



• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

## **Definition of a preventive maintenance plan for a water supply system**

**Autor**

**Pedro Miguel Albuquerque Gomes**

**Orientadores**

**Engenheiro João Veríssimo dos Santos**

**Professor Doutor Cristóvão Silva**

**Júri**

**Presidente** Professor Doutor Luis Miguel Domingues Fernandes  
**Ferreira**  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Vogal** Engenheira Isabela Maganha  
Investigadora da Universidade de Coimbra

**Orientador** Professor Doutor Cristóvão Silva  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Colaboração Institucional**

---



**Águas do Centro  
Litoral, S.A**

**Coimbra, Julho, 2018**



“We have the ability to provide clean water for every man, woman and child on the Earth. What has been lacking is the collective will to accomplish this. What are we waiting for? This is the commitment we need to make to the world, now.”

Jean-Michel Cousteau

*Aos meus pais.*



## Agradecimentos

Esta dissertação marca praticamente o fim de mais um capítulo da minha vida que ficará guardado para sempre dentro de mim. Ao longo destes anos académicos as dificuldades que iam naturalmente surgindo fizeram-me crescer e aprender em bastantes aspectos quer de natureza emocional quer de natural social. Para que tudo tenha acontecido da melhor maneira possível, existe uma grupo de pessoas às quais tenho de expôr o meu mais sincero agradecimento pois sem elas nada disto seria possível.

Aos meus pais, Graciano de Sousa Gomes e Rosa Maria Albuquerque de Sousa Gomes, não só pelo sacrificio constante que é ter um filho a estudar fora como também pelos princípios e valores inculcados desde sempre

À minha namorada, Filipa Sousa, por todo o apoio e carinho transmitidos e por toda a ajuda sempre que foi necessário.

Aos meus irmãos, Nuno e André, tanto pelos sábios ensinamentos transmitidos ao longo da vida, como pela amizade e afeto partilhados desde sempre.

Às minhas sobrinhas, Mafalda e Francisca, pelo apoio, ainda que inconsciente e pela felicidade que constantemente partilham comigo.

A toda a minha restante família, com especial destaque à minha Avó Maria Rosa, às minhas tias Teresa e Judite e ao meu tio António Carlos, pela disponibilidade, ajuda e apoio que nunca estiveram em falta.

Ao meu orientador na empresa, Engenheiro João Veríssimo dos Santos por todos os ensinamentos transmitidos, todos os conselhos e todo o tempo despendido sempre com a maior vontade em ajudar.

Ao meu orientador na faculdade Cristóvão Silva por toda a ajuda prestada.

Aos meus amigos, pelo companheirismo, ajuda, e pelos momentos bem passados em toda a vida académica.

Aos colaboradores da Empresa Águas do Centro Litoral, com especial destaque ao Diretor, Engenheiro José Luís Caseiro pela oportunidade dada, ao Sr. Carlos Marques e aos

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---

engenheiros Telmo Simões, Sérgio Simões, Nelson Moura, Rui Tonel e João Loureiro por todos os conselhos e ajuda prestada durante todo o estágio.

## Resumo

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água em alta, especificamente para os municípios de Coimbra, Miranda do Corvo, Penela, Lousã, Condeixa-a-Nova e Mealhada. Para a sua realização foi reunido um conjunto vasto de informações provenientes de documentos realizados por pessoas experientes tais como fornecedores, empresas de prestação de serviços, técnicos e gestores de manutenção. Tendo em conta que a empresa Águas do Centro Litoral utiliza uma aplicação denominada Aquaman, o objetivo futuro é transpor o conjunto de ações selecionadas bem como a sua periodicidade para a aplicação referida, o que ainda não foi possível derivado da falta de ativos dentro da mesma.

Para acompanhar o plano realizado foi efetuado um planeamento com vista a definir não só o número de técnicos necessário para a sua execução, como também o tempo total que requer cada infraestrutura, e, naturalmente, todo o plano. No sentido de obter esses números foi realizada uma cronometragem de forma presencial de modo a obter o tempo de manutenção de cada equipamento. Para determinar se o número de equipas existentes era suficiente, foi necessário determinar ainda o número total de horas de trabalho anuais de cada técnico, de maneira a poder comparar com o número de horas necessário para realizar o plano definido. Há que salientar que foi necessário efetuar um levantamento do número de equipamentos de cada tipo, existentes em cada infraestrutura visto que não existe um inventário completo e atualizado.

**Palavras-chave:** Manutenção, Plano de Manutenção, Manutenção Preventiva, Rede de distribuição de água, Planeamento homem/hora, Reservatório de água, Estação Elevatória de água.





## Abstract

The goal of this thesis is the development of a preventive maintenance plan for a water distribution system, specifically for the counties of Coimbra, Miranda do Corvo, Penela, Condeixa-a-Nova, Lousã and Mealhada. In order to accomplish it, was necessary to gather a vast set of information from documents made by experienced people such as suppliers, companies who provide services, technicians and maintenance managers. Taking into account that the company Águas do Centro Litoral uses an application called Aquaman, the future goal is to transpose the set of selected actions as well as their periodicity to the referred application, which has not yet been possible due to the lack of assets in Aquaman.

In order to follow the plan, a study was conducted in order to define not only the number of technicians needed for its execution, but also the total time required by each infrastructure, and, of course, the whole plan. In order to obtain these numbers the time taken to execute the plan in each equipment was measured in person. so it was possible to determine whether the number of existing teams was sufficient, comparing the time needed for whole plan with the total number of annual working hours of each technician. It should be noted that it was necessary to do a survey in order to count the number of equipment of each type existing in each infrastructure since there is no complete and up-to-date inventory.

**Keywords** Maintenance, Maintenance Plan, Preventive Maintenance, Water distribution network, Man-Hour Planning, Water Reservoir, Water Pumping Station.



## Índice

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Simbologia e Siglas .....	xv
Simbologia.....	xv
Siglas .....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Estrutura do Relatório.....	2
2. Apresentação da Empresa.....	3
2.1. História.....	3
2.2. Missão e Visão.....	4
2.3. Princípios e Valores .....	5
3. Enquadramento Teórico .....	7
3.1. Origem e evolução da Manutenção e a sua importância nos sistemas de captação e distribuição de água, uma perspetiva histórica.....	8
3.2. Tipos de Manutenção.....	10
3.3. A importância da Manutenção Preventiva numa rede de distribuição de água ...	12
4. Infraestruturas.....	15
4.1. ETA.....	15
4.2. Reservatório .....	16
4.3. Estação Elevatória.....	17
4.4. Ponto de Entrega .....	18
4.5. Caixa de Derivação .....	19
5. O ciclo urbano da água (Coimbra, AdCL) .....	21
5.1. Modos de escoamento da água .....	21
5.2. Processos de tratamento da água.....	22
5.3. Ciclo Urbano na Cidade de Coimbra .....	24
6. Elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva.....	27
6.1. Estado atual da Manutenção .....	27
6.1.1. A aplicação Aquaman.....	27
6.2. Plano de Manutenção .....	29
6.2.1. Equipamentos alvo PM.....	30
6.2.2. Operação Vs Manutenção.....	32
6.2.3. Desenvolvimento do PM .....	33
6.2.4. Páginas do PM.....	34
7. Planeamento .....	39
7.1. Tempo médio de manutenção de cada equipamento .....	40
7.2. Tempo anual de trabalho das equipas .....	43
7.3. Tempo de manutenção das infraestruturas.....	44

7.4. Resultados.....	46
8. Conclusão.....	49
8.1. Recomendações Futuras .....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
ANEXO A.....	53
ANEXO B.....	59
ANEXO C.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Síntese da Evolução da Função Manutenção. ....	9
Figura 3.2. Evolution of maintenance in industry. ....	10
Figura 3.3. Esquema diferentes tipos de manutenção. ....	12
Figura 4.1. Eta da Boavista.....	15
Figura 4.2. Vista exterior de um Reservatório da empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro.....	16
Figura 4.3. Vista interior de uma Estação Elevatória.....	17
Figura 4.4. Grupos Eletrobomba de uma Estação Elevatória.....	18
Figura 4.5. Vista interior de um Ponto de Entrega. ....	18
Figura 4.6. Vista exterior de uma caixa de derivação. ....	19
Figura 4.7. Vista interior de uma caixa de derivação. ....	19
Figura 5.1. Esquema Bombagem/Gravidade.....	22
Figura 5.2. Esquema ilustrativo do conjunto de processos de tratamento da água. ....	23
Figura 5.3. Setor Central das infraestruturas de distribuição da rede de abastecimento e esquema do trajeto da água a partir da captação até aos restantes setores .....	25
Figura 5.4. Setor Norte das infraestruturas da rede de distribuição. ....	26
Figura 5.5. Setor Sul das infraestruturas da rede de distribuição. ....	26
Figura 5.6. Setor Nascente das infraestruturas da rede de distribuição. ....	26
Figura 6.1. Centro de ação da aplicação Aquaman. ....	28
Figura 6.2. Exemplo do preenchimento de uma folha do PM (1). ....	35
Figura 6.3. Exemplo do preenchimento de uma folha do PM (2). ....	36
Figura 6.4. Página Válvulas de uma folha do PM (1); .....	37
Figura 6.5. Página Válvulas de uma folha do PM (2). ....	38
Figura 7.1. Tela Final dos equipamentos no Reservatório/ EE da Adémia.....	39
Figura 7.2. Gráfico tempo médio de manutenção de cada equipamento.....	41
Figura 7.3. Cálculo do tempo e da distância desde a ETA da Boavista até ao reservatório/EE de Rebolima de Baixo. ....	43
Figura 7.4. Gráfico Tempo total de manutenção de cada EE.....	45
Figura 7.5. Gráfico Tempo total de manutenção de cada Reservatório. ....	45
Figura 7.6. Gráifoc Tempo total de manutenção de cada PE. ....	46

Figura 7.7. Gráfico Tempo médio de manutenção de cada tipo de infraestrutura. ....	47
Figura 7.8. Percentagem de contributo dos tipos de infraestruturas no tempo de manutenção. ....	48
Figura A.1. Página Medidor de Caudal de um PM. ....	53
Figura A.2. Página Medidor de Cloro/pH/Condutividade de um PM. ....	53
Figura A.3. Página Juntas de um PM. ....	54
Figura A.4. Página QE de um PM. ....	54
Figura A.5. Página Ventilador de um PM. ....	55
Figura A.6. Página Compressor (Equipamentos sob Pressão) de um PM. ....	56
Figura A.7. Página Grupo Eletrobomba de um PM (1). ....	57
Figura A.8. Página Grupo Eletrobomba de um PM (2). ....	58
Figura B.1 Inventário Realizado (1). ....	59
Figura B.2. Inventário Realizado (2). ....	60
Figura C.1. Tempo e distância da Eta da Boavista às infraestruturas. ....	61

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 6.1. Equipamentos presentes nas infraestruturas .....	30
--	----

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---



## **SIMBOLOGIA E SIGLAS**

### **Simbologia**

$\Sigma$  - Somatório

### **Siglas**

AdCL – Águas do Centro Litoral

Cx Derivação – Caixa de Derivação

EB – Grupo Eletrbomba

EE – Estação Elevatória

OT – Ordem de Trabalho

PE – Ponto de Entrega

PM - Plano de Manutenção

PT – Posto de transformação

QE – Quadro elétrico

RAC – Reservatório de Ar Comprimido



## 1. INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial e a sua importância é inquestionável. Sem água não existiria vida no planeta Terra. É fundamental para o funcionamento e manutenção do corpo humano (50 a 70% do corpo humano é constituído por água), para a agricultura (produção de alimentos) e pecuária, para o funcionamento dos ecossistemas (fauna e flora) tanto na terra como no mar, é utilizada na produção industrial (medicamentos, bens materiais, etc.), sendo também essencial na geração de energia nas centrais hidroelétricas, entre muitos outros fatores que fazem da água tão importante como o ar que respiramos.

Contudo o acesso a água de qualidade é um problema de saúde global, segundo a World Health Organisation (WHO), uma em cada seis pessoas não possui acesso a água potável e cerca de 2,6 biliões de pessoas (40% da população mundial) não tem acesso a saneamento básico, o que é um perigo enorme para toda a população. Existem estudos que mostram que um grama de lixo humano não tratado pode conter até cerca de 10 milhões de vírus, 1 milhão de bactérias e cerca de 100 ovos de parasitas. Assim sendo, podemos considerar um luxo uma fonte de água limpa e próxima neste mundo, dado que existem imensas comunidades que são forçadas a utilizar apenas uma fonte de água, na maior parte das vezes distante, suja e bastante utilizada. Estima-se por exemplo que na Índia, 80% dos problemas de saúde e um terço das mortes sejam devido a água contaminada.

Posto isto, a água potável é a melhor maneira de prevenir a propagação de um conjunto de certas doenças capazes de provocar a total destruição de uma população. Os perigos para os consumidores de uma água com fraca qualidade resultam da sua eventual contaminação microbiológica, química, física ou até mesmo radioativa (WHO, 2012). Doenças como febre tifoide, cólera, salmonela, cóli, entre outras, podem ser contraídas direta ou indiretamente através da água.

Deste modo, é seguro afirmar que de todos os serviços prestados por entidades de gestão de municípios, o fornecimento de água é talvez o mais importante, de maneira que é necessária uma boa rede de abastecimento a fim de assegurar a disponibilidade de uma quantidade suficiente de água de qualidade.

Para que seja possível fornecer água com a qualidade desejada é necessário que todos os processos que fazem parte do seu ciclo urbano sejam tratados com o maior cuidado e rigor possíveis. Começando na captação, seguida do tratamento e finalmente o abastecimento, todas estas etapas contribuem de forma igualmente importante para que a água chegue aos destinos com todas as características de qualidade, quantidade e pressão que são pretendidas.

Com o objetivo de que tudo aconteça dentro das melhores condições possíveis, existe a necessidade de realizar um conjunto de operações de manutenção, quer preventiva, quer corretiva, a fim de obter a disponibilidade requerida de funcionamento dos equipamentos que fazem parte de cada um destes processos, e, sendo a água um recurso indispensável é fundamental que estes equipamentos produzam o menor número de falhas possível.

O foco deste relatório consiste na elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva para o leque de infraestruturas que constituem o Sistema de Abastecimento de água da zona de Coimbra, complementando-o com o planeamento necessário à realização do mesmo.

## **1.1. Estrutura da dissertação**

Este documento está dividido em 8 capítulos, todos eles igualmente importantes.

O capítulo 2 tem como objetivo apresentar a empresa que tornou possível a realização desta dissertação, Águas do Centro Litoral, S.A. Em seguida, no capítulo 3 é realizado um enquadramento teórico dos temas debatidos, com vista à compreensão dos factos relativos aos tópicos abordados. Posteriormente, no Capítulo 4 são diferenciados os tipos de infraestruturas presentes num sistema de abastecimento de água, não só de modo a perceber a importância de cada um, como também o papel que desempenham em todo o processo. No capítulo 5 é clarificado todo o processo de abastecimento de água tomando como exemplo a zona de Coimbra. O capítulo 6 é destinado à primeira parte do trabalho desenvolvido, no caso a elaboração de um plano de manutenção preventiva para um conjunto de infraestruturas tratadas no capítulo 4. No capítulo 7 é realizado um planeamento com vista à definição do número de equipas necessárias para a execução do plano desenvolvido no capítulo 6.

## 2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Centro Litoral abrange a **captação, o tratamento e o abastecimento de água para consumo público, a recolha, o tratamento e a rejeição de efluentes domésticos e urbanos, recolhendo também os efluentes provenientes de limpeza de fossas sépticas**. Foi constituída em 2015 a partir da agregação de 3 grandes empresas, Águas do Mondego, Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, S.A., SIMRIA e Saneamento Integrado dos Municípios do Lis, S.A., SIMLIS.

### 2.1. História

Em seguida são recordados alguns marcos importantes que fazem parte da história da AdCL.



Em 1993 é fundada a empresa Águas de Portugal de forma integrada no IPE – Investimentos e Participações do Estado, com o principal objetivo de desenvolver e aprimorar os Sistemas Multimunicipais de Abastecimento e Saneamento de Águas Residuais em Portugal;



Em 1995 ocorre o arranque dos primeiros Sistemas;



O ano de 1997 é marcado pela constituição da SIMRIA, empresa de direito privado e de capitais maioritariamente públicos que passou a ser responsável pela construção, gestão e exploração do Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria, em Aveiro;



Dois anos mais tarde, em 1999, é constituída a SIMLIS com vista à resolução dos problemas de poluição existentes na bacia do rio Lis em Leiria.



Em 2003 são inauguradas as duas principais ETAR's, uma em Cacia (Aveiro) e outra no Juncal (Leiria);



Em 2004 é inaugurada a empresa Águas do Mondego - Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais do Baixo Mondego-Bairrada, com o objetivo de satisfazer as necessidades da população da região ao nível da quantidade e qualidade da água de abastecimento e do tratamento das águas residuais.



