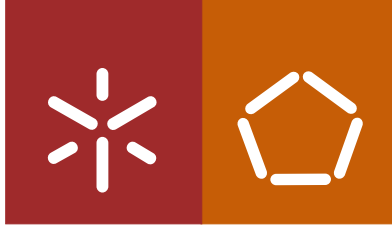


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Catarina Lopes Taveira Gomes

**Desenvolvimento de um Sistema de
Aproveitamento de Águas Pluviais com
Aplicação da Metodologia TRIZ**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Catarina Lopes Taveira Gomes

**Desenvolvimento de um Sistema de
Aproveitamento de Águas Pluviais com
Aplicação da Metodologia TRIZ**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
**Professora Doutora Maria Manuela Carvalho
de Lemos Lima**

outubro de 2014

DECLARAÇÃO

Nome: Ana Catarina Lopes Taveira Gomes

Endereço eletrónico: taveiragomes89@gmail.com

Número do Bilhete de Identidade: 13602860

Título dissertação: Desenvolvimento de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais com Aplicação da Metodologia TRIZ

Orientadora: Maria Manuela Carvalho de Lemos Lima

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia Civil

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça do discernimento e da coragem para superar os momentos difíceis desta jornada e por guiar a minha conduta até este prazeroso desfecho.

À minha orientadora, a Professora Maria Manuela Lima, pela aceitação desta tarefa, assim como o reconhecimento no apoio dispensado, interesse, cooperação, acompanhamento, sugestões e precioso auxílio no decorrer da elaboração deste trabalho, merecem a minha mais profunda admiração.

Aos meus pais, Nuno e Clara, pelos ensinamentos diários, por todo o amor, carinho, compressão nas horas mais difíceis e pelo acompanhamento que me proporcionam em todas as etapas que percorro. Nunca irão existir “obrigados” suficientes, a eles devo tudo o que sou.

À minha irmã, Diana, primeira amiga que tive na vida, simplesmente por ser quem é, pela presença essencial e por nunca me faltar. Pelo caminho que percorremos juntas, completando-nos, fortalecendo-nos e amando-nos, pilar fundamental da minha existência, o meu mais sentido obrigado por acreditar no meu potencial. Referência pessoal e profissional para o meu crescimento.

À minha querida avó, Inêz, por todos os conhecimentos transmitidos, pela paciência infundável e apoio incondicional nos piores momentos nunca deixando de me consolar. A sua presença constante na minha vida tornam-me sem dúvida numa pessoa mais forte e feliz.

Ao meu cunhado, Raul, pela amizade, pela boa disposição, pelas risadas fáceis que resultam da sua imensa imaginação e pela sua autenticidade como pessoa. Grata pela riqueza de comentários que me despertam a vontade de ir mais além.

Às minhas estimadas amigas, Carla Silva e Marta Costa, por me proporcionarem um dos melhores anos da minha vida na amizade autêntica, na enérgica alegria e boa disposição contagiante. Um longo caminho começa apenas com um único passo, recordo com carinho que o primeiro nesta jornada começou junto a vós. Estarão sempre, para a vida, num lugar exclusivo dentro do meu coração.

À minha parceira Diana Pereira, a quem agradeço a leal amizade, os sinceros e valiosos conselhos, por me oferecer as ocasiões mais animadas, sentindo que divididas com uma verdadeira amiga tem inegavelmente mais “sabor”. Vão-se os anéis, ficam-se os dedos.

À minha colega de curso e amiga, Joana Maciel, pela verdadeira amizade que tornou mais leve o meu trabalho, pelo estímulo, pela maravilhosa boa disposição e gargalhada contagiante. Companheira de coração que Deus colocou na minha vida e que eu escolhi para conviver e permanecer. Vamos com tudo, rumo ao cume mais alto.

À minha colega de curso e amiga, Sofia Machado, por todos os momentos vividos juntas, tanto de estudo como de diversão, pela sincera amizade e pelo estímulo nas horas de maior desânimo. Tenho consciência que o caminho seria muito mais árduo e triste se não tivesse a felicidade de conhecer-te. Vamos com tudo, mão amiga nos dias em que a luz não brilha tanto.

À minha colega de curso e amiga, Sandrina Caetano, pelo incentivo recebido, pelo tempo e sorrisos dedicados, pela alegria e atenção sem reservas e pela sua autenticidade. Impossível explicar a cumplicidade que possuímos. Vamos com tudo, rumo ao sucesso e inabalável determinação.

À Tânia Costa, por me mostrar que é preciso força, é preciso acreditar e é preciso confiar para por fim perceber que a estrada vai mais além do que os olhos conseguem ver. Obrigada por tornares o meu espírito mais leve.

Uma menção a todos aqueles que partilharam comigo as vivências da vida académica e que de algum modo, direto ou indireto, longe ou perto, contribuíram para a elaboração da minha dissertação. Em particular à Bárbara Vieira, à Mariana Gomes e à Vitória Bacinello, que a partir de agora, terminada esta jornada, tenho a certeza que partilharão muito mais.

Finalmente à Universidade do Minho como instituição de acolhimento, por me ter demonstrado sempre, dia após dia, que não poderia ter escolhido melhor academia.

*“Que Deus me dê serenidade para aceitar as coisas
que não posso mudar, coragem para mudar as que
posso e sabedoria para distinguir entre elas”*

Reinhold Niebuhr

RESUMO

Os cientistas são unânimes ao afirmar que da água surgiu a vida no nosso planeta, a superfície terrestre é coberta em toda a sua extensão em cerca de 72% deste precioso líquido, é conhecido inclusive como o “Planeta Azul”.

A água está presente em várias atividades do Homem e tem fins muito diferenciados, assume maior importância para o abastecimento doméstico e público, usos agrícolas e industriais e na produção de energia elétrica. De modo a satisfazer a sua procura de água, o ser humano recorre às reservas naturais que apresentem melhor qualidade. No entanto na Natureza não se encontra água pura, pois esta apresenta capacidade para dissolver diversas substâncias e transportar matérias em suspensão.

No âmbito da procura de soluções mais sustentáveis para o uso doméstico da água que atualmente se emprega, surge o SAAP – sistema de aproveitamento de águas pluviais. O objetivo desta dissertação consiste em contribuir para a avaliação da viabilidade do aproveitamento da água pluvial para usos não potáveis numa moradia unifamiliar.

Procura-se analisar as vantagens de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na zona norte do país, mais especificamente na cidade de Braga, explorando as diversas ofertas para a sua construção e a sua viabilidade económica numa moradia unifamiliar típica. É elaborada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema bem como uma breve síntese histórica sobre esta prática.

Estuda-se os diferentes componentes do sistema, o dimensionamento e os requisitos a cumprir para a sua correta construção, através da aplicação de uma metodologia orientada para a inovação designada por TRIZ – Teoria para Resolução de Problemas Inventivos. A presente dissertação usa os princípios e disposições de evolução que estão definidas na TRIZ, para investigar novas ideias que possibilitem um progresso dos SAAP atuais, de modo a indicar alternativas possíveis no seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Sistema de aproveitamento de água pluviais, TRIZ, método dos objetivos ponderados.

ABSTRACT

Scientists state unanimously that life in our planet began from water. This precious liquid covers seventy-two percent of the Earth's surface also known as the "Blue Planet".

Although water is present in various human activities and has many different purposes, it assumes greater importance for public and domestic supply, agricultural and industrial applications and electricity production. Humans resort to better quality natural reserves to satisfy their demand for water, however there is no pure water in nature as it has the ability to dissolve various substances and transport suspended solids.

The Rainwater Harvesting System (RHS) were created in the search to find more sustainable solutions for the current domestic use of water. The aim of this dissertation is to help assess the viability of rainwater for non-potable applications in a single-family house.

We will examine the advantages of rainwater harvesting and reuse system in the northern part of the country, more specifically in the city of Braga, by exploring various types of constructions and defining its economic viability in a typical single-family house. We will offer some literature review on the topic and a brief historical overview of this technique.

Different system components, sizing and other requirements needed to ensure the proper construction of the system will be analysed by applying an innovative methodology named TRIZ - Theory for Inventive Problem Solving. This dissertation will follow this theory's evolutionary principles and provisions to investigate new ideas that will allow progress on the rainwater harvesting system and indicate alternatives to its development.

Key words: Rainwater harvesting, TRIZ, method of weighted goals

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Interesse e enquadramento do tema	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura da dissertação	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Estudo do aproveitamento da água pluvial em Portugal	5
2.2 Estudo do aproveitamento da água pluvial em outros países	7
2.3 Enquadramento legal	7
2.4 Qualidade da água pluvial	9
2.5 Caraterização dos componentes dos sistemas de aproveitamento de água pluvial	11
2.5.1 Superfície de captação	11
2.5.2 Sistema de transporte	13
2.5.3 Reservatório de armazenamento	16
2.5.3.1 Tipos de reservatório de armazenamento	17
2.5.3.1.1 Posições do reservatório de armazenamento	17
2.5.3.1.2 Materiais do reservatório de armazenamento	20
2.5.3.2 Requisitos para a instalação do reservatório de armazenamento	22
2.5.3.3 Dimensionamento do reservatório	24
2.5.3.3.1 Método de Rippl	26
2.5.3.3.2 Método Prático Alemão	28
2.5.4 Filtros	29
2.5.5 Filtro de sucção	30
2.5.6 Descarregador de superfície	30

2.5.7	Instalação de bombagem	31
2.5.8	Distribuição	31
2.5.9	Tratamento	32
2.5.10	Manutenção	33
2.5.11	Análise de custos	33
2.6	TRIZ	34
2.6.1	Definição de TRIZ – sistemas de funções	34
2.6.2	Metodologia	35
2.6.2.1	Elucidação e determinação dos objetivos de projeto	36
2.6.2.2	Estabelecimento das especificações do produto	36
2.6.2.3	Criação de solução nova e alternativa	36
2.6.3	Avaliação da solução alternativa	37
2.6.4	Solução final	41
3	CASO DE ESTUDO: SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NUMA MORADIA UNIFAMILIAR	43
3.1	Caraterização da moradia e do SAAP	43
3.2	Dados de base de consumo	45
3.3	Dimensionamento do reservatório	47
4	APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS TRIZ	53
4.1	Estrutura de funções	53
4.2	Árvore de objetivos	53
4.3	Especificações	54
4.4	Escolha do tipo de componentes	55
4.4.1	Descrição de cada função	55
4.5	Método dos objetivos ponderados	55
4.6	Justificação da classificação	57
4.6.1	Captação	58
4.6.2	Caleira/Tubos de queda (condução da água para o reservatórios)	60
4.6.3	Reservatório	61
4.6.3.1	Posição	61
4.6.3.2	Constituição	63
4.6.4	Conclusão	65
4.7	Correções e melhorias	65
4.8	Análise de custos	67

4.8.1	Custos	68
4.8.2	Custos domésticos	68
4.8.3	Tarifários de consumo de água	69
4.8.4	Eleição do volume do reservatório	70
4.8.5	Estimativa de custos dos componentes SAAP	72
4.8.6	Gastos em atividade de construção civil	72
4.8.7	Estimativa total	73
5	SINTESE E CONCLUSÃO	75
6	PRESPETIVAS DE EVOLUÇÃO	77
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Superfície de recolha da água da chuva numa cobertura	11
Figura 2 – Superfície de recolha da água da chuva no pavimento	12
Figura 3 – Tanques de armazenamento de águas pluviais	16
Figura 4 – Sistemas de aproveitamento de água pluvial doméstico exterior e enterrado	18
Figura 5 – Reservatórios domésticos superficiais	19
Figura 6 – Sistema de aproveitamento de água pluvial instalado no sótão	20
Figura 7 – Distribuição espacial da precipitação total	25
Figura 7 a) – Valores da quantidade de precipitação do mês de janeiro de 2014	25
Figura 7 b) – Valores da quantidade de precipitação do mês de janeiro de 2014 no Baixo Alentejo e Algarve	25
Figura 8 – Filtros do SAAP	30
Figura 9 – Descarga de superfície	30
Figura 10 – Bomba para o SAAP	31
Figura 11 – Implantação da TRIZ	35
Figura 12 – Matriz de objetivos	37
Figura 13 – Matriz por ordem de importância dos objetivos	38
Figura 14 – Objetivos em posição de importância numa escala de 1 a 10	38
Figura 15 – Atribuição de pontuação	39
Figura 16 – Árvore de objetivos	40
Figura 17 – Média da quantidade da precipitação total em Braga entre 1971 e 2000	48
Figura 18 – Árvore de objetivos principais do SAAP	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores típicos de coeficientes de escoamento para diferentes tipos de superfícies	13
Tabela 2 – Planilha do dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl	28
Tabela 3 – Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP	33
Tabela 4 – Desempenho com uso de duas escalas	41
Tabela 5 – Repartição dos consumos médios diários	45
Tabela 6 – Total de descargas de autoclismos	46
Tabela 7 – Gasto de água na rega da habitação	47
Tabela 8 – Consumo total de água potável da habitação	47
Tabela 9 – Total de água gasta em descargas de autoclismos na habitação	49
Tabela 10 – Total de água gasta na máquina da roupa da habitação	49
Tabela 11 – Total de água gasta em lavagem de automóveis	49
Tabela 12 – Total de água gasta para rega em 6 meses	50
Tabela 13 – Total de água gasta para rega em 3 meses	50
Tabela 14 – Consumo total de água não potável	50
Tabela 15 – Mapa morfológico do SAAP	55
Tabela 16 – Método dos objetivos ponderados para a captação e caleira/tubos de descarga	56
Tabela 17 – Método dos objetivos ponderados para a posição do reservatório	57
Tabela 18 – Método dos objetivos ponderados para a constituição do reservatório	57
Tabela 19 – Antigo Vs Atual	66
Tabela 20 – Consumo mensal de água da habitação unifamiliar e respetiva percentagem de substituição por água não potável	68
Tabela 21 – Consumos domésticos de água potável em Braga	69
Tabela 22 – Tarifário para consumo mínimo em habitação unifamiliar na zona de Braga	69
Tabela 23 – Vários preços dos reservatórios	70
Tabela 24 – Componentes do SAAP para habitação unifamiliar	72
Tabela 25 – Preços e quantidades de trabalhos e materiais da construção civil de um SAAP em habitações unifamiliares	73

Tabela 26 – Estimativa total da implantação do SAAP numa moradia unifamiliar	74
--	----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
etc.	Etecetera
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
p ex.	por exemplo
PEAD	Polietileno de alta densidade
PVC	Policloreto de vinilo
SAAP	Sistema de aproveitamento de águas pluviais
TRIZ	“теория решения изобретательских задач (teoriya resheniya izobretatelskikh zadatch)”, Teoria da Resolução de Problemas inventivos



1 INTRODUÇÃO

1.1 Interesse e enquadramento do tema

As consideráveis alterações climáticas que se verificam em Portugal e nos outros países do nosso planeta e as variações a elas associadas, bem como o aumento progressivo das atividades da população, levam a um maior consumo de água. Este consumo conduz à diminuição do abastecimento das águas subterrâneas e por isso, de reservas hídricas. Antecipase, com testes estatísticos, que ocorra em Portugal uma previsível mudança do seu regime de precipitação, uma vez que se verifica uma tendência mais frequente para a sua diminuição. Estas circunstâncias vão ter efeitos ao nível da bacia hidrográfica e, naturalmente, nas disponibilidades hídricas de superfície e no desempenho de albufeiras de aproveitamentos hidráulicos, com eventual alteração nas condições de fornecimento de água (Santos e Portela 2007).

Na busca de soluções mais sustentáveis para o uso doméstico da água, surge a utilização de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP). A sustentabilidade de um aproveitamento deste género depende, efetivamente, da variabilidade temporal e volume de precipitação que se verificar no local, bem como da disponibilidade de superfícies úteis de recolha e capacidade de armazenamento das águas pluviais. Posto isto, a água da chuva pode ser empregue em todas as situações em que não se exige o uso de água de elevada qualidade. Trata-se pois de água de qualidade inferior à potável, já que existem variadas situações em que esta não é efetivamente precisa, tais como: descargas de autoclismos de sanitas e mictórios, máquinas de lavar a roupa, rega de jardins, sistema AVAC e sistema de combate a incêndios. Todavia um sistema deste género nunca poderá ser encarado como um substituto de toda a água a usar numa moradia (Magalhães 2013).

Acontece que este tipo de sistemas de aproveitamento de água ainda estão pouco difundidos no nosso país, existindo várias soluções construtivas. As técnicas mais comuns de recolha de água da chuva são através da superfície de telhados ou através de superfície de solos (Lee, et al. 2000). É possível considerar disposições construtivas diversas, tais como: sistema de fluxo horizontal, sistema com derivação, sistema com volume adicional de retenção e sistema com infiltração de solo (Herrmann e Schmida 1999). Constata-se também que existem vários tipos de filtros, sistemas de bombagem, canalizações e materiais que operam de forma diferente, mas que tem o mesmo fim, não se sabendo exatamente qual, ou quais são os mais



eficazes. Então, na tentativa de encontrar um sistema de aproveitamento de águas pluviais o mais eficiente possível, irão ser usados os princípios e disposições que estão definidos na metodologia TRIZ, acrónimo da teoria para a resolução de problemas inventivos (Silva, 2013), propondo-se que este sistema seja uma ajuda a esta decisão. Esta metodologia foi criada em 1946 na extinta URSS por Genrich Saulovich Altshuller, que se debruçou sobre a análise de milhares de patentes a fim de procurar inspiração para melhorar ou criar novos equipamentos. Sendo a TRIZ uma metodologia que divulga grande mudança na forma como se encara os problemas é estranho o seu desconhecimento geral (Carneiro 2013). No entanto esta metodologia tem sido aplicada com sucesso, especialmente em áreas com desenvolvimento de novos produtos. Refere-se a título de exemplo que foi utilizada na Universidade do Minho, no desenvolvimento de um equipamento, designado por FRICTORQ, destinado à medição do coeficiente de atrito em materiais flexíveis (especialmente produtos têxteis) e foi concluído com sucesso, pois o equipamento ainda pode seguramente evoluir. Espera-se que a metodologia TRIZ permita o desenvolvimento de novas ideias e conceitos face aos SAAP atuais, a fim de indicar alternativas inovadoras na sua evolução (Carneiro 2013).

1.2 Objetivos

Com a concretização desta dissertação pretende-se contribuir para o desenvolvimento do conhecimento sobre os SAAP, recorrendo à metodologia TRIZ. Esta metodologia será usada como ferramenta, devido à sua abordagem da criatividade e desenvolvimento de tecnologia, que se centra na procura de novas soluções técnicas. O equipamento SAAP apresenta-se como um bom candidato a ser avaliado através desta metodologia, já que está pouco difundido no nosso país e é possível que venham a surgir novos caminhos nesta área de estudo, promovendo-se assim a inovação. Serão referidos os métodos TRIZ numa perspetiva mais teórica como também numa perspetiva mais prática, ao serem aplicados no desenvolvimento e inovação de um SAAP, a fim de dar a conhecer alguns conceitos, ferramentas e métodos que a TRIZ tem para oferecer (Carneiro, 2013).

Para realização deste objetivo final é necessária a concretização dos seguintes objetivos específicos:

- Recolher informação bibliográfica sobre os sistemas de abastecimento de águas pluviais existentes e seu funcionamento;
- Dimensionar um sistema de abastecimento de águas pluviais para um caso de estudo a selecionar;



- Recolher informação bibliográfica relativamente à pluviosidade da área em estudo;
- Recolha de informação bibliográfica sobre a metodologia TRIZ;
- Desenvolver uma metodologia de análise de SAAP com base na metodologia TRIZ;
- Aplicar a metodologia desenvolvida na conceção de um sistema de aproveitamento de águas da chuva com melhor desempenho, face aos existentes no mercado.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida por seis capítulos. Após este capítulo inicial introdutório, o capítulo 2 apresenta uma breve análise sobre o aproveitamento da água pluvial em Portugal e no estrangeiro bem como o contexto legal desta atividade. Apresenta-se uma explicação sobre os sistemas de aproveitamento de águas pluviais onde sumariamente se descreve a qualidade da água e depois as diferentes etapas pelas quais a água passa, desde a sua recolha até aos pontos de consumo.

De forma a definir o reservatório a aplicar, são descritas algumas soluções para a sua implementação em determinada exploração doméstica e também são relatados os métodos para o efeito do seu dimensionamento. Neste capítulo focar-se-á ainda a atenção na descrição da metodologia a aplicar, a TRIZ. Sendo o objetivo principal deste trabalho obter uma nova solução de SAAP através deste método.

O capítulo que se segue foca-se inteiramente num caso de estudo de um SAAP numa moradia unifamiliar, calcula-se o consumo de água e estabelece-se qual a que pode ser substituída pela água da chuva.

No capítulo 4 aplica-se a metodologia TRIZ, analisando toda a informação sobre as diferentes opções disponíveis para os elementos constituintes do SAAP, mencionando a variedade existente, deste modo procura-se que o resultado final seja o mais otimizado possível. É esperada a conceção de uma instalação com desempenho superior à comum existente. Depois faz-se uma análise económica que abrange os custos da água e a instalação do equipamento alternativo.

Nos capítulos 5 apresenta-se a síntese e conclusão desta dissertação, bem como sugestões de trabalhos que poderão vir a ser desenvolvidos futuramente dentro desta temática.





