



Análise de Risco em Estações Elevatórias de Abastecimento de Água

TIAGO CAETANO BARREIRA

novembro de 2018

ANÁLISE DE RISCO EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS
DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA

TIAGO CAETANO BARREIRA

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS

Orientador: António Francisco Soto Maior Pestana da Silva (ISEP)

Supervisor: Lígia Maria Bandeira Ramos (Águas do Douro e Paiva, S.A.)

NOVEMBRO DE 2018

Dedico este trabalho à memória da minha avó Márcia e à minha irmã Ana Sofia. A elas lhes devo tudo, foi com elas que passei a minha infância e tornaram-me na pessoa que sou. Passámos por muitos momentos de alegrias e felicidades. Guardá-las-ei para sempre comigo, no meu coração.

ÍNDICE GERAL

Resumo.....	vii
Abstract	ix
Agradecimentos	xi
Índice de Texto	xiii
Índice de Figuras.....	xix
Índice de Tabelas.....	xxiii
Siglas e Acrónimos.....	xxv
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Conceitos Gerais referentes ao Âmbito do Estudo.....	7
CAPÍTULO 3 A Metodologia APDA.....	43
CAPÍTULO 4 As Inspeções às Estações Elevatórias da AdDP	67
CAPÍTULO 5 Análise do Risco das Estações elevatórias da AdDP.....	89
CAPÍTULO 6 Considerações Finais.....	99
Referências Bibliográficas	103
Anexo I – Matriz de Risco aplicada a elementos de Construção Civil	107
Anexo II – Matriz de Risco aplicada a Equipamentos.....	111

RESUMO

O presente trabalho descreve e, na medida do possível, justifica, as atividades desenvolvidas pelo seu autor no decorrer do Estágio Curricular que efetuou na Águas do Douro e Paiva (AdDP). Todas estas atividades tiveram como objetivo contribuir para a implementação, na AdDP, da metodologia de Gestão de Ativos preconizada pela Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA). Seguidamente serão enumeradas, e muito brevemente caracterizadas, as principais atividades efetuadas, todas elas relativas a Estações Elevatórias de Abastecimento de Água (EEAA):

- a. Criação de Fichas de Informação (fichas de cadastro e inventário), de acordo com as indicações do Guia APDA.
- b. Visitas de inspeção às vinte e cinco EEAA da AdDP. Estas inspeções foram efetuadas de acordo com o preconizado nas Fichas de Avaliação do Grupo Águas de Portugal, o que permitiu atribuir, a cada uma das EEAA, uma “nota de inspeção”.
- c. Análise de Risco de Falha de todas as EEAA da AdDP (entendendo-se por “falha” a não satisfação de critérios de qualidade exigidos aos serviços concessionados à AdDP).

Palavras-chave: Sistemas de Abastecimento de Água, Estações Elevatórias, Gestão de Ativos, Análise de Risco.

ABSTRACT

This report describes and, as far as possible, justifies the activities developed by the author during the Curricular Internship that he carried out in Águas do Douro e Paiva (AdDP). The goal of these activities was to contribute to the implementation, at AdDP, of the Asset Management methodology recommended by the Portuguese Association of Water Distribution and Drainage (APDA). The main activities carried out, all related to Water Supply Pump Stations, will be listed and are very briefly characterized below:

- a. Creation of Information Sheets (registration and inventory forms), according to the APDA Guide.
- b. Inspection visits at ADDP's twenty-five Water Supply Pump Stations. These inspections were carried out in agreement with the recommendations of the Assessment Sheets of Águas de Portugal Group, which enabled each of the EEAA to be assigned an "inspection note".
- c. Failure Risk Analysis of all Pump Stations (word "failure" is used when the pump station does not meet to the quality criteria required for the services licensed to AdDP).

Keywords: Water Supply Systems, Pump Stations, Asset Management, Risk Analysis.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar deixo aqui a minha consideração às entidades que tornaram possível a concretização deste trabalho e estágio curricular, o meu obrigado ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e à Águas do Douro e Paiva, S.A.

À minha supervisora, Engenheira Lígia Ramos, por todo o apoio recebido na empresa, por todo o tempo disponibilizado para acompanhamento, pelas sugestões e críticas apresentadas e correções sugeridas, pela relação de amizade e integração durante o estágio.

Ao meu orientador, Professor António Pestana da Silva, por ter aceite orientar este trabalho, por toda a sua disponibilidade demonstrada ao longo do mesmo, pelos conhecimentos transmitidos e incutindo-me a vontade de fazer sempre mais e melhor.

Aos engenheiros da direção GAE o meu sincero agradecimento pelos conhecimentos transmitidos e por toda a amizade desencadeada ao longo do percurso de estágio.

A todos os meus professores do Departamento de Engenharia Civil do ISEP que me transmitiram o gosto pela Engenharia, pelo saber e por todos os conhecimentos recebidos, deixo aqui o meu obrigado.

A todas as pessoas que conheci na empresa e que se tornaram meus amigos, levando a toda uma melhor integração na empresa e pelo bom tempo que passámos juntos, um sincero obrigado.

Aos meus amigos do ISEP, do Porto, e da minha terra natal, Chaves, a todos que me deram força para que este trabalho se tornasse realidade, um muito obrigado a todos.

À minha namorada e melhor amiga Maria Coimbra, por todas as nossas conquistas, por todo o carinho, paciência e motivação dedicadas, deixo aqui um profundo e sincero agradecimento. Aproveito, também, para deixar um grande apreço à Isabel e ao Paulo Coimbra por toda a amizade e pelos momentos de convívio.

E por último, aos meus pais, Maria e José Barreira, é por eles que estou aqui, sempre fizeram os possíveis e impossíveis para me proporcionarem um ensino de grau superior. Sem eles, nada disto seria possível e espero um dia poder-lhes retribuir todo o esforço que fizeram por mim.

Um grande obrigado a todos!

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Considerações Iniciais.....	1
1.2	Apresentação da Águas do Douro e Paiva.....	2
1.2.1	Descrição e Enquadramento Geral.....	2
1.2.2	Missão, Visão e Política de Responsabilidade Empresarial.....	4
1.3	Objetivos e Âmbito do Trabalho.....	5
1.4	Estrutura do Trabalho.....	5
CAPÍTULO 2	Conceitos Gerais referentes ao Âmbito do Estudo.....	7
2.1	Sistemas de Abastecimento de Água.....	8
2.2	Estações Elevatórias de Abastecimentos de Água.....	10
2.2.1	Características das Estações Elevatórias.....	10
2.2.2	Altura Geométrica e Altura Manométrica.....	13
2.2.3	Curvas Características de Bombas.....	14
2.2.3.1	Curva de Carga.....	15
2.2.3.2	Curva do Sistema.....	15
2.2.3.3	Ponto de funcionamento de uma bomba.....	16
2.2.3.4	Relação entre Cavitação e Curva de NPSH.....	17
2.2.3.5	Rendimento e Curva de Potência.....	18
2.2.4	Associação de Bombas.....	19
2.2.4.1	Bombas Associadas em Paralelo.....	19
2.2.4.2	Bombas Associadas em Série.....	20
2.2.5	Dispositivos de Proteção contra o Choque Hidráulico.....	22

ÍNDICE DE TEXTO

2.2.5.1	Volante de Inércia.....	22
2.2.5.2	Chaminé de equilíbrio	23
2.2.5.3	Reservatório de Ar Comprimido (RAC).....	24
2.3	Gestão de Ativos	25
2.3.1	Conceito de Gestão de Ativos.....	25
2.3.2	Importância da Gestão de Ativos numa Entidade Gestora	26
2.3.3	Ciclo de Vida dos Ativos.....	28
2.3.4	Manutenção dos Ativos	31
2.3.4.1	Manutenção corretiva	31
2.3.4.2	Manutenção preventiva	32
2.3.4.3	Manutenção preventiva condicionada.....	33
2.3.4.4	Manutenção preventiva sistemática.....	33
2.4	Inspeções	33
2.4.1	Objetivos e Importância das Inspeções	34
2.4.2	Causas da inspeção	35
2.4.3	Nível de inspeção.....	35
2.4.4	Organização da Informação.....	36
2.4.5	Metodologia de Inspeção	37
2.4.6	Notas de Inspeção	37
2.5	Principais Patologias nas Estações Elevatórias	37
2.5.1	Patologias em edifícios	38
2.5.1.1	Fissuras	38
2.5.1.2	Infiltrações.....	38
2.5.2	Patologias em equipamentos	39
CAPÍTULO 3	A Metodologia APDA.....	43
3.1	Nota Introdutória	43
3.2	Enquadramento Geral.....	44

3.2.1	Apoio à Decisão	46
3.2.2	Matrizes de Risco de Falha	46
3.3	Classificação dos Ativos	47
3.3.1	Informação a obter	47
3.3.2	As dificuldades a ultrapassar	49
3.4	Aplicação da Metodologia APDA às Estações Elevatórias da AdDP.....	50
3.4.1	A Ficha de Inventário e Cadastro.....	50
3.4.1.1	Informação comum da infraestrutura – Cadastro	50
3.4.1.2	Informação comum da infraestrutura – Condição e Desempenho.....	53
3.4.1.3	Informação comum da infraestrutura – Custos	55
3.4.1.4	Informação específica para a estação elevatória de abastecimento – Cadastro.....	55
3.4.1.5	Informação específica para a estação elevatória de abastecimento – Condição e Desempenho	56
3.4.1.6	Informação específica para a estação elevatória de abastecimento – Custos	58
3.4.2	Matrizes de Risco de Falha	60
3.4.2.1	Introdução	60
3.4.2.2	Critérios de avaliação para Construção Civil	62
3.4.2.3	Critérios de avaliação para Equipamentos.....	64
CAPÍTULO 4	As Inspeções às Estações Elevatórias da AdDP	67
4.1	Caracterização das Estações Elevatórias	67
4.1.1	Localização Geográfica	67
4.1.2	Designação das Estações Elevatórias	68
4.2	Metodologia e Descrição das Inspeções.....	69
4.2.1	Inspeção exterior: elementos de Construção Civil	70
4.2.2	Inspeção interior: elementos de Construção Civil.....	70
4.2.3	Inspeção interior: equipamentos de elevação	71
4.2.4	Inspeção interior: equipamentos acessórios.....	71

4.2.5	Inspeção interior: outros equipamentos elétricos	71
4.2.6	Inspeção a dispositivos de proteção contra o choque hidráulico	72
4.3	Patologias detetadas.....	72
4.3.1	Patologias em elementos de Construção Civil.....	72
4.3.1.1	Fissuras	73
4.3.1.2	Infiltrações.....	73
4.3.1.3	Eflorescências	74
4.3.1.4	Destacamento de revestimento exterior	74
4.3.2	Patologias em equipamentos	74
4.4	Análise dos resultados das inspeções.....	76
4.4.1	Caracterização por idade	76
4.4.2	Caracterização por volumes elevados	77
4.4.3	Tipos de eletrobombas instaladas.....	78
4.4.4	Análise dos indicadores IVI e Eficiência Energética	80
4.4.5	Notas de Inspeção	81
4.4.5.1	As componentes da avaliação global	81
4.4.5.2	Avaliação em termos de performance	81
4.4.5.3	Avaliação em termos de estado	82
4.4.5.4	Avaliação em termos de segurança.....	82
4.4.5.5	Exemplo de ficha de avaliação (EE de Seixo Alvo).....	82
4.4.5.6	Notas de inspeção de todas as EEAA da AdDP	86
CAPÍTULO 5	Análise do Risco das Estações elevatórias da AdDP.....	89
5.1	Introdução.....	89
5.2	Risco de Falha - Construção Civil.....	90
5.2.1	Funcionalidade.....	90
5.2.2	Criticidade	91
5.3	Risco de Falha - Equipamentos	92