Mais tarde, em 2010, é inaugurada a ETA da Boavista (Coimbra), infraestrutura que abastece cerca de 60% da população servida pelo Sistema. Nesse mesmo ano entra em atividade o sistema adutor da Ronqueira que abastece as vilas de Penacova e Vila Nova de Poiares.



Em 2015, como referido anteriormente, é constituída a empresa Águas do Centro Litoral resultado da agregação das três empresas SIMRIA, Águas do Mondego e SIMLIS.

É importante realçar que antes da agregação, tanto a SIMRIA como a Águas do Mondego foram destacadas pelo bom trabalho realizado com prémios de qualidade, tanto na recolha de resíduos (SIMRIA) como na qualidade exemplar da água para o consumo humano (Águas do Mondego).

## 2.2. Missão e Visão

A empresa AdCl tem como missão promover a concessão da exploração e da gestão do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Centro Litoral de Portugal. Como visão possui o objetivo de ser uma empresa de referência no setor

da água, em termos de qualidade do serviço prestado, e um parceiro ativo para o desenvolvimento sustentável da Região Centro Litoral.

## 2.3. Princípios e Valores

A AdCL apresenta como **Valores** os seguintes tópicos:

- Espírito de Servir;
- Excelência;
- Integridade;
- Responsabilidade;
- Rigor;
- Transparência;

E atua de acordo com os seguintes **Princípios**:

- ✓ Respeito e proteção dos direitos humanos;
- ✓ Respeito pelos direitos das colaboradoras e dos colaboradores;
- ✓ Respeito pela igualdade do género;
- ✓ Luta contra a corrupção;
- ✓ Erradicação de todas as formas de exploração;
- ✓ Erradicação de todas as práticas discriminatórias;
- ✓ Responsabilidade na defesa e proteção do meio ambiente;
- ✓ Contribuição para o desenvolvimento sustentável;

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---



### 3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Manutenção pode ser definida como um “Conjunto de ações de gestão, técnicas e económicas que quando aplicadas a um bem (produto concebido para assegurar uma dada função) permitem otimizar o seu ciclo de vida. Essa otimização implica a necessidade de manter ou restabelecer um estado específico que garanta o cumprimento da função”. (Ramalho A., 2011), ou seja, são as ações que têm como objetivo assegurar o bom funcionamento de uma máquina ou instalação, com vista a evitar a perda de função ou rendimento da (s) mesma (s), e, no caso de uma destas acontecer, as suas condições de operação sejam restabelecidas.

O serviço de Manutenção tem como missão implementar um conjunto de ações que conduzam a uma gestão do parque de equipamentos com vista a otimizar a sua utilização segundo os vetores económico, técnico e de segurança. Do ponto de vista económico, uma manutenção competente pode gerar uma redução de custos importante, isto é, quando um equipamento fica indisponível existem dois tipos de custos associados à imobilização do mesmo. Por um lado existem os custos diretamente associados à manutenção, por outro existem os custos de paragem relacionados à não produção durante os períodos de intervenção, tais como custos de desvalorização dos produtos em curso de fabrico, custos de amortização, entre outros, que apesar de influenciarem os custos totais de manutenção, fazem-no de forma indireta e são por isso denominados custos indiretos de manutenção. No que à segurança diz respeito, a manutenção tem um impacto bastante significativo em qualquer empresa dado que quando realizada de forma exemplar reduz altamente os riscos a que estão sujeitos os trabalhadores e os utilizadores dos equipamentos. A sua importância é de tal maneira considerável que em 2006 estimava-se que 10 a 15% dos acidentes mortais estavam relacionados com operações de manutenção, números esses que têm vindo a decrescer com a maior importância dada à segurança no trabalho e à consciencialização dos trabalhadores a respeito deste assunto. Finalmente na componente técnica, a manutenção permite-nos um melhor conhecimento do material, da sua resistência, da forma como se degrada ao longo do tempo, entre outros indicadores que quando estudados no dia-a-dia,

permitem a otimização dos materiais através de correções ou melhorias. Assim sendo, há uma maior probabilidade de se conseguir um aumento de certas características importantes, tais como:

- ✓ Durabilidade – Vida útil de um equipamento;
- ✓ Fiabilidade – Probabilidade que um dispositivo tem de cumprir uma função requerida em condições de utilização e por um período de tempo determinado.
- ✓ Disponibilidade – Probabilidade de um equipamento desempenhar a sua função durante um tempo requerido.

### **3.1. Origem e evolução da Manutenção e a sua importância nos sistemas de captação e distribuição de água, uma perspetiva histórica**

Desde o passado que a manutenção é implementada, o primeiro livro escrito no mundo sobre abastecimento de água a uma cidade é da autoria de Julius Sextus Frontius, engenheiro militar e curador da água de Roma durante os anos de 97 dC a 104 dC. Neste livro Frontius descreve todo o abastecimento desta cidade. Constituído por dez grandes aquedutos, este sistema de distribuição de água abastecia cerca de 1.200.000 habitantes e a água que por eles passava era destinada a diversos fins, a de melhor qualidade abastecia as casas, quartéis militares e casas de banho públicas, e a de qualidade menor servia os jogos realizados e a limpeza das ruas, portanto, já no passado os romanos possuíam o sistema moderno de distinção de água potável e não potável. Posteriormente foi contruído um aqueduto com dinheiro de saques de outras cidades, atingindo-se um caudal de chegada de água a Roma de cerca de  $11\text{m}^3/\text{s}$ . No livro, Frontius dá os primeiros passos na manutenção quando começam a surgir perdas de água no aqueduto, este acreditava que era mais benéfico efetuar a manutenção do mesmo do que construir um novo. Para isso considerava importante a supervisão das obras de abastecimento de água e, como tal, necessitava dos planos detalhados das obras construídas, ou seja, do cadastro. Para Julius, estas construções eram como obras de arte, “Comparem estas estruturas tão necessárias ao transporte de água com as pesadas e evidentemente ociosas pirâmides, ou mesmo as obras gregas: célebres, ainda que inertes”.

Com a constante evolução dos equipamentos, as solicitações efetuadas à manutenção foram evoluindo bem como o próprio serviço. A automação crescente e o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos aliados à transição de conservação para manutenção (a passagem à reparação de um equipamento com vista a assegurar a continuidade de produção) resultam numa evolução de consciência, isto é, ao nível do pensamento e do desenvolvimento de idéias. As pessoas começam a procurar melhorias através da antecipação e prevenção dos acontecimentos ao invés de esperar que estes surgissem com as sucessivas utilizações, como ocorria até esse momento. A figura 3.1 resume as ideias expressas anteriormente:

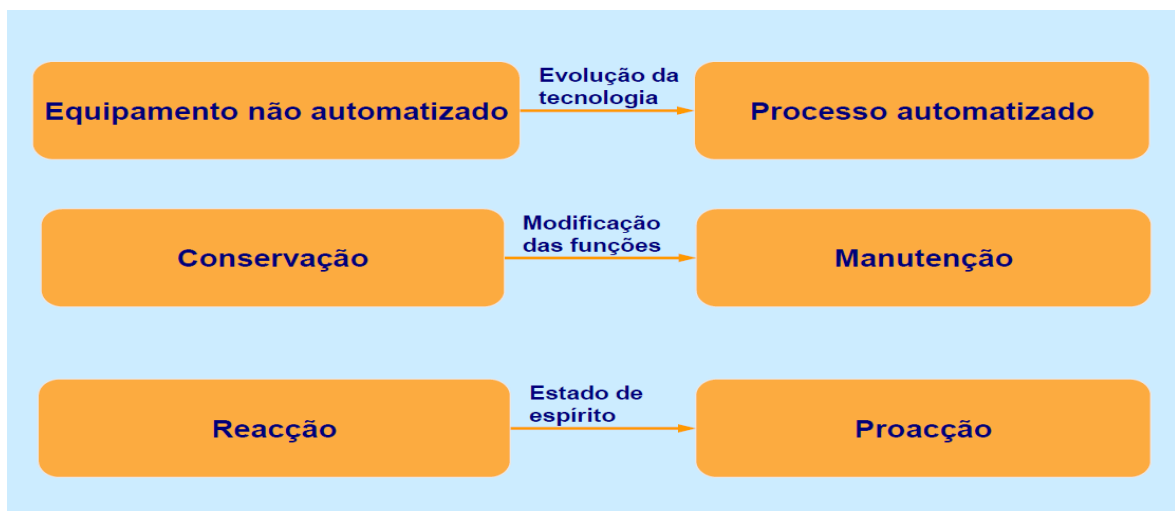


Figura 3.1 – Síntese da Evolução da Função Manutenção (Ramalho, A., 2017)

Contudo esta evolução ocorreu de forma bastante gradual ficando caracterizada por quatro gerações distintas, como é possível verificar através da figura 3.2. Foi durante a época da 2ª guerra mundial que o conceito começou a adquirir nome e aqui surge a 1ª geração. Marcada pela conservação, isto é, baseando-se no princípio de reparar quando partir, durou até meados dos anos 50 onde ocorre o início da maior evolução e que marca o princípio da 2ª geração. A necessidade dos equipamentos possuírem um maior período de vida útil fez com que fosse obrigatório melhorar a disponibilidade dos mesmos, e, ainda que as restrições financeiras da altura pós-guerra tivessem dificultado todo o processo, esse objetivo conseguiu ser alcançado, sendo que esta geração durou até meados dos anos 70. No começo dos anos 80 é gerado um conjunto de melhorias importantes que marcam a 3ª

geração. Nesta fase a qualidade dos produtos finais cresceu de forma brutal, resultado de uma concorrência cada vez maior e de uma crescente preocupação com o cliente. A segurança e a atenção ao meio ambiente também alcançaram posições importantes nas indústrias fruto de uma maior consciencialização por parte das mesmas, passos de extrema importância numa sociedade regida por normas e valores. O novo milénio marca o fim desta geração, contudo é seguro afirmar que os seus princípios ainda estão presentes nos dias de hoje. Por fim é possível definir a 4ª e última geração e que perdura até à atualidade, esta é caracterizada pela gestão de risco aplicada aos ativos, pelo comprometimento de todos os departamentos no que diz respeito à manutenção e por um esforço máximo para conseguir uma melhor fiabilidade nos equipamentos. É importante salientar que nesta geração foi possível atingir o custo ótimo e alta disponibilidade.

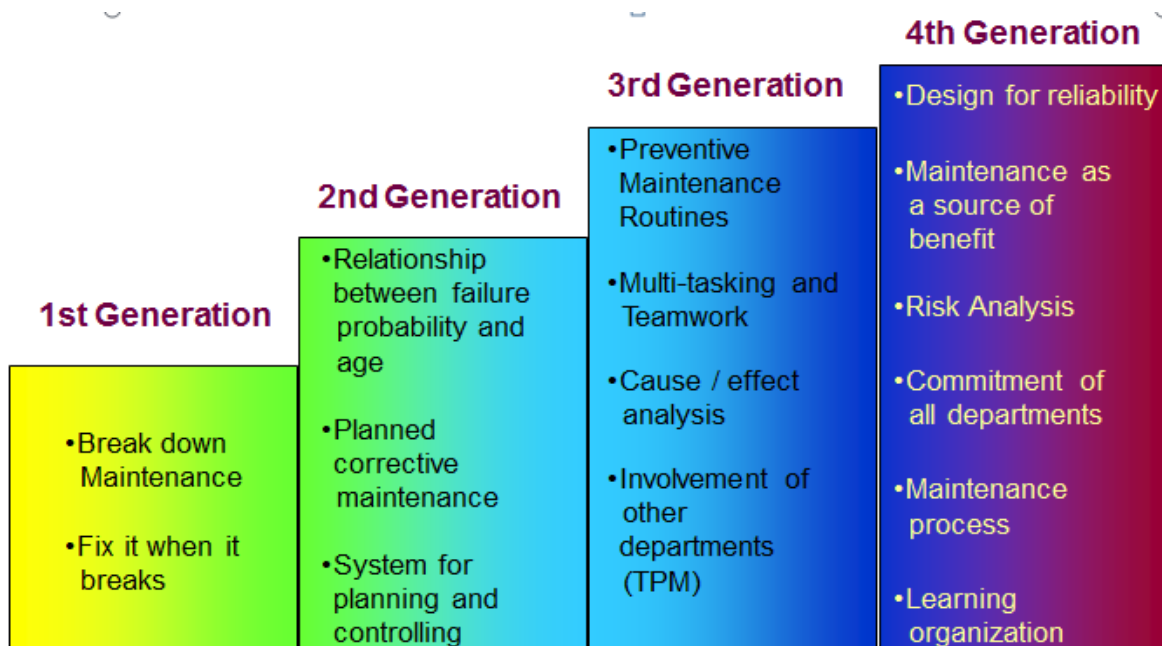


Figura 3.2 – Evolution of maintenance in industry (www.cementequipment.org)

### 3.2. Tipos de Manutenção

Podemos dividir Manutenção em duas grandes vertentes, Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva.

---

A **Manutenção Preventiva** pode ser descrita como aquela que é realizada com o objetivo de evitar avarias. Nela estão incluídas todas as ações de manutenção que são realizadas antes da ocorrência de uma previsível falha. É uma intervenção de manutenção prevista, preparada e planeada antes da data provável de aparição de uma falha. (Ramalho A., 2011).

Os objetivos deste tipo de Manutenção são os seguintes:

- ✂ Aumentar a fiabilidade de um equipamento, através da redução das falhas em serviço nomeadamente a redução dos custos de falha e melhoria da disponibilidade;
- ✂ Aumentar a durabilidade (duração de vida eficaz de um equipamento);
- ✂ Melhorar o planeamento dos trabalhos;
- ✂ Reduzir e regularizar as cargas de trabalho;
- ✂ Facilitar a gestão de *stocks*;
- ✂ Melhorar a segurança por meio da redução de paragens imprevistas;
- ✂ Melhorar o clima humano, visto que uma avaria imprevista gera sempre alguma tensão;

Pode ser dividida em dois tipos:

✓ **Manutenção Preventiva Sistemática** – A intervenção é realizada em intervalos previamente definidos, quer seja de tempo ou outra unidade que seja conveniente. Tomemos como exemplo a mudança de óleo num carro, que pode ser realizada de X em X quilómetros,

✓ **Manutenção Preventiva Condicionada** – Quando a intervenção é realizada devido a sintomas recolhidos na inspeção, antes de ocorrer perda de função. Podemos ter como exemplo uma afinação, ou substituição de componentes por ter sido detetado um mau funcionamento.

No que diz respeito à **Manutenção Corretiva**, é aquele tipo de Manutenção realizada após uma avaria ou uma perda de função. Este forma de manutenção pode ser do

tipo **Paliativo** ou **Curativo**, sendo que quando é efetuada uma intervenção do tipo conserto, geralmente efetuada no local, no qual existe reposição do estado de funcionamento contido com carácter provisório é chamada Paliativa, quando realizada no local ou numa oficina, efetuando uma intervenção de reparação e possui carácter definitivo é apelidada Curativa.

O esquema seguinte resume sucintamente o que foi exposto em cima.

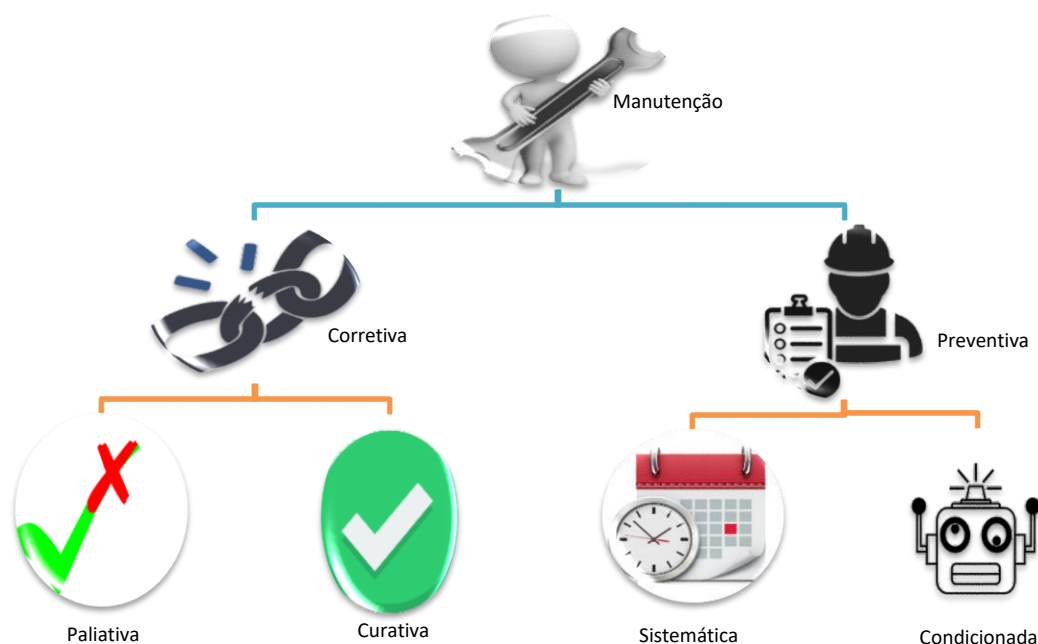


Figura 3.3 – Esquema dos diferentes tipos de manutenção

### 3.3. A importância da Manutenção Preventiva num sistema de abastecimento de água

Sendo a água um bem essencial, é fundamental minimizar a probabilidade de ocorrer um problema que coloque em causa a sua distribuição e conseqüentemente o acesso por parte do consumidor. Dado que o objetivo da manutenção preventiva é a redução do número e da frequência de avarias, esta quando realizada de forma assertiva diminui essa probabilidade de forma notável. Claro está que na maior parte das situações prevenção é mais benéfico do que correção, visto que muitas das vezes quando existe necessidade de intervenção de carácter corretivo, é obrigatória a paragem do fluxo da água em alguma parte da rede. As conseqüências deste acontecimento são catastróficas, visto que uma população

inteira pode ficar sem um bem tão valioso e necessário como é o caso da água. Posto isto, é ainda importante salientar que neste recurso é obrigatoriamente necessário manter um nível de qualidade elevado, e caso esse ponto não seja respeitado a probabilidade de contrair doenças aumenta, causando um transtorno enorme tanto à empresa como ao respetivo município. Assim sendo a realização de manutenção preventiva previne também que tal aconteça.