2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo começa por introduzir a temática de aproveitamento de águas pluviais e respetivo enquadramento legal. De seguida contempla uma elucidação de todos os componentes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Finaliza por explicar o que é a TRIZ e quais os princípios em que esta metodologia se alicerça.

2.1 Estudo do aproveitamento da água pluvial em Portugal

O aproveitamento de água pluvial é uma prática frequente em diversas partes do mundo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas. Esta técnica foi empregue em distintas partes do mundo há milhares de anos, em locais sem qualquer tipo de contacto entre eles. A sua difusão sucedeu principalmente nas regiões mais secas, onde as chuvas acontecem durante poucos meses e em locais diferentes. Não raras são as vezes, em que esta é a única opção disponível de aquisição de água fundamental para o consumo humano nessas regiões. Esta prática de aproveitamento de água da chuva, teve grande implicação no desenvolvimento e sobrevivência dos povos (Sacadura, 2011).

No nosso país também se encontram vestígios de armazenamento e aproveitamento de água pluvial. Existem no território português vários castelos com cisternas de armazenamento de água da chuva, que era usada para abastecer as populações no caso de carência durante um extenso período de cerco às muralhas do castelo pelos inimigos. A título de exemplo, temos o castelo dos Templários e o Convento de Cristo em Tomar, no Ribatejo, onde se podem encontrar dois reservatórios sãos, que tinham como função armazenar a água precipitada (Tomaz, 2003).

Também na região do Algarve, onde é menos abundante a precipitação, podem-se verificar diversas cisternas para armazenamento e aproveitamento de água pluvial. Às portas do castelo de Silves existe ainda a cisterna árabe, tem um formato circular, com 18 metros de profundidade e 2,5 de diâmetro. Localiza-se junto à muralha e próxima da porta principal, o que sugere que terá tido um papel essencial no abastecimento da cidade baixa (Sacadura, 2011).

No arquipélago dos Açores subsistem vários exemplos de casas que no passado serviam-se da água da chuva para abastecimento. A Quinta dos Figos, construída no início do século XX, é provida de uma cisterna que teve como principal função fins não potáveis, especialmente na agricultura. Nos dias de hoje encontra-se restaurada e remodelada pra turismo rural, não



sendo usada atualmente, servindo apenas para manter a tradicional identidade arquitetónica típica da Ilha Terceira (Sacadura, 2011).

Efetuada a análise de alguns casos de aplicação presentes atualmente em Portugal, no que se refere a edifícios não habitacionais, pode salientar-se o centro comercial ‘8ª Avenina’ em S. João da Madeira que tem um aproveitamento deste tipo que visa o aproveitamento de águas da chuva na descarga de sanitários, rega e sistema AVAC. Em Oeiras temos um outro caso, desta vez no edifício da sede da empresa Seth, em que o sistema implementado teve como objetivo a utilização de águas pluviais para a descarga de autoclismos de sanitas e mictórios, na lavagem de garagens, na rega dos jardins e no sistema de combate a incêndios. Pode também referir-se o hotel Terceira Mar Hotel, na Ilha Terceira dos Açores, em que se contruiu uma cisterna com capacidade de 1500 m³ para o aproveitamento da água pluvial na rega de jardins. Em Castelo Branco existe similarmente um projeto para a Torre de Controlo do Aeródromo que proporciona o aproveitamento das águas pluviais para os autoclismos dos sanitários e mictórios.

No que se refere a edifícios habitacionais, temos as obras referências da empresa Ecoágua, Lda, que indica uma moradia unifamiliar situada em Lisboa e outra em Corroios, com uma área de captação de 90 m² e 170 m², respetivamente. A água da chuva captada é para fins não potáveis e serve para abastecimento dos sanitários, máquina de lavar a roupa e rega do jardim, possuindo ainda um depósito com capacidade de 20 m³.

Um projeto bastante atraente é o do Departamento de Engenharia Civil de Universidade de Aveiro que instalou um SAAP, para auxílio ao seu Laboratório de Hidráulica. O Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro em cooperação com a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) instalaram este sistema. Destaca-se ainda que com investimentos adicionais relativamente pequenos, é possível executar uma extensão deste sistema para alimentação de instalações sanitárias, sistemas de rega e torneira de lavagens (Sacadura, 2011).

Relativamente à implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em Portugal, é de expor que se encontra num âmbito de desenvolvimento, sendo que a maioria dos casos de aplicação apenas se relacionam com rega de jardins e com a limpeza de pavimentos e de veículos. É ainda importante salientar que a nível nacional já existe a comercialização do equipamento necessário para captação e armazenamento deste tipo de água.



2.2 Estudo do aproveitamento de água pluvial em outros países

Nos nossos dias este tipo de aproveitamento é uma técnica amplamente disseminada em países como Reino Unido, Austrália, Japão, EUA, Alemanha, Tailândia, China, Brasil, entre outros.

A Alemanha e o Reino Unido encaram problemas bastante críticos no que respeita à escassez de água, nesse sentido, os sistemas de aproveitamento e de reciclagem de água pluviais tem ganho imenso relevo. A introdução de sistemas mais modernos de recolha e aproveitamento de águas pluviais foram recentemente introduzidos no Reino Unido, país onde já existe um Guia de Utilização de Água não Potável. Enquanto na Alemanha 35% dos novos edifícios construídos estão equipados com este tipo de sistemas, que tem o apoio financeiro do seu Governo. O mesmo sucede com o Governo do Japão, que é um país conhecido por padecer de fenómenos naturais extremos, e o que mais recorre a este tipo de sistemas. Em Tóquio o regulamento obrigam a que todos os prédios com área superior a 30 000 m² utilizem mais de 100 m³ por dia de água para fins não potáveis. Ainda mais, com o intento de se precaverem às cheias, devem ser construídos reservatórios de armazenamento de águas pluviais em terrenos com mais de 10 000 m² ou edifícios com área superior a 3000 m². Ainda no continente Asiático temos o exemplo do aeroporto Changi, em Singapura, que capta as águas pluviais das pistas de aterragem para posterior utilização nas descargas de autoclismos, minimizando nesse sentido problemas decorrentes de inundações nas pistas.

Por sua vez na província de Gansu, uma das mais secas da China, em que a sua precipitação anual é de apenas 300 mm, o aproveitamento de água pluviais tornou-se uma opção de extrema importância para fornecer água potável, desenvolver a agricultura e melhorar o ecossistema de áreas secas.

2.3 Enquadramento legal

Em Portugal as primeiras leis existentes relacionadas à água datam da década de 40 do século passado. A regulamentação para o abastecimento de água aparece no ano de 1943 e nos 50 anos seguintes, os conceitos e a tecnologia de projeto, execução e gestão de sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais progrediram e, neste contexto, foi elaborada a revisão e atualização dos regulamentos gerais das canalizações de água e de esgoto, o que se veio a consagrar com o Decreto-Lei n° 207/94, de 6 de agosto de 1994 (Decreto-Lei n° 207/94, de 6 de agosto, 1994). Transversalmente aparece o Decreto Regulamentar n° 23/95 (DL



23/95), de 23 de agosto de 1995, que elucida o conceito de águas residuais pluviais, ou unicamente águas pluviais (Sacadura, 2011).

A 23 de outubro de 2000 surge e é aprovada ao nível da União Europeia, a Diretiva Quadro da Água (Diretiva nº 2000/60/CE, de 23 de outubro) (DQA, 2000). No seguimento da aprovação da DQA (transposta para a lei nacional através da Lei da Água), surge, em junho de 2001, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). O PNUEA foi concebido com o objetivo de avaliar a eficiência da água com que a água é usada em Portugal nos setores urbano, agrícola e industrial e sugerir um conjunto de medidas que possibilitassem uma melhoria na utilização deste recurso, havendo como vantagens adicionais a redução das águas residuais resultantes e dos consumos energéticos associados (Oliveira, 2008). As medidas que examinam o aproveitamento de água pluvial em usos urbanos não potáveis são:

- Nº 8 – reutilização ou usos de água de qualidade inferior;
- Nº 30 – utilização da água da chuva em jardins similares;
- Nº 45 – utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água.

De forma a simplificar o emprego das medidas previstas no PNUEA, são executados, 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, referente à análise dos documentos regulamentares e normativos relevantes e onde são identificadas incompatibilidades e deficiências para a emprego das medidas consideradas no PNUEA (Oliveira., 2008). De acordo com este relatório, o DL 23/95 e alguns regulamentos municipais aparecem como obstáculo à viabilização da medida de reutilização ou uso de água de qualidade inferior. Sendo que o DL 23/95 proíbe a utilização de água não potável numa habitação para outros usos que não sejam a lavagem de pavimentos, rega, fins industriais não alimentares e combate a incêndios (Artigo 86º), o que compõe uma barreira à aplicação da medida da reutilização ou uso de água de qualidade inferior em redes prediais (por exemplo, em autoclismos).

A Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), preparou nesse sentido duas especificações técnicas em 2009, a ETA 0701 e a ETA 0702, válidas até ao ano de 2014. A primeira identifica critérios técnicos para a elaboração de sistemas de aproveitamento de água pluvial das coberturas de edifícios, para fins não potáveis. Estabelece uma sucessão de requisitos para um correto funcionamento de um SAAP. Menciona que os SAAP devem ser objeto de um projeto técnico, cuja sua produção deve respeitar as instâncias



da Portaria nº 701-H/2008, de 29 de julho e do Regulamento Geral ou da Norma Europeia EN 12056-3, todos os seus componentes devem seguir a legislação, normalização nacional e europeia eventualmente existente. É importante expor que esta norma serve apenas como orientação, não possui caráter vinculativo. A ETA 0702 estabelece as condições para a certificação de SAAP, concretizados de acordo com a ETA 0701. A certificação do sistema presume a sua realização em concordância com a ETA 0701 e impõe a certificação do projeto pela ANQIP, a interferência de um instalador certificado e certificação da instalação.

A nível de aproveitamento de águas pluviais não existe nenhuma legislação específica a nível nacional, já em países como Alemanha, Estados Unidos da América, Austrália e Brasil isso já se verifica. Não existe também nenhuma fiscalização para os sistemas já existentes e implementados, o que pode ter como consequência o incorreto projeto dos sistemas e consequentemente avarias num curto espaço de tempo.

2.4 Qualidade da água pluvial

A água da chuva armazenada pode ter aplicações a nível residencial, comercial e industrial. No primeiro caso pode usar-se: em descargas de bacias de retrete (quando respeita as normas de qualidade da água balneares, nos termos da legislação nacional e das Diretivas Europeias aplicáveis, tal com refere a especificação técnica ANQIP ETA 0701), lavagem de roupas (apenas considerado quando a temperatura da água atingir no mínimo os 55°C), lavagem de pavimentos e automóveis, rega de plantas e zonas verdes (cumprindo as prescrições técnicas de instalação que anteriormente foram mencionadas, pode não requerer qualquer tratamento complementar físico-químico ou bacteriológico). Já para as aplicações a nível comercial podem ter fins tais como: sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), arrefecimento de telhados, de equipamento e máquinas, combate a incêndios e reposição de água evaporada em piscinas. Nos usos industriais, os tratamentos que poderão a vir ser necessários, devem ser estudados consoante cada caso específico.

Os fatores que interferem na qualidade da água são: a existência de matéria particulada, matéria orgânica e outros resíduos; os materiais de superfície de captação e os materiais que constituem os tanques de armazenamento.

Como a água pluvial não tem contacto direto com o solo ou com rochas, existe um risco muito pequeno de contaminação com poluentes. Em geral a água pluvial possui uma qualidade razoável para fins não potáveis, dependente de fatores de ordem geográfica. Isto acontece porque numa zona urbana a quantidade de poluentes presentes na atmosfera difere da que se



verifica numa zona rural. Para além disto a presença de vegetação, os materiais que constituem os equipamentos de recolha e armazenamento, as condições meteorológicas do local e a estação do ano, também têm influência. De referir ainda as épocas do ano em que se verifica uma libertação significativa de pólen, que forma uma camada flutuante dentro do reservatório. Prevendo tal situação tem que se pressupor descargas superficiais regulares, pelo *overflow*, que permitam a remoção da mesma.

Os tipos de tratamento que a água pode necessitar, dependem sempre do uso final que se pretende dar-lhe. Tem que se admitir a execução de tratamentos básicos de filtragem e de sedimentação e saber ainda, que no interior da cisterna poderão suceder processos de precipitação e decomposição biológica, processos estes com um efeito que no geral é favorável à qualidade da água. Se se pretender colocar um tratamento de desinfeção para a água que se vai distribuir, este tem de ser implementado a jusante do sistema de bombagem, ou seja, antes da distribuição da água na rede.

São indicados alguns cuidados a ter no controlo e uso da água da chuva na especificação técnica ANQIP ETA 0701, designadamente:

- Aconselha-se uma inspeção da qualidade da água no reservatório com uma periodicidade máxima de seis meses;
- Pode ser conveniente fazer uma correção de pH, no caso de este ser superior a 8,5 ou inferior a 6,5;
- Quando a área de captação se encontrar situada em zonas com potencial a mais poluição (p. ex., áreas de trânsito de veículos), devem ter-se em consideração tratamentos suplementares adequados (tal como, floculação, desinfeção, etc.);
- No caso de ser introduzido um tratamento ou desinfeção para a água precipitada, este deverá ser implementado a jusante do sistema de bombagem, antes da entrada da água da chuva na rede não potável;
- Para a rega de zonas verdes e de lavagem de pavimentos, o emprego da água chuva, analisadas as presentes prescrições técnicas de instalação, pode não requerer qualquer tratamento suplementar;
- A utilização da máquina de lavar a roupa com água da chuva sem tratamento específico, apenas deve ser considerada quando a temperatura da água de lavagem atingir, no mínimo, 55°C;
- No caso da utilização de água da chuva sem tratamento em descargas de autoclismo, apenas deve ser aplicada quando a água respeita, no mínimo, as normas de qualidade de



águas balneares, nos termos da legislação nacional e das Diretivas Europeias aplicáveis (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1/8, que transpõe a Diretiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8/12);

- Na situação anteriormente mencionada, não sendo possível o cumprir os valores máximos admissíveis estabelecidos para os parâmetros microbiológicos, deve antecipar-se uma desinfeção da água por ultravioletas, cloro ou outro processo adequado. Caso sejam usados compostos clorados para a desinfeção, recomenda-se que o cloro residual livre se situe entre 0,2 e 0,6 mg/l.

2.5 Caracterização dos componentes dos sistemas de aproveitamento de água pluvial

Persegue-se com uma explicação dos princípios de funcionamento do sistema, com especial atenção ao seu componente mais dispendioso, o reservatório.

2.5.1 Superfície de captação

Usualmente a superfície de captação é a cobertura da habitação (figura 1), contudo podem também ser utilizadas outras superfícies de recolha, tais como, pavimentos e superfícies relvadas, sobretudo se não forem propícios para reunir substâncias poluentes em porções consideráveis (figura 2). A filtração da água precipitada é, em geral, suficiente quando esta é recolhida do telhado, apesar de existir sempre o risco de contaminação, por sua vez quando a água é recolhida no pavimento a probabilidade de estar contaminada com óleos e matéria fecal, é evidentemente maior.



Figura 1 - Superfície de recolha da água da chuva numa cobertura

Disponível em <http://www.earthtimes.org/going-green/roof-rainwater-runoff-collection-urged-experts/1542/> (consultado a 27 de Fevereiro de 2014)

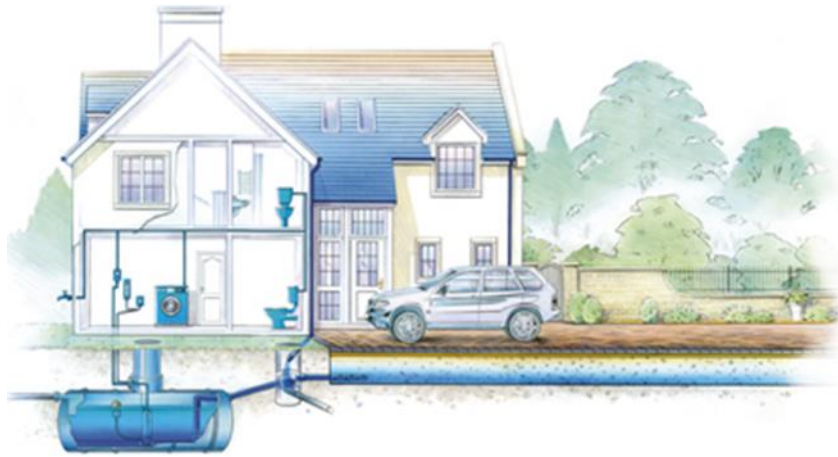


Figura 2 - Superfície de recolha da água da chuva no pavimento

Disponível em <http://www.plaspave.co.uk/design-guide/permeable-paving/rainwater-harvesting/> (consultado a 28 de Fevereiro de 2014)

A quantidade e qualidade da água recolhida é afetada pelos diferentes tipos de materiais que podem constituir a superfície de captação. Existem ainda mais fatores com influência direta na qualidade da água da chuva, tais como as substâncias que nela se depositam e o tipo de manutenção ou limpeza a que está sujeita.

É aconselhável que se efetue limpeza dos telhados uma a duas vezes por ano, particularmente no fim da estação seca. Caso existam árvores suspensas sobre a cobertura, estas devem ser podadas de forma a limitar a quantidade de folhas e impedir o acesso de animais (como por exemplo gatos, roedores ou aves) ou quais geram o aumento da deposição de detritos.

Normalmente os materiais que se usam para a cobertura, são a telha cerâmica e o fibrocimento. Todavia os telhados podem também 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, betão armado ou manta asfáltica. Uma vez que o tipo de revestimento intervém diretamente na quantidade de água a aproveitar, é preferível a escolha de materiais para revestimento com um coeficiente de escoamento (C) mais elevado com a intenção de minimização de perdas, uma vez que se sabe quem nem toda a água recolhida é aproveitada.

O coeficiente de escoamento, mostra a relação que há entre o volume total de água pluvial recolhida pela superfície de captação e encaminhada para as caeiras e o volume total de água precipitada. A tabela 1 indica os valores típicos de coeficientes de escoamento os vários tipos de superfícies de recolha.



Tabela 1 – Valores típicos de coeficientes de escoamento para diferentes tipos de superfícies

Fonte: Adaptada de Sacadura (2008)

<i>SUPERFÍCIE DE CAPTAÇÃO</i>	<i>COEFICIENTE DE ESCOAMENTO</i>
Telhados	
Impermeáveis	0,80
Gravilha	0,60
Relvados	
Verdes extensivas	0,50
Verdes intensivas	0,30
Ruas	
Asfaltadas	0,70
Betonadas	0,80

2.5.2 Sistema de transporte

A chuva precipita-se na cobertura e é recolhida pelas caleiras e algerozes que a guiam para os tubos de queda até à cisterna de retenção. Existem dois tipos de sistemas de condução da água, o sistema gravítico (tradicional) e o sistema sifónico (pressurizado). O sistema sifónico é uma tipologia de sistemas cujos fundamentos são muito distintos dos verificados no sistema gravítico.

O PVC é o material a que mais se recorre para montagem do sistema tradicional, mas o seu emprego para os sistemas sifónicos não é viável. No sistema sifónico é o próprio escoamento da massa líquida que exerce um efeito de sucção e promove o escoamento, ora tensões internas de depressão no PVC originam o colapso do material, então nasce uma necessidade empírica de optar por outros materiais para constituição do sistema.

Os materiais que mais se usam para elaboração do sistema sifónico são o polietileno de alta densidade (PEAD) e o ferro fundido. Existe já no mercado comercialização destas linhas de tubagem. Além do efeito de pressão a que os materiais se encontram sujeitos, há também velocidades mais elevadas de escoamento o que por consequência leva a um desgaste maior das tubagens. O PEAD possui um módulo de elasticidade menor que o PVC logo é mais deformável, já o módulo de elasticidade que o ferro fundido apresenta é numa ordem de grandeza muito superior, o que significa que é um material menos deformável. É menos expectável alteração neste material, sabendo que no caso de serem induzidas deformações, poderá submeter o sistema a um elevado estado de tensão interna. É sabido que os sistemas de drenagem devem absorver deformações da estrutura e podem até atravessar juntas de dilatação,



então o menor módulo de elasticidade corresponde a uma maior flexibilidade do material o que transforma, neste caso, numa característica favorável.

O escoamento do sistema sifónico dá-se sobre pressão, o que revela enormes vantagens no que toca à condução da água. No sistema tradicional, o transporte de água horizontal é realizado com recursos a inclinações que promovem o seu escoamento. Para grandes extensões pode ser problemático, uma vez que o desnível necessário possui uma ordem de grandeza significativa, para o efeito é pouco atrativo do ponto de vista construtivo e estético. Estes são prejudiciais quer se realizem em altura ou em enterrados. Desníveis em altura são arquitetonicamente pouco atrativos, por seu lado desníveis enterrados conduzem a maiores volumes de escavação. Desta forma forçam obrigam a que o reservatório de armazenamento se encontre a uma cota mais baixa, elevando os custos de bombagem do aproveitamento.