5.3.1	Funcionalidade	92
5.3.2	Criticidade.....	93
5.4	Risco de Falha das EEAA da AdDP.....	93
5.4.1	Matriz de Risco para elementos de Construção Civil	95
5.4.2	Matriz de Risco para Equipamentos.....	96
CAPÍTULO 6	Considerações Finais.....	99
6.1	Conclusões	99
6.2	Desenvolvimentos Futuros	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa do Sistema de Abastecimento à área Sul do Grande Porto (Fonte: AdDP).....	3
Figura 1.2 – Estrutura Funcional da entidade de acolhimento (Fonte: AdDP, 2018b)	4
Figura 2.1 – Agrupamentos funcionais de um sistema de abastecimento de água (Fonte: RASARP, 2010) 8	
Figura 2.2 – EEAA de Figueiró, em Amarante (AdDP, 2009)	10
Figura 2.3 – Tipos de impulsores e escoamentos (Fonte: Lencastre, 1996)	12
Figura 2.4 – Esquema de grupo eletrobomba	12
Figura 2.5 – Altura geométrica e respetivas componentes (Fonte: Marques e Sousa, 2009)	13
Figura 2.6 – Curvas características de bombas (Fonte: Marques e Sousa, 2009).....	14
Figura 2.7 – Ponto de funcionamento de uma bomba (Fonte: Marques e Sousa, 2009)	16
Figura 2.8 – Representação esquemática do possível condicionamento das características do sistema no funcionamento dos grupos eletrobomba (Fonte: Leite <i>et al</i> , 2014).....	17
Figura 2.9 – Esquema de associação de bombas em paralelo (Falcão, 2004)	19
Figura 2.10 – Exemplo de associação de 4 GEB em paralelo na EE de Jovim, em Gondomar, AdDP	20
Figura 2.11 – Esquema de associação de bombas em série (Falcão, 2004).....	21
Figura 2.12 – Esquema de bombas multicelulares e respetivos limites de utilização (Fonte: Efaflu)	21
Figura 2.13 – Representação esquemática de um volante de inércia (Lopes, 2016).....	22
Figura 2.14 – Volante de inércia da EE S. Vicente de Louredo, em St ^a Maria da Feira, AdDP	23
Figura 2.15 – Chaminé de Equilíbrio da EE de Seixo Alvo, em Vila Nova de Gaia (Fonte: AdDP)	24
Figura 2.16 – RAC com alimentação por compressor EE de Lagoa, em Vila Nova de Gaia, AdDP	25
Figura 2.17 – RAC de membrana da EE Final da ETA de Lever, em Vila Nova de Gaia, AdDP.....	25
Figura 2.18 – Equilíbrio entre custo, desempenho e risco (adaptado CEGA, 2017)	27
Figura 2.19 – Fases do ciclo de vida dos ativos (ADP, 2014)	29

Figura 2.20 – Evolução da condição do ativo (ADP, 2014)	29
Figura 2.21 – Zonas da “curva da banheira” (Carriço, 2014).....	30
Figura 2.22 – Tipos de manutenções (Fonte: adaptado de Brito, 2003).....	31
Figura 2.23 – Eficiência de um grupo eletrobomba, com e sem manutenção preventiva: padrões-tipo de evolução no tempo. (Fonte: Leite <i>et al</i> ,2014).....	32
Figura 2.24 – Exemplo de listagem produzida pela aplicação AQUAMAN (AdDP, 2018)	36
Figura 3.1 – Esquema do ciclo de vida dos ativos infraestruturais (Fonte: CEGA, 2017)	44
Figura 3.2 – Ficha de Inventário e Cadastro de EEAA: secção de Identificação da Elevatória	51
Figura 3.3 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Cadastro”.	52
Figura 3.4 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Condição e Desempenho”	54
Figura 3.5 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Custos”	55
Figura 3.6 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Específica”, categoria “Informação de Cadastro”	56
Figura 3.7 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Específica”, categoria “Informação de Condição e Desempenho”	57
Figura 3.8 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Específica”, categoria “Informação de Custos”	58
Figura 3.9 – Gama de valores que o IVI pode tomar relativamente à infraestrutura (Moreira, 2017).....	59
Figura 3.10 – Vida média útil técnica por tipo de componente (Fonte: Covas D. <i>et al</i>).....	60
Figura 4.1 – Mapa do sistema de abastecimento da AdDP (Fonte: AdDP)	68
Figura 4.2 – Exemplo de inspeção exterior	70
Figura 4.3 – Exemplo de inspeção interior	70
Figura 4.4 – Exemplo de inspeção aos equipamentos de elevação	71
Figura 4.5 – Exemplo de inspeção de equipamentos acessórios	71
Figura 4.6 – Exemplo de inspeção a outros equipamentos elétricos.....	72
Figura 4.7 – Exemplo de inspeção a dispositivos de proteção contra o choque hidráulico.....	72

Figura 4.8 – Exemplos de fissuras em elementos de construção civil	73
Figura 4.9 – Exemplos de infiltrações em elementos de construção civil.....	73
Figura 4.10 – Exemplos de eflorações.....	74
Figura 4.11 – Exemplos de destacamento de revestimento exterior	74
Figura 4.12 – Corrosão em grupos eletrobomba pertencentes a EE Finais de Estações de Tratamento de Águas.....	75
Figura 4.13 – Corrosão em equipamentos acessórios de EEAA.....	76
Figura 4.14 – Distribuição das EEAA da AdDP por classes de idade com cinco anos de amplitude	76
Figura 4.15 – Distribuição das EEAA da AdDP por classes de volume anual elevado (milhão de m ³) em 2017	78
Figura 4.16 – Tipos de eletrobombas centrífugas da AdDP	79
Figura 4.17 – Distribuição de tipo de eletrobombas centrífugas.....	79
Figura 4.18 – Particularidades das EEAA da AdDP, relação H_{man}/Q_{elev}	80
Figura 4.19 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: Capa	83
Figura 4.20 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: Enquadramento	84
Figura 4.21 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: descritor Performance	85
Figura 4.22 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: descritor Estado/Condição	86
Figura 4.23 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: descritor Segurança	86
Figura 5.1 – Funcionalidade das EEAA do Sistema de Lever, no que diz respeito a Construção Civil.....	91
Figura 5.2 – Redundância de elevação, detalhe da EE de Lagoa.....	91
Figura 5.3 – Criticidade das EEAA do Sistema de Lever, no que diz respeito a Construção Civil.....	92
Figura 5.4 – Funcionalidade das EEAA do Sistema de Lever, no que diz respeito a Equipamentos	93
Figura 5.5 – Criticidade das EEAA do Sistema de Lever, no que diz respeito para Equipamentos	93
Figura 5.6 – Cálculo do Risco de Falha para a Construção Civil e para Equipamentos	94
Figura 5.7 – Matriz de Risco para elementos de Construção Civil	95
Figura 5.8 – Matriz de Risco de Equipamentos	96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Constituição dos sistemas de abastecimento de água (adaptado de Monteiro, 2015)	9
Tabela 2.2 – Escala de notas de inspeção de ativos e infraestruturas (AdP)	37
Tabela 2.3 – Fissuras em edifícios: principais causas, consequências e medidas preventivas (Fonte: Silva, 2002)	38
Tabela 2.4 – Patologias manifestadas nos sistemas de elevação (Macedo, 2015)	39
Tabela 2.5 – Avarias de bombas centrífugas (Lencastre, 1996)	40
Tabela 2.6 – Corrosão uniforme e corrosão localizada: principais características (adaptado de Salvador, 2007)	40
Tabela 3.1 – Proposta de tipificação de infraestruturas (Fonte: CEGA, 2017)	47
Tabela 3.2 – Tipificação de infraestruturas (Fonte: CEGA, 2017)	48
Tabela 3.3 – Valores de referência para o indicador energético	57
Tabela 3.4 – Critérios de avaliação do risco de falha das EEAA motivada pelos elementos de construção civil (Fonte: CEGA, 2017)	62
Tabela 3.5 – Métrica de relevância no sistema	63
Tabela 3.6 – Critérios de avaliação do risco de falha das EEAA motivada pelos componentes eletromecânicos (fonte: CEGA, 2017)	64
Tabela 4.1 – Listagem das Estações Elevatórias em estudo	69
Tabela 4.2 – Volumes anuais elevados pelas EEAA em 2017 e respetiva relevância	77
Tabela 4.3 – Indicador IVI e Eficiência Energética	80
Tabela 4.4 – Notas de inspeção das fichas AdP	87
Tabela 5.1 – Métricas e pontuações estabelecidas para a matriz de risco de Construção Civil	90

SIGLAS E ACRÓNIMOS

AA – Abastecimento de Água

AdDP – Águas do Douro e Paiva

AdP – Águas de Portugal

APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas

AR – Água Residual

CEGA – Comissão Especializada de Gestão de Ativos

EE – Estação(ões) Elevatória(s)

EEAA – Estação(ões) Elevatória(s) de Abastecimento de Água

EG – Entidade(s) Gestora(s)

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres

ETA – Estação(ões) de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Água Residual

GEB – Grupo(s) Eletrobomba

GA – Gestão de Ativos

SAA – Sistema(s) de Abastecimento de Água

SIG – Sistema(s) de Informação Geográfica(s)

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) desempenham funções fundamentais nos domínios da saúde e do conforto das populações por eles servidas. Em Portugal, nos últimos vinte anos, realizaram-se elevados investimentos na criação destas infraestruturas e a sua conservação implicará sempre grandes investimentos no futuro. A importância destes sistemas não costuma ser devidamente avaliada pelo utilizador comum, uma vez que uma grande parte dos consumidores toma por garantida a qualidade do serviço que lhe é prestado. Este erro de avaliação resulta de duas razões: estas infraestruturas são, em grande parte, enterradas e, para além disso, o serviço por elas prestado tem sido de elevada qualidade.

A época dos grandes investimentos na construção de infraestruturas de abastecimento de água já terá terminado. Porém, a grande dimensão das infraestruturas existentes implica que grandes volumes de investimento continuem a ser necessários, já não para construir, mas sim para conservar equipamentos e manter os níveis de serviço. Para atender a estas e outras exigências, um número crescente de entidades adotaram programas de Gestão de Ativos (GA) nos últimos anos. A Gestão de Ativos pode ser entendida como um conjunto de estratégias e de procedimentos que visam racionalizar a gestão patrimonial das entidades, procurando um justo equilíbrio entre desempenho, risco e custos. Como tal, uma série de orientações técnicas e de melhores práticas de gestão têm vindo a ser divulgadas, tendo em vista auxiliar as Entidades Gestoras (EG) a elaborar, de forma racional, os seus planos de GA.

As EG de SAA têm vindo a fomentar a rentabilidade dos investimentos efetuados, por maximização da eficácia e da eficiência dos ativos da empresa. Uma parte fulcral desses ativos – as estações elevatórias - representam significativos custos de energia e de manutenção. Mas, para além disso, as Estações Elevatórias de Abastecimento de Água (EEAA) têm potencial para acarretar enormes custos em termos de qualidade do serviço prestado. Face ao exposto resulta evidente a necessidade de prever e programar atempadamente as intervenções de manutenção. Só assim será possível minimizar a probabilidade de ocorrência de falhas nas EEAA.

É frequente definir-se risco como sendo o produto de um custo pela probabilidade que lhe está associada. É esta também a definição adotada no Guia da Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA). Assim sendo, ao evento “falha da estação elevatória EE1” estão associados um custo e uma probabilidade, pelo que o evento poderá ser representado num plano cartesiano de eixos “custo” e “probabilidade”. A simples inspeção visual da representação dos eventos de falha associados a todas as estações elevatórias permitirá detetar as estações elevatórias mais, ou menos, problemáticas. É a esta representação bidimensional do risco que o Guia APDA atribui a designação de “Matriz de Risco”.

A metodologia de gestão do risco utilizada neste trabalho apoiou-se na aplicação dos critérios, pesos e métricas preconizados pelo Grupo Águas de Portugal (AdP), entidade a que a Águas do Douro e Paiva (AdDP) pertence. As prioridades de intervenção em cada ativo resultaram de uma análise em duas fases:

- a) Primeiramente foi avaliada a posição de cada ativo no plano “Matriz de Risco”;
- b) De seguida, e apenas para os ativos localizados em zonas do plano consideradas problemáticas, foi tido em consideração o valor numérico atribuído ao risco de ocorrência de falha, calculado pelo produto de um custo pela probabilidade que lhe estará associada.

1.2 APRESENTAÇÃO DA ÁGUAS DO DOURO E PAIVA

1.2.1 Descrição e Enquadramento Geral

A Águas do Douro e Paiva, S.A. é uma sociedade anónima de capitais exclusivamente públicos, criada pelo Decreto-Lei 16/2017, de 01 de fevereiro, responsável pela construção, gestão e concessão do sistema multimunicipal de abastecimento do sul do Grande Porto, em regime de exclusivo e por um prazo de 20 anos. (AdDP, 2018a)

A AdDP resulta da cisão do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal, resultante da agregação de sistemas que foi criado pelo Decreto-Lei n.º 93/2015, de 29 de maio.

A empresa tem como objetivo a captação, o tratamento e o abastecimento de água para consumo público a 1,7 milhões de habitantes residentes nos 20 municípios acionistas, abrangendo uma área de 2.715 km².

Apresenta-se na Figura 1.1, o mapa do Sistema atualizado, onde se pode observar toda a área de influência do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água, concretamente, a Sul do Grande Porto.

