

Avaliação do Potencial de Eficiência Hídrica num Pavilhão Industrial: Soluções de Dimensionamento de Reservatório para Aproveitamento de Águas Pluviais

Mariana Schulze

Relatório Final de Projeto apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para
obtenção do **Grau de Mestre em Engenharia da Construção**
no âmbito da **Dupla Diplomação** com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Guarapuava

Orientadora: Professora Doutora Flora Cristina Meireles Silva

Coorientadora: Professora Doutora Mariane Kempka

Bragança, julho de 2020

“A mente que se abre para alguma coisa nova, nunca mais será a mesma.”

(Albert Einstein)

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, às instituições Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelos anos de graduação e ao Instituto Politécnico de Bragança (IPB), especialmente a Escola Superior de Tecnologia e Gestão, pelo programa da dupla diplomação.

Agradeço à empresa *MAutomotive Portugal Unipessoal, Lda* (Mós, Bragança) pelo interesse no estudo de caso e a disponibilidade de dados para que fosse possível o desenvolvimento do trabalho mesmo nesta fase de pandemia do Covid-19. Um agradecimento especial à Dr^a Rita Braz, à Eng^a Ana Carvalho e à Eng^a Eva Akova da Silva pelo apoio prestado e pela disponibilidade para o preenchimento do questionário.

Agradeço à Professora Doutora Flora Silva pela orientação e todo o apoio e tempo disponibilizado durante o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço à Professora Doutora Mariane Kempka pela coorientação, auxílio e correções durante o desenvolvimento do trabalho, e mesmo distante se fez presente.

Agradeço ao Professor Doutor Rodrigo Ribeiro por fazer possível o programa da dupla diplomação entre a UTFPR e o IPB.

Agradeço imensamente aos meus pais, Silvia e Udo Max, e ao meu irmão, Gabriel Max, por tornar todo o meu sonho realidade e se desdobrarem de todas as formas para me apoiar e me ver seguir em frente, sempre acreditando em mim.

Agradeço ao Ary Vinicius por estar comigo desde o início da faculdade e sempre ajudando nos estudos, dando apoio e acreditando em mim.

Agradeço a todos aqueles amigos que fizeram parte dessa jornada de todas as maneiras, dividindo quarto, apartamento, almoços nos finais de semana, entre outros momentos, estando perto ou longe durante toda a jornada.

Resumo

O presente estudo surge pela necessidade de melhorar o gerenciamento do consumo de água num pavilhão industrial. Para isso, é proposta a solução de utilização de água pluvial para fins não potáveis, sendo feita a análise de quatro cenários, sendo que estes se diferem na demanda necessária de água pluvial para abastecer diferentes aparelhos sanitários.

No cenário 1 foi proposta a substituição da água da rede pública pela água pluvial apenas nos autoclismos das bacias de retrete. No cenário 2 esta substituição ocorre nos autoclismos das bacias de retrete e nos fluxómetros de mictórios. O cenário 3 é o que requer maior demanda, pois inclui, além dos autoclismos das bacias de retrete e os fluxómetros de mictórios, os outros usos, os quais incluem a lavagem do pavimento do pavilhão e usos nas máquinas industriais. Já no cenário 4 faz-se a substituição pelo uso da água pluvial apenas para os outros usos.

Os quatro cenários estudados apresentam poupanças de água e economias nas faturas de água. No caso do cenário 3, onde há maior demanda de água pluvial a redução na utilização da água da rede pública chega a 78,06% e a fatura anual de água pode reduzir mais de 4.500,00 €, considerando um reservatório de 85 m³. Enquanto os cenários 1 e 2, mostram uma redução de 14,09% e 17,37% no consumo de água pública, considerando volumes dos reservatórios de 20 m³ e 25 m³, respectivamente, e a redução na fatura anual de água em torno de 1.000,00 €, nos dois casos. No caso do cenário 4, este também apresenta maiores economias, pois os outros usos são parte significativa no consumo do pavilhão, como 62,12% e mais de 3.500,00 €, considerando para este caso um reservatório de 60 m³.

Desta forma, os cenários que se mostram mais eficientes são o cenário 3 e o cenário 4. O cenário 3 por ter a maior demanda e, possivelmente, um rápido retorno financeiro. O cenário 4 por conter a porção de maior demanda no consumo e, possivelmente, aproveitar da rede já existente, diminuindo os custos de instalação.

Palavras-chave: Eficiência hídrica; Aproveitamento de águas pluviais; Pavilhão industrial.

Abstract

The present work appears with the necessity to improve the water consumption management in an industrial building. Therefore, a solution of rainwater use for non-drinkable purposes is proposed, analyzing four scenarios, which differ in the required rainwater demand to supply different sanitary appliances.

In scenario 1, the substitution of public water for rainwater in toilet bowl flush toilets was suggested. In scenario 2 the substitution is in toilet bowl flush toilets and urinal flowmeters. The scenario 3 is the one which requires greater demand, it includes toilet bowl flush toilets, urinal flowmeters and other uses, which include the water for washing the pavilion's floor and uses in the industrial machines. For scenario 4, the substitution by the rainwater is only to other uses.

The four studied scenarios feature water savings and reduction on the water bill. In scenario 3, which has a greater demand of rainwater, the reduction of public water is about 78.06% and the annual water bill reduces more than €4,500.00, considering an 85 m³ reservoir. While scenarios 1 and 2 show reduction of 14.09% and 17.37% in public water consumption, considering reservoir volumes of 20 m³ and 25 m³, respectively, and the invoice decrease about €1,000.00, in both cases. In scenario 4 also shows high savings, because the other uses are significant part of the consumption, reducing 62.12% and more than €3,500.00, considering for this case a 60 m³ reservoir.

The scenarios 3 and 4 are the ones that proved to be more efficient. The 3 because of the large demand of water and, possibly a fast payback. The 4th scenario due to highest portion of water demand and, potential use of the existent water network, lowering the cost of installation.

Keywords: Water efficiency; Rainwater harvesting system; Industrial pavilion.

Conteúdo

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras	xii
Lista de Abreviaturas.....	xiv
Lista de Símbolos.....	xvi
Lista de Termos Português PT – Português BR.....	xviii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento do Tema	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Descrição do Plano de Trabalho	4
1.4 Estrutura da Dissertação	4
2 Estado da Arte	6
2.1 Recurso Água.....	6
2.1.1 A água e o saneamento básico.....	7
2.1.2 A situação de Portugal.....	9
2.1.3 A situação de Bragança	14
2.2 Gerenciamento Eficiente dos Recursos Hídricos.....	15

2.2.1	Consumo de água em edifícios.....	16
2.2.2	Redução e controle do consumo de água nas edificações	20
2.2.3	Certificação e Rotulagem da Eficiência Hídrica	21
2.3	Captação da Água da Chuva	27
2.3.1	Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais	30
2.4	Reciclagem da Água: Águas Cinzentas	40
2.4.1	Dimensionamento do Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas	42
3	Metodologia de Trabalho	44
3.1	Descrição do Pavilhão Industrial	44
3.2	Descrição dos Dispositivos de Utilização Existentes	45
3.2.1	Caudais dos Aparelhos Sanitários	46
3.3	Proposta de Soluções para Redução do Consumo de Água Potável.....	50
3.3.1	Consumo de Água no Pavilhão Industrial.....	50
3.3.2	Soluções para Redução do Consumo de Água Potável.....	53
4	Resultados e Discussão	55
4.1	Cálculo da Demanda	55
4.2	Verificação do volume do reservatório.....	56
4.2.1	Cenário 1	56
4.2.2	Cenário 2	61
4.2.3	Cenário 3	66
4.2.4	Cenário 4	72
4.2.5	Resumo dos volumes de reservatório para água da chuva calculados	77
4.3	Redução do Consumo Anual com a Utilização de Água Pluvial.....	80
5	Conclusão e Proposta para Trabalhos Futuros	82

5.1	Conclusão.....	82
5.2	Propostas para Trabalhos Futuros.....	83
ANEXOS		91
ANEXO A – Plantas Hidrossanitárias do Pavilhão Industrial em Estudo		92
ANEXO B – Questionário.....		101
ANEXO C – Precipitação Média Mensal ao longo dos Anos do Município de Bragança (2010 – 2019)		106
ANEXO D – Mapa Auxiliar para Dimensionamento de Reservatório de Água Pluvial.....		108

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Principais bacias hidrográficas.....	2
Tabela 2 - Fases e períodos do desenvolvimento do trabalho e respectiva descrição.....	4
Tabela 3 - Regiões e bacias hidrográficas de Portugal.....	12
Tabela 4 - Estimativa de consumo diário de água no Brasil	17
Tabela 5 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos	24
Tabela 6 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a chuveiros e sistemas de duche	25
Tabela 7 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório	26
Tabela 8 - Condições para a atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha	26
Tabela 9 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a fluxómetros de mictórios.....	26
Tabela 10 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento C	32
Tabela 11 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização	33
Tabela 12 - Frequência da manutenção dos componentes do SAAP segundo a ANQIP.....	39
Tabela 13 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis	39
Tabela 14 - Frequência de manutenção dos componentes do SAAP segundo a NBR.....	40
Tabela 15 - Balanço hídrico em edifícios residenciais com dispositivos eficientes (valores médios em litros por habitante e por dia).....	43
Tabela 16 - Dispositivos sanitários presentes no pavilhão.....	46
Tabela 17 - Estimativa da distribuição do consumo anual de água no pavilhão industrial.....	51

Tabela 18 - Tarifas fixas e variáveis para Comércio e Indústrias no município de Bragança .	52
Tabela 19 – Estimativa do consumo de água a ser substituída por água pluvial por cenário por ano	55
Tabela 20 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 1	57
Tabela 21 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 1	58
Tabela 22 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 1	58
Tabela 23 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 1	60
Tabela 24 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 1	60
Tabela 25 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 2	62
Tabela 26 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 2.....	63
Tabela 27 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 2	63
Tabela 28 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 2	65
Tabela 29 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 2.....	65
Tabela 30 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 3	67
Tabela 31 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 3.....	68
Tabela 32 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 3	68
Tabela 33 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 3	70
Tabela 34 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 3.....	70
Tabela 35 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 4	72
Tabela 36 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 4.....	73
Tabela 37 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 4	74
Tabela 38 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 4	75
Tabela 39 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 4.....	76

Tabela 40 - Resumo dos valores encontrados para o volume do reservatório em cada cenário	79
Tabela 41 – Estimativa de redução anual na fatura de água	81
Tabela C.1 - Precipitação média mensal ao longo dos anos do município de Bragança (2010 – 2019).....	107
Tabela D.1 - Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 1.....	109
Tabela D.2 - Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 2.....	110
Tabela D.3 - Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 3.....	111
Tabela D.4 - Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 4.....	112

Lista de Figuras

Figura 1 - Proporção da população que possuía acesso a água potável em 2017 (%)	7
Figura 2 - Proporção da população que possuía acesso ao saneamento básico em 2017 (%) ...	8
Figura 3 - Águas residuais no ciclo da água.....	9
Figura 4 - Precipitação média anual de Portugal Continental	10
Figura 5 - Exploração dos recursos renováveis de água doce em Portugal (1990 - 2017)	11
Figura 6 - Regiões hidrográficas de Portugal Continental	13
Figura 7 - Variação da procura de água entre 2000 e 2009.....	16
Figura 8 - Volumes de água utilizados por setor (hm ³ /ano).....	18
Figura 9 - Estrutura do consumo doméstico de referência (sem considerar usos exteriores) ..	18
Figura 10 - Consumo de água nas indústrias de Portugal.....	19
Figura 11 - Princípio dos 5R para eficiência hídrica dos edifícios	21
Figura 12 - Classes de eficiência hídrica dos aparelhos sanitários	22
Figura 13 - Descrição do rótulo ANQIP	22
Figura 14 - Sistema sifónico de drenagem de coberturas.....	28
Figura 15 - Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP).....	29
Figura 16 – Carta de isoietas em Portugal continental (mm).....	31
Figura 17 - Identificação para dispositivos com água não potável	38
Figura 18 – Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC)....	42
Figura 19 - Pavilhão industrial <i>Mautomotive</i> : (a) Entrada principal da <i>Mautomotive</i> ; (b) Interior do pavilhão industrial	45
Figura 20 -Localização do pavilhão industrial: (a) Zona Industrial Mos, Bragança; (b) Vista aérea	45

Figura 21 - Torneira de lavatório presente no pavilhão industrial	46
Figura 22 - Modelo de torneira de lavatório de referência Erix	47
Figura 23 - Torneira de cozinha presente no pavilhão industrial	47
Figura 24 - Modelo de referência de torneira de cozinha Erix.....	48
Figura 25 - Autoclismo presente no pavilhão industrial	48
Figura 26 - Urinól presente no pavilhão industrial	49
Figura 27 - Duche presente no pavilhão industrial	49
Figura 28 - Modelo de referência de misturador de duche Erix.....	50
Figura 29 – Estimativa do consumo mensal de água do pavilhão industrial	51
Figura 30 – Estimativa da distribuição do consumo de água no pavilhão industrial	52
Figura 31 - Precipitação média mensal da região de Bragança (2010 - 2019).....	54
Figura 32 - Volume do reservatório de acordo com o aproveitamento de água pluvial pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 3	71
Figura 33 - Volume do reservatório de acordo com o aproveitamento de água pluvial pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 4	77
Figura 34 – Estimativa do consumo reduzido anualmente em relação ao total consumido.....	80
Figura A.1 - Planta da rede predial de distribuição de água – Implantação.....	93
Figura A.2 -Planta da rede predial de distribuição de água – Rés do Chão	94
Figura A.3-Planta da rede predial de distribuição de água – Piso 1.....	95
Figura A.4 -Planta da rede predial de drenagem de águas residuais – Implantação	96
Figura A.5 -Planta da rede predial de drenagem de águas residuais – Rés do Chão	97
Figura A.6 -Planta da rede predial de drenagem de águas residuais – Piso 1	98
Figura A.7 -Planta da rede predial de drenagem de águas pluviais – Cobertura	99
Figura A.8 -Planta da rede predial de drenagem de águas pluviais – Implantação.....	100

Lista de Abreviaturas

ABNT – Agência Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

EEA – *European Environment Agency*

EPAL – Empresa Portuguesa de Águas Livres

ETA – Especificação Técnica ANQIP

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

IPB – Instituto Politécnico de Bragança

IPMA – Instituto Português do Mar e Atmosfera

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NBR – Norma Técnica Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PNA – Plano Nacional da Água

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

SPRAC – Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural*

UNICEF – *United Nations Children's Fund*

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

VMA – Valor Máximo Admissível

VMR – Valor Máximo Recomendado

WEI+ – *Water Exploitation Index Plus*

WONE – *Water Optimization for Network Efficiency*

Lista de Símbolos

A – Área de captação de chuva, em m^2

A_p – Valor numérico da área de coleta em projeção, em m^2

C – Coeficiente de escoamento superficial

C_{AE} – Consumo anual estimado, em l

D – Valor numérico da demanda anual da água não potável, em l

D_t – Demanda ou consumo no tempo t

I – Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm

N – Número de meses considerado, geralmente 12 meses

N_c – Número máximo de dias de retenção da água na cisterna, em dias

N_r – Número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda

η_f – Eficiência hidráulica da filtragem, adimensional

P – Pluviosidade média anual no local da instalação, em mm

P_a – Valor numérico da precipitação média anual, em mm

P_{alt} – Altura da precipitação a desviar em mm

P_m – Precipitação média mensal

P_t – Precipitação da chuva no tempo t

P_r – Falha

P' – Altura da precipitação a desviar, em mm

Q – Volume mensal produzido pela chuva

Q_t – Volume de chuva aproveitável no tempo t

S_t – Volume de água no reservatório no tempo t

S_{t-1} – Volume de água no reservatório no tempo t-1

T – Valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca

U – Número de moradores ou utentes do edifício, hab

V – Valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, em l

V_a – Volume anual de água da chuva aproveitável, em l

$V_{adotado}$ – Valor numérico do volume de água do reservatório, em l

V_{ap} – Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório, em l

V_d – Volume a desviar do sistema, em l

V_t – Volume de água que está no taque no fim do mês t

V_{t-1} – Volume de água que está no tanque no início do mês t

V_1 – Volume aproveitável em l

V_2 – Volume consumido, em l

Lista de Termos Português PT – Português BR

Autoclismo – Descarga

Bacia de retrete – Vaso sanitário

Bicha (duche) – Mangueira flexível anelada para chuveiro

Camiões – Caminhões

Casa de banho – Banheiro

Caudal – Vazão

Consumo – Demanda

Desinfecção – Desinfecção

Duche – Chuveiro

Facto – Fato

Fluxómetro – Válvula de descarga

Fontes de água, superficiais ou subterrâneas, que podem ser usadas para o abastecimento público – Mananciais

Gestão - Gerenciamento

Lavandaria – Lavanderia

Paragem – Fazer parar

Planear – Planejar

Plantas das redes prediais de águas – Plantas hidrossanitárias

Recetividade - Receptividade

Recolha – Coleta

Registrar – Registrar

Rés do chão – Pavimento térreo

Quotidiano – Cotidiano

Sanitas – Vaso sanitário

Urinól – Mictório

Capítulo 1

1 Introdução

No presente capítulo tem-se o enquadramento e justificação do tema, os objetivos principal e secundários da pesquisa, a descrição do plano de trabalho e a forma com está organizada a dissertação.

1.1 Enquadramento do Tema

O consumo de água varia de acordo com a época do ano, com as regiões turísticas e a agricultura, exigindo, a última, maiores quantidades de água em determinados períodos. Outros fatores intervenientes na disponibilidade hídrica são o crescimento da população, região e clima da localidade, a precipitação atmosférica, a temperatura e a evapotranspiração. O gerenciamento do recurso hídrico, de entre outros objetivos, visa a proteção dos ecossistemas e das águas naturais de boa qualidade. Esse trabalho é de suma importância devido à degradação decorrente da poluição antropogénica, limitando fortemente a utilização destas águas (MARECOS DO MONTE & ALBUQUERQUE, 2010).

O Conselho Nacional da Água indica que cerca de 60% da água doce disponível no planeta se concentra em 9 países, sendo estes o Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, USA, Índia, Colômbia e República Democrática do Congo, de forma que 15% do escoamento total da Terra se concentra nas bacias hidrográficas dos rios Amazonas e Orinoco localizadas na América do Sul (CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA², s.d.).

A Tabela 1 apresenta as principais bacias hidrográficas presentes no planeta e por ela observa-se que Portugal possui escassos e pequenos lagos naturais, visto que as bacias que integram a região de Portugal são apenas as 5 últimas (Douro, Tejo, Minho, Guadiana e Lima), as quais abrangem pouco mais de 0,5% do escoamento total. Desta forma, a maior parte da água doce disponível em Portugal ocorre na forma de precipitação e é distribuída irregularmente em seu território. Essa distribuição é influenciada pela sazonalidade das precipitações que se concentram entre o final do outono e início da primavera, causando períodos de cheias e secas (CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA¹, s.d.).

Tabela 1 - Principais bacias hidrográficas

Região	Rios	Escoamento Total num Ano (km³)	Área da Bacia Hidrográfica (km²)
América do Sul	Amazonas e Orinoco	6.500	7.930.000
China	Yangtze	1.000	1.808.500
Ásia	Brahmaputra	900	651.334
Rússia	Yenisey	620	2.580.000
Mianmar	Irrawaddy	500	416.710
Rússia	Ob	500	2.972.497
Ásia	Mekong	450	795.000
Rússia	Lena	450	2.500.000
Ásia	Fly e Sepik	300	156.321
Canadá	Mackenzie	250	1.805.200
América do Norte	Yukon	150	854.696
Portugal e Espanha	Douro	23	97.600
Portugal e Espanha	Tejo	17	80.600
Portugal e Espanha	Minho	12	17.080
Portugal e Espanha	Guadiana	7	6.800
Portugal e Espanha	Lima	4	2.480

Fonte: (Adaptada de CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA², s.d.)

O uso dos recursos hídricos, em Portugal, é norteado pelo Plano Nacional da Água (PNA) de 2015, o qual visa proteger e gerenciar os recursos hídricos disponíveis baseado em três principais pilares: proteção e requalificação da água, incentivo ao uso sustentável e atenuação dos efeitos das secas e inundações (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2015). Ao encontro desses objetivos seguem, ainda, os Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) números 6 (assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e

todos), 11 (tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis) e 12 (assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis) (ONU, 2015)

Sendo assim, a requalificação não total da água, seja residual ou de chuva, é parte importante na conservação dos recursos hídricos. No caso das águas residuais essa requalificação já acontece de forma não planeada quando voltam, após o tratamento, à natureza para o ciclo da água e são novamente utilizadas. Porém, deve-se planejar esta reutilização no ambiente em que foi produzida, seja na agricultura ou rega paisagística ou nas indústrias, com vista à sustentabilidade e ao atendimento dos ODS (MARECOS DO MONTE & ALBUQUERQUE, 2010; NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2015).

É tendência mundial o reaproveitamento das águas pluviais, seja na América do Sul, América do Norte ou Europa. Essa água, dependendo da sua utilização, não precisa de tratamento. De acordo com Verdade (2008) cerca de 60% da água utilizada nas atividades domésticas não necessita de água potável, como limpeza de bacias de retrete, rega, lavagem de pátios, entre outras. O mesmo autor apresenta, ainda, outra vantagem com o aproveitamento de água da chuva: ao ser coletada, deixa de ir para a rede pública, diminuindo os casos de falhas nos sistemas de drenagem urbana e também o impacto nas ETARs.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a eficiência hídrica de um pavilhão industrial localizado na sub-região de Terras de Trás-os-Montes de Portugal.

E tem como objetivos secundários:

- Identificar os aparelhos sanitários, e suas eficiências, utilizados no pavilhão industrial;
- Propor modificações no padrão de consumo da água, tanto nos hábitos humanos como na eficiência de aparelhos sanitários;
- Sugerir a instalação de um sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis;
- Avaliar os diferentes volumes de reservatórios de acordo com a norma brasileira ABNT NBR 15527:2007, a especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015) e o mapa auxiliar de dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) apresentado em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017);

- Fazer uma comparação entre os diferentes métodos de dimensionamento propostos pela ABNT NBR 15527:2007, pela especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015) e pelo mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

1.3 Descrição do Plano de Trabalho

Para concretização dos objetivos, o plano de trabalho inclui quatro fases: a revisão bibliográfica, a recolha de dados, a análise dos dados recolhidos e a redação do trabalho, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Fases e períodos do desenvolvimento do trabalho e respectiva descrição

Fases	Tipo de Trabalho	Descrição	Período de Realização
I		Revisão bibliográfica – pesquisa em artigos científicos e trabalhos académicos sobre o tema	setembro de 2019 a maio de 2020
II	Recolha de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Análise das plantas referentes às redes prediais de águas do edifício; • Coleta de informações do consumo de água no edifício, número de utilizadores e frequência de utilização; • Ensaios para obtenção dos caudais dos aparelhos sanitários; • Aplicação de um questionário aos funcionários da empresa. 	abril a maio de 2020
III	Análise de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Delineação de propostas para eficiência hídrica do edifício; • Dimensionamento de um reservatório para abastecimento com utilização de água pluvial para fins não potáveis; • Comparação entre os diferentes métodos de dimensionamento de reservatório. 	maio a junho de 2020
IV		Redação do trabalho	novembro de 2019 a junho de 2020

Fonte: (Autora, 2020)

1.4 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho é composto por cinco capítulos: Introdução, Estado da Arte, Metodologia de Trabalho, Resultados e Discussão e Conclusão. O primeiro capítulo compõe a Introdução, a qual apresenta o enquadramento do tema, os objetivos do trabalho e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo abrange o Estado da Arte. Nesse capítulo, faz-se um mapeamento dos estudos que estão sendo desenvolvidos na área de eficiência hídrica. O item 2.1, intitulado Recurso Água, traz informações sobre o recurso água no planeta e em Portugal. O item 2.2, Gerenciamento Eficiente dos Recursos Hídricos, aborda a importância do adequado gerenciamento dos recursos hídricos no que tange à proteção dos mananciais, nos usos múltiplos e no interior das edificações. O terceiro item, cujo contexto é interno às edificações e reporta à avaliação do consumo de água, à certificação e rotulagem da eficiência hídrica e à política dos 5R. O quarto item aborda a captação da água da chuva, a reciclagem da água e os respectivos procedimentos de dimensionamento.

No terceiro capítulo, intitulado Metodologia de Trabalho, é apresentada a descrição do pavilhão industrial com detalhes dos dispositivos utilizados, caudais e as considerações adotadas para a construção da proposta de soluções para redução do consumo de água potável e como os resultados foram avaliados.

O quarto capítulo, Resultados e Discussão, apresenta os dados coletados e as respectivas análises e a análise da viabilidade técnica das soluções apresentadas.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho e as propostas para trabalhos futuros. São listadas as referências bibliográficas e, finalmente, os anexos.

Capítulo 2

2 Estado da Arte

Neste capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica estruturada de acordo com os seguintes itens: Recurso água, Utilização eficiente da água, Reaproveitamento de água e Dimensionamento do reservatório para reaproveitamento de água.

2.1 Recurso Água

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), estima-se que a maior parte da água presente no planeta é salgada, sendo que cerca de 97,5% não é própria para consumo direto e nem irrigação. Os outros 2,5% são de água doce, porém destes 69% estão em geleiras, 30% são águas subterrâneas e apenas 1% está presente nos rios.

A água é fundamental para o bom funcionamento dos ecossistemas, mas, também, do corpo humano, tendo funções como solvente e meio de suspensão, lubrificar as articulações, transporte de nutrientes e detritos pelo organismo, regular a temperatura corporal, além de todo o processo de digestão. A percentagem de água presente no corpo varia de acordo com a idade, sexo, massa muscular e percentagem de tecido adiposo presente. Porém os órgãos, em média, 80% dos pulmões, 80% dos rins, 79% do sangue, 77% do coração, 85% do cérebro, 75% dos músculos e 86% do fígado são compostos por água (KOLHS, 2011), influenciando diretamente na qualidade de vida das pessoas. Além disso, a água é um recurso necessário na grande maioria das atividades económicas, principalmente na agricultura e na indústria (LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, 2001).

Em 2017, cerca de 90% da população possuía acesso a água potável, um aumento de 8% em relação ao ano de 2000, onde 86% da população possuía esse acesso. A UNICEF (2019) espera que até 2030, 96% da população tenha acesso a água potável. Desde 2017, 80 países, de 193 (ONU, 2019), possuem mais de 99% da população atendida, tornando-se países classificados como “quase universal”, como indica a Figura 1 (UNICEF, 2019).