Dependendo da inclinação e distância ao tubo de queda de cada ramal de ligação, estes muito dificilmente resultarão numa ligação ao mesmo nível no tubo. Estamos assim perante um aumento, escusado, de complexidade e probabilidade de ocorrência de anormalidades no sistema.

No caso do escoamento em pressão, as inclinações dos ramais de descarga são desnecessárias, podendo mesmo ser nulas. Salientando-se que inclinações ascendentes não são convenientes para drenagem de águas pluviais, mesmo que em pressão e mesmo que por vezes pudesse ser vantajoso em determinados troços. Evitando-se assim comprometer o seu funcionamento, na situação de caudais reduzidos em que este opera no regime gravítico.

A característica das inclinações serem nulas é uma vantagem. Esta particularidade facilita as ligações dos vários acessórios do sistema, pois possibilita a diminuição dos pontos de descarga, fazendo convergir vários ramais de descarga a um menor número de tubos de queda. Esta particularidade transforma este sistema atrativo para construções em que a arquitetura seja muito importante.

Existem mais vantagens na condução de águas pelo sistema sifónico, como é isento de pendentes possibilita a condução dos volumes para qualquer ponto. O mesmo não se verifica no sistema gravítico tradicional. Conduzir a grandes distâncias o volume de água envolve desníveis notáveis.

Reduzindo-se o número de tubos de queda, reduz-se também o de caixas de ligação a efetuar. Com isto cria-se uma economia a nível monetário e temporal, já que as caixas de ligação são organizadas aquando o início da obra, mais propriamente nas fase das escavações. Reduzindo-se o número de elementos, simplifica o sistema geral da obra.



Um contributo muito significativo refere-se à possibilidade de pré-fabricação do sistema sifónico para drenagem das águas pluviais. Esta característica simplifica a receção e montagem em obra deste sistema, por outro lado garante a qualidade na construção, já que o controlo de qualidade é mais fiável em fábrica do que *in situ*.

A capacidade de vazão do sistema em pressão é superior ao sistema de regime gravítico. Os tubos de queda do sistema tradicional possuem um dimensionamento, que conduz a um subaproveitamento, pois na realidade o escoamento não se faz sempre a secção cheia. Repare-se que se a situação do escoamento sobre pressão se realizar com secção cheia, é perceptível o ganho na capacidade de transporte, particularmente por permitir o escoamento de grandes caudais em secção inferiores.

Este sistema pode ser utilizado na generalidade das coberturas correntes, em coberturas planas, com ou sem vegetação, e em coberturas inclinadas. É mais apropriado para drenagem de coberturas a níveis elevados, não se ajustando para drenagens de água precipitadas ao nível do piso térreo, já que a sua eficiência depende da diferença de cotas dos pontos a montante e a jusante do sistema.

A gestão económica de um sistema que compõe um edifício é um fator influente aquando a sua elaboração. O sistema sifónico apresenta claras vantagens em relação ao sistema tradicional, todavia o seu elevado custo condiciona em muito a sua aplicação. Embora seja uma técnica mais económica e eficaz em determinadas particularidades, já referidas precedentemente, é um sistema cujo seu custo intrínseco é elevado. Custo este que não está associado aos materiais diferentes e ao sistema de fixação próprios, como se poderia esperar, mas sim às patentes relacionadas com estes sistemas.

O dimensionamento do sistema sifónico é realizado pelos próprios fornecedores destes sistemas recorrendo a *software* próprio. A eficiência deste tipo de sistema incide na formação de pressões negativas (depressões) ao longo do traçado da rede. Para que isto se verifique, devem existir diferenças nas cotas de entrada e de saída da água, bem como reduções de diâmetro ao longo do traçado a fim de incentivar-se o diferencial de pressões. Para o sistema tradicional gravítico o diâmetro do tubo de queda tem de ser constante, reto e vertical ao longo de todo o seu desenvolvimento, pois este é dimensionado para secção cheia e os caudais tem tendência a aumentar no sentido em que escoam, no caso de impossibilidade necessitarão de ser adotados raios tão grandes quanto possível para minimização dos efeitos sobre o sistema. A sua instalação deve ser na face exterior dos edifício ou em galerias verticais visitáveis, para haver fácil acesso na necessidade de eventuais reparações. O diâmetro dos tubos de queda gravitacionais deverá ser maior que o diâmetro de todos os ramais a ele ligados.



O sistema sifónico possui limitações quando aplicado a edifícios habitacionais, já que nestas situações a manutenção é menos rigorosa e esta tipologia do sistema é bastante suscetível a entupimentos. Também não se revela eficaz quando as coberturas são muito irregulares, com saliências e reentrâncias. Este sistema deve ser aplicado em situações em que exista uma necessidade elevada de aproveitamento de águas pluviais (Pereira, 2012).

2.5.3 Reservatório de armazenamento

O armazenamento constitui um dos componentes mais importantes e mais dispendiosos de um SAAP, é efetuado num reservatório ou cisterna (figura 3). São normalmente recomendados que os tanques de armazenamento sejam opacos, de forma a inibir o crescimento de algas, cobertos e arejados para precaver o desenvolvimento de mosquitos. Também devem ser protegidos contra a radiação direta do sol (raios UV).



Figura 3 - Tanques de armazenamento de águas pluviais

Disponível em <http://www.watercache.com/education/rainwater-how/>; em <http://www.atlantiscorp.com.au/about-rainwater-harvesting> e em <http://www.lastormwater.org/blog/2010/10/three-rainwater-harvesting-workshops-in-santa-monica/> (consultado a 28 de Fevereiro de 2014)

Descrevendo as características do reservatório este deve possuir cantos arredondados que simplifiquem a sua limpeza e que precavam o desenvolvimento de bio filmes, deve ser constituído por um material não poroso e que não favoreça reações químicas com a água, deve ainda ser provido de um sistema *overflow*, de descarga de fundo e de filtro a montante. É também indicado um dispositivo de redução de turbulência da velocidade de entrada da água na cisterna. As cisternas podem ser abastecidas por gravidade, no caso da água pluvial ser recolhida no telhado ou cobertura, ou por bombagem no caso de serem recolhidas no pavimento. Este dispositivo de suavização serve para controlar a velocidade que a água possui, assim as impurezas que sedimentaram no fundo do tanque não vão ser perturbadas pelo jato de água que chega, evitando assim que a água armazenada fique turbulenta. Devem existir dispositivos de



descarga a ativar sempre que o reservatório estiver cheio ou quando se pretender fazer limpeza, sendo que a água retirada é conduzida para a rede de drenagem pluvial. Além disso é importante que exista uma ligação á rede pública de abastecimento que permita suprimir as necessidades em caso de escassez da água da chuva.

No caso de reservatórios de grande dimensão devem ser repartidos por células, para que a sua manutenção seja facilitada. A comunicação entre células deve ser munida com válvulas de seccionamento e o esvaziamento, pode ser efetuado, por descarga de fundo gravítica ou por bombagem.

2.5.3.1 Tipos de reservatório de armazenamento

A escolha do local de implantação do reservatório, do seu modelo e do material a utilizar também deve ser efetuada apurando as condições do terreno. Para se escolher o reservatório deve-se fazer uma análise dos consumos e tipos de materiais com que a água entra em contacto, já que o material que constitui a cobertura pode contaminar a água o material que constitui o reservatório também. São usados materiais diferentes nos diferentes países que usam esta tecnologia, cada reservatório tem as suas vantagens de desvantagens (Macomber, 2010).

Os reservatórios podem ser diferenciados através da sua posição em relação ao solo, enterrado, superficial e elevado, ou então tendo por base a diferença de materiais em que os reservatórios são fabricados (Rodrigues, 2010).

É de extrema importância que o dimensionamento do reservatório de água seja corretamente efetuado, já que este é o elemento mais dispendioso de todo o sistema. É imprescindível entender bem as características do edifício a servir, saber a respetiva área de captação e tipo de superfície, zona pluviométrica da região em que se encontra inserido e volume de água potável a ser permutada por água pluvial.

2.5.3.1.1 Posições do reservatório de armazenamento

Existem então três opções diferentes para colocação do reservatório neste tipo de sistemas, os enterrados, os superficiais e os elevados.

➤ **Reservatórios domésticos enterrados**

Este tipo de instalação são os mais frequentes. Existe uma grande variedade de formatos e materiais para este tipo de reservatório no mercado português. Podem ainda haver diferentes funcionalidades para cada situação. Há a possibilidade de haver um reservatório com a única funcionalidade para rega de jardins ou lavagem



de veículos, onde se instala uma mangueira num poste, que por sua vez pode possuir diferentes formas conforme o gosto do cliente ou a arquitetura da habitação, (Sacadura, 2011).

O mais comum é que seja utilizado para fins exteriores e para uso domésticos. Um sistema tipo de aproveitamento de águas pluviais é o indicado na figura 4. É composto por um filtro, reservatório que inclui bomba de sucção, amortecedor, sifão, descarregador superficial, já dentro da habitação, um sistema controlador de água. É preciso considerar uma possível falha do sistema de captação da água da chuva, devido à sazonalidade e irregularidade da mesma. Quando o reservatório não tem capacidade de resposta ao requisito de consumo transfere instantaneamente para o consumo de água potável da rede de distribuição (Sacadura, 2011).



Figura 4 - Sistema de aproveitamento de água pluvial doméstico exterior e enterrado

Fonte: <http://www.architecture.com/RIBA/Aboutus/SustainabilityHub/Designstrategies/Water/1-3-1-2-Rainwatercatchment.aspx> (consultado a 14 de Abril de 2014)

➤ Reservatórios domésticos superficiais

Para instalar este tipo de reservatórios deve dispor-se de locais com área livre, havendo a hipótese de determinados usos sem necessidade de bombeamento, tais como rega de espaços verdes e lavagem de pavimentos (Anneschini, 2005). Os reservatórios da figura 5 tem de ser dotados de uma bomba, para efeitos de uso doméstico. Os reservatórios superficiais necessitam de estar sobre uma estrutura de apoio, mesmo quando implantados sobre o solo, de forma a garantir que estão devidamente nivelados. Caso estejam expostos, necessitam ter boa aparência, sendo



ainda impreterível que a altura máxima, da parte superior do conjunto reservatório, filtro e descarga permaneça abaixo da menor cota de captação. Perante estas circunstâncias, para captação de construções térreas, dotadas de calhas e tubagens aéreas, pode-se alcançar uma pressão por gravidade de até 1,50 m.c.a. na saída do reservatório, sem recorrer ao uso de bombas (Sacadura, 2011). Relativamente ao tipo de material que constitui o reservatório, é possível o uso de betão, alvenaria impermeabilizada, fibras de vidro, plástico, fibrocimento, aço, aço inoxidável, polietileno de alta densidade, entre outros. A eleição do tipo de material deve considerar também a facilidade de manutenção (limpeza e reparos) e a simplicidade de instalação (transporte e forma geométrica) (Sacadura, 2011).



Figura 5 - Reservatórios domésticos superficiais

Disponível em <http://www.usaplumbing.info/tips/installation-a-rainwater-tank-to-save-water> (consultado a 14 de Abril de 2014)

➤ Reservatório domésticos elevados

Estes reservatórios são, figura 6, mais comuns em edifícios multifamiliares, pois geralmente, disponibilizam maiores áreas para um reservatório e a utilização do equipamento de bombagem será menor, encontrando-se o reservatório numa parte elevada ao invés de enterrado ou apoiado no solo. O sistema de aproveitamento de águas pluviais, para habitações multifamiliares, possui o inconveniente de ter de ser instalado na fase de construção. Sendo por isso, muito menos atrativo que os outros tipos de reservatórios, (Sacadura, 2011).

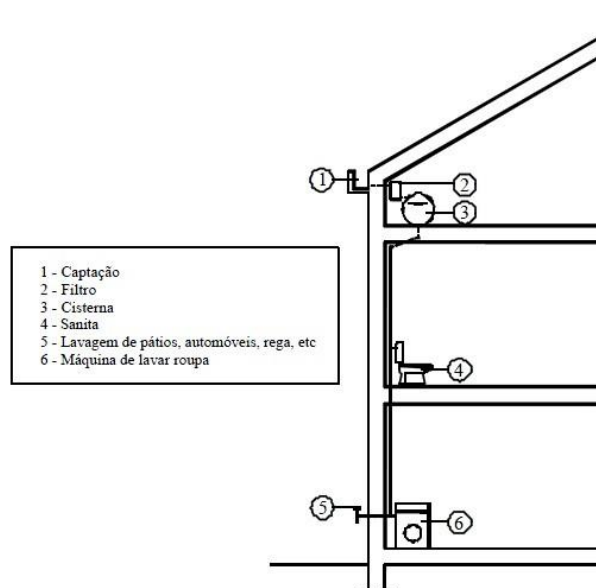


Figura 6 - Sistema de aproveitamento de água pluvial instalado no sótão

Fonte: Sacadura (2011)

2.5.3.1.2 Materiais do reservatório de armazenamento

Para a construção dos reservatórios há uma vasta opção de materiais no mercado português, entre eles o polietileno de alta densidade (PEAD), a madeira, o aço galvanizado e betão armado.

➤ Polietileno de alta densidade

Podem ser construídos quer acima, quer abaixo do solo e são um dos tipos mais comuns de reservatórios a ser vendidos hoje em dia. Disponíveis comercialmente numa vasta gama de dimensões, formas e cores. Têm tido uma crescente popularidade devido à sua durabilidade e baixo custo. São mais leves do que outros tipos de tanques (incluindo os de fibras de vidro) e por isso mais fáceis de transportar e, caso seja necessário, mudar de local uma vez que possuem essa particularidade. A sua superfície interior lisa simplifica as operações de limpeza. Os consertos são relativamente simples de efetuar, utilizando o calor para amolecer o plástico e moldar conforme necessário (Bertolo, 2006). Os reservatórios de polietileno usados no exterior devem ser selecionados contendo inibidores da radiação UV, com a finalidade de garantir maior duração. É também possível que sejam instalados interiormente, ou pintados com uma pintura de proteção de modo a minimizar os efeitos das radiações UV (Sacadura, 2011). Este tipo de cisternas asseguram resistência ao impacto para toda a sua vida útil, garante também a não transmissão



de substâncias tóxicas que possam interferir com a qualidade da água armazenada, ao contrário da fibra de vidro, por ex. (Macomber, 2010) (Rodrigues, 2010).

➤ **Madeira**

Um reservatório deste tipo de material é uma escolha altamente desejável para coletores de águas da chuva urbanas e suburbanas, é também de elevado apelo estético (figura x). No nosso país ao longo do século os reservatórios de madeira foram construídos em pau-brasil (Bertolo, 2006). Os modelos mais recentes são em geral de pinho, cipreste, cedro ou envolvidos por uma tensão de cabos de aço e revestida com plástico. Estas cisternas podem possuir variadas dimensões e são construídos in situ por técnicos devidamente qualificados. É possível serem montados e desmontados em diferentes locais, The Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005). As limitações principais relativamente a este tipo de reservatório prendem-se ao seu elevado preço, não é possível a sua construção abaixo do solo nem em locais quentes e/ou secos (Silva, 2012).

➤ **Aço galvanizado**

Reservatórios de chapa de aço galvanizado de metal integram também uma eleição atraente para o jardim urbano e suburbano. São leves, de fácil deslocamento e preço acessível, estes reservatórios podem, tal como acontece com os de polietileno, ser uma boa opção para o caso de se pretender um reservatório de superfície. Na sua globalidade os reservatórios de aço galvanizado são nervurados, então são mergulhados em zinco quente para que aumente a resistência à corrosão. Detêm um revestimento, genericamente, de polietileno ou PVC, ou ainda revestimento interior com pintura epóxi. A pintura deve ser aprovada para uso de potabilidade, precavendo a contaminação química da água e também para alongar a vida útil do metal, The Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005).

Durante a realização das operações de limpeza é preciso cuidado para que não se danifique o revestimento plástico e assegurar o impedimento do fenómeno de corrosão (Downey, 2009). O facto de estes tanques possuírem uma estrutura rígida e de resistirem a temperaturas extremas sem apresentarem danos são os principais benefícios a mencionar. Quanto às desvantagens é de realçar os problemas de controlo de corrosão, a suscetibilidade a danos por transporte e manuseamento, a deterioração do reservatório num reduzido espaço de tempo dependendo da qualidade da água, exigência de manutenção regular.



➤ **Betão armado**

Os reservatórios de betão armado podem ser construídos em blocos de betão armado pré-fabricado ou *in situ*, acima do solo ou enterrados. Sendo mais usual e vantajoso serem enterrados, permitindo satisfazer as necessidades sem ocupar área útil da edificação, são caracterizados pela sua robustez e longa duração.

Os reservatórios construídos *in situ* são do tipo mais versátil por essa mesma razão, serem construídos no próprio local de implantação e podem conjuntamente ter as mais variadas formas, dependendo da capacidade e resistência pretendida (Macomber, 2010).

As principais vantagens que estes reservatórios apresentam são a sua durabilidade, robustez, estabilidade e o facto de o cálcio presente no betão contribuir para a alcalinização da água. Reservatórios de betão são em geral mais caros e mais difíceis de instalar, causa do seu peso não são móveis, podem-se considerar permanentes depois a sua construção.

Os reservatórios de betão pré-fabricado podem ser comprados numa peça única ou em várias peças para depois aplicarem-se no local de instalação. O número de peças é variável devido á existência de vários métodos de construção deste tipo de reservatórios, aplicam-se geralmente acima do solo (Rodrigues, 2010).

Como o betão é um material poroso, a água poderá penetrar na parede incitando a corrosão da armadura da estrutura. A corrosão conduz ao aumento de volume da armadura e pode ser propícia ao aparecimento de fissuras no betão, que originam fugas de água indesejáveis. A expansão e contração do terreno também origina uma tensão extra no reservatório e pode rachar o betão. Para localização e reparação das fugas o tanque necessita de ser totalmente esvaziado (Bertolo, 2006), as reparações são consideradas de elevada dificuldade. Para contornar este efeito negativo da água no betão, aplicasse um revestimento plástico no interior para prevenir a falha da estrutura (Rodrigues, 2010).

2.5.3.2 Requisitos para a instalação do reservatório de armazenamento

Existem diversos cuidados a ter em consideração quando se pretende dimensionar o reservatório de armazenamento de água da chuva, de forma a não afetar a qualidade da mesma no seu interior. A Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 refere alguns, designadamente:



- Os reservatórios devem ser constituídos por materiais que garantam as condições estruturais necessárias, sem poros e que não favoreçam reações químicas com a água;
- Os reservatórios precisarão ser dotados de sifão, descarga de fundo e filtro a montante da entrada da água. Deve possuir cantos arredondados para uma manutenção mais fácil e para precaver o desenvolvimento de biofilmes. A cisterna deve ser ventilada, coberta e permitir a inspeção, seguindo as normas de segurança;
- Sabendo que não existe possibilidade de contaminação, as águas da chuva procedentes do *overflow* do sistema, do dispositivo de primeira lavagem (*first-flush*) e do filtro poderão ser encaminhadas para a rede de águas pluviais, infiltradas ou lançadas em linha de água natural;
- No reservatório deve ser colocado um acessório que restrinja a turbulência e que reduza a velocidade de entrada da água no tanque. A sucção da água também deve ser efetuada com baixa velocidade, de preferência entre 10 e 15 cm abaixo da superfície da água na cisterna, ou através de um sistema equivalente que não possibilite a aspiração de resíduos flutuantes ou sedimentos na mesma;
- Para armazenar a água da chuva esta deve estar protegida da luz e do calor, as aberturas necessitam de ser dotadas de dispositivos anti roedores e anti mosquitos. Recomenda-se o uso de uma membrana anti roedores, quando o sistema *overflow* estiver diretamente ligado à rede pluvial. Caso haja a possibilidade de retorno, é importante o sistema estar dotado como uma válvula anti retorno da água;
- Quando os reservatórios se situam em zonas de baixas temperaturas devem ser alojados de modo a acautelar o congelamento da massa de água recolhida. Em situações como esta as tubagens devem possuir isolamento. Caso as cisternas estejam localizadas no exterior, devem ser preferencialmente enterradas, de forma a beneficiar a proteção geotérmica do solo, com uma profundidade mínima de 50 cm;
- Quando se instalam cisternas de fibra de vidro, PEAD ou constituídos por outros materiais plásticos, devem seguir as instruções de instalação do fabricante, para precaver deformações estruturais. Na instalação de reservatórios enterrados é necessário prevenir-se a flutuação, quando se encontram vazios, e considerar ainda às cargas de tráfego;
- No caso de reservatórios de grandes volumes estes podem ser compartimentados por células, de forma a facilitar a sua manutenção. A comunicação entre células deve ser equipada com válvulas de seccionamento e o seu despejo pode ser realizado por bombagem ou descarga de fundo gravítica;



- O sistema deve ser dotado no início por um sistema de corte, de modo a que, caso sejam utilizados ou derramados (propositada ou acidentalmente) produtos potencialmente nocivos para a saúde humana na área de captação, o sistema possa ser interrompido, obstruindo a entrada desses produtos na cisterna. A conexão só deve ser reativada após adequada lavagem da área de captação e garantia de inexistência de perigosidade.

2.5.3.3 Dimensionamento do reservatório

Quanto ao dimensionamento dos reservatórios, este deve ser de acordo com critérios económicos, técnicos e ambientais, atendendo sempre as boas práticas de engenharia.

