



Dissertação

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Alternativa para Aproveitamento de Água Pluvial no  
Campus da ESTG***

**Rui Pedro Farinha**

Leiria, *setembro* de 2015





Dissertação

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Alternativa para Aproveitamento de Água Pluvial no  
Campus da ESTG***

**Rui Pedro Farinha**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação da Doutora Sandra Jesus Martins Mourato, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *setembro* de 2015

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Agradecimentos

A realização da dissertação de Mestrado foi possível graças à colaboração e ao contributo, direto ou indireto de várias pessoas, às quais nunca duvidaram de mim e a elas gostaria de expressar o meu reconhecimento.

À Professora Doutora Sandra Jesus Martins Mourato pela sua disponibilidade, apoio e por toda a orientação dada para o desenvolvimento da dissertação.

A toda a minha família, em especial, aos meus pais e irmão por todo o apoio e paciência que tiveram comigo. Eles foram um pilar excepcional ao longo de todo este percurso.

À minha namorada, Sara, pelo apoio, paciência, amizade e compreensão durante estes anos. Agradeço toda a força que me deu no desenrolar da dissertação.

Aos meus amigos pelo apoio e palavras encorajadoras.

Às várias empresas que colaboraram para enriquecer a minha dissertação, o meu muito obrigado.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Resumo

---

A água é um recurso essencial para todos os seres vivos, sendo necessário controlar a sua utilização. Tanto nos países que sofrem de escassez desse recurso como noutros países. O aproveitamento de água pluvial é uma medida que permite reduzir o consumo de água potável em utilizações onde não é necessária água com elevada qualidade.

Na presente dissertação procedeu-se à realização de um estudo acerca dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

Neste estudo dimensionaram-se dois sistemas de aproveitando de água pluvial no *campus 2* do Instituto Politécnico de Leiria.

O primeiro caso de estudo pretende aproveitar água pluvial para utilização na rega dos jardins do *campus*, no entanto revelou ser um investimento elevado com um retorno do investimento estimado em 25 anos, sendo que posteriormente é um sistema que trará benefícios ao *campus*, e permitirá substituir a utilização de água potável por água pluvial.

O segundo caso de estudo, tal como no primeiro caso, foi aplicado ao mesmo *campus*, mas neste caso pretendia-se aproveitar água pluvial para utilização nos autoclismos das instalações sanitárias de um dos edifícios do *campus* (Edifício D), revelou ser um investimento cujo período de retorno de 9 anos, permitindo a substituição de praticamente metade da água potável utilizada nos autoclismos por água pluvial.

*Palavras-chave: Sistema de aproveitamento de água pluvial, consumo de água, eficiência do reservatório.*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*



# Abstract

---

Water is an essential resource for all living beings, so it is necessary to control its use. In countries suffering from lack of this resource, but in other countries as well. The rainwater utilization is a measure that reduces the consumption of fresh water in uses where it is not necessary water with high quality.

In this dissertation we proceeded to conduct a study about the rainwater utilization systems.

In this study we dimensioned up two systems of taking advantage of rainwater on campus 2 of the Instituto Politécnico de Leiria.

The first case study aims to harness rainwater for use in irrigation of the campus gardens, however proved to be a high investment with a return on investment estimated at 25 years, and is subsequently a system that will benefit the campus and will replace the use of freshwater by rainwater.

The second case study, as in the first case, it was applied to the same campus, but in this case it was intended to take advantage of rainwater for use in toilets sanitary facilities of one of the campus buildings (Building D), proved to be an investment whose payback period of nine years, allowing the replacement of almost half the freshwater used in cisterns for rainwater.

*Keywords: Rainwater utilization system, water consumption, reservoir efficiency.*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de figuras

---

Figura 1 – Pedra Moabita .....	5
Figura 2 – Precipitação acumulada anual em Portugal continental .....	8
Figura 3 – Esquema de um sistema de aproveitamento de água pluvial.....	10
Figura 4 – Malha de filtragem instalada na caleira.....	12
Figura 5 - Dispositivo de primeira lavagem.....	13
Figura 6 – Exemplo de filtro SAAP.....	14
Figura 7 – Exemplos de reservatórios, à esquerda reservatórios horizontais, à direita reservatórios verticais.....	16
Figura 8 – Campus 2 do IPL. ....	21
Figura 9 - Áreas de rega no <i>campus</i> 2.....	22
Figura 10 – Polígonos de Thiessen. ....	30
Figura 11 – <i>Campus</i> 2 – IPL, localização do reservatório, caso de estudo n.º1.....	39
Figura 12 – Planta da rede de drenagem, hipótese 0.....	40
Figura 13 – Filtro industrial VF6. ....	42
Figura 14 – Comparação entre volume médio do reservatório e volume médio desviado, para diferentes volumes de reservatório.....	45
Figura 15 - Consumo de água pluvial e da rede de abastecimento, com o aumento do volume do reservatório. ....	46
Figura 16 – Percentagem do volume do reservatório, comparado com as necessidades.....	48
Figura 17 – Variação da eficiência do reservatório com o volume.....	48
Figura 18 – Variação da eficiência do SAAP com o volume. ....	49
Figura 19 – Custo do reservatório para diferentes materiais de construção. ....	50
Figura 20 – Retorno do investimento para o volume selecionado (1560 m3). ....	54
Figura 21 – Rede de drenagem, hipótese 1. ....	57
Figura 22 - Rede de drenagem, hipótese 2.....	61
Figura 23 – Localização do reservatório, caso de estudo n.º 2. ....	65
Figura 24 – Rede de drenagem, caso de estudo n.º 2. ....	66
Figura 25 – Volume médio de água pluvial e volume desviado, consoante o volume do reservatório. ....	68

Figura 26 - Consumo de água pluvial e água da rede de abastecimento com o aumento do volume do reservatório. ....	69
Figura 27 – Eficiências dos sistemas, consoante o volume do reservatório. ....	70
Figura 28 – Variação do custo do reservatório consoante o volume e material de construção.....	71
Figura 29 - Planta Edifício D, piso -2.....	85
Figura 30 - Planta Edifício D, piso -1.....	85
Figura 31 - Planta Edifício D, piso 0. ....	86
Figura 32 - Planta Edifício D, piso 1. ....	86
Figura 33 - Planta Edifício D, piso 2. ....	87

# Lista de tabelas

---

Tabela 1 - Coeficiente de escoamento de acordo com o tipo de cobertura.....	12
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens dos reservatórios enterrados e superficiais ...	15
Tabela 3 – Consumo de água nos jardins do <i>campus 2</i> .....	24
Tabela 4 – Utilizadores afetos ao Edifício D, do <i>campus 2</i> .....	26
Tabela 5 – Consumo de água nas instalações sanitárias do Edifício D. ....	27
Tabela 6 – Coeficientes de escoamento consoante a superfícies de captação .....	33
Tabela 7 – Cotas das superfícies de captação e do reservatório. ....	40
Tabela 8 – Tubagens e acessórios da rede de drenagem, hipótese 0.....	41
Tabela 9 – Áreas das superfícies de captação. ....	43
Tabela 10 – Volumes do reservatório analisados.....	44
Tabela 11 – Volume médio armazenado no reservatório e volume médio desviado.	44
Tabela 12 – Consumo de água pluvial e da rede de abastecimento. ....	45
Tabela 13 – Eficiências do sistema consoante o volume. ....	47
Tabela 14 – Variação do custo do reservatório, consoante o material de construção e volume. ....	50
Tabela 15 – Custo da rede de drenagem, hipótese 0.....	51
Tabela 16 – Custo do SAAP, consoante o volume do reservatório. ....	52
Tabela 17 – Poupança obtida na fatura da água consoante ano de exploração do SAAP.....	52
Tabela 18 – Benefício económico da instalação do SAAP, consoante o volume do reservatório. ....	53
Tabela 19 – Área da superfície de captação.....	55
Tabela 20 – Volume de água pluvial e de água da rede de abastecimento. ....	55
Tabela 21 – Eficiências do sistema, hipótese 0 e 1.....	56
Tabela 22- Material rede de drenagem, hipótese 1. ....	57
Tabela 23 – Benefício económico, hipóteses 0 e 1.....	58
Tabela 24 – Área da superfície de captação, hipótese 2. ....	59
Tabela 25 – Volume de água pluvial e da rede de abastecimento consumido, hipóteses 0, 1 e 2. ....	60
Tabela 26 – Eficiências do sistema, hipótese 0, 1 e 2.....	60

Tabela 27 – Material rede de drenagem, hipótese 2. ....	61
Tabela 28 – Benefícios económicos, hipótese 0, 1 e 2. ....	62
Tabela 29 – Consumo de água de acordo com os dados do gabinete técnico e bibliografia. ....	63
Tabela 30 – Variação das eficiências do sistema consoante dados do gabinete técnico e da bibliografia. ....	64
Tabela 31 – Material necessário para a rede de drenagem, caso de estudo n.º 2. ....	67
Tabela 32 – Volumes do reservatório testados, caso de estudo n.º 2. ....	67
Tabela 33 - Consumo de água pluvial e água da rede de abastecimento com o aumento do volume do reservatório. ....	69
Tabela 34 – Custo do reservatório consoante o tipo de material e volume. ....	71
Tabela 35 – Custo da rede de drenagem, caso de estudo n.º 2. ....	72
Tabela 36 – Custo do SAAP, consoante o volume do reservatório. ....	73
Tabela 37 – Poupança na fatura de água do <i>campus</i> , ao longo do tempo de exploração e consoante o volume do reservatório. ....	73
Tabela 38 – Benefício económico, caso de estudo n.º 2. ....	74
Tabela 39 - Dados pluviométricos da estação meteorológica de Leiria. ....	88
Tabela 40 – Rendimento anual exploração do SAAP, caso de estudo n.º 1. ....	89
Tabela 41 - Rendimento anual exploração do SAAP, caso de estudo n.º 1. ....	90

# Lista de siglas

---

AEA - Agência Europeia do Ambiente

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

DL – Decreto-Lei

DQA – Diretiva Quadro da Água

ETI – Equivalentes a Tempo Inteiro

ESSLei – Escola Superior de Saúde de Leiria

ESTG – Escola Superior de Tecnologias e Gestão

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA- Estados Unidos da América

IEA – Índice de exploração de água

IPL – Instituto Politécnico de Leiria

PEAD – polietileno de alta densidade

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

(PE) – Polietileno

PVC – Polietileno de vinilo

PRVF – Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro

P1MC - Programa Um Milhão de Cisternas

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial

SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

UE – União Europeia

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*



# Índice

---

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	<b>13</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. Considerações gerais.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Organização do texto.....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Considerações gerais.....	5
2.2. Usos da água.....	6
2.3. Regime pluviométrico em Portugal.....	8
2.4. Vantagens e desvantagens do aproveitamento de água pluvial.....	9
2.5. Sistemas de aproveitamento de água pluvial.....	10
2.5.1. Superfície de recolha.....	11
2.5.2. Órgãos de condução.....	12
2.5.3. Dispositivo de rejeição das primeiras águas ( <i>first flush</i> ).....	13
2.5.4. Filtros.....	14
2.5.5. Reservatório de armazenamento.....	14
2.6. Exemplos de aproveitamento de água pluvial em Portugal e no mundo.....	16
2.7. Qualidade da água pluvial.....	18
2.8. Viabilidade económica.....	19
2.9. Enquadramento.....	19
<b>3. CASOS DE ESTUDO</b> .....	<b>21</b>
3.1. <i>Campus 2</i> do Instituto Politécnico de Leira.....	21
3.2. <i>Caso de estudo n.º1</i> .....	22
3.3. <i>Caso de estudo n.º 2</i> .....	25
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
4.1. Estudo hidrológico.....	29
4.2. Dimensionamento das infraestruturas de recolha e de armazenamento	31
4.2.1. Cálculo dos volumes do reservatório a testar.....	31

4.2.2.	Cálculo do volume de água captado.....	31
4.2.3.	Cálculo dos consumos.....	34
4.2.4.	Cálculo do volume de água pluvial armazenado.....	34
4.2.5.	Cálculo das eficiências.....	36
4.2.6.	Análise económica.....	37
<b>5.</b>	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
<b>5.1.</b>	<b>Caso de estudo n.º1.....</b>	<b>39</b>
5.1.1.	Conceção geral.....	39
5.1.2.	Caso de estudo n.º 1, Hipótese 0.....	40
5.1.2.1.	Dimensionamento da rede de drenagem.....	40
5.1.2.2.	Dimensionamento da estação elevatória.....	42
5.1.2.3.	Dimensionamento do reservatório.....	43
5.1.2.4.	Benefícios económicos.....	49
5.1.3.	Caso de estudo n.º 1, Hipótese 1.....	54
5.1.4.	Caso de estudo n.º 1, Hipótese 2.....	58
5.1.5.	Comparação dos dados do gabinete técnico com as necessidades hídricas.....	63
<b>5.2.</b>	<b>Caso de estudo n.º 2.....</b>	<b>65</b>
5.2.1.	Conceção geral.....	65
5.2.2.	Dimensionamento da rede de drenagem.....	66
5.2.3.	Dimensionamento do reservatório.....	67
5.2.4.	Benefícios económicos.....	71
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO I.....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO II.....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO III.....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO IV.....</b>	<b>90</b>

# 1. Introdução

---

## 1.1. Considerações gerais

---

A água é um recurso essencial para todos os seres vivos, inclusive o Homem. É um recurso vital e amplamente partilhado no planeta, deste modo é crucial, uso correto desse recurso.

Ao longo dos tempos e à medida que as civilizações aprenderam a tirar partido da água para outros fins, como a produção de energia ou indústria, verificou-se um aumento do número de usufruidores deste recurso, e conseqüentemente a sua deslocação para locais onde a água existe em abundância (Santos, 2011).

O início do século XXI trouxe um novo desafio, o abastecimento de todas as populações com água potável. Atualmente muitos países sofrem de escassez de água, e muitos outros poderão vir a sofrer. É consensual que o clima está a atravessar uma fase de mudança e que a população do planeta está em constante crescimento, implicando uma correta gestão da utilização dos recursos naturais (Sacadura, 2011).

As temperaturas da superfície terrestre têm sofrido um aumento significativo, as estações do ano estão cada vez menos definidas, existem fenómenos externos como secas, cheias, entre outros, que são cada vez mais frequentes. As alterações climáticas poderão estar associadas a processos naturais e/ou à intervenção do Homem (Silva, 2012).

Nos últimos anos, os períodos de seca têm aumentado, causando um enorme prejuízo para as populações, pois causam perdas enormes na agricultura, aumentando a pobreza e a fome. Países, como Portugal, também têm sido atingidos pela seca, como por exemplo a seca que ocorreu no ano de 2005, que atingiu cerca de 61% do território do país (Martins, 2009).

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (AEA, 2010) o Índice de Exploração de Água (IEA) permite identificar os países onde o consumo de água é elevado, quando este é superior a 20%. Portugal encontra-se na décima posição, sendo que até 1990 o IEA

rondava os 10% e, nos últimos anos o IEA ronda os 15%, verificando-se um aumento da exploração de água.

Torna-se fundamental controlar a utilização de água, tanto nos países que sofrem de escassez de água como em países onde existe a probabilidade de sofrerem. Deste modo, o aproveitamento de água pluvial surge como uma medida que permite reduzir o consumo de água potável.

O aproveitamento de água pluvial é uma prática muito antiga que foi abandonada ao longo dos tempos, à medida que os sistemas de abastecimento público foram construídos. Atualmente, esta prática tem vindo a ser revalorizada no âmbito da conservação da água e da procura de soluções mais sustentáveis. É uma medida com potencial para reduzir a utilização de água potável em usos onde a qualidade da água pode ser inferior, tais como a limpeza de pavimentos, rega, autoclismos e urinóis, combate a incêndios, sistemas de refrigeração de máquinas, entre outros (Oliveira, 2008).

## 1.2. Objetivos

---

O presente trabalho pretende dimensionar um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP) no *campus* 2, do Instituto Politécnico de Leiria, que será responsável pelo aproveitamento de água pluvial para posterior utilização na rega de jardins e uso em instalações sanitárias.

Será feita uma avaliação de todas as componentes do SAAP, bacia drenante, superfície de captação, rede de drenagem, reservatório de armazenamento, estação elevatória, verificação e manutenção do sistema.

Ao longo do estudo será feita uma análise das vantagens e desvantagens da instalação do SAAP.

O presente trabalho tem como objetivo propor uma solução técnica e economicamente viável para o *campus*, e efetuar o dimensionamento dos equipamentos do SAAP, nomeadamente o reservatório de armazenamento e a rede de drenagem.

Também objetivo do trabalho analisar os benefícios económicos da instalação do SAAP, para o *campus*.

### 1.3. Organização do texto

---

De modo a atingir os objetivos traçados no subcapítulo anterior, o presente trabalho está dividido em cinco capítulos.

No primeiro Capítulo (**Introdução**) é feita uma introdução ao trabalho, os seus objetivos e a organização do trabalho.

No segundo Capítulo (**Revisão bibliográfica**) redige-se o enquadramento do tema, toda a temática relacionada com o aproveitamento de água pluvial.

No terceiro Capítulo (**Caso de estudo**) são apresentados os casos de estudo e, é efetuado o levantamento dos consumos de água nas instalações do *campus* 2, do Instituto Politécnico de Leiria.

No quarto Capítulo (**Metodologia**) apresenta-se toda a metodologia pela qual se rege o presente estudo.

No quinto Capítulo (**Apresentação e discussão dos resultados**) apresentam-se os resultados obtidos para cada caso de estudo e, é efetuada a análise e discussão dos resultados.

No sexto capítulo ((**Conclusões**)) faz-se uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido, e referem-se sugestões para a melhoria da utilização de água no *campus*.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## 2. Revisão bibliográfica

---

### 2.1. Considerações gerais

---

Cerca de 75 % da superfície da Terra está coberta por água, no entanto apenas 3% é água doce. Do total de água doce, 80% encontra-se congelada nos calotes polares ou lençóis de água profundos. Apenas 20% do total de água doce está disponível para o Homem (Bertolo, 2006).

Até há poucas décadas, a água era considerada como um bem abundante e inesgotável, um bem quase sem valor. Desvalorizando a importância da água foi-se dando um uso indevido, contaminando-a, não havendo preocupação com a degradação que o recurso sofria. Com esta atitude e, com o aumento do consumo “*per capita*” registado nas últimas décadas, a disponibilidade de água em algumas zonas do planeta tem vindo a diminuir drasticamente em quantidade e principalmente em qualidade (Alves, 2010).

Não existe data certa para o início do aproveitamento de água pluvial. O documento mais antigo é a pedra moabita (Figura 1) datada de 830 a.C., que foi achada na antiga região de Moab, perto de Israel. Na pedra está gravada uma citação do rei Mesa para a cidade de Qarhoh “para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa” (Tomaz, 2003, citado por Bertolo 2006).



**Figura 1** – Pedra Moabita (Fonte: Tomaz, 2003).

Ao longo do tempo, o aproveitamento de água pluvial caiu em desuso. Nas regiões áridas ou semiáridas, como o Médio Oriente e a Ásia, a construção de reservatórios de armazenamento de água pluvial é uma tradição e faz parte da cultura dos povos (Schistek, 2001 citado por Bertolo, 2006).

Devido à modernização urbana tem-se verificado um aumento da impermeabilização dos solos, diminuindo a infiltração de águas pluviais, conseqüentemente reduziu-se a recarga das águas subterrâneas, aumentando o escoamento superficial, o que conduziu a uma maior probabilidade de ocorrência de inundações, aumentando também a quantidade de descarga no recetor a partir do meio de drenagem (Oliveira, 2008).

O aumento da descarga de águas pluviais nos sistemas de drenagem pode afetar a eficiência do tratamento, das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Nesse âmbito deve ser efetuado um correto aproveitamento da água pluvial que irá diminuir a quantidade de drenagem de água na ETAR e assim minimizar o problema e diminuir a dimensão da ETAR (Oliveira, 2008).

O aproveitamento de água pluvial é uma técnica amplamente utilizada em países como Austrália, África do Sul, Estados Unidos da América (EUA), Alemanha, Japão, Brasil, onde os próprios países já oferecem financiamentos para a construção dos SAAP (Tomaz, 2003, citado por Bertolo, 2006).

## 2.2. Usos da água

---

A água é fundamental para a vida do ser humano, um dos recursos naturais mais importantes do planeta. É preciso garantir a quantidade e a qualidade do recurso, visto ser uma condicionante ao desenvolvimento humano (Bertolo, 2006).

O aproveitamento sustentado dos recursos naturais ganhou uma maior importância quando se começou a verificar a contaminação destes devido a erros cometidos pelo Homem, colocando em causa o crescimento sustentável. Atualmente, reconhece-se que o desenvolvimento económico não é compatível com a proteção dos recursos naturais, no



entanto o futuro crescimento económico depende da proteção dos recursos naturais (Santos, 2011).

A água potável tem-se tornado um recurso cada vez mais escasso, consequência do aumento populacional e do aumento da poluição, tornando-se importante a busca por fontes alternativas a este recurso natural. A sobre-exploração de água potável leva a que este recurso se torne insuficiente para atender as necessidades das populações (Sacadura, 2011).

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (AEA, 2008), os setores onde a água é mais utilizada são classificados como setor urbano, industrial, da agricultura e da energia. Na Europa, cerca de 44% da totalidade de água captada é destinada à agricultura, 40% é destinada à indústria e energia e 11% é destinada ao abastecimento público. Os países do sul da Europa usam maior percentagem de água captada para a agricultura, por outro lado, os países da Europa central e os países nórdicos utilizam maior percentagem de água para a produção de energia e indústria.

Portugal iniciou o século XXI com uma procura anual de água estimada em 7.500 milhões m<sup>3</sup>, englobando os três setores: urbano, agrícola e industrial. O setor agrícola é o maior consumidor de água, cerca de 80%. Em termos de custos de abastecimento, o setor urbano é o que representa uma fatura mais elevada, pois a água para consumo humano requer tratamento prévio (APA, 2012).

Cerca de 3 milhões de australianos utilizam a água pluvial para consumo. O risco de contrair doenças por consumir água pluvial armazenada em reservatórios é reduzido, no entanto, nesse país existem registos onde houve habitantes que contraíram doenças. De modo a reduzir os riscos para a saúde devido ao consumo de água pluvial é preferível aproveitá-la para fins menos nobres, como por exemplo lavagem de pavimentos e carros, descarga de autoclismos, rega de jardins, entre outros (Coombes, 2002).

## 2.3. Regime pluviométrico em Portugal

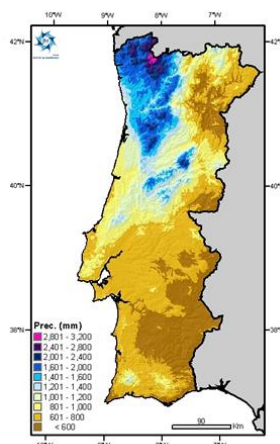
---

Portugal está situado no extremo oeste da Europa, sendo banhado a oeste e a sul pelo oceano atlântico e a este e a norte faz fronteira com Espanha. A proximidade do mar é um dos principais fatores para a variedade climática que se verifica neste país. Ao nível local também se verifica alguma variedade climática, devendo-se principalmente à topografia do país e à sua orientação norte-sul (CMP, 2015)

A proximidade do oceano atlântico proporciona temperaturas mais amenas, uma vez que a água reage de forma mais lenta do que o ar ao aumento e à diminuição da temperatura. Nas zonas perto do mar os invernos são mais amenos, por outro lado, no verão a proximidade das zonas costeiras permite um efeito de arrefecimento (CMP, 2015).

Em Portugal, durante a época húmida, normalmente, verifica-se uma ocorrência de precipitação elevada, no entanto, na época seca as temperaturas são, quase sempre, elevadas, sem ocorrência de precipitação, tornando-se necessário a utilização de água armazenada durante a época húmida (Oliveira, 2008).