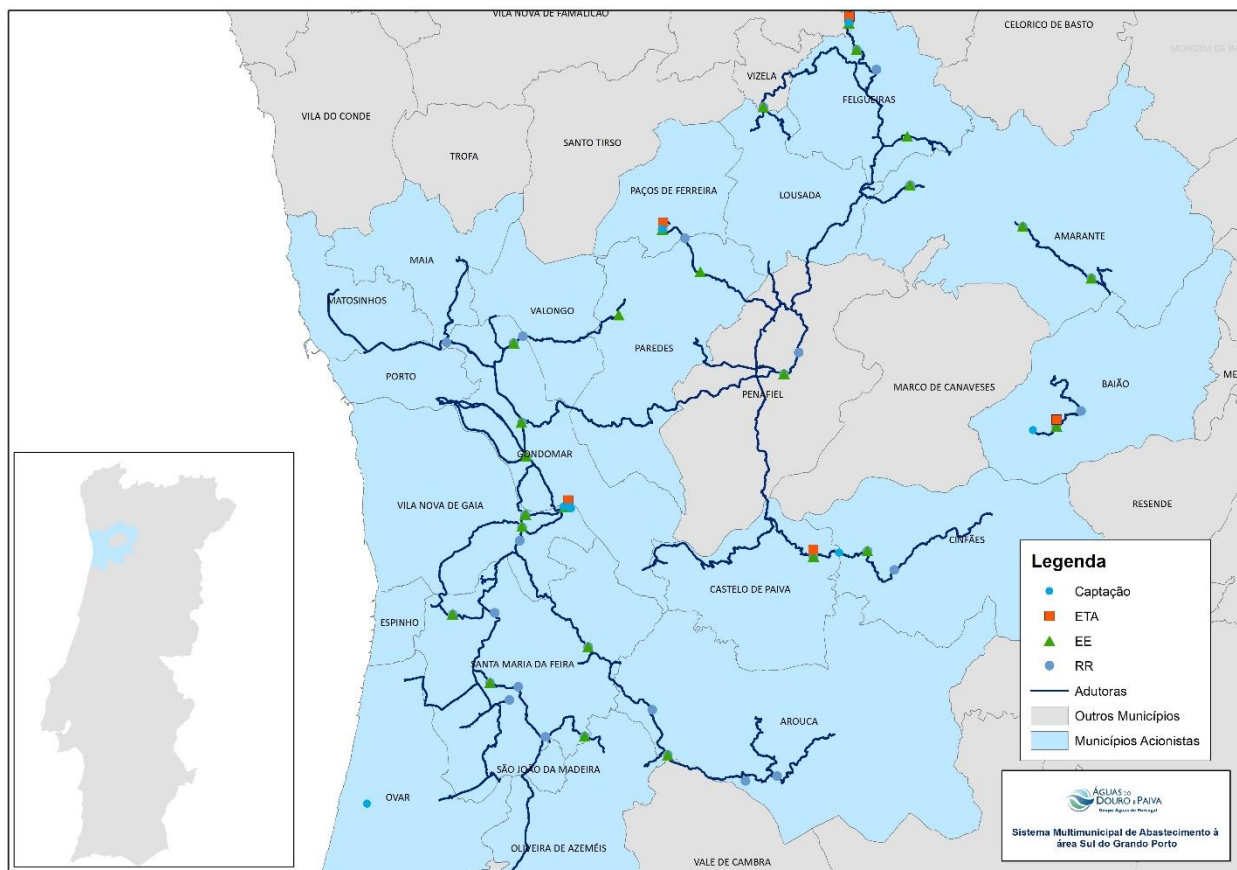


Figura 1.1 – Mapa do Sistema de Abastecimento à área Sul do Grande Porto (Fonte: AdDP)

Segundo o contrato de concessão a empresa é constituída pela Águas de Portugal, SGPS, S.A., que detém 51% do capital social e pelos Municípios de Amarante, Arouca, Baião, Castelo de Paiva, Cinfães, Espinho, Felgueiras, Gondomar, Lousada, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azeite, Ovar, Paços de Ferreira, Paredes, Porto, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Valongo e Vila Nova de Gaia que detêm os restantes 49%.

O estágio do autor decorreu na direção de Gestão de Ativos e Engenharia, mais propriamente na área de Gestão de Ativos. Na Figura 1.2 apresenta-se a estrutura funcional da entidade de acolhimento.

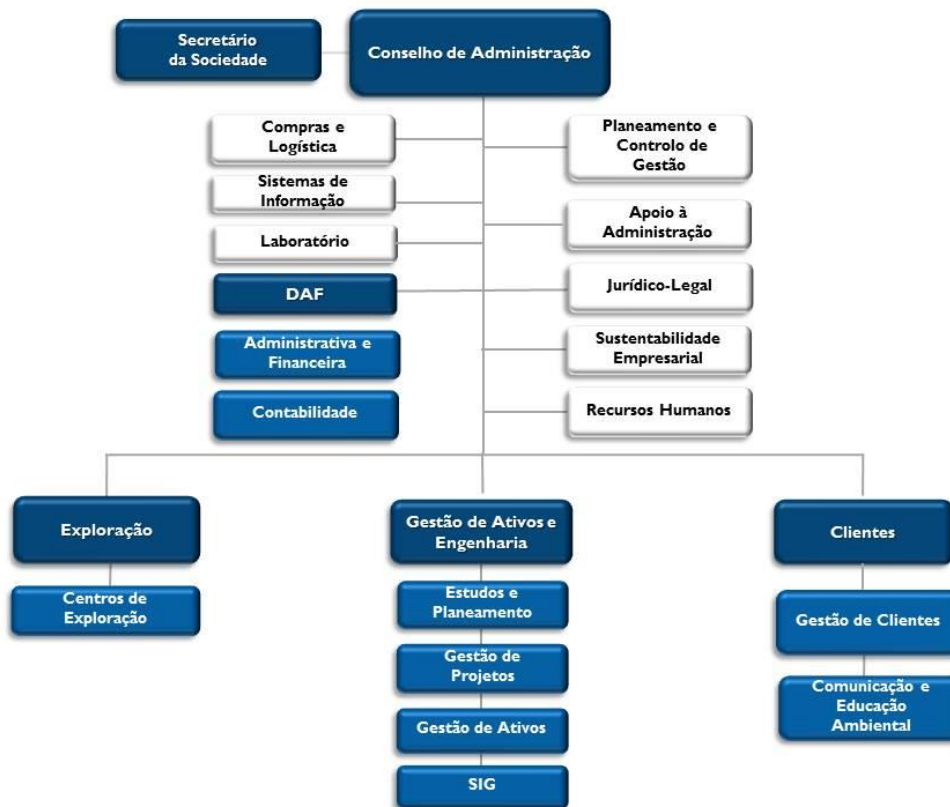


Figura 1.2 – Estrutura Funcional da entidade de acolhimento (Fonte: AdDP, 2018b)

1.2.2 Missão, Visão e Política de Responsabilidade Empresarial

Visão

Ser reconhecida pela eficiência, competência, sustentabilidade e criação de valor para a região. (AdDP, 2018c)

Missão

Gerir o sistema de abastecimento de água em alta, garantindo a eficiência, a fiabilidade, a qualidade do serviço, a segurança do produto e o respeito pelos valores sociais e ambientais mais elevados.

Política de Responsabilidade Empresarial

A AdDP assumindo o compromisso de contribuir ativamente para o desenvolvimento sustentado dos serviços do abastecimento de água e para a concretização das metas nacionais estabelecidas para o setor, coloca o seu empenho no cumprimento das obrigações e responsabilidades sociais para com os acionistas, clientes, colaboradores, concedente, fornecedores, comunidade e demais partes interessadas.

Consciente do seu papel como instrumento de desenvolvimento socioeconómico da região em que se insere, a empresa assume ainda a promoção da proteção do meio ambiente e a sua valorização junto da comunidade.

Neste contexto, a AdDP aplica uma estratégia de negócio assente nos seguintes princípios:

- Satisfação do Cliente;
- Motivação dos Colaboradores;
- Eficiência dos Processos;
- Melhoria Contínua e Inovação;
- Transparência e Comunicação.

1.3 OBJETIVOS E ÂMBITO DO TRABALHO

O presente trabalho teve como principal objetivo a aplicação da análise de risco e de desempenho às estações elevatórias de abastecimento de água da empresa Águas do Douro e Paiva, localizadas nos sistemas de Lever, Vale do Sousa e Baixo Tâmega. Para a concretização do objetivo principal foram efetuadas visitas de inspeção a todas as estações elevatórias da AdDP, tendo em vista a avaliação do desempenho global destas infraestruturas, o que implicou a aferição estado do seu estado de conservação, mediante o levantamento das anomalias existentes quer ao nível da construção civil quer a nível de equipamentos.

Em termos académicos, este trabalho teve por finalidade descrever o Estágio Curricular efetuado pelo autor na entidade de acolhimento, tendo em vista a conclusão do Mestrado em Engenharia Civil – ramo de Infraestruturas, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente relatório divide-se em seis capítulos que sucintamente se descrevem de seguida.

No presente capítulo foi feita uma abordagem inicial ao tema em estudo, uma breve apresentação da entidade de acolhimento e a descrição dos objetivos a que o autor se propôs no decorrer do seu percurso de estágio.

No segundo capítulo apresenta-se um conjunto de conceitos técnicos diversos necessários para a compreensão do exposto neste documento. Nele são revistos elementos relativos a Sistemas de Abastecimento de Água, a Estações Elevatórias e à Gestão de Ativos.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia, preconizada pela APDA, para o cadastro e análise de risco de estações elevatórias.

CAPÍTULO 1

No quarto capítulo são descritas as metodologias que foram aplicadas à inspeção de todas as vinte e cinco estações elevatórias da AdDP, bem como os resultados que estas inspeções permitiram obter.

O quinto capítulo é dedicado à análise do risco de falha de cada uma das estações elevatórias inspecionadas.

Por fim, no sexto e último capítulo, é efetuada uma síntese das conclusões acerca do trabalho realizado e apresentam-se sugestões para desenvolvimentos futuros.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS GERAIS REFERENTES AO ÂMBITO DO ESTUDO

A humanidade tem o seu desenvolvimento associado aos usos da água e durante milénios o Homem considerou-a um recurso inesgotável. Só há algumas décadas a humanidade despertou para a dura realidade de que, face ao uso desregrado e às variações climáticas, os recursos naturais estão a tornar-se escassos. Este facto torna imperioso acabar com a falsa ideia de que os recursos hídricos, ou seja, a água, são inesgotáveis. Não sendo inesgotável e sendo um recurso renovável, em que apenas uma pequeníssima parcela é “facilmente acessível”, torna-se necessário geri-la de uma forma racional e sustentável. Do ponto de vista jurídico a água já foi considerada – nos séculos XIX e XX – um bem privado, mas hoje é, de acordo com o Direito Internacional, um “bem público universal”. (Marques e Sousa, 2009)

Não existe assim uma falta de água, mas sim uma “crise na gestão da água”. Torna-se, por isso, necessário gerir corretamente os recursos hídricos disponíveis, o que passará, certamente, pela implementação de medidas com o objetivo de racionalizar os consumos. São exemplos destas medidas de racionalização: a adoção de tarifários mais realistas e que desincentivem consumos exagerados (medida que poderá ter um impacto considerável ao nível dos consumos domésticos) e a adequação da produção de água às condições locais (medida mais orientada para a indústria e a agricultura, sabendo-se que esta última é responsável por 80 a 90% da totalidade da água consumida). (Marques e Sousa, 2009)

Qualquer comunidade de seres humanos necessita de uma determinada quantidade de água, cuja qualidade deverá ser devidamente controlada e assegurada em função do tipo de utilização que irá ter. Assim, a garantia da qualidade da água nos sistemas de abastecimento é uma necessidade fundamental para as sociedades modernas, quer por razões de proteção de saúde pública, quer por razões dos imperativos legais cada vez mais restritivos, quer ainda por uma consciência cada vez mais exigente dos cidadãos. Também as questões económicas têm aqui particular ênfase, uma vez que a água deverá ser distribuída aos consumidores em qualidade e quantidade adequadas, ao menor custo. (Marques e Sousa, 2009)

2.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Nos últimos anos tem-se assistido a um reconhecimento generalizado de que os sistemas de abastecimento de água (SAA) para consumo humano, além de terem de satisfazer os requisitos legais, devem apresentar níveis de desempenho que mereçam a confiança dos consumidores na qualidade da água que lhes é fornecida (Martins, 2014). Assim sendo, à conceção dos SAA deverá estar subjacente a garantia do abastecimento em qualidade e quantidade de acordo com as necessidades das populações servidas, mas também a garantia de que esse abastecimento se fará nas melhores condições técnicas e económicas (Sousa, 2016).

Os SAA são usualmente constituídos por diversos componentes que, quando considerados em termos das funções por eles desempenhadas nos sistemas, são usualmente agrupados nas seguintes categorias: a captação, a elevação, o tratamento, a adução, o armazenamento e a distribuição de água, como se observa na Figura 2.1.