No dimensionamento, não devem ser ponderados períodos de reserva de água superiores a 30 dias.

O dimensionamento do reservatório é o item essencial para a sua viabilidade económico-financeira (Amorim, et al., 2008). Tem de ser apto para satisfazer as necessidades do consumo de água com fins não potáveis, para isso é indispensável conhecer as características do edifício a beneficiar, a área e material da superfície de captação, o volume de água potável a ser permutada por água pluvial e a zona pluviométrica da região que está inserido.

Observando a distribuição espacial de precipitação em Portugal continental, verifica-se que o norte do país é mais húmido que o sul, isto deve-se à circunstância do norte da Península Ibérica ser influenciada pelos sistemas frontais vindos do Atlântico já o sul não costuma ser afetado por estes fenómenos. A precipitação média anual tem os valores mais altos no Minho e Douro Litoral e os mais baixos no interior do Baixo Alentejo. A cidade do Porto regista uma média anual de 1250 L/m² e, mais a sul, Lisboa regista apenas 720 L/m². Os sistemas montanhosos do norte e do Centro de Portugal, como a Serra do Marão e a Serra da Estrela, constituem uma divisória meteorológica, separando a quantidade de precipitação entre Este e Oeste. Consequentemente, a cidade de Bragança, no interior, com uma média de 785 L/m², regista apenas metade da precipitação da cidade costeira de Viana do Castelo.

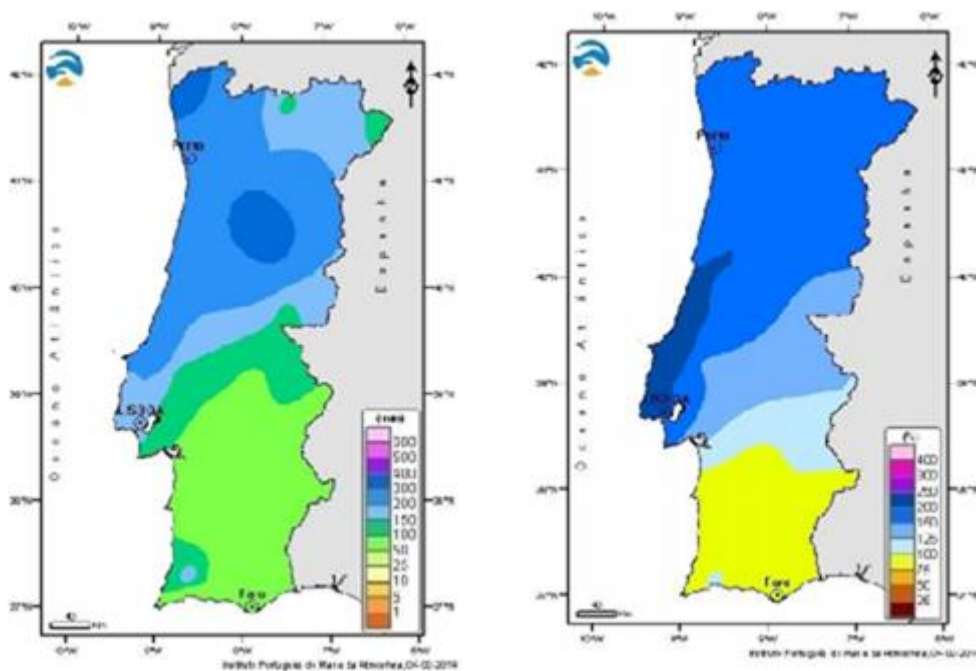
A neve ocorre regularmente em quatro distritos do norte do país, que são, Guarda, Bragança, Vila Real e Viseu e vai diminuindo a sua presença em direção a sul, até se tornar inexistente no Algarve. No Inverno, ocorrem nevões com alguma frequência em pontos restritos, tais como a Serra da Estrela, a Serra do Gerês e a Serra de Montesinho, podendo nevar de Outubro a Maio nestes locais.

O arquipélago da Madeira, graças à sua localização no Atlântico, goza de um clima moderado. Na média tem o seu mês mais frio fevereiro e o mais quente o de setembro, a chuva



atinge uma média anual de 596 L/m². O arquipélago dos Açores situa-se um pouco mais a noroeste, mas as temperaturas são equiparáveis às registadas na Madeira, o mês mais quente é Agosto com 25°C, mas no que diz respeito à precipitação, dois terços desta ocorre nos meses de outono e inverno, existem contudo diferenças consideráveis: a ilha das Flores, a mais a ocidente, regista uma média anual de 1642 L/m², enquanto São Miguel, a este, regista 967 L/m².

A figura 7 representa os valores da quantidade de precipitação do mês de Janeiro do presente ano, que foram superiores ao normal em praticamente todo o território exceto no Baixo Alentejo e Algarve. O mês classificou-se como chuvoso e muito chuvoso nas regiões do Norte e Centro e normal a seco na região Sul. Os valores mensais variam entre 57 mm e 371,4 mm.



a) Valores da quantidade de precipitação do mês de janeiro de 2014 b) Valores da quantidade de precipitação do mês de janeiro de 2014
no Baixo Alentejo e Algarve

Figura 7 - Distribuição espacial da precipitação total

Disponível em

http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im_publicacoes/edicoes.online/20140207/SZWBIUwhCXZajwXlhWak/cli_20140101_20140131_pcl_mm_co_pt.pdf

(consultado a 28 de Fevereiro de 2014)

Na bibliografia pesquisada o dimensionamento do reservatório é efetuado usualmente por métodos iterativos e métodos práticos (Amorim, et al., 2008). Após a pesquisa decidiu-se usar o Método de Rippl e o Método Prático Alemão.



2.5.3.3.1 Método de Rippl

Também chamado de Método do Diagrama de Massas, este método é o que mais aparece nas bibliografias que abordam atualmente este assunto. Originalmente desenvolvido no século XIX, é o método mais utilizado, especialmente pela sua fácil aplicação (Campos, 2004). A princípio este método foi desenvolvido para grandes reservatórios, o que conduz a um sobredimensionamento do volume a ser armazenado, sendo por isso alvo de uma série de críticas (Amorim et al., 2008).

Segundo a Especificação Técnica da ANQIP ETA 0701, indica-se a utilização deste método para dimensionar reservatórios de grande dimensão ou sempre que a estrutura de consumo não é constante ao longo do tempo, como por exemplo quando se considera a rega de espaços verdes ou em casos de ocupação sazonal.

A determinação do volume por este método é feito tendo por base a área de captação e a precipitação registada, tendo em consideração que nem toda a água precipitada vai ser armazenada e correlacionando tal volume ao consumo mensal do edifício, que pode ser constante ou variável (Amorim et al., 2008).

Quanto mais pequeno for o intervalo entre os dados pluviométricos, maior será a exatidão no dimensionamento. Frequentemente, devido à carência de dados de valores diários, utilizam-se valores mensais, estes tornam o procedimento de cálculo menos trabalhosos e apresentam resultados igualmente satisfatórios. O intervalo de tempo em que se regista dados da pluviometria local é de extrema importância para a precisão no dimensionamento, já que, quanto mais prolongado o período analisado, mais eficiente é o dimensionamento (Amorim et al., 2008).

Para se verificar o volume do reservatório através deste método, existem duas maneiras diferentes (May, 2004): o método analítico e o método gráfico.

O método analítico é o mais comum. Os dados necessários de entrada são:

- Precipitação média mensal ou diária, em mm;
- Consumo mensal ou diário, em m³;
- Área de captação, em m²;
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Eficiência do sistema de captação.



O valor do coeficiente de escoamento superficial para a telha cerâmica é de 0,8. Quanto à eficiência do sistema de captação refere-se à eficiência dos equipamentos colocados antes do reservatório, filtros, equipamentos para retirada do escoamento inicial, etc. Para a grande parte dos filtros adota-se 0,9, que representa que 10% da água que entra no filtro é escoada diretamente para a rede de drenagem juntamente com as poeiras ou detritos que não entram no reservatório.

Os dados de saída correspondem:

- Volume aproveitável, em m^3 : volume máximo de água da chuva que poderá ser recolhida no intervalo de um mês ou diariamente.

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (1)$$

em que:

V = volume mensal ou diário de água pluvial (m^3);

P = precipitação média mensal ou diária (mm);

A = área de captação (m^2);

C = coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff;

η = eficiência do sistema de captação.

- Volume aproveitável - consumo, em m^3 : diferença entre o volume de água pluvial aproveitável e o volume da demanda a ser atendida;
- Diferença acumulada, em m^3 : volume obtido pelo somatório das diferenças negativas do volume aproveitável menos o consumo;
- Volume do reservatório de água pluvial, em m^3 : volume adquirido no somatório da diferença negativa do volume de chuva e do consumo.

Neste método, um modelo usado para o dimensionamento da capacidade do reservatório é o seguinte:



Tabela 2 - Planilha do dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

Fonte: Modificado de May et.al. (2004)

Meses	Precipitação média mensal (P)	Área de coleta (A)	CES x Eficiência do sistema de captação (C x η)	Volume aproveitável	Demanda mensal	(Volume aproveitável - demanda)	Diferença acumulada	Volume do reservatório de água pluvial
	mm	m ²		m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Janeiro								
Fevereiro								
...								
Total								

As primeiras três colunas correspondem aos dados de entrada e as colunas restantes tem de ser calculadas. A coluna do “Volume Aproveitável” é calculada com base na equação anterior. A coluna da “Diferença Acumulada” é obtida somando os valores negativos consecutivos da “Diferença entre o Volume Aproveitável e o Consumo” sucedendo que o “Volume do Reservatório” é igual ao máximo valor absoluto da coluna da “Diferença Acumulada”. Deste modo é atribuído o valor mensal que o reservatório armazena.

2.5.3.3.2 Método Prático Alemão

Este é um método abreviado que pode ser aplicado para moradias unifamiliares, que estejam situadas em zonas com pluviosidade mínima com valores compreendidos entre 500 e 800 mm por ano e com consumos do tipo domésticos, pouco variáveis ao longo do ano, tal como é possível verificar na Especificação Técnica ANQIP ETA 0701. Na cidade de Braga, segundo dados do IMPA, a pluviosidade é na ordem dos 1465 mm anuais e segundo a especificação técnica está entre 1600 e 2000 mm por ano, fazendo uma média de 1800 mm anuais. Não são valores muito afastados, contudo no emprego deste método consideram-se ambos para efeitos de cálculo.

O Método Prático Alemão é baseado no volume anual aproveitável, dado pela expressão (1), e nos consumos anuais estimados. Para a sua aplicação em Portugal, é possível recorrer-se aos mapas e tabelas, que constam em anexo na Especificação Técnica ANQIP ETA 0701.

Para o cálculo do volume útil do reservatório é necessário escolher o menor valor entre: 6% do volume anual de consumo e 6% do volume de precipitação aproveitável.



$$Vu = \min\{Va \text{ ou } Ce\} \times 0,06 \quad (2)$$

Em que:

- Vu= volume útil do reservatório (L);
- Va= volume anual de precipitação aproveitável (L);
- Ce= consumo anual estimado de água não potável (L).

De notar ainda, que para efeitos de dimensionamento, não devem ser considerados períodos de reserva de água na cisterna superiores a 30 dias. No caso deste método até se adotam valores inferiores, da ordem das três semanas de armazenamento.

2.5.4 Filtros

Um telhado ou pavimento é uma superfície de deposição natural de folhas, flores, galhos, poeiras, corpos de insetos, fezes de animais entre outros resquícios transportados pelo ar. Quando a água da chuva é recolhida através do pavimento permeável, antes de ser armazenada no reservatório, passa por um filtro. A recolha da água a partir deste local aumenta a probabilidade de contaminação por óleos e fezes de animais, para ultrapassar esta situação pode ser necessário adicionar um órgão de desinfeção.

O filtro é colocado imediatamente antes do tanque de armazenamento e previne que os poluentes não vão para o seu interior, contudo, o dispositivo de filtração, é o elemento que obriga a mais manutenção. Sem o manuseamento apropriado ficam obstruídos e restringem o fluxo de água pluvial e colaboram no desenvolvimento de microrganismos patogénicos. É geralmente mais simples recolher a água da chuva exclusivamente do telhado da propriedade, no entanto, a recolha de outras superfícies, que não apenas a cobertura, aumenta o rendimento e pode ser benéfico em alguns casos.

No mercado português encontram-se vários filtros disponíveis, tais como apresenta a figura 8.



Figura 8 - Filtros do SAAP

Disponível em <http://www.starkenvironmental.com/a-1-filtration.html> (consultado a 28 de Fevereiro de 2014)

2.5.5 Filtros de sucção

O filtro de sucção (*suction filter*) encontra-se antes da bomba, tem como função impossibilitar que as partículas que não sedimentaram sejam absorvidas e enviadas pela bomba, para a rede predial de distribuição.

2.5.6 Descarga de superfície

A descarga de superfície é um dispositivo que permite que o excesso de água seja descarregado da cisterna de armazenamento, mas também permite que o material flutuante seja escoado da superfície. É indispensável uma válvula antirretorno para impedir a contaminação por refluxo, bem como uma barreira anti roedores (figura 9).

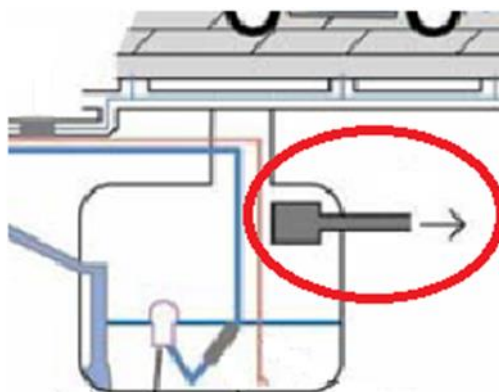


Figura 9 – Descarga de superfície

Disponível em *Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide*



2.5.7 Instalação de bombagem

As instalações de bombagem tem que cumprir à regulamentação em vigor e o dimensionamento eficiente deste sistema está a cargo do fornecedor do equipamento e do projetista.

Todas as bombas que se encontram submergidas no reservatório necessitarão ser munidas de dispositivos de sucção com tomada de água ligada a um flutuador, ou sistema equivalente, que não permitam que resíduos flutuantes nem sedimentados passem para a rede de distribuição predial. De forma a permitirem as operações de manutenção, que devem ser realizadas conforme as especificações técnicas do produto, as bombas que se encontrem instaladas no interior do reservatório tem de ser facilmente removíveis. Equipamentos de bombagem que sejam criados para sistemas domésticos de aproveitamento de água pluvial, precisam estar dotados tecnologicamente de funções que possibilitem a gestão de água pluvial de forma responsável e eficiente (figura 10).



Figura 10 - Bomba para o SAAP

Disponível em <http://waterplex.com.au/product/accessories/rainwater-tank-water-pumps/rainwater-tank-water-pumps/onga-pumps/>
(consultado 28 de Fevereiro de 2014)

2.5.8 Distribuição

A distribuição da água armazenada pode ser efetuada de duas formas distintas. A distribuição por gravidade consiste no transporte da água pluvial até ao seu uso final, como o seu nome indica, por gravidade. Por outro lado, se o reservatório não se encontrar colocado a uma altura que permita a distribuição de caudal até ao local de consumo por gravidade, deve fazer-se a distribuição por bombagem, que consiste na repartição da água pluvial com auxílio de uma bomba. Qualquer bomba pode ser utilizada, desde que seja convenientemente



dimensionada para este fim, a sua aspiração deve ser efetuada a baixa velocidade e de posicionada de forma a não permitir a aspiração nem de resíduos flutuantes nem sedimentados. O sistema arranca sempre que existir consumo e para quando este termina, permitindo um uso eficiente.

Como se trata de água não potável e com fins restritos na sua utilização, a canalização destes sistemas, bem como os seus elementos acessórios, devem ser claramente diferenciados das redes de água potável. Propõe-se a utilização de fita adesiva colorida e de preferência com frases ‘Rede não Potável’, ‘Água não potável’ ou outra equivalente. Os dispositivos de rega ou lavagem necessitam estar sinalizados e identificados, poderão utilizar-se advertências análogas às indicadas no ponto anterior. Adverte-se ainda que as torneiras de lavagem ou rega sejam dotadas de manípulos amovíveis, uma forma de segurança contra usos inadequados.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais pode ser totalmente automatizado mediante a instalação de um quadro de gestão automática. Este recolhe informação sobre o nível de água no reservatório e a ocorrência da primeira chuvada, para fazer o controlo da electroválvula que regula o *first flush* e também do grupo eletrobomba.

2.5.9 Tratamento

Esta fase é peculiarmente importante no caso dos sistemas de águas potáveis mas, para os usos não potáveis, esta etapa inclui usualmente apenas a remoção de sólidos, aliás o filtro pode ser considerado a primeira fase de tratamento da água da chuva. Contudo, é recomendável quando os usos finais compreendem a descarga de autoclismos e a lavagem de roupas.

Caso exista, executa-se após a filtração e pode incluir uma outra filtração, com carvão ativado por exemplo, desinfecção ou um controlador de pH da água. Pode efetuar-se uma injeção de cloro no reservatório de água, no entanto uma quantidade alta deste desinfetante costuma ser desfavorável para a máquina de lavar a roupa, então pode apelar-se à filtração com carvão ativado para remoção do excesso de cloro. Existe ainda a possibilidade de ser recorrer a um sistemas de oxigenação da água, operação que consiste na introdução, pelo fundo do reservatório, de bolhas de oxigénio puro ou ar, evitando deste modo condições favoráveis à criação de contextos anaeróbios.

Globalmente quando se usam este tipo de sistemas não existem nenhum tratamento adicional realmente necessário, com exceção do caso atrás citado, existem sim cuidados que podem ser tomados para manter a qualidade da água de forma a não representarem um risco para a saúde.



2.5.10 Manutenção

As inspeções do sistema podem ser realizadas pelos utilizadores, porém existem situações em que apenas um profissional com a formação adequada deve intervir, como é o caso de entrar na cisterna, manusear sistemas de bombagem e de tratamento. Nas operações de manutenção ou higienização usam-se produtos que podem, ou não, ser altamente nocivos para a saúde humana ou para o ambiente envolvente, desta forma devem assegurar-se medidas que impossibilitem o lançamento dos efluentes decorrentes dessas operações no ciclo pluvial natural, ou na rede de drenagem de águas residuais sem que, previamente, se faça a verificação de compatibilidade com os componentes naturais, canalizações e órgãos de tratamento a jusante, recorrendo a pré-manutenção quando necessário.

Independentemente das operações excecionais bem como, na ausência de condições que indiquem períodos mais curtos de intervenção e reparação, a manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais deverá ser realizado de acordo com a tabela 3:

Tabela 3 – Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP

Fonte: Adaptado da Especificação Técnica ANQIP ETA 0701

COMPONENTES	FREQUÊNCIA DA MANUTENÇÃO
Filtros	Inspeção e limpeza semestrais
Sistema de desvio do <i>first flush</i>	Automático – inspeção semestral e limpeza anual Manual – inspeção e limpeza semestral
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Órgãos de tratamento/desinfecção	Inspeção mensal e manutenção anual
Sistemas de bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Cisterna	Inspeção anual, limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidades de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual

2.5.11 Análise de custos

Todos os custos associados à implantação de um SAAP devem ser cuidadosamente calculados. Sabendo que o custo total da instalação de um sistema deste tipo é, o somatório do custo de todos os componentes que o constituem mais o custo da mão-de-obra para a instalação.



Dependendo do tamanho do tanque de armazenamento, que como já mencionado anteriormente, constitui um dos elementos mais dispendiosos do sistema.

O custo da instalação de um SAAP durante a fase de construção é geralmente mais baixo, comparativamente a uma adaptação num edifício já existente. Razão que se prende à escavação, que pode ser necessária, para instalação do tanque e as alterações necessárias à canalização já existente.

Para a relação custo- benefício do sistema de aproveitamento da água da chuva também se deve considerar: o preço da água praticado (quando maior o custo da água, mais elevados os benefícios de instalar o sistema) e o custo de manutenção a que vai estar associado ao sistema durante a sua vida (Environment Agency, 2010).

2.6 TRIZ

A TRIZ é uma metodologia bastante versátil e diversificada (Carneiro, 2013), apresenta-se por etapas uma explicação do modo em que pode ser aplicada.

2.6.1 Definição de TRIZ – sistemas e funções

TRIZ é o acrónimo russo para Teoria *Rechénia Izobretátelsih Zadátchi* que, significa em português Teoria da Resolução de Problemas Inventivos. O seu criador foi Genrich S. Altshuller (1926-1988) e seus colaboradores e o seu surgimento deu-se na União Soviética, nos anos 40 do passado século. Devido à guerra fria, a sua divulgação apenas tomou lugar nos anos 90, enquanto isso apenas se desenvolvia no seio da extinta URSS.

Altshuller e a sua equipa, dedicaram-se durante vários anos ao estudo de milhares de patentes, de jeito a inspirarem-se para melhorar ou criar novos equipamentos. Sustentado nos seus estudos, Altshuller concretizou os princípios por detrás de uma invenção, criando uma série de ferramentas, que possibilitam aplicar esses princípios e forma a orientar e potenciar o processo criativo, na conceção de novos equipamentos e tecnologias.