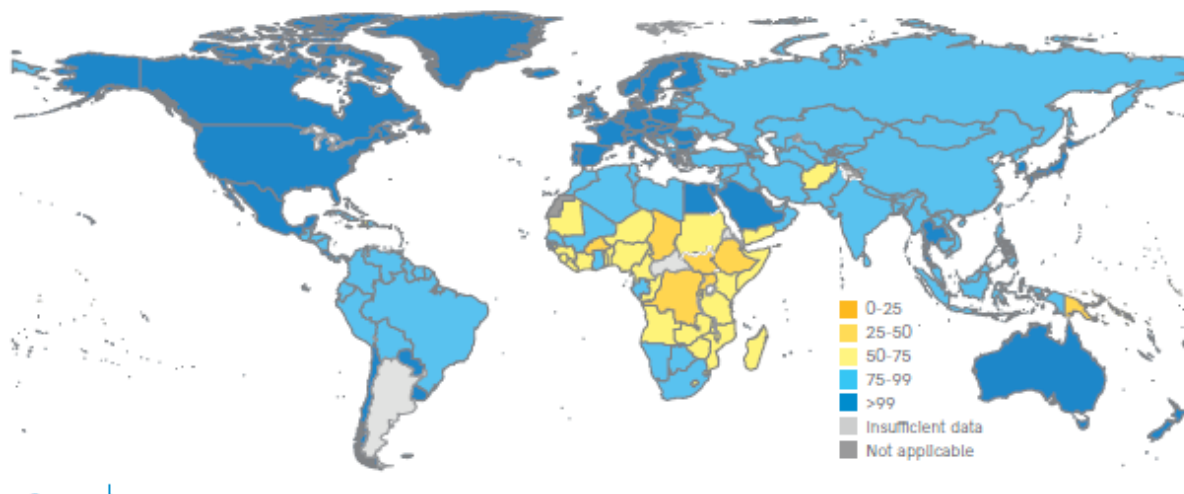


Figura 1 - Proporção da população que possuía acesso a água potável em 2017 (%)

Fonte: (UNICEF, 2019)

O acesso a água potável pode tornar-se ainda mais limitado devido às mudanças climáticas. Os altos índices de chuvas serão responsáveis por cheias cada vez mais extremas causando prejuízos materiais, disseminação de doenças e poluição. Em outras regiões do globo, os períodos de seca serão mais frequentes, assim como a severidade das secas (MARECOS DO MONTE & ALBUQUERQUE, 2010).

2.1.1 A água e o saneamento básico

Em 2017, 74% da população mundial tinha saneamento básico. Apenas 50 países garantiam o saneamento básico para 99% da população, como indica a Figura 2. Em 2000, esse número era de 56%. Nessa perspectiva, para atingir, em 2030, a cobertura universal de saneamento básico a taxa anual atual (1,0%) deve duplicar (UNICEF, 2019).

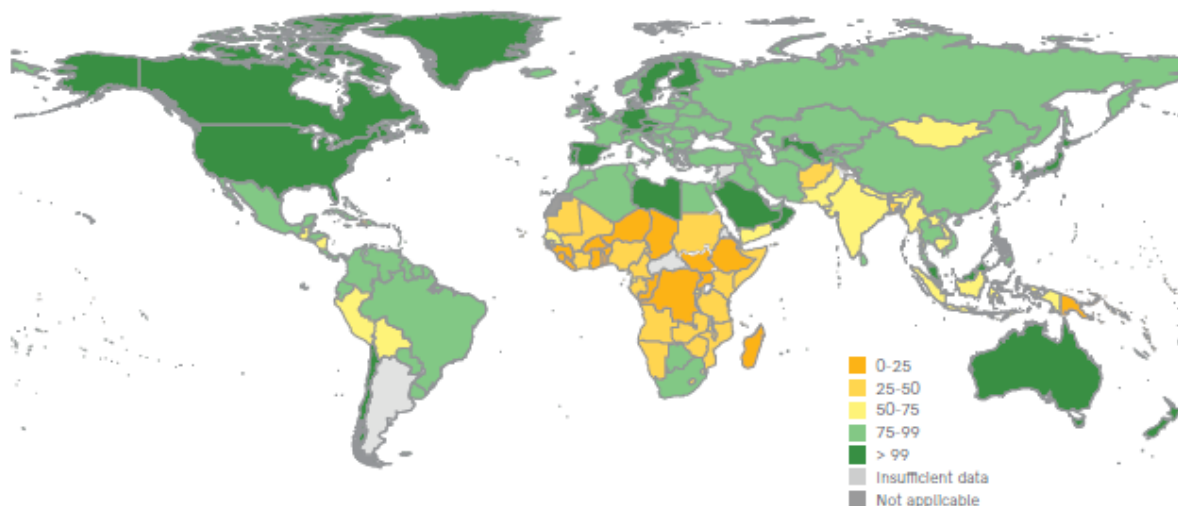


Figura 2 - Proporção da população que possuía acesso ao saneamento básico em 2017 (%)

Fonte: (UNICEF, 2019)

Para que um país ou região garanta saúde e bem-estar para a sua população, este deve ser provido de saneamento básico, composto pelo abastecimento de água e a coleta e tratamento de esgoto. O saneamento básico traz benefícios como a prevenção de doenças, a qual implica diretamente na economia do país, pois melhora a qualidade de vida da população e diminui a mortalidade infantil de forma a contribuir para melhorias na educação e na produtividade da população, além de preservar os recursos hídricos e contribuir para despoluição de rios (TRATA BRASIL, 2019?).

O tratamento de águas residuais é de grande importância para manter o ciclo da água em equilíbrio, para que a água captada volte à natureza. Apesar disso, o saneamento básico tem, ainda, muitas falhas, de modo que grande parte do esgoto é coletado, mas pequena parte é tratado. Por exemplo, na Europa, 71% das águas residuais geradas são tratadas, enquanto na América Latina apenas 20% das águas residuais são tratadas. Tem-se ainda o caso da África, onde, nas regiões central e norte, 51% das águas residuais são tratadas, porém as outras regiões sofrem com a falta de recursos financeiros para investimentos em saneamento básico (UNESCO, 2017).

Na Figura 3 observa-se a trajetória das águas residuais dentro do ciclo da água, as quais podem sair tratadas ou não das residências e indústrias. Se tratadas, podem ser devolvidas ao meio ambiente ou reutilizadas em algumas tarefas domésticas.

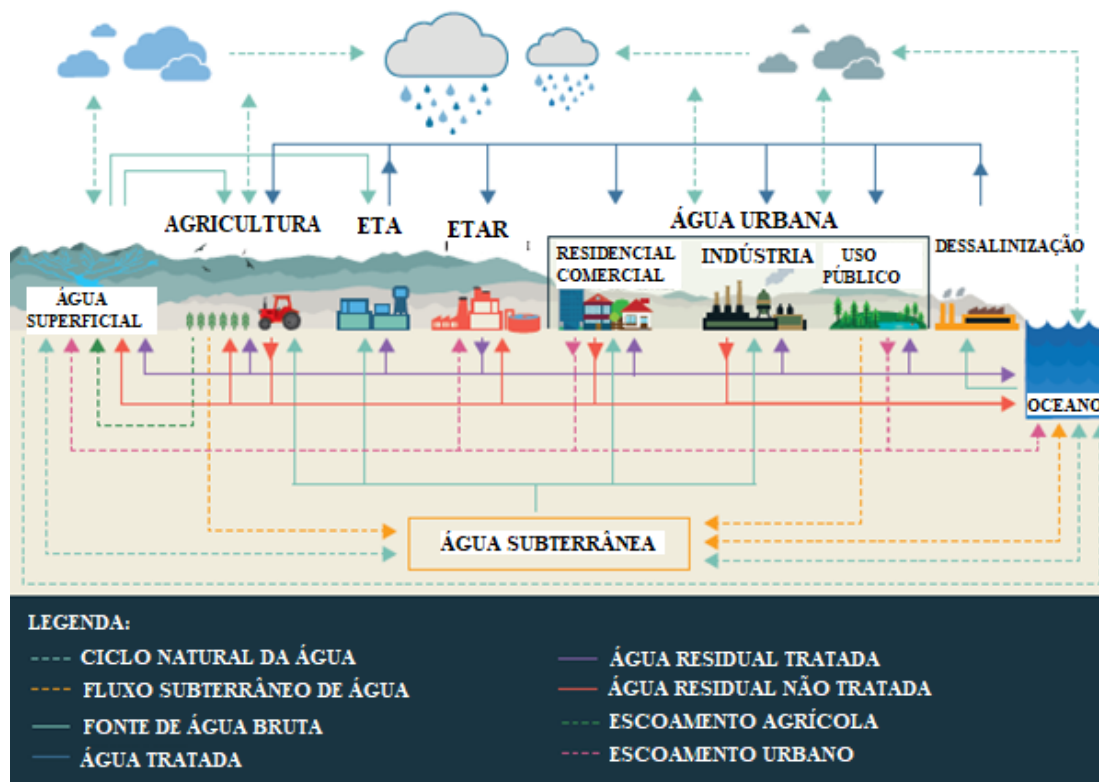


Figura 3 - Águas residuais no ciclo da água

Fonte: (Adaptada de UNESCO, 2017)

2.1.2 A situação de Portugal

Portugal, por ser um país com pouca disponibilidade de lagos naturais, grande parte da água doce no país é adquirida das precipitações que escoam através dos rios e se infiltra nos aquíferos, ficando armazenadas nas albufeiras. Além disso, a distribuição é bastante heterogénea, conforme se pode verificar na Figura 4 (CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA¹, s.d.). Ainda na Figura 4 verifica-se que pouco mais de 50% do território português apresenta precipitações anuais entre 601 a 900 mm. As precipitações mais abundantes concentram-se mais ao norte, nas regiões de Viana do Castelo e Braga. Enquanto no Brasil, segundo o SNIRH¹ (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, 2020), grande parte do país possui precipitações anuais entre 1000 e 2400 mm, concentrando as precipitações mais elevadas na região norte do país.

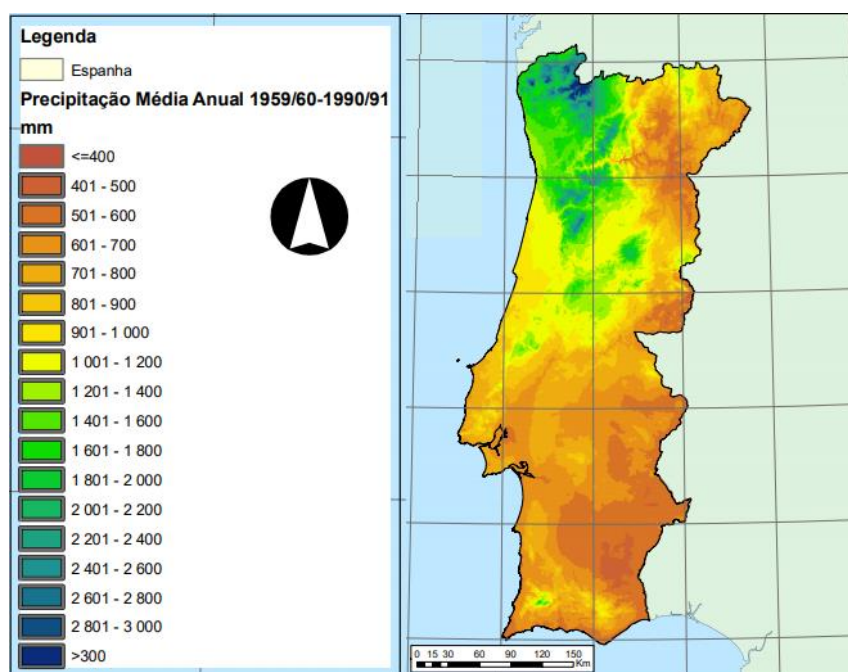


Figura 4 - Precipitação média anual de Portugal Continental

Fonte: (Adaptada de SNIRH², 2009)

No que diz respeito à qualidade das águas, Marecos do Monte e Albuquerque (2010) afirmam que estão intimamente ligadas à expansão urbana e ao desenvolvimento industrial, limitando os seus usos ou necessitando de maiores tratamentos para utilizações humanas. Portugal já identificou faltas de água no verão, devido ao crescimento populacional, conforme os autores apontam. Devido à pressão popular, segundo Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), houve ampliação da infraestrutura de abastecimento. Como solução adotaram-se novos mananciais para captação e novos processos de tratamento, culminando no aumento do custo do abastecimento. Uma alternativa a essas soluções é a educação da população visando a sensibilização para a economia de água.

Em muitos casos, o desenvolvimento de tecnologias pode contornar os problemas citados, como é o caso da utilização de acessórios hidráulicos que consomem menos água, a implantação de sistemas de captação de água de chuva e de reutilização das águas servidas. Há também a construção de barragens, que permitem o armazenamento de água nos períodos de chuva para serem utilizados no período de secas (MARECOS DO MONTE & ALBUQUERQUE, 2010).

Segundo a Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA – *European Environment Agency*, 2019) a exploração dos recursos renováveis de água doce é avaliada com o índice WEI+ (*Water Exploitation Index Plus*), o qual, num território e período definidos, indica a percentagem de

exploração da água para fins humanos. Índices com valores acima de 20% indicam que os recursos hídricos estão sob estresse hídrico, e valores acima de 40% indicam que o estresse hídrico é grave. Portugal encontrava-se, em média, com pouco mais de 12% em 2017, o que indica que ainda não se encontra em estresse hídrico, Figura 5 (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2019).

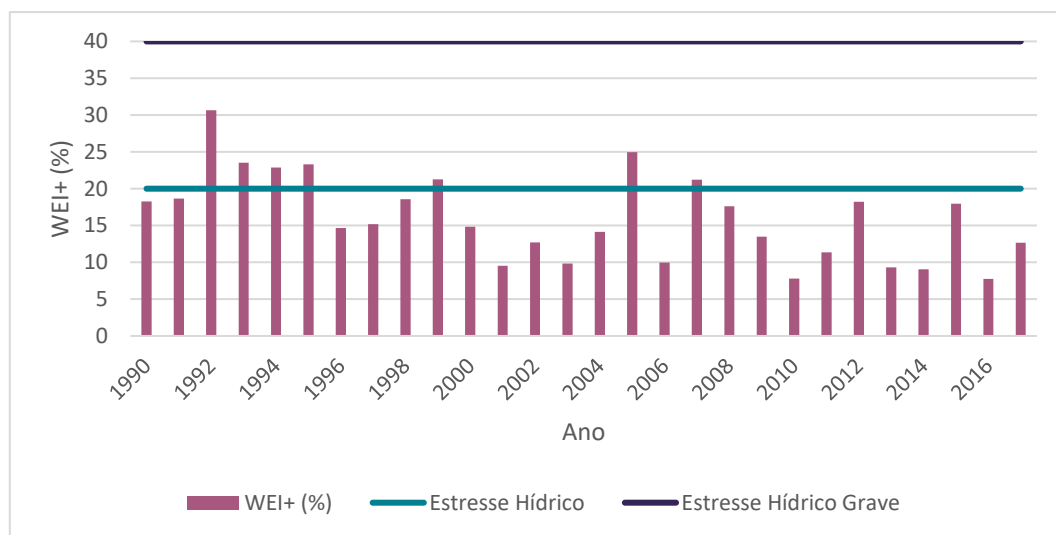


Figura 5 - Exploração dos recursos renováveis de água doce em Portugal (1990 - 2017)

Fonte: (Adaptada de EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2019)

Com análise da Figura 5, observa-se que Portugal já entrou algumas vezes em estado de estresse hídrico, mas nunca em estado grave. Em contrapartida, tem-se anos em que a exploração da água para consumo humano foi baixa, deixando Portugal com um quadro bem variado quanto à exploração de recursos hídricos. Possivelmente esse quadro instável é devido ao histórico de secas do país, pois, de acordo com o IPMA (2020), Portugal teve dez secas mais severas, em 1943/46, 1965, 1976, 1980/81, 1991/92, 1994/95, 1998/99, 2004/06, 2011/12 e 2016/17, sendo a mais longa a de 1943 a 1946 e a de maior extensão territorial a de 2004 a 2006 com 100% do território afetado.

Portugal conta com 10 regiões hidrográficas, das quais oito pertencem à parte continental e duas à parte insular do país, as quais são constituídas por uma ou mais bacias hidrográficas, como pode ser observado na Tabela 3

Tabela 3 - Regiões e bacias hidrográficas de Portugal

Região Hidrográfica	Bacias Hidrográficas Integradas
RH1	Minho e Lima
RH2	Cávado, Ave e Leça
RH3	Douro
RH4	Vouga, Mondego e Lis
RH5	Tejo e Ribeiras do Oeste
RH6	Sado e Mira
RH7	Guadiana
RH8	Ribeiras do Algarve
RH9	Açores
RH10	Madeira

Fonte: (CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA¹, 2015?)

Na Figura 6, observa-se a localização das bacias hidrográficas da parte continental de Portugal, as quais, na sua maioria, são partilhadas com a Espanha. Além destas tem as regiões dos Açores e Madeira que compõe a parte insular de Portugal. Um ponto a ser destacado é que, desde 1864, com o Tratado dos Limites, atualizado em 2008, são estabelecidos caudais mínimos a serem liberados pela Espanha para garantir um caudal mínimo para o abastecimento português (CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA¹, 2015?).

No ano de 2020, o Brasil vem passando por uma estiagem histórica, prejudicando a navegabilidade do rio Paraná, por onde é escoada a grande parte da produção agrícola do Paraguai e da Argentina. Para melhorar este quadro a barragem de Itaipu no Paraná teve de abrir seus vertedouros para permitir o escoamento da safra através do rio Paraná (ITAIPU BINACIONAL, 2020).

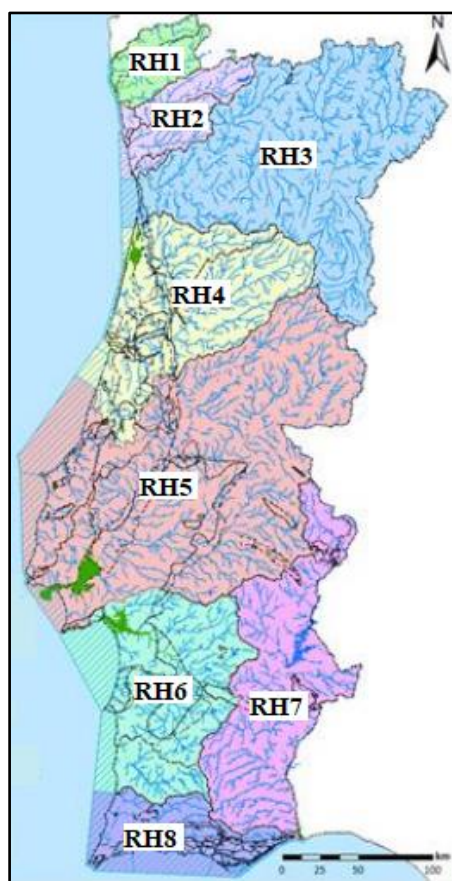


Figura 6 - Regiões hidrográficas de Portugal Continental

Fonte: (Adaptada de ANQIP, 2018)

A garantia à água pode exigir altos investimentos em captação, tratamento e transporte de água para as regiões mais necessitadas. Em contrapartida, a educação da população visando a economia de água é uma alternativa simples e económica (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

As atividades de abastecimento de água e saneamento em Portugal são desenvolvidas, em geral, pelo Grupo Águas de Portugal, estando presente de norte a sul do país. O sistema de abastecimento apresenta falhas, já que apresenta perda ao longo da rede. Estima-se que há um desperdício de água de cerca de $3 \times 10^9 \text{ m}^3$ ao ano, o que representa aproximadamente 39% da necessidade total do país (SILVA-AFONSO, 2009). Essas falhas podem ser fissuras, roturas ou extravasamentos, e para minimizar essas perdas a EPAL (responsável pelo abastecimento de água em Lisboa) desenvolveu o sistema de monitoramento *Water Optimization for Network*

Efficiency (WONE), o qual monitora essas situações inconvenientes, reduzindo as perdas de 23,5%, em 2005, para 8,0%, em 2015 (ÁGUAS DE PORTUGAL, 2015).

O WONE funciona com base na implementação de zonas de monitorização, controle dos caudais e pressões nas redes de água. O monitoramento contínuo, com informações dos consumos totais diários e mínimos noturnos, permite o planeamento para intervenções e quantificação dos volumes de água a recuperar e programar os reparos das fugas presentes nas redes. Além disso, permite detectar antecipadamente as perdas, reduzindo os custos nas reparações, maior eficiência na utilização da água e a redução de energia e produção de CO₂ (ÁGUAS DE PORTUGAL, 2020).

2.1.3 A situação de Bragança

O Concelho de Bragança, tinha há anos, um grave problema estrutural no abastecimento de água, pois as reservas eram precárias e insuficientes, para fazer face ao crescimento da população e da atividade económica. Durante parte do inverno e primavera, grande parte da água captada era proveniente dos rios e distribuída à população sem poder ser tratada de forma adequada. No verão o abastecimento de água era realizado através da barragem de Serra Serrada. Já no final do outono e início do inverno, quando há maior incidência de secas, o abastecimento de água era feito por camiões cisterna a longas distâncias, gerando altos custos (NUNES, 2013).

Em 2011, a necessidade total para abastecimento de água do concelho de Bragança foi estimada em 4,24 hm³/ano, porém a albufeira da barragem de Serra Serrada garantia apenas 1,82 hm³/ano de água para abastecimento urbano. Tendo em vista o abastecimento não suficiente, recorre-se ao abastecimento subterrâneo, o qual não garantia a qualidade da água, podendo ser afetado pela redução do abastecimento superficial em épocas de seca. Assim, estudaram-se três soluções para complementar o abastecimento de água do concelho de Bragança (ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO, 2011).

- **Solução I:** corresponde à Reserva de água de Montesinho, localizada no Parque Natural de Montesinho;
- **Solução II:** corresponde à construção de um açude no Parque Natural de Montesinho e o alteamento da Barragem de Gostei existente;

- **Solução III:** corresponde à utilização da albuferia do Azibo existente, localizada no Sítio de Importância Comunitária de Morais.

Realizou-se a análise de viabilidade tanto a nível ambiental, quanto a nível financeiro de cada solução. A Solução III tornou-se inviável, pois não apresentava a capacidade de fornecimento necessário de água, além do alto custo em questão. Já as Soluções I e II mostraram-se viáveis, mas a Solução I, construção de uma barragem no local de Veiguinhas e a implantação de 2,8 km de condutas até à Central de Montesinho, apresentou melhores resultados do ponto de vista ambiental, técnico e económico (ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO, 2011).

Em 2012, foi permitida a construção da barragem de Veiguinhas (Solução I), a qual se iniciou no ano de 2013 e foi concluída ao final de 2014, estando em funcionamento desde então e abastecendo não apenas o Concelho de Bragança, mas, também o Concelho de Vinhais (BRAGANÇA MUNICÍPIO, 2014).

2.2 Gerenciamento Eficiente dos Recursos Hídricos

Em 2001, foi criado o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) com vista ao melhor aproveitamento de água, promovendo o uso eficiente e evitando perdas. O programa teve como resultado, em 2009, a diminuição no consumo de água em todos os setores, expressivamente no setor da agricultura, que registou uma redução de cerca de 53,8%, conforme indica a Figura 7. Nos demais setores avaliados, embora a redução tenha sido pequena, houve a redução de perdas associadas ao transporte, armazenamento e distribuição de água, que, de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (2012) ocorreu, principalmente, devido a competitividade económica.

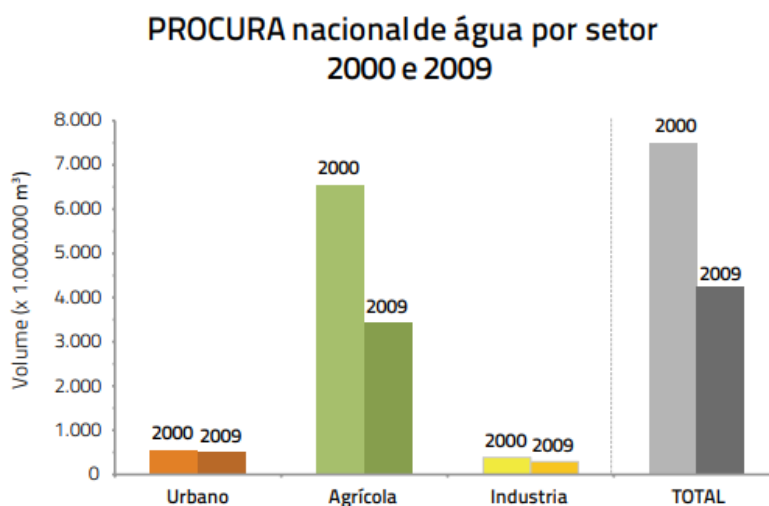


Figura 7 - Variação da procura de água entre 2000 e 2009

Fonte: (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2012)

No consumo de água não se insere apenas o seu uso direto, para abastecimento doméstico, deve-se contabilizar o consumo efetivo, incluindo o consumo da água utilizada na produção de bens, portanto foi desenvolvida a “pegada hídrica”. A Pegada Hídrica indica o volume total de água doce utilizada para produzir os bens e serviços consumidos por uma pessoa. No caso português, a pegada hídrica foi estimada em mais de 2000 m³/pessoa/ano (CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA, 2015?).

2.2.1 Consumo de água em edifícios

O consumo de água num edifício depende da utilização deste, pois edifícios residenciais, industriais, hospitalares, hoteleiros ou escolares possuem diferentes necessidades de utilização de água nas suas atividades. Observa-se pela Tabela 4 a diferença da necessidade de água em cada edifício, variando ainda de acordo com o padrão de vida dos moradores, no caso de residências e apartamentos, para o Brasil. As escolas também variam o seu consumo de acordo com o tempo de permanência dos alunos, além dos restaurantes que variam o seu consumo de acordo com quantas refeições servem no dia e os mercados variam o seu consumo de acordo com sua área. Tem-se ainda as indústrias, nas quais o consumo de água depende da natureza da produção e porte (MACINTYRE, 2010).

Tabela 4 - Estimativa de consumo diário de água no Brasil

Tipo do Prédio	Unidade	Consumo l/dia
1. Serviço doméstico		
Apartamentos	<i>per capita</i>	200
Apartamentos de luxo	por dormitório por quarto de empregada	300 a 400 200
Residência de luxo	<i>per capita</i>	300 a 400
Residência de médio valor	<i>per capita</i>	150
Residências populares	<i>per capita</i>	120 a 150
Alojamentos provisórios de obra	<i>per capita</i>	80
Apartamento de zelador		600 a 1.000
2. Serviço público		
Edifícios de escritório	por ocupante efetivo	50 a 80
Escolas, internatos	<i>per capita</i>	150
Escolas, externatos	por aluno	50
Escolas, semi-internato	por aluno	100
Hospitais e casas de saúde	por leito	250
Hotéis com coz. e lavanderia	por hóspede	250 a 350
Hotéis sem coz. e lavanderia	por hóspede	120
Lavandarias	por kg de roupa seca	30
Quartéis	por soldado	150
Cavalariças	por cavalo	100
Restaurantes	por refeição	25
Mercados	por m ² de área	5
Garagens e postos de serviço para automóveis	por automóvel por caminhão	100 150
Rega de jardins	por m ² de área	1,5
Cinemas, teatros	por lugar	2
Igrejas	por lugar	2
Ambulatórios	<i>per capita</i>	25
Creches	<i>per capita</i>	50
3. Serviço industrial		
Fábricas (uso pessoal)	por operário	70 a 80
Fábrica com restaurante	por operário	100
Usinas de leite	por litro de leite	5
Matadouros (grande porte)	por animal abatido	300
Matadouros (pequeno porte)	por animal abatido	150

Fonte: (MACINTYRE, 2010)

Segundo o Plano Nacional da Água da Agência Portuguesa do Ambiente (2015) o maior consumo de água ocorre na agricultura e pecuária, abrangendo mais de 70%, seguido pelo consumo urbano com 20%, o consumo industrial com 5% e o consumo pelo turismo que representa menos de 1%, como observa-se na Figura 8.

