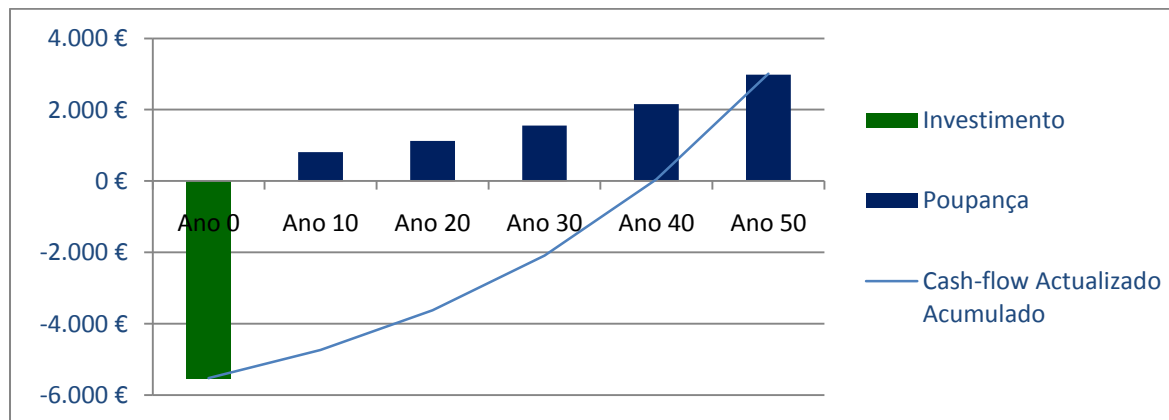


Figura 54 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Lisboa com consumo máximo

Anexo XIII – Análise de viabilidade económica para habitação multifamiliar em Lisboa

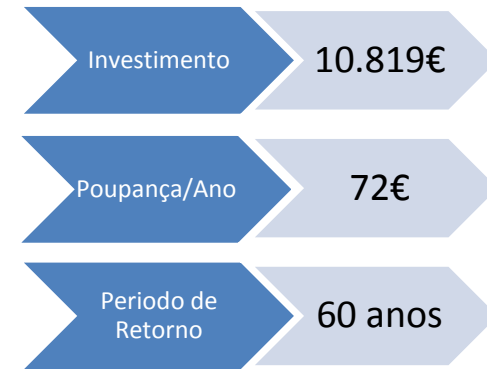
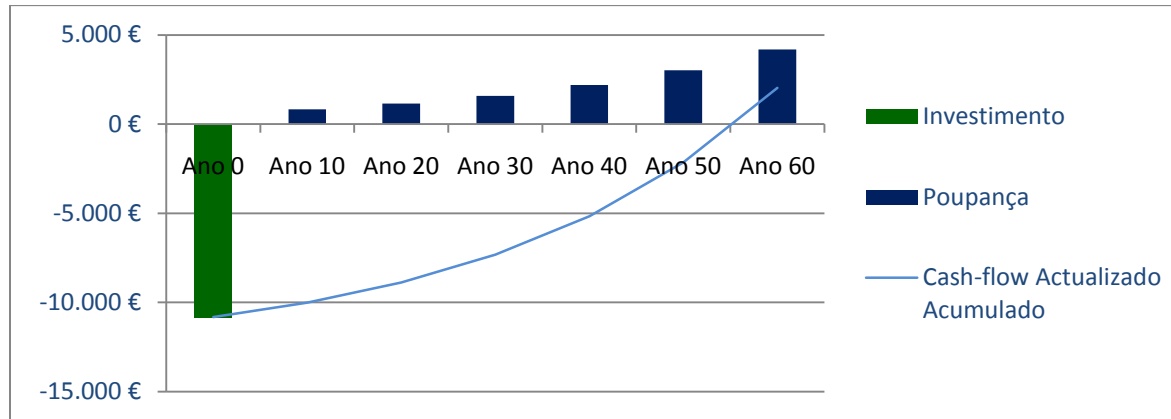