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---



## 4. INFRAESTRUTURAS

Para poder explicar o processo que a água atravessa, desde a sua captação até alcançar o destino final, é importante perceber os tipos de infraestruturas que existem ao longo de todo o trajeto e a importância que possuem.

Como tal é possível definir cinco grandes tipos de infraestruturas presentes em todo o ciclo urbano da água.

1. ETA;
2. Reservatório;
3. Estação Elevatória;
4. Ponto de Entrega;
5. Caixas de Derivação;

### 4.1. ETA

Uma ETA, Estação de Tratamento de Águas, pode ser definida como um conjunto de instalações e equipamentos que se destina à obtenção de água para consumo humano em conformidade com os padrões de qualidade que lhe são exigidos. (Marques, 2011)



Figura 4.1 – Eta da Boavista ([www.aguasdocontrolitoral.pt](http://www.aguasdocontrolitoral.pt))

## 4.2. Reservatório

Um reservatório é uma infraestrutura destinada ao armazenamento de água.

Existem dois tipos de reservatórios:

- ✓ *Reservatórios de Regularização de Transporte*, que possui extrema importância visto que realiza a regulação de transições entre condutas elevatórias e adutoras gravíticas, ou entre uma estação de tratamento e o traço anterior ou posterior; (Marques, 2011)
- ✓ *Reservatórios de Distribuição*, que são as instalações que alimentam diretamente as redes de distribuição e possuem várias finalidades, entre as quais, regularizar o funcionamento dos bombeamentos, armazenar água excedente, assegurar uma reserva e estabilizar as pressões na rede de distribuição; (Marques, 2011)



Figura 4.2 – Vista exterior do Reservatório de Vale Colemeias

### 4.3. Estação Elevatória

Uma Estação Elevatória, vista da parte exterior parece semelhante a um reservatório, contudo no interior “é constituída por grupos eletrobomba responsáveis por fornecer ao escoamento a energia necessária para ultrapassar as dificuldades topográficas do terreno, permitindo a ligação a outras estações e por conseguinte à rede de distribuição. Aqui, é realizado o bombeamento da água para reservatórios ou outras estações elevatórias”. (Marques, 2011) É perceptível que os grupos elevatórios constituem o equipamento principal numa EE pois cabe-lhes a missão de elevação. Deste modo é importante perceber o funcionamento de um destes grupos. “Uma bomba centrífuga utiliza a energia mecânica recebida de um motor para elevar a pressão e velocidade da água que passa por ela. Esta energia é recebida do motor sob a forma de rotação do impulsor ou turbina da bomba e é transformada em pressão e movimento da água pela geração de forças centrífugas devidas àquela rotação.” (Duarte, 1982)



Figura 4.3 – Vista do interior de uma Estação Elevatória



Figura 4.4 – Grupos Eletrobomba de uma Estação Elevatória

#### 4.4. Ponto de Entrega

Um Ponto de Entrega é uma instalação com equipamentos para controlar/dosear a quantidade e monitorizar a qualidade da água entregue ao cliente (Municípios). Estão na maior parte das vezes localizados em caixas subterrâneas e o seu acesso é possível através de algumas das tampas que se encontram nos arruamentos.



Figura 4.5 – Vista interior de um Ponto de Entrega

## 4.5. Caixa de Derivação

Uma caixa de derivação pode ser definida como uma infraestrutura constituída por um conjunto de equipamentos, maioritariamente T's de derivação e válvulas, cujo objetivo é ramificar o sistema de abastecimento, ou seja, a água entra na caixa por uma conduta proveniente de determinada localização saindo em duas ou mais condutas (bifurcação, trifurcação, etc.) destinadas a abastecer diferentes localizações.



Figura 4.6 – Vista exterior de uma Caixa de Derivação



Figura 4.7 – Vista interior de uma Caixa de Derivação

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---

## 5. CICLO URBANO DA ÁGUA (ADCL, COIMBRA)

De uma maneira geral, como referido anteriormente, um sistema de abastecimento de água é constituído por um conjunto de elementos, sendo eles uma fonte de água, o processo de captação da mesma, ETA's, condutas adutoras, estações elevatórias, reservatórios, pontos de entrega, caixas de derivação, etc. Contudo antes de definir este trajeto é importante perceber alguns conceitos.

### 5.1. Modos de escoamento da água

Para explicar o processo de transporte da água é necessário perceber que esta se movimenta pelas tubagens derivado de uma diferença de pressão, e como tal é importante definir as duas formas como este escoamento ocorre:

- ↗ Bombagem/Elevação: Como foi referido no subcapítulo 4.3, Estação Elevatória, por vezes existe a necessidade de fazer chegar a água a localizações com cota mais elevada do que aquela na qual se encontra. Para tal são utilizados grupos eletrobomba de modo a fornecer ao escoamento a energia necessária através do funcionamento de bombas centrífugas.
- ↘ Gravidade: Caso a cota da água seja mais alta do que a da localização que é pretendido abastecer, através da força da gravidade esta consegue realizar o movimento descendente ao longo das tubagens e assim percorrer toda a rede que possui cota inferior à da localização na qual se encontra.

A figura 5.1 representa esquematicamente as duas formas de escoamento da água.

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---



Figura 5.1 – Esquema Bombagem/Gravidade

## 5.2. Processos de tratamento da água

É também bastante importante definir o conjunto de processos físicos e químicos pelos quais a água passa de modo a adquirir a qualidade necessária e manter os níveis microbiológicos dentro dos padrões de normalidade.

1. **Pré-oxidação:** Nesta fase, o objetivo é a realização de uma desinfecção primária com vista a oxidar a matéria orgânica, sabor e cheiro podendo também ajudar na remoção de ferro e manganês. Para tal efeito é adicionado um oxidante forte como o Ozono, e, assim, a água fica preparada para passar as etapas seguintes com maior eficiência.
2. **Remineralização:** Aqui é realizada uma injeção de CO<sub>2</sub> de maneira a garantir que o teor de Cálcio e o pH são adequados.
3. **Coagulação:** Este processo consiste na adição de coagulantes com carga positiva, tais como o ferro e o alumínio que neutralizam as cargas negativas das partículas dissolvidas ou em suspensão na água.
4. **Floculação:** A floculação ocorre quando as partículas dissolvidas ou em suspensão dão início a uma agregação (formando flocos).



5. **Sedimentação:** Com a formação de flocos, estes ficam mais pesados acabando depositados no fundo por ação da gravidade.
6. **Decantação:** A partir deste processo é possível efetuar a separação das partículas sólidas presentes na água e que são resultado dos processos anteriores tais como matéria particulada, areias e flocos químicos.
7. **Filtração:** Esta fase tem como objetivo remover a matéria orgânica que não foi removida na decantação (sólidos suspensos, flocos, etc.) por meio da filtração da água através de camadas finas de areia, areia e carvão ou carbonato de cálcio. Aqui ficam retidos os sólidos de menores dimensões como algas, microrganismos, lodo, matéria coloidal entre vários outros.
8. **Desinfeção:** O principal objetivo da desinfeção é a destruição dos microrganismos patogénicos que são os responsáveis pela transmissão de doenças e infeções, sendo que para este efeito é utilizado o cloro, apesar de ser possível utilizar outros elementos.

A partir do esquema seguinte, é possível obter uma perceção visual do conjunto de processos em cima definidos.

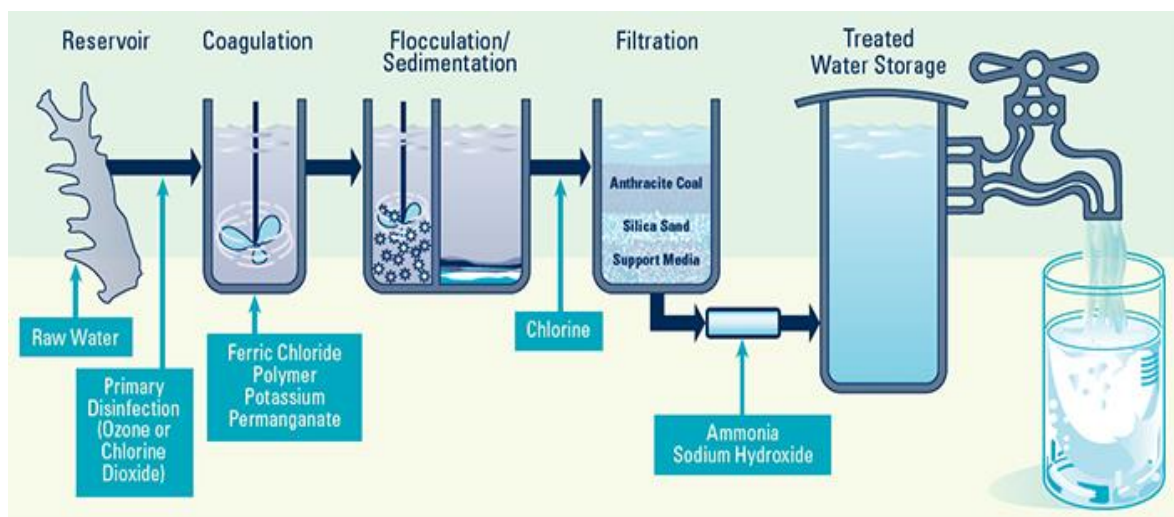


Figura 5.2 – Esquema ilustrativo do conjunto de processos de tratamento de água. (www.sandiego.gov)

### 5.3. Ciclo Urbano na cidade de Coimbra

No caso da AdCL, a rede começa com a captação da água na fonte, Rio Mondego, através de três poços de drenos horizontais, dois com capacidade de extração de cerca de 625 l/s e um terceiro dimensionado posteriormente com capacidade de cerca de 800 l/s, o que se resume numa capacidade total de extração de cerca de 2050 l/s. Após a obtenção, a água passa por um conjunto de processos de modo a ficar própria para consumo, ou seja, potável. Primariamente a água é elevada para uma câmara no interior da ETA com a finalidade de obter cota de modo a possuir energia suficiente para efetuar eventualmente o processo 2. Após passar esse tratamento é transportada por gravidade para os filtros, onde ocorre o processo 7. Finalmente, após a realização do processo 8, a água está preparada para seguir o trajeto do abastecimento.

É importante realçar que os processos 1, 3, 4, 5 e 6 não são realizados na ETA da Boavista pois como a captação é subterrânea, a água passa por filtros naturais existentes no rio e possui assim grande qualidade de modo que salta todos estes processos. No caso da ETA de Cancelas por exemplo já são realizados todos os processos visto que a captação é superficial e a água quando captada apresenta uma qualidade inferior.

Voltando ao trajeto, no caso do sistema da Boavista, a água começa por ser bombeada para o Reservatório da Boavista II através da estação elevatória existente na ETA. Daqui, a água é aduzida em três direções, por gravidade para alimentar a malha central, que por sua vez abastece o Setor Norte também de forma gravítica, por gravidade para alimentar o setor Sul, através de condutas que passam por baixo do rio e por elevação para o Pinhal de Marrocos, que abastece de forma gravítica todo o Sector Nascente. Durante o trajeto a água passa por algumas das infraestruturas vistas no capítulo 4 tais como Reservatórios, Estações Elevatórias, Caixas de Derivação e Pontos de Entrega. A partir destes últimos (e de alguns Reservatórios) é abastecida a população. É importante referir que em alguns pontos da rede, o abastecimento deixa de ser ‘em alta’ (constituído por um conjunto de componentes a montante da rede de distribuição de água, fazendo a ligação do meio hídrico ao sistema em “baixa”. (ERSAR) e com responsabilidade da AdCL e passa a ser ‘em baixa’ (constituído por um conjunto de componentes que ligam o sistema em “alta” ao utilizador final. (ERSAR) e com responsabilidade da empresa Águas de Coimbra e dos municípios. O resumo da descrição realizada pode ser verificado visualmente através da figura 5.3

## Ciclo Urbano da Água (AdCL, Coimbra)

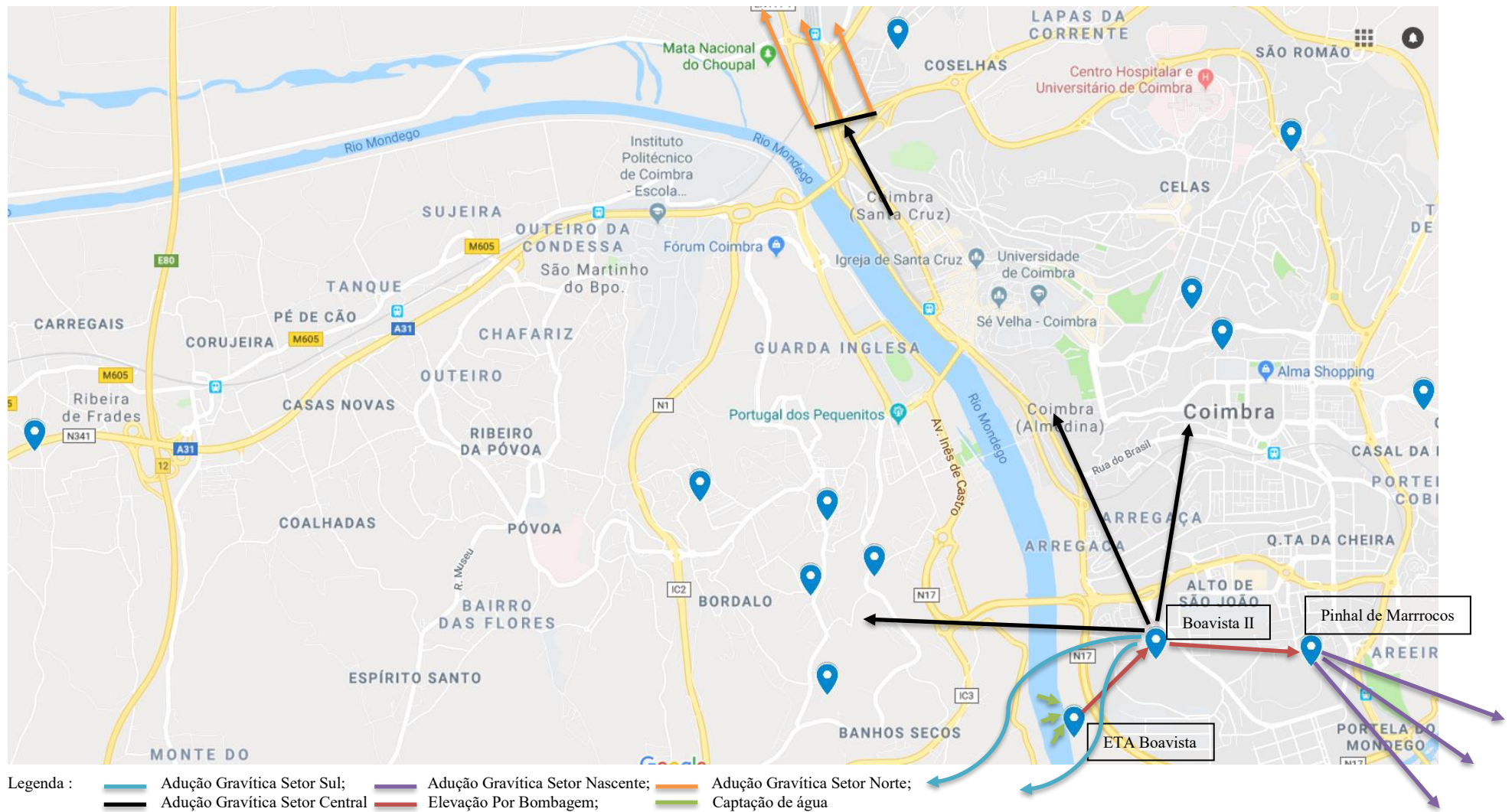


Figura 5.3 – Setor Central das infraestruturas da rede de abastecimento e esquema do trajeto da água a partir da captação até aos restantes setores

Dado que será bastante importante no Capítulo 7, e de forma a enquadrar também a figura 5.3, em seguida são representados os restantes setores da rede de distribuição de água da AdCL/ Polo Mondego, sendo eles o Setor Norte, Sul e Nascente, representados nas figuras 5.4, 5.5 e 5.6 respetivamente.