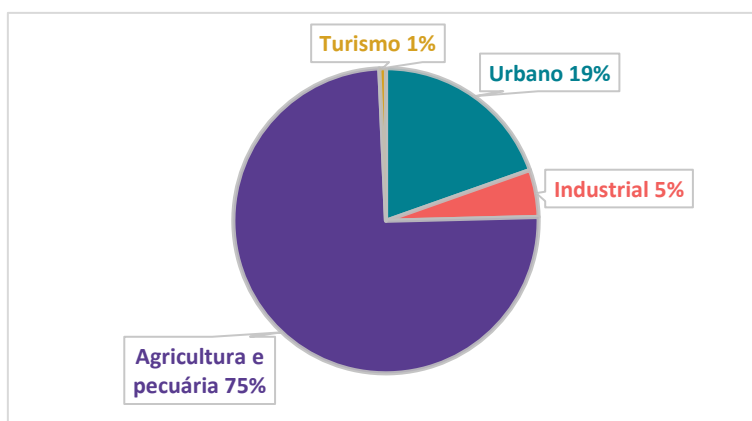


Figura 8 - Volumes de água utilizados por setor (hm³/ano)

Fonte: (Adaptada de AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2015)

A Figura 9 indica o consumo de referência de uma residência, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (2012), considerando valores médios de frequência, duração e volumes. Também, considera-se um uso moderado da água, sem desperdícios e dispositivos hidráulicos eficientes. Nota-se que o principal consumo ocorre nas torneiras, seguido pelo duche e então os autoclismos.

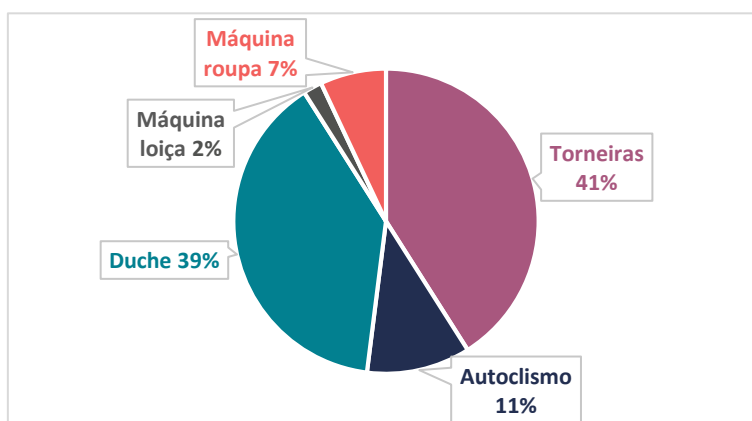


Figura 9 - Estrutura do consumo doméstico de referência (sem considerar usos exteriores)

Fonte: (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2012)

No funcionamento das indústrias, a água é utilizada de diferentes maneiras, e assim, de acordo com Sautchúk *et al.* (2011) *apud* Almeida (2018), os principais usos são o consumo humano, na matéria-prima, como fluído, na geração de energia, além de outros usos, conforme exemplificados:

- **Consumo humano:** inclui a água utilizada nos sanitários, refeitórios e cozinhas, equipamentos de segurança e outro qualquer uso em atividade doméstica;
- **Matéria-prima:** é a água incorporada no produto final, como bebidas, alimentos, produtos de higiene pessoal e limpeza ou fármacos;
- **Fluído:** a água diferencia-se em fluído auxiliar, aquela utilizada na preparação de suspensões e soluções químicas ou pode ser fluído térmico que é a água utilizada em processos de aquecimento e arrefecimento;
- **Geração de energia:** é a água utilizada para transformação de energia cinética, potencial ou térmica em energia mecânica;
- **Outros usos:** é a água utilizada para o combate a incêndios ou regas.

Em Portugal, cerca de 385×10^6 m³ do consumo de água ocorre na indústria, sendo este, 84% por captação própria por meio de poços, furos e águas superficiais ou captação da rede de abastecimento público (16%). As indústrias que se destacam no consumo de água são as do setor de transformação, principalmente a indústria de papel e alimentícia, com quase 50% e 30% do consumo, respectivamente. A indústria metalúrgica de base consome 13%, a indústria de produtos químicos 12% e a indústria de têxteis consome 5% de toda a água consumida no setor de transformação, Figura 10 (SILVA *et al.*, 2002).

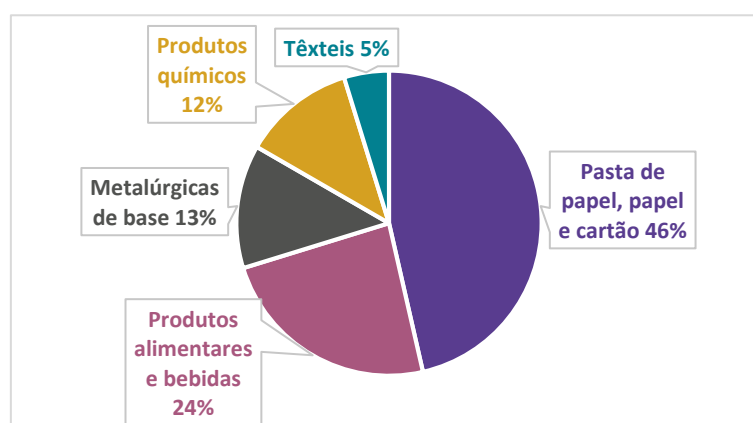


Figura 10 - Consumo de água nas indústrias de Portugal

Fonte: (Adaptada de SILVA *et al.*, 2002)

2.2.2 Redução e controle do consumo de água nas edificações

Para otimização do uso da água em uma edificação, segundo Oliveira *et al* (2007), deve-se implementar o uso racional, que consiste na redução de consumo e na diminuição dos desperdícios, agindo diretamente na demanda da edificação. Deve-se também, ainda de acordo com o autor, gerir a oferta de água disponível na região, verificando a qualidade necessária para cada atividade doméstica e, sempre que possível, utilizar águas de qualidade inferior.

De acordo com Ferreira (2018), com a utilização de sistemas de aproveitamento de águas da chuva e sistemas reaproveitamento de águas cinzentas pode-se reduzir o consumo de água potável em 25%, enquanto a utilização de dispositivos eficientes podem poupar até 43,5% do consumo de água potável, onde economicamente se pode poupar cerca de 27,3% e 47,6%, respectivamente. Enquanto se for utilizado o sistema de aproveitamento de água de chuva ou o sistema de reaproveitamento de águas cinzentas, juntamente com os dispositivos eficientes, pode-se economizar 62,2% de água potável, e poupar 58,13% no gasto financeiro.

São medidas de redução do consumo de água nas edificações, a utilização de aparelhos sanitários eficientes, controle de pressão nas canalizações, conhecer o nível de ineficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água, reduzir ao mínimo a utilização de água potável em atividades que possam utilizar água de menor qualidade, aproveitamento de água da chuva e águas residuais indicadas pelo PNUEA desenvolvido pela Agência Portuguesa do Ambiente (2012). Medidas de cunho governamentais também podem sensibilizar a população para que mudanças de hábito ocorram. Além de diminuir o tempo de utilização e a frequência de uso das torneiras, é importante, também, manter os fechos em boas condições, para evitar vazamentos e desperdícios de água (LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, 2001).

Silva-Afonso (2009) aponta que a eficiência hídrica pode ser descrita com o princípio dos 5R, representados na Figura 11, muito parecido com os objetivos dos 7R da sustentabilidade (repensar, recusar, reduzir, reparar, reintegrar, reciclar e reutilizar). Pimentel-Rodrigues e Silva-Afonso (2014) explicam que o primeiro “R”, reduzir os consumos, inclui a adoção de produtos e dispositivos mais eficientes. O segundo “R”, reduzir as perdas e os desperdícios, pode ser alcançado com monitoramento contínuo e/ou com a instalação de dispositivos economizadores. O terceiro R, reutilizar a água, nesse caso a água utilizada no banho, pode ser utilizada para lavar as calçadas. Nessa situação de reutilização, a água não passa por novo processo de

tratamento. O quarto R, reciclar a água, é a reintrodução de uma água já utilizada, mas que foi novamente tratada. Já o quinto “R”, recorrer a origens alternativas, implica na captação de água de chuva, na dessalinização da água salgada, entre outras.

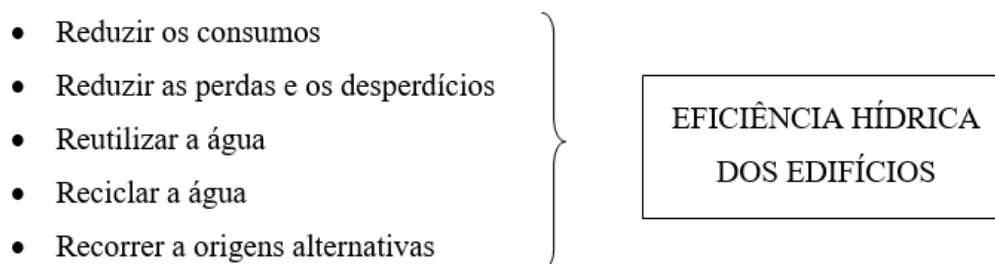


Figura 11 - Princípio dos 5R para eficiência hídrica dos edifícios

Fonte: (PIMENTEL-RODRIGUES & SILVA-AFONSO, 2014)

A companhia Águas de Portugal (2018) fez uma pesquisa com a população de Portugal para entender o envolvimento da população com a água e obteve como conclusão a utilização excessiva de água, onde quase 62% respondeu exceder-se no uso da água. De referir que 57% dos interrogados reconhecem que a água não é valorizada, devido a sua importância para vida humana e escassez e outros 60% dos interrogados concordam que a água canalizada apresenta boa qualidade.

Para a população de Portugal, a água e a eletricidade são os recursos que mais impactam no quotidiano, sendo a eletricidade e a água em primeiro e segundo lugar, respectivamente, quando associado a desperdícios nas habitações. Quase 90% dos portugueses apresentam receptividade para utilização de água reciclada, mas quando se apresenta a necessidade de uma taxa para financiamento do tratamento da água reciclada, esse número cai para menos de 40% da população (ÁGUAS DE PORTUGAL, 2018).

2.2.3 Certificação e Rotulagem da Eficiência Hídrica

Como incentivo para a população e, também, para os fabricantes foi proposto pela Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) um modelo de certificação e rotulagem hídrica, o qual possibilita a real economia de água (MIRANDA, 2012).

A rotulagem consiste na atribuição de um nível de eficiência ou no potencial de economia dos aparelhos sanitários. Em Portugal, é utilizada a escala de eficiência. A ANQIP desenvolveu sete classes de referência de eficiência, Figura 12. As classes A++, A+, A, B, C, D e E indicam a eficiência hídrica dos aparelhos sanitários em ordem decrescente, sendo A++ a classe que indica maior eficiência hídrica e a classe E a que indica pior eficiência hídrica (ALVES, 2015). Na Figura 13 é apresentado o selo com as informações acerca da eficiência hídrica do aparelho.



Figura 12 - Classes de eficiência hídrica dos aparelhos sanitários

Fonte: (ANQIP, 2019)

Os produtos certificados pela ANQIP são os autoclismos, chuveiros e torneiras, principalmente. A eficiência considerada ideal, tanto para conforto, quanto para saúde são os dispositivos com classificação A, sendo as classificações A+ e A++ indicadas para aplicações especiais ou condicionadas. A descrição do rótulo ANQIP está disposta na Figura 13 (ANQIP, 2019).

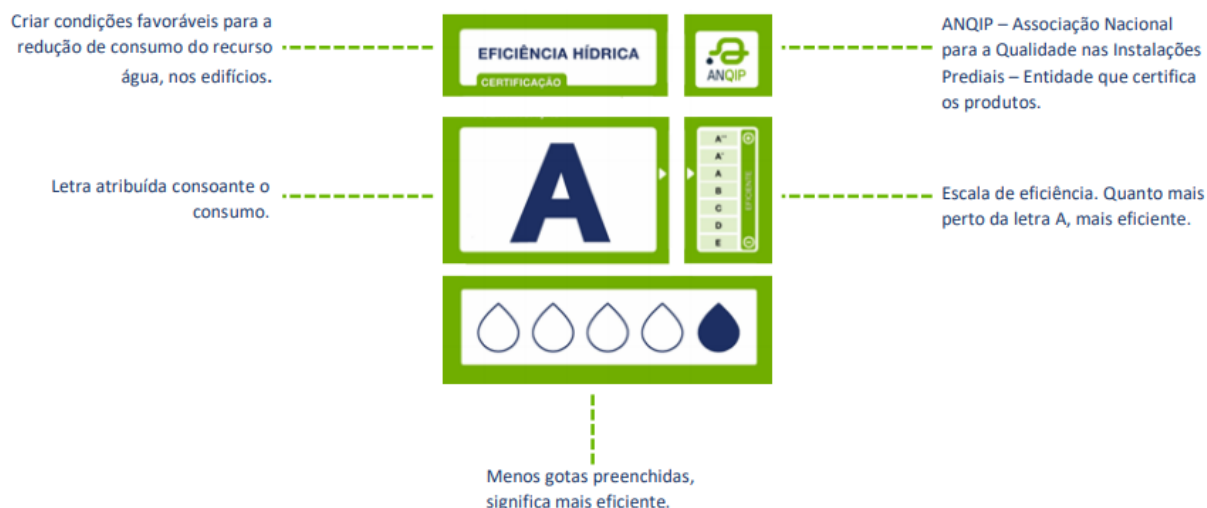


Figura 13 - Descrição do rótulo ANQIP

Fonte: (ANQIP, 2019)

▪ Rotulagem dos AUTOCLISMOS

Os autoclismos são dispositivos que possuem altos caudais seja em residências ou nas instalações comerciais e industriais, e portanto têm grande impacto no consumo de água. Uma descarga comum, geralmente, consome em torno de 10 litros de água. Dessa forma tendo um alto consumo, além das descargas deve-se considerar as fugas, que são estimadas em uma média de 5%. Existem no mercado, os autoclismos de 6 litros, os quais acarretam uma significativa redução no consumo de água. Além desses, existem os aparelhos com duas opções de descarga, de 3 e de 6 litros, podendo reduzir ainda mais o consumo de água (LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, 2001).

Para a atribuição dos rótulos de eficiência hídrica, a ANQIP estabelece critérios que dependem do tipo de aparelho. Para os autoclismos utiliza-se a especificação técnica ETA 0804 (2015) da ANQIP que define volumes e tolerâncias de acordo com o volume nominal dos autoclismos. A Tabela 5 contém as categorias de eficiência hídrica dos autoclismos. Verifica-se que a melhor classificação está atrelada ao volume nominal e as variações máximas e mínimas no volume da descarga de água, referindo-se:

- Autoclismos de descarga simples, do tipo gravítico, são aqueles que possuem apenas um “botão”;
- Autoclismos de dupla descarga (*dual flush*), do tipo gravítico, são aqueles que possuem dois “botões”;
- Autoclismos de dupla ação (com interrupção de descarga), do tipo gravítico, quando há possibilidade de o utilizador fazer a paragem da descarga.

Tabela 5 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos

Volume nominal (l)	Tipo de descarga	Categoria de Eficiência Hídrica	Tolerância (Volume máximo – descarga completa)	Tolerância (Volume mín, de descarga para poupança de água)
4,0	Dupla descarga	A++	4,0 – 4,5	2,0 – 3,0
5,0	Dupla descarga	A+	4,5 – 5,5	3,0 – 4,0
6,0	Dupla descarga	A	6,0 – 6,5	3,0 – 4,0
7,0	Dupla descarga	B	7,0 – 7,5	3,0 – 4,0
9,0	Dupla descarga	C	8,5 – 9,0	3,0 – 4,5
4,0	C/ interrup. de desc.	A+	4,0 – 4,5	-
5,0	C/ interrup. de desc.	A	4,5 – 5,5	-
6,0	C/ interrup. de desc.	B	6,0 – 6,5	-
7,0	C/ interrup. de desc.	C	7,0 – 7,5	-
9,0	C/ interrup. de desc.	D	8,5 – 9,0	-
4,0	Completa	A	4,0 – 4,5	-
5,0	Completa	B	4,5 – 5,5	-
6,0	Completa	C	6,0 – 6,5	-
7,0	Completa	D	7,0 – 7,5	-
9,0	Completa	E	8,5 – 9,0	-

Fonte: (ANQIP ETA 0804, 2015)

▪ Rotulagem dos DUCHES

Os duches possuem um impacto significativo no consumo de água. Os principais fatores que influenciam na quantidade de água consumida são o caudal do duche, a duração e o número de duches por dia. Assim, é importante a utilização de duches eficientes com caudal igual ou inferior a 9,5 l/min com uma pressão de 345 kPa (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2012).

Para os chuveiros e sistemas de duche utiliza-se a especificação técnica ETA 0806 (2015) da ANQIP. A especificação técnica enquadra os dispositivos em chuveiro (cabeça de duche) ou em sistema de duche (torneiras de duche equipadas com bicha e cabeça de duche amovível ou fixa). A eficiência hídrica é classificada de acordo com o caudal, conforme a Tabela 6.

Os rótulos A e A+ para chuveiros devem possuir a indicação de utilização com torneiras termostáticas. Já os duches com classificações A e A+, onde não há a presença de torneira termostática devem ter o aviso de risco de escaldão.

Tabela 6 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a chuveiros e sistemas de duche

Caudal (Q) (l/min)	Chuveiro	Sistemas de duche	Sistema de duche com torneira termostática ou <i>eco-stop</i>	Sistema de duche com torneira termostática e <i>eco-stop</i>
$Q \leq 5,0$	A+	A+	A++	A++
$5,0 < Q \leq 7,2$	A	A	A+	A+
$7,2 < Q \leq 9,0$	B	B	A	A
$9,0 < Q \leq 15,0$	C	C	B	B
$15,0 < Q \leq 30,0$	D	D	C	C
$30,0 < Q$	E	E	D	D

Fonte: (ANQIP ETA 0806, 2015)

Os sistemas de duche com *eco-stop* são sistemas equipados com interruptores de caudal colocados a jusante da torneira (na bicha ou na cabeça de duche). Já os sistemas de duche com torneira termostática são equivalentes ao uso de válvulas automáticas de compensação de pressão (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

▪ Rotulagem das Torneiras

As torneiras representam cerca de 16% do consumo de água nas residências, sendo um dispositivo comum em habitações ou instalações coletivas. As torneiras temporizadas não demonstram grande economia de água, pois apesar de funcionarem por menos tempo, funcionam sempre em caudal máximo, sendo vantajosa mais em termos de higiene do que em termos de eficiência hídrica (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

Para as torneiras de lavatório a eficiência hídrica é dada de acordo com o caudal. Verifica-se que com a presença do arejador e/ou *eco-stop* há melhores classificações. As torneiras de lavatório são consideradas ideais para utilização se tiverem um caudal de até 2 l/min, já para as torneiras de cozinha esse valor aumenta para 4 l/min. Para os fluxómetros o volume ideal de descarga é de 2 a 4 litros, pois para utilização de aparelhos certificados com A+ ou A++ deve-se ter a indicação para que a performance seja garantida com estes volumes de descarga (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

As torneiras e fluxómetros de mictórios são classificados de acordo com a especificação técnica ETA 0808 (2015) da ANQIP. A especificação técnica enquadra os aparelhos nas categorias:

- Torneiras de lavatório;
- Torneiras de cozinha;
- Fluxómetros de mictórios.

Os rótulos para a classificação são de acordo com a Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 para torneiras de lavatório, torneiras de cozinha e fluxómetros de mictório, respectivamente. Nos casos das torneiras A e A+ deve-se acompanhar um aviso de recomendação de utilização com arejador.

Tabela 7 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório

Caudal (Q) (l/min)	Torneiras de lavatório	Torneira de lavatório com <i>eco-stop</i> ou arejador	Torneira de lavatório com <i>eco-stop</i> e arejador
$Q \leq 2,0$	A+	A++	A++
$2,0 < Q \leq 4,0$	A	A+	A++
$4,0 < Q \leq 6,0$	B	A	A+
$6,0 < Q \leq 9,0$	C	B	A
$9,0 < Q \leq 12,0$	D	C	B
$12,0 < Q$	E	D	C

Fonte: (ANQIP ETA 0808, 2015)

Tabela 8 - Condições para a atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha

Caudal (Q) (l/min)	Torneiras de cozinha	Torneira de cozinha com <i>eco-stop</i> ou arejador	Torneira de cozinha com <i>eco-stop</i> e arejador
$Q \leq 4,0$	A+	A++	A++
$4,0 < Q \leq 6,0$	A	A+	A++
$6,0 < Q \leq 9,0$	B	A	A+
$9,0 < Q \leq 12,0$	C	B	A
$12,0 < Q \leq 15,0$	D	C	B
$15,0 < Q$	E	D	C

Fonte: (ANQIP ETA 0808, 2015)

Tabela 9 - Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a fluxómetros de mictórios

Volume de descarga (V) (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica
$V \leq 1,0$	A++
$1,0 < V \leq 2,0$	A+
$2,0 < V \leq 4,0$	A
$4,0 < V \leq 6,0$	B
$6,0 < V \leq 8,0$	C
$8,0 < V \leq 10,0$	D
$10,0 < V$	E

Fonte: (ANQIP ETA 0808, 2015)

2.3 Captação da Água da Chuva

Com as diferentes formas de captação de água, estas podem ser utilizados em conjunto, como as águas pluviais, que dependem da pluviosidade da região, e as águas cinzentas, que dependem do uso da residência, mas podem completar-se e suprir as necessidades da edificação. Porém deve-se utilizar dispositivos eficientes, com uma categoria “A” ou superior, juntamente com a captação de águas (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

O aproveitamento das águas pluviais contribui para o uso eficiente da água reutilizando a precipitação em certa área. Geralmente a captação é realizada utilizando a área do telhado e utilizando-a em tarefas que possibilitem água sem tratamento específico, diminuindo assim a necessidade do consumo de água tratada, reduzindo até mesmo energia. Apesar do conceito de aproveitamento de água da chuva ter surgido há muitos anos nas civilizações mais antigas, em alguns países ainda é algo muito recente, como é o caso do Brasil em que há projetos com o objetivo de manter o abastecimento de águas mesmo em épocas de seca (VERDADE, 2008).

O consumo médio diário, em Portugal, é de 154 litros por pessoa, e destes apenas cerca de 4 litros são consumidos para beber ou para a preparação de alimentação. Assim, grande parte da água utilizada em residências não precisa, necessariamente, possuir características de potabilidade. Estando ainda em desenvolvimento esta utilização, a água proveniente das chuvas destina-se, ainda, para rega de jardins e limpeza de pavimentos e veículos (MAGALHÃES, 2013).

Bertollo (2006) afirma que o Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) é composto por: captação de água, reservatório, condutos horizontais e verticais. Quanto à captação, o autor reconhece que a captação da água ocorre através da superfície de coleta e que, normalmente, corresponde ao telhado da habitação, por ser a maior área impermeável do terreno. O mesmo autor recomenda, ainda, que os telhados devem ser limpos e lavados pelo menos uma ou duas vezes por ano, para não prejudicar a qualidade da água a ser recolhida.

A água coletada na superfície impermeabilizada é transportada até ao reservatório por meio de condutos horizontais e verticais. Nos casos de maiores volumes de água podem ser utilizados sifões de drenagem, conforme Figura 14, que direcionam a água até ao reservatório através de condutos verticais (NASCIMENTO, 2014).



Figura 14 - Sistema sifônico de drenagem de coberturas

Fonte: (GEBERIT, 2020)

O reservatório é parte integrante do sistema e representa o maior investimento. Para melhorar a eficiência do SAAP, a localização, a capacidade e o material do reservatório são importantes aspectos a serem observados. Quanto à localização, os reservatórios podem ser enterrados ou ficar sobre o solo, podendo ser utilizada a água por gravidade se a cota do reservatório permitir. Para melhorar a eficiência é importante a proximidade com os pontos de fornecimento e de consumo, sendo outro fator importante o sombreamento, para evitar a proliferação de algas e microorganismos (BERTOLO, 2006).

Os reservatórios devem possuir materiais não porosos e que não tenham reações químicas com a água, além de possuir filtros a montante com malhas entre 0,2 mm e 0,8 mm. Devem possuir, sempre que possível, descarga de fundo, e cantos arredondados, devem ainda ser cobertos, ventilados, mas com dispositivos antirroedores e antimosquitos, e permitir inspeção (ANQIP, 2015).

O tratamento da água recolhida depende, principalmente, do uso que se dará à água. Na utilização nas regas, limpezas e descargas de autoclismos não há necessidade de água potável, podendo ser adotado um tratamento mais simples. Por outro lado nas atividades de cozinha, higiene pessoal, etc, o tratamento deve ser mais complexo, como compreender a desinfecção da água (NASCIMENTO, 2014).

Quanto à qualidade da água captada tem-se a necessidade de tratamentos ou não, dependendo do seu uso na residência. O principal uso é para regas, lavagem de pavimentos e descargas de autoclismos e nesse caso é provável não precisar de tratamentos suplementares. Já para a lavagem de roupas, se esta for feita sem tratamento recomenda-se a lavagem em máquinas próprias e com sistema de microfiltro (malha mínima de 100 μm) na alimentação por água pluvial. Em usos industriais os tratamentos necessários devem ser tratados caso a caso, devido

à necessidade específica de cada indústria. É importante, em zonas com alta poluição atmosférica, o cuidado com a qualidade da água, sendo necessário, em alguns casos, tratamentos como desinfecção (ANQIP, 2015). A Figura 15 apresenta os processos e o funcionamento de um SAAP.