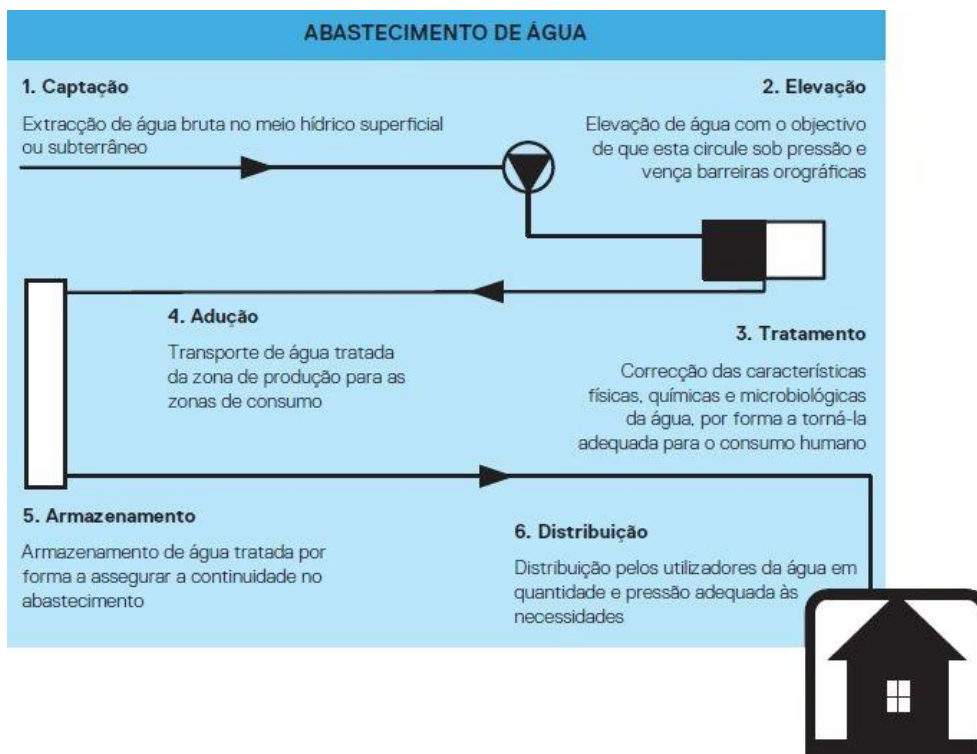


Figura 2.1 – Agrupamentos funcionais de um sistema de abastecimento de água (Fonte: RASARP, 2010)

Em complemento à Figura 2.1 são apresentados, na Tabela 2.1, os componentes, órgãos e respetivas funções dos sistemas de abastecimento de água.

Tabela 2.1 – Constituição dos sistemas de abastecimento de água (adaptado de Monteiro, 2015)

Componentes	Órgãos	Objetivo / Função
1. Captação	Obras de captação	Captar água bruta nas origens (superficiais e subterrâneas), de acordo com as disponibilidades e as necessidades.
2. Elevação	Estações elevatórias e sobressoras	Bombar água (bruta ou tratada) entre um ponto de cota mais baixa e um ou mais pontos de cota mais elevada.
3. Tratamento	Estações de tratamento de água (ETA)	Produzir a água potável a partir de água bruta, obedecendo às normas de qualidade.
4. Transporte ou adução	Adutores, aquedutos e canais	Conjunto de obras destinadas a transportar a água desde a origem à distribuição. O transporte pode ser: em pressão (por gravidade e por bombagem); em superfície livre (aquedutos e canais).
5. Armazenamento	Reservatórios	Servir de volante de regularização, compensando as flutuações de consumo face à adução. Constituir reservas de emergência (combate a incêndios ou em casos de interrupção voluntária ou acidental do sistema de montante). Equilibrar as pressões na rede de distribuição. Regularizar o funcionamento das bombagens.
6. Distribuição	Rede geral pública de distribuição de água	Conjunto de tubagens e elementos acessórios, como sejam juntas, válvulas de seccionamento e de descarga, redutores de pressão, ventosas, bocas de rega e lavagem, hidrantes e instrumentação (medição de caudal, por exemplo), destinado a transportar água para distribuição.

Os SAA podem ser divididos em dois tipos: sistemas “em alta” e sistemas “em baixa”. Os sistemas “em alta”, por vezes conhecidos como multimunicipais ou intermunicipais, fazem a ligação entre as origens de água e os sistemas “em baixa”.

Os sistemas “em alta” englobam os componentes destinados à captação, adução, tratamento e armazenamento de água. Na maior parte das vezes as condutas dos sistemas “em alta” não apresentam redundância, razão pela qual elas assumem grande importância. Qualquer anomalia que resulte numa interrupção do serviço de um sistema “em alta” terá grandes impactos em toda a zona abastecida.

Os sistemas “em baixa”, também conhecidos por sistema municipais, são os responsáveis pela distribuição da água aos utilizadores finais e englobam as condutas de distribuição, os respetivos ramais de ligação e outros elementos que condicionam o escoamento nas condutas (adaptado de Castro, 2016).

2.2 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ABASTECIMENTOS DE ÁGUA

O estabelecimento de um escoamento pressurizado entre dois pontos só é possível se a carga do fluido, isto é, a energia mecânica total¹ por unidade de peso de fluido (grandeza que tem as dimensões de um comprimento) no ponto de origem (montante) for superior à carga do fluido no ponto de destino (jusante). Quando esta condição não ocorrer naturalmente será necessário fornecer energia ao fluido, de modo a que o escoamento se torne possível. Mas mesmo que a referida condição ocorra naturalmente, poderá dar-se o caso de que o escoamento que dela resulte não satisfaça as condições exigíveis. Também neste caso poderá ser necessário fornecer energia ao fluido. As estações elevatórias (EEAA) são os órgãos de um SAA que têm por função fornecer energia à água que circula nesse sistema. (adaptado de Marques e Sousa, 2009)

2.2.1 Características das Estações Elevatórias

Uma EEAA (Figura 2.2) é, tipicamente, constituída por um edifício e por um conjunto de equipamentos tais como: grupos eletrobomba, condutas e acessórios, válvulas e sistemas de proteção contra o choque hidráulico (também denominado por golpe de aríete), sistemas controlo hidráulico da instalação (e.g., variadores de velocidade e arrancadores suaves), instalações elétricas (quadros e circuitos elétricos, posto de transformação) e equipamentos eletrónicos (e.g. rede de sensores e sistema de telegestão)(adaptado de Covas, D. *et al.*).



a) Vista exterior



b) Vista interior

Figura 2.2 – EEAA de Figueiró, em Amarante (AdDP, 2009)

Um grupo eletrobomba é constituído por dois elementos, a saber: o motor, que transforma energia elétrica em energia mecânica e a bomba, que comunica esta energia mecânica ao fluido. Na empresa de

¹ A energia mecânica total é o somatório da energia potencial de posição com a energia potencial de pressão e com a energia cinética.

acolhimento todos os grupos eletrobomba utilizados no abastecimento de água tratada são dotados de bombas do tipo centrífugo. As bombas centrífugas utilizam elementos rotativos – denominados impulsores, ou rotores – para comunicarem a energia mecânica ao fluido.

Segundo Lencastre (1996), estas bombas podem ser genericamente classificadas da seguinte forma:

1. Quanto ao número de impulsores:
 - De um só andar ou estágio: quando têm um só impulsor (monocelulares);
 - De andares ou estágios múltiplos: quando existem vários impulsores (multicelulares).
2. Quanto à forma do impulsor existem três classes fundamentais:
 - Bombas centrífugas propriamente ditas, ou de escoamento radial. Nestas bombas a pressão é desenvolvida principalmente por ação da força centrífuga. O líquido bombeado entra axialmente pelo centro e sai radialmente pela periferia;
 - Bombas de escoamento misto. Neste caso a pressão é desenvolvida pela força centrífuga e em parte pela ação da sucção das pás sobre o líquido;
 - Bombas de escoamento axial. Aqui a pressão é desenvolvida sobretudo pela ação de sucção, este tipo de bomba adapta-se bem a baixas alturas de elevação.
3. Quanto à posição do eixo:
 - Eixo horizontal;
 - Eixo vertical;
 - Eixo inclinado.
4. Quanto ao modo de instalação:
 - Instalação a seco (motor e bomba);
 - Instalação totalmente submersível (muito utilizadas em água residual);
 - Instalação submersível com motor a seco.

Nas bombas de escoamento radial ou misto, o impulsor pode ser (a) fechado, (b) semiaberto ou (c) aberto, respetivamente, como se observa na Figura 2.3.

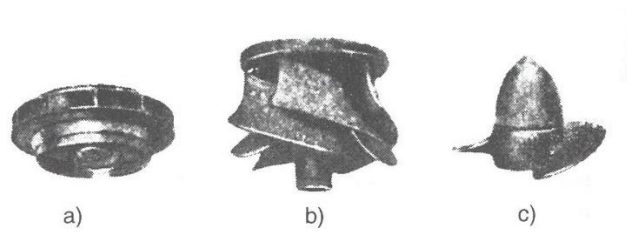


Figura 2.3 – Tipos de impulsores e escoamentos (Fonte: Lencastre, 1996)

É caso para dizer que, em abastecimento de água, é usualmente empregue o impulsor fechado devido à água ser limpa e assim conseguem-se rendimentos superiores. Os impulsores semiabertos ou abertos são, na sua maioria, utilizados em águas residuais por necessidade de transporte de líquidos, sólidos e partículas diversas.

Diz-se que uma bomba centrífuga é de estágio único, ou monocelular, quando ela possui um único rotor ou impulsor. As bombas multicelulares são utilizadas sempre que as exigências de pressão e caudal não são compatíveis com a utilização de um único estágio.

Resumidamente, mostram-se na Figura 2.4, os principais constituintes de uma bomba centrífuga (Grundfos, 2005):

- a) Corpo da bomba;
- b) Motor elétrico;
- c) Impulsor ou rotor;
- d) Veios condutores;
- e) Sistema de refrigeração (ventilador do motor);
- f) Sistema de lubrificação.

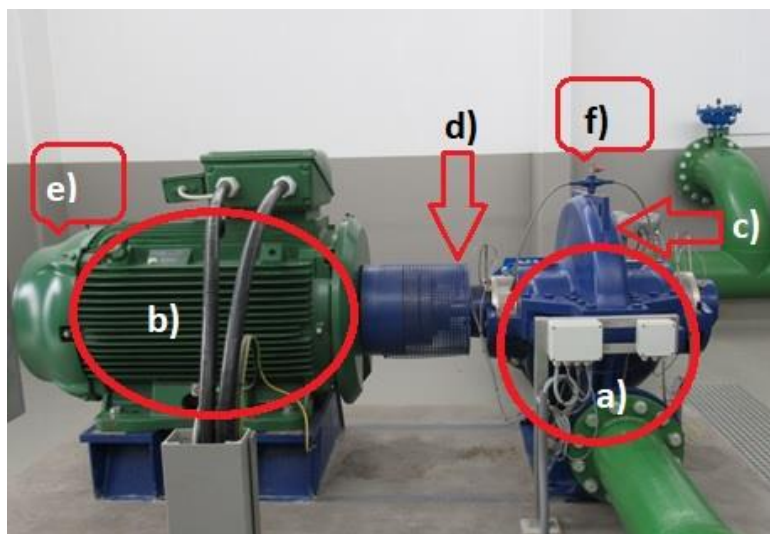


Figura 2.4 – Esquema de grupo eletrobomba

2.2.2 Altura Geométrica e Altura Manométrica

Considere-se a Figura 2.5. Define-se altura geométrica, H_g , como sendo a diferença entre a cota de jusante Z_2 e a cota de montante Z_1 , ou seja, $H_g = Z_2 - Z_1$. Esta grandeza, por vezes apelidada de altura estática, pode ser dividida em duas parcelas, a saber: a altura geométrica de aspiração, h_a , correspondente à diferença de cotas entre o eixo da bomba e a superfície livre no reservatório de montante, $h_a = Z_B - Z_1$, e a altura geométrica de compressão, h_c , correspondente à diferença de cotas entre a superfície livre no reservatório de jusante e o eixo da bomba, $h_c = Z_2 - Z_B$. A altura geométrica de aspiração pode ser negativa e a bomba diz-se afogada; no caso contrário a bomba diz-se positiva. (adaptado de Marques e Sousa, 2009)

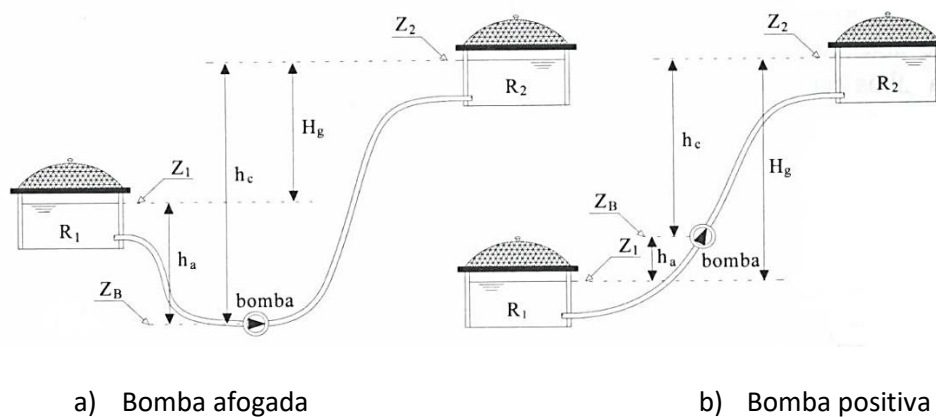


Figura 2.5 – Altura geométrica e respetivas componentes (Fonte: Marques e Sousa, 2009)

A altura total de elevação, H_{man} , também designada por altura manométrica, é definida como sendo a soma da altura geométrica, H_g , com a perda de carga total² sofrida pelo escoamento, ΔH :

$$H_{man} = H_g + \Delta H \quad (2.1)$$

Em que:

H_{man} – Altura manométrica (m c.a.);

H_g – Altura geométrica (m c.a.);

ΔH – Perda de carga total (m c.a.).