A análise espacial baseada nas normais de 1961/90 mostra que a precipitação média anual tem os valores mais altos no Minho e Douro Litoral e os valores mais baixo nas regiões do interior do Baixo Alentejo, a figura 2 representa a precipitação anual acumulada em Portugal Continental (IPMA, 2015).



**Figura 2** – Precipitação acumulada anual em Portugal continental (Fonte: IPMA, 2015).

## 2.4. Vantagens e desvantagens do aproveitamento de água pluvial

---

O aproveitamento de água pluvial permite obter água de boa qualidade de maneira simples e eficaz, permitindo deste modo (Almeida *et al.*, 2006; Perdomo *et al.*, 2005; Philips, 2005 citado por Oliveira, 2008):

- Reduzir a dependência que existe das reservas de água subterrânea, que quando sobreexploradas esgotam;
- Criar alguma independência em relação à fonte de água principal;
- Reduzir o consumo de água da rede de abastecimento bem como os custos associados ao seu fornecimento, possibilitando o uso de água com menor qualidade em usos menos nobres;
- Reduzir os custos de exploração dos sistemas de abastecimento de água;
- Permitir uma fonte de água extra, tornando-se vital em anos de seca;
- Aproveitar a água pluvial como uma solução menos dispendiosa, em locais onde o abastecimento de água pelos meios convencionais fica dispendioso;
- Diminuir a erosão do solo;
- Evitar a utilização de água potável em usos compatíveis com qualidade inferior, como por exemplo, na lavagem de pavimentos, combate a incêndios, rega de hortas e jardins, descarga de autoclismos e urinóis. A água da chuva é uma água macia, permitindo a sua utilização nas máquinas de lavar roupa, sem ocorrer intrusão de calcário;
- Contribuir para controlar as inundações, armazenando parte da água responsável pelo escoamento superficial;

O aproveitamento de água pluvial contribui para a conservação da água, no entanto é também uma medida de conservação de energia, pois a energia requerida para operar um sistema centralizado é reduzida (Bertolo, 2006).

Apesar de este aproveitamento ser um meio de reserva de água suplementar, apresenta algumas desvantagens, como por exemplo, os sistemas de aproveitamento de água pluvial

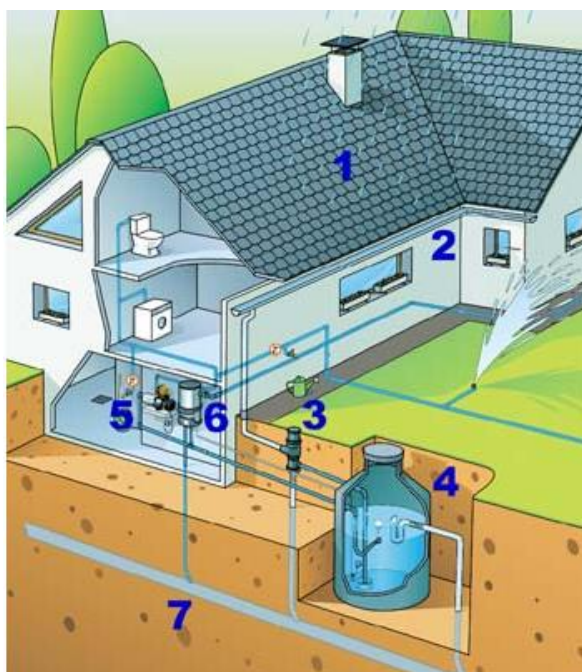
ainda não se encontram bem desenvolvidos, o que origina elevados custos de implementação. Em anos com fraca ocorrência de precipitação, o aproveitamento de água pluvial é fraco, pelo que é necessário recorrer a uma fonte suplementar de abastecimento de água. Para além disso, o sistema de aproveitamento de água pluvial necessita de manutenção regular, para garantir a qualidade da água aproveitada (Oliveira, 2008).

## 2.5. Sistemas de aproveitamento de água pluvial

---

Um sistema de aproveitamento de água pluvial consiste no aproveitamento da água que precipita numa determinada superfície, normalmente a cobertura de um edifício. A água é encaminhada através dos órgãos de condução, onde ocorre um processo de filtração, até ao reservatório de armazenamento, este pode estar à superfície ou enterrado. Posteriormente a água da chuva pode ser utilizada para o fim pretendido (Oliveira, 2008).

Na Figura 3 é apresentado um esquema de um sistema de aproveitamento de água pluvial.



### Legenda:

- 1 – Superfície de Captação;
- 2 – Caleiras;
- 3 – Filtro;
- 4 – Reservatório de armazenamento;
- 5 – Bomba elevatória;
- 6 – Caixa de gestão;
- 7 – Rede de drenagem.

**Figura 3** – Esquema de um sistema de aproveitamento de água pluvial (Fonte: Wikinotícia).

Os componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial são (Bertolo, 2006):

- Superfície de recolha;
- Órgãos de condução;
- Dispositivo de rejeição das primeiras águas (*first – flush*);
- Filtros;
- Reservatório de armazenamento.

### 2.5.1. Superfície de recolha

---

A superfície de recolha de águas pluviais normalmente é a cobertura do edifício, no entanto, pode ser qualquer outra superfície onde exista a possibilidade de recolha, por exemplo um terraço. Esta superfície normalmente representa a maior área impermeável do edifício e a maneira mais fácil de recolher água promovendo menor contaminação possível (Martins, 2009).

O material de que é feita a superfície de recolha e os resíduos que se depositam ao longo do tempo influencia a quantidade e a qualidade da água recolhida. Quando existe um longo período de tempo entre a ocorrência de precipitação há acumulação de resíduos na superfície de recolha, sendo aconselhável não aproveitar as primeiras porções de água (*first – flush*) (Bertolo, 2006).

Na realidade não se aproveita toda a água que precipita sob a superfície de recolha, pois existem perdas no processo de recolha, devido essencialmente à evaporação, arrastamento pelo vento, ou ruturas no sistema (Oliveira, 2008).

O coeficiente de escoamento (C) é dado em “ (...) função das características da cobertura, que representa a relação entre o volume total captado num determinado período de tempo e o volume total precipitado nesse período.” (ANQIP, 2012).

Na tabela 1 são apresentados os valores de coeficiente de escoamento consoante o tipo de cobertura.

**Tabela 1** - Coeficiente de escoamento de acordo com o tipo de cobertura (ANQIP, 2012).

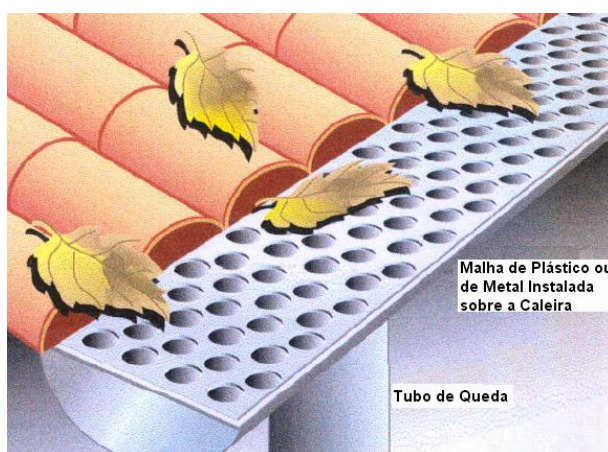
Tipo de cobertura	Coeficiente de escoamento
Cobertura impermeável (telha, cimento, asfalto, etc.)	0,8
Coberturas planas com gravilha	0,6
Coberturas verdes extensivas (pouco porosas)	0,5
Coberturas verdes intensivas (muito porosas)	0,3

## 2.5.2. Órgãos de condução

---

Os órgãos de condução, normalmente as caleiras e os tubos de queda, são responsáveis pelo encaminhamento da água recolhida até ao reservatório de armazenamento. Para além da água pluvial, estes órgãos recolhem detritos presentes na superfície de recolha, contribuindo para o crescimento bacteriano dentro do reservatório. Recomenda-se o uso de uma malha de filtragem, de modo a não permitir o encaminhamento desses detritos (Martins, 2009).

Na figura 4 é apresentado um exemplo de caleira com malha de filtragem.



**Figura 4** – Malha de filtragem instalada na caleira (Fonte: Bertolo, 2006)

Os materiais mais utilizados nas caleiras e nos tubos de queda são o aço galvanizado, polietileno de vinilo (PVC) e alumínio. As caleiras fabricadas em alumínio e aço galvanizado são as mais aconselháveis devido à resistência e à corrosão. Os órgãos não

devem conter chumbo nem qualquer outro tratamento que possa contaminar a água recolhida (Sacadura, 2011).

### 2.5.3. Dispositivo de rejeição das primeiras águas (*first flush*)

---

Se existir um longo período sem a ocorrência de precipitação recomenda-se que as águas provenientes das primeiras chuvas não sejam aproveitadas, designado "first-flush", pois normalmente a superfície de recolha contém pó, poluentes depositados e detritos. Sendo assim, deve-se desviar estas águas para o sistema de drenagem urbana, para posterior tratamento (Martins, 2009).

O volume de primeiras águas a desviar poderá ser determinado com base em critérios de tempo ou com base na área da superfície de recolha e numa altura de precipitação pré – estabelecida, geralmente 2 mm (ANQIP, 2012).

Quando se opta pelo critério de tempo, deverá ser desviado o volume mínimo correspondente aos primeiros 10 minutos de precipitação, podendo optar-se por um período mais baixo, mas nunca inferior a dois minutos, quando o intervalo entre precipitação não exceda quatro dias (ANQIP, 2012).

O desvio das primeiras águas pode ser feito com recurso a dispositivos automáticos, desenvolvidos especificamente para esse fim. Na figura 5 é apresentado um dispositivo de *first-flush*.

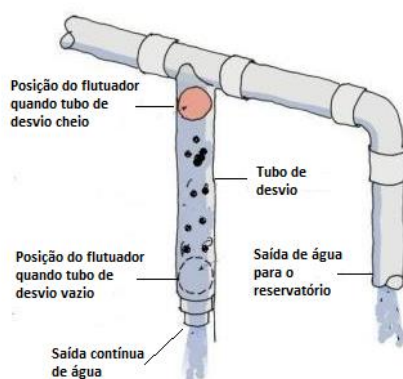


Figura 5 - Dispositivo de primeira lavagem (Fonte: HHSS, 2015)

## 2.5.4. Filtros

---

Antes da entrada de água no reservatório convém que esta seja devidamente filtrada, ou seja, remover a maior quantidade possível de sedimentos e detritos de pequenas dimensões, evitando a sua entrada no reservatório, de modo a não criar condições favoráveis ao desenvolvimento de bactérias e de algas (Bertolo, 2006). Na figura 6 encontra-se um exemplo de filtro para um SAAP.



**Figura 6** – Exemplo de filtro SAAP (Fonte: Bertolo, 2006).

## 2.5.5. Reservatório de armazenamento

---

O reservatório de armazenamento de água pluvial é o elemento mais dispendioso de todo o SAAP, deste modo deve ser corretamente dimensionado tendo em conta a quantidade de água necessária para o fim pretendido. O tamanho do reservatório depende do regime de precipitação do local, da quantidade de água necessária e da área da superfície de captação (Oliveira, 2008).

A localização do reservatório pode ser acima ou abaixo do solo. Na fase de conceção, os reservatórios localizados abaixo do solo são mais dispendiosos, pois é necessário escavar o solo e são de difícil acesso, o que dificulta a sua limpeza, no entanto, um reservatório enterrado garante uma menor temperatura da água. Os reservatórios devem ser localizados o mais perto possível dos pontos de consumo e de recolha de água. Se possível no reservatório não deve incidir a luz solar, diminuindo assim a temperatura da água, de modo a não estimular o crescimento de algas e o crescimento de bactérias (ANQIP, 2012). Na



tabela 2 são apresentadas as vantagens e desvantagens dos reservatórios enterrados e superficiais.

**Tabela 2** - Vantagens e desvantagens dos reservatórios enterrados e superficiais (Oliveira, 2009).

	Vantagens	Desvantagens
Reservatório superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Possibilidade de ser elevado, de modo a aumentar a pressão da água, caso esta seja retirada por ação da gravidade;</li> <li>➤ Fácil deteção de fugas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ocupação de área;</li> <li>➤ A incidência de luz solar pode levar à criação de algas, bactérias e mosquitos.</li> </ul>
Reservatório enterrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não é visível;</li> <li>➤ Temperatura da água inferior;</li> <li>➤ Não incide a luz solar, não existindo tanta proliferação de bactérias e algas;</li> <li>➤ A terra acumulada em redor do reservatório permite um aumento da pressão sobre as paredes do reservatório, permitindo que estas sejam menos espessas, reduzindo custos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em extrair a água do reservatório, normalmente é necessário recorrer a estações elevatórias;</li> <li>➤ Dificil deteção de fugas;</li> <li>➤ Maior possibilidade de contaminação da água armazenada devido à proveniência de água do solo;</li> <li>➤ Se o reservatório não for devidamente tapado pode proporcionar queda de pessoas e animais para dentro deste;</li> <li>➤ É mais difícil de esvaziar para limpeza;</li> <li>➤ Os carros ao passar por cima do local, onde o reservatório está enterrado, podem danificá-lo.</li> </ul>

O reservatório deve ser estanque e constituído por material não tóxico. Os cantos devem ser arredondados para facilitar a limpeza e não permitir a criação de biofilmes, deve ser dotado de uma descarga de fundo e filtro a montante (Bertolo, 2006).

A entrada de água no reservatório deve ser feita através de um dispositivo anti-turbulência, dando-se assim uma entrada calma e evitando que os sedimentos que se encontram depositados no fundo do reservatório sejam remexidos. Ao mesmo tempo dá-se a oxigenação da água armazenada, afastando-se a possibilidade de degradação anaeróbia e contribuindo para a flutuação das partículas mais leves, facilitando a limpeza. Este deve possuir um sistema de *overflow*, isto é, um sistema que permita a saída de água quando o

reservatório estiver na sua capacidade máxima e a limpeza de pequenas partículas que se encontrem a flutuar no cimo da água, encaminhando-a para a rede de drenagem de água pluvial. O reservatório deve estar ligado a outra fonte de água, para que seja possível o seu abastecimento no caso de escassez de água pluvial (Magalhães, 2013).

O material de construção do reservatório pode ser betão armado, fibrocimento, aço inoxidável, pedra, polietileno de alta densidade (PEAD), fibra de vidro, plástico, entre outros. O material mais utilizado é o betão armado porque permite que o reservatório possa ser construído no local e tenha a dimensão correta para a quantidade de água que se pretende armazenar. Os fabricados em PEAD são reservatórios pré-fabricados, neste caso tem de optar-se pelas dimensões existentes no mercado, por exemplo, existem no mercado reservatórios com capacidades que variam entre os 5.000 e os 75.000 litros, sendo possível a sua colocação na horizontal ou vertical (Bertolo, 2006). Na figura 7 são apresentados alguns exemplos de reservatórios.



**Figura 7** – Exemplos de reservatórios, à esquerda reservatórios horizontais, à direita reservatórios verticais. Fonte: PremierTech (2015).

## 2.6. Exemplos de aproveitamento de água pluvial em Portugal e no mundo

---

O Japão é um dos países onde o aproveitamento de água pluvial é mais usual. Na cidade de Tóquio, prédios com mais de 30 000 m<sup>2</sup> e que utilizam mais de 100 m<sup>3</sup> de água por dia, para fins não potáveis, são obrigados a fazer o aproveitamento de água pluvial bem como de águas cinzentas (águas provenientes de máquinas de lavar roupa, lavatórios, chuveiros) (Tomaz, 2003).

Na Alemanha, no centro comercial Alexa, é feito o aproveitamento de água pluvial para utilização nos sistemas de refrigeração e de combate a incêndios. Ainda na Alemanha, na

clínica Bad Hersfeld situada em Hussen, é feito o aproveitamento de água pluvial para posterior utilização em autoclismos e nos sistemas de refrigeração. Prevê-se que com esta técnica exista uma poupança, anual, de 6 180 m<sup>3</sup> de água potável (Alves, 2010).

No Reino Unido, cerca de dois mil sistemas de recolha de água pluvial foram instalados nos anos de 2006 e 2007, um número muito superior, quando comparado com o número de sistemas nos anos de 2003 e 2004, cerca de quinhentos. Maioritariamente os sistemas são instalados em habitações unifamiliares, embora alguns supermercados também estejam a adotar a instalação de sistemas de recolha de água pluvial (EA, 2008).

Na Áustria, no estado de Burgenland, é atribuído um subsídio, até 1 800 €, para a instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial (EA, 2008).

No Brasil, na cidade de Rio de Janeiro, existem dois reservatórios com capacidade de armazenamento de 740 m<sup>3</sup> de água pluvial por mês, essa água é utilizada em autoclismos, rega, lavagem de pisos e reserva para incêndios. Foi criado o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), que tem como objetivo a instalação de um milhão de reservatórios para aproveitamento de água pluvial no semiárido brasileiro, beneficiando, com este projeto, cerca de cinco milhões de pessoas (Alves, 2010).

Em Portugal, o Convento dos Templários, em Tomar, possui dois reservatórios de recolha de água pluvial, com capacidades de 215 m<sup>3</sup> e 145 m<sup>3</sup>. Na Torre de Belém, a água pluvial também é recolhida para reservatórios e posteriormente utilizada para outros fins (Bertolo, 2006).

A empresa Ecoágua, Lda. tem instalado, em Portugal, vários SAAP, como por exemplo na Quinta de Marinha onde foi instalado um SAAP para a rega do jardim. O grupo MSF também instalou um sistema de recolha de água pluvial na sua sede em Telheiras Norte, Lisboa.

Na universidade de Aveiro, o departamento de Engenharia Civil, instalou um sistema de aproveitamento de água pluvial, para dar apoio ao laboratório de hidrologia, tratando-se de uma política de eficiência energética em edifícios (Eficiência Hídrica, 2010).

## 2.7. Qualidade da água pluvial

---

A água pluvial recolhida por um SAAP deve ser periodicamente monitorizada, de modo, a garantir que a sua qualidade é indicada para o fim pretendido (Bertolo, 2006).

A qualidade da água pluvial recolhida depende dos materiais que são utilizados na construção do SAAP, nomeadamente a superfície de recolha e do reservatório, e da quantidade de resíduos depositados na superfície de recolha (Martins, 2009).

De acordo com o Texas Guide to Rainwater Quality (1997), a água pluvial quase não contém minerais e sais dissolvidos, sendo uma água natural macia e com dureza zero, a sua qualidade é próxima da qualidade da água destilada.

A água pluvial no momento em que precipita na superfície de recolha é suave, limpa e isenta de microrganismos, no entanto durante a recolha e armazenamento existe a possibilidade de contaminação da água (Guidance on use of rainwater tanks, 2011).

A água pluvial recolhida e armazenada no reservatório contém uma gama de microrganismos de várias fontes. A maioria dos microrganismos são inofensivos, no entanto, para garantir a qualidade da água pluvial deve-se eliminar, ou minimizar a presença de microrganismos patogénicos. Maioritariamente estes são introduzidos no reservatório devido ao abastecimento com água potável contaminada com material fecal (Guidance on use of rainwater tanks, 2011).

A água pluvial em meios rurais, onde existe a presença de herbicidas e pesticidas, pode ser contaminada por organoclorados ou organofosfatos que compõem os pesticidas e herbicidas. Em zonas com elevada densidade de tráfego, a água pluvial pode conter metais pesados, como chumbo, apresentando riscos para a saúde pública. Esses poluentes depositam-se na superfície de recolha e quando a água pluvial entra em contato, pode arrastar esses poluentes, bactérias, algas, protozoários e outros produtos para dentro do reservatório, contribuindo para o aumento da degradação da água (Bertolo, 2006).

## 2.8. Viabilidade económica

---

Os recursos naturais são essenciais para a sobrevivência das espécies, tornando-se fundamental uma correta utilização destes. É fundamental a construção de habitações mais eficientes, sustentáveis e menos dependentes de água do sistema de abastecimento público. O SAAP destaca-se como uma solução, não só pelas vantagens económicas e ambientais, como pela simplicidade de implementação (Bertolo, 2006).

O aproveitamento de água pluvial permite poupar na fatura mensal de água da rede de abastecimento, bem como aumentar a durabilidade de aparelhos eletrónicos, pois a água pluvial é isenta de calcário (Bertolo, 2006).

Bertolo (2006) refere ainda que na construção de uma habitação unifamiliar típica a implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial acrescentará cerca de 3 000 € ao custo inicial da moradia, esse valor irá ter um retorno num curto espaço de tempo, dependendo da precipitação, superfície de recolha e dos consumos.

Segundo Oliveira (2008), nos três casos analisados no seu trabalho, o período de recuperação do investimento aumenta sempre com a capacidade do reservatório, devido ao custo associado à sua construção.

Durante o primeiro fim de semana de utilização do SAAP instalado pelo departamento de Engenharia Civil, na Universidade de Aveiro foi possível encher a totalidade do reservatório, permitindo uma poupança estimada em 30 euros (Eficiência Hídrica, 2010).

## 2.9. Enquadramento

---

A 23 de outubro de 2000, surgiu ao nível da UE a Diretiva 2000/60/CE (Diretiva Quadro da Água), sendo transposta para a legislação nacional através do DL n.º 58/2005 de 29 de dezembro (Lei da Água).

Em 2001, elaborado através da Diretiva Quadro da Água (DQA), surge o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) tendo como objetivo avaliar a eficiência com que a água é utilizada em Portugal nos setores urbano, industrial e propor um conjunto de medidas que permitissem melhorar a utilização desse recurso. Entre as medidas propõe-se a utilização de água pluvial para fins não potáveis. Com o objetivo de procurar garantir uma melhor gestão da água é lançado, em 2012, um novo PNUEA que define medidas para implementação entre 2012 e 2020.

A Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) lançou, em 2009, especificações técnicas relativas ao aproveitamento de água pluvial, a ETA 0701 e a ETA 0702, com validade até 2017. A ETA 0701 estabelece critérios técnicos para a realização do SAAP em edifícios, para fins não potáveis. A ETA 0702 estabelece condições para a certificação do SAAP, executados de acordo com a especificação técnica ANQIP ETA 0701. De acordo com a ETA 0701, em termos gerais, a conceção, a instalação e a exploração do SAAP deve respeitar a legislação, a regulamentação e a normalização nacional e europeia. O SAAP deve ser objetivo de um projeto técnico, cuja elaboração deve respeitar, nas partes aplicáveis, as exigências da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho, relativamente as caleiras e tubos de descarga devem ser atendidas, as disposições do Decreto Regulamentar n.º 23/95 ou da Norma EN 12056-3.

De acordo com o Artigo 86.º do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de drenagem de Águas Residuais, relativamente à utilização de água não potável, a entidade gestora do serviço de distribuição (SMAS) pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para a lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, deixando de parte a utilização de água em urinóis e autoclismos.

A nível nacional não existe nenhuma legislação específica relativa ao aproveitamento de água pluvial, sendo considerada como água residual, normalmente é enviada para os sistemas de drenagens de água para posterior tratamento (Bertolo, 2006).

## 3. Casos de estudo

---

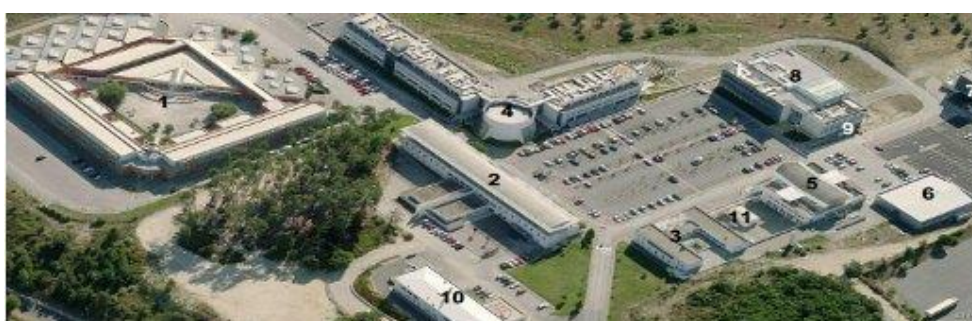
### 3.1. *Campus 2* do Instituto Politécnico de Leiria

---

O Instituto Politécnico de Leiria (IPL) é uma instituição pública de ensino superior, com aproximadamente 10 500 estudantes, distribuídos por cinco escolas (Relatório de Atividades IPL, 2015).