Figura 55 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Lisboa com consumo mínimo

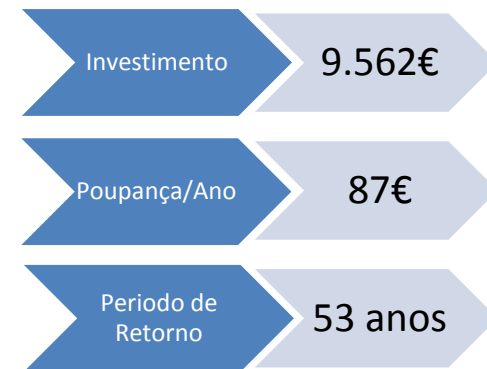
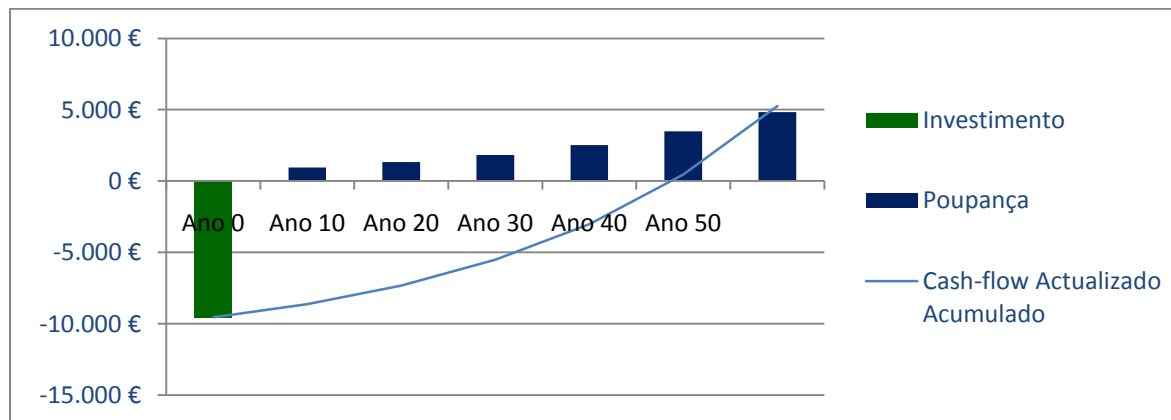


Figura 56 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Lisboa com consumo máximo

Anexo XIV – Análise de viabilidade económica para habitação unifamiliar em Serpa

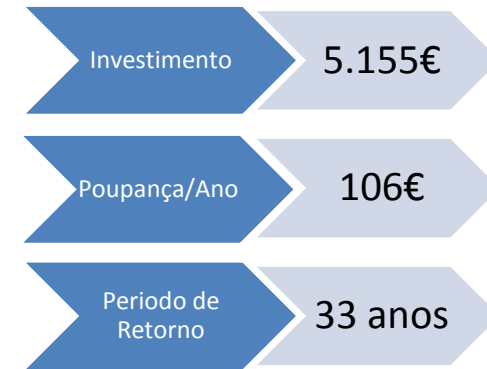
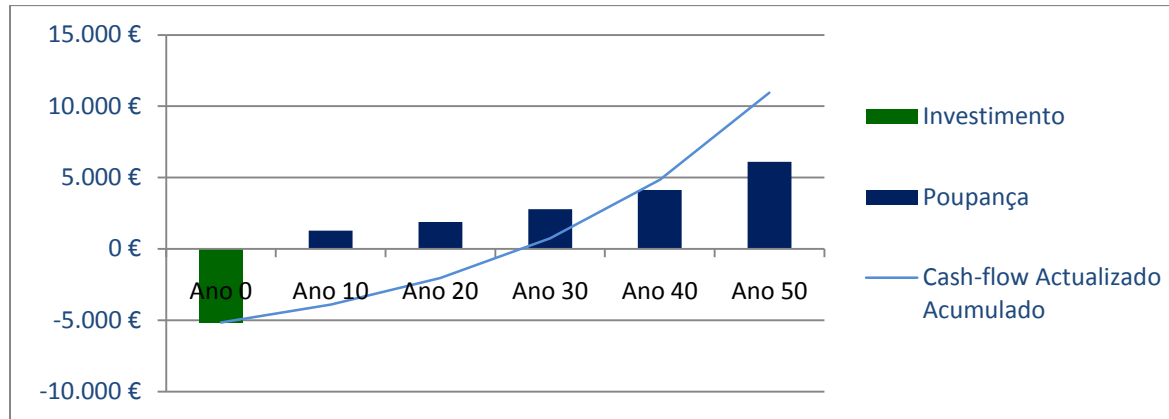