A TRIZ disponibiliza vários princípios e padrões globalizados, para qualquer sistema tecnológico e respetiva evolução e também ajuda a desbloquear o processo criativo de inventores e projetistas, possibilitando assim o surgimento de novas ideias.

A TRIZ é mais do que uma simples metodologia, diferencia-se das demais pois foca-se nas invenções e não nos seus inventores. Pode dizer-se que é uma ciência que estuda a evolução da tecnologia e os princípios por detrás dessa evolução, então para tal, possui algumas bases e

conceitos nos quais se baseia. Apresenta uma estrutura de 3 níveis (Figura 11). Cada nível pode ser abordado individualmente ou com um todo, conforme as necessidades das necessidades de cada indivíduo ou organização.

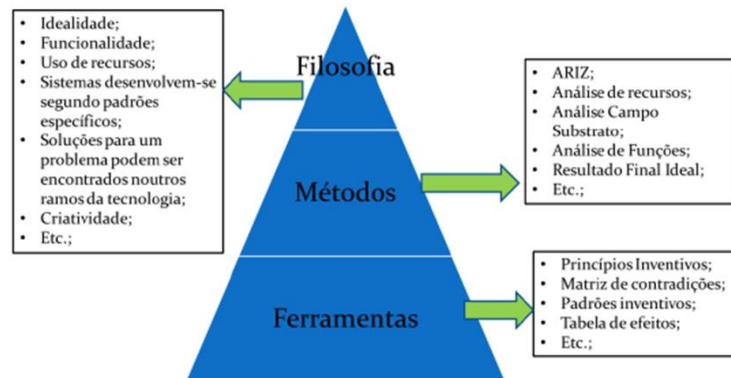


Figura 11 - Implantação da TRIZ

Figura retirada de 'TRIZ – Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos' – Universidade do Minho, Carneiro (2013)

Na base da pirâmide, acha-se um agrupado de ferramentas que podem ser usadas de forma descomplicada e rápida ou como auxílio a outros métodos. No segundo nível encontra-se outro conjunto de métodos, que apoiam a criação, e a análise de forma organizada e sistemática, a criação de sistemas e soluções. Finalmente no topo da pirâmide, está uma filosofia que se refere aos sistemas tecnológicos, com conceitos, premissas ou paradigmas que ajudam a compreender a realidade dos diferentes sistemas tecnológicos, dos processos criativos e da procura de soluções para problemas técnicos (Carneiro, 2013).

2.6.2 Metodologia

É composta por todos os procedimentos, técnicas, ajudas ou 'ferramentas' que o projetista poderá usar e ajustar entre si por forma a concretizar um projeto. Nos últimos anos tem-se assistido a um aumento substancial de novos procedimentos, os quais são vulgarmente agrupados sob o nome de metodologia de projeto.

O principal propósito destes novos métodos é possibilitarem a introdução de procedimentos racionais no projeto. Sendo que alguns são mesmo invenções novas, enquanto outros são meras adaptações de métodos usados noutras áreas de conhecimento (como da investigação operacional ou da administração, p ex.) outros ainda são apenas simples formalizações das técnicas informais usadas entre projetistas (Carneiro (2013), Silva (2013)).



2.6.2.1 Elucidação e determinação dos objetivos de projeto

Quando se inicia um projeto este tem, muitas vezes, como ponto de partida um problema mal definido, ou cujos seus requisitos são vagos (ou até indefinidos). Primeiramente é necessário tentar-se clarificar os objetivos. Tal como, reter uma ideia clara dos objetivos (essencial), apesar destes poderem ser completamente alterados, à medida que se compreende melhor o problema e as soluções se começam a desenvolver.

Assim, de forma a controlar e administrar o ‘processo’ de projeto, é relevante, o uso de uma lista, com a exposição dos objetivos, que seja simples, clara e facilmente entendível de modo a que possa ser aprovada. Os objetivos têm de ser estabelecidos numa fase inicial do processo, com o avançar do processo os objetivos definidos inicialmente podem sofrer alterações, poderá neste tipo de casos ser necessária uma requalificação dos objetivos.

Os objetivos devem incluir fatores económicos e técnicos, requisitos dos consumidores e de segurança, etc., é necessária a elaboração de uma lista detalhada e por ordem de importância. Sempre que executável, um objetivo deve ser apontado de forma a ser possível uma avaliação quantitativa do desempenho alcançado por uma solução sobre esse objetivo. Outros objetivos estarão referidos com aspetos qualitativos, a estes serão atribuídas pontuações numéricas (Silva, 2013).

2.6.2.2 Estabelecimento das especificações do produto

Conjunto de requisitos que compreende as especificações de desempenho do produto. Os objetivos ou funções são, muitas vezes, considerados como sendo especificações de desempenho, o que não é efetivamente correto. Objetivos e funções, são sim indicações do que devera ser alcançado (Silva, 2013).

2.6.2.3 Criação de solução nova e alternativa

No processo de conceção a criação de soluções é um aspeto central e essencial, possibilitando a apresentação e proposta de algo novo, ou seja, algo que nunca existiu antes. Esta procura sobrepõe-se, muitas vezes, aquilo que realmente acontece, como redesenho, aperfeiçoamento e otimização de produtos já existentes, com variações e modificações destes, os quais representam uma forma de desenvolver o pensamento criativo, relativamente à reordenação e recombinação de elementos é sempre possível, mesmo com um pequeno número



de elementos (ou componentes), os quia podem ser combinados de diversas formas (Silva, 2013).

2.6.3 Avaliação da solução alternativa

Após a criação de uma série de soluções, o projetista enfrenta agora a dificuldade de escolher qual a melhor alternativa. Todavia, ao longo do desenvolvimento do processo, o projetista poderá já se ter deparado com a decisão de escolha entre sub-soluções alternativas. As escolhas podem ser efetuadas de várias formas, por palpite, por intuição ou baseadas nas experiências, todavia é preferível que sejam efetuadas de acordo com um procedimento racional. Caso tenham sido usados alguns dos métodos anteriores, durante o processo conceitual, então tem de haver informação disponível de forma a orientar o projetista para a escolha adequada entre as propostas alternativas disponíveis. A avaliação das soluções alternativas tem que ser efetuada considerando os objetivos finais que o produto deveria alcançar.

O método dos objetivos ponderados oferece uma forma de avaliar e comparar diferentes soluções alternativas. Este método atribui pesos numéricos aos objetivos e pontuações numéricas aos desempenhos das soluções alternativas, medidas em função dos objetivos.

Para o processo de ordenação dos objetivos pode usar-se a comparação sistemática de pares de objetivos.

Objetivos	A	B	C	D	E	Totais das linhas
→ A	0	0	0	1		1
B	1	-	1	1	1	4
C	1	0	-	1	1	3
D	1	0	0	-	1	2
E	0	0	0	0	-	0

Figura 12 - Matriz de objetivos

Fonte: 'Teoria de Projeto Mecânico' – Universidade do Minho, Silva (2013)

Na figura 12 consideram-se dois valores, 1 e 0. A cada célula da matriz é considerado um destes valores, obedecendo se o primeiro objetivo é mais ou menos importante do que o segundo, e assim por diante. Na matriz apresentada acima, temos o objetivo A e evoluímos ao longo desta, devemos apreciar se o 'o objetivo A é mais importante que o B?', etc. Caso seja mais importante, deve escrever-se na célula o número 1, se for menos importante o valor 0.



Neste exemplo o objetivo A é considerado menos importante que todos os outros, com a exceção do objetivo E.

Objectivos	A	B	C	D	E	Totais das linhas
A	-	0	0	0	1	1
B	1	-	1	1	1	4
C	1	0	-	1	1	3
D	1	0	0	-	1	2
E	0	0	0	0	-	0

B
C
D
A
E

Figura 13 - Matriz por ordem de importância dos objetivos

Fonte: 'Teoria de Projeto Mecânico' – Universidade do Minho, Silva (2013)

Quando tiverem sido feitas todas as comparações, os totais que se apresentam em cada uma das linhas indicam a ordem de importância dos objetivos (figura 13). Logo, total maior designa o objetivo mais importante. Poderão surgir nesta fase alguns problemas de ordenação de objetivos, pois as relações poderão não ser transitivas. Quer isto dizer, o objetivo A poderá ser considerado mais importante que o objetivo B e o objetivo B mais importante que o objetivo C, contudo, o objetivo C pode ser considerado mais importante que o objetivo A. Nestes casos as decisões deverão se tomadas de forma a solucionar tais problemas. Esta ordenação de objetivos é exemplo de uma escala ordinal.

O passo que se segue consiste na atribuição de um valor numérico a cada objetivo, este valor expõe o seu 'peso' relativamente aos restantes objetivos.

Para atribuição, uma forma simples de a fazer é considerando a lista ordenada anterior, colocando os objetivos em posições de importância relativa numa escala de, 1 a 100 ou 1 a 10 tal como na figura 14

10	B
9	
8	
7	C
6	
5	D
4	A
3	
2	E
1	

Figura 14 - Objetivos em posição de importância numa escala de 1 a 10

Fonte: 'Teoria de Projeto Mecânico' – Universidade do Minho, Silva (2013)



Ao objetivo mais relevante, foi concedido o valor 10 e aos outros foram atribuídos os restantes valores. É de notar que o objetivos mais elevado e o mais baixo não estarão obrigatoriamente nas posições mais alta e mais baixa da escala utilizada.

Existe ainda um outro procedimento, alternativo ao anterior, que se baseia em partilhar um número conhecido de pontos, por exemplo 100, entre todos os objetivos. Este procedimento deverá ser efetuado por todos os membros da equipa de projeto, ajustando as atribuições (figura 15).

B	35
C	25
D	18
A	15
E	7

Figura 15 - Atribuição de pontuação

Fonte: 'Teoria de Projeto Mecânico' – Universidade do Minho, Silva (2013)

Existe um método ainda mais fiável para a atribuição de pesos aos objetivos, que é a árvore de objetivos. Para o objetivo global de nível mais alto dá-se o valor 1.0; para os níveis inferiores, são dados aos seus objetivos pesos relativos cuja soma total é igual a 1.0. Todavia, os seus pesos 'reais' são calculados como uma fração de peso 'real' do objetivo que se encontra acima destes, como se pode analisar na figura 17.

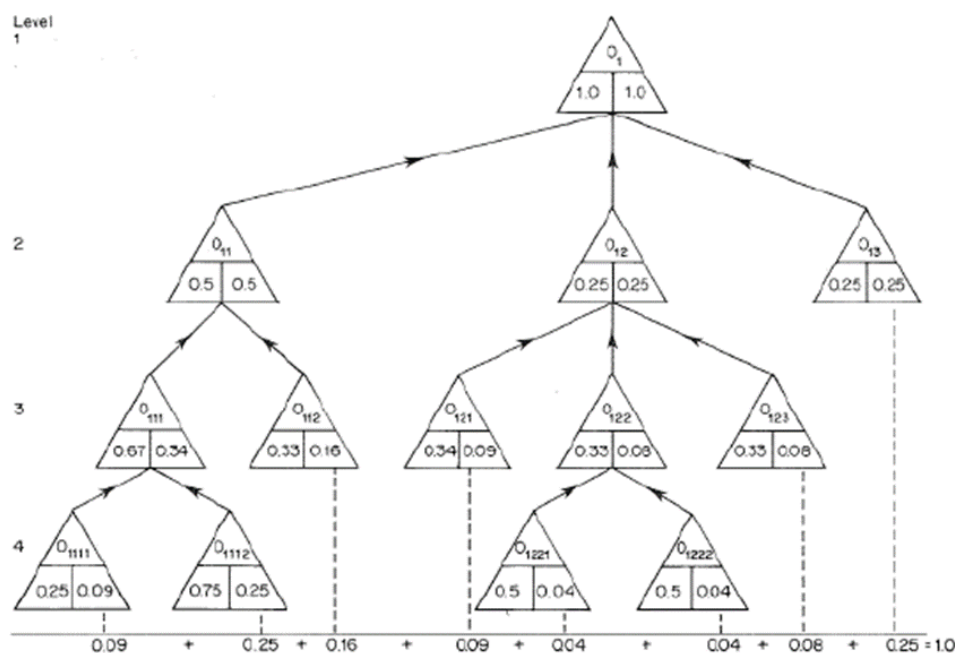


Figura 16 - Árvore de objetivos

Fonte: 'Teoria de Projeto Mecânico' – Universidade do Minho, Silva (2013)

Cada divisória da árvore está identificada com o número do objetivos (O_1 , O_{11} , etc.), aos quais se atribuem dois valores: o seu em relação aos vizinhos no mesmo nível e o valor relativamente ao objetivo global. Aos sub objetivos de O_{11} , que são O_{111} e O_{112} , são atribuídos os valores 0.67 e 0.33 respetivamente, mas os seus 'verdadeiros' valores só podem ter um total de 0.5 (que exprime o valor 'verdadeiro' do objetivo O_{11}), posto isto, o cálculo que se efetua é: $0.67 \times 0.5 = 0.34$ e $0.33 \times 0.5 = 0.16$. Este procedimento é fácil e coerente para se proceder à atribuição de 'pesos' pois é simples a comparação de dois ou três sub-objetivos relativamente a um objetivo de nível superior. A validade aritmética dos pesos fica assegurada, uma vez que a soma de todos de todos os valores 'verdadeiros' tem de ser 1.0.

A fase que se segue é o estabelecimento dos parâmetros de desempenho, isto é, pontuações de 'utilidade' para cada um dos objetivos. Esta fase requer a conversão dos argumentos dos objetivos em parâmetros que possam ser estimados com certa confiança (objetivo de uma determinada máquina pode ser 'elevada fiabilidade' converte-se num parâmetro de desempenho de 'número de avarias por 10000 horas de tempo útil de trabalho', p ex.), requer também uma escala simples para atribuição de pontuações de 'utilidade', já que alguns parâmetros poderão não ser quantificáveis. São usualmente cinco classes, as quais apresentam o desempenho: muito abaixo da média, abaixo da média, média, acima da média e muito acima da média. Não obstante, é muitas vezes necessário a utilização de 9 ou 10 classes.



Tabela 4 - Desempenho com uso de duas escalas

Fonte: Adaptado de 'Teoria de Projeto Mecânico' – Universidade do Minho, Silva (2013)

Escala de onze pontos	Significado	Escala de cinco pontos	Significado
0	Solução totalmente inútil	1	Inadequado
1	Solução inadequada		
2	Solução muito má	2	Fraco
3	Solução má		
4	Solução tolerável	3	Satisfatório
5	Solução adequada		
6	Solução satisfatória		
7	Solução boa	4	Bom
8	Solução muito boa		
9	Solução excelente	5	Excelente
10	Solução perfeita ou ideal		

Na tabela 4 apresentam-se os graus de desempenho adjudicados por uma escala de 11 e de 5 classes, importante referir que a segunda opção de pontos será a utilizada para classificar as opções de desempenho dos SAAP neste trabalho. Esta escala de cinco pontos começa em 1 e não em 0 já que não se vê qualquer vantagem em começar a escala com esse ponto. Quer os parâmetros quantitativos quer os parâmetros qualitativos podem ser comparados neste tipo de escalas, que exibem as gamas desde o pior ao melhor desempenho possível.

Para finalizar este tipo de análise, considera-se cada uma das propostas alternativas e calcula-se, para cada uma, uma pontuação para o seu desempenho em concordância com os parâmetros determinados (recomenda-se a participação de todos os membros que constituem a equipa de projetos, mas também dos consumidores deste, pois as diversas soluções vão ser pontuadas de forma diferente por pessoas com pontos de vista diferentes). O desempenho de cada parâmetro, e para cada alternativa, tem de ser ajustada de forma a ter em conta os diferentes 'pesos' de cada objetivo (é efetuado multiplicando-se as pontuações, de 'utilidade', pelos 'pesos', dando a cada alternativa um conjunto de pontuações ajustadas que vão servir para indicar o valor relativo de 'utilidade' dessa alternativa consoante cada objetivo).

2.6.4 Solução final

Em suma, a melhor alternativa apresentará o valor mais elevado da soma entre produtos das pontuações de cada parâmetro, pelo 'peso' dos objetivos para cada uma das alternativas. A



comparação e discussão dos valores, de forma crítica, pode ser uma muito mais útil do que simplesmente ter de escolher a melhor alternativa.

De salientar ainda que algumas ponderações, pontuações e decisões controversas podem ter sido consideradas na avaliação, posto isto o melhor valor global de ‘utilidade’ pode ser um ‘falso melhor’ e ser grandemente enganador, mas as discussões, decisões, classificações e comparações que envolveram todo o processo de análise, terão sido decisivas para encontrar uma solução final aceitável e otimizada.



3 CASO DE ESTUDO: SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NUMA MORADIA UNIFAMILIAR

Descreve-se o caso de estudo tendo como objetivo a preservação dos recursos hídricos que o sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis numa moradia unifamiliar permite, ou seja, uma forma de obter soluções mais sustentáveis para o uso doméstico da água.

3.1 Caracterização da moradia e do SAAP

O SAAP que se apresenta foi idealizado e selecionado tendo por base sistemas já existentes e suas características mais frequentes. Este SAAP é planeado para uma moradia unifamiliar que se localiza em Braga, com uma área de captação de 132,6 m² e que se destina a fins não potáveis da água da chuva, nomeadamente, a abastecer autoclismos, máquina de lavar a roupa, torneiras exteriores e dispositivos de rega de jardim e plantas. Esta moradia é da tipologia T3 com três habitantes, que possuem dois veículos. Tendo por base os censos 2011 que indicam em média 2,6 pessoas por família, possui as seguintes características:

- Um hall de entrada com 7,2 m²;
- Uma sala com 26 m²;
- Uma cozinha com 7,5 m²;
- Uma lavandaria com 3 m²,
- Três quartos, um com 24 m² e os outros dois com 14,8 m² cada um;
- Três casas de banho com 3,1 m², 2,1 m² e 5 m²;
- Área de circulação (corredor) com 19,5 m²;
- Área exterior com 76 m², sendo que 50 m² necessitam de ser regados por ser relvado e a restante zona é pavimentada para estacionamento de veículos.

O lote onde o edifício se encontra implantando tem uma área total de 203 m², esta moradia tem apenas um único piso com uma área útil de 127 m², como se pode ver no anexo 1. Optou-se por um jardim com relvado na habitação unifamiliar, já que é bastante comum encontrar este tipo de espaço exterior nas residências portuguesas.



O sistema (SAAP) é constituído por componentes básicas que servem cada uma das seguintes funções:

- Superfície de captação – superfície de recolha, isto é, superfície onde a chuva cai. Elegeu-se o telhado da habitação em telha cerâmica, material impermeável;
- Sistema de transporte – elementos que conduzem a água precipitada do telhado para o tanque, designadamente as caleiras ou algerozes protegidos com uma malha de plástico e inclinação de 1,5%, os tubos de queda funcionam no sistema tradicional gravítico, ambos em policloreto de vinilo (PVC);
- Dispositivos de filtração – assistem na remoção de detritos e poeiras da água pluvial captada antes de ser armazenada na cisterna. Contém um dispositivo desviador das primeiras precipitações (*first flush*);
- Dispositivo de armazenamento – abrange um ou mais tanques de armazenamento que podem ser também designados de cisternas. Optou-se por um tanque cilíndrico, enterrado, de polietileno de alta densidade (PEAD);
- Rede de distribuição – constituída também por polietileno de alta densidade (PEAD), é um material económico e que apresenta várias vantagens, entre elas: resistência química, a abrasão e impactos, imune à corrosão, baixa rugosidade, fácil de instalar, manusear e flexível. O sistema de transporte da água da chuva do reservatório até ao seu uso final é feito através de bombagem, uma vez que o reservatório se encontra enterrado, então o sistema possui uma bomba submersível para o efeito;
- Acessórios – auxiliam na captação de forma a obter-se água mais límpida. É formado por conjunto de sucção flutuante que serve de suporte para bombas submersíveis com dispositivo de sucção, um amortecedor de entrada de água anti turbulência e o sifão.

Elegeu-se zona Norte do país, particularmente a cidade de Braga, por ser mais chuvosa em comparação com as restantes zonas do território, mas também por ser a cidade onde resido, tornando mais interessante todo o processo.

Os dados da quantidade de precipitação anual foram retirados do IPMA- Instituto Português do Mar e da Atmosfera, é possível saber deste modo a média da quantidade de precipitação total entre os anos de 1971 e 2000 com uma média de 122,1 mm, verifica-se ainda que o mês mais chuvoso é dezembro com 231,4 mm e o menos o de Julho com 24,1 mm.



3.2 Dados de base de consumo

No dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais é essencial a caracterização do consumo de água da moradia, especialmente para a seleção da capacidade ideal do reservatório, que é o elemento mais dispendioso do todo o sistema.

O consumo de água numa habitação prende-se com fatores de ordem socioeconómica, particularidades da residência ou o grau de sofisticação dos dispositivos que se usam. O consumo pode ser distinguido em uso interno e uso externo. Para todas as atividades no interior da habitação deve-se estimar a quantidade de água solicitada, tais como em descargas e autoclismos, máquinas de lavar a roupa e loiça, em lavatórios, chuveiros, bidés. Para as atividades no exterior, considera-se a irrigação de áreas verdes, as lavagens de veículos e outros equipamentos (Sacadura, 2011).