O *campus 2* do IPL integra a Escola Superior de Tecnologias e Gestão (ESTG), a Escola Superior de Saúde (ESSLei), a Biblioteca José Saramago, diversos parques de estacionamento, estruturas exploradas pelos Serviços de Ação Social, onde funcionam cantinas e snack-bares, uma agência bancária da Caixa Geral de Depósitos e uma livraria.

Na ESTG estudam aproximadamente 4 185 alunos, distribuídos por cursos de licenciatura, mestrado e cursos de especialização tecnológica nas áreas de engenharias, tecnologias, gestão, administração pública e ciências jurídicas. Também, são dadas formações de pós-graduação e ações de formação contínua em diversas áreas. Na figura 8 é apresentado o *campus 2*, do IPL.



**Figura 8** – Campus 2 do IPL.

**Legenda:**

1 – Edifício A

2 – Edifício B

3 – Edifício C

4 – Edifício C

5 – Cantina 2

6 – Edifício E

7 – Edifício da ESSLei

8 – Biblioteca José Saramago

9 – Paragem do Mobilis

10 – Cantina 3

11 - Livraria

No presente trabalho serão dimensionados dois sistemas de aproveitamento de água pluvial, aplicados ao *campus 2*, do IPL. O objetivo dos casos de estudo é o dimensionamento do SAAP para consumo na rega dos jardins, primeiro caso de estudo, e nas instalações sanitárias de um dos edifícios do *campus*, segundo caso de estudo.

### 3.2. *Caso de estudo n.º1*

---

O caso de estudo n.º 1 tem como objetivo dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial para a rega dos jardins do *campus 2* do IPL.

O *campus 2* possui dois contadores destinados exclusivamente à rega, um contador que contabiliza a quantidade de água gasta na rega dos jardins do edifício A e outro para a rega do edifício C. O contador do edifício A contabiliza a água que rega o jardim envolvente a esse edifício num total de 240 m<sup>2</sup> de área regada. Por sua vez, o contador do edifício C contabiliza a água que rega os restantes jardins, com área aproximada de 3 500 m<sup>2</sup>. Na figura 9 são apresentadas as áreas de rega no *campus 2*.



Figura 9 - Áreas de rega no *campus 2*.

**Legenda:**

- Áreas de rega edifício A;
- Áreas de rega edifício C.



No *campus 2* é possível aproveitar água pluvial que precipita em vários edifícios, deste modo, no presente caso de estudo serão consideradas as seguintes hipóteses de instalação do SAAP, tendo em conta as áreas das superfícies de captação:

- Hipótese 0, aproveitamento de água das coberturas dos edifícios B, D e cantina 2;
- Hipótese 1, aproveitamento de água das coberturas dos edifícios B, C, D, Cantina 1 e Cantina 2;
- Hipótese 2, aproveitamento de água das coberturas dos edifícios A, B, C, D, Cantina 1 e Cantina 2

As coberturas dos edifícios são construídas por diferentes materiais. A cobertura do edifício A é construída com recurso a uma tela, do edifício B e cantina 2 em brita e chapa zincada, do edifício C em asfalto, do edifício D em mosaico e asfalto e por fim da cantina 1 em chapa zincada.

Na hipótese 0 será dimensionado o SAAP para dez possíveis volumes. Será feita a análise dos resultados e os benefícios económicos para cada um dos volumes onde é selecionado o volume mais benéfico.

Nas hipóteses 1 e 2, tendo em conta o volume selecionado na hipótese 0, é analisado o benefício que o aumento da área da superfície de captação trará ao SAAP.

### **Consumo de água na rega**

Todas as semanas, no *campus 2* do IPL, o gabinete técnico é responsável por registar as leituras dos contadores destinados à rega dos espaços verdes, de modo a contabilizar a água gasta pelo sistema de rega, bem como fazer uma gestão dos consumos. Os valores registados foram fornecidos para o desenvolvimento do presente estudo, no entanto, houve um período em que o contador do edifício C deixou de contar não sendo possível saber ao certo quanto tempo foi. Durante esse período foram efetuadas estimativas de consumo. Já no caso do contador do edifício A existiu uma rotura na conduta que é responsável pelo encaminhamento de água para os jardins do edifício A, existindo um determinado período de tempo em que foi contabilizada mais água do que a efetivamente gasta na rega.

De acordo com o gabinete técnico a área ajardinada é regada entre as semanas 19 a 40, ou seja, vinte e duas semanas por ano. Analisando os valores cedidos pelo gabinete técnico conclui-se que o consumo médio semanal utilizado para a rega dos jardins do campus 2 é de 326,54 m<sup>3</sup>/semana. Tendo em conta o valor consumido semanalmente conclui-se que o valor médio de rega é de 12,5 mm/dia.

Segundo o *Manual de Instalação de Rega (n. d.)*, as necessidades hídricas para a zona centro do país são de 6 mm/dia, deste modo, a rega no *campus 2* do IPL está a consumir o dobro do que pode ser considerado normal e necessário.

Tendo em conta o descrito anteriormente, e não sendo possível precisar quando ocorreram as situações de anomalia no sistema de rega, para o presente estudo será feita uma comparação entre os valores fornecidos pelo gabinete técnico e os valores das necessidades hídricas na zona centro de Portugal.

A equação 1 é utilizada para o cálculo do consumo de água na rega dos jardins ( $C_{\text{jardins}}$ ).

$$C_{\text{rega}} = \frac{A_j \cdot \text{dot}}{1000} \quad (\text{Equação 1})$$

onde,

$C_{\text{rega}}$  – consumo de água na rega dos jardins (m<sup>3</sup>)

$A_j$  – Área dos jardins (m<sup>2</sup>)

dot – necessidades hídricas para a rega (mm)

Na tabela 3 é apresentado o valor, semanal, consumido na rega de cada área de jardim, de acordo com os valores cedidos pelo gabinete técnico e o valor de referência presente na bibliografia.

**Tabela 3** – Consumo de água nos jardins do *campus 2*.

	Área (m <sup>2</sup> )	Consumo semanal de acordo com a bibliografia (m <sup>3</sup> )	Consumo semanal, de acordo com os dados do gabinete técnico (m <sup>3</sup> )
Jardins edifício A	240	10,08	20,95
Jardins edifício C	3500	147,00	305,59
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	3740	157,08	326,54

De acordo com os valores cedidos pelo gabinete técnico, o consumo médio de água por semana, na rega dos jardins do *campus 2*, é de 326,54 m<sup>3</sup>/semana, por outro lado, segundo o valor de necessidades hídricas para a zona centro do país, a rega dos jardins do *campus 2*, necessitará aproximadamente de 157,08 m<sup>3</sup>/semana.

No presente caso de estudo é feita uma comparação entre os valores de consumo de água na rega cedidos pelo gabinete técnico (12,5mm) e o valor de necessidades hídricas, para a zona centro, presente na bibliografia (6 mm).

### 3.3. Caso de estudo n.º 2

---

O caso de estudo n.º 2 tem como objetivo dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial para posterior utilização nas instalações sanitárias do Edifício D, do *campus 2* do IPL.

O Edifício D é o edifício mais recente do *campus*, construído em 2006. Pertence à ESTG e trata-se de um edifício pedagógico, com cinco pisos, constituído por laboratórios, salas de aulas, salas de reuniões, gabinetes de docentes, instalações sanitárias e armazéns (anexo I).

O edifício D tem à disposição dos seus utilizadores dezoito instalações sanitárias, nove para o sexo masculino e nove para o sexo feminino. O presente caso de estudo pretende dimensionar um SAAP que permita fornecer água pluvial para utilização nos autoclismos dos urinóis e sanitas das instalações sanitárias deste edifício.

#### **Consumo de água nas instalações sanitárias do Edifício D**

O edifício D é um edifício pedagógico, frequentado de segunda a sábado (seis dias por semana) maioritariamente por alunos, pessoal docente e pessoal não docente. Não é possível saber o número total de utilizadores do edifício, uma vez que os alunos da ESTG estão afetos à generalidade dos edifícios. Deste modo, para saber o total de utilizadores do edifício D será feito o cálculo do número total de utilizadores Equivalentes a Tempo Inteiro (ETI) de acordo com a seguinte equação 2.

$$ETI = \frac{n.^{\circ} \text{ de utilizadores} * 0.5 * n.^{\circ} \text{ de salas}}{n.^{\circ} \text{ total de salas}} \quad (\text{equação 2})$$

Assumindo que nem todos os utilizadores estão em simultâneo no edifício, na expressão anterior serão considerados apenas 50% do total de utilizadores e serão consideradas as salas do edifício tendo em conta o total de salas da instituição de ensino (Dias, S., *et al.*, 2012).

Na tabela 4 são apresentados o total de utilizadores afetos ao Edifício D, do *campus 2*.

**Tabela 4** – Utilizadores afetos ao Edifício D, do *campus 2*.

	Alunos	Docentes	Não docentes
N.º total de utilizadores	5151	289	43
N.º de utilizadores afetos ao edifício D	1030,2	57,8	8,6

Num período de 8h, uma pessoa tipicamente, vai às instalações sanitárias entre 2 a 4 vezes, para o presente trabalho será considerada uma frequência de 3 vezes. Num total de três utilizações de uma instalação sanitária masculina, 2,5 das vezes é utilizada a descarga do autoclismo do urinol e 0,5 a descarga do autoclismo da sanita (AWE, 2015).

Para saber o total de água consumida é necessário saber o volume dos autoclismos instalados nos urinóis e sanitas. Os autoclismos instalados nas instalações sanitárias do edifício D são embutidos na parede, não sendo possível quantificar o volume destes. O gabinete técnico não dispõe de nenhuma informação relativa ao volume dos autoclismos, a única informação que há é relativa à marca. Os autoclismos das sanitas são da marca *Indusa*, são autoclismos de descarga dupla, de acordo com o catálogo da empresa, o volume do autoclismo é de 3 L para a descarga mais curta e de 6 L para a descarga mais longa (Indusa, 2015). Os urinóis instalados nas instalações sanitárias masculinas, do edifício D, são da marca *Geberit*, de acordo com os catálogos existentes na página da internet desta empresa, o volume dos autoclismos dos urinóis é de 1 L (Geberit, 2015).

O consumo de água varia da instalação sanitária do sexo masculino para a do sexo feminino, sendo assim, para calcular o consumo de água nas instalações sanitárias é

necessário saber o sexo dos utilizadores, como não existem dados disponíveis, será considerado que 50% é do sexo masculino e 50% do sexo feminino.

A equação 3 utilizada para o cálculo do consumo de água ( $C_{\text{autoclismos}}$ ) nas instalações sanitárias é:

$$C_{\text{autoclismos}} = \frac{f_u \cdot V_a \cdot \text{NU}}{1000} \quad (m^3) \quad (\text{equação 3})$$

onde:

$C_{\text{autoclismos}}$  – consumo de água nos autoclismos ( $m^3$ )

$f_u$  – fator de utilização (-)

$V_a$  – Volume do autoclismo (L)

NU – Número de utilizadores (-)

Na tabela 5 é apresentado um resumo do consumo de água nas instalações sanitárias do Edifício D. Não sendo possível quantificar o número de vezes que o utilizador da sanita usa a descarga mínima, será considerado que 50% das vezes é feita a descarga mínima e as restantes a descarga completa.

**Tabela 5** – Consumo de água nas instalações sanitárias do Edifício D.

		Dispositivo	Volume do autoclismo (L)	Frequência de utilização	N.º de utilizadores	Consumo diário ( $m^3$ )	Consumo Semanal ( $m^3$ )
WC masculino		Urinóis	1	2,5	548,3	1,37	8,22
	Sanita	Descarga mínima	3	0,25	548,3	0,41	2,47
		Descarga completa	6	0,25	548,3	0,82	4,93
Wc Feminino	Sanita	Descarga mínima	3	1,5	548,3	2,47	14,8
		Descarga completa	6	1,5	548,3	4,93	29,61
Total ( $m^3$ )						10,01	60,04



## 4. Metodologia

---

A metodologia utilizada no presente trabalho passa por efetuar um estudo hidrológico relativo à zona de implementação do SAAP, dimensionar as infraestruturas de recolha e armazenamento, nas quais se incluem o órgãos de condução e o reservatório, e o estudo de viabilidade económica do SAAP.

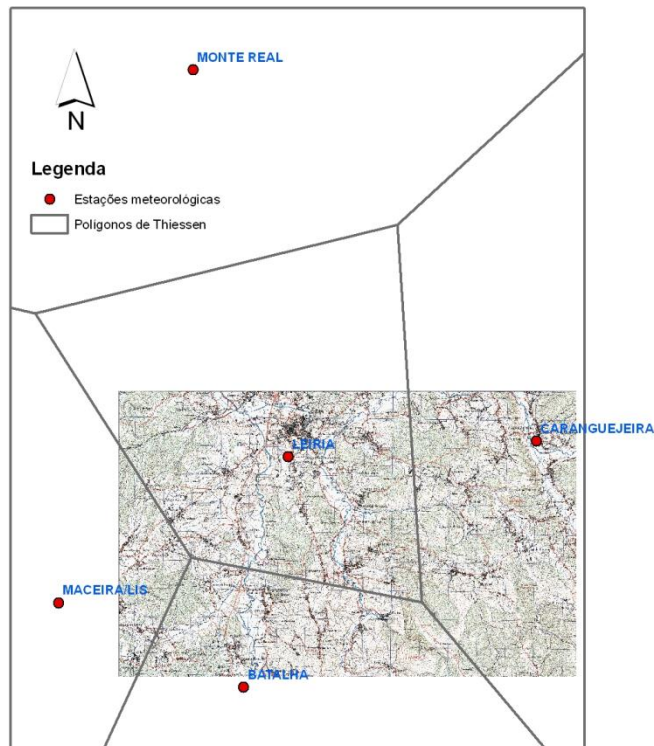
### 4.1. Estudo hidrológico

---

O reservatório do SAAP é o componente mais dispendioso, devendo ser dimensionado corretamente, é necessário conhecer os dados pluviométricos da zona de instalação de modo a saber o volume de água aproveitada.

O estudo hidrológico pretende determinar o volume de água passível de aproveitar, para isso é necessário fazer o estudo de pluviosidade que deverá ocorrer a dados pluviométricos de fontes oficiais. Para que o estudo hidrológico seja o mais correto possível este deve complementar no mínimo um período de 10 anos (ETA 0701, 2012).

No presente trabalho foram utilizadas séries de precipitação disponibilizadas na página de internet do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). Tendo em conta o local de implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial, através do mapa de localização das estações meteorológicas verificou-se que existem quatro estações próximas, Leiria, Maceira, Caranguejeira e Batalha. Com recurso ao método polígonos de Thiessen foi possível identificar a estação que obtém os dados pluviométricos nas proximidades do local de implementação do SAAP que é a estação de Leira, como mostra a figura 10.



**Figura 10** – Polígonos de Thiessen.

Tendo em conta que na Especificação Técnica ANQIP 0701 (ETA 0701) é aconselhado recorrer a séries de precipitação correspondentes a períodos mínimos de 10 anos, para o presente estudo, inicialmente, optou-se por utilizar a série de precipitação de 10 anos mais recente. Na página do SNIRH apenas é possível consultar dados de precipitação até ao ano de 2009, pois desde 2010 a manutenção das estações automáticas está suspensa, não havendo dados de precipitação. As séries de precipitação utilizadas, no presente trabalho, são de 2000 a 2009. No entanto, em determinados períodos desses anos não há informação da precipitação ocorrida, nomeadamente, entre 01 de Janeiro de 2000 e 02 de Outubro de 2000, entre 28 de Janeiro de 2001 e 08 de outubro de 2001, entre 18 de maio de 2008 e 25 de maio de 2009 (anexo II). Devido à falta de dados completos foi necessário retirar os anos que não possuíam dados de precipitação completos, passando a ser apenas utilizadas a série de precipitação de 2002 a 2007.



## 4.2. Dimensionamento das infraestruturas de recolha e de armazenamento

---

O SAAP deve ser corretamente dimensionado com o intuito de reduzir os custos associados à sua construção e exploração.

### 4.2.1. Cálculo dos volumes do reservatório a testar

---

De modo a saber qual o volume do reservatório de armazenamento de água pluvial mais benéfico serão testados dez volumes de reservatório, em cada caso de estudo.

Para saber os volumes a testar são considerados o volume máximo e mínimo ( $V_1$  a  $V_{10}$ ), para saber os restantes volumes recorre-se ao seguinte ciclo de cálculo (equação 4):

$$\begin{aligned}V_{\min} &= V_1 \\V_{\max} &= V_{10} \\V_{i+1} &= V_i + \left( \frac{V_{\max} - V_{\min}}{9} \right), i = 1, \dots, 10\end{aligned}\quad (\text{equação 4})$$

onde,

$V_{\min}$  – dimensão mínima considerada para o reservatório ( $m^3$ );

$V_{\max}$  – dimensão máxima considerada para o reservatório ( $m^3$ );

$V_{i,i=1 \text{ a } 10}$  – Volumes considerados para a dimensão do tanque ( $m^3$ ).

### 4.2.2. Cálculo do volume de água captado

---

O cálculo do volume semanal precipitado na superfície de captação é determinado pela equação 5:

$$V_p = P * A_s \quad (\text{equação 5})$$

onde:

$V_p$  – Volume precipitado ( $m^3$ )

$P$  – Precipitação média acumulada semanal (mm)

$A$  – Área da superfície de captação captação ( $m^2$ )

De seguida é feito o cálculo do volume de água a aproveitar, sendo que esse valor pode ser determinado através da seguinte equação:

$$V_a = C * P * A_s * \eta_f \quad (\text{equação 6})$$

onde,

$V_a$  – Volume semanal de água pluvial aproveitável ( $m^3$ )

$C$  – Coeficiente de escoamento (-)

$P$  – Precipitação média acumulada semanal (mm)

$A$  – Área da superfície de captação captação ( $m^2$ )

$\eta_f$  - Eficiência hidráulica da filtragem (-)

Seguidamente são apresentados detalhes relativos às variáveis que formam a equação 5 e 6:

#### **C – Coeficiente de escoamento:**

Nem toda a precipitação que ocorre num determinado local e num determinado período de tempo é passível de ser captada, devido à retenção, evaporação e absorção da água pelo material da superfície de captação. O coeficiente de escoamento é a relação entre o volume captado e o volume total precipitado.

Na tabela 6 são apresentados valores típicos de escoamento consoante o material pelo qual é construída a superfície de captação.

**Tabela 6** – Coeficientes de escoamento consoante a superfícies de captação (Oliveira, 2008).

<b>Superfície de captação</b>		<b>Coefficiente de escoamento</b>
<b>Cobertura</b>	Telhas cerâmicas	0,80 - 0,90
	Telhas esmaltadas	0,90 - 0,95
	Telhas corrugadas de metal	0,80 - 0,90
	Cimento e amianto	0,80 - 0,90
	Plástico e PVC	0,90 - 0,95
<b>Relvados</b>	Solo arenoso, plano, 2%	0,05 - 0,10
	Solo arenoso, declive médio, 2-7%	0,10 - 0,15
	Solo arenoso, declive grande, 7%	0,15 - 0,20
<b>Zonas de comércio</b>	Áreas centrais	0,70 - 0,95
	Áreas periféricas	0,50 - 0,70
<b>Zonas residenciais</b>	Áreas de moradia	0,30 - 0,50
	Blocos de residências afastados	0,40 - 0,60
	Blocos de residências próximos	0,60 - 0,75
	Áreas suburbanas	0,25 - 0,40
	Áreas de apartamentos	0,50 - 0,70
<b>Zonas industriais</b>	Áreas dispersas	0,50 - 0,80
	Áreas densas	0,60 - 0,90
<b>Zonas de parques ferroviários</b>		0,20 - 0,40
<b>Ruas</b>	Asfaltadas	0,70 - 0,95
	Betonas	0,80 - 0,95
<b>Vias para automóveis e peões</b>		0,75 - 0,85

### **P – Precipitação média acumulada semanal**

Trata-se da precipitação ocorrida em determinado período no local de implementação do SAAP, os dados são disponibilizados pelo SNIRH em milímetros (mm). O tratamento dos dados é feito semanalmente, pois pretende-se dimensionar o SAAP para consumo semanal.

### **A – Área de captação**

Trata-se da área da superfície de captação, projetada na horizontal em metros quadrados (m<sup>2</sup>), esta área pode ser a cobertura de um edifício, um terraço ou até mesmo uma área ajardinada. Normalmente para calcular o valor da área da superfície de captação podem ser utilizadas ferramentas como o *Google Earth*, ou em casos mais específicos podem ser utilizadas, por exemplo, plantas dos edifícios.

### $\eta_f$ – Eficiência hidráulica da filtragem

A eficiência hidráulica da filtragem é a razão entre o volume de água que chega ao reservatório e o volume total de água que é filtrada. A água que é rejeitada na filtragem pode ser encaminhada para o sistema de drenagem de águas pluviais, que irá descarregar no coletor municipal. Em filtros com manutenção e limpeza regulares o valor da eficiência hidráulica da filtragem ( $\eta_f$ ) pode ser considerado de 0,9, exceto para filtros em que seja indicado outro valor (ETA 0701, 2012).

#### 4.2.3. Cálculo dos consumos

---

Os consumos de água calculados no *campus 2* calculados foram obtidos para valores semanais para os usos compatíveis com a utilização de água pluvial, ou seja, em que a utilização de água da rede de abastecimento é dispensável. Foi estudada a utilização de água pluvial na rega dos jardins e nos autoclismos das instalações sanitárias.

O consumo semanal de água na rega dos jardins ( $C_{\text{rega}}$ ) é determinado pela equação 1.

O consumo semanal de água nos autoclismos das instalações sanitárias ( $C_{\text{autoclismo}}$ ) é calculado através da equação 3.

#### 4.2.4. Cálculo do volume de água pluvial armazenado

---

Para saber o volume de água pluvial aproveitado ao longo do tempo, ou seja, acumulado no reservatório entre semanas, é feito um balanço semanal dos volumes disponíveis, os volumes de água da rede de abastecimento utilizados e os volumes de água pluvial utilizados.

O volume de água pluvial armazenado no reservatório ( $V_{AA}(t)$ ) para as seguintes semanas é dado por,  $t$  em semanas:

$$V_{AA}(t) = V_{AP}(t-1) + V_a(t) - C(t), t = 2, \dots, 520 \quad (\text{equação 7})$$

onde,

$V_a(t)$  – Volume de água pluvial captado ( $m^3$ )

$C(t)$  – Consumo semanal de água ( $m^3$ )

No caso de os valores saírem fora da gama admissível são aplicadas as seguintes regras:

- Se  $V_{AA}(t) \leq 0$ , então  $V_{AA}(t) = 0 m^3$  e  $V_{des} = 0 m^3$ ;
- Se  $V_{AA}(t) > V$ , então  $V_{AA}(t) = V$  e  $V_{des}(t) = V_{AA}(t) - V$ , onde  $V_{des}$  corresponde ao volume de água pluvial desviado para a rede de drenagem pelo reservatório se encontrar cheio e  $V$  corresponde ao volume do reservatório.

Como condição inicial de exploração do SAAP aplica-se  $V_{AA}(0) = 0 m^3$ , ou seja, é considerado que o reservatório está vazio na primeira semana de utilização.