Figura 57 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Serpa com consumo mínimo

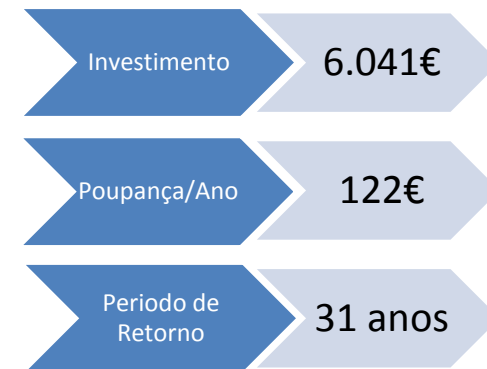
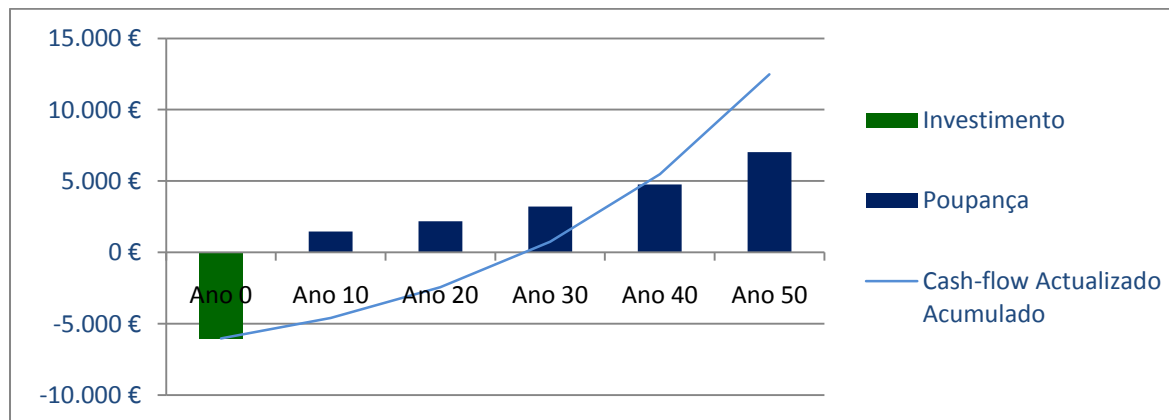


Figura 58 – Análise de viabilidade económica para uma habitação unifamiliar em Serpa com consumo máximo

Anexo XV – Análise de viabilidade económica para habitação multifamiliar em Serpa