É viável calcular uma aproximação dos consumos domésticos que se praticam, tendo em conta algumas medidas (Pedroso, 2009). A tabela 5 mostra os consumos médios aproximados para uma tipologia unifamiliar de uma habitação.

Tabela 5 - Repartição dos consumos médios diários

Fonte: Pedroso, 2009)

<i>Utilizações</i>	<i>Consumo do edifício unifamiliar</i>	
	Litros/habitantes por dia	Percentagem/habitantes por dia
Autoclismo	43	27%
Torneiras	22	14%
Banho/Duche	52	32%
Máquina de lavar a roupa	13	8%
Máquina de lavar a loiça	3	2%
Perdas	7	4%
Exterior	20	13%
Total	160	100%

Para os consumos anuais médios e tendo em consideração que cada habitante está na sua residência cerca de 330 dias/ano, desfrutaremos aproximadamente um valor de 53000 L/hab.ano para um consumo de 160 L/hab.dia (Barroso (2010) e Pedroso (2009)).

Sabendo estes valores aproximados é então possível prever os consumos de água potável que podem ser substituídos por água da chuva, no uso doméstico. Os dispositivos que podem



ser substituídos por água da chuva, como já referido, são: autoclismos, máquina de lavar a roupa, dispositivos de rega e torneiras exteriores.

A assiduidade do uso de um autoclismo situa-se entre 4 e 6 descargas para cada habitante por dia (Ghisi (2007) e Barroso (2010)). As descargas de autoclismo correspondem uma prática com elevado peso no consumo doméstico, na ordem do 27% do consumo da habitação. O total do consumo, no que se refere a descargas de autoclismos, apresenta-se na tabela 6.

Tabela 6 - Total de descargas de autoclismos

<i>Descargas de autoclismos</i>	
<i>Número de habitantes</i>	3
<i>Gasto de água por habitante por dia</i>	43 L
<i>Total de litros por dia</i>	129 L

No que se refere a máquinas de lavar a roupa, modelos mais recentes são evidentemente mais eficientes, consumindo cerca de metade da água em comparação aos modelos comercializados no passado (Barroso, 2010). Pode-se admitir para o consumo de água da máquina de lavar a roupa um valor médio de 90 litros por lavagem, para uma capacidade de carga de 5 kg de roupa de algodão (Barroso, 2010). Um agregado familiar de 4 pessoas, utiliza por dia em média 0,8 vezes a máquina de lavar a roupa (Barroso, 2010). Para um agregado de 3 pessoas obtém-se uma média de 0,6 utilizações por dia. Desta forma estima-se um valor de 54 L/dia, considerando que a habitação possui apenas uma máquina de lavar a roupa.

Quanto às torneiras exteriores, estas basicamente apenas vão servir para rega de vasos, enchimento de baldes para lavagens (pavimentos, veículos ou outro tipo de equipamentos). Para este tipo de consumo não existe um valor tabelado, uma vez que o consumo é variável perante vários fatores, tais como, o tipo de equipamentos existentes no jardim, o número de veículos ou a decoração do espaço. Por cada lavagem de veículo, pode-se estimar que são usados em média 100 litros de água, e a frequência do uso para este propósito é superior nos meses mais quentes que nos sobrantes. Contudo admite-se, de forma a simplificar, que há lavagem de veículos uma vez por mês, já para as restantes atividades preveem-se usos diários de 6 litros (Sacadura, 2011). Portanto consegue-se um gasto de 1200 litros por ano em lavagens de veículos, aproximadamente 3 litros por dia.

Como a habitação unifamiliar escolhida tem um sistema de rega, faz com que o consumo apresentados na tabela 3, que são uma aproximação da realidade, se alterem na distribuição percentual do consumo na habitacional.



As necessidades hídricas variam consoante a zona, e a quantidade de água que é precisa para a rega do espaço verde, depende basicamente da estação do ano, do clima da região e do tipo de plantas. Para Portugal, na zona Norte prevê-se uma necessidade de 3 a 5 L/m², na zona Centro cerca de 4 a 6 L/m² e no Alentejo cerca de 6 a 8 L/m², por dia (Cudell, 2000).

Caso o jardim não fosse relvado o consumo de água sofreria um decréscimo significativo, é de ressaltar que a relva é um planta com elevada necessidade de água, comparativamente a qualquer outro tipo (Sacadura, 2011). Deste modo para a área de relva da habitação unifamiliar, obtêm-se os gastos mostrados na tabela 7.

Tabela 7 - Gasto de água na rega da habitação

Habitação unifamiliar em Braga	
<i>Gasto de água por m²</i>	3 – 5 L
<i>Área de 50 m² de relva</i>	150 L/dia – 250 L/dia

Em suma, apresenta-se na tabela 8 o total do consumo de água potável da habitação unifamiliar a ser substituída por água pluvial.

Tabela 8 - Consumo total de água potável da habitação

Consumo de água pluvial (L/dia)	
<i>Descargas de autoclismos</i>	129
<i>Máquina de lavar a roupa</i>	54
<i>Lavagem de veículos</i>	3
<i>Torneiras exteriores</i>	6
<i>Rega da relva</i>	200
Total	392

3.3 Dimensionamento do reservatório

Para se dimensionar o SAAP é primeiramente necessário avaliar o volume de água passível de ser captado através da cobertura da habitação unifamiliar.

A eficiência e confiança nos sistemas de aproveitamento de água da chuva estão diretamente relacionados ao dimensionamento do reservatório de armazenamento, é necessário encontrar um ponto ótimo entre o volume armazenado e a demanda a ser atendida (PROSAB, 2006). Sabendo que nem sempre haverá chuva suficiente para atender a toda a demanda e que também nem sempre será possível armazenar toda a chuva precipitada, que se prendem a



questões físicas. O reservatório deste sistema não deve encontrar-se inativo por um longo período de tempo, tal como não pode induzir o desperdício de água.

Para o dimensionamento do reservatório, é primordial saber qual a área de captação, a pluviometria local, o coeficiente de escoamento do material da cobertura e o volume total de água potável que vai ser permutada por água pluvial na habitação em que concretizar-se-á o sistema.

Examinou-se então a média da quantidade de precipitação mensal da zona em estudo entre os anos de 1971 e 2000.

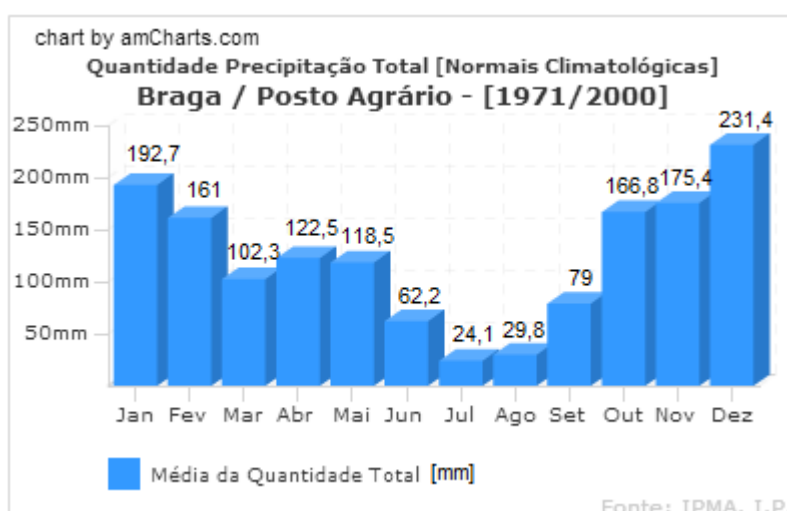


Figura 17 - Média da quantidade da precipitação total em Braga entre 1971 e 2000

Disponível em <http://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.localidade/?localID=4&cidadeID=4> (consultado a 1 de Maio de 2014)

De acordo com a informação da figura 17, a precipitação em Braga é mais escassa nos meses de junho, julho, agosto, que correspondem ao período seco, e mais abundante nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

A área de captação é corresponde à área de cobertura da moradia (132,6 m²) de referir que o volume de água que precipita sobre a cobertura não corresponde à total quantidade de água pluvial a utilizar nos sistema de aproveitamento, já que é necessário registar fatores do coeficiente de escoamento superficial do material da cobertura e da eficiência hidráulica de filtragem.

Para o dimensionamento do reservatório recorreu-se às duas metodologias apresentadas no capítulo 2, o Método de Rippl e o Método Prático Alemão.

Os consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização também são determinados pela Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 e são os recomendados para o cálculo do método Prático Alemão.



Para a habitação unifamiliar em estudo, supondo três habitantes, os consumos correspondentes ao aproveitamento de águas pluviais são apresentados nas tabelas 9 a 14.

Na tabela 9 apresenta-se a quantidade total de água que os três habitantes consomem anualmente em descargas de autoclismos.

Tabela 9 - Total de água gasta em descargas de autoclismos na habitação

<i>Descargas de autoclismos (categoria “A”) em residências</i>	
Número de habitantes	3
Gasto de água por habitante por ano	8800 L
Total de litros por ano	26400 L

Sabendo que apenas existe apenas uma máquina de lavar a roupa na habitação, na tabela 10 estima-se o total de água gasto anualmente por uma máquina de categoria ‘A’, que consome de 9 a 12 L/kg.

Tabela 10 - Total de água gasta na máquina da roupa da habitação

<i>Lavagem de roupa (máquina da categoria “A”)</i>	
Número de habitantes	3
Gasto de água por habitante por ano	3700 L
Total de litros por ano	11100 L

Segundo a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 considera-se 1000 L/pessoa de consumo anual de água para lavagem de automóveis, trata-se de uma estimativa grosseira para residências, já que no geral pode haver variações bastantes significativas. A tabela 11 representa a água que se gasta anualmente nesta residência para lavagem de automóveis.

Tabela 11 - Total de água gasta em lavagem de automóveis

<i>Lavagem de automóveis (self-service)</i>	
Número de pessoas	3
Gasto de água por habitante por ano	1000 L
Total de litros por ano	3000 L

Em função do tipo de relva, do tipo de solo e da zona do país é possível obter a quantidade de água gasta para rega de espaços verdes. As tabelas 12 e 13 apresentam água gasta em rega de espaços verdes, semestralmente e trimestralmente. Na tabela 11 considera-se que o verão tem início a 21 de junho e fim a 23 de setembro, com uma duração de 93 dias.



Tabela 12 - Total de água gasta para rega em 6 meses

Zonas verdes (valores para anos médios)	
Valores totais (em 6 meses) – abril a setembro - Relvados	450 – 800 L/m ²
Área de 50 m ² de relva	22500 – 4000 L/semestre

Tabela 13 - Total de água gasta para rega em 3 meses

Zonas verdes (valores para anos médios)	
Valores máximos (por dia) – no verão (93 dias) - Relvados	5 a 7 L/m ²
Área de 50 m ² de relva	465 a 651 L/trimestre

Uma vez que a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 não contempla o consumo das torneiras exteriores usa-se o valor calculado nos dados de base do consumo, que segundo Sacadura, (2011) preveem-se 6 L/dia que resulta num total de 2190 L/ ano.

Então o total do consumo anual de água não potável, apresenta-se o na tabela 14:

Tabela 14 - Consumo total de água não potável

Descargas de autoclismos (categoria “A”) em residências	26400 L/ano
Lavagem de roupa (máquina da categoria “A”)	11100 L/não
Lavagem de automóveis (self-service)	3000 L/ano
Zonas verdes (valores para anos médios)	80000 L/ano
Torneiras exteriores	2190 L/ano
Total	122690 L/ano

No anexo 2 apresentam-se os cálculos de dimensionamento efetuados pelo método de Rippl, obtém-se um reservatório com 32,5 m³ de volume.

Para proceder igualmente ao dimensionamento com aplicação do método Prático Alemão, começando pelo cálculo da equação 1 para ambos os valores de precipitação disponíveis:

$$Va(IPMA) = \frac{1465,7 \times 132,6 \times 0,8 \times 0,9}{1000} = 139,93 \text{ m}^3 \quad (3)$$

$$Va(ETA 0701) = \frac{1800 \times 132,6 \times 0,8 \times 0,9}{1000} = 171,85 \text{ m}^3 \quad (4)$$



Adotando agora o maior valor obtido, aplica-se a equação (2):

$$Vu = \min \left\{ 171,85 \times 0,06; \frac{122690}{1000} \times 0,06 \right\} = \min \{ 10,31; 7,36 \} (m^3) \quad (5)$$

Alcança-se desta forma um reservatório com 7,36 m³ de capacidade. O resultado obtido é inferior ao calculado pelo método de Rippl, isto porque para realizar cálculos por este método são necessários valores de precipitação diários ao invés dos mensais empregados neste dimensionamento, pelo que resulta num reservatório sobredimensionado. Este cálculo de volume não é viável na implantação do sistema numa moradia unifamiliar, porque como se apurou é uma capacidade de grande dimensão, dificultando a sua construção quer por razões económicas quer por exigências de espaço. Ponderadamente adota-se então o volume resultado do método prático alemão que utiliza a pluviosidade anual de precipitação para o seu dimensionamento e também é o indicado na especificação técnica para moradias unifamiliares.





4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA TRIZ

Neste capítulo aplica-se a metodologia TRIZ a um SAAP, depois de ter adquirido conhecimento sobre o seu modo de funcionamento, com o objetivo de desenvolver uma nova solução para o equipamento. Termina-se com uma análise de custos para este sistema.

4.1 Estrutura de funções

O sistema de aproveitamento de águas pluviais possui uma interação utilizador-sistema, quer isto dizer que existem funções que o SAAP efetua e outras que são os utilizadores a executar. Pode-se então definir as funções do SAAP e do utilizador. As funções do SAAP são: captação, condução da água por caleiras e tubos de queda, filtração (*first flush*), armazenagem, bombeamento da água e distribuição até aos pontos de utilização. As funções do utilizador são solicitar o uso da água pluvial e garantir a adequada limpeza, manutenção e desinfecção do SAAP, de acordo com a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701.

4.2 Árvore de objetivos

Tendo em consideração que existiu um trabalho exaustivo de pesquisa, de forma a possuir uma maior noção de quais as necessidades/características que um sistema de aproveitamento de água deste tipo deve ter, construiu-se uma árvore de objetivos em que estão explícitos os aspetos que se consideram fundamentais. As principais características do SAAP são: simplicidade, fiabilidade e segurança (figura 18).

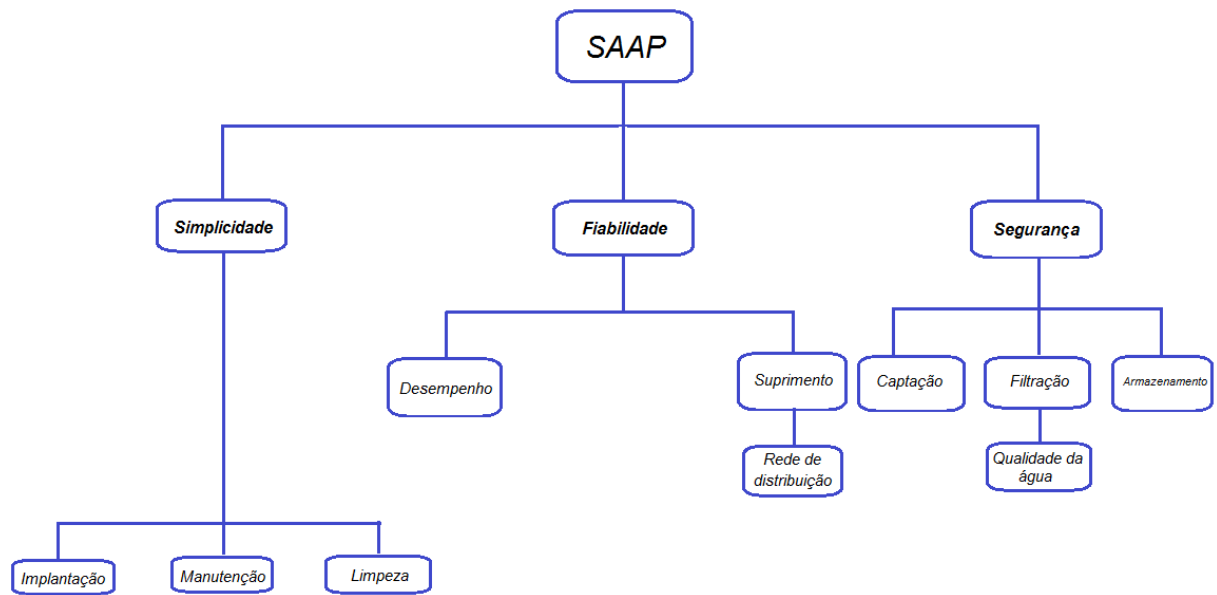


Figura 18 - Árvore de objetivos principais do SAAP

4.3 Especificações

Antes de se iniciar a análise ao SAAP em si, é necessário definir as especificações técnicas que o sistema deve satisfazer. De modo a limitar o nível de generalidade e procurando-se evitar o desperdício de tempo a projetar algo que não se enquadra no desejado, bem como satisfazer os objetivos.

Os SAAP são constituídos por captação, caleiras/ tubos de queda, filtro (*first flush*), reservatório, bomba, rede de distribuição e acessórios. Contudo nem todos os elementos são suscetíveis de serem objeto de estudo, uma vez que as suas alternativas são pouco variáveis representando-se pouco cativantes nesta metodologia. Desta forma considera-se que os componentes mais interessantes e relevantes para serem objeto de análise são: a superfície de recolha, as caleiras e algerozes/tubos de queda e o reservatório.

As especificações a esclarecer serão:

- Superfície de recolha (captação) – pode ser composto por materiais impermeáveis e permeáveis, aos quais correspondem coeficientes de escoamento diferentes e consequentemente maior o menor capacidade de recolha de água;
- Reservatórios – quanto à implantação existem três soluções (enterrado, superficial e elevado) e quanto aos materiais, diversos que podem ser empregues. Existe no mercado português uma vasta gama de materiais em que o reservatório pode ser concebido, no desenvolvimento do presente estudo os que se vão analisar correspondem ao polietileno (PEAD), à madeira, ao aço galvanizado e ao betão armado;



- **Condução da água até ao reservatório** – existe a possibilidade de ser por gravidade ou num sistema pressurizado.

4.4 Escolha do tipo de componentes

Após definidas as especificações técnicas, elaboram-se várias opções para os componentes selecionados, essas opções são abrangidas num mapa morfológico. Cria-se depois uma lista de critérios de seleção e respetiva ponderação de cada critério na escolha. Após isso faz-se uma classificação, com opções que estão entre 1 (mau) e 5 (excelente).

Apresentam-se na tabela 15 o conjunto de soluções a serem investigadas. De salientar que, das soluções apresentadas para o reservatório selecionam-se duas, pois são decisões distintas que se referem à sua posição e composição.

Tabela 15 - Mapa morfológico do SAAP

		Opções			
		1	2	3	4
Funções	Captação	Impermeáveis	Gravilha	Verdes extensivas	Verdes intensivas
	Condução da água para o reservatório	Gravidade	Sifonagem		
	Reservatório (posição)	Elevado	Superficial	Enterrado	
	Reservatório (constituição)	Polietileno	Madeira	Aço galvanizado	Betão armado

4.4.1 Descrição de cada função

- **Captação** – Tem a função de recolher a água da chuva;
- **Condução da água para o reservatório** – Transporta a água captada para o reservatório;
- **Reservatório** – Armazenar a água captada;

4.5 Método dos objetivos ponderados

Para avaliar as possíveis soluções, recorre-se ao método dos objetivos ponderados. Este método equilibra uma forma de avaliação e comparação das diversas soluções alternativas. Começando por listar os componentes físicos do SAAP, designadamente as superfícies de recolha da água precipitada, que podem ser na cobertura ou no pavimento e podem ser também de diferentes materiais, a canalização que pode funcionar em escoamento pela força da



gravidade ou pressurizada, o tanque que pode ter vários materiais e pode ser enterrado, ao nível do piso 0 ou então elevado. Estas sub-soluções combinadas dão origem à solução geral.

Igualmente é necessário listar as funções que os componentes físicos do SAAP deverão satisfazer, as funções essenciais, nomeadamente: a recolha de água precipitada, a condução da mesma até ao tanque de armazenamento para usos não potáveis com segurança, fiabilidade e funcionalidade.

A partir dos dois últimos pontos é possível a criar soluções alternativas, para tal é executado um mapa, em que na coluna da esquerda, verticalmente, estão as funções essenciais e em cada linha as sub-soluções propostas. É necessário ordenar os objetivos, para isso, é usando uma matriz que vai permitir a comparação dos mesmos entre si com a atribuição de um valor numérico a cada objetivo, valor este que representa o seu peso perante os restantes objetivos, onde se usa a escala de 1 (bom) a 5 (excelente). Seguidamente estabelece-se parâmetros de desempenho, isto é, pontuações de ‘utilidade’ para cada um dos objetivos. Depois considera-se o desempenho de cada parâmetro, e para cada alternativa, ter em conta diferentes ‘pesos’. Multiplicando as pontuações de ‘utilidade’ pelos ‘pesos’ obtém-se para cada alternativa um conjunto de pontuações ajustadas, que servem assim para indicar o valor de utilidade dessa alternativa. Por fim, efetua-se a soma entre os produtos de pontuações de cada parâmetro pelo peso dos objetivos para cada uma das alternativas. A melhor alternativa irá apresentar o valor mais elevado, não obstante, a solução final vai ser olhada de forma crítica, para verificação se é mesmo a melhor alternativa a adotar (tabela 16, 17 e 18).