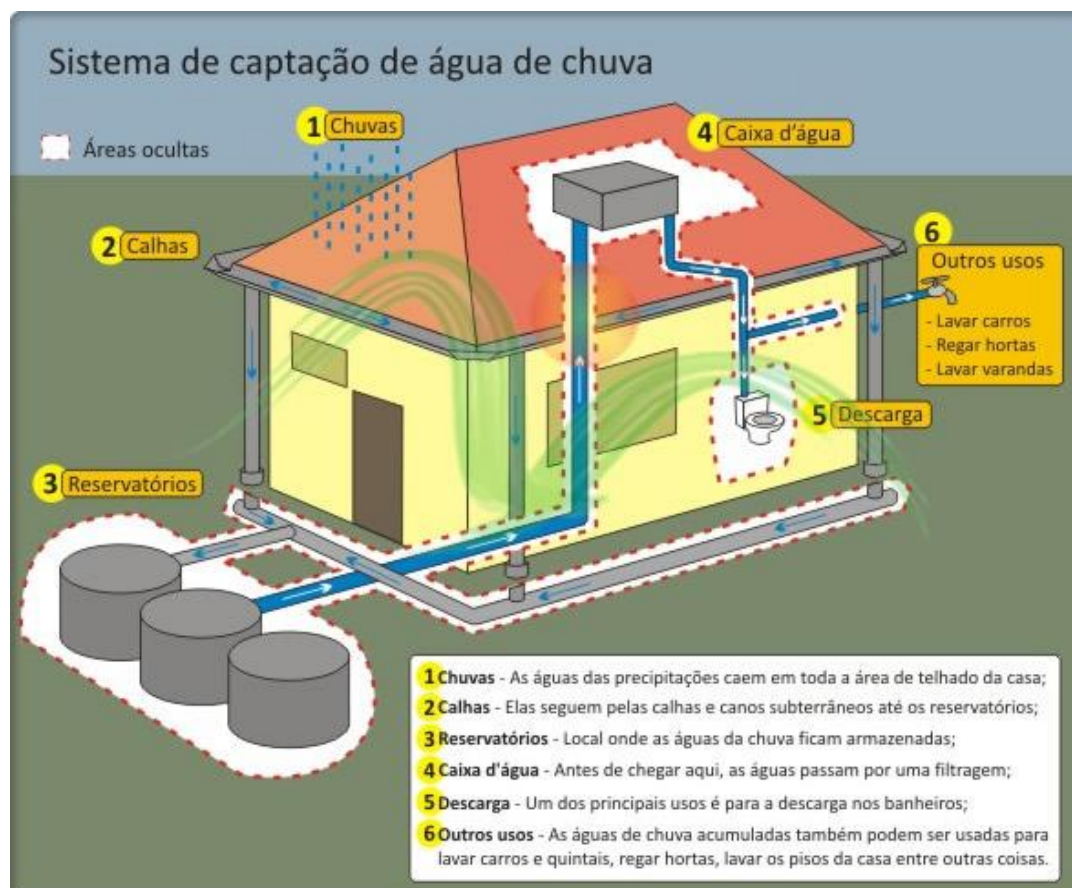


Figura 15 - Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP)

Fonte: (PERA, 2017)

Devido à presença de folhas e detritos que se depositam sobre os telhados, ou sobre a área de captação, é necessário garantir que a água a ser reservada não carregue esse material para o interior do reservatório. Para isso tem-se o desvio das primeiras chuvas ou *first flush*, que ocorre com a filtração através de grelhas e telas e o volume a ser desviado deve ser de pelo menos 2 mm de altura de precipitação em toda a área de recolha. Depois, a água passa pelo processo da filtração, o qual consiste na remoção de sedimento e pequenos detritos, evitando a proliferação de microrganismos, e devem ser limpos regularmente para que não obstrua a passagem de água (ALVES, 2010).

A captação das águas pluviais possui vantagens e desvantagens. Com a adoção do *first flush* a qualidade da água captada pelos telhados será uma água limpa. Diferentemente de águas superficiais que podem ser contaminadas por dejetos residências e industriais, o aproveitamento da água da chuva diminui a demanda de água do sistema de abastecimento público coletivo. Além disso, o armazenamento da água de chuva diminui o pico do hidrograma do escoamento superficial, tendo impacto também na drenagem urbana, podendo ainda contribuir para diminuição de inundações de áreas muito impermeáveis, devido ao facto da captação das águas pluviais diminuírem o caudal que se infiltra no solo ou entra para as tubulações de águas pluviais (KÖNIG, 2009).

A principal desvantagem reside na incerteza e variabilidade temporal da chuva, podendo em épocas chuvosas o SAAP abastecer toda a necessidade da residência e em épocas de seca a residência depender do abastecimento público. Outra desvantagem é a falta de informação quanto aos custos de implantação e manutenção (QUADROS, 2010).

2.3.1 Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

Para dimensionar o volume necessário do reservatório para a captação das águas pluviais, podem seguir-se as diretrizes presentes na especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015), no mapa auxiliar de cálculo, apresentado em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) e que pode ser adotado para efeitos de dimensionamento do sistema, permitindo a determinação das necessidades de suprimento face ao volume adotado para o reservatório e na ABNT NBR 15527:2007 e 2019. Primeiramente deve-se estudar a pluviosidade da região. Na Figura 16, encontram-se as médias anuais de pluviosidade para a região de Portugal continental. A análise das Isoietas permite concluir que as maiores pluviosidades estão na região de Braga, Porto, Viseu e Bragança, já as menores estão na região de Faro, Setúbal e Beja, conforme Figura 16. Devido aos grandes períodos de verão as primeiras águas devem passar pelo *first flush*, evitando a contaminação do restante da água, conforme indica a Equação 1. Este desvio pode ocorrer de forma automática, podendo então utilizar-se o critério de tempo, e nesse caso o tempo mínimo para o desvio é de 10 minutos, podendo diminuir conforme o intervalo entre as precipitações.

$$V_d = P_{alt} \cdot A \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

V_d é o volume a desviar do sistema em litros;

P_{alt} é a altura da precipitação a desviar em mm;

A é a área de captação em m².

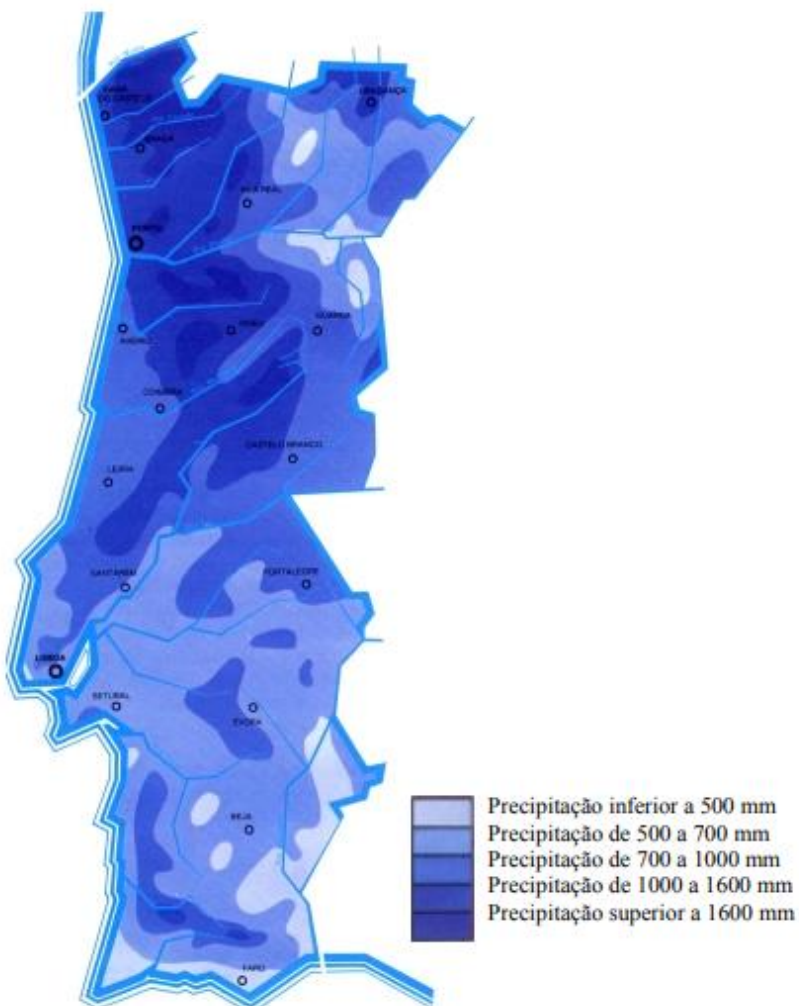


Figura 16 – Carta de isoietas em Portugal continental (mm)

Fonte: (INSTITUTO DA ÁGUA, s.d)

O volume de aproveitamento da água da chuva é definido pela Equação 2. A equação implica na relação proporcional e direta das variáveis de volume anual de chuva, altura de água desviada no *first-flush*, geralmente 2 mm, na área de captação, no coeficiente de escoamento, que varia conforme o material utilizado na cobertura e está especificado na Tabela 10 e na eficiência hidráulica da filtragem. A eficiência hidráulica η_f pode ser utilizada com o valor de 0,90 em

filtros com manutenção e limpeza regulares, como especificado pela especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015).

$$V_a = C \cdot P' \cdot A \cdot \eta_f \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V_a é o volume anual de água da chuva aproveitável, em l;

C é o coeficiente de escoamento, adimensional;

P' é a altura da precipitação a desviar, em mm;

A é a área de captação, em m²;

η_f é a eficiência hidráulica da filtragem, adimensional.

Tabela 10 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento C

Tipo de cobertura	Valor de C a considerar quando o dimensionamento da cisterna seja feito com base nas pluviosidades médias mensais	Valor médio de C a considerar para a pluviosidade anual
Coberturas impermeáveis (telha, betão, etc.)	0,70 – 0,90	0,70 – 0,90
Coberturas verdes intensivas, sem rega (espessura $e > 150$ mm)	De acordo com estudo experimental	$\leq 0,30$
Coberturas verdes extensivas, sem rega (espessura $e \leq 150$ mm)	De acordo com estudo experimental	$\leq 0,50$

Fonte: (ANQIP ETA 0701, 2015)

No Brasil o aproveitamento da água da chuva é regido pela NBR 15527:2007 e com alterações introduzidas pela NBR 15527:2019 onde designam os usos não potáveis em que pode ser aplicada, como as descargas de autoclismos, rega de jardins, lavagem de veículos, pisos e, também, para a reserva técnica de incêndio. Nesse caso, a norma técnica brasileira recomenda a análise das precipitações da região e então calcular a disponibilidade teórica de água para captação, segundo a Equação 2. Porém a eficiência é adotada igual a 0,85 quando na falta de dados.

Além disso, deve-se ter uma estimativa para consumo, considerando-se dispositivos classificados pela ANQIP. Os dispositivos da categoria “A” de classificação de eficiência hídrica podem ser conferidos na Tabela 11.

Tabela 11 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização

Dispositivo ou utilização		Consumo unitário	Consumo mensal ou anual estimado
Autoclismos (categoria “A”) em residências		24 l/pessoa.dia	720 l/pessoa.mês 8800 l/pessoa.ano
Autoclismos (categoria “A”) em edifícios de serviços (escritórios, etc.)		12 l/pessoa.dia	360 l/pessoa.mês 4400 l/pessoa.ano
Autoclismos (categoria “A”) em edifícios escolares		6 l/pessoa.dia	180 l/pessoa.mês 2200 l/pessoa.ano
Lavagem de roupa (máquina da categoria “A”)		10 l/pessoa.dia	300 l/pessoa.mês 3600 l/pessoa.ano
Limpezas gerais	Lavagem de pavimentos	5 l/m ²	100 l/pessoa.mês 1000 l/pessoa.ano
	Lavagem de automóveis	50 l/automóvel	

Fonte: (Adaptada de ANQIP, 2015)

Para o dimensionamento considera-se que o volume total do reservatório seja 20% maior que o volume útil, devido ao volume morto e a profundidade da boca de captação. Usualmente, o período de reserva é de 20 a 30 dias, para edifícios residenciais, administrativos, comerciais, de serviços ou industriais, pode-se utilizar a Equação 3 (ANQIP ETA 0701, 2015).

$$V = \min \begin{cases} V_1 = 0,0015 \cdot P \cdot A \cdot N_c \\ V_2 = 0,003 \cdot U \cdot C_{AE} \cdot N_c \end{cases} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

V_1 é o volume aproveitável em l;

P é a pluviosidade média anual no local da instalação, em mm;

A é a área de captação, em m²;

N_c é o número máximo de dias de retenção da água na cisterna, em dias;

V_2 é o volume consumido, em l;

U é o número de moradores ou utentes do edifício, hab;

C_{AE} é o consumo anual estimado, em l.

Para sistemas de grandes dimensões é recomendado um dimensionamento mais rigoroso como afirmam Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), para isso utiliza-se um mapa auxiliar quando os consumos não são uniformes ao longo do tempo, quando se pretende verificar as necessidades de suprimento após o dimensionamento pelo método simplificado ou quando se

pretende otimizar o volume do reservatório. Este mapa auxiliar baseia-se em métodos tradicionais, ainda conforme os autores, onde se deve ter conhecimento das precipitações locais e os consumos.

Enquanto no Brasil, para o volume do reservatório, existem seis métodos na NBR 15527:2007 para cálculo, levando em conta critérios técnicos, económicos e ambientais. Seguidamente descrevem-se os seis métodos da referida norma.

I. Método Rippl

Para o método Rippl podem ser utilizadas séries históricas mensais ou diárias, de acordo com a Equação 4, Equação 5 e Equação 6.

$$S_t = D_t - Q_t \quad (\text{Equação 4})$$

$$Q_t = C \cdot P_t \cdot A \quad (\text{Equação 5})$$

$$V = \sum S_t, \text{ somente para valores } S_t > 0 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

S_t é o volume de água no reservatório no tempo t ;

D_t é a demanda ou consumo no tempo t ;

Q_t é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

P_t é a precipitação da chuva no tempo t ;

A é a área de captação de água da chuva;

V é o volume do reservatório.

De acordo com Giacchini (2016) este método baseia-se na regularização da vazão entre o período seco e chuvoso, de forma que os resultados encontrados quando a demanda é muito inferior ao volume captável de água ou muito superior há dificuldade na identificação de resultados. Assim, ainda segundo o autor, quando os valores de volume de água no reservatório

(S_t) são negativos há sobra de água nos respectivos meses do ano, e quando estes são positivos, há a falta de água no reservatório.

II. Método da Simulação

O método da simulação não considera a evaporação da água e o dimensionamento é feito para determinado mês, considerando o reservatório cheio no início da contagem do tempo, com base na Equação 7 e Equação 8.

$$S_t = Q_t + S_{t-1} - D_t \quad (\text{Equação 7})$$

$$Q_t = C \cdot P_t \cdot A \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

S_t é o volume de água no reservatório no tempo t;

S_{t-1} é o volume de água no reservatório no tempo t-1;

Q_t é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

D_t é a demanda ou consumo no tempo t;

C é o coeficiente de escoamento superficial;

P_t é a precipitação da chuva no tempo t;

A é a área de captação de água da chuva.

III. Método Azevedo Neto

No método Azevedo Neto o volume do reservatório é calculado de acordo com o volume de chuva disponível, segundo a Equação 9.

$$V_{ap} = 0,042 \cdot P_a \cdot A_p \cdot T \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

V_{ap} é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório, em l;

P_a é o valor numérico da precipitação média anual, em mm;

A_p é o valor numérico da área de coleta em projeção, em m²;

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca.

IV. Método Prático Alemão

O método prático alemão é um método empírico, o qual adota o menor valor para o volume do reservatório, entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável, conforme Equação 10.

$$V_{adotado} = \min(V; D) \cdot 0,06 \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

$V_{adotado}$ é o valor numérico do volume de água do reservatório, em l;

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, em l;

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, em l.

V. Método Prático Inglês

Através do método prático inglês encontra-se o volume de chuva através da precipitação anual e a área de coleta, conforme Equação 11.

$$V_{ap} = 0,05 \cdot P_a \cdot A \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

V_{ap} é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório, em l;

P_a é o valor numérico da precipitação média anual, em mm;

A_p é o valor numérico da área de coleta em projeção, em m².

VI. Método Prático Australiano

Para o método prático australiano de dimensionamento, primeiramente calcula-se o volume de chuva, o qual é obtido pela Equação 12.

$$Q = A \cdot C \cdot (P_m - I) \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

Q é o volume mensal produzido pela chuva;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P_m é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm.

Assim, o volume do reservatório é calculado por tentativas a partir da Equação 13.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t ;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t ;

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t ;

D_t é a demanda mensal.

Para isso, é importante considerar os meses que o reservatório pode não atender a demanda, de forma que se deve calcular a confiança e a qual deve ficar entre 90% e 99%, de acordo com a Equação 14 e Equação 15.

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad (\text{Equação 14})$$

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:

P_r é a falha;

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses.

Assim, de acordo com Novakoski (2014), o método da simulação com valores diários de precipitação é o que se mostra mais eficiente, pois como são utilizados dados das precipitações e consumos diários apresenta valores mais fiéis à realidade. Além disso, com o método da simulação obtêm-se porcentagens de atendimento da demanda, enquanto os demais métodos apenas mostram o volume que deve ter o reservatório. Porém, de acordo com Bezerra *et al.* (2010), deve-se fazer uma análise de todos os métodos e basear a decisão de qual utilizar na comparação dos volumes obtidos, em sua viabilidade quanto à área em que será instalado e, também, financeiramente, se o gasto de instalação de um reservatório maior compensa a redução nas faturas de água, devido ao aproveitamento da água da chuva.

O dimensionamento das tubulações das águas não potáveis é análogo ao das tubulações de água potável, conforme o Decreto Regulamentar nº. 23/95 (DIÁRIO DA REPÚBLICA, 1995). De acordo com a ANQIP ETA 0701 as canalizações de transporte de água não-potável devem ser pintadas e/ou identificadas com a cor púrpura ou fita adesiva colorida e do mesmo modo os dispositivos que recebem essa água, conforme a Figura 17.



Figura 17 - Identificação para dispositivos com água não potável

Fonte: (ANQIP ETA 0701, 2015)

A inspeção e limpeza do SAAP é de extrema importância. A ANQIP ETA 0701 (2015) recomenda uma frequência de manutenções e inspeções de acordo com o componente do

sistema, como indica a Tabela 12. É importante salientar que, as manutenções semestrais devem ser realizadas no início e no fim da época de chuva.

Tabela 12 - Frequência da manutenção dos componentes do SAAP segundo a ANQIP

Componentes	Frequência de manutenção
Filtros	Inspeção e limpeza semestrais
Sistema de desvio do <i>first flush</i>	Inspeção semestral e limpeza anual (se automático) ou semestral (se manual)
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Órgãos de tratamento	Inspeção mensal e manutenção anual
Sistema de bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Cisterna	Inspeção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidades de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual

Fonte: (ANQIP ETA 0701, 2015)

No que tange ao sistema brasileiro, a Associação de Normas Técnicas Brasileiras (ABNT), por meio da norma NBR 15527:2019 indica que, mesmo a água sendo utilizada para fins não potáveis deve obedecer a parâmetros de qualidade, os quais estão dispostos na Tabela 13. Se for necessária a desinfecção da água, esta pode ser realizada pela utilização de cloro, ozônio, ultravioleta ou outras tecnologias. A manutenção, inspeção e limpeza são de extrema importância e devem ser regulares. A Tabela 14 indica a frequência com que devem ocorrer.

Tabela 13 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200/100 ml
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: (ABNT NBR 15527, 2019)

Tabela 14 - Frequência de manutenção dos componentes do SAAP segundo a NBR

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Calhas	Inspeção semestral e limpeza quando necessário
Área de captação, condutos verticais e horizontais	Inspeção semestral e limpeza quando necessário
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual e limpeza quando necessário

Fonte: (ABNT NBR 15527, 2019)

É importante que o SAAP possua um sistema suplementar de abastecimento, para que o funcionamento seja contínuo mesmo em casos de déficit de precipitação, e pode-se ter sistemas que façam de forma automática e segura essa mudança de abastecimento.

2.4 Reciclagem da Água: Águas Cinzentas

As águas cinzentas são aquelas provenientes dos duches, lavatórios, bidés e máquinas de lavar louça e roupa. Neste caso, não estão incluídas as águas negras, provenientes das sanitas, devido à potencial presença de microrganismos patogénicos. Para as águas cinzentas vindas da cozinha e lavandarias será necessário recorrer a tratamentos mais específicos, devido à presença de óleos e detergentes e à dificuldade de quebrar as suas moléculas (ALVES, 2010).

Em Portugal encontra-se receio na utilização de águas residuais devido ao desconhecimento, e além disso não há incentivos do sistema institucional português para a implementação de sistemas de reaproveitamento de águas. Por se tratar de reutilização de águas há a relutância da população quanto ao facto da origem dessas águas residuais, as quais podem trazer riscos sanitários e ambientais se não bem utilizadas e tratadas para os devidos fins (MARECOS DO MONTE & ALBUQUERQUE, 2010).

Uma das vantagens no reaproveitamento das águas cinzentas é que a disponibilidade não depende da chuva e, sim dos hábitos e padrão de vida das famílias. Dessa forma, pode ser considerada a produção de água cinzenta em torno de 70 l/hab.dia (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 201?). Pode ainda ser utilizado juntamente com o SAAP, aumentando a quantidade de água para abastecimento e reduzindo os custos do saneamento.

Enquanto a principal desvantagem é o tratamento devido aos seus elevados custos (ALVES, 2010).

As substâncias que podem estar presentes nas águas são produtos de higiene pessoal, detergentes, cabelos, pele, sujidade da roupa, sendo facilmente biodegradáveis, e portanto o tratamento não pode demorar a ocorrer, podendo apresentar cheiros desagradáveis (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

O funcionamento de um Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC) é bastante simples e consiste na reutilização da água dos duches, lavatórios, entre outros. A água captada desses ambientes é encaminhada até ao tratamento, que pode ser biológico, tecnologia de membranas ou tecnologias combinadas, respeitando, conforme a ANQIP (2011), os valores máximos admissíveis (VMA) para cada situação com as respectivas tolerâncias. E então é armazenada até sua solicitação de distribuição na residência, na Figura 18 está ilustrado um SPRAC (ANQIP ETA 0905, 2011).

Para cada caso ao qual a água será destinada, como descarga de autoclismos ou lavagem de roupas (acima de 55°C) ou rega de plantas ou a infiltração no solo, a água deve obedecer a alguns parâmetros como, sólidos em suspensão, turvação, coliformes totais, *Salmonellae*, parasitas entéricos, entre outros, e devem atender o valor máximo admissível (VMA) e o valor máximo recomendado (VMR), para que possa realmente ser utilizada ou, se necessário, tratada com mais processos.

REÚSO DE ÁGUA CINZA

Veja como a água proveniente de chuveiro e lavatório pode ser reutilizada

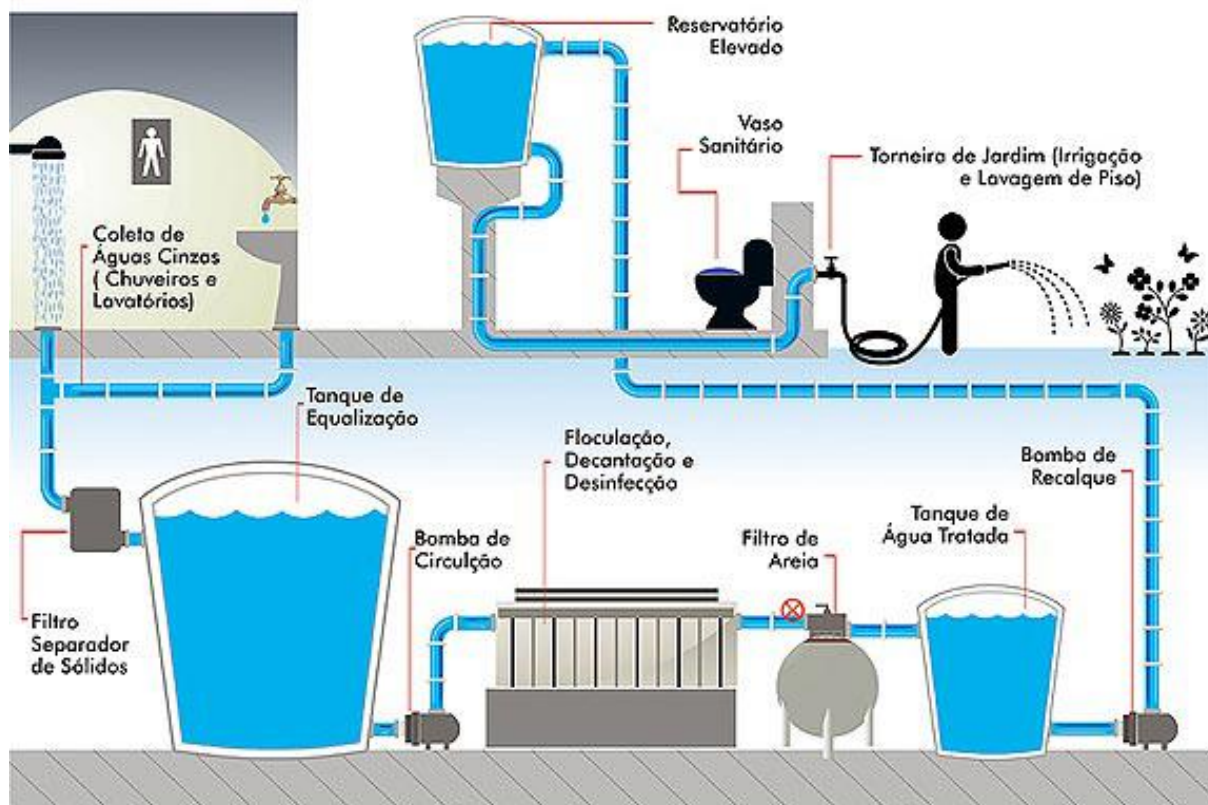


Figura 18 – Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC)

Fonte: (UNIVERSIDADE TRISUL, 2017)

2.4.1 Dimensionamento do Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas

O dimensionamento do reservatório para o SPRAC pode ser baseado na especificação técnica ANQIP ETA 0905 (2011). O dimensionamento é, essencialmente, pautado na quantidade de água cinzenta produzida na edificação, portanto, a especificação técnica recomenda os valores descritos na Tabela 15.

Tabela 15 - Balanço hídrico em edifícios residenciais com dispositivos eficientes (valores médios em litros por habitante e por dia)

Natureza da água utilizada	Usos da água	Águas residuais produzidas	Destino da água
52 litros de água de qualidade alimentar	40 litros para duche, banheira e lavatórios	70 litros de águas cinzentas	48 litros de águas cinzentas regeneradas
	12 litros para a cozinha		
48 litros de água regenerada	5 litros para limpeza		22 litros de águas cinzentas descarregadas
	13 litros para a máquina de lavar roupa		
	25 litros para descarga de autoclismos	25 litros de águas negras	25 litros de águas negras descarregadas
	5 litros para rega	-	Infiltração no solo

Fonte: (ANQIP ETA 0905, 2011)

Deve ser previsto juntamente com o SPRAC uma fonte alternativa de alimentação com a devida qualidade para suprir a demanda, e a mudança pode ocorrer de forma automática e deve acontecer no último estágio do tratamento. O dimensionamento da rede de água regenerada é análogo ao dimensionamento de água potável, de acordo com o Decreto Regulamentar nº. 23/95 (DIÁRIO DA REPÚBLICA, 1995), devendo ser diferenciadas com a utilização de tubagens na cor púrpura ou fitas adesivas coloridas, o que igualmente acontece com as águas de reaproveitamento das chuvas.