A perda de carga, que deve ser avaliada em toda a extensão da conduta (aspiração e compressão), engloba duas parcelas: as perdas contínuas, verificadas ao longo do percurso do escoamento, e as perdas localizadas, provocadas pelas singularidades (por singularidade deve entender-se todo e qualquer acessório existente na conduta que altere localmente as condições do escoamento e, como consequência,

² A perda de carga total – dimensionalmente esta é um comprimento – entre duas secções de um circuito hidráulico é a energia mecânica total por unidade de peso do fluido que o escoamento perde entre essas duas secções.

provoque perdas de carga que se possam associar, sem erro apreciável, a secções específicas do escoamento, (e.g. válvulas, curvas, etc.). (adaptado de Marques e Sousa, 2009).

Assumindo que o escoamento se processa em regime uniforme, as perdas de carga podem, ainda, ser definidas pela seguinte expressão:

$$\Delta H = \Delta H_c^a + \Delta H_c^c + \Delta H_L^a + \Delta H_L^c \quad (2.2)$$

Onde,

ΔH_c^a – Perdas de carga contínuas na conduta de aspiração;

ΔH_c^c – Perdas de carga contínuas na conduta de compressão;

ΔH_L^a – Perdas de carga localizadas na conduta de aspiração;

ΔH_L^c – Perdas de carga localizadas na conduta de compressão.

2.2.3 Curvas Características de Bombas

O comportamento das bombas centrífugas é descrito por quatro grandezas – caudal bombado, altura manométrica, rendimento e potência. A representação gráfica das três últimas grandezas, em função do caudal, dá origem a um conjunto de curvas que traduzem o funcionamento da bomba e são designadas de curvas características. A Figura 2.6 mostra exemplos destas curvas:

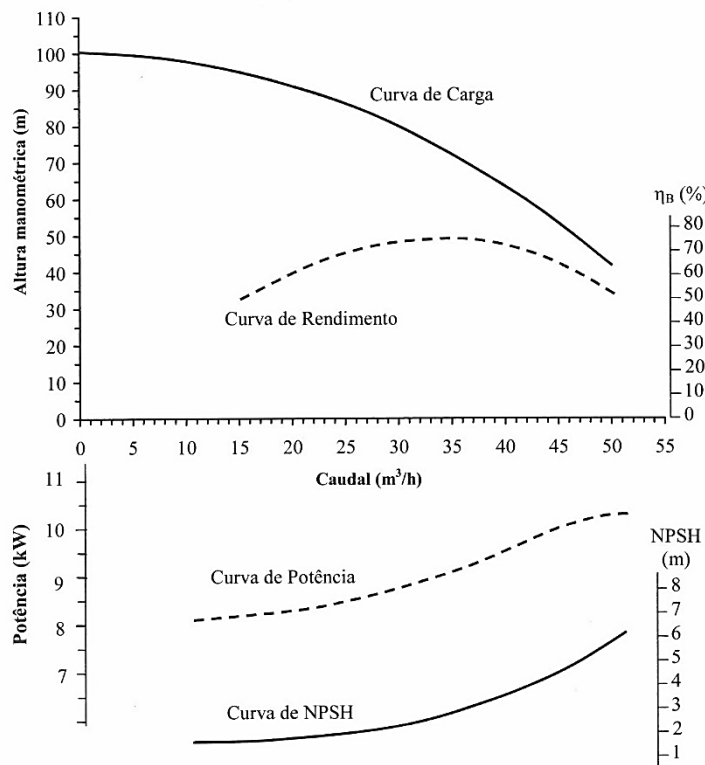


Figura 2.6 – Curvas caraterísticas de bombas (Fonte: Marques e Sousa, 2009)

Na Figura 2.6 é exposta, para além das curvas referidas, a curva de NPSH que será explicada adiante.

2.2.3.1 Curva de Carga

A curva de carga, ou curva característica da bomba, traduz a relação existente entre a altura total de elevação, H_e , e o caudal, Q , para uma dada velocidade de rotação. A sua representação gráfica assume um aspeto aproximadamente parabólico, pelo que se pode traduzir matematicamente por um polinómio de segundo grau. Desta forma, a curva de carga pode exprimir-se pela seguinte expressão:

$$H_e = A \cdot Q^2 + B \cdot Q + C \quad (2.3)$$

Em que,

H_e – Altura total de elevação (m c.a.);

A, B e C – Coeficientes (adimensionais, portanto dependentes do sistema de unidades considerado) que podem ser determinados por regressão parabólica;

Q – Caudal (m³/h).

As bombas são projetadas para poderem funcionar dentro de uma determinada gama de caudais, correspondendo a cada valor específico de caudal um valor distinto de altura manométrica (Marques e Sousa, 2009).

2.2.3.2 Curva do Sistema

As perdas de carga, por dependerem da velocidade do escoamento, variam em função do caudal. A curva do sistema, ou curva característica da instalação (C.C.I.), traduz a relação entre o caudal escoado Q e altura de elevação H_s , requeridas pela própria instalação hidráulica.

A altura de elevação H_s que é necessário transmitir ao fluido para que, no sistema hidráulico em análise, se escoe um dado caudal Q , resulta da adição de duas parcelas, uma que é independente do caudal – a altura geométrica, H_g , e outra que é função do caudal a elevar e que é igual à soma das perdas de carga contínuas (também denominadas principais) com as perdas de carga localizadas. (Vivas, 2017)

$$H_s = H_g + \varphi(Q) \quad (2.4)$$

Onde:

H_s – Energia, por unidade de peso do fluido, que é necessário comunicar ao escoamento para que o caudal elevado seja Q (m c.a.);

H_g – Altura geométrica (m c.a.);

$\varphi(Q)$ – Função que exprime a soma das perdas de carga contínuas com as localizadas (m c.a.);

Q – Caudal a elevar (m³/h).

2.2.3.3 Ponto de funcionamento de uma bomba

Uma vez instalada uma bomba no sistema, dispõe-se de duas curvas características (Figura 2.7):

- A Curva do Sistema – H_s , que define a energia necessária ao escoamento de um determinado caudal;
- A Curva de Carga da bomba – H_e , que define a energia fornecida pela bomba quando esta impulsiona um determinado caudal.

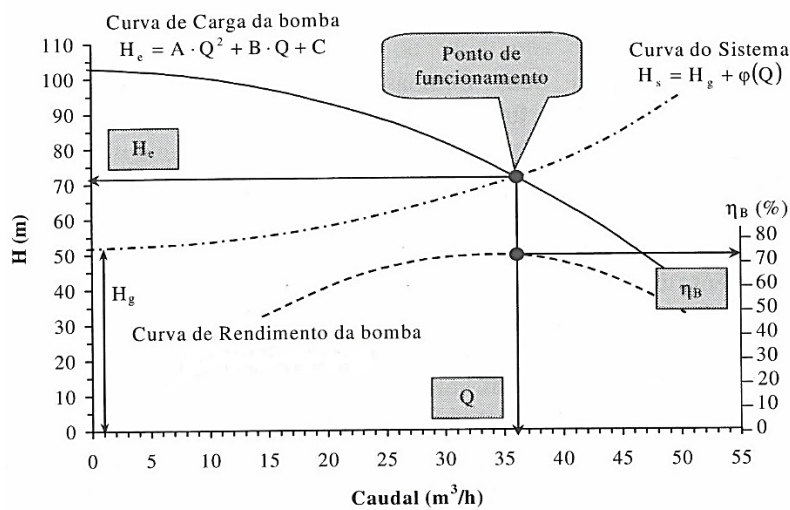
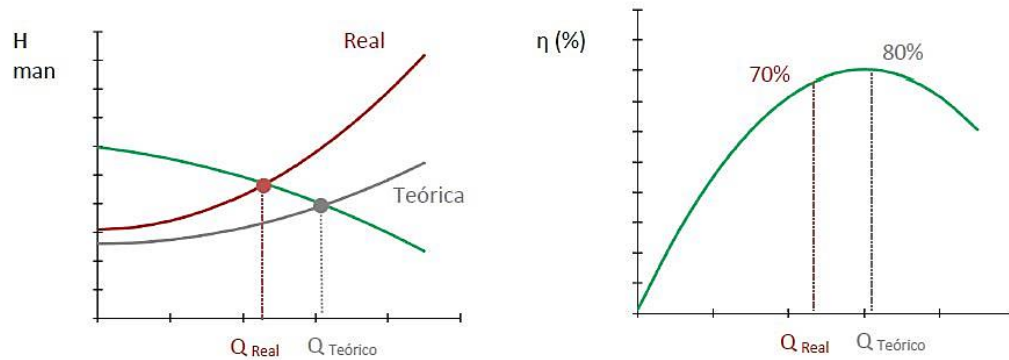


Figura 2.7 – Ponto de funcionamento de uma bomba (Fonte: Marques e Sousa, 2009)

A intersecção destas duas curvas, que traduz o equilíbrio entre a energia necessária e a energia disponível, define o ponto de funcionamento da bomba naquele sistema. A determinação do ponto de funcionamento pode realizar-se graficamente, conforme apresentado na Figura 2.7, ou analiticamente recorrendo à condição $H_s = H_e$, ou seja, conforme a equação 2.5:

$$H_g + \varphi(Q) = A \cdot Q^2 + B \cdot Q + C \quad (2.5)$$



a) Curva de carga da bomba e C.C.I. (real e teórica)

b) Curva de rendimento (Q; η)

Figura 2.8 – Representação esquemática do possível condicionamento das características do sistema no funcionamento dos grupos eletrobomba (Fonte: Leite *et al*, 2014)

No que às características do sistema diz respeito, apenas será possível, em fase de projeto, efetuar uma previsão do nível de perdas de carga do sistema real, tomando por base valores teóricos para as perdas de carga contínuas ou para as perdas de carga localizadas. Na realidade, o sistema pode apresentar níveis de perdas de carga acima ou abaixo dos valores teóricos inicialmente previstos (ver Figura 2.8), fazendo deslocar o ponto de funcionamento do equipamento para zonas não adequadas à operação do equipamento instalado, à custa, em muitas situações, de um aumento significativo dos custos de energia e de manutenção (Vivas *et al.*).

2.2.3.4 Relação entre Cavitação e Curva de NPSH

Além das grandezas já referidas neste subcapítulo, existe uma outra grandeza característica de cada bomba, designada de NPSH (sigla do termo inglês *Net Positive Suction Head*), que se poderá traduzir por *carga absoluta útil na aspiração* (Vivas, 2017). O NPSH apresenta é a pressão mínima (em metros coluna de água) a que o fluido deverá estar submetido à entrada da bomba para que, no interior desta, não ocorra cavitação (Marques e Sousa, 2009). A curva de NPSH traduz graficamente a relação do NPSH com o caudal bombado.

A cavitação é o fenómeno de formação e desaparecimento das bolhas de vapor, tendo como consequência mais gravosa a deterioração mecânica precoce da bomba. A cavitação numa bomba apresenta as seguintes desvantagens:

- A criação e colapso das bolhas de ar podem danificar a bomba;

- A bomba torna-se menos eficiente, com baixo rendimento, porque passa a bombear uma mistura de líquido e ar, com uma densidade muito mais baixa.
- Provoca o desgaste prematuro da bomba;
- O consumo energético torna-se exagerado. (Grundfos, 2005)

Para que não ocorra cavitação no interior da bomba, é necessário cumprir, à entrada da mesma, o valor mínimo do NPSH exigido, nos catálogos dos fabricantes.

2.2.3.5 Rendimento e Curva de Potência

Uma bomba não é mais do que uma máquina que transfere, para o fluido, a energia mecânica disponibilizada pelo motor. Como em qualquer máquina, este processo não se processa de forma ideal, verificando-se a existência de perdas que se traduzem, fundamentalmente, por vibrações e libertação de calor. Por este motivo, nem toda a energia que é fornecida à bomba é transmitida ao escoamento. (Marques e Sousa, 2009)

A grandeza rendimento do grupo eletrobomba, η_B (Figuras 2.6, 2.7 e 2.8), quantifica a eficiência de transferência de energia operada pela bomba. Esta grandeza, que é frequentemente apresentada sob a forma de percentagem, é definida como sendo o quociente entre a energia transmitida ao escoamento e a energia absorvida pela bomba (Grundfos, 2005).

$$\eta_B = \frac{P_H}{P_B} \quad (2.6)$$

Em que,

P_H – Potência hidráulica (kW);

P_B – Potência da bomba (kW).