Tabela 16 - Método dos objetivos ponderados para a captação e caleiras/tubos de descarga

	Captação					Caleiras/ Tubos de descarga de condução da água até ao reservatório		
	Ponderação	1	2	3	4	Ponderação	1	2
Simplicidade de implantação	15 %	4	4	4	4	15 %	3	4
Desempenho	20 %	5	4	3	2	20 %	3	4
Manutenção	10 %	4	4	4	4	10 %	3	3
Segurança	15 %	4	4	3	3	15 %	3	4
Fiabilidade	10 %	4	3	2	2	10 %	4	4
Estética	7,5 %	5	4	5	5	15 %	3	5
Funcionalidade	15 %	4	3	3	3	10 %	3	4
Simplicidade de limpeza	7,5 %	4	4	3	3	5 %	4	4
Total	100 %	4,28	3,75	3,30	3,10	100 %	3,15	4,05



Tabela 17 - Método dos objetivos ponderados para a posição do reservatório

	Reservatório (posição)			
	Ponderação	1	2	3
Simplicidade de implantação	15 %	3	4	2
Desempenho	8,33 %	4	4	2
Manutenção	8,33 %	3	4	3
Segurança	20 %	3	3	4
Fiabilidade	15 %	4	3	2
Estética	10 %	3	5	-
Funcionalidade	15 %	2	4	3
Simplicidade de limpeza	8,33 %	3	4	2
Total	100 %	3,08	3,75	2,43

Tabela 18 – Método dos objetivos ponderados para a constituição do reservatório

	Reservatório (constituição)				
	Ponderação	1	2	3	4
Simplicidade de implantação	15 %	5	3	4	3
Desempenho	8,33 %	4	2	4	4
Manutenção	8,33 %	4	4	4	2
Segurança	20 %	3	2	4	4
Fiabilidade	15 %	5	3	4	2
Estética	10 %	5	5	4	4
Funcionalidade	15 %	5	3	3	5
Simplicidade de limpeza	8,33 %	5	4	5	4
Total	100 %	4,43	3,08	3,93	3,53

4.6 Justificação da classificação

Estabelecida a gama de soluções, a dificuldade reside agora na questão de selecionar a melhor solução alternativa. As preferências podem ser efetuadas por palpite, intuição, baseadas na experiência individual ou por escolhas arbitrárias. Todavia é melhor que estas sejam escolhidas de acordo com uma conduta racional. A escolha entre alternativas é uma



característica essencial nesta atividade (Silva, 2013). Procura-se de seguida, sempre que possível, justificar racionalmente as opções tomadas.

4.6.1 Captação

Face às soluções alternativas apresentadas, esclarecem-se as pontuações atribuídas à superfície de recolha da água que se encontram dentro de parenteses.

➤ Coberturas impermeáveis:

- Simplicidade de implantação (4) – Todas as soluções apresentam a mesma pontuação uma vez que se considera o mesmo grau de dificuldade para a sua implantação;
- Desempenho (5) – intervém diretamente na quantidade de água a aproveitar, possui o coeficiente de escoamento mais elevado (0,8);
- Manutenção (4) – as inspeções podem ser realizadas pelos utilizadores, não necessitam de técnicos especializados;
- Segurança (4) – Não é suscetível de reunir substâncias poluentes em quantidades consideráveis;
- Fiabilidade (4) – material bastante confiável devido ao seu elevado coeficiente de escoamento;
- Estética (5) – São os materiais mais usados (telha cerâmica e o fibrocimento), agradáveis visualmente na paisagem urbana;
- Funcionalidade (4) – minimização das perdas da água precipitada;
- Simplicidade de limpeza (4) – aconselhável uma limpeza dos telhados uma a duas vezes por ano (particularmente no fim da estação seca).

➤ Coberturas planas com gravilha:

- Simplicidade de implantação (4);
- Desempenho (4) – menor que as coberturas impermeáveis uma vez que o seu coeficiente de escoamento é menor (0,6);
- Manutenção (4) – de forma análoga à cobertura anterior;
- Segurança (4) – de forma análoga à cobertura anterior;



- **Fiabilidade (3)** – material fiável, mas com menos capacidade face ao seu coeficiente de escoamento menor que o anterior;
- **Estética (4)** – não chocam com a paisagem urbana, mas não são uma opção muito usada no que toca a coberturas de moradias unifamiliares;
- **Funcionalidade (3)** – menos funcionais que a anterior, uma vez que existe mais perda de água precipitada;
- **Simplicidade de limpeza (4)** – análogo à cobertura anterior.

➤ **Coberturas verdes extensivas:**

- **Simplicidade de implantação (4);**
- **Desempenho (3)** – menor que as opções anteriores uma vez que o seu coeficiente de escoamento corresponde a um valor de 0,5;
- **Manutenção (4)** – análogo às seleções anteriores;
- **Segurança (3)** – pode reunir substâncias poluentes em quantidades consideráveis (fezes de animais, óleos e gorduras que podem diluir-se com a chuva e penetrar no solo de recolha);
- **Fiabilidade (2)** – encontra-se a recolher água no pavimento, mais suscetível de agrupar substâncias poluentes à água captada;
- **Estética (5)** – superfície de relva com uma camada de profundidade média que possibilita plantação de árvores e arbustos de aparência agradável;
- **Funcionalidade (3)** – menos funcionais que as coberturas anteriormente analisadas, em comparação, não recolhe tão eficazmente a água precipitada
- **Simplicidade de limpeza (3)** – não são precisos técnicos especializados para realizar a limpeza, mas uma vez que as substâncias poluentes penetrem no solo não há forma de as retirar.

➤ **Coberturas verdes intensivas:**

- **Simplicidade de implantação (4);**
- **Desempenho (2)** – é a opção com o pior desempenho já que o seu coeficiente de escoamento é o menor de todos (0,3);
- **Manutenção (4)** – idêntica às opções anteriores;
- **Segurança (3)** – análoga às coberturas verdes extensivas;



- **Fiabilidade (2)** – mesma situação que a opção anterior;
- **Estética (5)** – espaço relvado com uma camada de crescimento fina, adequada para flores e ervas, de aspeto agradável;
- **Funcionalidade (3)** – de todas as opções apresentadas é a menos funcional, já que é a que menos água permite captar;
- **Simplicidade de limpeza (3)** – análogo à superfície anterior.

4.6.2 Caleiras/Tubos de queda (condução da água para o reservatório)

Perante as duas opções para condução de água, clarifica-se as pontuações atribuídas.

➤ **Condução por gravidade**

- **Simplicidade de implantação (3)** – as caleiras e algerozes necessitam de ser inclinadas para promover o escoamento até ao tubo de queda, o que torna muito difícil uma ligação de todas elas ao mesmo nível no tubo. Consequentemente pode ter de haver mais que um tubo, o que aumenta a complexidade do sistema e leva à necessidade de mais caixas de ligação;
- **Desempenho (3)** – a água é conduzida por gravidade até ao reservatório;
- **Manutenção (3)** – inspeções e limpeza semestrais;
- **Segurança (3)** – constituído mais vulgarmente por PVC, material que é suscetível de sofrer danos pois possui baixa resistência ao impacto.
- **Fiabilidade (4)** – são constituídas por peças pré-fabricados, o que resulta num controlo de qualidade de fábrica. No caso de entupimento do sistema a água não escoa e começa a transbordar;
- **Estética (3)** – grandes extensões de transporte horizontal de água necessitam de um desnível significativo, um efeito pouco atrativo arquitetonicamente;
- **Funcionalidade (3)** – o escoamento dá-se exclusivamente por gravidade;
- **Simplicidade de limpeza (4)** – são instalados na face exterior do edifício ou em galerias verticais visitáveis.



➤ **Condução pressurizada**

- **Simplicidade de implantação (4)** – possibilidade de pendentes nulas das caleiras e algerozes do escoamento horizontal, permite a existência de um só tubo de queda logo diminuição das caixas de ligação;
- **Desempenho (4)** – para pequenos volumes a água é escoada por gravidade, para volumes maiores é escoada em pressão;
- **Manutenção (3)** – é suscetível a entupimentos, necessita de uma rigorosa manutenção, o que pode não acontecer em habitações por descuido do utilizador pois as inspeções e limpezas são semestrais;
- **Segurança (4)** – composto por PEAD e ferro fundido, o primeiro é um material mais flexível que o segundo e pode atravessar juntas de dilatação. Resistência ao impacto superior à do PVC;
- **Fiabilidade (4)** – são sistemas pré-fabricados com controlo de qualidade de fábrica. Tipologia bastante suscetível a entupimentos. Pouco utilizáveis em habitações, são mais atrativos em situações em que se necessita de um grande aproveitamento;
- **Estética (5)** – possibilidade de pendentes nulas no transporte horizontal de água, o que é arquitetonicamente atrativo;
- **Funcionalidade (4)** – o escoamento dá-se sobre pressão o que revela vantagens na condução da água porém possui custos muito dispendiosos;
- **Simplicidade de limpeza (4)** – análogo à opção antecedente.

4.6.3 Reservatório

Na atribuição de pontuações para uma solução alternativa para o reservatório, analisam-se duas perspetivas, quanto à sua posição e constituição.

4.6.3.1 Posição

➤ **Doméstico elevado**

- **Simplicidade de implantação (3)** – encontra-se inserido no topo do edifício, na cobertura, mais usado em habitações multifamiliares;



- Desempenho (4) – quando a água é solicitada é conduzida por bombagem até ao ponto de utilização com a pressão adequada, mas pode funcionar por gravidade já que possui essa capacidade, devido à sua posição de implantação;
- Manutenção (3) – não é de fácil e adequada acessibilidade, uma vez que se encontra elevado;
- Segurança (3) – uma vez que está exposto, tem que possuir proteção contra as intempéries, para garantir maior durabilidade;
- Fiabilidade (4) – funciona com a força gravítica em torneiras exteriores e rega, se o grupo eletrobomba não funciona o sistema não fica totalmente estagnado;
- Estética (3) – como se encontram na cobertura, não são seriamente visíveis, contudo devem possuir uma boa aparência para que não choque com o ambiente em que se encontra inserido;
- Funcionalidade (2) – inconveniente de ter de ser instalado na fase de construção do edifício, não é usado em moradias unifamiliares (Rodrigues, 2010);
- Simplicidade de limpeza (3) – limpeza anual e higienização, no máximo, de 10 em 10 anos, efetuado por técnicos especializados.

➤ **Doméstico superficial**

- Simplicidade de implantação (4) – tem de dispor-se de locais com área livre e garantir que está devidamente nivelado através de uma base de apoio obrigatória para este tipo de reservatório, normalmente construída em betão armado;
- Desempenho (4) – hipótese de determinados usos sem recurso do equipamento de bombagem, tal como a opção anterior;
- Manutenção (4) – Simples e cómoda acessibilidade, já que se encontra ao nível do piso térreo;
- Segurança (3) – análogo à opção de reservatório anterior;
- Fiabilidade (3) – pode funcionar por gravidade em torneiras exteriores, caso o grupo eletrobomba falhe o sistema não fica totalmente paralisado;
- Estética (5) – encontra-se exposto e para tal necessita de ter boa aparência
- Funcionalidade (4) – pode ser instalado a qualquer momento que o utilizador desejar;



- Simplicidade de limpeza (4) – análogo à situação anterior, mas com a benesse de se encontrar ao nível do piso 0.

➤ **Doméstico enterrado:**

- Simplicidade de implantação (2) – quando implantado no exterior deve ser preferencialmente enterrado (aproveitando a proteção geotérmica do solo), é necessário movimentos de terras para fazer a sua implantação (escavações);
- Desempenho (2) – a distribuição da água só pode ser efetuada com ao recurso equipamento de bombagem;
- Manutenção (3) – é simples e fácil, tal como no reservatório anterior, mas encontra-se enterrado;
- Segurança (4) – está protegida da luz e do calor, dever prevenir-se a flutuação quando se acham vazios;
- Fiabilidade (2) – dependente sempre do equipamento de bombagem, se este falhar não há abastecimento;
- Estética (-) – não aplicável uma vez que não é visível;
- Funcionalidade (3) – pode ser colocado a qualquer momento que o utilizador deseje, com o inconveniente do movimento de terras para a sua colocação, mas com vantagem de não ocupar espaço acima do solo;
- Simplicidade de limpeza (2) – análogo às situações anteriores, dificultado pelo facto de estar enterrado.

4.6.3.2 Constituição

➤ **Polietileno (PEAD):**

- Simplicidade de implantação (5) – existe uma vasta gama já pronta a implantar que é de fácil transporte, uma vez que possuem baixo peso;
- Desempenho (4) – boa durabilidade média;
- Manutenção (4) – reparações relativamente simples de efetuar (aquecer para amolecer e moldar o plástico consoante as necessidades);
- Segurança (3) – absorvem o calor se usados no exterior, necessitam ser escolhidos de forma a conterem inibidores de radiação UV;



- Fiabilidade (5) – favorável credibilidade devido à vasta gama disponível no mercado;
- Estética (5) – disponíveis comercialmente numa vasta gama dimensões, formas e cores;
- Funcionalidade (5) – pode ser construído quer acima, quer abaixo do solo e possui baixo custo;
- Simplicidade de limpeza (5) – superfície interior lisa (facilita as operações de limpeza).

➤ **Madeira**

- Simplicidade de implantação (3) – construção *in situ*, por técnicos convenientemente especializados;
- Desempenho (2) – não é possível a sua construção abaixo do solo nem em locais quentes e/ou secos;
- Manutenção (4) – arranjos simples de efetuar;
- Segurança (2) – material poroso onde a água pode percolar e tenderá a deteriora-se mais rapidamente (Bertolo, 2006);
- Fiabilidade (3) – desvantagem de ser um material poroso;
- Estética (5) – agradável apelo estético;
- Funcionalidade (3) – várias dimensões é possível serem montados e desmontados em diferentes locais, mas com elevado preço;
- Simplicidade de limpeza (4) – material simples de limpar.

➤ **Aço galvanizado**

- Simplicidade de implantação (4) – material leve e de fácil deslocamento;
- Desempenho (4) – revestimento interior com PVC ou pintura epóxi para alongar a vida útil do metal;
- Manutenção (4) – arranjos de simples concretização;
- Segurança (4) – apresentam resistência à corrosão (banho de zinco), a pintura interior deve ser aprovada para uso precavendo a contaminação química da água;
- Fiabilidade (4);



- Estética (4) – bom apelo estético;
- Funcionalidade (3) – face interior das cisternas metálicas deve ser mantida acima do solo para evitar a corrosão externa, preço acessível;
- Simplicidade de limpeza (5) – revestimento interior de PVC ou pintura epóxi para uma face interior lisa (facilitando as operações de limpeza).

➤ **Betão armado**

- Simplicidade de implantação (3) – construídos em blocos de betão armado pré-fabricado ou *in situ*;
- Desempenho (4) – material robusto e de longa duração;
- Manutenção (2) – tanque necessita ser totalmente esvaziado para fazer reparações;
- Segurança (4) – material duradouro e estável;
- Fiabilidade (2) – podem surgir fissuras que originam fugas de água indesejáveis (tanques enterrados em solo argiloso);
- Estética (4) – agradáveis visualmente;
- Funcionalidade (5) – podem ser superficiais ou enterrados (mais usual);
- Simplicidade de limpeza (4) – material simples de lavar.

4.6.4 Conclusão

Conclui-se que os resultados obtidos sugerem a adoção das seguintes soluções: para a captação a opção 1 (superfícies impermeáveis), para os tubos de queda de condução da água até ao reservatório a opção 2 (sistema sifónico) e para o reservatório a opção 2 (reservatório superficial) e 4 (polietileno).

4.7 Correções e melhorias

Partindo de uma análise ao SAAP projetado no âmbito do capítulo 3 constata-se possíveis melhorias a efetuar para a habitação unifamiliar, tendo em conta o seu melhor desempenho. Apresentam-se na tabela 18 os principais problemas e respetivas soluções a implantar.



Tabela 19- Antigo Vs Atual

Sistema	Antigo	Atual
Captação	Impermeável	Impermeável
Condução da água	Gravidade	Sifónico
Reservatório	Enterrado	Superficial
	Polietileno	Polietileno

➤ **Captação:**

Depois de aplicar o método dos objetivos ponderados, verifica-se que o melhor resultado correspondente à superfície sobre a qual a água cai é o da cobertura impermeável, não há grandes hesitações na análise deste resultado. Declaradamente o tipo de material mais usado no sistema de captação para o aproveitamento das águas pluviais, será sempre que possível o elegido sobretudo devido ao seu elevado coeficiente de escoamento que promove a minimização de perda e assegura uma qualidade aceitável da água. No caso em estudo a captação é realizada numa cobertura de telha cerâmica o que coincide com o resultado alcançado pelo método.

Ainda de salientar que neste método não se considerou a captação de água precipitada no pavimento, nomeadamente em superfícies asfaltadas e betonadas. Examinando tais soluções é fácil perceber que são menos vantajosas em relação às opções disponíveis e por isso não foram sequer objeto de estudo.

➤ **Reservatório:**

No sistema existente tem-se um reservatório enterrado, mas a aplicação do método dos objetivos ponderados resulta numa posição superficial para o mesmo. Havendo área superficial livre, existem claras vantagens na adoção do reservatório doméstico superficial, nomeadamente no que se refere ao seu desempenho onde há a hipótese de determinados usos sem necessidade de bombagem, (rega de espaços verdes ou lavagem de pavimentos) o que implica uma pequena economia energética, enquanto que no caso da cisterna enterrada para todo e qualquer uso é necessário acionar o sistema de bombagem. Outra vantagem importante é ao nível da manutenção a que o reservatório está sujeito, como se encontra numa localização visível é verdadeiramente mais fácil a deteção e reparação de anomalias/danos. Uma significativa desvantagem dos reservatórios enterrados são os movimentos de terra a que obriga a sua implantação. No entanto, é certo que apresentam maior incómodo comparativamente à solução resultante, pois o reservatório superficial pode ser colocado a qualquer altura que o utilizador deseje, de forma fácil e prática.



Quanto à escolha do material a análise recai sobre o polietileno, que igualmente já estava selecionado para o SAAP em estudo. Os reservatórios de PEAD têm a grande vantagem de poderem ser construídos quer acima, quer abaixo do solo, é um material imputrescível, resistente a longo prazo e às agressões químicas, o peso reduzido dos equipamentos facilita o transporte e manuseamento. Estes reservatórios encontram-se no mercado num vasta gama de dimensões, formas e cores a um baixo custo, de paredes interiores com superfície lisa facilitando a limpeza e impedindo a agregação e acumulação de detritos. Como a decisão em análise expõe a cisterna diretamente à radiação solar poderá constituir um inconveniente, pois absorve o calor o que pode revelar-se adverso para a qualidade da água, porém é possível este tipo de reservatórios serem aditivados com uma pintura de proteção de modo a resistirem os efeitos da radiação UV.

➤ **Caleiras/ tubos de queda:**

O sistema sifónico foi o resultado para a moradia unifamiliar em questão, contudo e apesar de este sistema oferecer vários benefícios para o aproveitamento da água pluvial, não pode considerar-se a mais vantajosa no caso em estudo e geralmente não o é para moradias. O sistema pressurizado é bastante mais caro que o sistema tradicional gravítico, quando um utilizador adota o SAAP tem uma forte componente económica envolvida na sua decisão, ora isto é um resultado contraditório. O sistema tradicional gravítico vai satisfazer as necessidades de drenagem da cobertura, que possui uma área de 132,6 m² e o sistema sifónico é aconselhável para coberturas com áreas superiores a 500 m² e oferece um elevado aproveitamento de água. O transporte horizontal do volume de água que precipita na cobertura para o tubo de queda realiza-se com recurso a inclinações de 1,5% nas caleiras e algerozes. As pendentes não são muito grandes porque a água não terá de percorrer uma distância grande para a sua recolha, não é primordial uma arquitetura muito apelativa, logo o desnível que promove o escoamento é aceitável em função da economia mais atraente. Assim no método utilizado a solução não coincide com a mais apropriada, e manter-se-á o sistema tradicional gravítico para o SAAP desta moradia unifamiliar.

4.8 Análise de custos

Antecipadamente à conceção e instalação de um SAAP presume-se a realização de uma análise económica, tal como em todos os investimentos de engenharia, desta forma o utilizador/investidor terá uma deliberação mais fundada face à implantação do sistema. O



estudo dos custos e benefícios deve ser bem averiguado para se evitarem resultados dúbios, então espera-se que a análise económica seja efetuada com algum espírito crítico, precavendo-se as sobre estimativas de benefícios e subestimativas de gastos.

4.8.1 Custos

Esperam-se que primeiramente as despesas condigam aos custos dos estudos, projetos, levantamento e construção do SAAP. Posteriormente existem custos associados às operações de exploração e manutenção do sistema, tais como energia, reparações ou substituições, limpezas, inspeções e revisões que são indispensáveis na total vida útil do sistema (Bertolo, 2006).