No que diz respeito às cisternas para armazenamento da água reciclada, devem ser opacos ou protegidos da exposição solar. Em geral, o volume adotado encontra-se em torno do volume de água cinzenta produzida, pois ocorre um equilíbrio entre a produção das águas cinzentas e a utilização de águas regeneradas, de forma a que o reservatório não deva ser maior que o consumo diário médio. Quanto aos equipamentos mecânicos, bombas, válvulas motorizadas e filtros, devem ter acesso fácil para inspeção, manutenção e limpeza (ANQIP ETA 0905, 2011).

Capítulo 3

3 Metodologia de Trabalho

No presente capítulo faz-se uma apresentação do pavilhão industrial em estudo, juntamente com os dispositivos de utilização e respectivos caudais nele presente. Assim são analisadas opções para redução de utilização de água a partir do aproveitamento de águas pluviais em diferentes dispositivos, na lavagem de pavimentos e na utilização em máquinas industriais utilizadas pela empresa.

3.1 Descrição do Pavilhão Industrial

O pavilhão industrial estudado pertence à empresa *Mautomotive Portugal Unipessoal, Lda*, Figura 19 (a) e (b), a qual pertence ao grupo Módulo criado em 1995 na Itália. Desde 2014 está em Portugal, localizada na zona Industrial de Mós, Bragança (Figura 20 (a)). O pavilhão conta com uma área coberta de 4638,00 m² (Figura 20 (b)), com cobertura impermeável. O quadro da empresa é composto por 65 funcionários, sendo 47 do sexo masculino e 18 do sexo feminino, que trabalham 5 dias por semana.

A empresa insere-se no setor de atividade de produção de componentes para a indústria automobilística, contando com componentes de pequena e média dimensão, destinados a integrarem a parte fria de sistemas de escape.



Figura 19 - Pavilhão industrial *Mautomotive*: (a) Entrada principal da *Mautomotive*; (b) Interior do pavilhão industrial

Fonte: (MÓDULO, 2020)

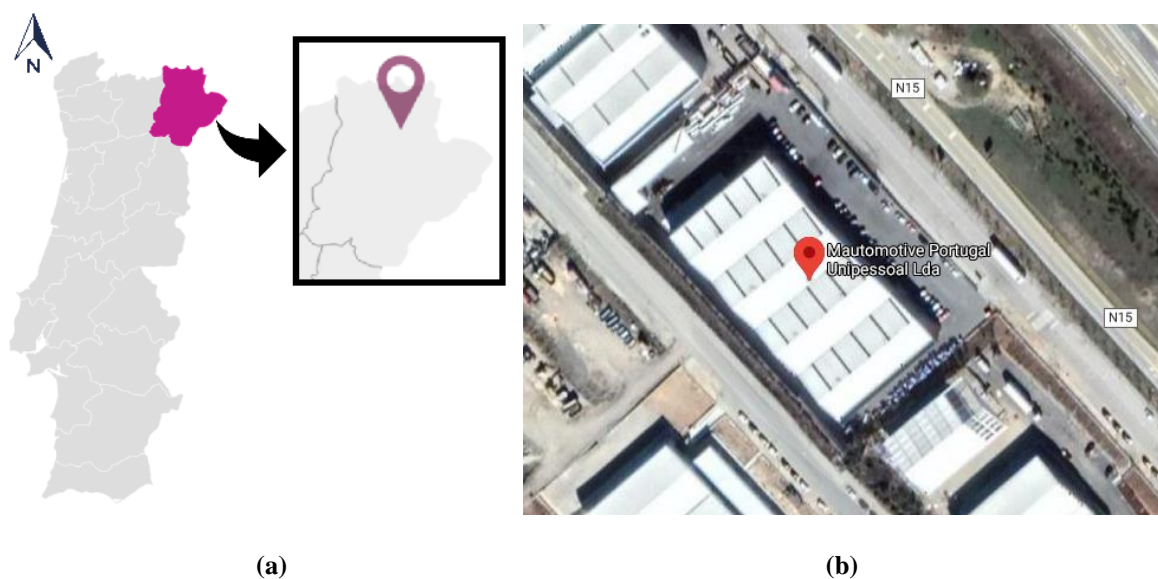


Figura 20 -Localização do pavilhão industrial: (a) Zona Industrial Mos, Bragança; (b) Vista aérea

Fonte: ((a) Autora, 2020; (b) GOOGLE MAPS, 2020)

3.2 Descrição dos Dispositivos de Utilização Existentes

O pavilhão possui dois pavimentos: o rés-do-chão com escritórios, casas de banho, área de produção e armazenamento e o primeiro piso com o vestiário e refeitório. Para melhor visualização, as plantas do edifício, que incluem as especialidades referentes às redes prediais

de águas, são apresentadas no Anexo A. Os aparelhos sanitários presentes no pavilhão industrial estão contabilizados na Tabela 16.

Tabela 16 - Dispositivos sanitários presentes no pavilhão

Pisos	Sanitas	Urinóis	Torneiras		Duches
			Lavatório	Cozinha	
Piso R/C	5	3	4	-	-
1º Piso	2	3	4	1	3

Fonte: (Autora, 2020)

3.2.1 Caudais dos Aparelhos Sanitários

Os caudais dos aparelhos sanitários foram estimados e definidos de acordo com a Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8 e a Tabela 9, referentes, respectivamente, aos autoclismos, duches, torneiras de lavatório, torneiras de cozinhas e fluxómetros de mictórios, pois devido à pandemia do Covid-19, a visita ao pavilhão para real medição dos caudais foi impossibilitada.

Para a torneira de lavatório, cujo modelo se observa na Figura 21, foi adotado um caudal de 5 l/min, pois ela assemelha-se muito à torneira misturadora para lavatório da Erix (2018), mostrada na Figura 22.



Figura 21 - Torneira de lavatório presente no pavilhão industrial

Fonte: (Pavilhão Industrial, 2020)

Misturadora para lavatório



- Perlator limitador de caudal a 5 lt/min
- Cartucho de discos cerâmicos 40mm
- Classe de pressão: 1 a 5 bar
- Acabamento cromado resistente a corrosão

Referência ET309

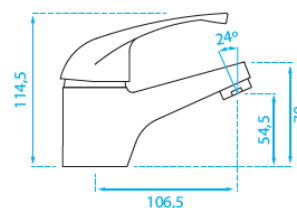


Figura 22 - Modelo de torneira de lavatório de referência Erix

Fonte: (ERIX, 2018)

A torneira de cozinha, cujo modelo se observa na Figura 23, foi adotado com caudal de 8 l/min, pois ela é muito semelhante à misturadora para lava-loiça, mostrada na Figura 24.



Figura 23 - Torneira de cozinha presente no pavilhão industrial

Fonte: (Pavilhão Industrial, 2020)

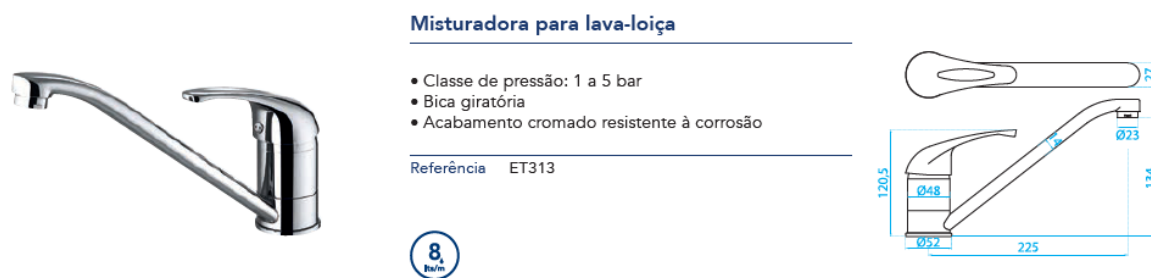


Figura 24 - Modelo de referência de torneira de cozinha Erix

Fonte: (ERIX, 2018)

Os autoclismos de bacia de retrete presentes são de descarga dupla, conforme a Figura 25, os quais foram adotados com categoria A, com caudal de 3 l para meia descarga e 6 l para descarga completa.



Figura 25 - Autoclismo presente no pavilhão industrial

Fonte: (Pavilhão Industrial, 2020)

Para os fluxómetros dos urinóis, cujo modelo se observa na Figura 26, foi adotada categoria A++, cujo consumo é de 1 l por descarga.



Figura 26 - Urinól presente no pavilhão industrial

Fonte: (Pavilhão Industrial, 2020)

Os duches presentes na empresa são de acordo com a Figura 27, e foi adotado com caudal de 8 l/min, pois este é semelhante à misturadora para duche apresentada na Figura 28.



Figura 27 - Duche presente no pavilhão industrial

Fonte: (Pavilhão Industrial, 2020)

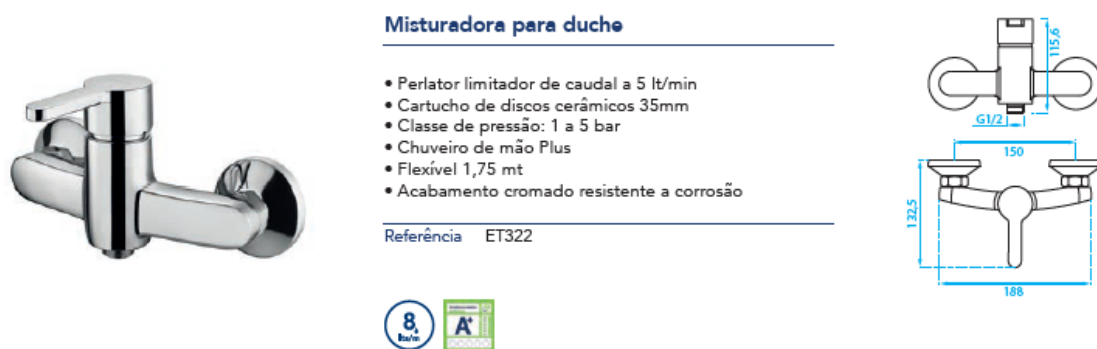


Figura 28 - Modelo de referência de misturador de duche Erix

Fonte: (ERIX, 2018)

Tem-se ainda a lavagem do pavimento da área interna, o qual possui 4638,00 m² e utiliza-se cerca de 5 l/m², de acordo com a Tabela 11, gerando um consumo de 23.190 l/lavagem.

3.3 Proposta de Soluções para Redução do Consumo de Água Potável

Para a redução do uso de água potável, primeiramente deve-se estudar de que forma essa água é consumida na edificação, para assim poder analisar em quais partes se pode agir e em quais partes não é necessária uma água com qualidade de potabilidade. Deste modo, faz-se uma análise do consumo de água no pavilhão industrial, para analisar onde se encaixa a utilização de águas pluviais e então calcular o volume do reservatório.

3.3.1 Consumo de Água no Pavilhão Industrial

O levantamento do consumo de água no pavilhão foi realizado a partir de faturas de água disponibilizadas pela empresa. Foram consultadas 24 faturas de água, de janeiro de 2018 a dezembro de 2019. Na Figura 29 são mostrados os consumos mensais de água, em m³. Observa-se que o maior consumo ocorreu no mês de abril de 2019, o que pode ter ocorrido devido a uma maior produção no período, por necessidade de lavagens mais frequentes ou ainda devido a uma leitura defasada dos meses anteriores, entre outros aspetos, o que pode ter contribuído para

este consumo elevado. Já o menor consumo ocorreu no mês de janeiro de 2019, que pode ter sido devido, entre outros aspetos, a uma menor produção, ou a uma leitura defasada dos meses anteriores. A mediana do consumo é de cerca de 142 m³ por mês.

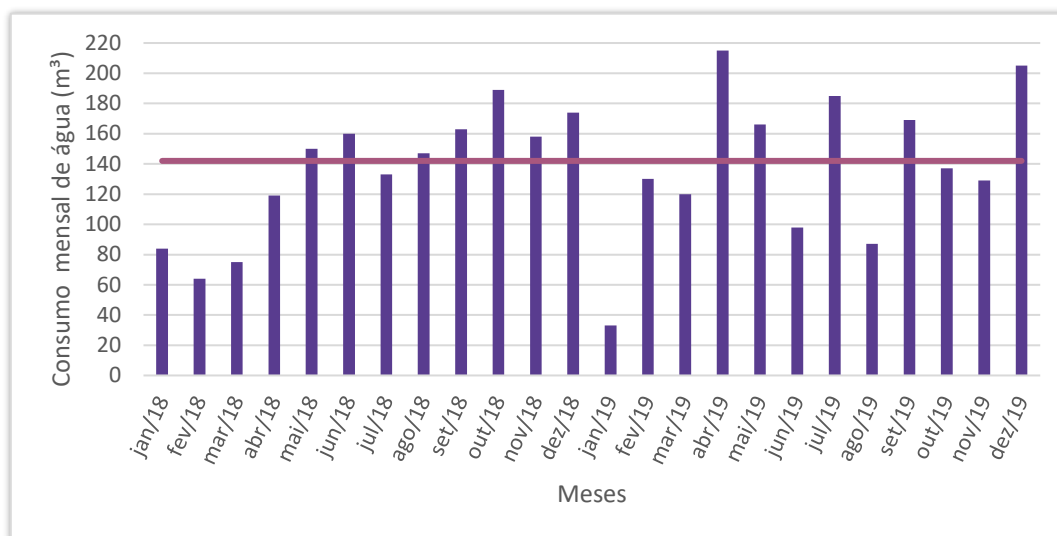


Figura 29 – Estimativa do consumo mensal de água do pavilhão industrial

Fonte: (Autora, 2020)

A Tabela 17 apresenta a distribuição do consumo anual de água no pavilhão industrial, o qual foi estimado com base nas faturas e pelos hábitos de consumo de água dos funcionários, obtido através de questionário, o qual pode ser consultado no Anexo B. A Figura 30 apresenta esses dados de forma mais visual, de forma a observar as maiores parcelas de consumo de água no pavilhão.

Tabela 17 - Estimativa da distribuição do consumo anual de água no pavilhão industrial

Dispositivo	Total (m ³ /ano)	Porcentagem
Autoclismos de bacia de retrete	262,08	15%
Fluxómetros de mictórios	33,84	2%
Toreiras de lavatório	104,00	6%
Torneira de cozinha	115,20	7%
Chuveiros	76,80	5%
Outros usos	1112,08	65%
TOTAL	1704,00	

Fonte: (Autora, 2020)

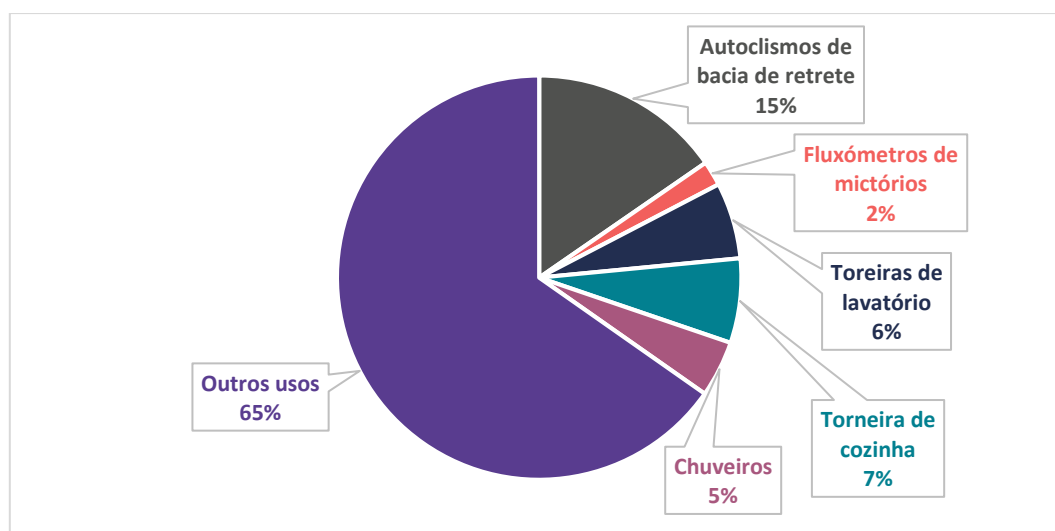


Figura 30 – Estimativa da distribuição do consumo de água no pavilhão industrial

Fonte: (Autora, 2020)

Da análise da Figura 30 observa-se que menos de 20% do consumo no pavilhão tem, necessariamente, de ser de água potável, que são as torneiras e chuveiros. Enquanto as descargas podem ser abastecidas pela água pluvial captada com ou sem tratamento, sem riscos à saúde. E os outros usos, os quais incluem a lavagem do pavimento do pavilhão e a utilização nas máquinas, como por exemplo para arrefecimento, incluem grande parte do consumo do pavilhão, podendo ser substituída por águas pluviais com ou sem tratamento prévio.

O município de Bragança possui taxas fixas e variáveis para o abastecimento de água, saneamento e resíduos sólidos, as quais dependem do tipo de estabelecimento, se está localizado em zona rural ou urbana e, também, devido à sua utilização, podendo ser doméstico, público ou comercial. A Tabela 18 apresenta as tarifas fixas e variáveis para edifícios urbanos comerciais ou industriais.

Tabela 18 - Tarifas fixas e variáveis para Comércio e Indústrias no município de Bragança

Comércio/Indústria		
Tarifas fixas		
Água Urbana	Saneamento	Resíduos Sólidos
8,00 €	2,04 €	4,17 €
Tarifas variáveis (por m ³)		
Água Urbana	Saneamento	Resíduos Sólidos
1,22 €	0,58 €	1,51 €

Fonte: (CÂMARA MUNICIPAL DE BRAGANÇA, 2018)

3.3.2 Soluções para Redução do Consumo de Água Potável

Tendo em vista o princípio dos 5R's (reduzir consumos, reduzir perdas e desperdícios, reutilizar a água, reciclar a água e recorrer a origens alternativas) e a distribuição dos consumos apresentados na Figura 30, são propostas as soluções para redução do consumo de água potável no pavilhão industrial da *Mautomotive*. Para isso foram propostos quatro cenários com a utilização de águas da chuva, os quais se diferem em quais aparelhos sanitários a água potável é substituída pela água da chuva, para poder observar o impacto na fatura de água ao final do ano.

- **Cenário 1:** Fazer a distribuição de água às descargas de autoclismos de bacias de retrete com águas pluviais.
- **Cenário 2:** Fazer a distribuição de água às descargas de autoclismos de bacias de retrete e fluxómetros de mictórios com águas pluviais.
- **Cenário 3:** Fazer a distribuição de água às descargas de autoclismos de bacias de retrete, fluxómetros de mictórios e para outros usos com águas pluviais.
- **Cenário 4:** Fazer a distribuição de água para outros usos com águas pluviais.

A fim de comparação, para cada cenário foi dimensionado o reservatório de acordo com os métodos da norma brasileira ABNT NBR 15527:2007, com a especificação técnica da ANQIP ETA 0701 (2015) e com o mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP apresentado em Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017). Para isso foram necessários os dados pluviométricos da região de Bragança, utilizando-se a precipitação média mensal ao longo dos anos, dispostos na Tabela C.1 do Anexo C.

A Figura 31 apresenta as precipitações médias mensais dos anos de 2010 – 2019, obtidas recorrendo ao Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), sendo na Tabela C.1 do Anexo C apresentados estes dados ano a ano, onde é possível perceber os meses de menos chuva, como maio, junho, julho, agosto e setembro, e os meses de chuvas mais intensas, como outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril.

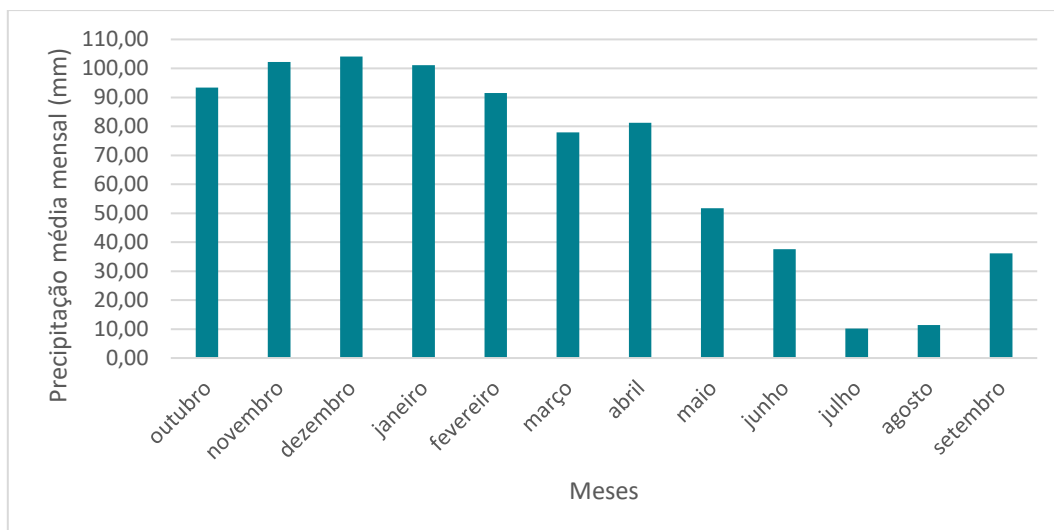


Figura 31 - Precipitação média mensal da região de Bragança (2010 - 2019)

Fonte: (Adaptada de IPMA, 2019)

Capítulo 4

4 Resultados e Discussão

No presente capítulo são apresentadas soluções para dimensionamento de um reservatório para abastecimento com águas pluviais para fins não potáveis, em função dos cenários propostos. O dimensionamento do reservatório, será feito com base nos métodos da norma brasileira ABNT NBR 15527:2007, no dimensionamento simplificado presente na especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015) e no mapa auxiliar para dimensionamento de um SAAP apresentado por Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017). Será ainda analisado, o quanto será poupado na fatura anual de água com a implementação dos cenários propostos.

4.1 Cálculo da Demanda

Para cada cenário proposto foi estimada uma demanda, dependendo dos aparelhos sanitários a serem abastecidos com água pluvial. Essas demandas anuais apresentam-se na Tabela 19.

Tabela 19 – Estimativa do consumo de água a ser substituída por água pluvial por cenário por ano

Cenário		Consumo (m ³ /ano)
Cenário 1	Autoclismos de bacias de retrete	262,08
Cenário 2	Autoclismos de bacias de retrete e fluxómetros de mictórios	295,92
Cenário 3	Autoclismos de bacias de retrete, fluxómetros de mictórios e outros usos	1408,00
Cenário 4	Outros usos	1112,08

Fonte: (Autora, 2020)

4.2 Verificação do volume do reservatório

Para o pavilhão em estudo foram analisados os cenários e calculado qual deveria ser o volume do reservatório de acordo com cada um dos métodos propostos pela NBR 15527:2007, pelo dimensionamento simplificado presente na ETA ANQIP 0701 (2015) e pelo mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP (SILVA-AFONSO; PIMENTEL-RODRIGUES, 2017).

4.2.1 Cenário 1

Para a composição do cenário 1 foi considerado o abastecimento com águas pluviais apenas para os autoclismos de bacias de retrete presentes no pavilhão, que apresentam um consumo de água de 262,08 m³/ano (Tabela 19), o que representa cerca de 15% do consumo de água no pavilhão (Figura 30).

- **Método RIPPL**

O dimensionamento do reservatório a partir do método RIPPL é realizado com base na Equação 4, Equação 5 e Equação 6, obtendo-se os resultados presentes na Tabela 20. Neste método é importante que a demanda seja menor que o volume de chuva aproveitável, no mesmo período de tempo, o que ocorre durante todos os meses devido ao pequeno consumo. Por este motivo, por ser um consumo mensal muito baixo, o dimensionamento indica um volume de **0 m³**, indicando que por este método não compensa a instalação do sistema, possivelmente pelo facto de ser uma área de cobertura muito grande e um consumo baixo, de forma a desperdiçar grande parte da água que poderia ser captada.

Tabela 20 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 1

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	-324,45
novembro	102,23	379,31	-357,47
dezembro	104,11	386,29	-364,45
janeiro	101,10	375,12	-353,28
fevereiro	91,45	339,32	-317,48
março	77,95	289,23	-267,39
abril	81,24	301,43	-279,59
maio	51,72	191,90	-170,06
junho	37,52	139,21	-117,37
julho	10,17	37,73	-15,89
agosto	11,34	42,09	-20,25
setembro	36,10	133,95	-112,11
		Volume reservatório (m³)	0,00

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Método da Simulação

Para o método da Simulação foram utilizadas a Equação 7 e a Equação 8, obtendo-se os resultados presentes na Tabela 21. Para este método foram testados diferentes volumes de reservatório, como pode ser observado na Tabela 22, a qual mostra que para todos os casos o reservatório tem confiança de 100% e no requisito eficiência o reservatório com **20 m³** atende a necessidade de 90% a 99%, assumindo este valor para este método neste cenário.

Tabela 21 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 1

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t-1 (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	0,00	20,00
novembro	102,23	379,31	20,00	20,00
dezembro	104,11	386,29	20,00	20,00
janeiro	101,1	375,12	20,00	20,00
fevereiro	91,45	339,32	20,00	20,00
março	77,95	289,23	20,00	20,00
abril	81,24	301,43	20,00	20,00
maio	51,72	191,90	20,00	20,00
junho	37,52	139,21	20,00	20,00
julho	10,17	37,73	20,00	15,89
agosto	11,34	42,09	15,89	20,00
setembro	36,1	133,95	20,00	20,00

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 22 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 1

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	100,00%	45,79%
20	100,00%	91,58%
25	100,00%	100,00%
50	100,00%	100,00%
90	100,00%	100,00%
110	100,00%	100,00%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Método Azevedo Neto

No dimensionamento do reservatório pelo método Azevedo Neto utiliza-se a Equação 9, a qual não considera a demanda de água pluvial, considerando apenas a área da superfície de captação. Considera-se ainda quantos meses de seca há no período de um ano. Portugal por ser uma região

de pouca chuva foi considerada com 5 meses de pouca chuva, e assim o volume encontrado foi de **65 m³** para o reservatório.

▪ **Método Prático Alemão**

O dimensionamento pelo método Prático Alemão é feito a partir da Equação 10, a qual considera que o volume deve corresponder a 6% do menor valor entre o volume anual de consumo e o volume anual de chuva aproveitável. Para o caso em estudo, com consumo de 262,08 m³/ano, o volume do reservatório deve ser de **16 m³**.

▪ **Método Prático Inglês**

O método Prático Inglês utiliza a Equação 11 para dimensionar o volume do reservatório, o qual deve corresponder a 5% da multiplicação entre a precipitação média anual pela área de captação de chuva. Dessa forma, o volume encontrado para este cenário é de **16 m³**.

▪ **Método Prático Australiano**

O dimensionamento do reservatório a partir do método Prático Australiano desenvolve-se pela Equação 12, Equação 13, Equação 14 e Equação 15, resultando na Tabela 23, de forma a ter uma confiança de 90% a 99%. Para este cenário foram testados diferentes volumes, conforme a Tabela 24, os quais todos deram 100% de confiança. Devido ao pequeno volume de consumo mensal a eficiência é de mais de 91% com um reservatório de **20 m³**, o qual foi adotado.