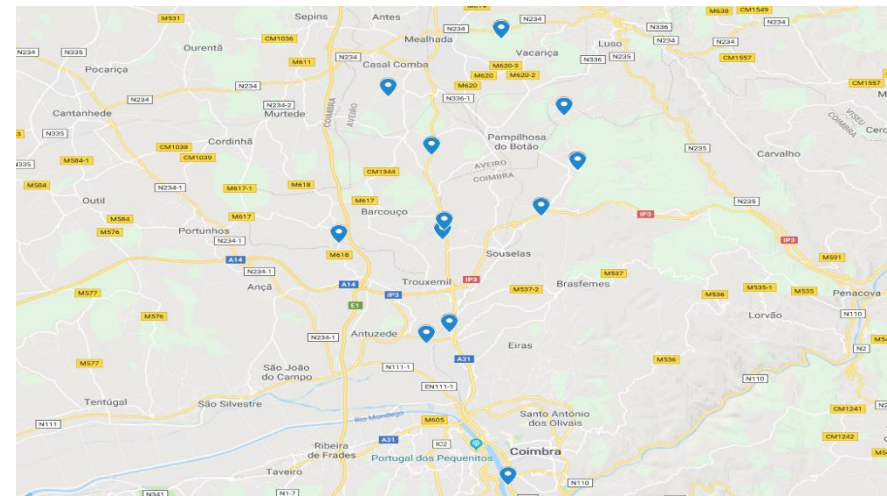


Figura 5.4-Setor Norte das infraestruturas da rede de abastecimento da AdCL



Figura 5.5 - Setor Sul das infraestruturas da rede de abastecimento da AdCL

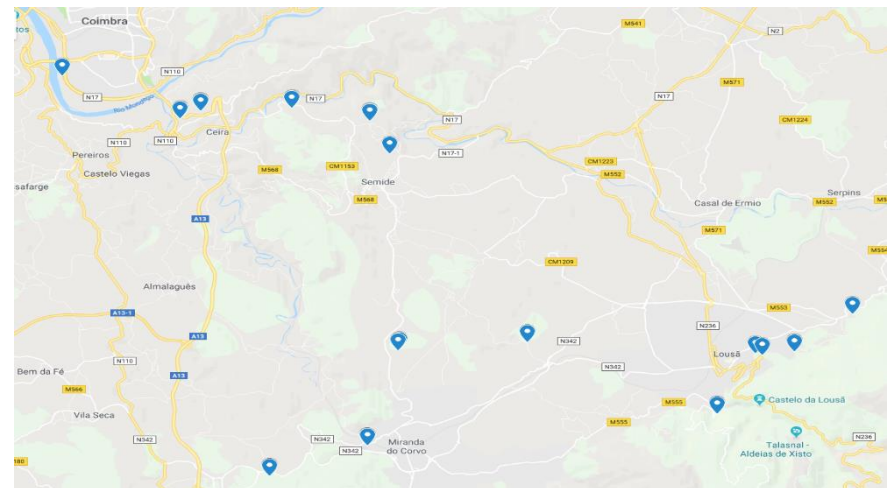


Figura 5.6 - Setor Nascente das infraestruturas da rede de abastecimento da AdCL

## **6. ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

### **6.1. Estado atual da Manutenção**

Atualmente na AdCL o setor da Manutenção é dividido em dois grupos, o abastecimento e o saneamento. Visto que a parte do saneamento possui um maior número de recursos humanos, tanto a nível de gestores de manutenção como de técnicos, este plano foi realizado única e exclusivamente para a parte do abastecimento que por outro lado carece nesses aspetos.

Os técnicos da empresa são responsáveis por todas as ações de manutenção corretiva que surgem naturalmente com o tempo. Relativamente a manutenção preventiva, é realizada apenas em alguns equipamentos tais como compressores e ventiladores. Quadros elétricos à excepção dos presentes nos pontos de entrega, grupos eletrobomba e postos de transformação, todos eles sofrem intervenção por parte de empresas subcontratadas.

#### **6.1.1. A aplicação Aquaman**

É importante frisar que na AdCL, os polos LIS e RIA efetuam Manutenção Preventiva nas suas instalações da parte de saneamento, contudo no polo Mondego a manutenção efetuada é maioritariamente de carácter corretivo.

No presente, a empresa trabalha com um *software* do grupo IBM denominado AQUAMAN. É partir desta plataforma que flui toda a organização, visto ser utilizada por praticamente todos os setores que a compõem tais como compras, ativos, planeamento, manutenção, operação, etc. É utilizada tanto por diretores e gestores, como pelos técnicos visto que a partir da mesma é possível efetuar pedidos de trabalho, ordens de trabalho entre vários outros, como é possível verificar através da análise da figura 6.1.

## Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

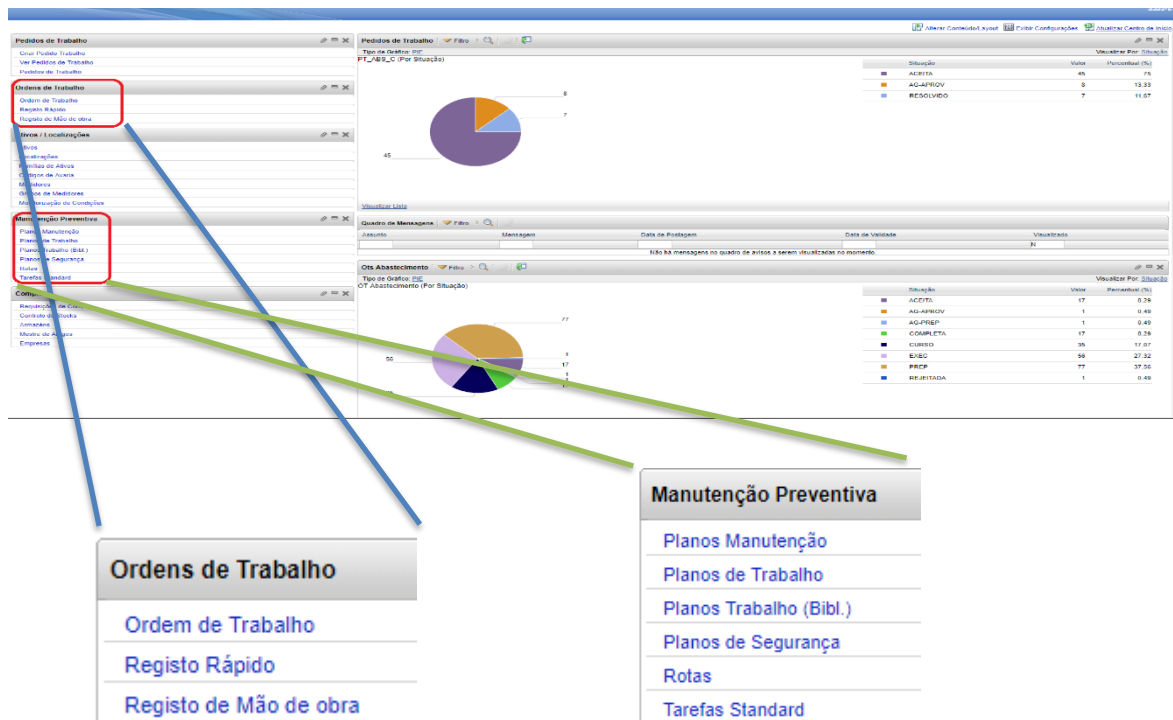


Figura 6.1 – Centro de ação da aplicação Aquaman

No que diz respeito aos Planos de Manutenção Preventiva, os que estão presentes na aplicação dizem respeito única e exclusivamente ao saneamento, e, ainda que exista um número considerável de equipamentos comuns a ambas as partes, ficou definido realizar um plano de manutenção a partir do zero para o abastecimento.

No AQUAMAN cada plano está associado a um ativo, esse que é um código alfanumérico único que representa o equipamento. O objetivo da aplicação nestes planos consiste em, no momento da emissão da OT, o técnico designado a efetuá-la receber associado a ela o plano referente ao tipo de equipamento a que corresponde o ativo que será alvo de Manutenção, sendo que dentro desse plano constam todas as designações dos trabalhos. Todavia, no Pólo Mondego (Coimbra) ainda não existem planos de manutenção na aplicação devido a um conjunto de fatores:

- ❌ Falta de pessoal para trabalhar e atualizar a plataforma;
- ❌ Listagem incompleta de ativos (Polo Mondego);

- ✘ A manutenção realizada internamente é maioritariamente corretiva;
- ✘ Planos na área do saneamento incompletos (Polos LIS e RIA);

Relativamente à manutenção corretiva existente, através do *software* AQUAMAN, quando neste é emitida uma OT, está referido na descrição o problema do equipamento, sendo que após a intervenção os técnicos colocam um breve texto no qual descrevem as ações realizadas, falta de material, entre outras informações que considerem importantes dar a conhecer ao gestor da manutenção. Esta aplicação é importante não só pelo facto de permitir armazenar histórico dos equipamentos como também pelo facto de permitir a gestão do pessoal visto que os técnicos são obrigados a preencher o tempo despendido na intervenção.

Sendo conhecido o facto de a administração ter como objetivo ponderar a realização interna de toda a manutenção preventiva das instalações, o plano desenvolvido será exatamente com esse objetivo.

## **6.2. Plano de Manutenção**

Tendo em conta o estado atual da manutenção preventiva na AdCL/ Polo Mondego, o PM foi projetado a partir do zero. O facto de todas as equipas possuírem um computador que as acompanha, mesmo quando no terreno foi tido em conta dado que é possível reduzir os impactos ambientais visto que não há qualquer necessidade de impressão dos ficheiros.

Quanto ao pessoal da execução, os técnicos estão distribuídos por equipas mistas e portanto esse aspeto não constitui uma restrição ao plano ou um aspeto a ser mudado, o que aconteceria caso o pessoal estivesse organizado por especialidades por exemplo. Há que frisar que nos três equipamentos cuja manutenção é realizada externamente (EB, QE e PT), os técnicos necessitam de formação prévia, a ser viabilizada pela administração.

### 6.2.1. Equipamentos alvo PM

Primariamente era necessário estipular as infraestruturas contempladas no PM, e, após uma análise detalhada de cada uma bem como do tempo disponível para a definição do plano, as infraestruturas escolhidas foram as seguintes, Reservatório/ Estação Elevatória, Ponto de Entrega e Caixa de Derivação. Apesar da importância de uma ETA, esta possui centenas de equipamentos e não seria possível realizar um PM para todos eles num período de tempo tão curto e tendo em conta o restante trabalho.

Posteriormente era necessário conhecer os equipamentos de cada uma delas. Após uma análise de um conjunto de telas finas em conjunto com uma visita a várias infraestruturas do mesmo tipo e ainda em conversa com os técnicos, que as conhecem perfeitamente, foi possível estabelecer o que normalmente constitui cada uma delas.

É possível verificar os resultados obtidos na tabela 6.1.

Infraestrutura	Reservatório/ Estação Elevatória	Ponto de Entrega	Caixa de Derivação
Válvulas	X	X	X
Ventosas	X	X	X
Juntas	X	X	X
Boia / Medidor de Nível	X	X	
Medidor Cloro/pH/Cond.	X	X	
Quadro Elétrico	X	X	X
Grupo Eletrobomba	X		
Filtros	X	X	
Equipamentos Sob Pressão	X		
Ponto Rolante	X		
Linha de Cloro	X	X	
Medidor de Caudal	X	X	
Ventilador	X	X	X
Bomba de Escorrências			X
Tampa da Caixa da Instalação		X	
Posto de Transformação	X		

Tabela 6.1 – Equipamentos presentes nas Infraestruturas



Através da análise da tabela 6.1 é possível observar que existem dezasseis tipos de equipamentos, contudo vários deles possuem variáveis, isto é, tomemos como exemplo ‘Válvulas’, que apesar de só existir uma página dedicada a este tipo, dentro da mesma estão diferenciados todos os tipos de válvulas existentes nas infraestruturas. Como veremos mais à frente, as válvulas são responsáveis por uma grande parte do tempo de manutenção, dado que para além do tempo da intervenção ser considerável, existe em enorme quantidade nos Reservatórios/Estações Elevatórias. Assim sendo, é importante perceber o princípio de funcionamento bem como a estrutura de cada uma.

### ***Válvula de Isolamento***

É o tipo mais comum de válvulas na distribuição de água, e a grande diferença entre elas está na forma como é acionada, isto é, de forma manual ou quando possui motor, com um comando. Com o funcionamento destas válvulas, é possível regular o caudal que passa pelas tubagens. A sua importância é imensa dado que qualquer ação de manutenção que necessite intervenção num troço da infraestrutura, como por exemplo a reparação de uma tubagem partida ou de uma fuga requer o corte da passagem da água, e nesse caso, o fecho da válvula permite esse fim. Este tipo de válvulas é utilizado ao longo de toda a rede de distribuição de água, deste modo o número de pessoas afetado durante uma intervenção será sempre o menor possível.

### ***Válvula de Retenção***

Este tipo de válvulas tem como função assegurar que o movimento da água se realiza apenas numa direção. A válvula fecha sempre que a água retorna o sentido em que segue e só abre quando o fluxo da água volta a seguir na direção correta. São de extrema importância pois caso a água volte para trás sem qualquer obstáculo, a probabilidade de danificar uma bomba é enorme e o seu custo de reparação é bastante elevado.

### ***Válvula Altimétrica***

A válvula altimétrica tem como objetivo manter o nível de água nos reservatórios, claro está que é também de extrema importância. Este tipo de válvula abre quando o reservatório tem um nível baixo, de maneira a repor a normalidade, e fecha quando está normal ou com um nível elevado, impedindo assim que falte água no reservatório e portanto na(s) zona(s) que abastece. Dado que impede que exista água demais nas células, esta válvula evita a ocorrência de acontecimentos com consequências desastrosas.

Ainda através da análise da tabela 6.1, é possível constatar que existem vários equipamentos comuns às infraestruturas, esse facto acaba por facilitar realização do plano, nomeadamente em termos de economizar o tempo despendido. É importante salientar que a AdCL é normalmente regular na aquisição dos equipamentos, isto é, opta por adquiri-los no mesmo fornecedor caso exista satisfação com os previamente comprados, e portanto, salvo raras exceções, as tarefas que constituem o PM de um equipamento são iguais para todos os que sejam do mesmo tipo.

#### **6.2.2. Operação Vs Manutenção**

Existe a necessidade de diferenciar estes setores dado que grande parte dos manuais analisados possui a designação dos trabalhos também para o setor operação, e como tal, achou-se por bem incluí-lo nos planos. É importante frisar que este **plano não é destinado** a este setor, contudo se a empresa achar benéfica a sua utilização por parte da Operação, pode ser perfeitamente aproveitado.

Enquanto que a manutenção intervém diretamente nos equipamentos, porém com uma periodicidade maior, à operação cabe a função de efetuar verificações visuais e medição de valores de forma a compará-los com os de referência, mas com uma periodicidade mais regular.

### 6.2.3. Desenvolvimento do PM

O objetivo do PM consistiu na criação de uma folha em Excel para cada tipo de infraestrutura, composta por um número de páginas igual ao número de diferentes equipamentos dentro da mesma. Naturalmente cada página é destinada às ações a realizar na intervenção de carácter preventivo.