Quando o volume de água pluvial aproveitado não é suficiente para suprimir as necessidades hídricas tem de se recorrer à rede de abastecimento de água. O volume de água utilizado da rede de abastecimento ( $V_{ar}(t)$ ), é dado por:

- Se  $C(t) \leq (V_{aa}(t-1) + V_a(t))$ , então  $V_{ar}(t) = 0 m^3$ ;
- Se  $C(t) > (V_{aa}(t-1) + V_a(t))$ , então  $V_{ar}(t) = C(t) - (V_{aa}(t-1) + V_a(t)) m^3$ .

O volume semanal de água pluvial consumida é o volume semanal de água poupada da rede de abastecimento.

O cálculo do volume de água poupada ( $V_{poupado}(t)$ ) é dado pela seguinte fórmula:

$$V_{poupado}(t) = C(t) - V_{aa}(t) \quad (m^3) \quad (\text{equação 8})$$

#### 4.2.5. Cálculo das eficiências

---

A eficiência do reservatório ( $E_{res}$ ), para cada volume, é dada pela seguinte equação:

$$E_{res} = \frac{V_{d\_médio}}{V} * 100 (\%) \quad (\text{equação 9})$$

onde,

$V_{d\_médio}$  – média do volume semanal de água pluvial armazenada no reservatório, para o período em análise ( $m^3$ )

$V$  – Volume do reservatório ( $m^3$ )

A eficiência do SAAP ( $E_{SAAP}$ ), para cada capacidade do reservatório, é dada pela equação:

$$E_{SAAP} = \frac{V_{poupado\_médio}}{V_{p\_médio}} * 100 (\%) \quad (\text{equação 10})$$

onde,

$V_{poupado\_médio}$  – média do volume de água poupado, por semana, para o período em análise (10 anos) ( $m^3$ )

$V_{p\_médio}$  – média do volume de água pluvial precipitado, semanalmente, na superfície de captação, no período em análise (10 anos) ( $m^3$ )

Para saber a percentagem do volume de água pluvial aproveitada comparando com as necessidades ( $P_{apn}$ ), usa-se a seguinte equação:

$$P_{apn} = \frac{V_{poupado\_médio}}{D_{médio}} * 100 (\%) \quad (\text{equação 11})$$

onde,

$V_{poupado\_médio}$  = média do volume de água poupado, por semana, para o período em análise (10 anos) ( $m^3$ )

$D_{médio}$  – média do consumo semanal de água, para o período em análise (10 anos) ( $m^3$ )

#### 4.2.6. Análise económica

---

Na análise económica do SAAP considera-se os custos e rendimentos associados à instalação e exploração do sistema, de modo a selecionar o SAAP que contém um reservatório que permite um benefício económico superior.

Na instalação do SAAP, as parcelas mais dispendiosas são o reservatório e a rede de drenagem. No presente trabalho, na construção do SAAP serão considerados os custos referentes a apenas esses dois elementos.

O custo da rede de drenagem foi obtido fazendo uma estimativa do material necessário e consultando tabelas de preços do material necessário. Para cada caso de estudo será apresentado o custo da rede de drenagem.

O reservatório do SAAP é o elemento responsável pelo armazenamento da água pluvial recolhida, devido à sua dimensão é o elemento mais dispendioso do sistema, devendo ser corretamente dimensionado para não tornar o sistema inviável em termos económicos.

O material usado na construção do reservatório deve assegurar as condições estruturais, deve ser não poroso e não proporcionar reações químicas com a água. O reservatório deve ser estanque em relação ao exterior e liso no interior.

No presente estudo foram considerados os seguintes materiais para a construção do reservatório:

- Betão armado;
- Metálico;
- Polietileno (PE);
- Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRVF).

Para o cálculo do custo reservatório foram consultadas várias empresas, no entanto apenas forneciam valores tabelados para volumes específicos. Como os volumes testados no

presente trabalho não se encontravam tabelados, em nenhuma tabela das empresas consultadas, foi obtida a equação de cálculo através das tabelas fornecidas, para cada material de construção do reservatório. A equação de cálculo do custo do reservatório, para um reservatório construído em betão armado, foi obtida através de bibliografia consultada.

- Betão armado (Costa,2010):

$$C_{\text{betão}} = 428 * V^{\frac{3}{4}} (\text{€}) \quad (\text{equação 12})$$

- Metálico, equação obtida através da tabela de preços (Golden Fibra, 2015)

$$C_{\text{Metálico}} = 21,601 * V + 3\,777,4 (\text{€}) \quad (\text{equação 13})$$

- Polietileno (PE), equação obtida através da tabela de preços (Ecodepur, 2015)

$$C_{\text{PE}} = 293,19 * V + 1\,441 (\text{€}) \quad (\text{equação 14})$$

- Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRVF), equação obtida através da tabela de preços (Aquamatic, 2015)

$$C_{\text{PRVF}} = 151,46 * V + 2\,234 (\text{€}) \quad (\text{equação 15})$$



## 5. Apresentação e discussão dos resultados

---

### 5.1. Caso de estudo n.º1

---

Como referido anteriormente o caso de estudo n.º 1 consiste em aproveitar o volume de água pluvial precipitado para rega dos jardins do *campus 2* do IPL.

#### 5.1.1. Conceção geral

---

De modo a encaminhar a água pluvial por gravidade até ao reservatório é necessário que o reservatório esteja localizado a uma cota inferior à da superfície de captação. Em todas as hipóteses será mantida a localização do reservatório. Na figura 11 é apresentada a localização do reservatório, localizado a uma cota de 51 m.



#### Legenda da figura 8:

□ – Reservatório do SAAP

**Figura 11** – *Campus 2* – IPL, localização do reservatório, caso de estudo n.º1.

Na tabela 7 é apresentada a cota das superfícies de captação dos edifícios bem como do ponto de localização do reservatório.

**Tabela 7** – Cotas das superfícies de captação e do reservatório.

	<b>Cota (m)</b>
<b>Edifício A</b>	63
<b>Edifício B</b>	68
<b>Edifício C</b>	66
<b>Edifício D</b>	70
<b>Cantina 1</b>	70
<b>Cantina 2</b>	63
<b>Reservatório</b>	51

Analisando a tabela 7 é possível concluir que o aproveitamento de água dos edifícios do *campus 2* é possível ser feito por gravidade. Uma vez que os edifícios estão todos localizados a uma cota superior à da cota do reservatório.

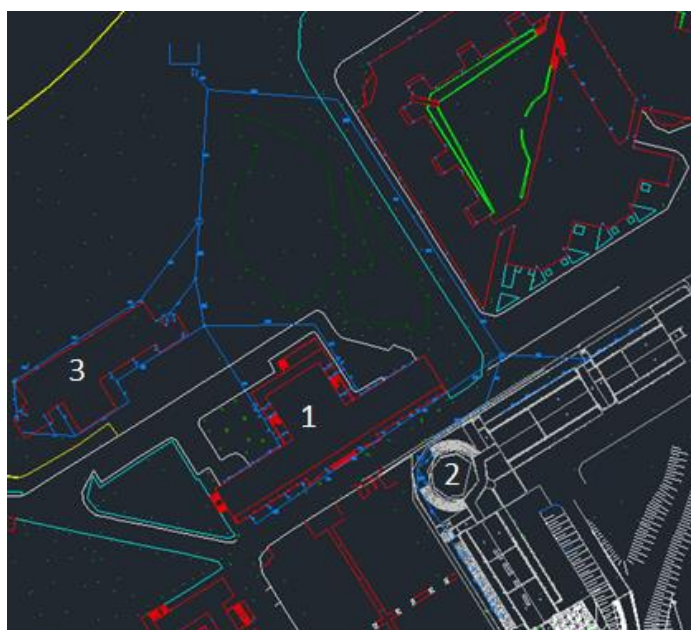
## 5.1.2. Caso de estudo n.º 1, Hipótese 0

---

### 5.1.2.1. Dimensionamento da rede de drenagem

---

A rede de drenagem é o elemento responsável pelo encaminhamento da água pluvial entre a superfície de captação e o reservatório. Na figura 12 encontra-se esquematizada a rede de drenagem para a área de captação que engloba os edifícios B, D e Cantina 2.



**Legenda:**

- 1 – Edifício B;
- 2 – Edifício D;
- 3 – Cantina 2;
- Rede de drenagem;
- – Reservatório do SAAP.

**Figura 12** – Planta da rede de drenagem, hipótese 0.

Através da análise das plantas do campus conclui-se que o diâmetro dos tubos de queda, dos edifícios, é de 110 mm. Para além disso, a drenagem de água pluvial é feita diretamente para o coletor municipal, sendo que o diâmetro dos órgãos de condução varia entre 110 mm e 400 mm. O SAAP poderá ter órgãos de condução de um diâmetro inferior, pois apenas será encaminhada a água que precipita na cobertura dos edifícios e não toda a precipitação que ocorre no campus, nomeadamente em pavimentos, cobertura, jardins, entre outros.

Para o presente trabalho considerou-se que o diâmetro máximo das condutas responsáveis pelo encaminhamento da água pluvial, entre a superfície de captação e o reservatório, será de 200 mm. Ao analisar as plantas da rede de água pluviais dos edifícios do *campus 2* conclui-se que é utilizada a medida de 125 mm para a ligação entre tubos de queda do mesmo edifício. No dimensionamento da rede de drenagem essa medida também foi considerada. Na tabela 8 é apresentada uma estimativa dos materiais necessários para a construção da conduta para a hipótese 0.

**Tabela 8 – Tubagens e acessórios da rede de drenagem, hipótese 0.**

<b>Tubo PVC Ø110 mm (m)</b>	162
<b>Tubo PVC Ø125 mm (m)</b>	263
<b>Tubo PVC Ø200 mm (m)</b>	365
<b>Tê Redução 125*100 PVC</b>	28
<b>Tê Redução 200*110 PVC</b>	16
<b>Tê Redução 200*125 PVC</b>	2
<b>Tê Simples 200 PVC</b>	3
<b>Redução 110*125</b>	3
<b>Redução 125*200</b>	4
<b>Curva PVC Ø110 mm</b>	39
<b>Curva PVC Ø125 mm</b>	3
<b>Curva PVC Ø200 mm</b>	3

O filtro selecionado tem capacidade para filtrar água proveniente de grandes áreas de superfície de captação até um máximo de 2 350 m<sup>2</sup>, permite grande capacidade de filtragem independentemente do caudal. Como a área da superfície de captação, em qualquer hipótese, é superior à área máxima para a qual o filtro pode ser instalado, terá de ser instalado mais do que um filtro em cada hipótese. O custo do filtro não é conhecido,

pelo que não será considerado na análise económica do SAAP. Na figura 13 é apresentada uma possibilidade de filtro a seleccionar.



**Figura 13** – Filtro industrial VF6. Fonte: EcoÁgua (2015)

#### 5.1.2.2. Dimensionamento da estação elevatória

---

Para dimensionar a instalação elevatória é necessário ter em atenção três parâmetros essenciais:

- O caudal;
- A altura manométrica;
- O número máximo admissível de arranques por hora para o equipamento a instalar.

A estação elevatória é constituída por uma eletrobomba, localizada na parte superior do reservatório, esta tem de ser acessível, de modo a ser verificada e feita a manutenção. Deve ser dotada de comandos de arranque, de proteção contra choque hidráulico, de segurança e de alarme. O funcionamento do grupo eletrobomba não deve alterar a qualidade da água pluvial. Os materiais e acessórios utilizados, na estação elevatória, devem ser resistentes às pressões que a eletrobomba irá impor.

Como referido anteriormente, para o dimensionamento da estação elevatória é necessário saber o caudal, cuja eletrobomba será responsável por elevar. Para saber o caudal de rega dos jardins do *campus 2* é necessário informações relativas às tubagens previamente instaladas nos jardins. O gabinete técnico não dispõe de nenhuma informação relativa às

tubagens de rega, tornando-se impossível dimensionar a estação elevatória. Deste modo, para o presente estudo, não será contabilizado o custo da estação elevatória, devido a falta de dados para seleccionar a eletrobomba.

### 5.1.2.3. Dimensionamento do reservatório

---

Como referido anteriormente, na hipótese 0, pretende-se dimensionar um reservatório para o aproveitamento de água pluvial que armazene a água pluvial recolhida das superfícies de captação dos edifícios B, D e Cantina 2. Na tabela 9 é apresentada a áreas da cobertura dos edifícios.

**Tabela 9 – Áreas das superfícies de captação.**

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Edifício B</b>	1954,4
<b>Edifício D</b>	1432,1
<b>Cantina 2</b>	946
<b>Total</b>	4332,5

Na tabela 9, no edifício D apenas foi considerada metade da área da cobertura, pois os tubos de queda que estão direccionados para as traseiras do edifício não permitem que o volume de água que precipita nessa área do edifício seja encaminhado, por gravidade, até ao reservatório.

O volume máximo e mínimo testado, na hipótese 0, são os seguintes:

- Volume mínimo: 10 m<sup>3</sup>
- Volume máximo 2800 m<sup>3</sup>

Os presentes volumes foram obtidos tendo em conta o número de semanas em que é possível acumular água no reservatório, quando é impossível acumular água entre semanas significa que o volume do reservatório é suficiente para acumular toda a precipitação que incide sobre a superfície de captação.

O desvio das primeiras águas (*first flush*) deve ser efetuado após um longo período sem ocorrência de precipitação. Ao analisar os dados de precipitação da estação elevatória de Leiria (anexo II), para o período hidrológico selecionado, em média, em todas as semanas ocorre precipitação, portanto, não será considerado a rejeição das primeiras águas.

Na tabela 10 são apresentados os possíveis volumes do reservatório testados para o caso de estudo. Estes volumes foram obtidos através de uma iteração entre o volume máximo e o volume mínimo.

**Tabela 10** – Volumes do reservatório analisados.

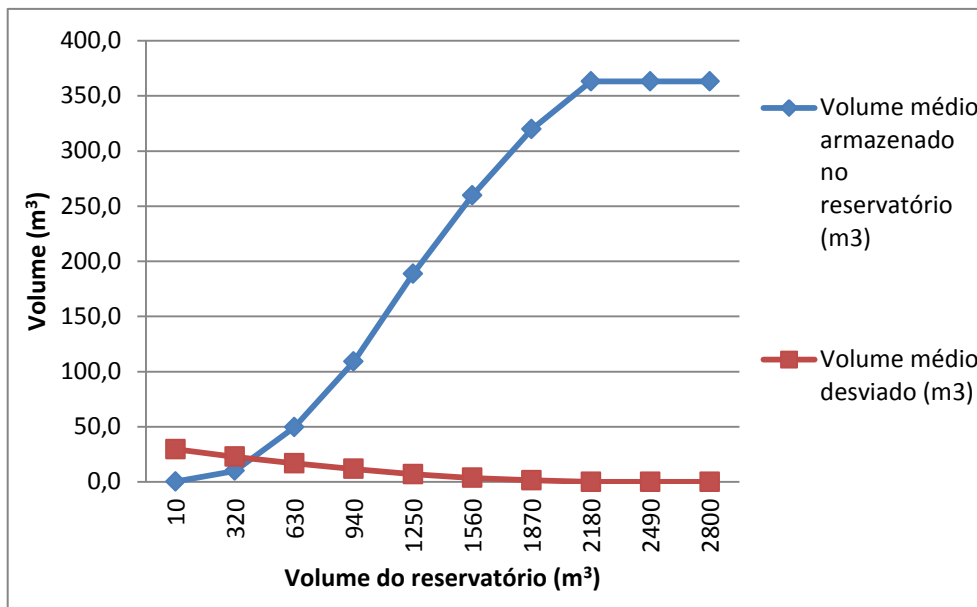
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800

A tabela 11 apresenta o volume médio armazenado no reservatório, captado pelo SAAP entre cada semana de consumo de água e o volume médio desviado, isto é, o volume de água precipitado sobre a superfície de captação mas que não é possível aproveitar devido ao volume do reservatório estar totalmente preenchido, sendo encaminhada para o coletor municipal.

**Tabela 11** – Volume médio armazenado no reservatório e volume médio desviado.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800
Volume médio armazenado no reservatório (m <sup>3</sup> )	0,2	10	49,5	109	188,5	259,6	319,7	363,1	363,1	363,1
Volume médio desviado (m <sup>3</sup> )	29,6	22,7	16,8	11,7	6,9	3,6	1,4	0	0	0

A figura 14 compara o volume médio de água pluvial armazenado no reservatório com o volume médio de água desviado para o coletor municipal, com o aumento do volume do reservatório.



**Figura 14** – Comparação entre volume médio do reservatório e volume médio desviado, para diferentes volumes de reservatório.

O volume de água pluvial desviado para o sistema de drenagem diminui com o aumento do volume do reservatório, passando a zero a partir do volume do reservatório de 2180 m<sup>3</sup> (tabela 11), ou seja, a partir desse valor deixa de haver desvio de água para o sistema de drenagem, passando a ser captada toda a água que precipita na superfície de captação para o período hidrológico estudado. O volume de água armazenado no reservatório aumenta com o aumento do volume do reservatório, até se tornar constante a partir dos 2180 m<sup>3</sup>.

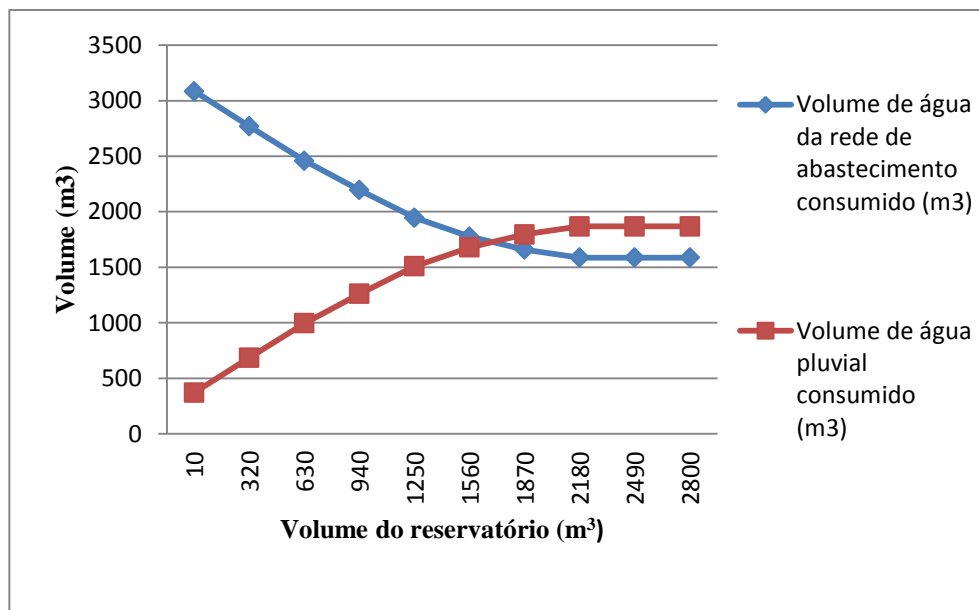
Na tabela 12 são apresentados os volumes de água da rede de abastecimento e água pluvial consumidos para suprimir as necessidades hídricas anuais de rega. Consoante o volume do reservatório, foi considerado o consumo de acordo com as necessidades hídricas presentes na bibliografia, 157,08 m<sup>3</sup>/semana (tabela 3). O volume de água consumido da rede de abastecimento é o volume de água necessário para suprimir as necessidades hídricas devido à água que é aproveitada pelo SAAP não ser suficiente.

**Tabela 12** – Consumo de água pluvial e da rede de abastecimento.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800
<b>Volume de água consumido da rede de abastecimento (m<sup>3</sup>)</b>	3084	2769	2459	2195	1947	1776	1660	1587	1587	1587
<b>Volume de água pluvial consumido (m<sup>3</sup>)</b>	372	687	997	1261	1509	1680	1796	1868	1868	1868

Ao analisar a tabela 12 conclui-se que a partir do volume de reservatório de 2 180 m<sup>3</sup>, o volume de água pluvial consumido e o volume de água consumido da rede de abastecimento passam a ser constantes, sendo que o volume de água pluvial consumido é superior ao volume de água consumido da rede de abastecimento.

A figura 15 compara o volume de água consumido da rede de abastecimento com o volume de água pluvial consumido.



**Figura 15** - Consumo de água pluvial e da rede de abastecimento, com o aumento do volume do reservatório.

Ao analisar a figura 15 e a tabela 12, conclui-se que com o aumento do volume do reservatório existe uma redução gradual do consumo de água da rede de abastecimento e um aumento do consumo de água pluvial, pois quanto maior o volume do reservatório, maior volume de água precipitado é possível aproveitar, reduzindo o desvio para o coletor municipal. Com um volume de reservatório igual ou superior a 2 180 m<sup>3</sup>, a rega dos jardins passa a ser efetuada com um volume de água pluvial superior ao volume de água da rede de abastecimento, mantendo-se ambos constantes até ao maior volume de reservatório testado.



### **Eficiências do SAAP para diferentes volumes:**

Para a análise do caso de estudo, há três dados a ter em consideração, percentagem do volume comparando com as necessidades, eficiência do reservatório e a eficiência do SAAP.

A percentagem do volume comparado com as necessidades é o volume médio de água pluvial aproveitado para a rega através da instalação do SAAP comparado com as necessidades hídricas. A eficiência do reservatório é o volume médio de água armazenado no reservatório comparado com o volume total do reservatório. A eficiência do SAAP é o volume médio de água pluvial aproveitado para a rega através do SAAP comparado com o volume total de água que precipita sobre a superfície de captação.

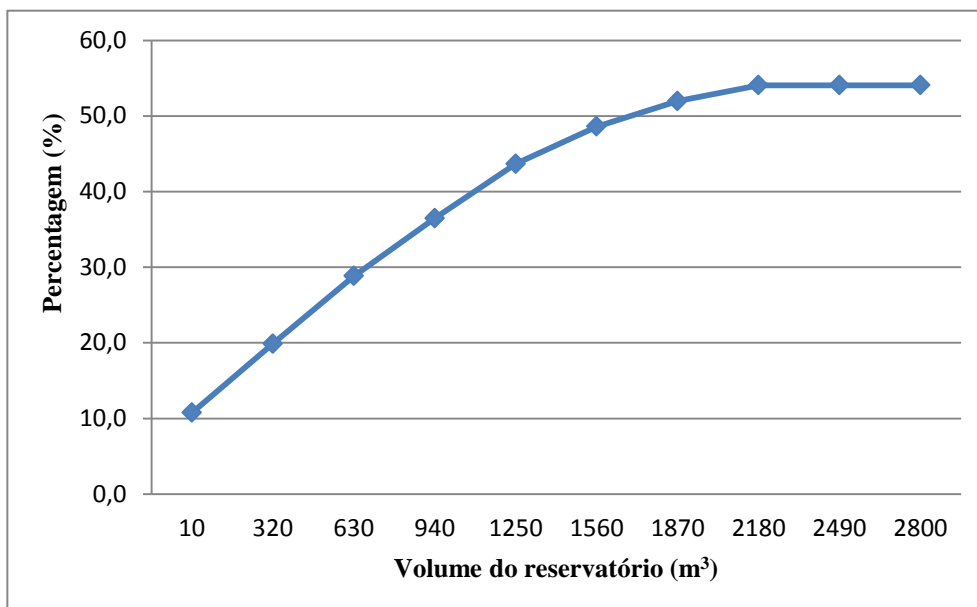
Na tabela 13 são apresentadas as eficiências que permitem concluir qual o volume de reservatório testado mais eficiente.