4.8.2 Consumos domésticos

Em concordância com a tabela 3 do capítulo 4 estimou-se um consumo diário representativo por habitante de água numa habitação. Conforme já referido os consumos para a habitação com três pessoas são de 159000 L/ano, sabendo este valor foi possível prever os consumos de água potável passíveis de serem substituídos por água da chuva, no uso doméstico. Tal resultado está exposto na tabela 6 num total de 143080 L/ano.

Todavia para efeitos de dimensionamento do reservatório foi eleito o Método Prático do Alemão e para tal os dados de consumo possíveis a serem substituídos por água pluvial são os que a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 apresenta, correspondendo a um valor anual de 122690 L (336 L/dia), resultam numa diferença de 20390 L/ano (aproximadamente 55 L/dia) da primeira previsão.

Os consumos de água potável de um agregado familiar de 3 pessoas que não é substituído por água pluvial, resultam do somatório de torneiras (22 L/dia), de banhos/duches (52 L/dia), da máquina de lavar a louça (3 L/dia) e das perdas (7 L/dia) que dá um total de 252 L/dia. Na tabela 19 apresenta-se a percentagem de água a ser substituída por água da chuva.

Tabela 20 - Consumo mensal de água da habitação unifamiliar e respetiva percentagem de substituição por água não potável

Consumo potável (L/dia)	252
Consumo substituível (L/dia)	336
Consumo diário (L)	588
Consumo mensal (m³)	17,64
Percentagem de consumo substituível	57%



4.8.3 Tarifários de consumo de água

Os dados foram retirados do *site* da empresa responsável pela distribuição de água no concelho de Braga, a AGERE- Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga. Correspondente ao consumo de água que há em cada habitação são apresentados vários escalões, acontecendo que quanto maior for o consumo maior é o seu custo por m³. Na tabela 20 apresentam-se os escalões e seus respetivos tarifários.

Tabela 21 - Consumos domésticos de água potável em Braga

Fonte: Adaptado de http://www.agere.pt/web1/zp/tp11/id1/paginas/ficha.asp?p_case=2&p_cod_elemento=91

Consumos domésticos de água potável em Braga				
1º escalão	2º escalão	3º escalão	4º escalão	5º escalão
0 a 5 m ³	6 a 10 m ³	11 a 15 m ³	16 a 25 m ³	> 25 m ³
0,49 €	0,64 €	0,83 €	1,81 €	2,59 €

Na habitação unifamiliar, segundo a tabela 19, tem-se no total um consumo mensal de 17,64 m³. Deste modo apresenta-se na tabela 21 o tarifário que o consumidor tem a pagar, onde se contabiliza o custo por cada escalão, adicionando a taxa do IVA de 6% para consumo de água em uso doméstico.

Tabela 22 - Tarifário para consumo mínimo em habitação unifamiliar na zona de Braga

Consumo mensal de 17,64 m³ na zona de Braga					
Escalão	Quantidade de cada escalão (m ³)	Preço por m ³ (€)	Tarifário por escalão (€)	Acréscimo de IVA a 6% (€)	Percentagem de água substituível
1º	5	0,49	2,45		57%
2º	10	0,64	6,40		
3º	2,64	0,83	2,19		
Total (Mês)			11,04	11,70	6,67 €
Total (Ano)				140,43	80,05 €



Chega-se assim ao gasto mensal de água de 11,70 € que a habitação unifamiliar em estudo tem, percebe-se ainda que 57% da água total consumida pode ser substituída por água da chuva e alcançar-se uma poupança de 6,67 €/mês o que equivale a uma fatura de 80,05 € por ano (tabela 21).

4.8.4 Eleição do volume do reservatório

Esta análise foi elaborada tendo por base a informação disponível em vários *sites* de venda de reservatórios. Para efeitos de comparação de preços utilizou-se o valor do preço por litro, possibilita-se deste modo que haja uma comparação mais intuitiva do que analisar apenas para o preço total dos reservatórios. É de relembrar que o reservatório de armazenamento de água pluvial é a componente mais caro dos SAAP sendo que a variação do seu preço prende-se à sua dimensão e material.

Tendo em conta empresas que comercializam os reservatórios de polietileno de alta densidade (PEAD) no nosso país, na tabela 22 apresentam-se os preços fornecidos por algumas empresas do ramo.

Tabela 23 - Vários preços dos reservatórios

Modelo	Dimensões (D×H×L) (mm)	Empresa	Preço	Capacidade (L)	Preço por litro
RAH5000	(1800×1870×2360)	ECODEPUR	1715,20 €	5000	0,34
RAV4000	(1890×1971× -)	ECODEPUR	900 €	4000	0,23
TV8500	(2520×2000× -)	TUBOFURO	1444,45 €	8500	0,17 €
C10000	(2130×2140×3410)	OLI	4518 €	10000	0,45 €
DHS5000	(1840×1860×2210)	SOLECO	1285 €	5000	0,26 €
DVB3000	(1700×1728× -)	SOLECO	767 €	3000	0,26 €
DVB7500	(2068×2652× -)	PREMIER TECH	918,75 €	7500	0,12 €
DVB10000	(2068×2422× -)	PREMIER TECH	1286,25 €	10000	0,13 €
DVBR11000	(2260×4460× -)	PREMIER TECH	1431,00 €	11000	0,13 €

Nota: aos preços apresentados é necessário incluir a taxa legal em vigor do IVA.



O reservatório a adotar para a moradia unifamiliar em questão terá de possuir pelo menos 7360 L, pode adquirir-se apenas um reservatório ou combinar dois que contenham uma ligação entre si e alcancem a capacidade pretendida.

No presente caso, elegeu-se o reservatório da empresa Premier Tech DVB 7500 tendo em conta o custo mais baixo, a sua capacidade e dimensão. Possui maior capacidade um pouco maior que a requerida, embora a combinação de dois tanques evitasse o sobredimensionamento iria ter o inconveniente de ser mais dispendiosa e ocupar mais espaço, não sendo deste modo uma eleição inteligente, também há que ter em atenção que impossível adquirir um tanque pré-fabricado com o volume exato que se pretende armazenar. Esta margem de volume a mais pode ainda ser considerada benéfica, pois o regime de precipitação é estimável mas não é certo, nada garante que a precipitação não exceda os valores médios de precipitação utilizados no cálculo do dimensionamento, por consequência o volume de água recolhida e armazenada consiga ser maior, logo um aproveitamento e ganho maior. No entanto se esta ocorrência não for contemplada há sempre o descarregador de cheia que rejeita a água em demasia. Nesta escolha há também proveito de espaço, pois trata-se de um depósito vertical.



4.8.5 Estimativa de custos dos componentes SAAP

O SAAP depende de vários componentes para o seu correto funcionamento, na tabela 23 expõe-se os mesmos e seu respetivo preço, tendo como fonte Sacadura (2011) já que não foi possível recolher estes dados junto de eventuais fornecedores.

Tabela 24 - Componentes do SAAP para a habitação unifamiliar

Fonte: Sacadura (2011)

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço total</i>
Filtro para água pluviais para áreas até 350 m ²	1	522,75 €
Sifão de overflow com barreira anti roedores	1	190,65 €
Dispositivo de sucção com mangueira	1	135,30 €
Entrada anti turbulência	1	136,82 €
Sistema de bombagem	1	678,87 €
Sistema de alimentação automática da rede de água potável com indicador de nível eletrónico	1	645,40€
Total		2309,79 €

4.8.6 Gastos em atividade de construção civil

Além dos gastos com os componentes do sistema existem também gastos referentes aos trabalhos de construção civil, que são acarretados pelo utilizador, tais como escavações para colocação do reservatório (como o reservatório se encontra à superfície verifica-se uma poupança face à escavação) execução da laje de betão armado para suporte e nivelção do reservatório, montagem da rede de água pluvial e os acessórios necessários à colocação das várias tubagens.

Como já se mencionou anteriormente e de acordo com legislação em vigor, tem-se de montar um sistema de distribuição de água potável do sistema público de abastecimento totalmente separado do sistema de aproveitamento de água pluvial.

O gasto total para implantação de um SAAP também contempla estes gastos mencionados, tal como se apresenta na tabela 24.



Tabela 25 - Preços e quantidades de trabalhos e materiais da construção civil de um SAAP em habitações unifamiliares

Fontes: Adaptado de Sacadura 2011

Designação	Quantidade	Preço	Preço total
Fornecimento e execução da base de betão armado	0,5 m ³	193,40 €/m ³	96,7 €
Escavação em abertura de valas e/ou fundações para implantação de órgãos, incluindo 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	7,5 m ³	9,60 €/m ³	72 €
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 com diâmetro DN 22	23,26 m	0,71 €/m	16,51 €
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 diâmetro DN 22	3	24,61 €/unidade	73,83 €
Total		259,04 €	

4.8.7 Estimativa total

Após a consideração de todos os gastos que serão efetuados para implantação do SAAP numa moradia unifamiliar, pode-se estimar o investimento total do utilizador (tabela 25).

*Tabela 26 - Estimativa total da implantação do SAAP numa moradia unifamiliar*

Reservatório	918,75 €
Componentes SAAP	2309,79 €
Atividade de construção civil	259,04 €
Total	3487,58 €

A poupança de água ao ano foi calculada como se apresenta na tabela 21, mostra uma benéfica poupança de 80,05 € anuais com a substituição de água potável por água da chuva em determinados consumos. Assim uma análise de viabilidade face ao investimento necessário para implantação do SAAP, com vista ao sucesso económico e financeiro efetua-se um previsão de que os custos gerados demorariam cerca de 44 anos para recompensar investimento.



5 SÍNTESE E CONCLUSÃO

A escassez de água é uma problemática crescente hoje em dia, sendo um bem essencial à vida porém esgotável. Sabe-se que existe uma distribuição desigual deste recurso pelas diferentes zonas do planeta e também um crescimento acelerado e constante da população, esta circunstância conduz a mais consumo de água do que o nosso planeta pode oferecer atualmente. Surge então a possibilidade de aproveitamento de água pluvial como opção de desenvolvimento sustentável, na tentativa de contornar a questão da sua falta, permitindo a redução do consumo de água potável para fins menos nobres. Existem também proveitos económicos para o consumidor que passam pela poupança mensal na fatura da água.

Nesta dissertação apresentou-se uma pequena pesquisa histórica que revelou que o uso da água da chuva é uma prática experimentada desde a antiguidade em vários pontos do mundo. Elaborou-se uma análise da legislação da água bem como do seu desenvolvimento e mencionou-se alguns exemplos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais no nosso país.

O SAAP é um equipamento pouco complexo e fiável, tal característica leva a um impasse no seu desenvolvimento. Propôs-se o desenvolvimento deste equipamento através da TRIZ, uma metodologia ainda pouco divulgada no Ocidente e em Portugal, sendo encontrada pouca bibliografia em língua portuguesa e a existente explica apenas aspetos muito gerais. Nesta metodologia há uma vasta gama de métodos, ferramentas e paradigmas para as mais variadas situações, arriscando ser redutivo denominar a TRIZ como apenas uma metodologia. Algumas destas ferramentas são bastante simples e utilizadas sem grande esforço, porém outras são bastante complexas e difíceis de dominar e aplicar.

Com a realização deste trabalho tentou-se clarificar e demonstrar os requisitos de instalação de um SAAP. Explicitaram-se todos os componentes existentes, desde a cobertura onde a água é captada, os órgãos de condução, dispositivos de primeira lavagem e reservatório de armazenamento.

Relativamente ao sistema de aproveitamento de águas pluviais, pode-se observar que, apesar da sua aparente simplicidade, existe ainda espaço para simplificação na sua implantação, mas não tem grande potencial evolutivo que permita grandes desenvolvimentos. Foi estudado um caso particular, que se referia a uma moradia unifamiliar na cidade de Braga que integrava o sistema e simulou-se a sua evolução. Existiu também uma análise na viabilidade económica



da instalação e uso do equipamento, que depende principalmente da quantidade de precipitação, da superfície de recolha e dos consumos praticados.

Aplicou-se o método dos objetivos ponderados onde resultou uma diferente abordagem na instalação do SAAP, porém foi possível observar alterações pouco profundas face às atuais. O que não inviabiliza que possa haver progressos neste sistema, pois esta dissertação não abordou todos os órgãos intervenientes nem todas as possibilidades de aplicações, limitando-se apenas a um caso de estudo.

Resumindo, conseguiu-se com este trabalho ter uma melhor perceção das metodologias TRIZ e suas potencialidades sobre um dado problema tecnológico, nomeadamente, o sistema de aproveitamento de água da chuva demonstra algumas das duas potencialidades. Considera-se ter cumprido os objetivos aos quais esta dissertação se propôs, mas a sua solução não é assim tão distinta à atualmente contemplada.



6 PRESPECTIVAS DE EVOLUÇÃO

Embora este trabalho tenha procurado contribuir para o desenvolvimento do sistema de aproveitamento de águas pluviais numa moradia unifamiliar, considera-se que futuramente poderiam existir trabalhos a serem desenvolvidos:

- As ideias e conceitos expostos estão numa fase inicial, pode dar-se seguimento para aprofundar o conhecimento das necessidades deste tipo de sistema, nomeadamente selecionar as ideias que apresentem uma melhor perspetiva de sucesso, efetuando-se uma análise mais profunda e variada dos aspetos abordados no capítulo 4;
- Contemplar no método dos objetivos ponderados a conservação do ambiente e a análise económica como um critério, tornaria o resultado de solução alternativa do SAAP mais atrativo;
- Aplicação de outras ferramentas TRIZ, que não foram contempladas no âmbito deste trabalho e que podem ajudar a encontrar novas ideias e soluções;
- Alargar o âmbito de estudo a outras zonas do país bem como a implantação do SAAP em edifícios multifamiliares, industriais e comerciais pois possuem características e necessidades diferentes do edifício estudado. Obriga-se assim à evolução da opção alcançada.





REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Amorim, Simar Vieira e Pereira, Daniel José de Andrade (2008). *Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.* São Carlos, Brasil.

ANQIP (2009). *ETA0701: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios.*

Barroso, Luís (2010). *Construção Sustentável – Soluções comparativas para o uso eficiente da água nos edifícios de habitação.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Bertolo, E. J. P. (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Campos, M. A. S. (2004). *Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

Carneiro, Rubén Pedro (2013). *Aplicação das metodologias TRIZ no desenvolvimento do projeto FRICTORQ.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Minho.

Cudell, G. (2000). *Manual de instalação de rega.* Porto.

Downey, Nate (2009). *Rainwater Harvesting with Cistern Systems in New Mexico,* United States of America.

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.* Journal of Building and Environment..

Environment Agency (2010). *Harvesting reinwater for domestic uses: na information guide.* Reino Unido.

Herrmann, T.; Schmida, U. (1999). *Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects.* Urbanwater. Germany.

Lee, K. T. et al. (2000). *Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems.* J. agric. Engng Res, v.3, n. 77, p. 343-348.

Macomber, Patrícia S. H. (2010). *Guidelines on Rainwater Catchement Systems for Hawaii.* Department of Natural Resources and Environmental Management College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Manoa.



Magalhães, Joana Filipa (2013). *Aproveitamento de águas pluviais. Aplicação de um sistema de aproveitamento a um hospital.* Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

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, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Oliveira, Fedra Tatiana (2008). *Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental – Simulador para avaliação da viabilidade.* Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade Técnica de Lisboa.

Pedroso, V. (2009). *Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios.* Informações Científicas Técnicas, LNEC.

Pereira, João Pedro (2012). *Sistemas prediais não tradicionais de drenagem de águas residuais pluviais- Sistemas sifónicos ou em pressão.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

PROSAB (2006). *Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infraestrutura da coleta, especialmente em periferias urbanas.* Programa de Pesquisas em Saneamento Básico, 2006.

Rodrigues, José Carlos (2010). *Sistema de aproveitamento de águas pluviais – Dimensionamento e aspetos construtivos.* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Sacadura, Francisco (2011). *Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Santos, João Filipe e Portela, Maria Manuela (2007). *Tendências em séries de precipitação mensal em Portugal continental. Aplicação do teste de Mann-Kendall,* 2007.

Silva, Luís (2013). *Teoria do projeto mecânico.* Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho. Guimarães, 2013.

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

Tomaz, P. (2003). *Água da chuva: Aproveitamento da água da chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.* 1ª Edição. São Paulo: Navegar Editora.

<http://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.localidade/?localID=4&cidadeID=4> Acedido em abril de 2014.



http://www.agere.pt/web1/zp/tpl1/id1/paginas/ficha.asp?p_case=2&p_cod_elemento=91

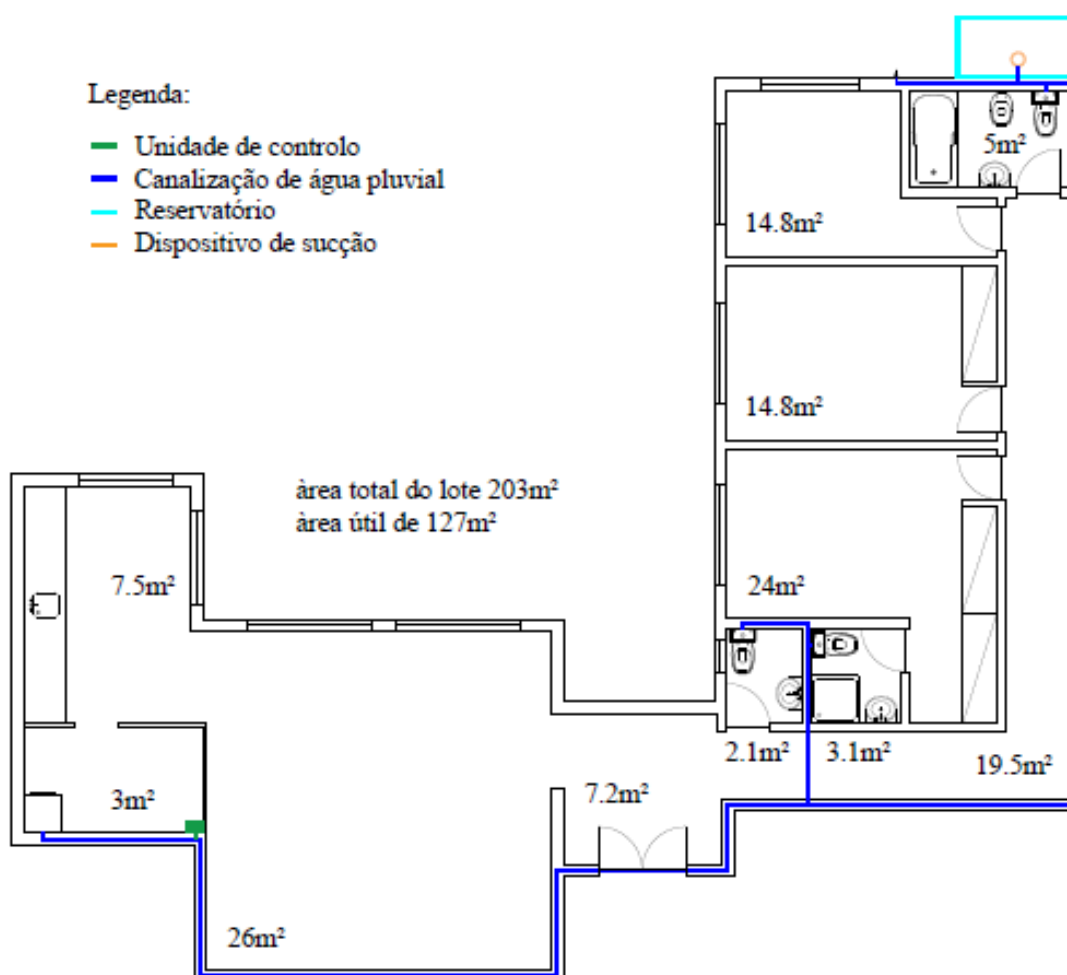
Acedido em julho de 2014.





ANEXOS

Anexo 1 – Moradia Unifamiliar





Anexo 2 – Cálculo do volume do reservatório pelo método de Rippl

Consumo diário (m³)	0,392
Coefficiente de escoamento superficial da telha cerâmica	0,8
Eficiência do sistema de captação (η)	0,9

Método de Rippl								
Meses	Precipitação média mensal [mm]	Área de recolha (m ²)	C* η	Volume aproveitáv	Consumo mensal (m ³)	Volume aproveitável - Consumo mensal (m ³)	Diferença acumulada (m ³)	Volume do reservatório (m ³)
janeiro	192,7	132,6	0,72	18,40	12,15	6,25	0	32,5
fevereiro	161	132,6	0,72	15,37	10,98	4,39	0	32,5
março	102,3	132,6	0,72	9,77	12,15	-2,39	-2,39	32,5
abril	122,5	132,6	0,72	11,70	11,76	-0,06	-2,45	32,5
maio	118,5	132,6	0,72	11,31	12,15	-0,84	-3,29	32,5
junho	62,2	132,6	0,72	5,94	11,76	-5,82	-9,11	32,5
julho	24,1	132,6	0,72	2,30	12,15	-9,85	-18,96	32,5
agosto	29,8	132,6	0,72	2,85	12,15	-9,31	-28,27	32,5
setembro	79	132,6	0,72	7,54	11,76	-4,22	-32,49	32,5
outubro	166,8	132,6	0,72	15,92	12,15	3,77	0	32,5
novembro	175,4	132,6	0,72	16,75	12,15	4,59	0	32,5
dezembro	231,4	132,6	0,72	22,09	12,15	9,94	0	32,5