A curva de potência (Figura 2.6) representa graficamente a relação existente entre a potência consumida pela bomba e o caudal elevado. A potência hidráulica é a energia que, na unidade de tempo, é efetivamente comunicada ao escoamento. Esta potência pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$P_H = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{1000} \quad (\text{kW}) \quad (2.7)$$

Onde,

γ – Peso volúmico do líquido (N/m³);

Q – Caudal elevado (m³/s);

H_{man} – Altura manométrica (m c.a.).

2.2.4 Associação de Bombas

Em estações elevatórias podem-se encontrar grupos eletrobomba associados em paralelo ou em série, de modo a suprir as necessidades específicas no sistema. É de referir que no caso de estudo da presente tese, apenas são analisadas estações elevatórias com associação de bombas em paralelo.

Dependendo da necessidade física ou da versatilidade desejada nas estações elevatórias, pode optar-se por conjuntos de duas ou mais bombas colocadas em série ou em paralelo. De uma maneira geral consiste em:

- Se se necessitam elevar grandes caudais → Bombas associadas em paralelo;
- Se a altura manométrica for elevada → Bombas associadas em série.

2.2.4.1 Bombas Associadas em Paralelo

Em instalações elevatórias é conveniente instalar, no mínimo, dois grupos elevatórios associados em paralelo, com funcionamento alternado, servindo um de reserva ao outro, em caso de avaria. No entanto, em instalações elevatórias de grande dimensão e em que se pretende fazer variar o caudal elevado ao longo do dia, é frequente optar por instalar vários grupos elevatórios em paralelo. Desta forma, controlando o número de grupos em funcionamento simultâneo é possível fazer variar o caudal elevado, da forma desejada, mantendo as bombas a operar dentro das zonas de funcionamento eficiente (Marques e Sousa, 2009).

Com a associação de bombas em paralelo (Figuras 2.9 e 2.10), consegue-se aumentar o caudal de bombagem, para a mesma altura manométrica. A curva característica do sistema poderá ser obtida a partir das curvas individuais de cada uma delas, uma vez que, para cada valor de altura de elevação, o caudal elevado corresponde à soma dos caudais de cada uma das bombas a funcionar isoladamente.

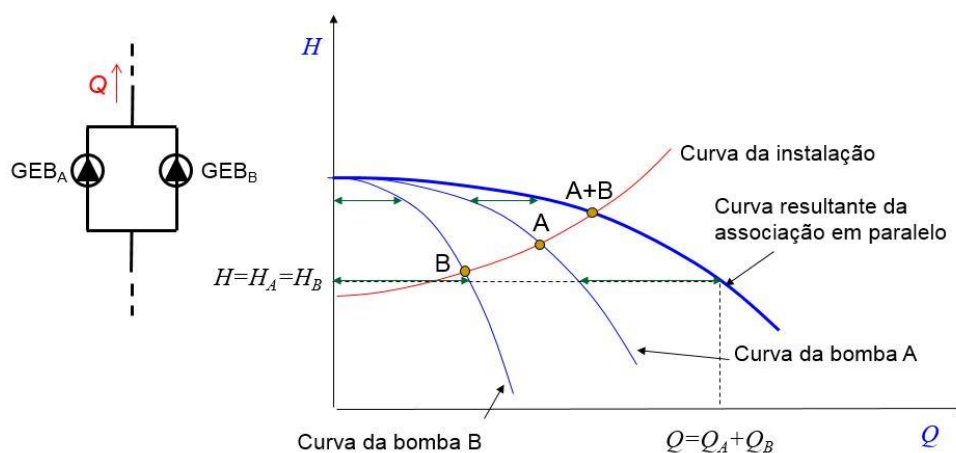


Figura 2.9 – Esquema de associação de bombas em paralelo (Falcão, 2004)



Figura 2.10 – Exemplo de associação de 4 GEB em paralelo na EE de Jovim, em Gondomar, AdDP

No funcionamento em paralelo, deverão ser efetuados cálculos separados para os vários pontos de funcionamento, aproximando, em seguida, os volumes bombeados ou horas de funcionamento relativos a cada um destes (Grundfos, 2005).

2.2.4.2 Bombas Associadas em Série

Outra situação em que é comum recorrer à associação de bombas, é a necessidade de vencer elevados desníveis, para os quais não é técnica ou eficazmente possível realizar a elevação recorrendo a uma única bomba. Nestas circunstâncias, a associação de bombas em série apresenta-se como a única alternativa viável.

Esta associação é utilizada quando a altura de elevação for demasiado elevada e não houver soluções adequadas no mercado. Tal como na associação de bombas em paralelo, é possível obter a curva de carga a partir das curvas individuais das bombas associadas, sendo que, para o mesmo valor de caudal elevado, se somem as alturas de elevação de cada bomba a funcionar isoladamente (Marques e Sousa, 2009), como se indica na Figura 2.11.

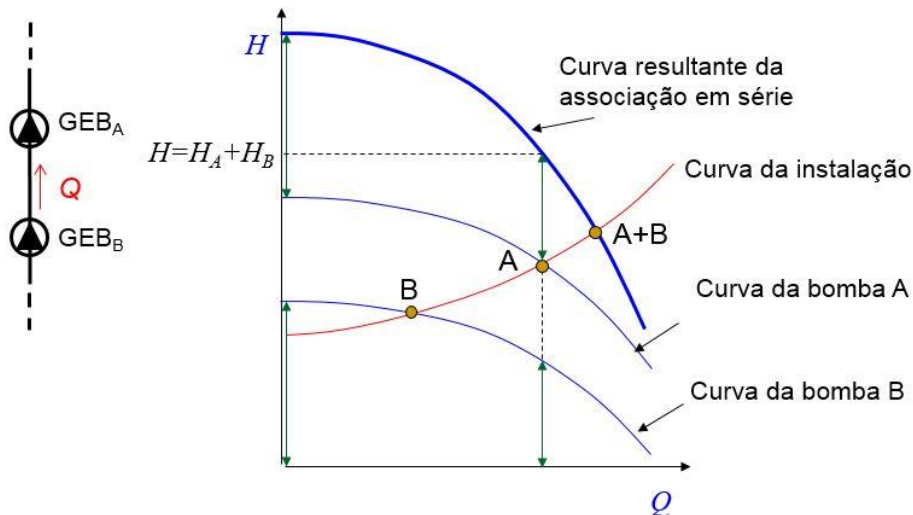


Figura 2.11 – Esquema de associação de bombas em série (Falcão, 2004)

O caudal das duas bombas a funcionarem em série é o caudal que passa por qualquer uma delas. As alturas que cada bomba eleva são respetivamente H_A e H_B , sendo a altura de elevação do conjunto a soma destas.

No entanto, a ligação de bombas em série pode oferecer sérias dificuldades. Por exemplo, poderá dar-se o caso de ser excessiva (face às especificações do fabricante) a pressão com que o líquido proveniente da bomba de montante é fornecido à bomba de jusante. Nestas circunstâncias, em vez de bombas em série é preferível usar bombas de vários andares ou multicelulares, uma vez que é uma associação de impulsores em série numa única bomba.

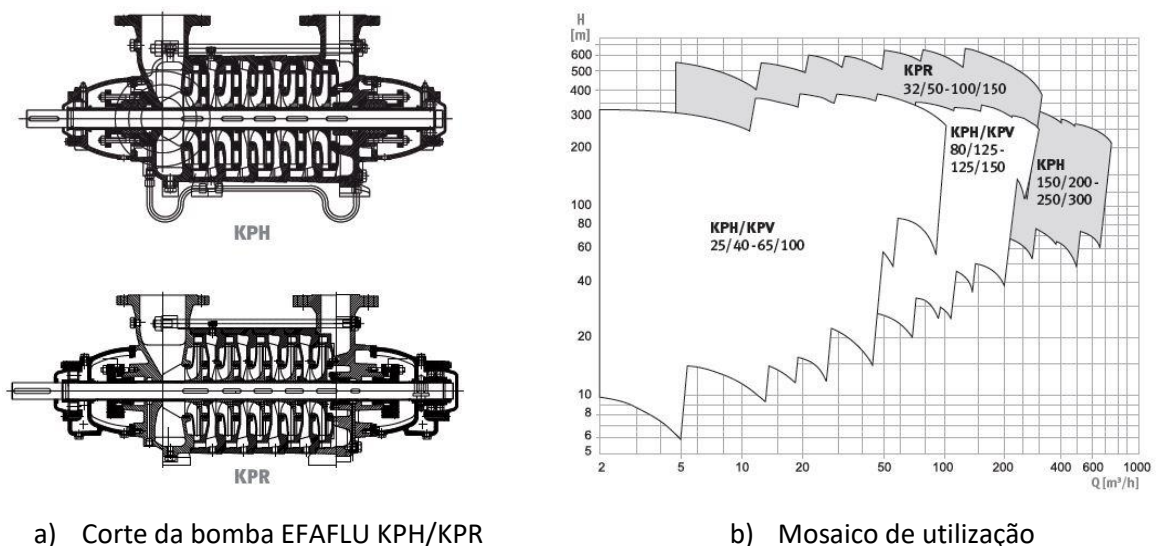


Figura 2.12 – Esquema de bombas multicelulares e respetivos limites de utilização (Fonte: Efaflu)

A Figura 2.12 ilustra no mosaico de utilização os limites das bombas multicelulares EFAFLU, sendo patente a ampla zona de pontos de funcionamento destas bombas. Por exemplo, a bomba KPH/KPV pode bombear de 2 a 100 m^3/h e garantir de 6 a 400 metros de elevação.

2.2.5 Dispositivos de Proteção contra o Choque Hidráulico

Os sistemas elevatórios dispõem de dispositivos que os procuram proteger de eventuais ondas de pressão e de caudal (estas últimas acarretando riscos muito menores para os sistemas) que ocorram na instalação – o fenómeno do choque hidráulico, também designado por golpe de aríete. Dentro dos vários tipos de dispositivos existentes, a opção por um dispositivo ou por uma solução com vários dispositivos, deverá ter em conta as características do sistema elevatório em questão (tais como o tipo de conduta ou a topografia) bem como considerações económicas, construtivas e de segurança (Lopes, 2016).

Após a seleção do mecanismo de proteção, deve-se avaliar se será benéfico prever a instalação de dispositivos complementares noutros pontos da conduta e, finalmente, será iniciado o dimensionamento do sistema definido (Mendes, 2011).

De seguida serão abordados, de modo muito resumido, os principais dispositivos de proteção contra os efeitos do choque hidráulico encontrados nas estações elevatórias alvo de estudo.

2.2.5.1 Volante de Inércia

A utilização de um volante de inércia (Figuras 2.13 e 2.14), acoplado no veio do motor, tem como objetivo o aumento de inércia do grupo eletrobomba, o que se irá refletir em acréscimos significativos nos intervalos de tempo necessários à manobra de arranque (o tempo de arranque) e à manobra de paragem da bomba (o tempo de paragem). O aumento do tempo de paragem irá provocar o aumento do intervalo de tempo necessário até que se dê a anulação do escoamento após um corte na alimentação elétrica do motor, o que se traduz por uma grande diminuição na amplitude das flutuações de pressão causadas por esta manobra, quando comparadas com as que ocorreriam na ausência do volante de inércia.

O maior inconveniente deste dispositivo reside no facto de que, ao aumentar significativamente a inércia do grupo, não apenas diminui o rendimento global do grupo como obriga à instalação de um equipamento que permita um aumento gradual das rotações da bomba, sem o qual o motor pode avariar. (Marques e Sousa, 2009)

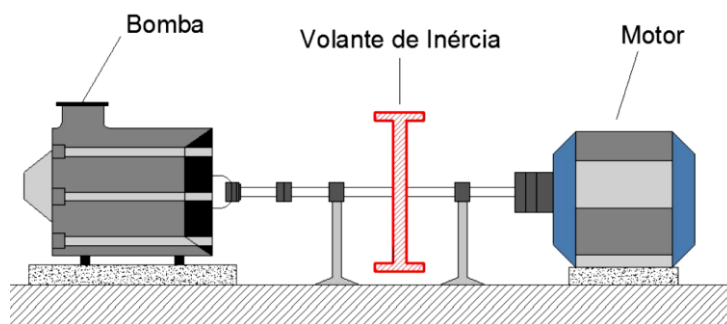


Figura 2.13 – Representação esquemática de um volante de inércia (Lopes, 2016)

Outras razões que limitam a aplicação de volantes de inércia são económicas e dimensionais. A sua aplicação está em geral limitada a condutas com uma extensão de até 2000 m, às quais correspondam oscilações de pressão e caudal com períodos curtos. Para estas condutas o tempo de paragem da bomba será suficientemente longo para que as envolventes de pressões (máximas e mínimas) sejam mantidas dentro de limites aceitáveis (Grundfos, 2005).