**Tabela 13** – Eficiências do sistema consoante o volume.

	<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>									
	<b>10</b>	<b>320</b>	<b>630</b>	<b>940</b>	<b>1250</b>	<b>1560</b>	<b>1870</b>	<b>2180</b>	<b>2490</b>	<b>2800</b>
<b>Percentagem do volume comparando com necessidades (%)</b>	10,8	19,9	28,8	36,5	43,7	48,6	52,0	54,1	54,1	54,1
<b>Eficiência do reservatório (%)</b>	2,3	3,1	7,9	11,6	15,1	16,6	17,1	16,7	14,6	13,0
<b>Eficiência do SAAP (%)</b>	14,3	26,4	38,4	48,5	58,1	64,7	69,2	71,9	71,9	71,9

Analisando a tabela 13 conclui-se que a partir dos 2 180 m<sup>3</sup>, a eficiência do SAAP e a percentagem do volume comparado com as necessidades passam a ser constantes, atingindo-se a eficiência máxima do sistema de aproveitamento de água pluvial. A eficiência do reservatório baixa para volumes iguais ou superiores a 2 180 m<sup>3</sup>.

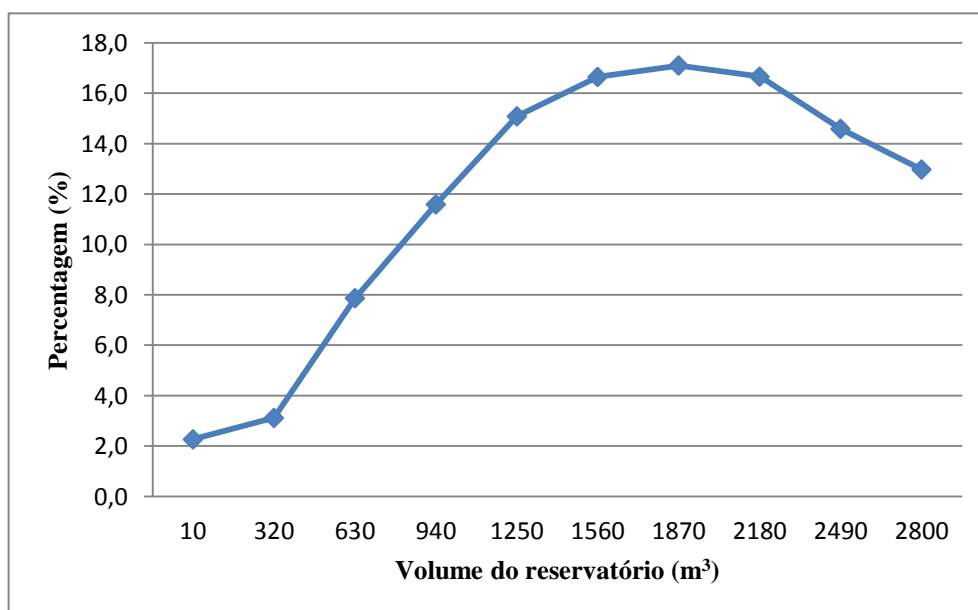
A figura 16 apresenta a percentagem do volume comparado com as necessidades.



**Figura 16** – Porcentagem do volume do reservatório, comparado com as necessidades.

Analisando a figura 16 conclui-se que a porcentagem do volume comparado com as necessidades aumenta gradualmente até ao volume do reservatório de 2 180 m<sup>3</sup>. A partir desse valor, apesar do aumento do volume do reservatório, não é possível aproveitar mais água pluvial, pois toda a água que precipita na superfície de captação já é aproveitada, ficando constante a porcentagem do volume de água pluvial comparando com as necessidades.

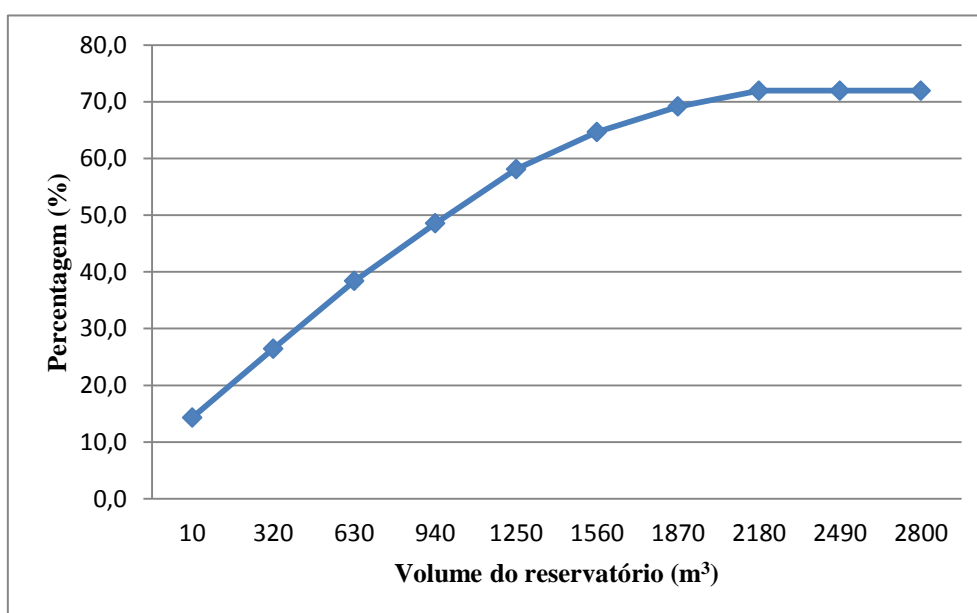
Na figura 17 é apresentada a eficiência do reservatório para diferentes volumes.



**Figura 17** – Variação da eficiência do reservatório com o volume.

Analisando a figura 17 conclui-se que a eficiência do reservatório aumenta até ao volume de 1 870 m<sup>3</sup>, atingindo o máximo de 17,1 % (tabela 13). Para volumes superiores existe uma diminuição da eficiência do reservatório, pois o volume de água pluvial que precipita não é vantajoso armazenar.

Na figura 18 é apresentada a eficiência do sistema de aproveitamento de água pluvial para diferentes volumes.



**Figura 18** – Variação da eficiência do SAAP com o volume.

Pela análise da figura 18 conclui-se que a eficiência do sistema de aproveitamento de água pluvial aumenta gradualmente até ao volume de 2 180 m<sup>3</sup>, após esse valor a eficiência do SAAP passa a ser constante.

#### 5.1.2.4. Benefícios económicos

---

##### **Custo do reservatório**

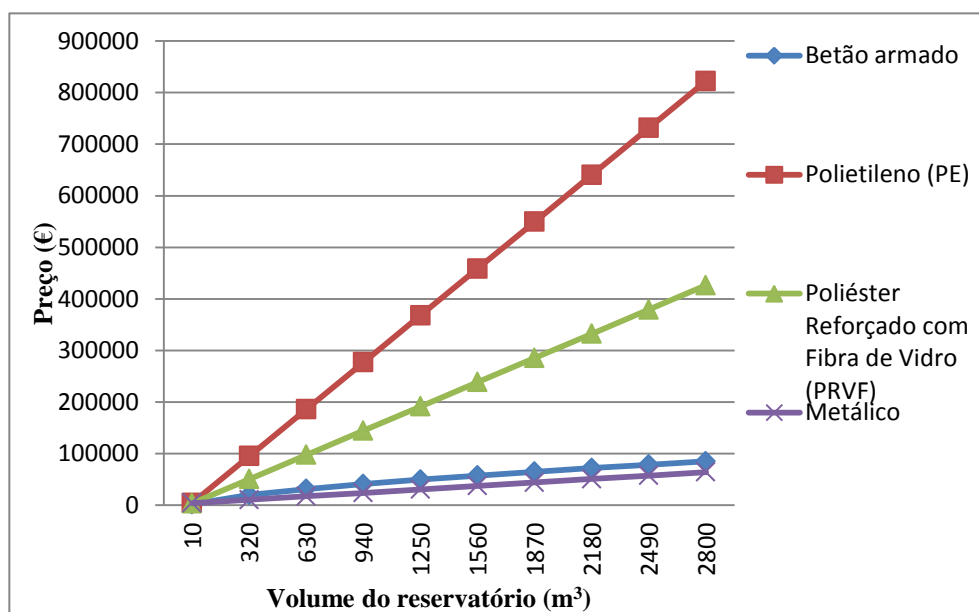
Como referido anteriormente, para o presente estudo será considerada a construção do reservatório por quatro tipos de materiais, betão armado, Polietileno (PE), poliéster reforçado com fibra de vidro (PRVF) e chapa zincada (reservatório metálico).

Na tabela 14 é apresentado o custo do reservatório consoante o volume.

**Tabela 14** – Variação do custo do reservatório, consoante o material de construção e volume.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800
Betão armado (€)	1987	20024	31454	41070	49665	57570	64964	71958	78628	85025
PE (€)	4373	95262	186151	277040	367929	458817	549706	640595	731484	822373
PRVF (€)	3749	50701	97654	144606	191559	238512	285464	332417	379369	426322
Metálico (€)	3993	10690	17386	24082	30779	37475	44171	50868	57564	64260

A figura 19 obtida através da tabela 14 compara o aumento do custo do reservatório com o aumento do seu volume, para cada tipo de material de construção do reservatório.



**Figura 19** – Custo do reservatório para diferentes materiais de construção.

Analisando a figura 19 conclui-se que com o aumento do volume do reservatório o custo do reservatório aumenta exponencialmente, para qualquer tipo de material de construção. O reservatório construído em chapa zincada será o que tem custo inferior, para todos os volumes de reservatório, com exceção do reservatório de 10 m<sup>3</sup>, cujo preço é inferior se for construído em betão armado (tabela 14). Com o aumento do volume, o custo do reservatório em betão armado e metálico não tem um aumento tão exponencial quando comparado com os outros tipos de materiais. O material que torna a construção do reservatório mais dispendioso é o construído em PE.

No presente caso de estudo será considerado, para qualquer hipótese, que o reservatório construído é sempre metálico, pois é o material que torna o custo do reservatório menos dispendioso para praticamente todos os volumes de reservatório possíveis.

### **Custo da rede de drenagem**

A rede de drenagem é responsável pelo encaminhamento da água pluvial captada desde a superfície de recolha (Edifício B, Edifício D e Cantina 2) até ao reservatório. Na tabela 15 é apresentado o valor estimado do custo da rede de drenagem.

**Tabela 15** – Custo da rede de drenagem, hipótese 0.

<b>Material</b>	<b>Preço</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Total (€)</b>
Tubo PVC Ø110	6,3 €/m	162	1020,6
Tubo PVC Ø125	8,1 €/m	263	2130,3
Tubo PVC Ø200	12,75 €/m	365	4653,75
Tê Redução 125*110 PVC	15,45 €/un	28	432,6
Tê Redução 200*110 PVC	22,15 €/un	16	354,4
Tê Redução 200*125 PVC	22,14 €/un	2	44,28
Tê Simples 200 PVC	120 €/un	3	360
Redução 110*125	1,91 €/un	3	5,73
Redução 125*200	11,5 €/un	4	46
Curva PVC Ø110	2,17 €/un	39	84,63
Curva PVC Ø125	2,35 €/un	3	7,05
Curva PVC Ø200	20 €/un	3	60
<b>Total</b>			<b>9047,66</b>

Ao analisar a tabela 15 conclui-se que, para a hipótese 0, a rede de drenagem terá um custo de aproximadamente 9 050 euros.

### **Estimativa orçamental do sistema de aproveitamento de água pluvial**

Para estimar o custo do sistema de aproveitamento de água pluvial foram considerados os custos referentes aos dois elementos mais dispendiosos de todo o sistema, o reservatório e a rede de drenagem. No entanto, para obter um orçamento mais aproximado da realidade deveriam ser considerados os custos relativos à escavação para a aplicação da rede de drenagem, mão-de-obra, custo da estação elevatória e equipamentos. Na tabela 16 é apresentada a estimativa orçamental para cada volume de reservatório considerado.

**Tabela 16** – Custo do SAAP, consoante o volume do reservatório.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800
<b>Custo do reservatório (Metálico) (€)</b>	3993	10690	17386	24082	30779	37475	44171	50868	57564	64260
<b>Custo da rede de drenagem (€)</b>	9050									
<b>Custo do SAAP (€)</b>	13043	19740	26436	33132	39829	46525	53221	59918	66614	73310

Ao analisar a tabela 16 conclui-se que o custo total do sistema de aproveitamento de água pluvial aumenta exponencialmente com o aumento do volume do reservatório, devido ao custo do reservatório, pois o custo da rede de drenagem é sempre idêntico.

De acordo com o SMAS de Leiria, o preço praticado de venda de água, em 2014, a instituições particulares situa-se nos 1,13 € por metro cúbico. Na tabela 17 é feita uma estimativa do que o SAAP permitirá poupar em termos económicos na fatura da água do *campus 2* para um período de 50 anos.

**Tabela 17** – Poupança obtida na fatura da água consoante ano de exploração do SAAP.

Ano	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800
1º	420	776	1126	1425	1705	1898	2029	2111	2111	2111
2º	841	1552	2253	2849	3411	3796	4059	4223	4223	4223
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
33º	13872	25610	37169	47013	56280	62636	66968	69674	69674	69674
34º	14292	26386	38296	48438	57985	64534	68998	71785	71785	71785
35º	14712	27162	39422	49863	59691	66432	71027	73896	73896	73896
36º	15133	27938	40548	51287	61396	68330	73056	76008	76008	76008
37º	15553	28714	41675	52712	63101	70228	75086	78119	78119	78119
38º	15973	29490	42801	54136	64807	72126	77115	80230	80230	80230
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
49º	20597	38026	55191	69808	83567	93005	99438	103455	103455	103455
50º	21018	38802	56317	71232	85272	94903	101467	105566	105566	105566

Analisando a tabela 17 verifica-se que a implementação do SAAP permitirá uma redução da fatura entre os 21 018 e os 105 566 €, consoante o volume do SAAP instalado, durante um período de exploração de 50 anos.

Na tabela 18 é apresentada uma análise dos benefícios económicos da instalação do SAAP.

**Tabela 18** – Benefício económico da instalação do SAAP, consoante o volume do reservatório.

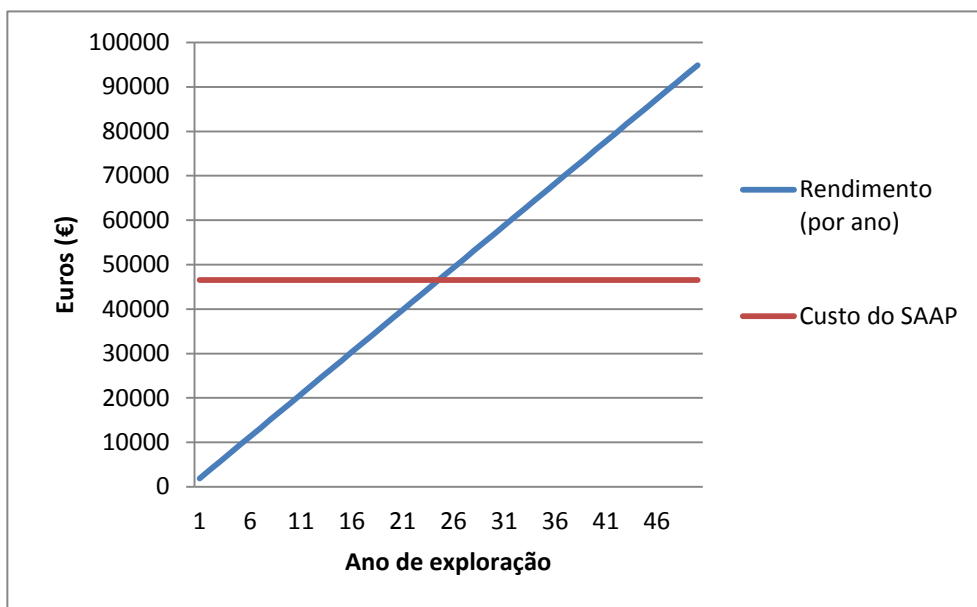
	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800
<b>Rendimento em 50 anos (€)</b>	21018	38802	56317	71232	85272	94903	101467	105566	105566	105566
<b>Custo do SAAP (€)</b>	13043	19740	26436	33132	39829	46525	53221	59918	66614	73310
<b>Benefício económico (€)</b>	7974	19063	29881	38100	45444	48378	48246	45649	38952	32256

Analisando a tabela 18 verifica-se que com a instalação do SAAP, para qualquer volume, irá sempre ser uma medida benéfica para o *campus*. O SAAP que permitirá obter rendimento mais elevado é o SAAP composto por um reservatório de 1 560 m<sup>3</sup>, permitindo obter um benefício económico de aproximadamente 48 378 €. O SAAP que incorpore um reservatório de 10 m<sup>3</sup> será o sistema que ao longo de 50 anos trará um menor rendimento ao *campus*.

Analisando a tabela 41 do anexo III conclui-se que o SAAP cujo retorno do investimento será num número menor de anos é o SAAP que contenha um reservatório entre 630 e 1 250 m<sup>3</sup>, por outro lado o SAAP cujo retorno é mais moroso trata-se do reservatório com o maior volume, demorando a estar completamente pago cerca de 25 anos.

Como o SAAP que contenha um reservatório de 1 560 m<sup>3</sup> permitirá obter um benefício económico superior, deverá ser esse o volume do reservatório a ser construído.

Na figura 20 é apresentado o retorno do investimento para o volume selecionado (1 560 m<sup>3</sup>).



**Figura 20** – Retorno do investimento para o volume selecionado (1560 m<sup>3</sup>).

Pela análise da figura 20 é possível saber que entre o vigésimo primeiro e vigésimo sexto ano de exploração do SAAP o sistema fica totalmente pago. Sendo que a partir dessa data o SAAP passará a ser uma mais-valia, permitindo uma poupança estimada, num período de 50 anos, de 48 378 € (tabela 18).

### 5.1.3. Caso de estudo n.º 1, Hipótese 1

---

No caso de estudo n.º1, hipótese 0, a área de captação inicialmente selecionada envolvia a cobertura dos edifícios B, D e cantina 2.

O aumento da área de captação permite que o sistema de aproveitamento de água pluvial capte um volume de água superior.

Como referido anteriormente na hipótese 1 pretende-se aumentar a área de captação para a cobertura dos edifícios B, C, D, Cantina 1 e Cantina 2. Na tabela 19 é apresentada a área de captação do SAAP considerada na hipótese 1.



**Tabela 19** – Área da superfície de captação.

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Edifício B	1954,4
Edifício C	523,3
Edifício D	1432,1
Cantina 1	933
Cantina 2	946
<b>Total</b>	<b>5788,8</b>

A hipótese 1, quando comparada com a hipótese 0, engloba mais dois edifícios do *campus*, edifício C e cantina 1, passando a área da superfície de captação de 4 332,5 m<sup>2</sup> para 5 788,8 m<sup>2</sup>.

Como referido anteriormente, na hipótese 0, o SAAP que contém um reservatório com 1 560 m<sup>3</sup>, permite um benefício económico superior. Na hipótese 1 é feita uma comparação do mesmo SAAP, mas com área de captação superior.

Com o aumento da área de captação é possível aproveitar um maior volume de água pluvial. Na tabela 20 são apresentados os volumes de água pluvial passíveis de aproveitar, através do SAAP, para a rega dos jardins do *campus*, para cada hipótese. Também é apresentado o volume de água da rede de abastecimento gasto na rega.

**Tabela 20** – Volume de água pluvial e de água da rede de abastecimento.

	<b>Hipótese 0</b>	<b>Hipótese 1</b>
<b>Volume de água consumido da rede de abastecimento (m<sup>3</sup>)</b>	1776	1527
<b>Volume de água pluvial consumido (m<sup>3</sup>)</b>	1680	1929

Analisando a tabela 20 conclui-se que com o aumento da área de captação é possível aproveitar maior volume de água pluvial. Deste modo, para a rega dos jardins do *campus*, comparando a hipótese 0 com a hipótese 1, para o volume selecionado, na hipótese 1 utiliza-se um volume de água pluvial superior ao volume de água da rede de abastecimento e na hipótese 0 isso não se verifica.

Na tabela 21 são apresentados os valores de eficiência do reservatório e do SAAP, bem como a percentagem do volume comparando com as necessidades, para as duas hipóteses.

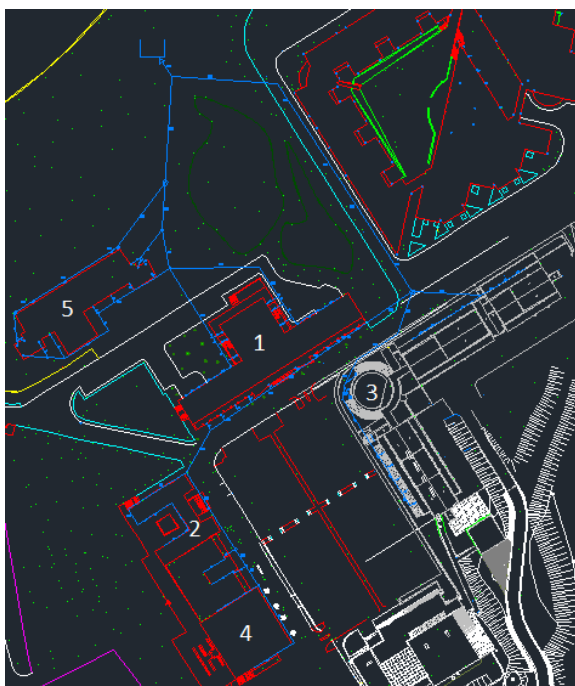
**Tabela 21** – Eficiências do sistema, hipótese 0 e 1.

	<b>Hipótese 0</b>	<b>Hipótese 1</b>
<b>Percentagem do volume comparando com necessidades (%)</b>	48,6	55,8
<b>Eficiência do reservatório (%)</b>	16,6	20,5
<b>Eficiência do SAAP (%)</b>	64,7	55,6

Analisando a tabela 21 é possível verificar que com o aumentando da área de captação de 4 332,5 m<sup>2</sup> para 5 788,8 m<sup>2</sup>, é possível captar um volume de água superior, pois quando comparadas as percentagens das necessidades hídricas com o volume de água pluvial que é possível aproveitar, esse valor aumenta com o aumento da área de captação.

Ainda na tabela 21, com o aumento da área da superfície de captação a eficiência do reservatório aumenta, pois quando há ocorrência de precipitação, nomeadamente durante o período seco, é possível aproveitar um volume superior de água pluvial, aumentando o volume médio do reservatório. Ao aumentar a área de captação a eficiência do SAAP diminui, isto deve-se ao aumento do volume de água que precipita sobre a superfície de captação, sendo que para uma superfície de captação superior dever-se-ia aumentar o volume do reservatório, que permitiria aproveitar uma maior quantidade da água precipitada sobre a superfície de captação, permitindo acumular um maior volume de água pluvial, no reservatório, nos períodos em que não se rega.

Para aumentar a área de captação é necessário recorrer a coberturas de outros edifícios do *campus*, tornando-se necessário modificar a rede de drenagem para que esta passe a incluir os edifícios que não eram considerados na hipótese 0. Na figura 21 encontra-se esquematizada a rede de drenagem referente a hipótese 1.



**Legenda:**

- 1 – Edifício B;
- 2 – Edifício C;
- 3 – Edifício D;
- 4 – Cantina 1;
- 5 – Cantina 2;
- Rede de drenagem;
- – Reservatório do SAAP.

**Figura 21** – Rede de drenagem, hipótese 1.

Na hipótese 1, apesar do custo do reservatório ser idêntico ao da hipótese 0, pois o volume mantém-se, o custo do SAAP aumenta, devido ao aumento da dimensão da rede de drenagem. Na tabela 22 é apresentada a estimativa orçamental da rede de drenagem para a hipótese 1.