A definição das tarefas a realizar, certamente a parte mais importante do PM, foi dividida em diferentes fases, sendo elas:

1. Recolha e organização dos manuais que continham a informação necessária, proveniente de fontes fidedignas e com experiência, nomeadamente manuais de fornecedores, relatórios disponibilizados pelas empresas subcontratadas que realizaram operações de manutenção e manuais de instruções de funcionamento e manutenção das infraestruturas construídas;
2. Leitura, análise e levantamento de todas as ações definidas para cada equipamento, provenientes de todos os manuais consultados;
3. Verificação das periodicidades recomendadas para cada tarefa;
4. Filtração da informação seleccionada de modo a eliminar informação repetida, ambiguidades e informação desnecessária;
5. Realizar um protótipo do PM com a informação reunida explícita e organizada;
6. Reunião com os técnicos, pessoas altamente experientes, não só com vista a eliminar as restantes ambiguidades e informação desnecessária, como também pretendendo ouvir sugestões ao nível de alteração das tarefas existentes ou mesmo a adição de novas;

7. Finalização do PM e reunião com os gestores de manutenção com vista à obtenção de um *feedback* e sugestões de modo a realizar as alterações finais;

#### 6.2.4. Páginas do PM

O produto final do PM consiste num conjunto de tabelas por página de Excel, cada qual composta por dez colunas, estas são referentes a:

- Designação dos trabalhos;
- Periodicidade da Manutenção;
- Periodicidade da Operação;
- Tarefa Efetuada;
- Tarefa Não Efetuada;
- Estado do componente Conforme;
- Estado do componente Não Conforme;
- Tarefa Não Aplicável;
- Tarefa com responsabilidade da Manutenção;
- Tarefa com responsabilidade da Operação;

O preenchimento das tabelas prima pela simplicidade, o técnico, que possui o ficheiro, ao fim da intervenção preenche a tabela com cruces como é possível verificar na figura 6.2, de seguida denomina o ficheiro com o nome da infraestrutura, seguida do ano, seguida de um 6 no caso de a intervenção ser Semestral ou com um 12 no caso de ser Anual, o resultado seria e.g. ‘Res/EE Adémia\_2018\_12’, o que representaria a intervenção anual realizada em 2018 no Reservatório e Estação Elevatória da Adémia. Existe ainda um campo para preencher com a quantidade de equipamentos iguais verificados. Este campo é de extrema importância pois não era benéfico de forma alguma preencher uma tabela por cada válvula manual por exemplo, visto que num reservatório em geral existem em grande quantidade. Relativamente à tabela em si, o preenchimento é também efetuado de uma

forma bastante simples, preencher uma cruz na coluna Efec. se a tarefa foi efetuada em todos os equipamentos, no caso da tarefa não ter sido efetuada em algum equipamento ou em todos eles, coloca-se uma cruz na coluna não efetuada, sendo que na tabela observações, presente na parte final da página são identificados os equipamento que não sofreram intervenção bem como a justificação da não realização. Quanto à coluna Conf., é colocada uma cruz caso após a tarefa realizada, o componente em questão tenha ficado afinado, ajustado, conforme, de outro modo se por exemplo numa válvula, um componente não tenha ficado em conformidade, a cruz é colocada na coluna Não Conf., e o passo seguinte é a identificação do (s) equipamento (s) cujo estatuto é não conforme na tabela final da página do equipamento utilizando o número de ativo, tal como é efetuado nas colunas Efec. e Não Efec.; O último passo a preencher será a coluna Não Aplicável, cujo objetivo é identificar os equipamentos nos quais a tarefa designada não é aplicável. É de salientar que não é uma ação que aconteça regularmente, todavia foi considerado importante incluí-la no PM visto que os técnicos podem eventualmente enfrentar tal situação e essa informação tem obrigatoriamente de chegar ao gestor da manutenção. A figura 6.2 mostra o exemplo de preenchimento de uma tabela de válvulas manuais para um reservatório.

Válvulas Manuais (Cunha e Borboleta)			Quantidade = 4						
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.
Verificar o estado geral de conservação da válvula (inclui pintura, corrosão);	Anual	Bimensal	X		X			X	X
Verificar, mediante manobra, o estado geral de funcionamento da válvula;	Semestral	Bimensal	X			X		X	X
Verificar o estado de lubrificação dos componentes móveis, lubrificar se necessário;	Anual	Bimensal	X		X			X	X
Aplicar massa de cobrir nos parafusos;	Anual			X		X		X	
Verificar apertos e mecanismos de fixação;	Anual		X		X			X	
Verificar a possível existência de fugas pelas juntas de vedação;	Semestral	Bimensal	X			X		X	X
Verificar a estanquidade;	Semestral	Bimensal	X		X			X	X
Verificar se existe fuga de massa na caixa redutora;	Semestral	Bimensal	X		X				X
Substituir o lubrificante na caixa redutora;	Anual								
Limpeza e beneficiação geral se necessário;	Anual	Bimensal	X		X			X	X

Figura 6.2 – Exemplo do preenchimento de uma folha do PM (1)

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---

Através da análise desta tabela é possível verificar que todas as tarefas foram realizadas nas quatro válvulas, à exceção da aplicação de massa de cobriar nos parafusos que não foi realizada em nenhuma. A partir da análise da figura 6.3 correspondente à tabela de observações, é possível perceber as razões que motivaram o preenchimento da figura 6.2.

<b>Observações:</b>	
--> Apesar da intervenção na válvula 1236, esta não ficou a funcionar perfeitamente, solicita-se OT de intervenção corretiva;	
!-> Não foi efectuada aplicação de massa de cobriar nos parafusos em nenhuma válvula pois por falha humana, os técnicos não possuíam o material necessário;	
!-> Após intervenção, a válvula de ativo 1236, continuou a apresentar fugas pelas juntas de vedação;	
!->	
<b>Listagem dos Ativos</b>	
<b>Válvulas Manuais (Cunha)</b>	<b>Válvulas Manuais (Borboleta)</b>
--> 1234	-->
--> 1235	-->
--> 1236	-->
--> 1237	-->
-->	-->
-->	-->
-->	-->

Figura 6.3 – Exemplo do preenchimento de uma folha do PM (2)


Ainda é possível através da análise das duas figuras perceber que a válvula 1236 apresentava fugas pelas juntas de vedação, sendo que após intervenção ficou não conforme, e portanto a não funcionar corretamente de maneira que é solicitada uma Ordem de Trabalho de manutenção corretiva com vista a resolver o problema através da substituição de certos componentes, ou mesmo da válvula inteira.

Resumindo, o preenchimento é simples o que permite economizar bastante tempo para na altura de relatar a intervenção realizada.

As figuras seguintes são um exemplo de uma folha do PM, no caso ‘Válvulas’, para que seja possível visualizar a folha como um todo.

Elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva

Válvulas Manuais (Cunha e Borboleta)			Quantidade =						
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.
Verificar o estado geral de conservação da válvula (inclui pintura, corrosão);	Anual	Bimensal						X	X
Verificar, mediante manobra, o estado geral de funcionamento da válvula;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar o estado de lubrificação dos componentes móveis, lubrificar se necessário;	Anual	Bimensal						X	X
Aplicar massa de cobrir nos parafusos;	Anual							X	
Verificar apertos e mecanismos de fixação;	Anual							X	
Verificar a possível existência de fugas pelas juntas de vedação;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar a estanquidade;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar se existe fuga de massa na caixa redutora;	Semestral	Bimensal							X
Substituir o lubrificante na caixa redutora;	Anual								X
Limpeza e beneficiação geral se necessário;	Anual	Bimensal						X	X

Válvulas Motorizadas (Cunha e Borboleta)			Quantidade =						
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efectuado	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.
<b>Verificação Geral</b>									
Verificar o estado geral de conservação da válvula (inclui pintura, corrosão, etc);	Anual	Bimensal						X	X
Verificar, mediante manobra, o estado geral de funcionamento da válvula;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar o estado de lubrificação dos componentes móveis, lubrificar se necessário;	Anual	Bimensal							X
Aplicar massa de cobrir nos parafusos;	Anual							X	
Verificar apertos e mecanismos de fixação;	Anual	Bimensal						X	X
Verificar a possível existência de fugas pelas juntas de vedação;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar a estanquidade;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar se existe fuga de massa na caixa redutora;	Semestral	Bimensal						X	X
Substituir o lubrificante na caixa redutora;	Anual							X	
<b>Verificações Eléctricas</b>									
Limpeza e lubrificação do actuador;	Anual							X	
Verificar a ausência de ruído;	Semestral	Bimensal						X	X
Revisão do Motor Eléctrico (temperaturas);	Anual							X	
Verificação visual das ligações eléctricas e Bucins;	Anual							X	
Verificação do reaperto da cablagem;	Anual							X	
Lubrificar a haste da válvula;	Anual							X	
Verificar elementos de protecção (Protecções eléctricas e mecânicas);	Anual	Bimensal						X	X

Figura 6.4 – Página Válvulas de uma Folha do PM (1)





## 7. PLANEAMENTO

O objetivo principal desta fase do trabalho consistia em determinar se os recursos humanos existentes eram suficientes e se possível estabelecer o tempo total de manutenção de todo o sistema de abastecimento de água da zona de Coimbra.

Tendo em conta os objetivos traçados era necessário realizar uma espécie de inventário, isto é, determinar o número de equipamentos existentes em cada infraestrutura. Aqui surge uma enorme dificuldade, o polo Mondego dispõe de um inventário de ativos, contudo para além de ser algo confuso pela forma como está organizado, isto é, só são listados os ativos com DN100 (Diâmetro Nominal) ou superior, o que resulta na ausência de dezenas de equipamentos que estão presentes nas infraestruturas e que requerem igualmente manutenção, em alguns casos os equipamentos estão divididos em componentes como são exemplo os grupos eletrobomba que estão divididos em motor e bomba, o que dificulta a sua contabilização. Como a visita a todas as infraestruturas não era uma opção, o primeiro passo seria através da consulta do inventário disponível em conjunto com as telas finas das mesmas, como é exemplo a figura 7.1, referente ao Reservatório/EE da Adémia, estipular o número de equipamentos de cada tipo existentes em cada uma delas. Este inventário pode ser consultado no Anexo B.

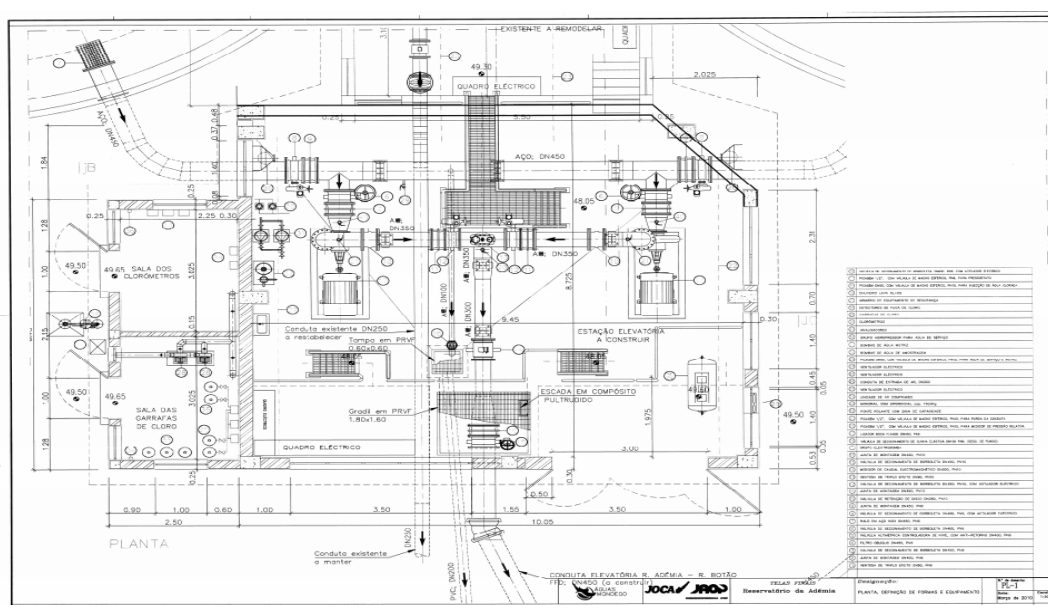


Figura 7.1 – Tela Final dos equipamentos no Reservatório/ EE da Adémia

Eis que surge outro pequeno problema, as caixas de derivação não possuem telas finais nem constam no inventário disponível de maneira que não foi possível efetuar o levantamento dos equipamentos em cada uma delas, contudo o facto de ser um tipo de infraestrutura com dimensões reduzidas relativamente a um Ponto de Entrega ou a um Reservatório/EE faz com que o seu impacto não seja muito significativo.

Após uma análise de coordenadas geográficas foi possível definir 66 infraestruturas que requerem manutenção. É importante explicar que existem dois tipos de pontos de entrega:

- Conjunto de equipamentos incorporados numa infraestrutura Reservatório/EE e que abastece uma determinada população a partir desse mesmo reservatório;
- Conjunto de equipamentos localizados numa infraestrutura subterrânea, numa localização isolada. É exemplo de um ponto de entrega isolado o que está na figura 4.5;

Assim, é possível explicar a razão para a qual através da contagem dos pontos nos mapas expostos no capítulo 5, o número ser diferente de 66, visto que em alguns casos existem pontos de entrega com a mesma localização que reservatórios/EE e até mesmo que outros pontos de entrega.

## **7.1. Tempo Médio de Manutenção de cada equipamento**

O passo seguinte foi a realização de uma cronometragem presencial da execução prática das ações que constituem o PM. Esta medição foi realizada ao longo de vários dias, em conjunto com os técnicos de maneira a poder realizar a manutenção de cada equipamento pelo menos duas vezes. É de facto uma curta amostra, no entanto tendo em conta o tempo disponível foi a melhor solução possível, e, na verdade o tempos em ambas as intervenções foi semelhante, o que oferece uma maior fiabilidade nos resultados finais. O gráfico seguinte mostra os tempos registados.

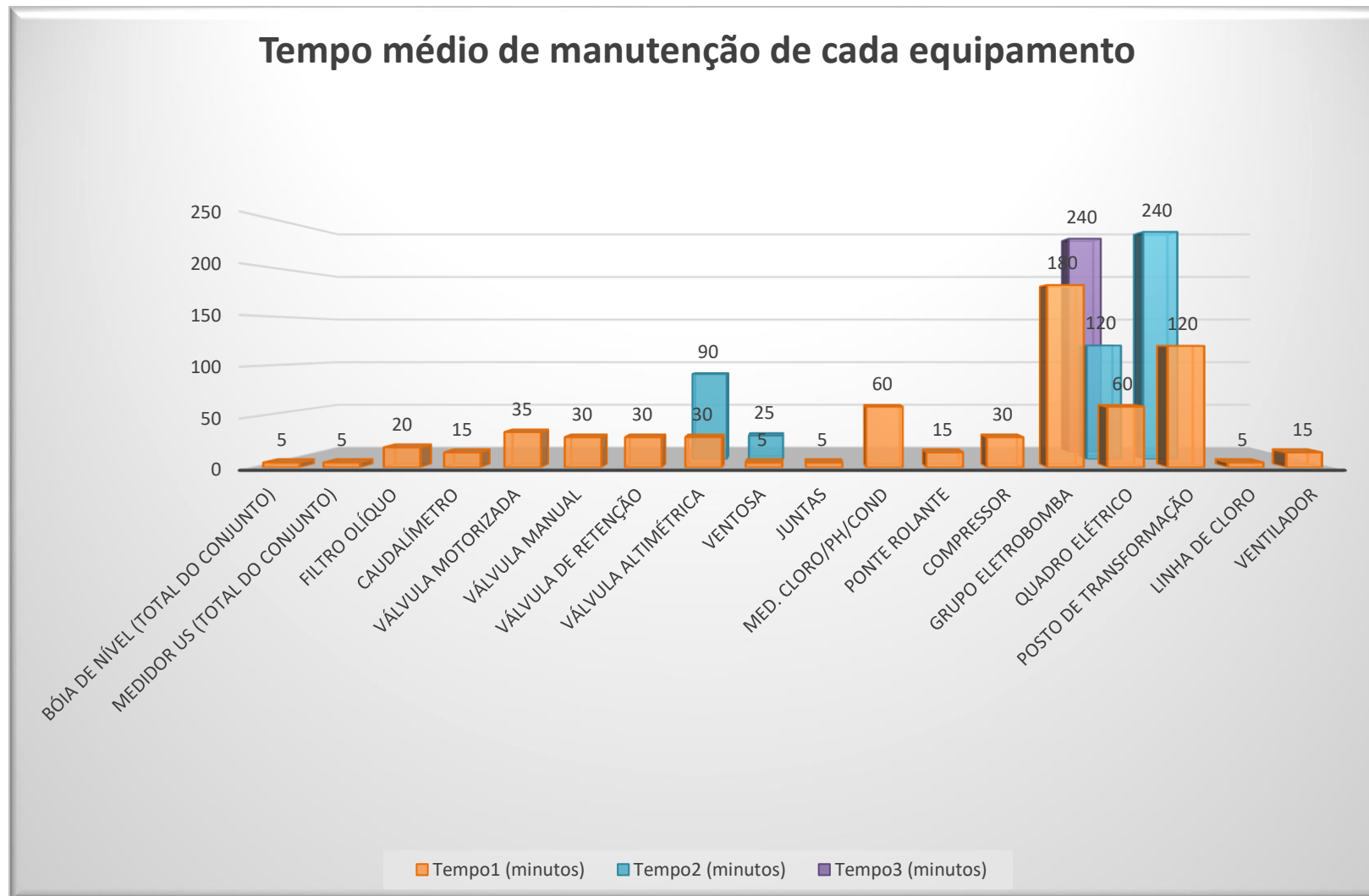


Figura 7.2 – Gráfico tempo médio de manutenção de cada equipamento

Como é possível observar, foi necessária a criação de três tempos diferentes visto que em alguns equipamentos o tempo variava de acordo com as suas características ou com a necessidade de intervenção avaliada no momento pelos técnicos, sendo eles os seguintes:

- Válvula Altimétrica, cujo tempo variava de acordo com a natureza da intervenção, ou seja, caso ocorresse apenas uma inspeção visual por toda a válvula o tempo médio seria cerca de 30 minutos, por outro lado, se fossem necessárias medidas mais demoradas como por exemplo a afinação dos pilotos já necessitava de cerca de 90 minutos para ser completada.
- Ventosa, na qual o tempo de intervenção variava de acordo com a sua dimensão. Isto é, caso fosse pequena (simples ou de duplo efeito) o tempo médio de intervenção era cerca de 5 minutos, caso fosse grande (de triplo efeito) o tempo médio era cerca de 25 minutos.
- Quadro elétrico, no qual o tempo de intervenção depende do número de grupos eletrobomba presentes na infraestrutura. No caso de não existirem EB, como nos pontos de entrega, o tempo médio era cerca de 60 minutos, no caso de existirem 1 ou 2 grupos EB o tempo médio passava a ser cerca de 120 minutos, caso possuía mais do que 2 grupos (3 ou 4) o tempo médio seria de 240 minutos.
- Posto de transformação, cujo tempo de intervenção depende da sua localização, ou seja, caso fosse um posto de transformação cabinado (dentro de uma cabine presente na infraestrutura) o tempo médio seria de 120 minutos, caso fosse um posto de transformação aéreo (acoplado a um poste de eletricidade perto da infraestrutura) o seu tempo médio de manutenção passaria a ser de 240 minutos.