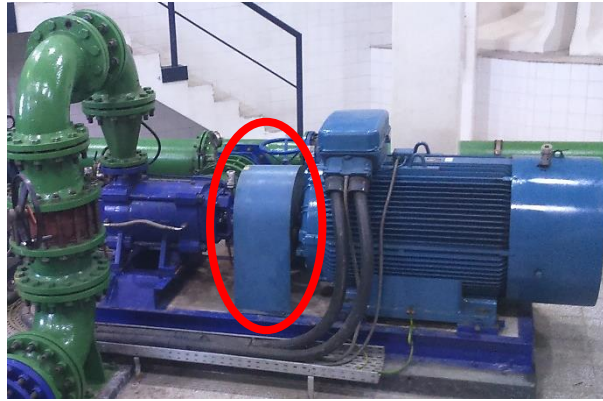


Figura 2.14 – Volante de inércia da EE S. Vicente de Louredo, em Stª Maria da Feira, AdDP

2.2.5.2 Chaminé de equilíbrio

As chaminés de equilíbrio (ver Figura 2.15) apresentam um comportamento reversível, pois atuam não só no controlo das pressões máximas, mas também das pressões mínimas. Não consomem energia elétrica e a manutenção requerida é reduzida.

Este tipo de dispositivo constitui-se como os reservatórios de superfície livre, mobilizando o efeito de oscilação em massa para transferência de volumes de água com a conduta em função das solicitações impostas pelas ondas de choque.

Contudo também apresentam algumas desvantagens, tais como:

- Limitações quando à aplicação a elevados desníveis geométricos, conduzindo a elevado custo de construção;
- Contacto da água com a atmosfera – perda de qualidade, evaporação, gelo;
- Eventuais perdas de água em situações de sobrepressões (Piqueiro, 2017).



Figura 2.15 – Chaminé de Equilíbrio da EE de Seixo Alvo, em Vila Nova de Gaia (Fonte: AdDP)

2.2.5.3 Reservatório de Ar Comprimido (RAC)

O reservatório de ar comprimido, RAC, é o dispositivo de proteção contra o choque hidráulico mais correntemente utilizado. Este dispositivo consiste numa câmara fechada, parcialmente cheia de gás (normalmente ar), que está ligada à conduta que pretende proteger. Ao baixar a pressão a jusante dos grupos eletrobomba, o RAC passa a alimentar a conduta elevatória com um caudal que diminui progressivamente. Se a pressão a jusante dos grupos aumentar, acontece o contrário e o RAC absorve algum caudal da conduta. As oscilações do volume de água no RAC fazem com que varie a pressão no seu interior: quando o RAC alimenta a conduta o volume de ar aumenta e a sua pressão diminui, e vice-versa. (Pinto, 2016). O funcionamento do RAC é semelhante ao das chaminés de equilíbrio, exceto na amplitude de oscilações – no RAC as oscilações são amortecidas pelo ar/gás comprimido que funciona como uma mola ou amortecedor (Marques e Sousa, 2009) – que são muito menores do que as que, em idênticas circunstâncias, ocorreriam numa chaminé de equilíbrio.

Quando há um funcionamento deficiente de um dispositivo destes, pode ser bastante perigoso para todo o seu espaço envolvente dadas as bruscas variações pressões a que este está sujeito. É, portanto, necessária uma cuidadosa manutenção do equipamento. Outro inconveniente reside no facto de ser necessário um compressor de ar (figura 2.16) e respetivos dispositivos de controlo da pressão, implicando assim um investimento inicial mais elevado (Pinto, 2016).



a) Motores e compressor



b) Reservatório de Ar Comprimido

Figura 2.16 – RAC com alimentação por compressor EE de Lagoa, em Vila Nova de Gaia, AdDP

Os reservatórios de ar comprimido podem também ser chamados reservatórios hidropneumáticos de membrana, como se pode observar na Figura 2.17, sendo que neste caso há uma separação física entre a água e o ar comprimido, efetuada através da referida membrana. Neste tipo de reservatórios não há qualquer contacto entre a água e o ar no seu interior, prevenindo-se assim a dissolução do ar no líquido e não havendo, desta forma, a necessidade de ter um compressor para controlar a massa de ar no interior do reservatório. Além de não precisar de um compressor em permanência, estes reservatórios têm ainda a vantagem de permitirem a substituição, *in situ*, da membrana que os equipa (Pinto, 2016).



Figura 2.17 – RAC de membrana da EE Final da ETA de Lever, em Vila Nova de Gaia, AdDP

2.3 GESTÃO DE ATIVOS

2.3.1 Conceito de Gestão de Ativos

De acordo com a norma NP ISO 55000:2016, um ativo é “um bem, uma coisa ou uma entidade, que tem um valor potencial ou real para uma organização”. Cada organização e respetivas partes interessadas

devem determinar o que consideram ser esse valor. Este pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro e, pode mudar ao longo da vida útil do ativo. Alegre (2008) refere, também, que é comum encontrar o termo “asset” em documentos técnicos de engenharia de forma a designar alguns componentes físicos de um sistema de distribuição de água ou de drenagem de águas residuais (e.g., condutas, coletores, válvulas), no entanto é, também, utilizado para designar os ativos ou bens de uma organização, numa perspetiva económico-financeira.

De entre muitas definições de Gestão de Ativos, uma muito completa é a seguinte: *“Processo integrado de tomada de decisão, planeamento e controlo quanto à aquisição, uso, proteção e eliminação de ativos, com vista a maximizar o seu potencial de resposta em serviço e benefícios. Mas também, minimizar os riscos que lhes estão associados e os seus custos ao longo do seu ciclo de vida”* (Bhawan, 2009).

Os SAA são constituídos por ativos, os quais asseguram a prestação de um serviço público essencial cuja continuidade é necessária garantir. A implementação de uma estratégia efetiva de gestão de ativos tem de ser articulada, integrada e suportada por todas as áreas funcionais da EG (Operação, Engenharia, Planeamento, Manutenção e Financeira), devendo cada uma destas áreas ter como elemento orientador a estratégia de Gestão de Ativos definida. Esta deve constituir a base para a definição e utilização de boas práticas no que respeita à gestão de ativos ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo, desde a sua conceptualização até à desativação no final do seu período de vida útil. (ADP, 2014)

2.3.2 Importância da Gestão de Ativos numa Entidade Gestora

Com o envelhecimento das infraestruturas, as EG deparam-se com significativos níveis de deterioração dos seus ativos. Este facto provoca um acréscimo – em número e em gravidade – de deficiências e avarias, o que se traduz na diminuição da qualidade do serviço prestado. Este cenário ocorre geralmente nas situações em que a EG tem uma postura essencialmente curativa na gestão destas infraestruturas devido, na maioria das situações, a condicionalismos e restrições de meios e recursos. A este problema acresce, muito frequentemente, a inexistência de inventários, cadastros, registo de avarias e dados sobre a condição e desempenho dos ativos, em quantidade e qualidade suficientes, que permitam o acesso e tratamento expedito de informação fidedigna. (CEGA, 2017)

Se, por um lado, as limitações económico-financeiras podem constituir um entrave à implementação de um sistema de gestão de ativos, por outro lado estas são, ou devem ser, um incentivo à otimização e racionalização dos investimentos a utilizar. A Gestão de Ativos tem como principal objetivo otimizar a vida útil das infraestruturas, assegurando elevados níveis de serviço ao cliente através do equilíbrio entre custo, desempenho e risco, como se observa na Figura 2.18.

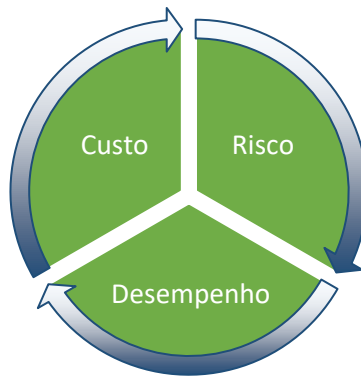


Figura 2.18 – Equilíbrio entre custo, desempenho e risco (adaptado CEGA, 2017)

Segundo a CEGA, 2017, o equilíbrio é atingido quando se conjugam, simultaneamente, as três vertentes da seguinte forma:

- i) Desempenho/ Custo – passando de uma lógica de eficácia (“funcionar bem”) para uma lógica de eficiência (“funcionar bem minimizando os recursos empregues”), assumindo especial importância no domínio da eficiência hidráulica e energética;
- ii) Desempenho/ Risco – avaliando a criticidade dos ativos e garantindo que os ativos mais críticos apresentam um nível de risco aceitável;
- iii) Risco/ Custo – garantindo os pontos ótimos de manutenção e reabilitação tendo em consideração o risco de falha.

As entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água têm vindo a incrementar a rentabilidade dos investimentos efetuados, por maximização da eficácia e eficiência dos ativos da empresa. Uma parte importante desses ativos, os sistemas elevatórios, representam custos significativos de energia e também de manutenção, verificando-se uma necessidade crescente de antecipação e programação das intervenções (Vivas *et al.*).

De facto, os grupos eletrobomba sofrem uma inevitável deterioração do desempenho no tempo. Porém, na fase de projeto, os mesmos são selecionados com base na informação dos fabricantes, referentes a condições ideais, que não incorporam os condicionalismos dos sistemas onde vão ser instalados. Por outro lado, considera-se a definição de características hidráulicas do sistema que, em muitas situações, acabam por ser bastante distintas do que é verificado *in loco* (Vivas *et al.*).

Os grupos eletrobomba são uma componente central dos SAA a vários níveis:

- Em termos operacionais, representando pontos potencialmente críticos para um bom funcionamento dos mesmos;

- Ao nível da manutenção, pelos custos bastante significativos associados e pela necessidade crescente de antecipação e programação de intervenções, evitando imprevistos ou funcionamento deficiente;
- Ao nível do consumo de energia, representando uma parcela muito significativa dos consumos totais das entidades gestoras.

2.3.3 Ciclo de Vida dos Ativos

Os princípios e as metodologias associados à gestão de ativos devem ser aplicados, de forma integrada, a todas as fases do ciclo de vida de qualquer ativo, desde a sua conceção até à respetiva desativação.

Apenas com esta abordagem será possível maximizar a rentabilidade dos ativos ao longo da sua vida e contribuir para o pretendido equilíbrio entre o desempenho, risco e custos associados aos diversos ativos que constituem os SAA.

Esta ideia é reforçada pela necessidade de caracterização dos ativos e dos registos de falhas dos mesmos, bem como, pelo interesse em conhecer e partilhar a evolução do comportamento dos materiais utilizados ao longo da vida dos ativos (ADP, 2014).

Segundo o Guia Metodológico, o ciclo de vida dos ativos compreende quatro fases fundamentais, que se sucedem no tempo (ver Figura 2.19):

- i. Fase de Planeamento – na qual são planeados e concebidos ou projetados os ativos. Nesta fase deve ser desenvolvido o Plano de Gestão de Ativos, são definidas as políticas de monitorização do desempenho e de manutenção dos ativos e, por fim, são estabelecidas as regras de apresentação de desenhos definitivos – vulgarmente designados por “Telas Finais” – que viabilizem a sistematização da informação e do seu tratamento. É também nesta fase que devem ser definidos os procedimentos para facilitar o processo de articulação e integração dos novos ativos nos sistemas de gestão;
- ii. Fase de Construção – na qual são construídos, ou adquiridos, os ativos, garantindo sempre que são cumpridas as especificações definidas na fase anterior. Durante a fase de construção, que se estende até à receção das obras e equipamentos, devem ser recolhidas todas as informações relevantes relacionadas com as soluções construtivas efetivamente aplicadas e, por essa razão, importará ter em consideração em intervenções posteriores;
- iii. Fase de Utilização – que corresponde ao período de vida útil técnica dos ativos em que estes são operados e mantidos. Esta fase será descrita adiante;

- iv. Fase de Desativação – fase em que os ativos, atingindo o final da sua vida útil técnica, são abandonados, substituídos ou afetados a outros fins. As implicações associadas à decisão de colocar um ativo fora de serviço podem ser variadas e complexas, pelo que se enfatiza a importância de tomar boas decisões sobre o próprio ativo logo na fase de conceção. Isto deve-se ao facto de o leque de opções, nesta última fase, ser muito diversificado. A desativação dos ativos constitui um processo que varia de caso para caso, envolvendo custos e consequências que devem ser devidamente refletidos, pelo que esta fase não pode ser descurada.