Tabela 23 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 1

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no início do mês (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no fim do mês (m ³)
outubro	93,33	338,87	0	20,00
novembro	102,23	371,89	20,00	20,00
dezembro	104,11	378,87	20,00	20,00
janeiro	101,10	367,70	20,00	20,00
fevereiro	91,45	331,90	20,00	20,00
março	77,95	281,80	20,00	20,00
abril	81,24	294,01	20,00	20,00
maio	51,72	184,48	20,00	20,00
junho	37,52	131,79	20,00	20,00
julho	10,17	30,31	20,00	20,00
agosto	11,34	34,67	20,00	20,00
setembro	36,10	126,52	20,00	20,00

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 24 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 1

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	100,00%	45,79%
20	100,00%	91,58%
25	100,00%	100,00%
50	100,00%	100,00%
90	100,00%	100,00%
110	100,00%	100,00%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ **Dimensionamento Simplificado (ANQIP ETA 0701, 2015)**

O dimensionamento simplificado presente na especificação técnica da ANQIP ETA 0701 (2015) baseia-se na Equação 3, a qual considera o volume do reservatório como o menor valor entre 1,5% da multiplicação da precipitação média anual pela área de captação pela quantidade de dias em que a água ficará retida no reservatório, de modo que este valor é o mesmo em todos cenários, visto que os dias de retenção são os mesmos. O outro valor a ser comparado é 3% da

multiplicação do número de utilizadores pelo consumo anual estimado pelo número de dias de retenção de água no reservatório. No caso do cenário 1 os valores obtidos foram de 166,61 m³ e 1533,17 m³, respectivamente, adotando-se um reservatório de **170 m³**.

▪ **Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017)**

O mapa auxiliar de cálculo apresentado na Tabela D.1 do Anexo D pode ser adotado para efeitos de dimensionamento de sistema, permitindo a determinação das necessidades de suprimento face ao volume adotado para o reservatório. Feita a análise com diferentes volumes para o reservatório notou-se que já com volume de **0 m³** a eficiência do sistema era de 100%, indicando que qualquer volume maior seria superdimensionado. Isto deve-se, provavelmente, ao facto da pequena demanda neste cenário, tendo em atenção a área de captação disponível, o que indica que para esta demanda o investimento não compensaria.

4.2.2 Cenário 2

O cenário 2 é composto pelo abastecimento com águas pluviais aos autoclismos de bacias de retrete e fluxómetros de mictórios presentes no pavilhão, que apresentam um consumo de água de 295,92 m³/ano (Tabela 19), o que representa cerca de 17% do consumo de água no pavilhão (Figura 30).

▪ **Método RIPPL**

Conforme já citado, o método RIPPL baseia-se na Equação 4, Equação 5 e Equação 6 para o dimensionamento do reservatório, obtendo-se os resultados presentes na Tabela 25. Neste método é importante que a demanda seja menor que o volume de chuva aproveitável, no mesmo período de tempo, o que ocorre durante todos os meses devido ao pequeno consumo. Dessa forma, por ser um consumo mensal muito baixo, o dimensionamento indica um volume de **0 m³**, indicando que por este método não compensa a instalação do sistema.

Tabela 25 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 2

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	-321,63
novembro	102,23	379,31	-354,65
dezembro	104,11	386,29	-361,63
janeiro	101,10	375,12	-350,46
fevereiro	91,45	339,32	-314,66
março	77,95	289,23	-264,57
abril	81,24	301,43	-276,77
maio	51,72	191,90	-167,24
junho	37,52	139,21	-114,55
julho	10,17	37,73	-13,07
agosto	11,34	42,09	-17,43
setembro	36,10	133,95	-109,29
		Volume reservatório (m³)	0,00

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Método da Simulação

Foram utilizadas, novamente, a Equação 7 e a Equação 8, obtendo-se os resultados presentes na Tabela 26, e analisados diferentes volumes de reservatório, como pode ser observado na Tabela 27, a qual mostra a confiança de 100% para todos os volumes de reservatório e no requisito eficiência, o qual deve ficar entre 90% e 99%. Tem-se o reservatório com volume de **25 m³**, apresentando uma eficiência de 100%.

Tabela 26 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 2

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t-1 (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	0,00	25,00
novembro	102,23	379,31	25,00	25,00
dezembro	104,11	386,29	25,00	25,00
janeiro	101,1	375,12	25,00	25,00
fevereiro	91,45	339,32	25,00	25,00
março	77,95	289,23	25,00	25,00
abril	81,24	301,43	25,00	25,00
maio	51,72	191,90	25,00	25,00
junho	37,52	139,21	25,00	25,00
julho	10,17	37,73	25,00	13,07
agosto	11,34	42,09	13,07	17,43
setembro	36,1	133,95	17,43	25,00

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 27 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 2

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	100,00%	40,55%
20	100,00%	81,10%
25	100,00%	100,00%
50	100,00%	100,00%
90	100,00%	100,00%
110	100,00%	100,00%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Método Azevedo Neto

Para o dimensionamento do reservatório a partir do método Azevedo Neto faz-se uso da Equação 9, a qual não considera a demanda de água pluvial, considerando apenas a área da superfície de captação. Além da quantidade de quantos meses de seca que há no período de um

ano, Portugal por ser uma região de baixa pluviosidade foi considerada com 5 meses de pouca chuva, e assim o volume adotado para o reservatório foi de **65 m³**.

▪ **Método Prático Alemão**

Para o método Prático Alemão utiliza-se a Equação 10, a qual considera que o volume do reservatório deve corresponder a 6% do menor valor entre o volume anual de consumo e o volume anual de chuva aproveitável. Para o cenário 2, com um consumo de água de 295,92 m³/ano, o volume do reservatório deve ser de **18 m³**.

▪ **Método Prático Inglês**

Como já abordado, o dimensionamento a partir do método Prático Inglês utiliza a Equação 11, o qual deve corresponder a 5% da multiplicação entre a precipitação média anual pela área de captação de chuva. Assim, resulta em um o volume de **16 m³** para o cenário 2.

▪ **Método Prático Australiano**

Pelo método Prático Australiano o dimensionamento é feito a partir da Equação 12, Equação 13, Equação 14 e Equação 15, resultando na Tabela 28, de forma a ter uma confiança de 90% a 99%. Foram, novamente, testados diferentes volumes, como indica a Tabela 29, os quais todos deram 100% de confiança. Devido ao pequeno volume de consumo mensal a eficiência é de 100% com um reservatório de **25 m²**, o qual foi adotado, visto que supre a demanda.

Tabela 28 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 2

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no início do mês (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no fim do mês (m ³)
outubro	93,33	338,87	0	25,00
novembro	102,23	371,89	25,00	25,00
dezembro	104,11	378,87	25,00	25,00
janeiro	101,10	367,70	25,00	25,00
fevereiro	91,45	331,90	25,00	25,00
março	77,95	281,80	25,00	25,00
abril	81,24	294,01	25,00	25,00
maio	51,72	184,48	25,00	25,00
junho	37,52	131,79	25,00	25,00
julho	10,17	30,31	25,00	25,00
agosto	11,34	34,67	25,00	25,00
setembro	36,10	126,52	25,00	25,00

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 29 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 2

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	100,00%	40,55%
20	100,00%	81,10%
25	100,00%	100,00%
50	100,00%	100,00%
90	100,00%	100,00%
110	100,00%	100,00%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Dimensionamento Simplificado (ANQIP ETA 0701, 2015)

O dimensionamento do reservatório através do dimensionamento simplificado presente na especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015) baseia-se na Equação 3, a qual considera o volume do reservatório como o menor valor entre 1,5% da multiplicação da precipitação média anual pela área de captação pela quantidade de dias em que a água ficará retida no reservatório,

de modo que este valor é o mesmo em todos cenários, visto que os dias de retenção são os mesmos. O outro valor a ser comparado é 3% da multiplicação do número de utilizadores pelo consumo anual estimado pelo número de dias de retenção de água no reservatório. No caso do cenário em questão os valores obtidos foram 166,61 m³ e 1731,13 m³, respectivamente, adotando-se um reservatório de **170 m³**.

- **Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017)**

Como já mencionado, o Mapa Auxiliar de cálculo apresentado na Tabela D.2 do Anexo D pode ser adotado para efeitos de dimensionamento do sistema, permitindo a determinação das necessidades de suprimento face ao volume adotado para o reservatório. Para a análise foram utilizados diferentes volumes para o reservatório notando-se que já com volume de **0 m³** a eficiência do sistema era de 100%, da mesma forma que ocorreu com o cenário 1, indicando que qualquer volume maior estaria superdimensionando o sistema. Isto deve-se ao facto da pequena demanda neste cenário, visto a área de captação disponível, indicando que para esta demanda o investimento não compensaria.

4.2.3 Cenário 3

Para o cenário 3 são considerados o abastecimento com águas pluviais para os autoclismos de bacias de retrete, os fluxómetros de mictórios presentes no pavilhão e os outros usos, os quais incluem a lavagem do pavimento e a água em máquinas industriais, com um consumo de 1408,00 m³/ano (Tabela 19), o que representa cerca de 82% do consumo de água no pavilhão (Figura 30).

- **Método RIPPL**

Para o método RIPPL de dimensionamento utiliza-se a Equação 4, Equação 5 e Equação 6, tendo como os resultados os presentes na Tabela 30, sendo que para a utilização desse método é importante que a demanda seja menor que o volume de chuva aproveitável, no mesmo período de tempo. Para o presente cenário obteve-se o valor de **155 m³** para o volume do reservatório.

Tabela 30 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 3

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	-228,96
novembro	102,23	379,31	-261,98
dezembro	104,11	386,29	-268,96
janeiro	101,10	375,12	-257,79
fevereiro	91,45	339,32	-221,98
março	77,95	289,23	-171,89
abril	81,24	301,43	-184,10
maio	51,72	191,90	-74,57
junho	37,52	139,21	-21,88
julho	10,17	37,73	79,60
agosto	11,34	42,09	75,24
setembro	36,10	133,95	-16,61
		Volume reservatório (m³)	154,84

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Método da Simulação

Para o método da simulação são utilizadas a Equação 7 e a Equação 8 para o dimensionamento do reservatório, obtendo-se os resultados presentes na Tabela 31. Foram analisados diferentes volumes de reservatório, como pode ser observado na Tabela 32, a qual mostra a confiança de 83,33% para todos os volumes de reservatório, já que independentemente do tamanho do reservatório a demanda não é suprida em dois meses, sendo estes os meses de julho e agosto, que são os de menor precipitação, como pode ser observado na Figura 31. Já quanto a eficiência, o qual deve ficar entre 90% e 99%, tem-se que o reservatório com volume de **110 m³**, supre a necessidade com 93,75%.

Tabela 31 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 3

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t-1 (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	0,00	110,00
novembro	102,23	379,31	110,00	110,00
dezembro	104,11	386,29	110,00	110,00
janeiro	101,1	375,12	110,00	110,00
fevereiro	91,45	339,32	110,00	110,00
março	77,95	289,23	110,00	110,00
abril	81,24	301,43	110,00	110,00
maio	51,72	191,90	110,00	74,57
junho	37,52	139,21	74,57	21,88
julho	10,17	37,73	21,88	-79,60
agosto	11,34	42,09	0,00	-75,24
setembro	36,1	133,95	0,00	16,61

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 32 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 3

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	83,33%	8,52%
20	83,33%	17,05%
25	83,33%	21,31%
50	83,33%	42,61%
90	83,33%	76,70%
110	83,33%	93,75%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Método Azevedo Neto

De acordo com o que já foi apontado, o dimensionamento do reservatório a partir do método Azevedo Neto é dado a partir da Equação 9, a qual não considera a demanda de água pluvial, considerando apenas a área da superfície de captação. Além da quantidade de meses de seca

que há no período de um ano, Portugal por ser uma região de baixa pluviosidade foi considerada com 5 meses de pouca chuva, e assim o volume adotado foi de **65 m³** para o reservatório.

▪ **Método Prático Alemão**

Conforme citado anteriormente, o método Prático Alemão utiliza a Equação 10, onde o volume do reservatório corresponde a 6% do menor valor entre o volume anual de consumo e o volume anual de chuva aproveitável. Para o cenário 3, com um consumo de água de 1408,00 m³/ano, o volume do reservatório deve ser de **85 m³**.

▪ **Método Prático Inglês**

O dimensionamento do volume do reservatório a partir do método Prático Inglês faz uso da Equação 11, a qual indica que o reservatório deve corresponder a 5% da multiplicação entre a precipitação média anual pela área de captação de chuva. Desta forma resulta em um volume de **16 m³** para o cenário 3.

▪ **Método Prático Australiano**

Para o dimensionamento pelo método Prático Australiano utiliza-se a Equação 12, Equação 13, Equação 14 e Equação 15, resultando na Tabela 33. Para este método deve-se ter uma confiança de 90% a 99%, e foram, novamente, testados diferentes volumes, como indica a Tabela 34, os quais todos deram entre 80% e 92% de confiança, dependendo se houve um ou mais meses onde a demanda não foi suprida. Quanto à eficiência, tem-se que para um reservatório de **110 m³**, esta é de 91,67%, o qual foi adotado.

Tabela 33 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 3

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no início do mês (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no fim do mês (m ³)
outubro	93,33	338,87	0	110,00
novembro	102,23	371,89	110,00	110,00
dezembro	104,11	378,87	110,00	110,00
janeiro	101,10	367,70	110,00	110,00
fevereiro	91,45	331,90	110,00	110,00
março	77,95	281,80	110,00	110,00
abril	81,24	294,01	110,00	110,00
maio	51,72	184,48	110,00	110,00
junho	37,52	131,79	110,00	110,00
julho	10,17	30,31	110,00	22,98
agosto	11,34	34,67	22,98	-59,68
setembro	36,10	126,52	0,00	9,19

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 34 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 3

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	83,33%	8,52%
20	83,33%	17,05%
25	83,33%	21,31%
50	83,33%	42,61%
90	91,67%	76,70%
110	91,67%	93,75%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Dimensionamento Simplificado (ANQIP ETA 0701, 2015)

Para a realização do dimensionamento simplificado presente na especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015) utiliza-se a Equação 3, a qual obtém como resultado para o volume do reservatório o menor valor entre 1,5% da multiplicação da precipitação média anual pela área de captação pela quantidade de dias em que a água ficará retida no reservatório, de modo que

este valor é o mesmo em todos cenários, visto que os dias de retenção são os mesmos. O outro valor a ser comparado é 3% da multiplicação do número de utilizadores pelo consumo anual estimado pelo número de dias de retenção de água no reservatório. No presente cenário os valores obtidos foram 166,61 m³ e 8236,80 m³, respectivamente, adotando-se um reservatório de **170 m³**.

▪ **Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP (SILVA-AFONSO & PIMENTEL-RODRIGUES, 2017)**

O mapa auxiliar de cálculo apresentado na Tabela D.3 do Anexo D pode ser adotado para efeitos de dimensionamento do sistema, permitindo a determinação das necessidades de suprimento face ao volume adotado para o reservatório. A partir da Figura 32 nota-se que a eficiência do sistema de água pluvial cresce proporcionalmente ao seu volume, até onde começa a ficar superdimensionado.

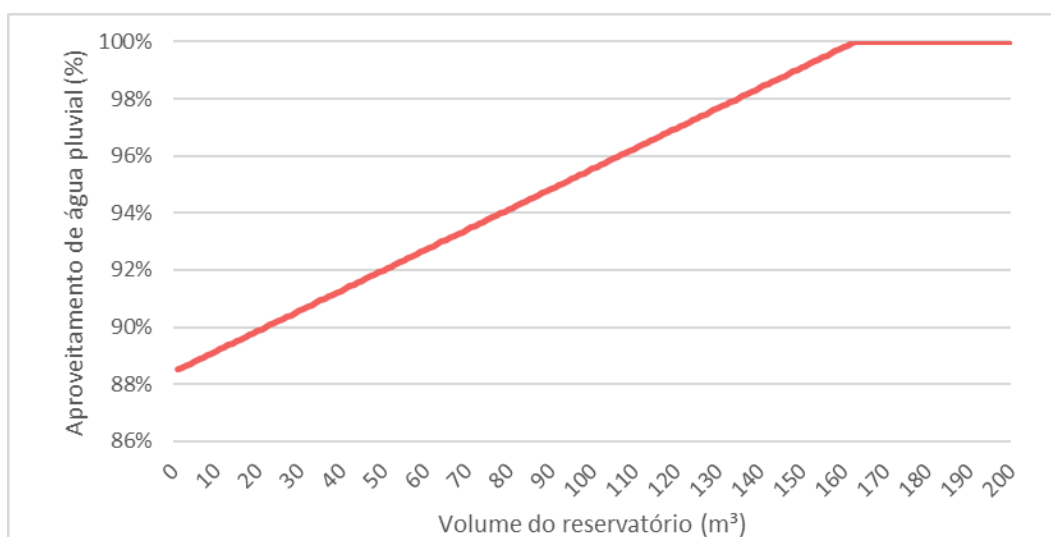


Figura 32 - Volume do reservatório de acordo com o aproveitamento de água pluvial pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 3

Fonte: (Autora, 2020)

Ainda pela análise da Figura 32 tem-se que o volume do reservatório pode variar de 40 m³ a 160 m³, com a eficiência de 91% a 100%, aproximadamente. De forma que com o volume de 40 m³ será necessária a utilização de água da rede em dois meses do ano, nomeadamente julho e agosto. Já a partir de 85 m³ a necessidade de utilização da rede é apenas no mês de agosto,

mas com uma eficiência de 94,47%. Assim, um reservatório de **85 m³** pode ser uma boa solução, uma vez que, para reservatórios de dimensão superior, os custos serão maiores.

4.2.4 Cenário 4

O cenário 4 compõe-se pelos abastecimento com águas pluviais para outros usos, os quais incluem a lavagem do pavimento e a água utilizada em máquinas industriais, com um consumo de 1112,08 m³/ano (Tabela 19), o que representa cerca de 65% do consumo de água no pavilhão (Figura 30).

- **Método RIPPL**

Como já visto, para o cálculo do reservatório a partir do método RIPPL utiliza-se a Equação 4, Equação 5 e Equação 6, tendo os resultados presentes na Tabela 35. Tem-se que, para a utilização de tal método é importante que a demanda seja menor que o volume de chuva aproveitável, no mesmo período de tempo. Para o cenário 4 obteve-se o valor de **105 m³** para o volume do reservatório.

Tabela 35 - Dimensionamento do reservatório pelo método RIPPL - Cenário 4

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	-253,62
novembro	102,23	379,31	-286,64
dezembro	104,11	386,29	-293,62
janeiro	101,10	375,12	-282,45
fevereiro	91,45	339,32	-246,64
março	77,95	289,23	-196,55
abril	81,24	301,43	-208,76
maio	51,72	191,90	-99,23
junho	37,52	139,21	-46,54
julho	10,17	37,73	54,94
agosto	11,34	42,09	50,58
setembro	36,10	133,95	-41,27
		Volume reservatório (m³)	105,52

Fonte: (Autora, 2020)

▪ **Método da Simulação**

Como já citado, o dimensionamento pelo método da simulação utiliza a Equação 7 e a Equação 8, obtendo-se os resultados descritos na Tabela 36. Para o cenário foram avaliados diferentes volumes, conforme Tabela 37, a qual mostra a confiança de 83,33% para todos os volumes de reservatório, já que independentemente do tamanho do reservatório a demanda não é suprida em dois meses, sendo estes os de menor precipitação mensal, isto é, julho e agosto, como pode ser observado na Figura 31. Já quanto à eficiência, que deve permanecer entre 90% e 99%, tem-se que o reservatório com volume de **90 m³**, supre a necessidade com 97,12%.

Tabela 36 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação - Cenário 4

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t-1 (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no tempo t (m ³)
outubro	93,33	346,29	0,00	90,00
novembro	102,23	379,31	90,00	90,00
dezembro	104,11	386,29	90,00	90,00
janeiro	101,1	375,12	90,00	90,00
fevereiro	91,45	339,32	90,00	90,00
março	77,95	289,23	90,00	90,00
abril	81,24	301,43	90,00	90,00
maio	51,72	191,90	90,00	90,00
junho	37,52	139,21	90,00	46,54
julho	10,17	37,73	46,54	-54,94
agosto	11,34	42,09	0,00	-50,58
setembro	36,1	133,95	0,00	41,27

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 37 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método da Simulação - Cenário 4

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	83,33%	10,79%
20	83,33%	21,58%
25	83,33%	26,98%
50	83,33%	53,95%
90	83,33%	97,12%
110	83,33%	100,00%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Método Azevedo Neto

De acordo com o já apontado, pelo método Azevedo Neto utiliza-se a Equação 9 para dimensionar o reservatório, onde não se considera a demanda de água pluvial, considerando-se apenas a área da superfície de captação. Além da quantidade de quantos meses de seca que há no período de um ano, Portugal por ser uma região de baixa pluviosidade foi considerada com 5 meses de pouca chuva, assim o volume adotado para o cenário em questão foi de **65 m³** para o reservatório.

▪ Método Prático Alemão

Para o dimensionamento com o método Prático Alemão, como já citado, utiliza-se a Equação 10, onde o volume do reservatório corresponde a 6% do menor valor entre o volume anual de consumo e o volume anual de chuva aproveitável. Para este caso, com consumo de 1112,08 m³/ano, o volume do reservatório deve ser de **67 m³**.

▪ Método Prático Inglês

Conforme citado anteriormente, o método Prático Inglês faz uso da Equação 11 para dimensionar o volume do reservatório, de forma que este corresponda a 5% da multiplicação entre a precipitação média anual pela área de captação de chuva. Resulta assim um reservatório com volume de **16 m³** para o presente cenário.

▪ **Método Prático Australiano**

O método Prático Australiano utiliza-se da Equação 12, Equação 13, Equação 14 e Equação 15 para o dimensionamento do volume do reservatório, obtendo-se os resultados dispostos na Tabela 38. Com a utilização deste método deve-se ter uma confiança de 90% a 99%, e assim, foram analisados diferentes volumes, como indica a Tabela 39, os quais todos deram entre 80% e 100% de confiança. Houve essa variação devido ao facto de haver mais ou menos meses onde a demanda foi suprida na sua totalidade. Quanto à eficiência, tem-se que um reservatório de **90 m³** atende aos requisitos.

Tabela 38 - Dimensionamento do reservatório pelo método Prático Australiano - Cenário 4

Meses	Precipitação da chuva no tempo t (mm)	Volume de água de chuva aproveitável no tempo t (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no início do mês (m ³)	Volume de chuva armazenada no reservatório no fim do mês (m ³)
outubro	93,33	338,87	0	90,00
novembro	102,23	371,89	90,00	90,00
dezembro	104,11	378,87	90,00	90,00
janeiro	101,10	367,70	90,00	90,00
fevereiro	91,45	331,90	90,00	90,00
março	77,95	281,80	90,00	90,00
abril	81,24	294,01	90,00	90,00
maio	51,72	184,48	90,00	90,00
junho	37,52	131,79	90,00	90,00
julho	10,17	30,31	90,00	27,64
agosto	11,34	34,67	27,64	-30,36
setembro	36,10	126,52	0,00	33,85

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 39 - Confiança e eficiência dos reservatórios pelo método Prático Australiano - Cenário 4

Volume do reservatório (m ³)	Confiança EQ	Eficiência do sistema (%)
10	83,33%	10,79%
20	83,33%	21,58%
25	83,33%	26,98%
50	83,33%	53,95%
90	91,67%	97,12%
110	91,67%	100,00%

*Os dados da eficiência foram calculados e limitados a 100%.

Fonte: (Autora, 2020)

▪ Dimensionamento Simplificado (ANQIP ETA 0701, 2015)

Conforme já citado, o dimensionamento do reservatório pelo método simplificado proposto na especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015) baseia-se na Equação 3, onde se considera para o volume do reservatório o menor valor entre 1,5% da multiplicação da precipitação média anual pela área de captação pela quantidade de dias em que a água ficará retida no reservatório, de modo que este valor é o mesmo em todos cenários, visto que os dias de retenção são os mesmos. O outro valor a ser comparado é 3% da multiplicação do número de utilizadores pelo consumo anual estimado pelo número de dias de retenção de água no reservatório. No caso do cenário 4 os valores obtidos foram 166,61 m³ e 6505,67 m³, respectivamente, adotando-se um reservatório de **170 m³**.

▪ Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP (SILVA-AFONSO & PIMENTAL-RODRIGUES, 2017)

O mapa auxiliar de cálculo apresentado na Tabela D.4 do Anexo D pode ser adotado para efeitos de dimensionamento do sistema, permitindo a determinação das necessidades de suprimento face ao volume adotado para o reservatório. A partir da Figura 33 nota-se que a eficiência do sistema de água pluvial cresce proporcionalmente ao seu volume, até onde começa a ficar superdimensionado, de forma que o melhor volume a ser adotado é de 60 m³ para o presente cenário, pois possui boa eficiência e supre em grande parte a demanda necessária.

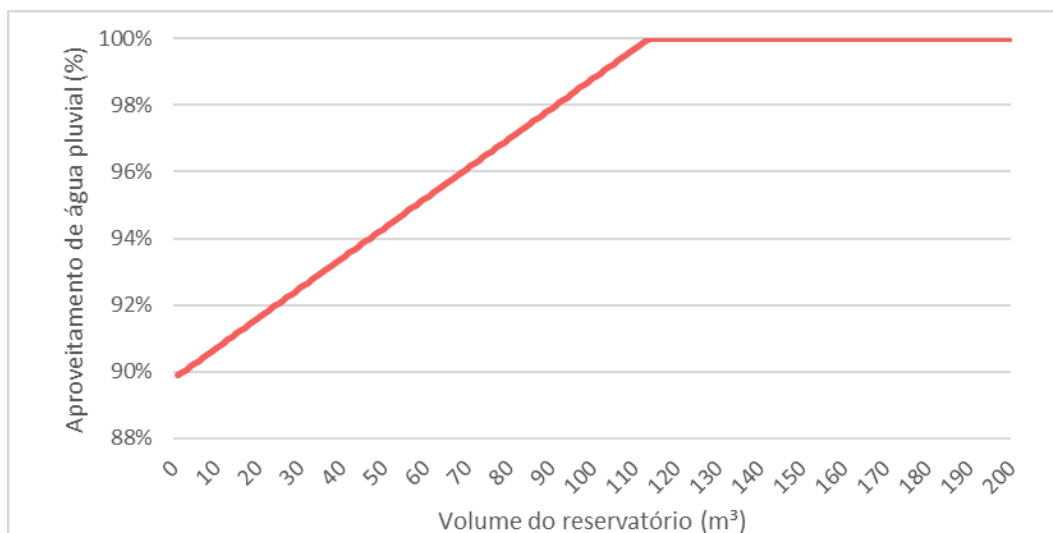


Figura 33 - Volume do reservatório de acordo com o aproveitamento de água pluvial pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 4

Fonte: (Autora, 2020)

Ainda com base na análise da Figura 33 tem-se que o volume do reservatório pode variar de 20 m³ à 110 m³, respeitado a eficiência de 91% a 100%, aproximadamente. Dessa forma assumindo um volume de 20 m³ o sistema deixará de suprir toda a demanda em dois meses do ano, julho e agosto. Já a partir de 60 m³ a demanda só não é suprida no mês de agosto, mas com uma eficiência de 95,19%. Assim, assume-se um reservatório de **60 m³** como uma boa solução, visto que os custos de um reservatório de maiores dimensões são maiores.