**Tabela 22-** Material rede de drenagem, hipótese 1.

Material	Preço	Quantidade	Total
Tubo PVC Ø110	6,3 €/m	242	1524,6
Tubo PVC Ø125	8,1 €/m	327	2648,7
Tubo PVC Ø200	12,75 €/m	478	6094,5
Tê Redução 125*110 PVC	15,45 €/Un	31	478,95
Tê Redução 200*110 PVC	22,15 €/Un	21	465,15
Tê Redução 200*125 PVC	22,14 €/Un	3	66,42
Tê Simples Ø200 PVC	120 €/Un	4	480
Tê Simples Ø110 PVC	42,8 €/Un	3	128,4
Redução 110*125	1,91 €/Un	4	7,64
Redução 125*200	11,5 €/Un	5	57,5
Curva PVC Ø110	2,17 €/Un	46	99,82
Curva PVC Ø125	2,35 €/Un	5	11,75
Curva PVC Ø200	20 €/Un	5	60
<b>Total</b>			<b>12123,43</b>

Na hipótese 0, a estimativa orçamental da rede de drenagem situava-se em aproximadamente 9 050 € (tabela 15). Para a hipótese 1 esse valor sobe para aproximadamente 12 125 €, tabela 22.

Na tabela 23 são apresentados os benefícios económicos da hipótese 0 e da hipótese 1. De referir, que na hipótese 1, o volume do reservatório considerado é o selecionado na hipótese 0 como mais vantajoso em termos económicos (1 560 m<sup>3</sup>), sendo, construído em chapa zincada, que tem um custo estimado de 37 475 €. Sendo assim, o custo do SAAP para a hipótese 1 será de aproximadamente 49 600 € (rede de drenagem e reservatório).

**Tabela 23** – Benefício económico, hipóteses 0 e 1.

	<b>Hipótese 0</b>	<b>Hipótese 1</b>
<b>Volume anual de água pluvial captada (m<sup>3</sup>)</b>	1680	1929
<b>Rendimento anual (€)</b>	1898	2180
<b>Rendimento 50 anos (€)</b>	94903	108993
<b>Custo SAAP (€)</b>	46525	49598
<b>Benefício económico (€)</b>	48378	59395

Analisando a tabela 23 conclui-se que com o aumento da área da superfície de captação, apesar de aumentar o custo associado à rede de drenagem, é possível retirar maior partido económico do SAAP. Passando o benefício económico de 48 378 € para 59 395 €.

#### 5.1.4. Caso de estudo n.º 1, Hipótese 2

---

No *campus 2*, do IPLeiria, o edifício A é outro edifício a partir do qual é possível captar água pluvial da sua cobertura. Este edifício possui uma área de cobertura de 6 396,5 m<sup>2</sup>, tratando-se de uma área superior às áreas dos conjuntos de edifícios estudados nas hipóteses 0 (4 332,5 m<sup>2</sup>) e 1 (5 788,8 m<sup>2</sup>).

Na hipótese 2 pretende-se estudar qual o benefício económico que a captação de água pluvial poderá trazer para o SAAP, acrescentando à área de captação da hipótese 1 o edifício A. Deste modo, a área de captação considerada na hipótese 2, engloba o seguinte conjunto de edifícios:

- Edifício A;
- Edifício B;
- Edifício C;
- Edifício D;
- Cantina 1;
- Cantina 2.

A tabela 24 apresenta a área da superfície de captação para a hipótese 2.

**Tabela 24** – Área da superfície de captação, hipótese 2.

	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Edifício A	6396,5
Edifício B	1954,4
Edifício C	523,3
Edifício D	1432,1
Cantina 1	933
Cantina 2	946
<b>Total</b>	<b>12185,3</b>

Através da tabela 24, na hipótese 2 a área da superfície de captação é de 12 185,3 m<sup>2</sup>, enquanto na hipótese 0 era de 4 332,5 m<sup>2</sup> e na hipótese 1 era de 5 788,8 m<sup>2</sup>.

O SAAP que se evidenciou como mais vantajoso, em termos económicos, na hipótese 0, foi o SAAP com um volume de reservatório de 1 560 m<sup>3</sup>. Para a hipótese 2, tal como na hipótese 1, é considerado que o volume do reservatório do SAAP é idêntico e aumenta-se a área da superfície de captação para a área referida anteriormente.

Na tabela 25 são apresentados os volumes médios de água da rede de abastecimento consumida para suprimir as necessidades hídricas, do *campus*, bem como os volumes médios de água pluvial consumida, para cada hipótese.

**Tabela 25** – Volume de água pluvial e da rede de abastecimento consumido, hipóteses 0, 1 e 2.

	<b>Hipótese 0</b>	<b>Hipótese 1</b>	<b>Hipótese 2</b>
<b>Volume de água consumido da rede de abastecimento (m<sup>3</sup>)</b>	1776	1527	1001
<b>Volume de água pluvial consumido (m<sup>3</sup>)</b>	1680	1929	2455

Observando a tabela 25 conclui-se que com o aumento da área de captação, aumenta o volume de água pluvial aproveitado, conseqüentemente o volume de água da rede de abastecimento diminuiu. Nas hipóteses 1 e 2 o volume de água pluvial consumido na rega é superior ao volume de água consumido da rede abastecimento, enquanto que na hipótese 0 isso não se verifica.

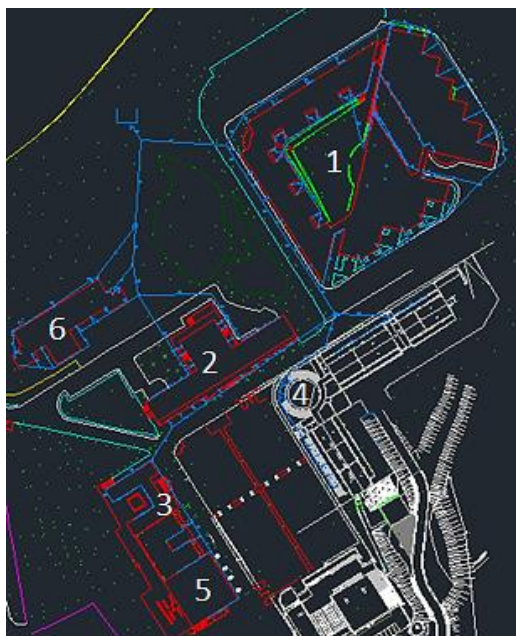
Na tabela 26 são apresentados os valores de eficiência do reservatório e do SAAP, bem como a percentagem do volume comparado com as necessidades, para as hipóteses em análise.

**Tabela 26** – Eficiências do sistema, hipótese 0, 1 e 2.

	<b>Hipótese 0</b>	<b>Hipótese 1</b>	<b>Hipótese 2</b>
<b>Percentagem do volume comparando com necessidades (%)</b>	48,6	55,8	71
<b>Eficiência do reservatório (%)</b>	16,6	20,5	28,3
<b>Eficiência do SAAP (%)</b>	64,7	55,6	33,6

Pela análise da tabela 26 conclui-se que ao aumentar a área da superfície de captação, fixando o volume do reservatório do SAAP, consegue-se sempre captar mais água pluvial. Deste modo, a percentagem de água pluvial utilizada na rega dos jardins aumenta com o aumento da área da superfície de captação. A eficiência do reservatório, também aumenta com o aumento da área da superfície de captação, pois para o mesmo volume existe uma disponibilidade superior de água, aumentando assim o volume médio do reservatório. No entanto, a eficiência do SAAP diminui, pois com o aumento da área da superfície de captação, o volume de água precipitada aumenta, e uma vez que não há aumento do volume do reservatório do SAAP não é possível aproveitar todo o volume de água precipitado, tendo-se de proceder ao desvio de um volume de água precipitada superior ao desviado no caso de áreas de superfície de captação inferiores, para o colector municipal.

Na hipótese 2, ao aumentar a área da superfície de captação foi necessário recorrer à cobertura de um edifício que não era considerado nas hipóteses anteriores, como tal, houve necessidade de redimensionar a rede de drenagem. Na figura 22 é apresentada a rede de drenagem para os edifícios A, B, C, D, cantina 1 e cantina 2.



Legenda:

1 – Edifício A;

2 – Edifício B;

3 – Edifício C;

4 – Edifício D;

5 – Cantina 1;

6 – Cantina 2;

— Rede de drenagem;

□ – Reservatório do SAAP.

Figura 22 - Rede de drenagem, hipótese 2.

O aumento da dimensão da rede de drenagem, leva ao aumento do seu custo e consequentemente ao aumento do custo do SAAP, Na tabela 27 estão especificados os materiais necessários para a presente rede de drenagem, bem como o custo associado.

Tabela 27 – Material rede de drenagem, hipótese 2.

Material	Preço	Quantidade	Total
Tubo PVC Ø110	6,3 €/m	522	3288,6
Tubo PVC Ø125	8,1 €/m	521	4220,1
Tubo PVC Ø200	12,75 €/m	1037	13221,75
Tê Redução 125*110 PVC	15,45 €/Un	47	726,15
Tê Redução 200*110 PVC	22,15 €/Un	60	1329
Tê Redução 200*125 PVC	22,14 €/Un	10	221,4
Tê Simples Ø200 PVC	120 €/Un	6	720
Tê Simples Ø110 PVC	42,8 €/Un	7	299,6
Redução 110*125	1,91 €/Un	7	13,37
Redução 125*200	11,5 €/Un	5	57,5
Curva PVC Ø110	2,17 €/Un	90	195,3
Curva PVC Ø125	2,35 €/Un	5	11,75
Curva PVC Ø200	20 €/Un	11	220
<b>Total</b>			<b>24524,52</b>

Ao aumentar a rede de drenagem para incluir mais um edifício, o custo da rede de drenagem aumenta para aproximadamente 24 525 € (tabela 27). Enquanto na hipótese 0 e 1 o preço é de aproximadamente 9 050 € e 12 125 €, respetivamente.

Na tabela 28 são apresentados os benefícios económicos para cada hipótese em estudo. Como referido, o custo do reservatório do SAAP mantém-se fixo para as três hipóteses (57 570 €), sendo que o custo do SAAP difere entre elas devido ao custo associado a rede de drenagem. Na hipótese 2 o orçamento da rede de drenagem é de 24 525 €, deste modo, o orçamento estimado para o SAAP é de 62 000 €.

**Tabela 28** – Benefícios económicos, hipótese 0, 1 e 2.

	<b>Hipótese 0</b>	<b>Hipótese 1</b>	<b>Hipótese 2</b>
<b>Volume anual de água pluvial captada (m<sup>3</sup>)</b>	1680	1929	2455
<b>Rendimento anual (€)</b>	1898	2180	2774
<b>Rendimento 50 anos (€)</b>	94903	108993	138696
<b>Custo SAAP (€)</b>	46525	49598	62000
<b>Benefício económico (€)</b>	48378	59395	76696

Pela análise da tabela 28, é possível concluir que a hipótese 2, apesar de ser a hipótese mais dispendiosa, é a que trará um benefício económico superior no final do tempo de exploração considerado, 76 696 €. No entanto, o edifício A dificulta a aplicação da rede de drenagem, uma vez que toda a água que precipita na superfície de captação é encaminhada para a zona do pátio interior do edifício, para posteriormente encaminhar a água pluvial para o ponto de localização do reservatório teriam de se proceder a obras dentro do edifício. Sendo assim, é desaconselhável a aplicação do SAAP que contenha a superfície de captação do edifício A. Portanto, a hipótese 1 é a mais rentável, e é também onde o período de retorno do investimento é inferior.



### 5.1.5. Comparação dos dados do gabinete técnico com as necessidades hídricas

---

No presente subcapítulo é feita uma comparação entre os valores de consumo de água na rega cedidos pelo gabinete técnico e o valor de necessidades hídricas presente em bibliografia, para a zona centro do país.

Como referido anteriormente, de acordo com os valores cedidos pelo gabinete técnico, o consumo médio de água por semana, na rega dos jardins do *campus 2*, é de 326,54 m<sup>3</sup>/semana, por outro lado, segundo o valor de necessidades hídricas para a zona centro do país, a rega dos jardins do *campus 2*, necessitará aproximadamente de 157,08 m<sup>3</sup>/semana.

A análise será realizada para o volume mais rentável da hipótese 0 e a hipótese mais benéfica, ou seja, um SAAP que capte água pluvial das superfícies de captação que engloba os edifícios B, C, D, Cantina 1 e Cantina 2 (hipótese 1). Em que o reservatório do SAAP tem um volume de 1 560 m<sup>3</sup>.

Na tabela 29 são apresentados os valores de água pluvial e água da rede de abastecimento consumida de acordo com cada consumo.

**Tabela 29** – Consumo de água de acordo com os dados do gabinete técnico e bibliografia.

	<b>Consumo de acordo com a bibliografia (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo de acordo com os dados do gabinete técnico (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Água pluvial</b>	1929	1940
<b>Água da rede de abastecimento</b>	1527	5244
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	3456	7184

Analisando a tabela 29, e tendo em conta que o período hidrológico estudado é idêntico para ambos os casos, o volume de água pluvial captada pelo SAAP e posteriormente consumida na rega é praticamente idêntico. No entanto, como os consumos de água na rega

são muito superiores, quando comparamos os valores de consumo cedidos pelo gabinete técnico com o que supostamente deveria ser efetuado de acordo com a bibliografia, no caso da análise dos consumos do gabinete técnico é necessário recorrer muito mais a água da rede de abastecimento para suprimir as necessidades hídricas.

Na tabela 30 são apresentados os valores de eficiência do reservatório e do SAAP, bem como a percentagem do volume comparando com as necessidades, para as hipóteses em análise.

**Tabela 30** – Variação das eficiências do sistema consoante dados do gabinete técnico e da bibliografia.

	<b>Consumo de acordo com a bibliografia (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo de acordo com os dados do gabinete técnico (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Percentagem do volume comparando com necessidades (%)</b>	55,8	27
<b>Eficiência do reservatório (%)</b>	20,5	12,7
<b>Eficiência do SAAP (%)</b>	55,6	55,89

Analisando a tabela 30, de acordo com o gabinete técnico, uma vez que os consumos de água na rega são o dobro quando comparados com as necessidades hídricas presentes na bibliografia, a percentagem de água pluvial aproveitada comparado com as necessidades é aproximadamente metade. Como é necessário um maior volume de água para a rega dos jardins, de acordo com os valores cedidos pelo gabinete técnico, a eficiência do reservatório é inferior, quando comparada com a eficiência do mesmo reservatório aplicado as necessidades hídricas presentes na bibliografia. A eficiência do SAAP é superior, pois como é necessário maior volume de água, para a rega dos jardins, é possível captar mais água pluvial quando ocorre elevada precipitação, nomeadamente na última semana em que há rega.

## 5.2. Caso de estudo n.º 2

---

Como referido anteriormente no caso de estudo n.º 2 pretendeu-se dimensionar um SAAP com o intuito de aproveitamento de água pluvial para posterior utilização nas instalações sanitárias do Edifício D do campus.

### 5.2.1. Conceção geral

---

O caso de estudo n.º 2 tem como objetivo dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial para consumo nas instalações sanitárias do edifício D do *campus 2*, do IPL. A água pluvial aproveitada será apenas a que precipita sobre a cobertura do edifício D, pois por experiência, do caso de estudo n.º 1, a rede de drenagem é um elemento dispendioso, sendo que para ser possível aumentar a área de captação ter-se-ia de alterar o ponto de localização do reservatório, aumentando o custo da rede de drenagem. Na figura 23 é apresentado o edifício D e o ponto de localização do reservatório, para o caso de estudo n.º 2.



**Legenda:**

1 – Edifício D.

□ - Reservatório do SAAP.

**Figura 23** – Localização do reservatório, caso de estudo n.º 2.

O reservatório terá uma altura manométrica de 54 metros, o edifício no ponto mais alto tem uma altura de 70 metros e de 58 metros junto ao solo, na fachada principal do edifício permitindo um escoamento por gravidade até ao reservatório.

O caso de estudo n.º 2 terá dois reservatórios, um onde irá ser feita a acumulação da água pluvial aproveitada pelo SAAP (reservatório principal) e outro que irá ser responsável pela distribuição da água para as instalações sanitárias do edifício (reservatório secundário), pois o reservatório principal fica a uma altura manométrica inferior à dos pontos de consumo. O reservatório secundário ficará instalado em cima do edifício D e terá um volume de 1 m<sup>3</sup>. A água aproveitada pelo SAAP terá de ser elevada entre o reservatório principal e o secundário com recurso a uma estação elevatória.

### 5.2.2. Dimensionamento da rede de drenagem

---

A rede de drenagem é o elemento responsável pelo encaminhamento da água desde a superfície de captação até ao reservatório. Na figura 24 é apresentada a rede de drenagem que irá encaminhar a água pluvial entre os tubos de queda e o reservatório que estará localizado nas traseiras do edifício D.



**Legenda:**

- 1 – Edifício D;
- Rede de drenagem;
- – Reservatório do SAAP.

Figura 24 – Rede de drenagem, caso de estudo n.º 2.

Na tabela 31 é identificado o material necessário para a construção da rede de drenagem.

**Tabela 31** – Material necessário para a rede de drenagem, caso de estudo n.º 2.

<b>Tubo PVC Ø110 mm (m)</b>	29
<b>Tubo PVC Ø125 mm (m)</b>	182
<b>Tubo PVC Ø200 mm (m)</b>	163
<b>Tê Redução 125*100 PVC</b>	12
<b>Tê Redução 200*125 PVC</b>	15
<b>Tê Simples 200 PVC</b>	1
<b>Redução 110*125</b>	15
<b>Redução 125*200</b>	1
<b>Curva PVC Ø110 mm</b>	7
<b>Curva PVC Ø125 mm</b>	11

O diâmetro dos tubos foi obtido com base no diâmetro dos tubos que estão presentes na rede de drenagem de águas pluviais do *campus 2*.

### 5.2.3. Dimensionamento do reservatório

---

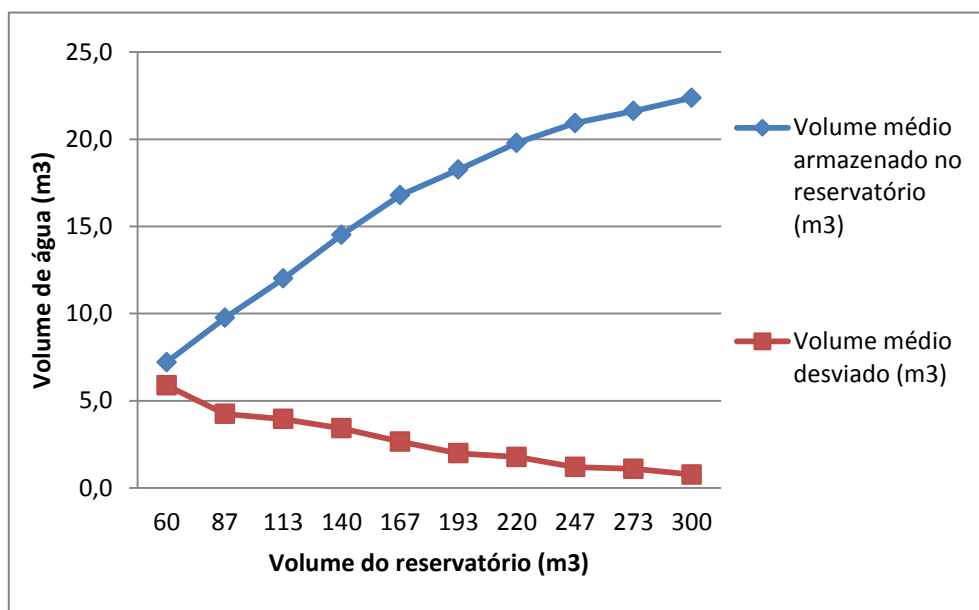
No caso de estudo n.º2 pretende-se dimensionar um reservatório para o aproveitamento de água pluvial para posterior utilização nas instalações sanitárias do edifício D do *campus 2*.

De modo a saber os volumes do reservatório a testar foi feita uma iteração entre um volume máximo e mínimo, tal como no caso de estudo n.º 1. Tendo em conta que o volume consumido semanalmente nas instalações sanitárias do edifício D é de aproximadamente 60 m<sup>3</sup>, o volume mínimo considerado foi o suficiente para uma semana de utilização e o máximo foi para cinco semanas, ou seja, 300 m<sup>3</sup>. Na tabela 32 são apresentados os volumes do reservatório estudados.

**Tabela 32** – Volumes do reservatório testados, caso de estudo n.º 2.

<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	<b>V9</b>	<b>V10</b>
60	87	113	140	167	193	220	247	273	300

Na figura 25 é apresentado o volume médio semanal armazenado no reservatório e o volume médio desviado para a rede de drenagem de água pluviais. Sendo que, o volume médio armazenado no reservatório é a diferença entre o volume consumido e o volume aproveitado e acumulado pelo SAAP. O volume de água desviado para a rede de drenagem de águas pluviais que irá descarregar no coletor municipal trata-se de toda a água pluvial que não é aproveitada devido à capacidade do reservatório não o permitir.



**Figura 25** – Volume médio de água pluvial e volume desviado, consoante o volume do reservatório.

Analisando a figura 25 conclui-se que inicialmente o volume médio armazenado no reservatório e o volume médio de água desviado eram praticamente idênticos. Com o aumento do volume do reservatório aumenta, gradualmente, o volume médio do reservatório e, diminui o volume médio de desvio. Como é possível verificar analisando a figura 25 mesmo para o volume máximo de reservatório considerado existe sempre água desviada para o coletor municipal, ou seja, mesmo com um reservatório de 300 m<sup>3</sup>, não é possível aproveitar toda a água precipitada sobre a superfície de captação (cobertura do edifício D).

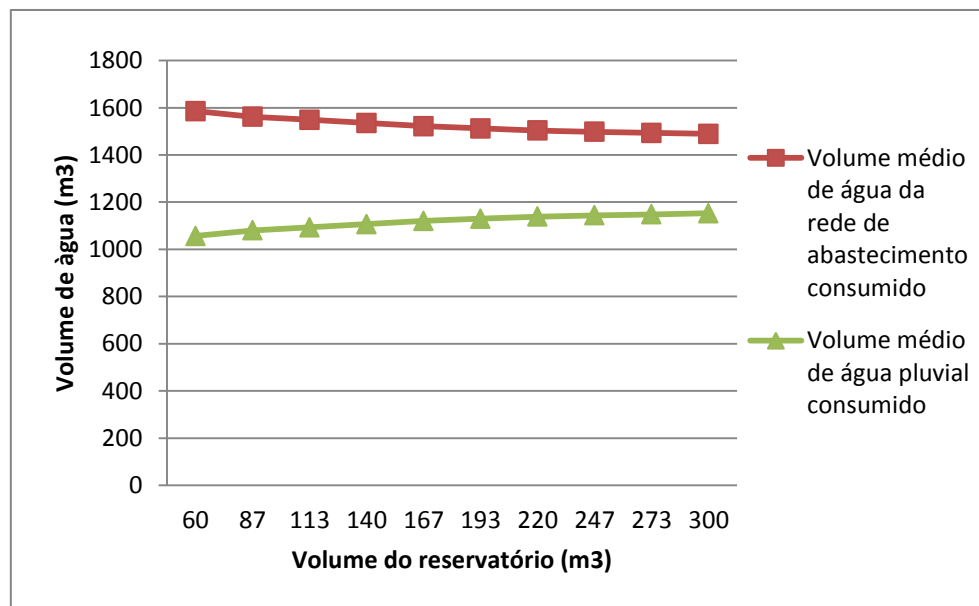
Na tabela 33 é apresentada a média anual de água consumida da rede de abastecimento e água pluvial aproveitada através do SAAP.

**Tabela 33** - Consumo de água pluvial e água da rede de abastecimento com o aumento do volume do reservatório.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	60	87	113	140	167	193	220	247	273	300
Volume de água da rede de abastecimento consumida (m <sup>3</sup> )	1585	1562	1549	1535	1522	1512	1503	1498	1493	1489
Volume de água pluvial consumida (m <sup>3</sup> )	1056	1080	1093	1106	1120	1129	1138	1144	1148	1153

Analisando a tabela 33 é possível concluir que com o aumento do volume do reservatório aumenta o volume de água pluvial aproveitada e conseqüentemente reduz-se o volume de água consumido da rede de abastecimento.