Todos os outros equipamentos possuíam um e um só tempo médio de manutenção, e foi sempre esse o utilizado nos cálculos que veremos mais à frente.

Há que salientar que os valores utilizados para grupos EB, PT e QE foram fornecidos pelos técnicos das empresas subcontratadas, visto que como referido anteriormente, a manutenção destes equipamentos ainda não é realizada internamente.

## 7.2. Tempo de trabalho anual das equipas

O passo seguinte do planeamento foi calcular o tempo de trabalho anual das equipas de manutenção. Para tal foi selecionado um conjunto de informações necessárias ao cálculo, sendo elas:

- ✓ Número de dias de férias dos trabalhadores, que pode chegar a 24;
- ✓ Média de dias úteis num ano em Portugal (exclui fins-de-semana e feriados), cujo valor é aproximadamente 252;
- ✓ Número de horas de trabalho diárias, cujo valor é 8, contudo é necessário excluir os tempos de viagem, os tempos necessários para preparação da intervenção e o tempo para arrumar o material;

Para o cálculo dos tempos de viagem, foi utilizada a aplicação **Google Maps** com vista a medir as distâncias dos pontos à base, tanto em quilómetros como em minutos, utilizando o melhor itinerário possível, como é possível verificar na figura 7.3 para o exemplo do Reservatório/EE de Rebolim de baixo.

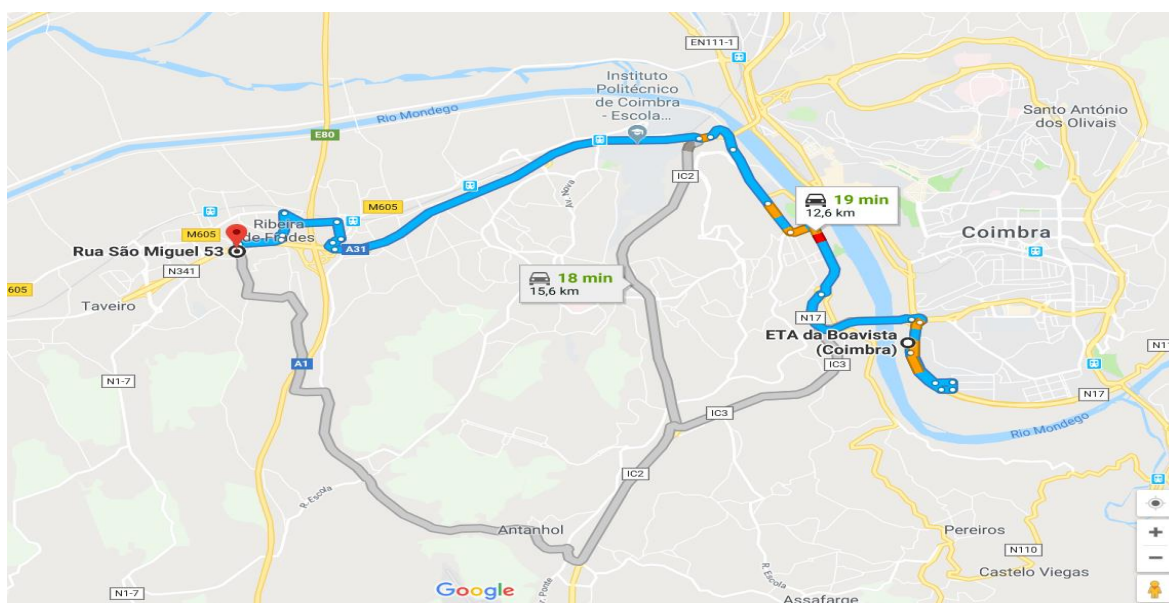


Figura 7.3 – Cálculo do tempo e da distância desde a ETA da Boavista até ao reservatório/EE de Rebolim de Baixo (Google Maps)

No anexo C é possível verificar todas as distâncias calculadas.

Fruto destes cálculos foi possível estimar o tempo útil de trabalho diário por parte dos técnicos, sendo que para obter esse valor foi necessário calcular a média de todos os tempos de deslocação, cujo resultado foi aproximadamente 17 minutos. Posto isto, o valor 17 foi multiplicado por 4, visto que diariamente são realizadas em média 4 viagens, de manhã em direção à infraestrutura, regresso à base para o almoço, retorno à infraestrutura após a refeição, e finalmente regresso à base após o dia de trabalho. O valor total obtido foi aproximadamente 70 minutos. Adicionando a este valor 50 minutos (já com margem) referentes à preparação da intervenção e arrumo do material no final da mesma, o valor final é de 120 minutos diários, ou seja 2 horas, resultando em 6 horas ‘úteis’ de trabalho diárias.

Posteriormente o objetivo passou por efetuar o cálculo do número dias de trabalho dos técnicos, cujo valor é a diferença entre o número de dias úteis num ano e o número de dias de férias dos técnicos, tendo sido obtido o valor de 228 dias de trabalho anuais. Multiplicando esse valor pelo número de horas de trabalho diárias, obtém-se o número total de horas de trabalho anuais por técnico, valor que atinge 1368 horas. É importante salientar que este valor não será multiplicado por dois quando se trata de uma equipa visto que todos os tempos foram medidos a partir do trabalho de equipas constituídas por dois elementos.

### 7.3. Tempo de Manutenção das infraestruturas

De seguida era necessário calcular o tempo total teórico de manutenção por infraestrutura,  $k$ , cujo valor é alcançado através do somatório do número de equipamentos existentes em cada infraestrutura multiplicado pelo tempo médio de manutenção de cada equipamento como mostra a seguinte equação:

$$k = \sum x_i \times y_i$$

Com  $i$  = Boia de Nível, ... , Ventilador;

$x$  = n° de equipamentos;

$y$  = tempo médio de manutenção do equipamento

Foram obtidos os seguintes tempos por infraestrutura:

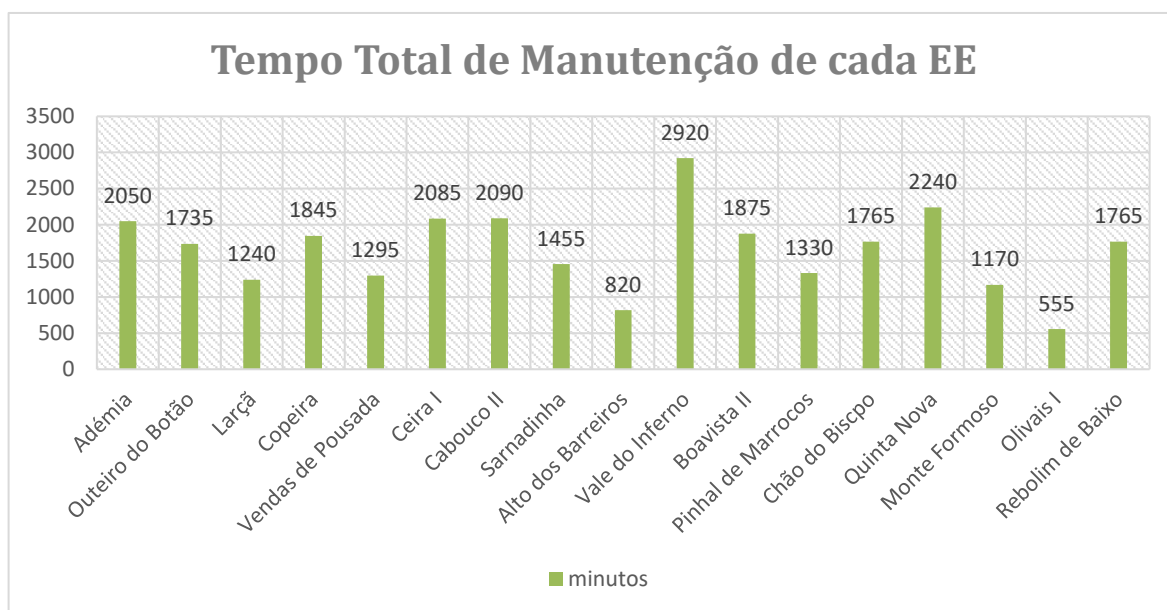


Figura 7.4 – Gráfico Tempo total de manutenção de cada EE

Através da análise da figura 7.4, é possível observar alguma discrepância nos valores obtidos, este acontecimento é justificado principalmente devido ao número de grupos EB presentes em cada instalação, que devido ao elevado tempo de manutenção dos mesmos aliado ao conseqüente tempo de manutenção dos QE, que por sua vez também são bastante elevados, aumenta drasticamente o tempo total de manutenção.

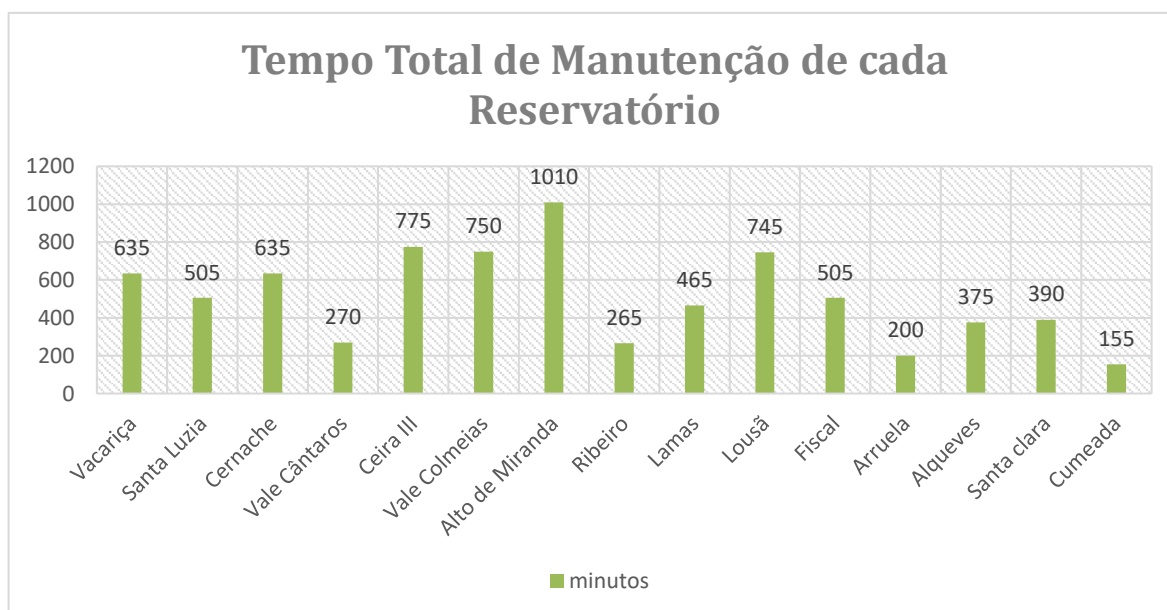


Figura 7.5 – Gráfico Tempo total de manutenção de cada Reservatório

A partir da análise da figura 7.5, é possível constatar que também existe alguma discrepância entre os valores que pode ser justificada a partir da diferença entre eles, isto é, alguns reservatórios são extremamente semelhantes a EE, contudo sem os grupos EB, outros podem ser apenas as células de água em conjunto com um número reduzido de válvulas e um ou dois caudalímetros.

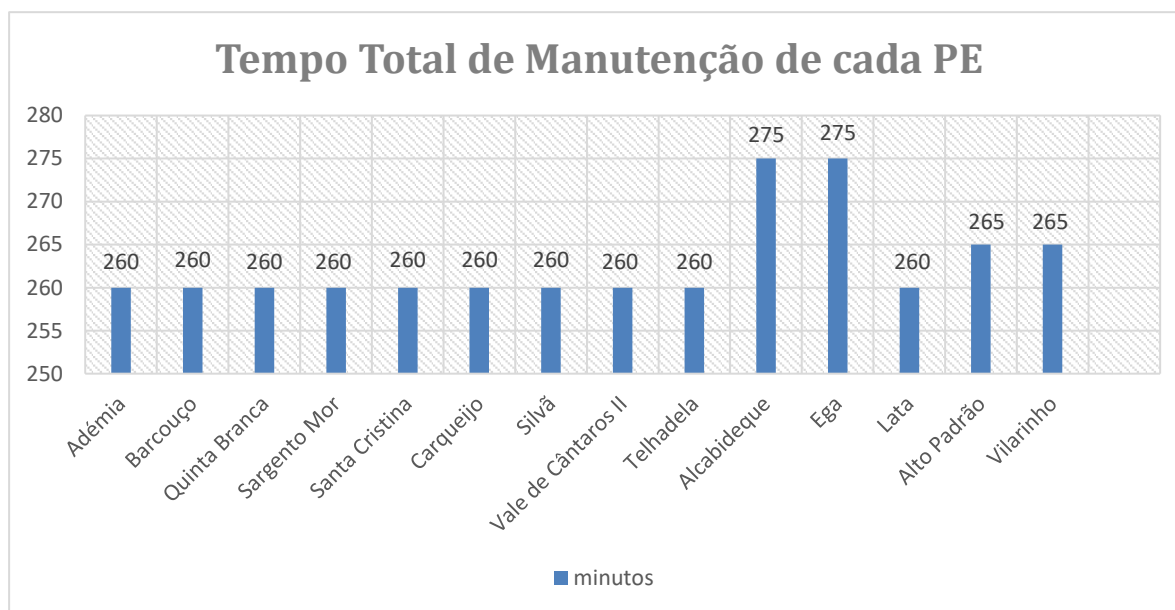


Figura 7.6 – Gráfico Tempo total de manutenção de cada PE

No caso dos PE, o tempo total de manutenção não sofre grande variação, este resultado é naturalmente explicado pelo facto de serem extremamente semelhantes, mesmo a variação, quando existe é praticamente desprezável sendo proveniente de em alguns casos existir válvula motorizada e noutros manual, ou então a infraestrutura estar equipada com ventilador ou não. É necessário frisar que neste gráfico estão presentes apenas os pontos de entrega com localização isolada visto que os que estão incorporados nos Reservatórios/EE estão incluídos nos respetivos tempos.

## 7.4. Resultados

Reunido o tempo de manutenção de todas as infraestruturas, o passo final foi o cálculo do tempo total necessário para a realização do plano anual de manutenção preventiva, T, cujo resultado foi obtido através da seguinte fórmula:



$$T = \sum k$$

Com  $k$  = tempo total de manutenção de cada infraestrutura;

O valor obtido foi 39595 minutos, o que corresponde a aproximadamente 660 horas de trabalho anuais. Considerando que os técnicos trabalham 6 horas diárias (valor calculado anteriormente), este valor corresponde a aproximadamente 110 dias de trabalho.

Comparando os valores obtidos, é seguro afirmar que uma equipa de trabalho constituída por dois elementos é suficiente para realizar o PM definido. Contudo há que realçar que neste tempo consta apenas a manutenção preventiva de Pontos de Entrega Reservatórios e Estações Elevatórias, ainda assim a manutenção corretiva também é uma necessidade e não pode ser desprezada sendo que os técnicos dispendem uma grande parte do seu tempo a realizá-la. É ainda importante referir que as ETAs e as caixas de derivação cujo tempo total de manutenção preventiva não foi possível calcular também necessitam que esta seja realizada e como tal esse tempo também deve ser considerado pela administração no momento da definição dos recursos humanos necessários. Finalmente, a título de curiosidade e para acompanhar os resultados obtidos, foi realizado um estudo com a finalidade de obter a média do tempo necessário para efetuar a manutenção preventiva de cada tipo de infraestrutura, assim como a forma como cada um contribui para o tempo total de manutenção, em termos percentuais.