4.2.5 Resumo dos volumes de reservatório para água da chuva calculados

A Tabela 40 apresenta um resumo dos volumes de reservatórios calculados para cada cenário pelos diferentes métodos, a partir disso analisa-se que houveram métodos com idênticos volumes independentemente do cenário escolhido, ou seja, independente da demanda, como é o caso do método Azevedo Neto, método Prático Inglês e o Dimensionamento Simplificado proposto na especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015). No caso do método Azevedo Neto e do método Prático Inglês isso explica-se devido ao facto das equações levarem em consideração apenas a precipitação média anual da região e a área de captação de água, a qual é a mesma nos 4 cenários estudados. Já no caso do Dimensionamento Simplificado proposto na especificação técnica ANQIP ETA 0701 (2015) deve ser adotado o mínimo entre os valores V1

e V2, sendo que em todos os cenários V1, que depende da precipitação média mensal, da área de captação e do tempo de retenção no reservatório, apresentou valor menor que V2, o qual depende do consumo anual de água.

Nota-se, ainda de acordo com a Tabela 40, que há divergências entre os volumes calculados pelos diferentes métodos para cada cenário, de forma que a escolha do volume possa ser feita com base em aspectos económicos e disponibilidade espacial para suportar o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Para o cenário 1, observa-se na Tabela 40 que os resultados obtidos variam de 0 a 166 m³, essa diferença deve-se ao facto de serem métodos que não consideram a demanda ou são para demandas de maiores dimensões, de forma a cada método se adequar mais a certa situação. Nesse caso, a maioria dos valores estão próximos dos 20 m³, sendo este um bom volume a ser adotado, mas pode-se adotar o volume dado por qualquer método, fazendo-se a avaliação de qual melhor se adequa. Por exemplo pelos métodos de RIPPL e o Mapa Auxiliar de dimensionamento de um SAAP tem-se que não compensa a instalação para uma pequena demanda.

No caso do cenário 2, observa-se que alguns valores aumentaram, visto que a demanda neste cenário é um pouco superior do que no cenário 1. Tem-se novamente valores para o volume do reservatório de 0 a 166 m³, de forma que se concentram entre 16 m³ e 25 m³. Assim um reservatório de 25 m³ pode ser uma boa escolha para a demanda em questão. O dimensionamento pelo método RIPPL e pelo Mapa Auxiliar de dimensionamento de um SAAP, novamente, dão um volume de 0, de forma a indicar o possível longo período de retorno do investimento devido à baixa demanda. Já o dimensionamento simplificado proposto pela ANQIP ETA 0701 (2015) resulta em um valor para o volume do reservatório muito alto para este cenário, pelo facto de considerar a precipitação.

Já no cenário 3, o qual possui a maior demanda de água pluvial, por incluir tanto os autoclismos como os outros usos, apresentou maiores volumes de reservatório, entre 16 m³ e 166 m³, sendo que a maioria dos valores se concentram entre 110 m³ e 166 m³. Porém, neste caso, estes volumes podem ser superiores ao necessário, visto que pelo método do Mapa Auxiliar de dimensionamento de um SAAP, um reservatório de 85 m³ já apresenta uma eficiência de quase 95%. Nesse caso a viabilidade económica pode influenciar ainda mais, pois para maiores

reservatórios maiores serão os custos, porém deve-se atender à demanda necessária para que haja uma redução considerável na fatura anual de água.

Enquanto o cenário 4, que possui uma grande demanda, mas inferior à do cenário 3, apresentou valores entre 16 m³ e 166 m³ para o volume do reservatório de água pluvial, tendo a maioria dos valores entre 90 m³ e 105 m³, mas apresentando uma parcela por volta dos 65 m³. Como no caso anterior, o método do Mapa Auxiliar de dimensionamento de um SAAP apresentou uma eficiência de mais de 95% com um reservatório de 60 m³, sendo, possivelmente, uma boa solução devido ao facto de possuir uma boa eficiência e ainda ser um reservatório mais económico do que um de maiores dimensões, visto que esta já supre a necessidade.

Tabela 40 - Resumo dos valores encontrados para o volume do reservatório em cada cenário

Volume do Reservatório em m ³		Cenário 1 ⁽¹⁾	Cenário 2 ⁽²⁾	Cenário 3 ⁽³⁾	Cenário 4 ⁽⁴⁾
ABNT NBR 15527:2007	Método RIPPL	0	0	155	105
	Método da Simulação	20	25	110	90
	Método Azevedo Neto	65	65	65	65
	Método Prático Alemão	16	18	85	67
	Método Prático Inglês	16	16	16	16
	Método Prático Australiano	20	25	110	90
ANQIP	Dimensionamento Simplificado	166	166	166	166
	Mapa Auxiliar de Dimensionamento	0	0	85	60

⁽¹⁾ Abastecimento de autoclismos de bacias de retrete com águas pluviais;

⁽²⁾ Abastecimento de autoclismos de bacias de retrete e fluxómetros de mictórios com águas pluviais;

⁽³⁾ Abastecimento de autoclismos de bacias de retrete, fluxómetros de mictórios e outros usos com águas pluviais;

⁽⁴⁾ Abastecimento de outros usos com águas pluviais.

Fonte: (Autora, 2020)

Chegando a um volume de reservatório para aproveitamento de águas pluviais, importa referir que, na impossibilidade de deslocação ao pavilhão industrial devido à pandemia do Covid-19, sugere-se para trabalhos futuros uma análise da possível localização do reservatório, bem como uma análise da viabilidade técnico-económica das soluções apresentadas.

4.3 Redução do Consumo Anual com a Utilização de Água Pluvial

Analisando-se a Figura 34 tem-se que a maior redução no consumo de água acontece no cenário 3, pois nele uma maior parte do consumo é substituído pela água pluvial, de forma a causar maior impacto também na fatura anual de água. Como se pode observar na Tabela 41, estima-se uma redução de quase 5.000,00 € na fatura anual de água. Os cenários 1 e 2 apresentam uma redução de 15,38% e 17,37%, respectivamente, no consumo de água e pouco mais de 1.000,00 € na fatura anual de água. Já o cenário 4 apresenta, também, uma redução significativa tanto no consumo, de cerca de 65,06% e na fatura anual de água, de quase 4.000,00 €.

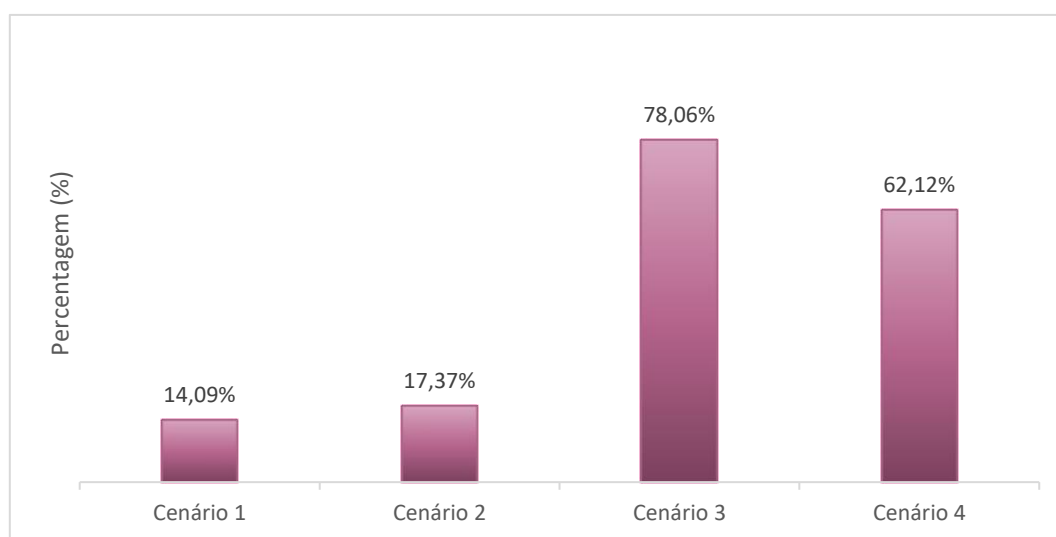


Figura 34 – Estimativa do consumo reduzido anualmente em relação ao total consumido

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela 41 – Estimativa de redução anual na fatura de água

	Cenário 1	Cenário2	Cenário 3	Cenário 4
TV⁽¹⁾ Água	292,81 €	361,02 €	1.622,82 €	1.291,47 €
TV⁽¹⁾ Saneamento	139,21 €	171,63 €	771,50 €	613,98 €
TV⁽¹⁾ Resíduos	362,42 €	446,84 €	2.008,57 €	1.598,46 €
TF⁽²⁾ Água	96,00 €	96,00 €	96,00 €	96,00 €
TF⁽²⁾ Saneamento	24,48 €	24,48 €	24,48 €	24,48 €
TF⁽²⁾ Resíduos	50,04 €	50,04 €	50,04 €	50,04 €
TOTAL	964,95 €	1.150,02 €	4.573,42 €	3.674,42 €

⁽¹⁾ Taxa Variável

⁽²⁾ Taxa Fixa

Fonte: (Autora, 2020)

Capítulo 5

5 Conclusão e Proposta para Trabalhos Futuros

5.1 Conclusão

Visto a posição de Portugal frente à disponibilidade de água para consumo humano, que por vezes esteve em situação de estresse hídrico, viu-se a necessidade de estudos que minimizassem a utilização de água potável para fins não potáveis. De forma que foram necessárias políticas para um uso eficiente da água nos diversos setores, como a redução do consumo, utilização de dispositivos eficientes, redução de perdas e desperdícios e recorrer a origens alternativas para usos não potáveis. Assim, como grande parcela da água consumida nas residências e indústrias são para fins não potáveis, tem-se a alternativa da utilização de águas pluviais em substituição da utilização de água potável.

No presente estudo foi analisada a solução da utilização de água pluvial para fins não potáveis em um pavilhão industrial situado no concelho de Bragança, dando origem a quatro diferentes cenários que se alteram de acordo com os aparelhos sanitários e lavagens considerados. De forma que se analisou a viabilidade técnica e a economia ao final do ano.

Assim, para cada cenário foram estudadas as diferentes formas de se calcular o volume do reservatório para armazenamento da água chuva, mostrando valores bastante diferentes para um mesmo cenário. De forma, que não há um melhor método a ser utilizado, deve-se avaliar, também, economicamente e a disponibilidade de espaço físico para implantação, pois

reservatórios maiores resultam em suprir a demanda por maiores períodos, mas reservatórios menores são, geralmente, de menor custo.

Desta forma, o cenário 1, com utilização de águas pluviais nos autoclismos das bacias de retrete, estima uma poupança de água anual de cerca de 14,09% e uma redução na fatura anual de água de 964,95 €, com um reservatório de 20 m³. No cenário 2, com utilização de água pluviais nos autoclismos das bacias de retrete e no fluxómetros dos mictórios, tem-se a poupança de 17,37% e 1.150,02 €, respectivamente, de água e económica, com a utilização de um reservatório de 25 m³. Já para o cenário 3, onde se consideram os autoclismos das bacias de retrete, fluxómetros dos mictórios e os outros usos, a poupança de água chega a 78,06%, enquanto economicamente reduz-se 4.573,42 € a fatura anual de água, considerando-se a instalação de um reservatório de 85 m³. No caso do cenário 4, para outros usos, a economia de água é de 62,12% e financeiramente de 3.674,42 € e um reservatório de 60 m³ supre a demanda.

É importante salientar que todos os cenários são tecnicamente implementáveis, porém o que supre a maior demanda de água, cenário 3, substituindo grande parte do consumo de água potável por águas pluviais, possivelmente trará um retorno financeiro mais rápido, devido à grande economia anual. Porém, no caso do cenário 4, este também pode trazer um retorno financeiro rápido, pois como inclui apenas os outros usos, os quais são as lavagens do pavimento do pavilhão e a utilização nas máquinas industriais, correspondendo à maior parcela de consumo no pavilhão.

Em suma, com este trabalho mostra-se que deve ser promovido o aproveitamento de águas pluviais. As soluções estudadas, poderão conduzir a uma redução do consumo de água potável no pavilhão industrial, diminuindo o valor da fatura de água e minimizando os riscos de escassez hídrica na região.

5.2 Propostas para Trabalhos Futuros

A realização deste estudo pode ser complementada no futuro com outras análises, nomeadamente no que respeita aos seguintes aspetos:

- Definir um local para implementação do reservatório de águas pluviais;

- Analisar as redes prediais de distribuição de água, de drenagem de águas pluviais e residuais, tendo em vista a implantação do reservatório;
- Analisar a viabilidade técnico-económica dos diferentes cenários propostos.

Referências bibliográficas

ABNT NBR 15527. Brasil. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. 2007.

ABNT NBR 15527. Brasil. Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. 2019.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Plano Nacional da Água**. Portugal: Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, 2015.

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água**. Portugal: PNUEA, 2012.

ÁGUAS DE PORTUGAL. **Atitudes e Comportamentos dos Portugueses face à Água**. Portugal: Instituto de Marketing Research, 2018.

ÁGUAS DE PORTUGAL. **Trabalhamos com o objetivo de proteger e valorizar o ambiente natural e humano**. 2015. Disponível em: <<https://www.adp.pt/pt/grupo-adp/quem-somos/?id=5>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

ÁGUAS DE PORTUGAL. **WONE (Water Optimization for Network Efficiency)**. 2020. Disponível em: <<https://www.epal.pt/EPAL/menu/produtos-e-servi%C3%A7os/wone>>. Acesso em: 14 maio. 2020.

ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO. **Reforço de abastecimento de água a Bragança - Estudo de impacte ambiental**. Lisboa: Agri-Pro Ambiente Consultores S.A., 2011. v. 1

ALMEIDA, J. A. G. **Água na indústria: base para uma Economia Circular**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2018.

ALVES, M. E. P. **Eficiência Hídrica em Edifícios**. Porto: Universidade do Porto, 2015.

ALVES, R. V. R. **Uso Eficiente da Água em Edifícios - Tecnologia, certificação, incentivos económicos**. Porto: Universidade do Porto, 2010.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Água no mundo**. [s.d]. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>. Acesso em: 23 mar. 2020.

ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. **Catálogo - Produtos Certificados**. Portugal: ANQIP, 2019.

ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. ETA 0701. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP)**, n. ANQIP, 2015.

ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. ETA 0804. **Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a autoclismos de bacias de retrete**, n. ANQIP, 2015.

ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. ETA 0806. **Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a chuveiros e sistemas de duche**, n. ANQIP, 2015.

ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. ETA 0808. **Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros de mictórios**, n. ANQIP, 2015.

ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. ETA 0905. **Sistemas Prediais de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC)**, n. ANQIP, 2011.

ANQIP, Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. **Planos de gestão de região hidrográfica - 3º ciclo (2022 - 2027)**. Portugal: ANQIP, 2018.

BERTOLO, E. DE J. P. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. Porto: Universidade do Porto, 2006.

BEZERRA, S. M. DA C.; CHRISTIAN, P.; TEIXEIRA, C.A.; FARAHBAKHS, K. Ambiente Construído. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR**, v. 10, p. 219–231, 2010.

BRAGANÇA MUNICÍPIO. **Barragem de Veiguinhas em construção**. 2014. Disponível em: <https://www.cm-braganca.pt/frontoffice/pages/547?news_id=120>. Acesso em: 4 jun. 2020.

CÂMARA MUNICIPAL DE BRAGANÇA. **Tarifário de Abastecimento de Água - Município de Bragança**. Edital nº 63/2018, 2018. Disponível em:

<<https://www.apfn.com.pt/estudoagua/2018/ficha59.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2020

CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA¹. **Água em Portugal**. 2015?. Disponível em:

<<https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/aacutegua-em-portugal.html#>>. Acesso em: 23 mar. 2020.

CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA². **Água no Planeta Terra**. [s.d]. Disponível em:

<<https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/aacutegua-no-planeta-terra.html#>>. Acesso em: 12 maio. 2020.

DIÁRIO DA REPÚBLICA. 23/95. Decreto Regulamentar nº. 23/95. 1995.

ERIX. **Catálogo geral**. Portugal: Grupo Sacramento Campos, 2018. Disponível em:

<https://www.erix.pt/uploads/files/downloads/17/ERIX_CatGeral_2018-Web_30Mb_SEM_PRECO.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2020

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Use of freshwater resources in Europe**.

Denmark: European Environment Agency, 2019.

FERREIRA, M. M. **Estratégias para preservação e reaproveitamento da água no âmbito residencial - Estudo de caso no município de Guarapuava**. Guarapuava: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

GEBERIT. **Geberit Pluvia Drenagem de Coberturas - Sistema Sifónico de Drenagem de Coberturas**. Disponível em: <<https://www.geberit.pt/produtos/sistemas-de-drenagem/geberit-pluvia/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

GIACCHINI, M. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC 2016. **O método de RIPPL para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento da água de chuva**, 2016.

GOOGLE MAPS. **Mautomotive Portugal Unipessoal, Lda**. 2020. Disponível em:

<<https://www.google.pt/maps/place/Mautomotive+Portugal+Unipessoal+Lda/@41.7163238,-6.809056,278m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd3bb4cc82e29337:0x25889cf45e879a97!8m2!3d41.7162057!4d-6.808144?hl=pt-BR>>. Acesso em: 6 jul. 2020.

INSTITUTO DA ÁGUA. **Água em Portugal**. Portugal: Instituto da Água, [s.d.].

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera. **Boletim bioclimético mensal**. 2019.

Disponível em:

<<http://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2019&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2019>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera. **Índice PDSI - Página de entrada - Evolução Histórica**. 2020. Disponível em:

<<http://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/pdsi/apresentacao/evolu.historica/>>.

Acesso em: 4 jun. 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Abertura de vertedouro permite movimento de barcaças e trabalhadores no Paraguai**. 2020. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/noticia/abertura-de-vertedouro-permite-movimento-de-barcacas-e-trabalhadores-no-par>>. Acesso em: 4 jun. 2020.

KOLHS, M. SB Rural. **Água: fonte de vida**, 2011.

KÖNIG, K. W. UNEP. **Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being**, n. Stockholm Environment Institute, 2009.

LNEC, Laboratório Nacional De Engenharia Civil. **Programa Nacional para o uso Eficiente da Água**. Lisboa: Instituto da Água, 2001.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MAGALHÃES, J. F. S. **Aproveitamento de Águas Pluviais - Aplicação de um Sistema de Aproveitamento a um Hospital**. Porto: Universidade do Porto, 2013.

MIRANDA, M. A. C. XIX Congresso da Ordem dos Engenheiros. **Sistemas de Certificação na Eficiência Hídrica**, n. 19^a, 2012.

MARECOS DO MONTE, H.; ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de Águas Residuais**. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010.

MÓDULO. **Portugal**. 2020. Disponível em: <<http://www.modulonet.com/en/portugal>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em:

<<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 3 mar. 2020.

NASCIMENTO, A. R. S. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais em grandes superfícies e o seu impacto ambiental**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.

NOVAKOSKI, C. K. **Aproveitamento de águas pluviais: dimensionamento do reservatório para aplicação em residências de padrão alto, normal e baixo em Porto Alegre - RS**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

NUNES, A. J. Bragança. **Construção do Sistema do Alto Sabor/Veiguiñas - Síntese dos principais momentos Construção do Alto Sabor/Veiguiñas**, 2013.

OLIVEIRA, L. H. et al. **Levantamento do estado da arte: Água**. São Paulo: Projeto Finep, 2007.

PERA, G. **Lei de permeabilidade do solo busca garantir melhor uso das águas pluviais**. 2017. Disponível em: <<https://lagosul.com.br/lei-de-permeabilidade-do-solo-busca-garantir-melhor-uso-das-aguas-pluviais/>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

QUADROS, C. S. **Rainwater Harvesting - Case Study: FCT/UNL Campus**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2010.

PIMENTEL-RODRIGUES, C.; SILVA-AFONSO, A. CIBW062 Symposium 2014. **The need to rethink the design criteria for water supply in buildings in light of the implementation of water efficiency measures**, n. ANQIP, 2014.

SILVA, A. M. et al. 6º Congresso da água. **Uso eficiente da água para fins industriais**, n. 6º, 2002.

SILVA-AFONSO, A. CIB 17182. **Building rainwater harvesting systems. Doubts and certainties**, 2009.

SILVA-AFONSO, A.; PIMENTEL-RODRIGUES, C. **Aproveitamento de águas pluviais e de águas cinzentas em edifícios - Situação em Portugal**, 201?.

SILVA-AFONSO, A.; PIMENTEL-RODRIGUES, C. **Manual de Eficiência Hídrica em Edifícios**. Portugal: ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, 2017.

SNIRH¹, Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. **Chuva**. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=da8c9edf91804682b269e9d631117619>>. Acesso em: 13 maio. 2020.

SNIRH², Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. **Portugal Continental**. 2009. Disponível em: <<https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=4&idItem=2>>. Acesso em: 23 mar. 2020.

TRATA BRASIL. **O que é saneamento?** 2019?. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>>. Acesso em: 13 maio. 2020.

UNESCO, United National Educational, Scientific and Cultural Organization. **Wastewater: the untapped resource**. Paris: UNESCO, 2017.

UNICEF, United Nations Children's Fund. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene: 2000 - 2017**. New York: UNICEF, 2019.

UNIVERSIDADE TRISUL. **Reuso de águas cinzas é solução sustentável em edifícios**. 2017. Disponível em: <<http://www.universidadetrisul.com.br/sustentabilidade/reuso-de-aguas-cinzas-e-solucao-sustentavel-em-edificios>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

VERDADE, J. H. DE O. **Aproveitamento de Água das Chuvas e Reutilização de Águas Cinzentas**. Porto: Universidade do Porto, 2008.