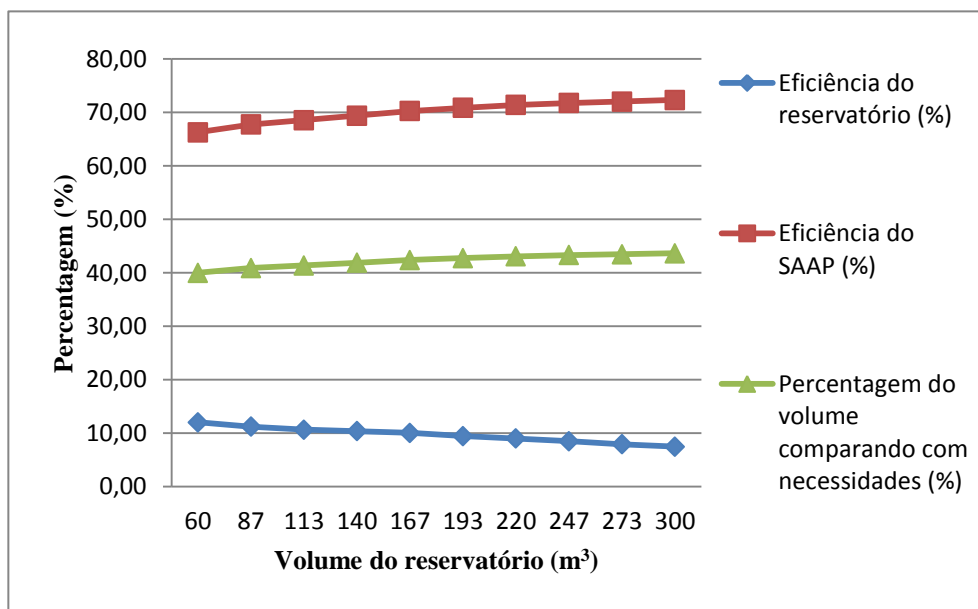
A figura 26 foi obtida através dos dados da tabela 33 e compara o uso de água pluvial e água da rede de abastecimento para satisfazer as necessidades de consumo nas instalações sanitárias do edifício.



**Figura 26** - Consumo de água pluvial e água da rede de abastecimento com o aumento do volume do reservatório.

Ao analisar a figura 26 conclui-se que com o aumento do volume do reservatório aumenta o volume de água pluvial consumida, sendo que, para os volumes de reservatório considerados, o volume de água da rede de abastecimento consumida é sempre superior ao volume de água pluvial consumida.

Na figura 27 é apresentada a evolução da eficiência do reservatório, eficiência do SAAP e percentagem do volume comparado com as necessidades com o aumento do volume do reservatório.



**Figura 27** – Eficiências dos sistemas, consoante o volume do reservatório.

Analisando o gráfico da figura 27 é possível identificar que com o aumento do volume do reservatório a eficiência do reservatório baixa, pois como o consumo é elevado existe pouca retenção de água no reservatório. Apesar de aumentar o volume do reservatório o volume de água que precipita na superfície de captação não permite acumulação de água pluvial no reservatório. A eficiência do SAAP aumenta com o aumento do volume do reservatório, pois, deste modo é possível aproveitar uma maior parcela do volume de água que precipita na superfície de captação do SAAP. Quanto maior o volume do reservatório, maior quantidade de água é possível reter entre as semanas de utilização do SAAP e logo maior é a percentagem de utilização de água pluvial nas instalações sanitárias do edifício D.



## 5.2.4. Benefícios económicos

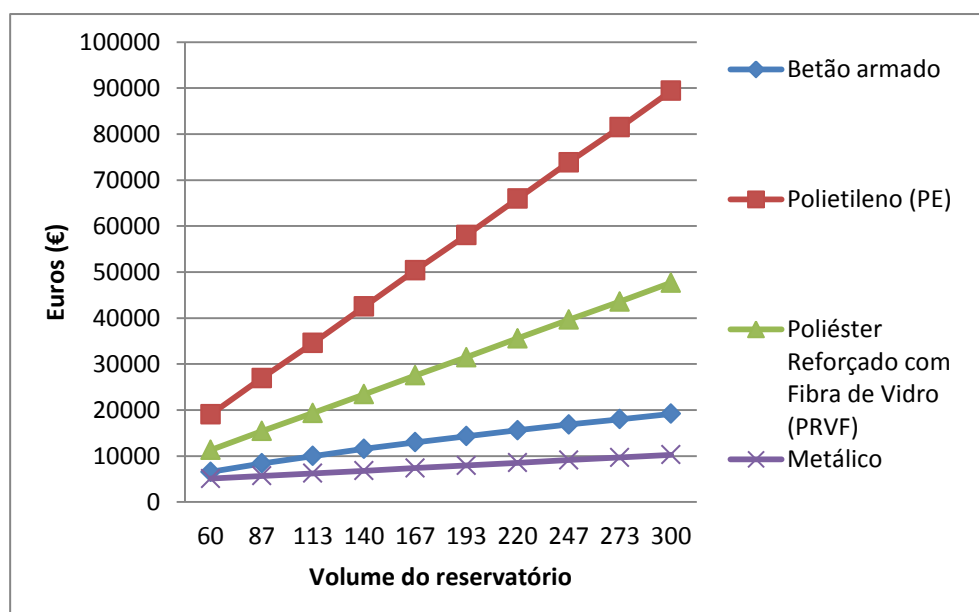
O reservatório é o elemento mais dispendioso do SAAP, na tabela 34 é apresentado o custo do reservatório para quatro diferentes tipos de materiais: betão armado, polietileno (PE), poliéster reforçado com fibra de vidro (PRVF) e chapa zincada.

**Tabela 34** – Custo do reservatório consoante o tipo de material e volume.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	60	87	113	140	167	193	220	247	273	300
Betão armado (€)	6560	8403	10004	11540	12979	14294	15598	16849	18012	19180
PE (€)	19032	26949	34571	42488	50404	58027	65943	73859	81482	89398
PRVF (€)	11322	15411	19349	23438	27528	31466	35555	39645	43583	47672
Metálico (€)	5073	5657	6218	6802	7385	7946	8530	9113	9674	10258

O preço do reservatório aumenta sempre com o aumento do volume do reservatório, para qualquer material de construção.

A figura 28 compara a evolução do preço do reservatório consoante o material de construção.



**Figura 28** – Variação do custo do reservatório consoante o volume e material de construção.

Analisando o gráfico da figura 28 e a tabela 34 é possível concluir que o reservatório cuja construção fica menos dispendiosa é o reservatório em chapa zincada (metálico), sendo mais barato para qualquer volume do reservatório. Através da tabela 34 podemos verificar que o volume mínimo custa aproximadamente 5 073 € e o volume máximo 10 258 €. O reservatório construído em PE é mais dispendioso, sendo que o volume mínimo custa cerca de 1 932 € e o volume máximo 89 398 €.

Atendendo ao anteriormente descrito para o presente caso de estudo será considerado um reservatório construído em chapa zincada (metálico).

A rede de drenagem irá encaminhar a água pluvial entre a superfície de recolha e o reservatório, na tabela 35 encontra-se descrito o material necessário para a construção da rede de drenagem, bem como o preço associado.

**Tabela 35 – Custo da rede de drenagem, caso de estudo n.º 2.**

<b>Material</b>	<b>Preço</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Total</b>
Tubo PVC Ø110	6,3 €/m	29	182,70
Tubo PVC Ø125	8,1 €/m	182	1474,20
Tubo PVC Ø200	12,75 €/m	163	2078,25
Tê Redução 125*110 PVC	15,45 €/Un	12	185,40
Tê Redução 200*125 PVC	22,14 €/Un	15	332,10
Tê Simples 200 PVC	120 €/Un	1	120,00
Redução 110*125	1,91 €/Un	15	28,65
Redução 125*200	11,5 €/Un	1	11,50
Curva PVC Ø110	2,17 €/Un	7	15,19
Curva PVC Ø125	2,35 €/Un	11	25,85
<b>Total</b>			<b>4412,80</b>

O custo da rede de drenagem de água pluvial entre a superfície de captação e o reservatório terá um custo de aproximadamente 4 413 €.

Na tabela 36 encontra-se especificado o custo do SAAP consoante o volume do reservatório. O reservatório e a rede de drenagem são os elementos mais dispendiosos do SAAP, o reservatório n.º 2, será o reservatório que ficará na cobertura do edifício D, que será em PEAD e terá um custo de 325 € (RotoMoldagem, 2015).

**Tabela 36** – Custo do SAAP, consoante o volume do reservatório.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	60	87	113	140	167	193	220	247	273	300
Custo do reservatório principal (Metálico) (€)	5073	5657	6218	6802	7385	7946	8530	9113	9674	10258
Custo da rede de drenagem (€)	4413									
Custo reservatório secundário (PEAD) (€)	325									
<b>Custo SAAP (€)</b>	9811	10395	10956	11540	12123	12684	13268	13851	14412	14996

Analisando a tabela 36 é possível verificar que quanto maior o volume do reservatório principal maior o preço total do SAAP, pois o reservatório principal é o elemento mais dispendioso de todo o SAAP. O reservatório secundário e a rede de drenagem têm sempre o mesmo preço para qualquer volume do reservatório principal.

Na tabela 37 é apresentada a análise económica de poupança na fatura da água do *campus* num período de exploração do SAAP de 20 anos, tal como no caso de estudo n.º 1, o preço do metro cúbico considerado foi de 1,13 €.

**Tabela 37** – Poupança na fatura de água do *campus*, ao longo do tempo de exploração e consoante o volume do reservatório.

Ano	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	60	87	113	140	167	193	220	247	273	300
1º	1194	1220	1235	1250	1265	1276	1286	1293	1298	1303
2º	2388	2441	2470	2500	2531	2552	2573	2585	2595	2605
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19º	22682	23185	23465	23754	24044	24247	24440	24561	24654	24751
20º	23875	24406	24700	25005	25310	25523	25727	25854	25952	26054

Analisando a tabela 37 é possível concluir que com o aumento do volume do reservatório principal do SAAP o rendimento será sempre maior, pois quanto maior o volume do reservatório principal maior volume de água pluvial é possível aproveitar, havendo um menor desvio de água pluvial para o coletor municipal.

Na tabela 38 é apresentada a análise do benefício económico do SAAP para o período de exploração do SAAP de 20 anos.

**Tabela 38** – Benefício económico, caso de estudo n.º 2.

	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	60	87	113	140	167	193	220	247	273	300
Somatório dos rendimentos anuais (20 anos) (€)	23875	24406	24700	25005	25310	25523	25727	25854	25952	26054
Custo do SAAP (€)	9811	10395	10956	11540	12123	12684	13268	13851	14412	14996
Benefício económico (€)	14064	14011	13743	13465	13187	12839	12459	12003	11539	11058

Pela análise da tabela anterior é possível verificar que o SAAP com um volume de reservatório de 60 m<sup>3</sup> é o sistema que permite obter um benefício económico superior, cerca de 14 064 € pois com o aumento do volume do reservatório principal o custo do SAAP aumenta e o volume de água que permite poupar não compensa, em termos económicos.

O SAAP que contenha um reservatório de 60 m<sup>3</sup> também será um dos sistemas cujo retorno é menos moroso, sendo que de acordo com a tabela 42, do anexo IV, o seu retorno será entre o oitavo e o nono ano de exploração.

## 6. Conclusões

---

A instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial será sempre uma medida benéfica para o *campus* 2 do IPL. Permite uma redução na fatura de água e, substituí o uso de água da rede de abastecimento por água pluvial, em utilizações nas quais não se justifica usar água potável.

Tendo em conta que, no caso de estudo n.º 1 o consumo de água na rega dos jardins do *campus* é elevado, é necessário aproveitar o máximo possível do volume de água que precipita nas superfícies de captação, de modo a conseguir acumular, no reservatório, durante os períodos em que não há rega, um volume de água superior. Na hipótese 0, verificou-se que mesmo aproveitando toda a água que precipita na superfície de captação é impossível armazenar água pluvial suficiente para suprimir o consumo de água na rega.

Com o aumento do volume do reservatório, aumenta o volume de água pluvial utilizado na rega dos jardins e conseqüentemente diminui a utilização de água da rede de abastecimento.

Na hipótese 0, para o volume de reservatório selecionado (1 560 m<sup>3</sup>), apesar de ser um reservatório de grandes dimensões, não é aproveitada toda a água que precipita na superfície de captação. Para volumes que permitam captar toda a água pluvial precipitada, o custo do reservatório do SAAP aumenta e o benefício económico baixa, quando comparado com o benefício económico do SAAP com um reservatório de 1 560 m<sup>3</sup>.

Nas hipótese 1 e 2, quando comparadas com a hipótese 0, conclui-se que ao aumentar a área da superfície de captação, fixando o volume do reservatório do SAAP, consegue-se sempre captar mais água pluvial, deste modo a percentagem de água pluvial utilizada na rega dos jardins do *campus* aumenta com o aumento da área da superfície de captação. A eficiência do reservatório, também aumenta com o aumento da área da superfície de captação, pois para o mesmo volume existe uma disponibilidade superior de água, aumentando assim o volume médio do reservatório. No entanto, a eficiência do SAAP diminui, pois com o aumento da área da superfície de captação o volume de água

precipitada aumenta, e uma vez que não há aumento do volume do reservatório do SAAP não é possível aproveitar todo o volume de água precipitado, tendo-se de proceder ao desvio, para o coletor municipal, de um volume de água precipitada superior ao que desviado no caso de áreas de superfície de captação inferiores.

O custo do SAAP varia consoante o material de construção do reservatório, o reservatório construído em chapa zincada será o reservatório que ficará menos dispendioso, para praticamente todos os volumes de reservatório, quando comparado com outros materiais analisados no estudo. Por motivos estéticos e de qualidade seria aconselhável enterrar o reservatório.

Em termos económicos, no caso de estudo n.º 1, a hipótese 2 foi a que se revelou mais benéfica, apesar do custo inicial do SAAP ser superior. No entanto, os tubos de queda provenientes da cobertura do edifício A dificultam a aplicação da rede de drenagem, uma vez que toda a água que precipita na superfície de captação é encaminhada para a zona do pátio interior do edifício, para encaminhá-la para o reservatório de armazenamento teria de se proceder a obras dentro do edifício. Sendo assim, é desaconselhável a aplicação do SAAP que contenha a superfície de captação do Edifício A. A hipótese 1 é a segunda que apresenta maior benefício económico e na qual o período de retorno do investimento também é inferior, quando comparada com a hipótese 0, como a superfície de captação não engloba a cobertura do Edifício A é aconselhável a instalação do SAAP considerado nesta hipótese.

A aplicação de um SAAP para posterior utilização na rega dos jardins do *campus* demonstrou ser um sistema inicialmente dispendioso, no entanto, para o período de exploração considerado, é um sistema com benefícios económicos para o *campus* e permitirá a substituição da utilização de água potável para a rega.

No caso de estudo n.º 1, o SAAP que contenha um reservatório de 1 560 m<sup>3</sup> e a área de captação seja a considerada na hipótese 1, permitirá reduzir o consumo de água da rede de abastecimento, na rega dos jardins do *campus*, de 3 456 m<sup>3</sup>/ano (sem SAAP) para 1 527 m<sup>3</sup>/ano. Permitindo um benefício económico de 59 395 €, no período de exploração selecionado. O período de retorno do investimento será de 25 anos.

No caso de estudo n.º 2, o consumo semanal, estimado, de utilização de água nas instalações sanitárias do Edifício D do *campus* 2 revelou-se elevado, na ordem dos 60 m<sup>3</sup> por semana.

Um SAAP, com volume de reservatório maior, permite utilizar um volume de água pluvial superior nas instalações sanitárias do Edifício D. No entanto para os volumes testados será sempre necessário recorrer a utilização de água da rede de abastecimento, pois o SAAP não permite aproveitar um volume de água pluvial suficiente para suprimir as necessidades hídricas.

Ao aumentar o volume do reservatório a eficiência do reservatório baixa, pois como o consumo é elevado existe pouca retenção de água no reservatório. Apesar de aumentar o volume do reservatório o volume de água que precipita na superfície de captação não permite acumulação de água pluvial no reservatório. A eficiência do SAAP aumenta com o aumento do volume do reservatório, pois com o aumento do volume do reservatório é possível aproveitar uma maior parcela do volume de água que precipita na superfície de captação do SAAP.

Tal como no caso de estudo n.º 1, no caso de estudo n.º 2 o SAAP que contenha um reservatório construído em chapa zincada revelou ser o SAAP menos dispendioso e que permite um retorno do investimento num período de tempo inferior.

O SAAP com um volume de reservatório de 60 m<sup>3</sup>, no caso de estudo n.º 2 é o sistema que permite obter um benefício económico superior, cerca de 14 064 €, para o tempo de exploração de 20 anos, pois com o aumento do volume do reservatório o custo do SAAP aumenta e o volume de água que permitirá poupar não compensa, em termos económicos.

O caso de estudo n.º 2 revelou um retorno do investimento em aproximadamente nove anos e no final do período de exploração um benefício económico de 14 064 €.

Em qualquer caso de estudo a instalação do SAAP demonstrou ser uma mais-valia para o *campus*, pois permite a utilização de água com menor qualidade em utilizações que não é necessária a utilização de água da rede de abastecimento, e apesar do investimento inicial ser elevado, no final permitirá trazer benefícios económicos e ambientais ao *campus*.





# Bibliografia

---

Almeida, M. *et al.*, (2006). *Uso eficiente da água no sector urbano*. Série de Guias Técnicos 8. Instituto Regulador de Águas Residuais. Instituto da Água e Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Agência Europeia do Ambiente, (2010). *Use of freshwater resource*. Acedido a 28 de fevereiro de 2015 em <http://www.eea.europa.eu/themes/water/water-resources/water-use-by-sectors>

Agência Europeia do Ambiente, (2008). *Water use by sectors*. Acedido a 28 de fevereiro de 2015 em <http://www.eea.europa.eu/themes/water/water-resources/water-use-by-sectors>

Alves, R. (2010). *Uso Eficiente de Água em Edifícios – Tecnologia, Certificação, Incentivos Económicos*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construções Cívicas. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

APA, (2012). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água: implementação 2012-2020*. Agência Portuguesa do Ambiente. Governo de Portugal – Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.

AWE, (2015). *Office Building Introduction*. Obtido de Web site de Alliance for Water Efficiency, acedido a 10 de maio de 2015 em [http://www.allianceforwaterefficiency.org/office\\_buildings.aspx](http://www.allianceforwaterefficiency.org/office_buildings.aspx)

Bertolo, E., (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos de grau de mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

CMP, (2015). *O Clima em Portugal*. Obtido de Web site do Centro Meteo Portugal, acedido a 27 de fevereiro de 2015 em <http://www.centrometeo.pt/>

Coombes, P. (2002). *Rainwater Tanks Revisited: New Opportunities for Urban Water Cycle Management*. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy - University of Newcastle, Austrália.

Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto. *Diário da República n.º 194/95 – I Série – B*. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

Dias, S., Gameiro, J., Henriques, F., (2012). *Uso Eficiente da água no Instituto Politécnico de Leiria*. Relatório de Projeto. Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Ecoágua, (2015). *Obras de Referência*. Obtido de Web site de Ecoágua, Lda, acessido a 05 de maio de 2015 em <http://www.ecoagua.pt/obras.php.html>

Environment Agency, (2008). *Harvesting rainwater for domestic uses*. Rio House, Bristol.

Eficiência Hídrica em Edifícios e Espaços Públicos, (2010). *Universidade de Aveiro no Dep. de Eng.ª Civil aproveita Água da Chuva*. Acessido em 05 de maio de 2015 em <https://eficienciahidrica.wordpress.com/2010/10/23/universidade-de-aveiro-no-dep-de-eng-%C2%AA-civil-aproveita-agua-da-chuva/>

ETA0701, (2012). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP)*. Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Especificação Técnica ANQIP 0701.

ETA0702, (2012). *Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais*. Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Especificação Técnica ANQIP 0702.

Geberit, (2015). *Geberit urinals*. Web site de Gebetir. Acessido a 10 de maio de 2015 em [http://www.geberit.pt/pt\\_pt/target\\_groups/enduser/products\\_enduser/geberit\\_urinals\\_2/flus\\_hes\\_3/flushes.htm](http://www.geberit.pt/pt_pt/target_groups/enduser/products_enduser/geberit_urinals_2/flus_hes_3/flushes.htm)

HHSS, (2015). *Rainwater Tanks*. Obtido de Web site de Home Heating Systems and Solutions. Acedido em 15 de maio de 2015 em <http://www.home-heating-systems-and-solutions.com/rainwater-tanks.html>

Indusa (2015), *Catalogo autoclismos*. Obtido do catalogo de Sanindusa. Acedido a 10 de maio de 2015 em <http://www.sanindusa.pt/index.php?id=7>

Instituto Português do Mar e da Atmosfera, (2015). *Clima de Portugal Continental*. Acedido a 28 de fevereiro de 2015 em <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>

Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro. *Diário da República n.º 249/2005 – I Série A*. Assembleia da República. Lisboa

Magalhães, F. (2013). *Aproveitamento de Águas Pluviais – Aplicação de um Sistema de Aproveitamento a um Hospital*. Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Martins, D. (2009). *Uso eficiente da água nos edifícios*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Oliveira, F. (2008). *Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental – Simulador para avaliação da viabilidade*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico.

PNEUA, (2001). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil com o apoio do Instituto Superior de Agronomia para o Instituto da Água. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.

PNEUA, (2012). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água: Implementação 2012-2020*. Agência Portuguesa do Ambiente. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.

Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de julho. *Diário da República n.º 145/2008 – 1.ª Série*.  
Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

PremierTech, (2015). *Catálogo Digital*. Acedido a 28 de Maio de 2015 em  
[http://www.premiertech.pt/PDF/Catalogo\(PREMIER\\_TECH\)PT.pdf](http://www.premiertech.pt/PDF/Catalogo(PREMIER_TECH)PT.pdf)

Instituto Politécnico de Leiria, (2015). *Relatório de Atividades 2014*. Leiria

RotoMoldagem, (2015). *Tabela de preços*. Disponibilizada pela empresa.

Sacadura, F. (2011). *Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial*. Dissertação  
para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa –  
Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Sampaio, J. (n. d.). *Manual de Instalação de Rega*. Gustavo Cudell, Lda.

Santos, D. (2011). *Aplicação de Medidas de Eficiência Hídrica em Meio Hospitalar: O  
caso do Aproveitamento de Água Pluviais*. Dissertação de Mestrado em Saúde  
Ocupacional. Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra.

Schistek, H. (2001). *A cisterna de tela de cimento*. 3º Simpósio Brasileiro de Captação e  
manejo de água da chuva. Brasil: Paraíba, Campina Grande.

Silva, T. (2012). *Estudo de viabilidade técnico- económico do aproveitamento das águas  
em sistemas prediais*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil.  
Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.

SMAS, (2014). *Tarifário de 2014*. Serviços Municipalizados de Leiria.