Os resultados foram os seguintes:

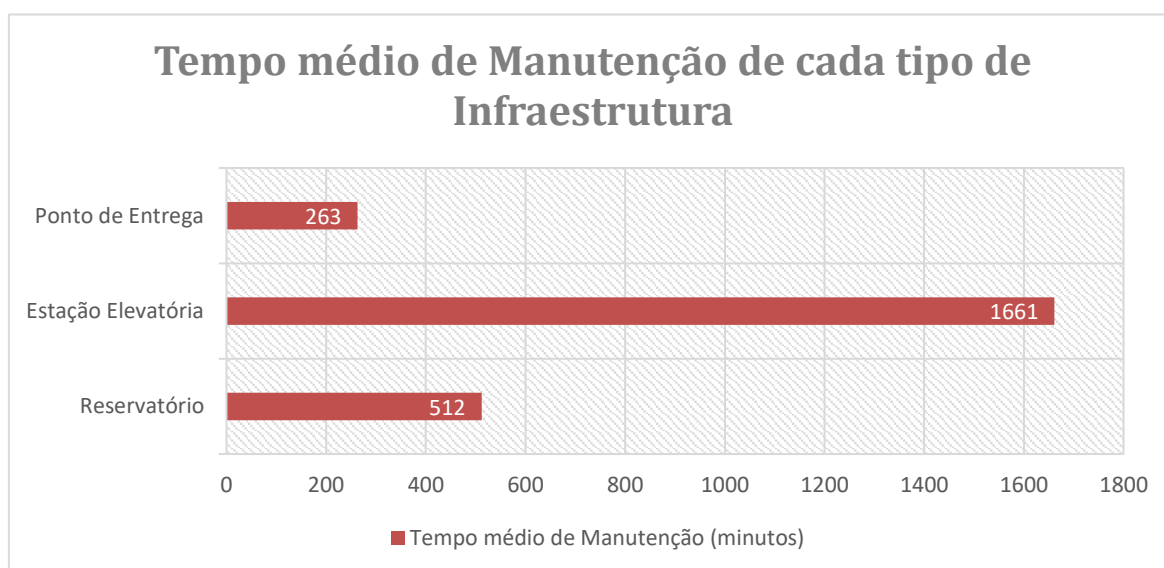


Figura 7.7 - Gráfico Tempo médio de manutenção de cada tipo de infraestrutura

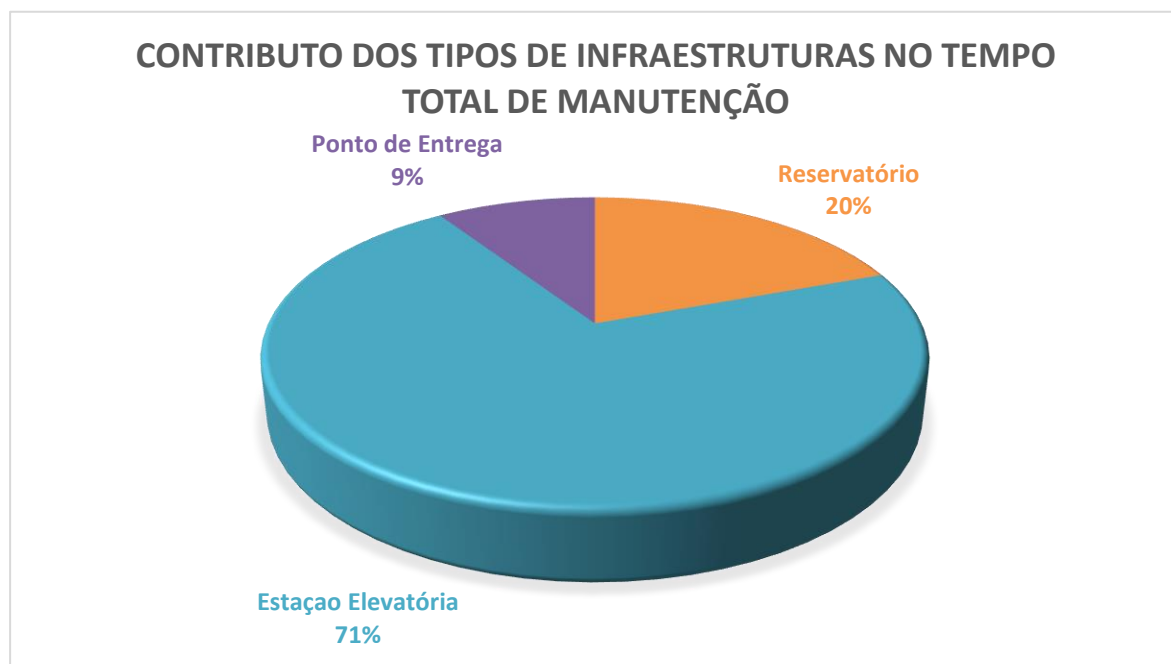


Figura 7.8 – Percentagem de contributo dos tipos de infraestruturas no tempo total de manutenção

A partir da análise da figura 7.7 é possível perceber que o tempo médio para realizar a manutenção preventiva de um Reservatório é cerca de 1,5 dias, para uma Estação elevatória são necessários 4,5 dias e para um Ponto de Entrega o tempo requerido é pouco mais do que 0,5 dias. Através da análise da figura 7.8 é notória a importância das estações elevatórias visto que constituem 71% de todo o tempo de manutenção, na verdade, como foi explicado durante o relatório, são estas infraestruturas que permitem o funcionamento de um sistema de abastecimento de água elevando-a para as localizações com cota superior e sendo a zona de Coimbra conhecida pela variação constante de altitude, a sua utilização é fundamental.

## 8. CONCLUSÃO

Tendo em conta o facto da manutenção preventiva realizada internamente ser bastante reduzida, o conteúdo deste relatório será certamente útil para a empresa Águas do Centro Litoral. No fim deste trabalho a instituição dispõe de um plano de manutenção preventiva completo e fidedigno que pode utilizar da forma que considerar mais benéfica.

É importante frisar que o Plano desenvolvido é apenas uma forma de realizar a manutenção preventiva enquanto não existe a listagem completa dos ativos presentes nas infraestruturas, assim que esse levantamento for efetuado, todas as ações passarão a ser realizadas a partir da aplicação Aquaman, contudo com o conjunto de designação dos trabalhos já definido, este poderá ser transportado para a aplicação de maneira a auxiliar os técnicos no momento da intervenção. O conselho é não seguir esse caminho, visto que não é uma opção prática dado que os técnicos teriam que abrir cada ação para ver o seu conteúdo, enquanto que com os ficheiros realizados o acesso a essas mesmas ações é simples e direto. Um ponto importante do plano desenvolvido reside na possibilidade das intervenções ficarem conservadas em histórico, o que é fundamental em toda a área da manutenção.

No que diz respeito às conclusões da segunda parte do trabalho, o planeamento, foi possível constatar que uma única equipa multi-especialidade constituída por dois técnicos é suficiente para realizar a manutenção preventiva das infraestruturas reservatório, estação elevatória e ponto de entrega. Ainda assim existe um conjunto de tempos que deve ser considerado no momento da definição dos recursos humanos necessários para realizar as atividades de manutenção, tais como o tempo dispendido nas intervenções de carácter corretivo e ainda o tempo necessário para realizar a manutenção preventiva das ETAs e Caixas de Dereivação cujo tempo não foi possível calcular. Convém frisar que é impreterível não desprezar a manutenção corretiva já que esta preenche bastante a agenda dos técnicos e faz naturalmente parte do dia-a-dia e bom funcionamento de qualquer empresa visto que todo o tipo de equipamentos falha com regularidade pelas mais variadas causas. Teoricamente, uma manutenção preventiva bem efetuada reduz esse risco de forma considerável, contudo a solução ótima é sem dúvida uma gestão correta e equilibrada de ambas.

Por fim, é importante referir que a partir da leitura deste documento é possível perceber como funciona uma rede de distribuição de água numa zona urbana, através da definição dos processos de tratamento e do trajeto que efetua, desde a sua captação até chegar ao consumidor final sendo que para demonstrar todo o processo foi utilizado como exemplo o sistema de abastecimento da cidade de Coimbra.

## **8.1. Recomendações Futuras**

Como sugestões de trabalho a desenvolver na empresa, destacam-se os seguintes pontos:

- Realização de um inventário completo e atualizado dos equipamentos presentes nas infraestruturas, não só para pelo facto de ser um documento extremamente necessário numa empresa, como também para ser possível usufruir da aplicação Aquaman no que diz respeito à manutenção preventiva, visto que esta tem um custo e não está a ser aproveitada ao máximo;
- Maior dedicação à aplicação Aquaman, dado que um dos motivos para esta não desenvolver é o facto de não existirem recursos humanos dedicados à sua otimização e constante atualização, nomeadamente na área da manutenção preventiva;
- Revisão dos planos de manutenção preventiva já existentes na aplicação Aquaman, visto que alguns estão incompletos e outros apesar de criados, não possuem qualquer informação.
- Aumentar gradualmente a realização de intervenções de Manutenção preventiva, visto que atualmente é inexistente derivado de vários fatores.
- Oferecer formação aos técnicos, nomeadamente em manutenção dos equipamentos quadro elétrico, posto de transformação e grupo eletrobomba.

---

## [REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS]

- Duarte, A.C. (1982), “Estações Elevatórias, Saneamento Básico”, Volume 1, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa
- Cabral, J.S. (2006), “Organização e gestão da manutenção dos conceitos à Prática”, 6ª edição, LIDEL
- Marques, J.S e Sousa, J.J. (2011), “Hidráulica Urbana, Sistemas de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais”, 3ª edição, Universidade de Coimbra
- Cabral, J.S. (2009), “Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios”, 2ª edição, LIDEL
- Ramalho, A. (2017), “Slides Manutenção”, Departamennto de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra
- Nathason, J.A. (2014), “Water Supply System”
- Martins, T.J.C (2014), “Sistemas e Abastecimento de Água para Consumo Humano”
- Efacec Engenharia e Sistemas, S.A. (2012) “Manual de funcionamento e Manutenção da ETA de Cancelas”
- CTGA (2017), Manual de Prestação de Serviços de Manutenção do Subsistema de abastecimento da Louçainha
- Águas do Centro litoral (2015), em <http://www.aguasdocentrolitoral.pt/>, Acedido em 22 de Março de 2018
- ERSAR, “Caracterização do setor de abastecimento de água”, em <http://www.ersar.pt/pt>, Acedido em 5 de Junho de 2018
- Unicef (2015) “Water and Sanitation”, em <https://data.unicef.org/>, Acedido em 16 de Abril de 2018
- World Health Organization (WHO) (2018), “Health Topics”, em <http://www.who.int/>, acedido em 24 de Maio de 2018
- Fucoli Somepal (2018), “Catálogo de Produtos/Instruções de Manutenção”, em <http://www.fucoli-somepal.pt/>, Acedido em 4 de Abril de 2018
- Grundfos (2008), “GT, Installation and operating instructions,”, em <https://pt.grundfos.com/>, Acedido em 9 de Abril de 2018
- Flygt (2012), “Submersible Pumps & Motors, Preventive Maintenance”, em <https://www.xylem.com/en-us/brands/flygt/>, Acedido a 11 de Abril de 2018
- <http://www.cementequipment.org/home/maintenance/cement-plant-maintenance/>, Acedido em 24 de Maio de 2018
- <https://gravidade.pt/portfolio-posts/sundy-beach-eco-resort-5/>, Acedido em 19 de Junho de 2018

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

---

<https://www.sandiego.gov/water/quality/reports/2014/treatment> , Acedido em 11 de Junho de 2018

# ANEXO A

Caudalímetro			Quantidade =							Observações:	
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.		
<b>Verificação Geral</b>											
Verificar se a caixa de derivação se encontra limpa e seca;	Anual							X			
Verificar a ausência de fugas nas flanges de ligação;	Anual	Bimensal						X	X		
Verificar estado geral de limpeza, corrosão e pintura;	Anual	Bimensal						X	X		
Verificação dos valores de medida, comparando com valores de referência;	Anual							X			
<b>Verificações Eléctricas</b>											
Verificação dos cabos de conexão eléctrica (danos na superfície, esforços, nós, etc);	Anual							X			
Calibrar medidor de acordo com os erros admissíveis na leitura;	Anual							X			
Verificação do reaperto de Cablagem;	Anual							X			
										<b>Listagem dos Activos</b>	
										-->	
										-->	
										-->	
										-->	

Figura A.1 - Página Medidor de Caudal de um PM

Medidor de Cloro/PH/Condutividade			Quantidade =							Observações:		
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.			
Inspeção-geral macânica;	Anual	Bimensal						X	X			
Verificar o estado das superfícies do transdutor (corrosão e pintura);	Anual	Bimensal						X	X			
Verificar o estado de conservação/funcionamento do medidor eletromagnético;	Anual	Bimensal						X	X			
Verificar o estado de conservação e ausência de fugas nas flanges de ligação;	Anual	Bimensal						X	X			
Limpar com cuidado as sondas/sensor com água limpa e um pano macio. Controlar a sua medida com um aparelho calibrado. Repôr electrólito quando necessário.		Bimensal							X			
										<b>Listagem dos Activos</b>		
										<b>Cloro</b>	<b>PH</b>	<b>Condutividade</b>
										-->	-->	-->
										-->	-->	-->

Figura A.2 - Página Medidor de Cloro/pH/Condutividade

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

Juntas de Montagem/Desmontagem			Quantidade =							Observações:	
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.		
Efectuar a limpeza do conjunto;	Anual	Bimensal						X	X		
Efectuar a verificação das vedações;	Anual	Bimensal						X	X		
Verificar a estanquidade;	Anual	Bimensal						X	X		
Verificar o estado dos varões roscados;	Anual	Bimensal						X	X		
Verificar estado geral das juntas (pintura, corrosão);	Anual	Bimensal						X	X		

Figura A.3 - Página Juntas de um PM

Quadro Eléctrico			Quantidade =							Baterias de Condensadores			Quantidade =				
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.	Designação dos Trabalhos	Periodicidade	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.
Limpeza geral, interior e exterior do quadro;	Anual							X		Limpeza Geral;	Anual						X
Limpeza de sistemas de ventilação, incluindo fornecimento ou substituição de filtros quando necessário;	Anual	Bimensal						X	X	Verificação de Reapertos;	Anual						X
Verificação do estado de conservação do quadro eléctrico e etiquetas;	Anual							X		Verificação da existência de ruídos ou vibrações anormais com a instalação em funcionamento;	Anual						X
Inspeção de fechaduras, portas, celas, dobradiças, estanquidade e verificar existência de chave no local;	Anual	Bimensal						X	X	Inspeção da estanquidade;	Anual						X
Verificação de pontos de corrosão e estado de conservação da pintura;	Anual	Bimensal						X	X	Inspeção de equipamentos de sinalização, comando, protecção, medida, resistências de descarga, relés variométricos, barramentos, condensadores;	Anual						X
Verificação da existência ou estado de conservação de esquemas eléctricos;	Anual							X		Verificar o estados dos fusíveis (medir continuidade);	Anual						X
Inspeção de equipamentos de comando, sinalização, medida, potência, protecção, barramentos, ventiladores e canalizações;	Anual							X		Accionar os escalões da bateria de condensadores, em manual;	Anual						X
Verificação do estado de arrumação dos cabos e tampas das calhas e portas dos quadros, e correção caso necessário;	Anual							X		Proceder à medição de corrente em cada fase de cada escalão e registar valores;	Anual						X
Verificação do estado do isolamento dos condutores em geral (aquecimento);	Anual							X									
Verificação de reapertos de ligações, barramentos e aparelhagem, e correção caso necessário;	Anual							X		<b>UPS</b>			<b>Quantidade =</b>				
Verificação da existência de ruídos ou vibrações anormais com a instalação em funcionamento;	Anual							X		Designação dos Trabalhos	Periodicidade	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.
Inspeção de termostatos e resistências anti-condensação;	Anual							X									
Verificação de ligações à terra;	Anual							X		Verificação do estado geral do equipamento;	Anual						X
Ensaio geral das protecções e verificação do estado dos seus componentes de corte (interruptores e Testes aos encravamentos);	Anual							X		Verificação da tensão nos elementos da bateria e o estado dos fusíveis e disjuntores desta;	Anual						X
Análise termográfica;	Anual							X		Limpeza geral das placas, bornes e terminais de Lubrificação das partes metálicas (vaselina neutra);	Anual						X
Medição de correntes e tensões com a instalação em normal funcionamento;	Anual							X		Substituição dos shunts, caso seja necessário;	Anual						X
										Verificação do estado geral dos vasos e do carregador;	Anual						X