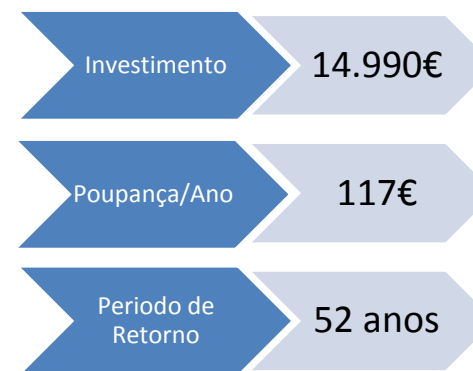
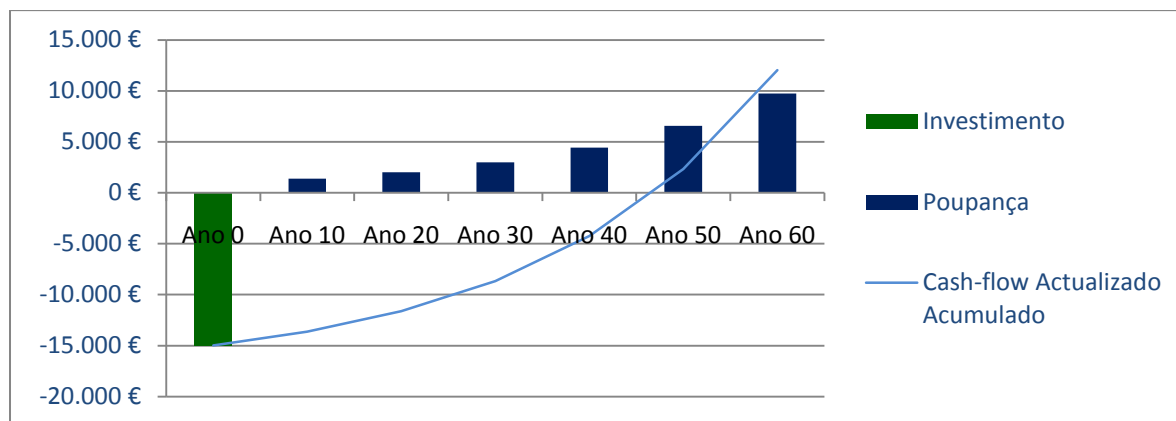


Figura 59 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Serpa com consumo mínimo

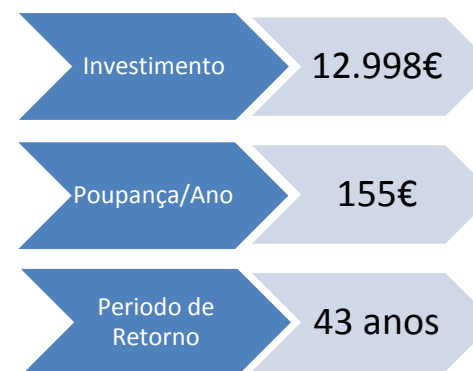
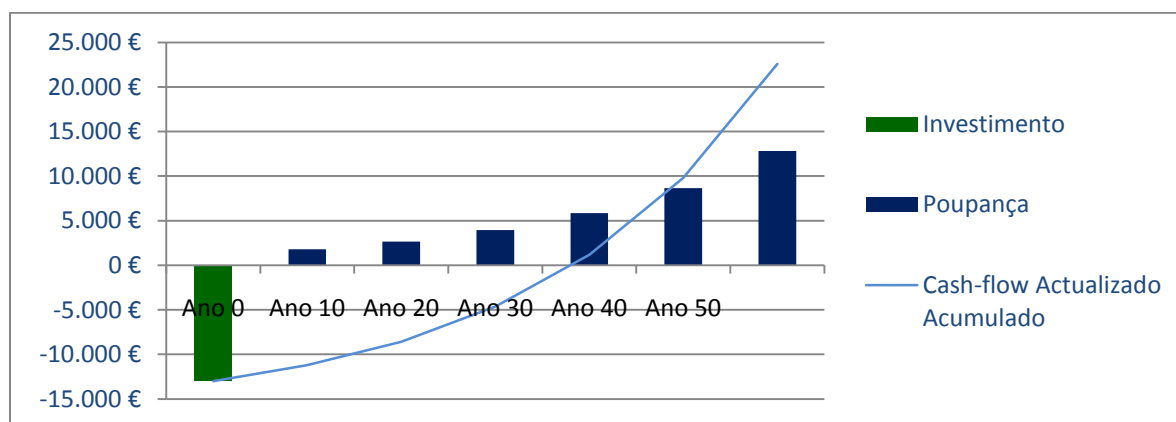


Figura 60 – Análise de viabilidade económica para uma habitação multifamiliar em Serpa com consumo máximo