ANEXOS

ANEXO A – Plantas Hidrossanitárias do Pavilhão Industrial em Estudo

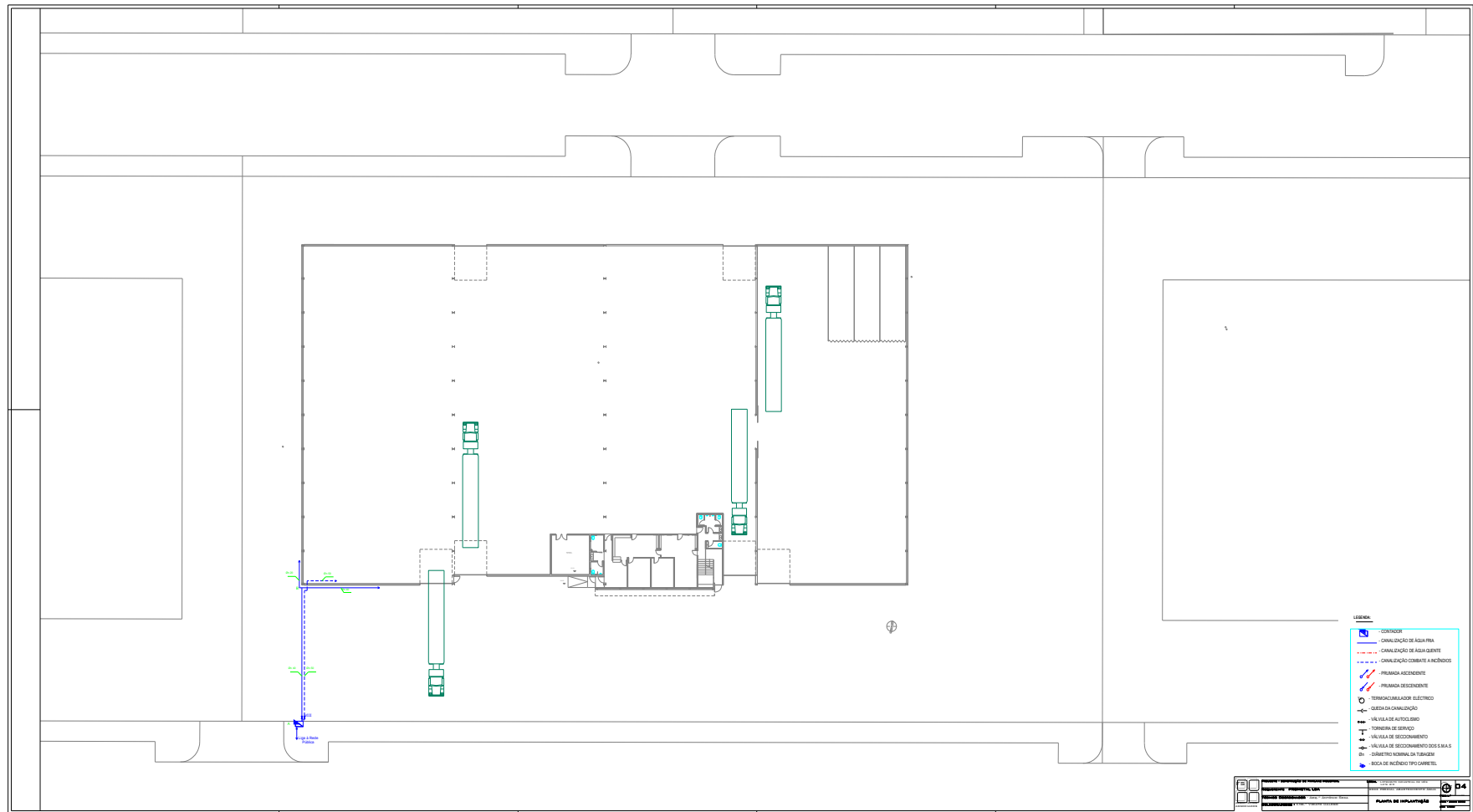


Figura A.1 - Planta da rede predial de distribuição de água – Implantação

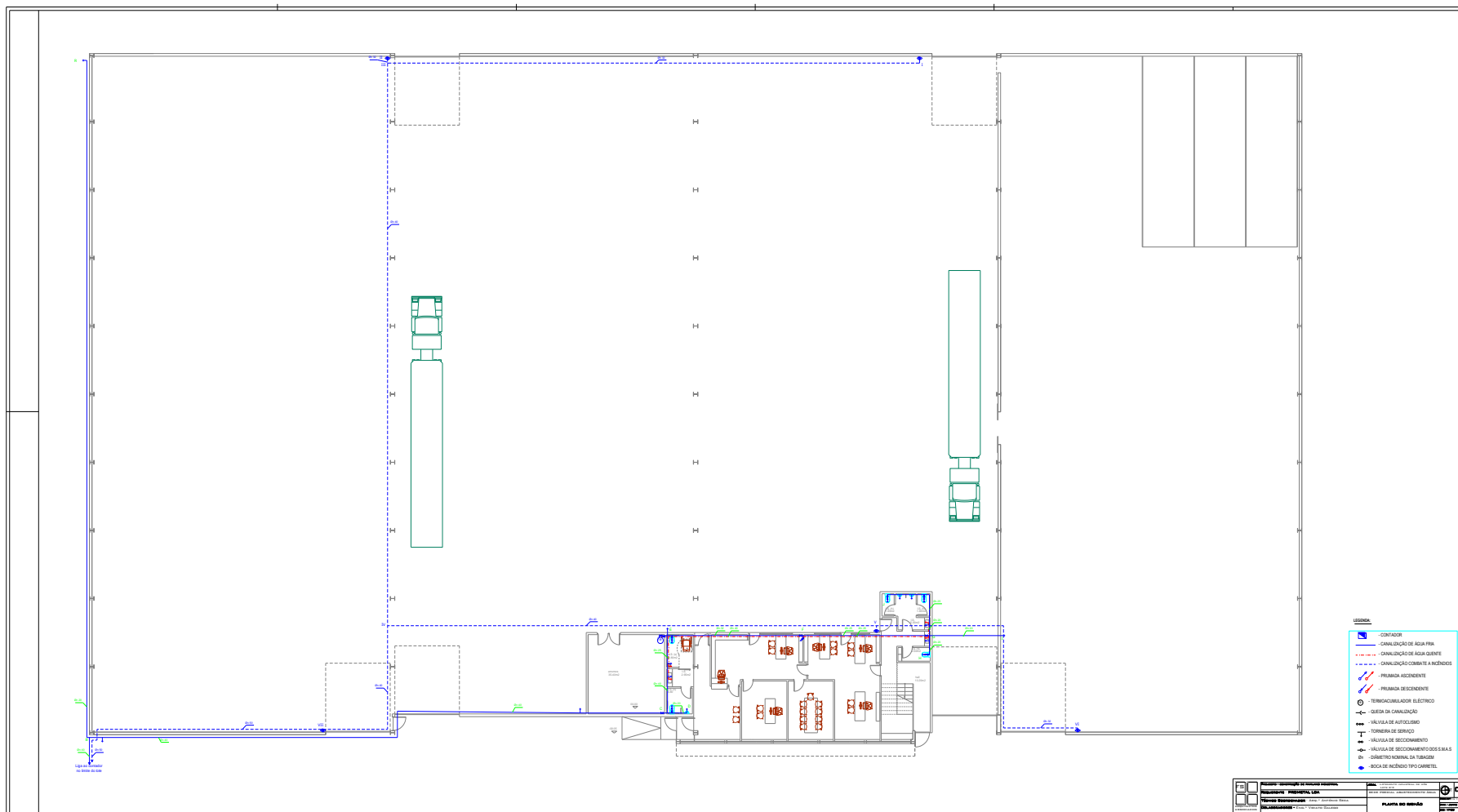


Figura A.2 -Planta da rede predial de distribuição de água – Rés do Chão

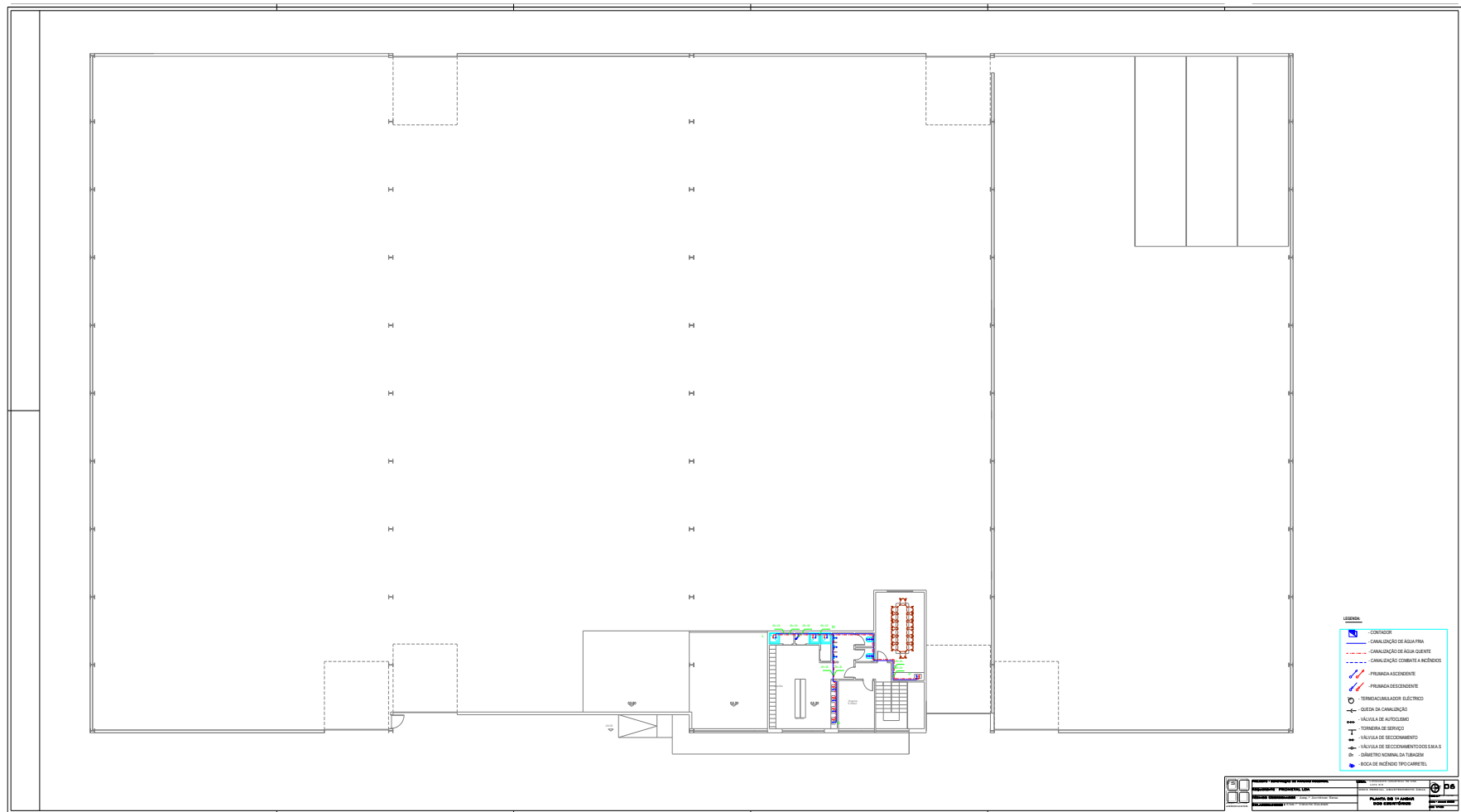


Figura A.3-Planta da rede predial de distribuição de água – Piso 1

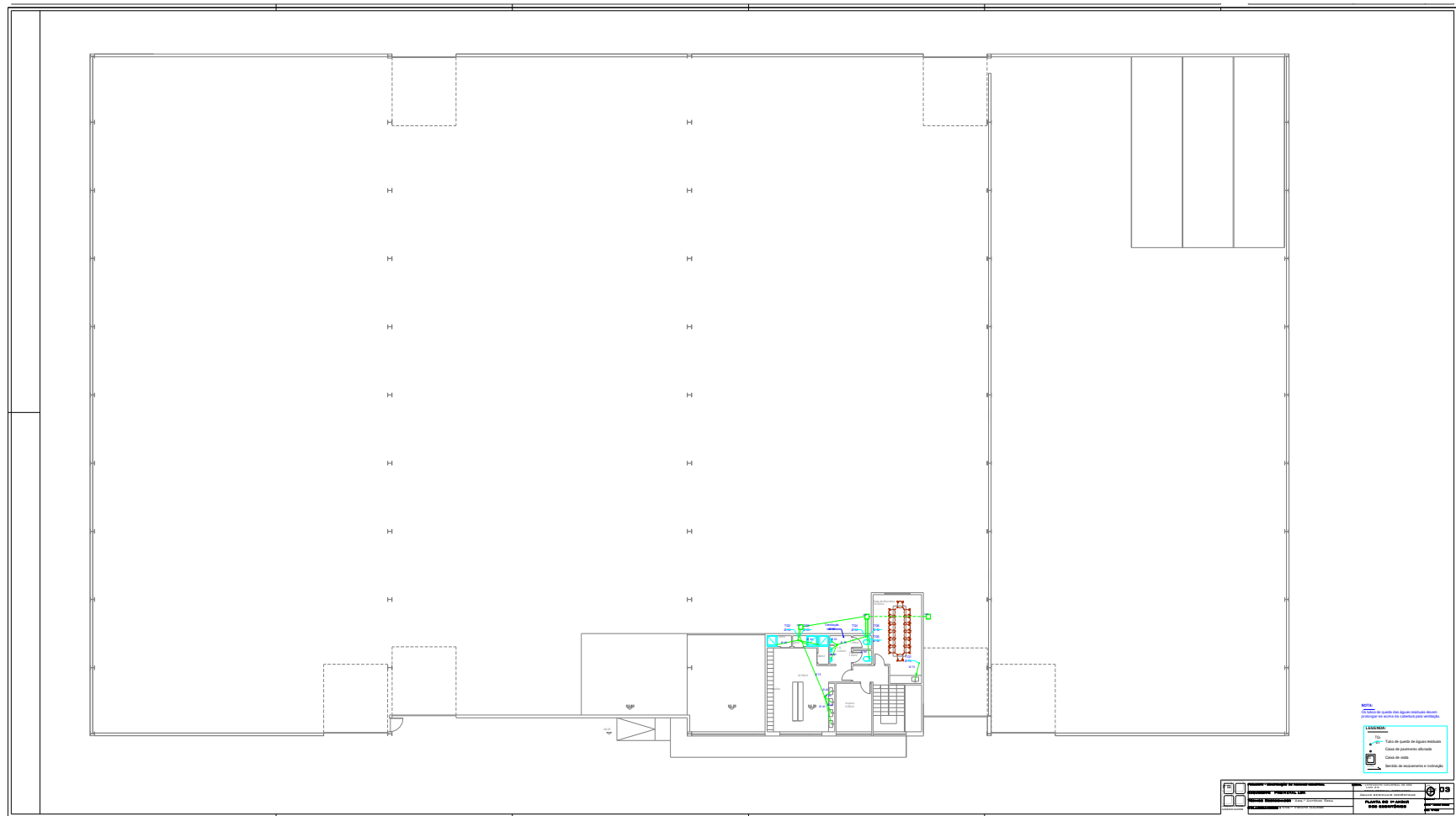


Figura A.6 -Planta da rede predial de drenagem de águas residuais – Piso 1



Figura A.7 -Planta da rede predial de drenagem de águas pluviais – Cobertura

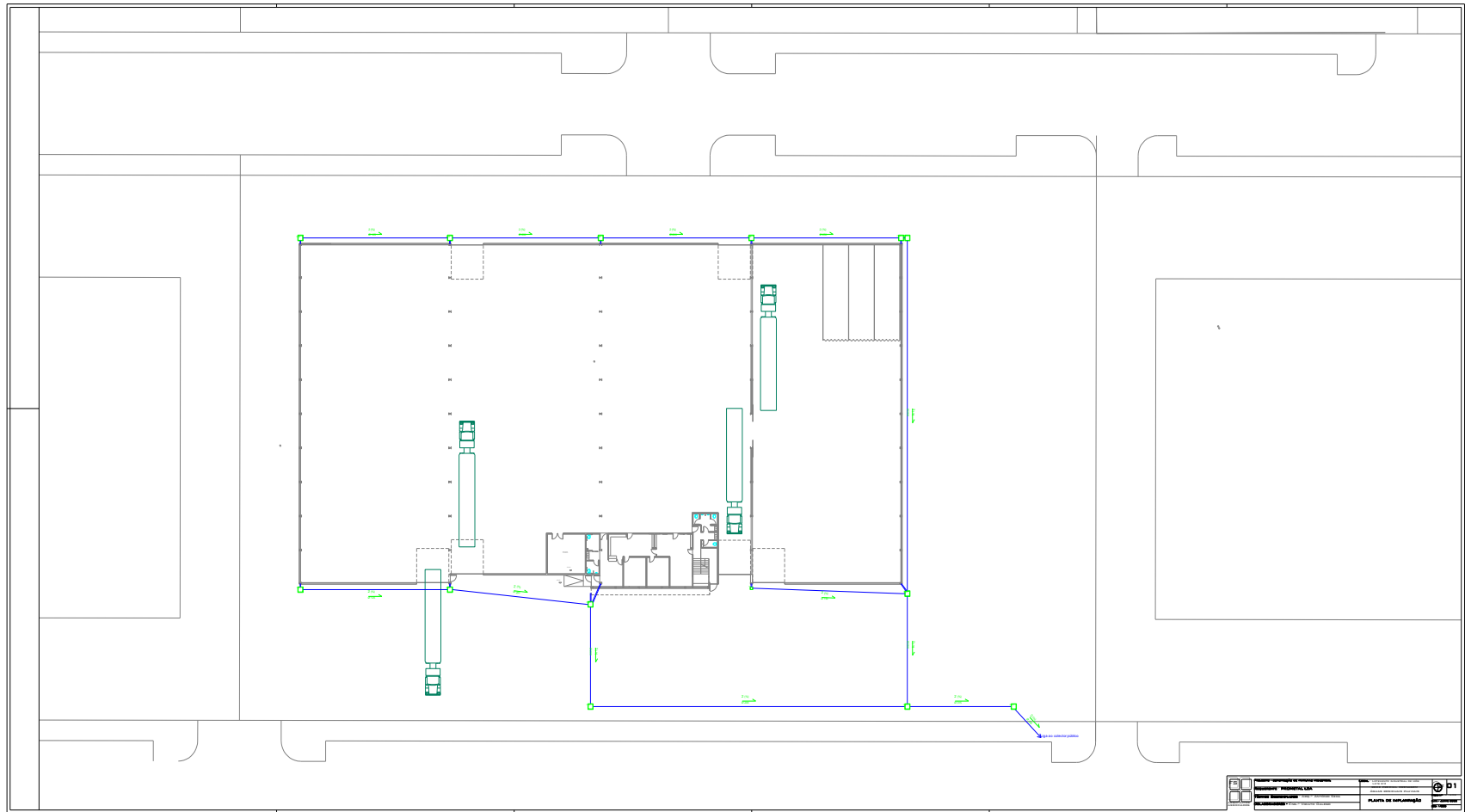


Figura A.8 -Planta da rede predial de drenagem de águas pluviais – Implantação

ANEXO B – Questionário

Questionário

No âmbito de uma Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, venho pedir a sua colaboração para responder a algumas questões, em que se pretende saber quais são os hábitos dos funcionários relativamente ao “Consumo de água no pavilhão industrial – o caso da Mautomotive Portugal, Unipessoal Lda.”. É muito importante que responda a todas as questões com sinceridade e empenho. Saliento ainda que assumo o compromisso de só fazer uso público da informação recolhida sob a forma de anonimato.

Agradeço, desde já, a sua colaboração.

1. Indique o número de funcionários que trabalham no pavilhão industrial: _____
 - 1.1. Indique quantos funcionários são do sexo masculino: _____
 - 1.2. Indique quantos funcionários são do sexo feminino: _____
2. Indique o número de dias de trabalho por semana: _____
3. Indique uma estimativa do número de vezes que diariamente cada funcionário lava as mãos: _____
 - 3.1. Quando os funcionários lavam as mãos, indique uma estimativa:
 - 3.1.1. Do número de vezes que pressionam o “botão” da torneira (caso sejam torneiras temporizadas): _____
 - 3.1.2. Do tempo que a torneira permanece aberta (em minutos/segundos, caso sejam torneiras de monocomando): _____
 - 3.2. Por favor, insira uma fotografia(s) do(s) modelo(s) de **torneira(s) de lavatório** existente(s) nas instalações sanitárias.
 - 3.3. Se possível, meça o caudal de uma torneira ou torneiras (no caso de existirem modelos diferentes), e preencha a seguinte tabela:

Tempo (segundos)	Volume (litros)

Metodologia: *Torneiras de monocomando* - colocar um copo graduado debaixo da torneira e medir o tempo necessário para encher 1 litro; *Torneiras temporizadas* - colocar um copo graduado debaixo da torneira e medir o volume e o tempo de débito de água. Se possível fazer 3 medições.

A questão 4 é apenas para funcionários do sexo masculino:

4. Indique uma estimativa do número de vezes que diariamente os funcionários utilizam:
O urinol: _____ A sanita: _____
 - 4.1. De cada vez que usam o urinol, indique uma estimativa do número de descargas que fazem:

4.1.1. Indique uma estimativa, caso seja possível, do volume de descarga (V) do urinol (é importante observar se uma descarga é composta por muita ou pouca água):

$V \leq 1,0$ L $1,0 < V \leq 2,0$ L $2,0 < V \leq 4,0$ L $4,0 < V \leq 6,0$ L

Mais de 6,0 L, quantos litros? _____

4.2. De cada vez que usam a sanita, indique uma estimativa do número de descargas que fazem:

4.2.1. Habitualmente, para fazer as descargas na sanita, utilizam:

O “botão” maior (de 6 L) O “botão” menor (de 3 L) Os dois “botões” ao mesmo tempo O “botão único” (no caso de só existir um “botão”)

4.3. Por favor, insira uma fotografia(s) do(s) modelo(s) de **urinóis** e **sanitas** existente(s) nas instalações sanitárias.

A questão 5 é apenas para funcionários do sexo feminino:

5. Indique uma estimativa do número de vezes que diariamente os funcionários utilizam a sanita:

5.1.1. De cada vez que usam a sanita, indique uma estimativa do número de descargas que fazem: _____

5.1.2. Habitualmente, para fazerem as descargas na sanita, utilizam:

O “botão” maior (de 6 L) O “botão” menor (de 3 L) Os dois “botões” ao mesmo tempo O “botão único” (no caso de só existir um “botão”)

6. Indique uma estimativa do número de funcionários que utilizam o duche: _____

6.1. Indique uma estimativa do número de vezes que diariamente cada funcionário utiliza o duche:

6.1.1. Indique uma estimativa, em minutos, do tempo que demoram no duche: _____

6.2. Por favor, insira uma fotografia(s) do(s) modelo(s) de **sistemas de duche/chuveiros** existente(s) nas instalações sanitárias.

6.3. Se possível, meça o caudal de um chuveiro ou chuveiros (no caso de existirem modelos diferentes) e preencha a seguinte tabela:

Tempo (segundos)	Volume (litros)

Metodologia: Registrar o tempo de duração de preenchimento de um certo volume “X” num balde. Em seguida, com o auxílio de um copo graduado de 1 L, determinar o valor desse volume “X” adquirido no balde. Se possível fazer 3 medições.

7. Indique uma estimativa diária do número de vezes que a torneira da “cozinha/refeitório” é utilizada:

7.1. Quando é utilizada, indique uma estimativa do tempo que permanece aberta (em minutos/segundos): _____

7.2. Por favor, insira uma fotografia do modelo de **torneira de cozinha** existente na cozinha/refeitório.

7.3. Se possível, meça o caudal da torneira de cozinha e preencha a seguinte tabela:

Tempo (segundos)	Volume (litros)

Metodologia: Torneira de monocomando - colocar um copo graduado debaixo da torneira e medir o tempo necessário para encher 1 litro. Se possível fazer 3 medições.

8. Indique com que frequência é feita a lavagem do pavimento interior do pavilhão:

8.1. Indique uma estimativa da área que habitualmente é lavada (em m²): _____

9. Indique com que frequência é utilizada a máquina lavadora:

9.1. Indique uma estimativa, em litros, do consumo de água em cada lavagem de peças:

10. Existem outros pontos de consumo de água?

Sim Não

10.1. Se sim, indique quais são e, se for possível, indique uma estimativa do consumo de água nesses pontos.

11. Indique o material usado na cobertura do pavilhão.

12. Por favor, insira uma breve descrição da empresa.

Obrigada pela sua colaboração!
Mariana Schulze, n.º 42789
Aluna de Mestrado em Engenharia da Construção
ESTiG – IPB

ANEXO C – Precipitação Média Mensal ao longo dos Anos do Município de Bragança (2010 – 2019)

Tabela C.1- Precipitação média mensal ao longo dos anos do município de Bragança (2010 – 2019)

Bragança	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
2010	134,9	201,2	107,7	109,7	65,7	104,8	3,1	0,6	31,6	141,7	77,1	213,3
2011	108,4	90,0	81,4	63,8	46,4	14,9	1,1	47,4	20,1	71,5	136,8	31,5
2012	12,8	0,0	3,5	80,6	65,5	13,9	19,0	12,2		67,4	80,8	94,2
2013	142,6	69,0	168,0	64,1	35,8	3,6	15,8	0,0	47,4	151,5	11,1	161,6
2014	164,4	151,0	40,0	60,8	32,7	16,0	33,9		88,5	130,1	171,4	38,3
2015	48,0	18,2	2,3	48,8	45,2	57,6	2,4	5,5	78,0	166,3	105,1	69,6
2016	258,0	136,9	59,7	175,3	104,6	8,5	0,5	10,1	21,7	65,5	82,9	47,3
2017	46,2	173,0	49,0	15,9	74,4	5,8	6,6	5,3	0,0	17,2	45,3	116,2
2018	54,2	51,6	239,8	89,8	37,7	118,7	11,2	0,0	20,8	46,7	196,9	55,2
2019	41,5	23,6	28,1	103,6	9,2	31,4	8,1	21,0	16,8	75,4	114,9	213,9
Média	101,10	91,45	77,95	81,24	51,72	37,52	10,17	11,34	36,10	93,33	102,23	104,11

Fonte: (IPMA, 2019)

ANEXO D – Mapa Auxiliar para Dimensionamento de Reservatório de Água Pluvial

Tabela D.1- Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 1

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade-Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório (V)	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
outubro	93,33	21,84	311,66	289,82	289,82	0,00	0,00	0,00	0,00
novembro	102,23	21,84	341,38	319,54	319,54		0,00	0,00	0,00
dezembro	104,11	21,84	347,66	325,82	325,82		0,00	0,00	0,00
janeiro	101,10	21,84	337,61	315,77	315,77		0,00	0,00	0,00
fevereiro	91,45	21,84	305,38	283,54	283,54		0,00	0,00	0,00
março	77,95	21,84	260,30	238,46	238,46		0,00	0,00	0,00
abril	81,24	21,84	271,29	249,45	249,45		0,00	0,00	0,00
maio	51,72	21,84	172,71	150,87	150,87		0,00	0,00	0,00
junho	37,52	21,84	125,29	103,45	103,45		0,00	0,00	0,00
julho	10,17	21,84	33,96	12,12	12,12		0,00	0,00	0,00
agosto	11,34	21,84	37,88	16,04	16,04		0,00	0,00	0,00
setembro	36,10	21,84	120,55	98,71	98,71		0,00	0,00	0,00
TOTAIS	798,26	262,08	2668,69						0,00

Aproveitamento de água pluvial (m³) =	262,08 → 100,00%
---	-------------------------

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela D.2- Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 2

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade-Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório (V)	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
outubro	93,33	24,66	311,66	287,00	287,00	0,00	0,00	0,00	0,00
novembro	102,23	24,66	341,38	316,72	316,72		0,00	0,00	0,00
dezembro	104,11	24,66	347,66	323,00	323,00		0,00	0,00	0,00
janeiro	101,10	24,66	337,61	312,95	312,95		0,00	0,00	0,00
fevereiro	91,45	24,66	305,38	280,72	280,72		0,00	0,00	0,00
março	77,95	24,66	260,30	235,64	235,64		0,00	0,00	0,00
abril	81,24	24,66	271,29	246,63	246,63		0,00	0,00	0,00
maio	51,72	24,66	172,71	148,05	148,05		0,00	0,00	0,00
junho	37,52	24,66	125,29	100,63	100,63		0,00	0,00	0,00
julho	10,17	24,66	33,96	9,30	9,30		0,00	0,00	0,00
agosto	11,34	24,66	37,88	13,22	13,22		0,00	0,00	0,00
setembro	36,10	24,66	120,55	95,89	95,89		0,00	0,00	0,00
TOTAIS	798,26	295,92	2668,69						0,00

Aproveitamento de água pluvial (m ³) =	295,92 → 100,00%
--	------------------

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela D.3- Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 3

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade-Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório (V)	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
outubro	93,33	117,33	311,66	194,33	194,33	85,00	0,00	85,00	0,00
novembro	102,23	117,33	341,38	224,05	224,05		85,00	85,00	0,00
dezembro	104,11	117,33	347,66	230,33	230,33		85,00	85,00	0,00
janeiro	101,10	117,33	337,61	220,28	220,28		85,00	85,00	0,00
fevereiro	91,45	117,33	305,38	188,05	188,05		85,00	85,00	0,00
março	77,95	117,33	260,30	142,97	142,97		85,00	85,00	0,00
abril	81,24	117,33	271,29	153,96	153,96		85,00	85,00	0,00
maio	51,72	117,33	172,71	55,38	55,38		85,00	85,00	0,00
junho	37,52	117,33	125,29	7,96	7,96		85,00	85,00	0,00
julho	10,17	117,33	33,96	-83,37	0,00		85,00	1,63	0,00
agosto	11,34	117,33	37,88	-79,45	0,00		1,63	0,00	77,82
setembro	36,10	117,33	120,55	3,22	3,22		0,00	3,22	0,00
TOTAIS	798,26	1408,00	2668,69						77,82

Aproveitamento de água pluvial (m ³) =	1330,18 → 94,47%
--	------------------

Fonte: (Autora, 2020)

Tabela D.4- Dimensionamento do reservatório pelo Mapa Auxiliar de Dimensionamento de um SAAP - Cenário 4

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade-Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório (V)	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
outubro	93,33	92,67	311,66	218,99	218,99	60,00	0,00	60,00	0,00
novembro	102,23	92,67	341,38	248,71	248,71		60,00	60,00	0,00
dezembro	104,11	92,67	347,66	254,99	254,99		60,00	60,00	0,00
janeiro	101,10	92,67	337,61	244,94	244,94		60,00	60,00	0,00
fevereiro	91,45	92,67	305,38	212,71	212,71		60,00	60,00	0,00
março	77,95	92,67	260,30	167,63	167,63		60,00	60,00	0,00
abril	81,24	92,67	271,29	178,62	178,62		60,00	60,00	0,00
maio	51,72	92,67	172,71	80,04	80,04		60,00	60,00	0,00
junho	37,52	92,67	125,29	32,62	32,62		60,00	60,00	0,00
julho	10,17	92,67	33,96	-58,71	0,00		60,00	1,29	0,00
agosto	11,34	92,67	37,88	-54,79	0,00		1,29	0,00	53,50
setembro	36,10	92,67	120,55	27,88	27,88		0,00	27,88	0,00
TOTAIS	798,26	1112,08	2668,69						53,50

Aproveitamento de água pluvial (m³) =	1058,58 → 95,19%
---	-------------------------

Fonte: (Autora, 2020)