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

Tomaz, P. (2003). *Água da Chuva: Aproveitamento de Água da Chuva para Áreas  
Urbanas e Fins não Potáveis*. São Paulo: Navegar Editora

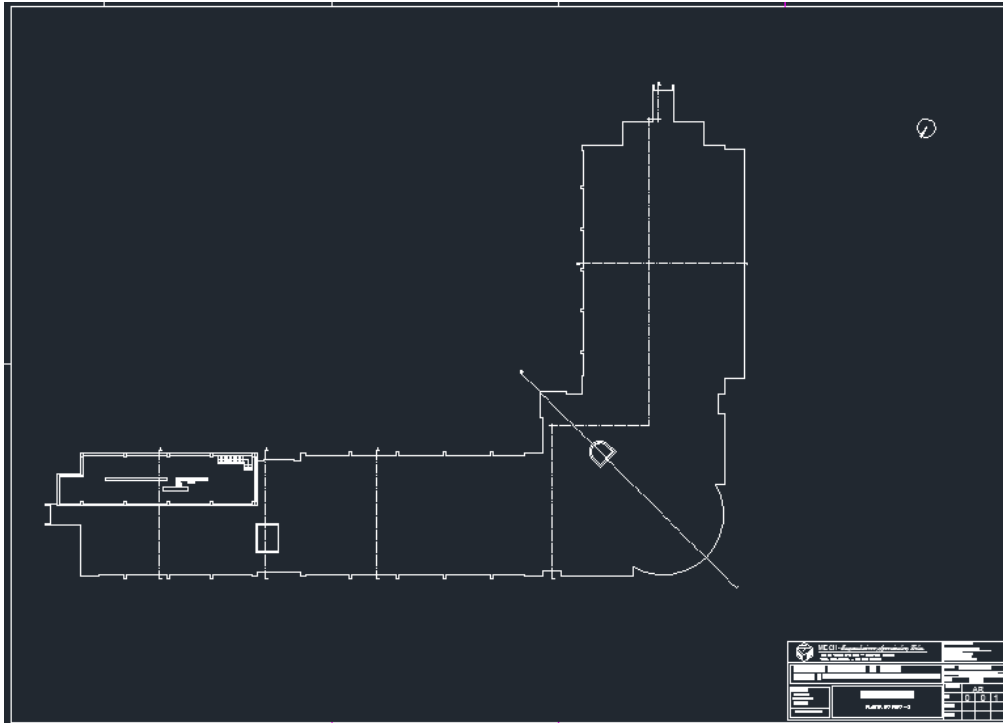
TGRH, (1997). *Texas Guide to Rainwater Harvesting*. Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. Second Edition. Austin, Texas.

Health, (2011). *Guidance on use of rainwater tanks*. The Department of Health – Australian Government. ISBN: 978-1-74241-325-9.

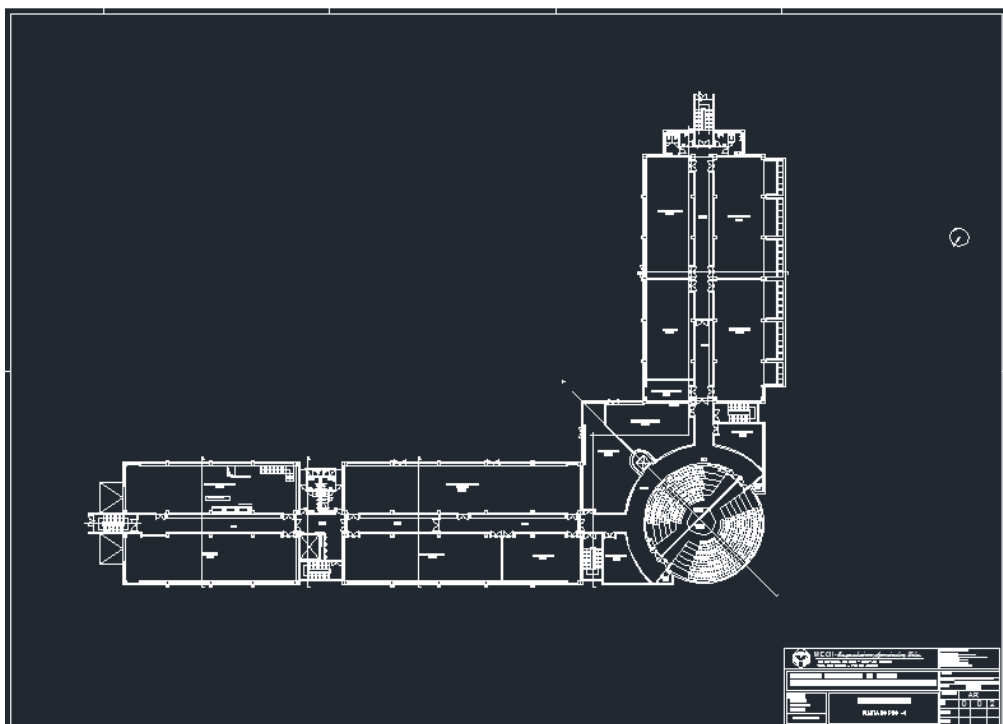
*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Anexo I

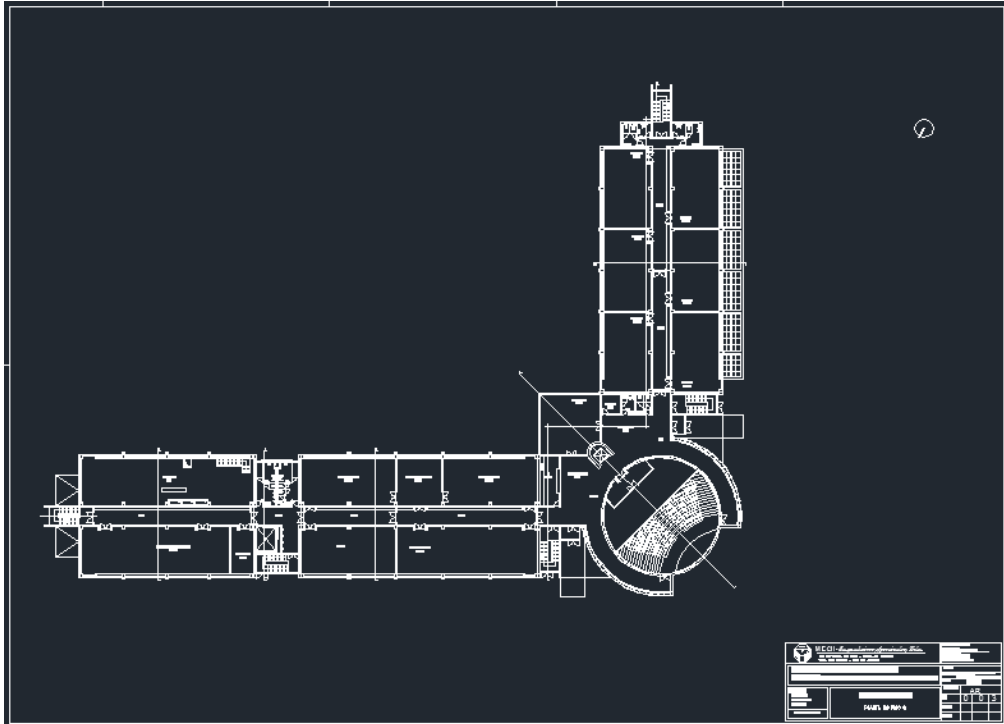
---



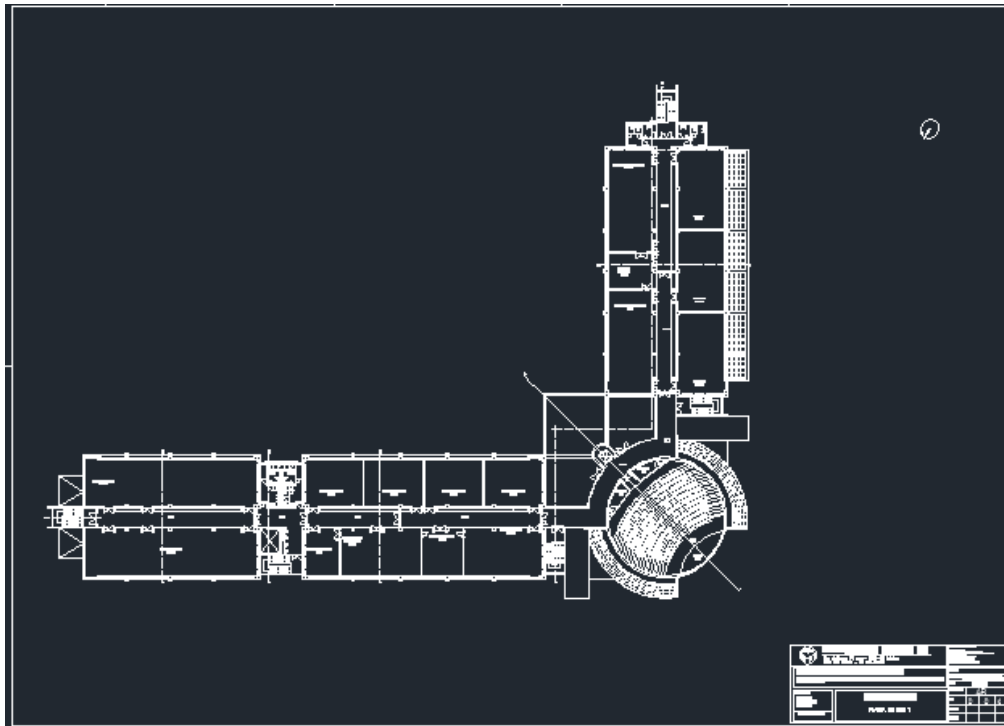
**Figura 29** - Planta Edificio D, piso -2.



**Figura 30** - Planta Edificio D, piso -1.

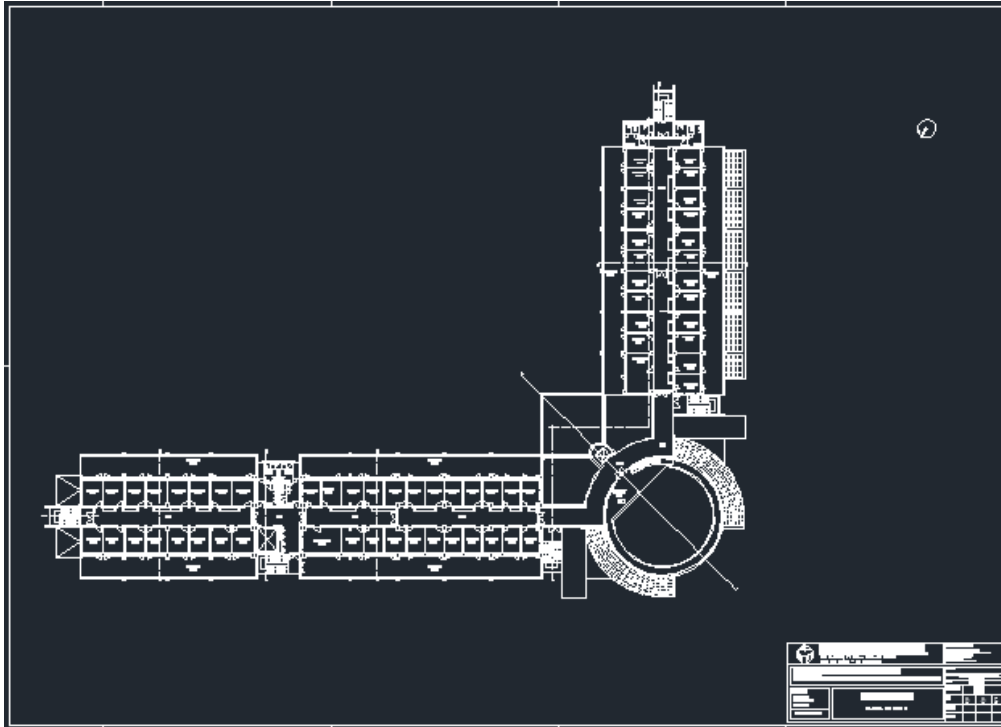


**Figura 31** - Planta Edificio D, piso 0.



**Figura 32** - Planta Edificio D, piso 1.





**Figura 33** - Planta Edifício D, piso 2.

## Anexo II

**Tabela 39** - Dados pluviométricos da estação meteorológica de Leiria.

Semana	Ano										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Média
1		113,4	23,2	24,7	6,8	1,2	9,2	3,2	59,2		30,11
2		50	3,1	55,4	4,3	6,1	6	0,9	23,4		18,65
3		28	3,1	32,8	6	1	14,6	4,1	20,1		13,71
4		107,7	29,8	30,3	2,3	0,3	3,7	19,6	1,4		24,39
5			20,2	1,8	63,6	1	8,8	1,8	8,2		15,06
6			11,2	4	1,7	1,2	0,6	32,3	9,5		8,64
7			0,7	1,8	0,6	0,2	22,5	42,3	0		9,73
8			1,3	38,9	1,4	21,5	36,5	20,1	19,6		19,90
9			20,5	42,4	32	0	15,8	4,1	13,2		18,29
10			2,9	1,3	5,1	0,2	2,7	12,6	0,8		3,66
11			55,3	0,5	14,9	0,4	41	0	12,4		17,79
12			6,7	0,4	0,3	29,5	42,3	0,1	34,5		16,26
13			0,1	38,4	2,8	28,8	1,2	8,9	5,3		12,21
14			22,2	0,4	20	0,1	19,4	21	0,2		11,90
15			8	14	0,5	4,5	11,3	11,7	66,6		16,66
16			0,6	14,8	3,8	10	31,1	7,4	92,3		22,86
17			0,1	12,3	9,6	0,6	0,3	4,8	11,5		5,60
18			6,6	8,3	10,1	0,2	1,2	31,3	2,6		8,61
19			2,9	0,7	6,3	16,1	0,2	0,1	17		6,19
20			8	0,2	2,1	6	0,1	0,5	9,2		3,73
21			13,8	0,7	3,7	1	0,7	20,2			6,68
22			0,3	2,2	0,8	0,1	0,1	2,4		0,1	0,86
23			13,1	3,8	0,1	0,1	1,2	0,9		18,8	5,43
24			0,1	0,1	0	0,2	23,5	47,1		0,9	10,27
25			0,2	0	0,1	0,1	0	8,3		1,5	1,46
26			0	0,8	3,5	2,3	0	0,7		11,8	2,73
27			0	7,3	0,2	0,1	0,9	1,1		0,8	1,49
28			1,7	0,6	0,6	0,1	0,1	0,1		0,7	0,56
29			0	3	0	1,1	2,3	8		0,4	2,11
30			0	0,2	0,1	9,2	0,1	5,5		12,2	3,90
31			0,1	0,3	0,1	0	0	0		2,7	0,46
32			1,8	8,6	1,3	11,1	0,2	0,6		0,2	3,40
33			0,1	0,1	10,6	0	26,2	6		0,1	6,16
34			0,5	0,1	22,8	0,6	0,4	1,1		0	3,64
35			0,1	19,9	0,3	0,1	0,3	0,6		0,4	3,10
36			1,2	0,6	40,5	10,4	0,2	0,2		2,3	7,91
37			15,3	1,2	2,1	0,1	2,1	3,1		0,1	3,43
38			62,4	0	1,4	0,3	28,1	53,9		5	21,59
39			13,1	1,6	0,4	0,4	14	6,8		0	5,19
40	0		25,5	62,9	0,2	0	14,5	3,9		0,3	13,41
41	46,2	19,8	32,4	14,1	14	50,1	10	0,3		37,9	24,98
42	42,7	69,2	25,6	11,2	17	16,7	92,2	0,9		0	30,61
43	0	6,6	24,1	19,1	66,9	36,7	82,5	0,5		51,3	31,97
44	59	20,4	15,2	64,7	101,3	29,3	19,9	0,1		3,8	34,86
45	12,1	0	1,5	1,9	12,9	14,6	9,4	0		23,7	8,46
46	26,8	1,1	64,6	34,9	0,6	17,6	38,7	0,5		40,1	24,99
47	70,5	3,6	69,9	16,7	1	17,8	76,4	55,2		42,4	39,28
48	88,7	10,7	13,8	14,4	1,7	40,8	32,2	0,7		37,6	26,73
49	96,9	0,8	7,1	32,7	46,8	2,6	67	5,5		31,1	32,28
50	20,8	0,2	49,8	9,2	1,1	0,6	0,7	0,3		0,3	9,22
51	62,1	1,2	14,8	9,1	1,5	0,1	1	7,6		17,7	12,79
52	67,4	1,2	40,3	4,1	10,2	29,7	0,7	7,5		25,6	20,74

## Anexo III

Tabela 40 – Rendimento anual exploração do SAAP, caso de estudo n.º 1.

Ano	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	10	320	630	940	1250	1560	1870	2180	2490	2800
Rendimento 1º Ano (€)	420	776	1126	1425	1705	1898	2029	2111	2111	2111
Rendimento 2º Ano (€)	841	1552	2253	2849	3411	3796	4059	4223	4223	4223
Rendimento 3º Ano (€)	1261	2328	3379	4274	5116	5694	6088	6334	6334	6334
Rendimento 4º Ano (€)	1681	3104	4505	5699	6822	7592	8117	8445	8445	8445
Rendimento 5º Ano (€)	2102	3880	5632	7123	8527	9490	10147	10557	10557	10557
Rendimento 6º Ano (€)	2522	4656	6758	8548	10233	11388	12176	12668	12668	12668
Rendimento 7º Ano (€)	2942	5432	7884	9973	11938	13286	14205	14779	14779	14779
Rendimento 8º Ano (€)	3363	6208	9011	11397	13644	15184	16235	16891	16891	16891
Rendimento 9º Ano (€)	3783	6984	10137	12822	15349	17083	18264	19002	19002	19002
Rendimento 10º Ano (€)	4204	7760	11263	14246	17054	18981	20293	21113	21113	21113
Rendimento 11º Ano (€)	4624	8537	12390	15671	18760	20879	22323	23225	23225	23225
Rendimento 12º Ano (€)	5044	9313	13516	17096	20465	22777	24352	25336	25336	25336
Rendimento 13º Ano (€)	5465	10089	14642	18520	22171	24675	26381	27447	27447	27447
Rendimento 14º Ano (€)	5885	10865	15769	19945	23876	26573	28411	29559	29559	29559
Rendimento 15º Ano (€)	6305	11641	16895	21370	25582	28471	30440	31670	31670	31670
Rendimento 16º Ano (€)	6726	12417	18022	22794	27287	30369	32469	33781	33781	33781
Rendimento 17º Ano (€)	7146	13193	19148	24219	28993	32267	34499	35893	35893	35893
Rendimento 18º Ano (€)	7566	13969	20274	25644	30698	34165	36528	38004	38004	38004
Rendimento 19º Ano (€)	7987	14745	21401	27068	32403	36063	38557	40115	40115	40115
Rendimento 20º Ano (€)	8407	15521	22527	28493	34109	37961	40587	42226	42226	42226
Rendimento 21º Ano (€)	8827	16297	23653	29918	35814	39859	42616	44338	44338	44338
Rendimento 22º Ano (€)	9248	17073	24780	31342	37520	41757	44645	46449	46449	46449
Rendimento 23º Ano (€)	9668	17849	25906	32767	39225	43655	46675	48560	48560	48560
Rendimento 24º Ano (€)	10089	18625	27032	34191	40931	45553	48704	50672	50672	50672
Rendimento 25º Ano (€)	10509	19401	28159	35616	42636	47451	50733	52783	52783	52783
Rendimento 26º Ano (€)	10929	20177	29285	37041	44342	49350	52763	54894	54894	54894
Rendimento 27º Ano (€)	11350	20953	30411	38465	46047	51248	54792	57006	57006	57006
Rendimento 28º Ano (€)	11770	21729	31538	39890	47752	53146	56821	59117	59117	59117
Rendimento 29º Ano (€)	12190	22505	32664	41315	49458	55044	58851	61228	61228	61228
Rendimento 30º Ano (€)	12611	23281	33790	42739	51163	56942	60880	63340	63340	63340
Rendimento 31º Ano (€)	13031	24057	34917	44164	52869	58840	62910	65451	65451	65451
Rendimento 32º Ano (€)	13451	24833	36043	45589	54574	60738	64939	67562	67562	67562
Rendimento 33º Ano (€)	13872	25610	37169	47013	56280	62636	66968	69674	69674	69674
Rendimento 34º Ano (€)	14292	26386	38296	48438	57985	64534	68998	71785	71785	71785
Rendimento 35º Ano (€)	14712	27162	39422	49863	59691	66432	71027	73896	73896	73896
Rendimento 36º Ano (€)	15133	27938	40548	51287	61396	68330	73056	76008	76008	76008
Rendimento 37º Ano (€)	15553	28714	41675	52712	63101	70228	75086	78119	78119	78119
Rendimento 38º Ano (€)	15973	29490	42801	54136	64807	72126	77115	80230	80230	80230
Rendimento 39º Ano (€)	16394	30266	43927	55561	66512	74024	79144	82342	82342	82342
Rendimento 40º Ano (€)	16814	31042	45054	56986	68218	75922	81174	84453	84453	84453
Rendimento 41º Ano (€)	17235	31818	46180	58410	69923	77820	83203	86564	86564	86564
Rendimento 42º Ano (€)	17655	32594	47307	59835	71629	79718	85232	88676	88676	88676
Rendimento 43º Ano (€)	18075	33370	48433	61260	73334	81617	87262	90787	90787	90787
Rendimento 44º Ano (€)	18496	34146	49559	62684	75040	83515	89291	92898	92898	92898
Rendimento 45º Ano (€)	18916	34922	50686	64109	76745	85413	91320	95010	95010	95010
Rendimento 46º Ano (€)	19336	35698	51812	65534	78450	87311	93350	97121	97121	97121
Rendimento 47º Ano (€)	19757	36474	52938	66958	80156	89209	95379	99232	99232	99232
Rendimento 48º Ano (€)	20177	37250	54065	68383	81861	91107	97408	101344	101344	101344
Rendimento 49º Ano (€)	20597	38026	55191	69808	83567	93005	99438	103455	103455	103455
Rendimento 50º Ano (€)	21018	38802	56317	71232	85272	94903	101467	105566	105566	105566

## Anexo IV

**Tabela 41** - Rendimento anual exploração do SAAP, caso de estudo n.º 1.

Anos de exploração	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )									
	60	87	113	140	167	193	220	247	273	300
Rendimento 1º Ano (€)	1194	1220	1235	1250	1265	1276	1286	1293	1298	1303
Rendimento 2º Ano (€)	2388	2441	2470	2500	2531	2552	2573	2585	2595	2605
Rendimento 3º Ano (€)	3581	3661	3705	3751	3796	3828	3859	3878	3893	3908
Rendimento 4º Ano (€)	4775	4881	4940	5001	5062	5105	5145	5171	5190	5211
Rendimento 5º Ano (€)	5969	6101	6175	6251	6327	6381	6432	6463	6488	6513
Rendimento 6º Ano (€)	7163	7322	7410	7501	7593	7657	7718	7756	7786	7816
Rendimento 7º Ano (€)	8356	8542	8645	8752	8858	8933	9004	9049	9083	9119
Rendimento 8º Ano (€)	9550	9762	9880	10002	10124	10209	10291	10342	10381	10421
Rendimento 9º Ano (€)	10744	10983	11115	11252	11389	11485	11577	11634	11678	11724
Rendimento 10º Ano (€)	11938	12203	12350	12502	12655	12762	12863	12927	12976	13027
Rendimento 11º Ano (€)	13131	13423	13585	13753	13920	14038	14150	14220	14273	14329
Rendimento 12º Ano (€)	14325	14643	14820	15003	15186	15314	15436	15512	15571	15632
Rendimento 13º Ano (€)	15519	15864	16055	16253	16451	16590	16722	16805	16869	16935
Rendimento 14º Ano (€)	16713	17084	17290	17503	17717	17866	18009	18098	18166	18237
Rendimento 15º Ano (€)	17907	18304	18525	18753	18982	19142	19295	19390	19464	19540
Rendimento 16º Ano (€)	19100	19525	19760	20004	20248	20419	20581	20683	20761	20843
Rendimento 17º Ano (€)	20294	20745	20995	21254	21513	21695	21868	21976	22059	22145
Rendimento 18º Ano (€)	21488	21965	22230	22504	22779	22971	23154	23268	23357	23448
Rendimento 19º Ano (€)	22682	23185	23465	23754	24044	24247	24440	24561	24654	24751
Rendimento 20º Ano (€)	23875	24406	24700	25005	25310	25523	25727	25854	25952	26054

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*