Figura A.4 - Página QE de um PM



ANEXO A

Ventilador		Quantidade =						Observações:	
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.
<b>Verificação Geral</b>									
Observação com o objectivo de verificar acumulações anormais de resíduos;	Semestral							X	
Limpar cuidadosamente a turbina de sujidades ou poeiras que provocarão desequilíbrios que podem vir a afectar o ventilador, em especial os rolamentos do	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar ausência de ruídos, vibrações e desgastes:	Semestral							X	
Verificar apoios e fixações;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificar estado de pintura e corrosão;	Semestral	Bimensal						X	X
Verificação geral (inclui desmontagem, limpeza e estado de conservação);	Anual							X	
<b>Desmontagem:</b>									
--> Desmontar o suporte do flanco do lado da boca de entrada;									
--> Se a fixação da turbina for feita por meio de bucha cônica, retirar os três parafusos de fixação e passar dois deles para os dois furos roscados existentes na mesma face da bucha;									
--> Apertá-los alternadamente até soltar completamente a bucha;									
--> Retirar a turbina que está agora livre do veio;									
--> Se a fixação da turbina não for feita por bucha cônica, usar uma ferramenta convencional para sacá-la do veio;									
<b>Montagem:</b>									
--> Colocar a turbina no veio do motor até ao seu lugar ou colocá-la aproximadamente no seu lugar, ajustá-la com a bucha cônica e fixá-la apertando sucessivamente os três parafusos tendo o cuidado de entretanto ir dando algumas voltas à turbina, caso seja este tipo de fixação;									
<b>Verificações eléctricas</b>									
Medir e registar corrente de arranque;	Anual							X	
Medir e registar corrente de funcionamento;	Anual							X	
Verificar horas de funcionamento e consumos eléctricos;	Anual							X	
<b>Motor Eléctrico</b>									
Verificar isolamentos eléctricos;	Anual							X	
Verificação de terras e cabos eléctricos;	Anual							X	
Verificar resistências dos enrolamentos e do isolamento;	Anual							X	
Limpeza geral do motor;	Semestral							X	

**Listagem dos Activos**

-->

-->

Figura A.5 - Página Ventilador de um PM

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

Compressor			Quantidade =								Observações:	
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.			
Assegurar as condições de segurança para proceder à intervenção;	Semestral	Bimensal						X	X			
Verificar estado e bom funcionamento de botoneiras de emergência, se aplicável;	Semestral	Bimensal						X	X			
Verificar o nível de lubrificante e atestar se necessário;	Semestral	Bimensal						X	X			
Drenar a água condensada no depósito de ar;	Semestral							X				
Inspeccionar e observar se há ruídos ou vibrações anormais;	Semestral	Bimensal						X	X			
Verificar se existem fugas de óleo ou ar;	Semestral	Bimensal						X	X			
Verificar o estado e tensão da correia e substituí-la ou regulá-la de necessário;	Semestral							X				
Substituir o elemento do filtro de ar se necessário. Limpar o retirado para reutilizar;	Semestral							X				
Verificar o aperto dos parafusos da cabeça do cilindro e corrigir se necessário;	Semestral							X				
Ver se as pólias do motor e do compressor estão bem apertadas, desgastadas ou empenadas;	Semestral							X				
Verificar que a temperatura do secador de ar se encontra em 30º C ± 3º C;	Semestral	Bimensal						X	X			
Limpar as alhetas do condensador para eliminar eventuais depósitos de pó;	Semestral							X				
Fazer inspeção visual das tubagens e ligações do sistema do sistema de ar comprimido;	Semestral	Bimensal						X	X			
Verificar a existência de elementos do sistema com corrosão;	Semestral	Bimensal						X	X			
Fazer ensaio final das botoneiras de emergência;	Semestral							X				
Verificar que a zona de trabalho fica limpa e arrumada no final da intervenção;	Semestral	Bimensal						X	X			
Verificar que os equipamentos / instalação intervencionada ficam no estado de operação normal / adeq;	Semestral							X				

Observações:	
<b>Listagem de Activos</b>	
<b>RAC</b>	
-->	
<b>Compressor</b>	
-->	-->
-->	-->

Figura A.6 – Página Compressor (Equipamentos sob Pressão) de um PM

ANEXO A

Grupo Electrobomba			Quantidade =								Observações:	
Designação dos Trabalhos	Periodicidade Man.	Periodicidade Oper.	Efec.	Não Efec.	Conf.	Não Conf.	Não Aplicável	Resp. Man.	Resp. Oper.			
<b>Registo de dados dos grupos electrobomba</b> Registo (nas observações) da totalidade dos dados contidos nas placas de identificação das bombas e dos motores de cada grupo (Marca, Tipo, N.º Série, Potência Nominal, Altura de elevação, Caudal, etc.)	Anual							X				
<b>Verificação sensorial do estado do grupo electrobomba</b> Verificar a existência de ruídos e vibrações anormais, fugas e outras anomalias (grupo em funcionamento). Inspeção visual do seu estado geral de conservação, desgaste e pintura. De referir que, no caso dos grupos do tipo submersível e de forma a viabilizar a sua inspeção, as tarefas a realizar incluirão: - nas captações do tipo poço, os grupos deverão ser içados e reinstalados unitariamente e obedecendo ao definido no n.º 4 da cláusula 5ª dos Termos de Referência, recorrendo a camião grua com lança de alcance mínimo de 10 metros de comprimento e capacidade portante mínima de 30 toneladas; - na estação elevatória de câmara seca, os grupos deverão ser retirados e reinstalados no interior da cápsula de encamisamento com auxílio da ponte rolante existente no local.	Anual							X				
<b>Análise de vibrações e temperaturas</b> Verificação do estado dos rolamentos do motor e da bomba com base da informação retirada na análise de vibrações e temperatura. Registo de todos os valores medidos e análise dos resultados.	Anual							X				
<b>Verificação dos cabos e caixas de terminais</b> <b>Verificações elétricas</b> Medir consumos, recorrendo à instalação de analisador de energia portátil devidamente calibrado e verificado. Medição de continuidade elétrica das massas e estruturas metálicas condutoras. Medir a continuidade elétrica da terra entre a terra do equipamento e o barramento de terra do quadro elétrico. Medir resistência ôhmica dos enrolamentos. Medir resistência de isolamento entre enrolamentos do motor e entre os mesmos e a massa. Registo de todos os valores medidos e análise dos resultados.	Anual							X				
<b>Lubrificação</b> Lubrificar os rolamentos do motor elétrico com a massa recomendada pelo fabricante. Lubrificar os rolamentos da bomba com a massa recomendada ou substituição do óleo da caixa de rolamentos, conforme seja aplicável. A caixa de rolamentos deverá ser totalmente esvaziada, antes de ser introduzido o novo	Anual							X				
<b>Sistemas de fixação e acoplamento</b> Verificar o estado das uniões de acoplamento. Verificar e registar o estado e fixação das proteções do acoplamento. Verificar fixações, apoios e apertos de todos os parafusos, com binários adequados.	Anual							X				
<b>Alinhamento do grupo eletrobomba</b> Verificar os alinhamentos dos grupos, utilizando equipamento a laser, e corrigir se necessário. Registo dos valores.	Anual							X				
<b>Listagem de Activos</b>												
					<b>Motor</b>   <b>Bomba</b>							
					-->					-->		
					-->					-->		
					-->					-->		

Figura A.7. – Página Grupo Electrobomba de um PM (1)

## Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

<b>Sistema de ventilação do motor</b> Verificar o estado da ventoinha e da grelha de proteção do motor. Efetuar limpeza.	Anual								X	
<b>Realização de leituras e registos</b> Efetuar controlo e registo dos seguintes dados instantâneos por cada grupo electrobomba: Caudal elevado; Pressão na aspiração e na compressão do grupo; Consumos energéticos, N.º total de horas de funcionamento.	Anual								X	
<b>Cálculo dos rendimentos dos grupos</b> Associar ao relatório as curvas características de cada bomba e respectivo catálogo técnico, assim como catálogo com características técnicas do motor. Cálculo do rendimento de cada grupo, com base nas leituras instantâneas efectuadas e comparação com o teoricamente expectável.	Anual								X	
<b>Verificação do comportamento e funcionamento das válvulas de retenção e válvulas motorizadas</b> Verificar o comportamento e funcionamento das válvulas de retenção e válvulas motorizadas instaladas nos circuitos de aspiração e compressão, quanto aos seus automatismos, engrenagens e à sua perfeita vedação. Reaperto de juntas e flanges.	Anual								X	
<b>Realização de limpezas</b> Efetuar limpeza geral ao grupo electrobomba e aos acessórios a montante e a jusante com produto adequado.	Anual								X	
<b>Registo de Conclusões</b> Registo das conclusões relevantes da intervenção, bem como de propostas de ações corretivas e de sugestões de melhoria.	Anual								X	

Figura A.8 - Página Grupo Eletrobomba de um PM (2)

# ANEXO B


Tempo médio de Man. (min)	Bóia de Nível 5 (6 bóias)	Medidor de Nível US 5 (2 medidores)	Filtro Oblíquo 20	Caudalímetro 15	Válvula Motorizada 35	Válvula Manual 30	Válvula Retenção 30	Válvula Altimétrica Visual-30 Total-90	Ventosa G-25 P-5	Juntas 5	Med.Cloro/pH/Conc 60	Ponte Rolante 15	Compressor 30	EB 180	Quadros Elétricos SIB-60 I2B-120 -2B-240	PT Aér-240 Cabi-120	Linha de Cloro 5	Ventilador 15	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <b>Informações:</b>                      Nº Dias de Férias dos Técnicos: 24                      Nº de Equipas: 2                      Nº dias úteis em um ano (média): 252                      Nº dias de Trabalho Técnicos: 228                      Nº Horas Diárias: 6                      Nº Horas por equipa: 1388                      Nº Horas total das Equipas: 2736                 </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>Cores iguais Seguidas significam que as infraestruturas estão na mesma localização!!!</b></p> </div> </div>																			
Infraestruturas																			
Setor Norte																			
	Bóia de Nível	Medidor de Nível US	Filtro Oblíquo	Caudalímetro	Válvula Motorizada	Válvula Manual	Válvula Retenção	Válvula Altimétrica	Ventosa	Juntas	Med.Cloro/pH/Conc	Ponte Rolante	Compressor	EB	Quadros Elétricos	PT	Linha de Cloro	Ventilador	Tempo de Manutenção (min)
R/EE Adémia	6	2	1	2	4	11	4	1	2	5	1	1	IRAC	4	1	1aér	1	3	2050
PE Santa Apolónia				1		1				1									260
PE Adémia			1	1		2		1	1	1					1		1		260
PE Barcougo			1	1		2		1	1	1					1		1		260
PE Qta Branca			1	1		2		1	1	1					1		1		260
PE Sargento Mor			1	1		2		1	1	1					1		1		260
R/EE Outeiro do Botão	6	2	1	1	7	10	4		5	5		1	IRAC	3	1	1	1	2	1735
PE Marmeleira				1															
R/EE Larçá	6	2		2	2	10	2		2	4	2	1	IRAC	2	1		1	2	1240
PE Boião				1															
PE Póvoa Loureiro				1															
PE Mata S.Pedro				1															
PE Pampilhos do Botão				1															
PE Santa Cristina			1	1		2		1	1	1					1		1		260
PE Carqueijo			1	1		2		1	1	1					1		1		260
PE Silvã			1	1		2		1	1	1					1		1		260
R Vacariça	6	2	1	1	4	3		1	2	2					1		1	2	635
PE Vacariça			1	1		1		1											
Setor Sul																			
R/EE Copeira	6	2		1	9	8	4	1	2	4	2	1	IRAC	4	1	1	1	2	1845
R Santa Luzia	6	2		1	4	2	1		2	2	2				1		1		505
PE Santa Luzia				1		1													
R Cernache	6	2	1	1	4	3		1	1	2					1		1		635
PE Cernache			1	1	1	1		1											
PE Vale Cântaros II			1	1		2		1	1	1					1		1		260
R Vale Cântaros	6	2				6									1		1		270
PE Vale Cântaros I				1															
PE Telhadela			1	1		2		1	1	1					1		1		260
R/EE Vendas Pousada	6	2		1	2	9	2		1	4	2	1	2RAC	2	1	1	1	3	1295
PE Alcabideque			1	1		2		1	1	1					1		1	1	275
PE Ega			1	1		2		1	1	1					1		1	1	275

Figura B.1 - Inventário realizado (1)

Definição de um plano de manutenção preventiva para um sistema de abastecimento de água

Setor/Nascente	Bóia de Nível	Medidor de Nível US	Filtro Oblíquo	Caudalímetro	Válvula Motorizada	Válvula Manual	Válvula Retenção	Válvula Altimétrica	Ventosa	Juntas	Med.Clorot/H/Conc	Ponte Rolante	Compressor	EB	Quadros Elétricos	PT	Linha de Cloro	Ventilador	Tempo de Manutenção (min)	
R/EE Ceira I	6	2	2	1	8	6	3	2	5	3	1	IRAC	3	1	1	1	4	2085		
PE Ceira I				1	1				1											
R Ceira III	6	2		1	4	2	1		2	2				1	1	1			775	
PE Ceira II			1	1	1	1		1	1											
R/EE Cabouco II	6	2	1	2	9	7	3	1	4	5	2	1	IRAC	3	1	1	1	1	2090	
PE Cabouco			1	1	1	1		1	1											
R Vale Colmeias	6	2		2	4	2	1		1	7	3				1		1	2	750	
PE Vale Colmeias			1	1	1	1		1	1											
PE Lata			1	1	1	2		1	1	1					1		1		260	
R Alto de Miranda	6	2		2		7	1		2	2	3				1	1aér	1	2	1010	
PE Alto de Miranda			1	1	1	1		1	1											
R Ribeiro	6	1													1		1		265	
PE Ribeiro			1	1	1	1		1												
R Lamas	6	2			1	6				2	2				1		1		465	
PE Lamas				1	1	1														
PE Alto Padrão			1	1	1	1		1	1	1					1		1		265	
R/EE Sarnadinha	6	2	1	1	18	2	1		5	2	1	IRAC	2	1	1	1			1455	
PE Sarnadinha				1	1	1														
R Lousã	6	2	1	2		8		1		2	2				1		1	1	745	
PE Lousã			1			1		1	1											
R Fiscal	6	2		1		8				2	2				1		1		505	
PE Fiscal				1	1	1														
PE Vilarinho			1	1	1	1		1	1	1					1		1		265	
<b>Setor Central</b>	<b>Bóia de Nível</b>	<b>Medidor de Nível US</b>	<b>Filtro Oblíquo</b>	<b>Caudalímetro</b>	<b>Válvula Motorizada</b>	<b>Válvula Manual</b>	<b>Válvula Retenção</b>	<b>Válvula Altimétrica</b>	<b>Ventosa</b>	<b>Juntas</b>	<b>Med.Clorot/H/Conc</b>	<b>Ponte Rolante</b>	<b>Compressor</b>	<b>EB</b>	<b>Quadros Elétricos</b>	<b>PT</b>	<b>Linha de Cloro</b>	<b>Ventilador</b>	<b>Tempo de Manutenção (min)</b>	
R/EE Alto dos Barreiros	6	1		2		6	2			2		1	IRAC	2	1		1		820	
R Arruela	6	2				4				1					1		1		200	
R/EE Vale do Inferno	6	1		4		20	8			8	2	1	IRAC	8	1	1	1		2920	
R/EE Boavista II	6	2		2	7	10	3		3	5	3	1	IRAC	3	1	1	1	2	1875	
R/EE Pinhal de Marrocos	6	2		2	1	21	2		2	5		1	IRAC	2	1		1		1330	
R/EE Chão do Bispo	6	2		4	1	10	4			4	1	1	IRAC	4	1	1	1	2	1765	
R Alqueves	6	2	1			6		1		2					1		1		375	
R Santa Clara	6	1				10				3					1		1		390	
R/EE Quinta Nova	6	2		2		19	8			7	2	1	2RAC	4	1	1	1	5	2240	
R Cumeada	6	1		1		2				1					1		1		155	
R/EE Monte Formoso	6	2		2								1	IRAC	4	1	1	1		1170	
R/EE Olivais I	6	2		1								1	IRAC	2	1		1		555	
R/EE Febolim de Baixo	6	1		2		17	5			5	1	1	IRAC	4	1		1		1765	
											<b>Tempo total das EE</b>				<b>Média de um R/EE</b>				<b>Tempo total de Manutenção (min)</b>	
											282,35				1680,882253		27,8814 4,81356		39535	
											<b>Tempo total dos Pies</b>				<b>Média de um R</b>		<b>horas Dias de T</b>		<b>Tempo total de Manutenção (hor) Dias</b>	
											7680				512		8,53333 1,42222		893,916667 109,986	
											<b>Tempo total dos PE</b>				<b>Média de um PE</b>		<b>horas Dias de T</b>			
											3675				262,5		4,375 0,72917			

Figura B.2 - Inventário realizado (2)