Figura 2.19 – Fases do ciclo de vida dos ativos (ADP, 2014)

Todas as atividades levadas a cabo pelo autor durante o seu estágio na AdDP incidiram sobre a “Fase de Utilização”. Esta fase corresponde à vida útil técnica dos ativos: intervalo de tempo que tem início logo após a instalação do ativo e que se prolonga enquanto o ativo cumprir a função a que se destina. Nesta fase do ciclo de vida de um ativo é fundamental assegurar a sua operacionalidade, de forma a dar uma resposta eficaz às funções a que se destina.

A representação esquemática apresentada na Figura 2.20 ilustra um facto prático muito importante: quanto maior for o espaçamento temporal entre as intervenções de manutenção de um dado ativo maior será a velocidade de deterioração do mesmo e, por isso, mais curta será a sua vida útil.

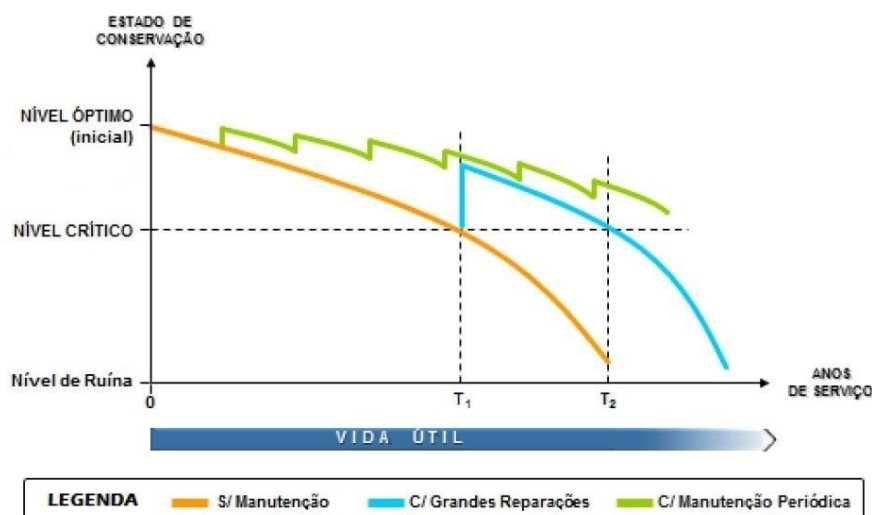


Figura 2.20 – Evolução da condição do ativo (ADP, 2014)

Face ao exposto, compensa programar e colocar em prática um plano de manutenções periódicas, quer em termos de custos envolvidos quer no que respeita à probabilidade de manter a disponibilidade dos ativos para desempenharem a função a que se destinam (ADP, 2014). Para isto importa assegurar a

realização de inspeções, coerentes e sistemáticas, aos ativos e a integração dos respetivos dados do processo de decisão quanto à manutenção dos ativos.

Atente, agora, numa matéria denominada Curva da Banheira.

A taxa de falha dos ativos é variável ao longo do seu ciclo de vida. A representação típica desta variação é apresentada na Figura 2.21. A função de risco ou taxa instantânea de falha, $h(t)$, é uma das medidas mais importantes de fiabilidade e traduz a taxa de falha, por unidade de tempo e por ativo, da população sobrevivente no instante t . Esta função representa a curva da mortalidade (ou de sobrevivência), vulgarmente conhecida por “curva da banheira” (“*bath curve*”, em língua inglesa) (Moreira, 2017).

De acordo com Carriço (2014), a curva da banheira aplica-se a uma população de ativos (e.g., uma rede de abastecimento de água) e representa, de um modo geral, as fases de vida desse tipo de ativo ao longo do tempo e durante a fase de utilização. Nesta curva distinguem-se em três zonas distintas: fase de mortalidade infantil, fase de maturidade e fase de degradação.

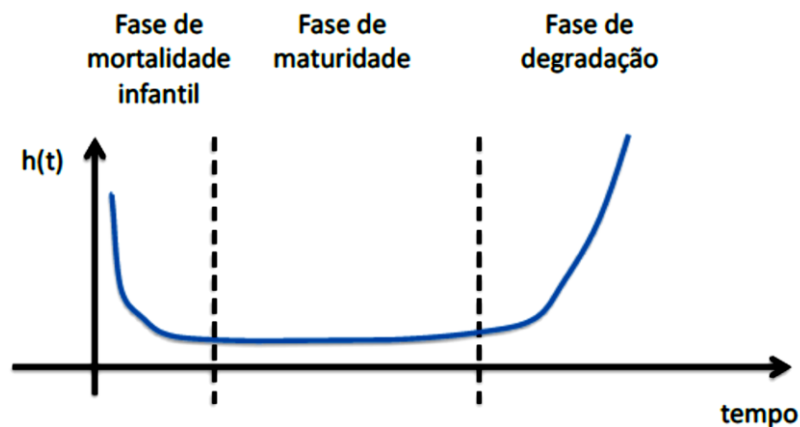


Figura 2.21 – Zonas da “curva da banheira” (Carriço, 2014).

A referida curva não deve ser entendida como uma ferramenta de predição de falhas, mas sim como um modelo conceptual, no qual o ciclo de vida dos ativos é dividido em três zonas fundamentais em função da respetiva probabilidade de falha.

A fase de mortalidade infantil corresponde ao período imediatamente a seguir à instalação, ou arranque, dos ativos. A esta fase está associada uma forte probabilidade de falha devido a potenciais erros de instalação e defeitos nos materiais ou de fabrico.

Uma vez ultrapassados os problemas iniciais, os ativos entram na fase de maturidade, que corresponde à vida útil técnica dos ativos, normalmente associada a um período temporal relativamente longo, com taxas de falha baixas e relativamente constantes.

A terceira fase, designada de fase de degradação, está associada a um aumento da frequência de falhas causadas pela deterioração por envelhecimento, fadiga e desgaste dos ativos. O crescimento da taxa de

falhas apresenta, em geral, uma tendência exponencial, sendo normalmente indiciador do final da vida económica dos ativos, que passam a exigir elevados níveis de manutenção (preventiva e curativa), os quais deixam rapidamente de ser justificáveis economicamente (ADP, 2014).

2.3.4 Manutenção dos Ativos

A Manutenção dos Ativos assume grande destaque durante a fase de utilização dos ativos, uma vez que permite prolongar a sua vida útil técnica, mantendo níveis de risco aceitáveis e com custos sustentáveis. Tendo em conta que a maioria dos ativos estão construídos e a funcionar em plena fase de utilização, resulta que a manutenção e as decisões sobre manter, reabilitar ou substituir assumem particular importância durante essa fase. Assim, o importante é atender aos objetivos fundamentais de uma correta manutenção e às vantagens de adotar uma manutenção preventiva ao invés de uma atuação meramente curativa.

O objetivo principal da manutenção é a obtenção de níveis produtivos elevados dos equipamentos ou bens. A manutenção pode ser definida como o conjunto de ações que permitem manter ou controlar o estado original de funcionamento de um ativo (Brito, 2003). A Figura 2.22 mostra os tipos de manutenção existentes e as relações que entre eles existem.

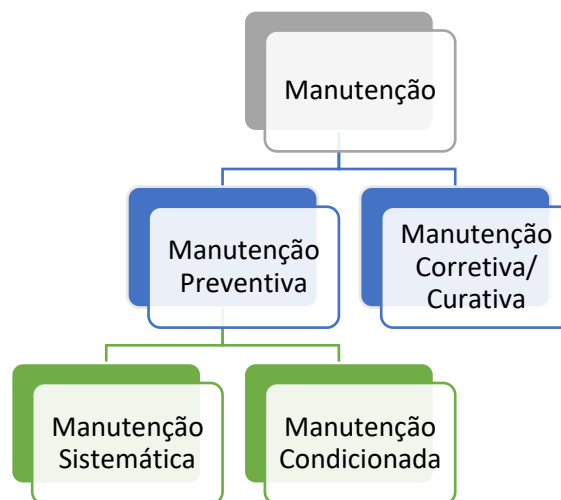


Figura 2.22 – Tipos de manutenções (Fonte: adaptado de Brito, 2003)

2.3.4.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é posta em prática quando as avarias surgem de forma súbita e imprevisível, ou quando deliberadamente se deixa o bem funcionar até à falha, sendo aplicada quando existe paragem do equipamento. Segundo a Norma Portuguesa NP EN 13303 (2007) a manutenção corretiva é “Manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar a função requerida”. Quando se trata de manutenção corretiva, deve-se sempre compreender que estas

ações são curativas/corretivas. As ações curativas são executadas apenas depois de surgir o problema e tem como objetivo repor o equipamento ao estado original, fazendo com que o equipamento volte a ter as condições necessárias para funcionar como antes da anomalia (Coelho, 2015).

2.3.4.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um ativo. É um tipo de manutenção prevista e programada, que deve ser executada antes de a falha ocorrer. Para se poder pôr em prática a manutenção preventiva tem de se ter a estrutura preparada para isso. É necessário, portanto, desenvolver um método eficaz para o planeamento da manutenção preventiva.

É crucial neste tipo de manutenção o supervisionamento do funcionamento das máquinas, registando todas as informações relativas à manutenção, ou com interesse para ela. Desta forma será possível elaborar um histórico que, depois de analisado estatisticamente, fará com que seja possível determinar estimativas de ocorrência de avarias e elaborar um plano de manutenções preventivas (Brito, 2003).

A experiência mostra que, ao longo do tempo, ocorrerá uma redução significativa de eficiência dos grupos eletrobomba, podendo uma bomba centrífuga de água potável, sem qualquer tipo de manutenção, perder 10 a 15% da sua eficiência inicial (ver Figura 2.23). É de referir, ainda, que a redução anual de eficiência média será mais acentuada nos primeiros anos de vida útil, após o que esta redução tenderá a tornar-se mais suave à medida que o desgaste dos componentes se vai tornando mais lento (Leite *et al.* 2014).

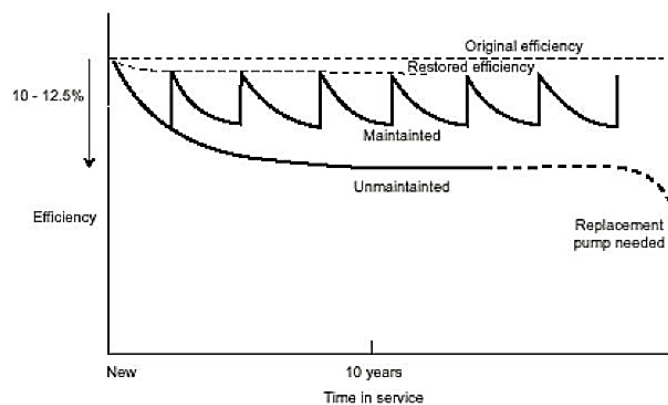


Figura 2.23 – Eficiência de um grupo eletrobomba, com e sem manutenção preventiva: padrões-tipo de evolução no tempo. (Fonte: Leite *et al.* 2014)

Nas EEAA, uma aposta na manutenção preventiva poderá permitir poupanças bastante significativas, garantindo uma maior capacidade do grupo eletrobomba e um nível de eficiência mais elevado, com inerentes reduções ao nível do consumo de energia (Leite *et al.* 2014).

2.3.4.3 Manutenção preventiva condicionada

A manutenção condicionada é executada quando há alguns indícios de que uma avaria pode estar para surgir em breve. Este tipo de manutenção existe numa primeira fase da implementação de uma política preventiva. Compreende as ações de manutenção que são desencadeadas quando se atingem valores críticos de parâmetros associados ao funcionamento do equipamento e que refletem o seu estado. Esta forma de manutenção requer uma vigilância periódica ou permanente dos equipamentos, através de sensores adequados, cuja informação é confrontada com valores de alarme predefinidos. Quando se alcançam os valores de alarme é programada a intervenção de manutenção. Exemplos simples deste tipo de manutenção são a substituição das pastilhas de travão ou o controlo de nível de óleo, quando avisadores luminosos informam que se está a atingir o limite de utilização das pastilhas ou que se atingiu o nível mínimo de óleo (Coelho, 2015).

2.3.4.4 Manutenção preventiva sistemática

Este tipo de manutenção apoia-se em rotinas de diversa natureza. Essas rotinas podem ser visitas e inspeções periódicas para controlo visual, ações de reparação preventiva - que consiste na substituição de peças gastas em função do tempo de serviço - e revisões periódicas baseadas na previsão à rutura em função do grau de utilização.

Embora haja vantagens na adoção deste tipo de manutenção, designadamente no que diz respeito à previsibilidade de custos e à sua mais fácil compatibilização com os interesses da produção, também podem ser referidas algumas desvantagens. A repetição das intervenções a espaços regulares, independentemente da sua verdadeira necessidade, pode conduzir a um aumento de custos, até porque haverá tendência para a substituição de peças que ainda poderiam ter uma vida útil mais prolongada (Vasconcelos, 2009).

2.4 INSPEÇÕES

A avaliação do **estado de condição** dos ativos é uma atividade que da sua realização se espera obter:

- A natureza de uma eventual falha por via da determinação da sua origem e possível gravidade;
- A estimativa do tempo para que a falha venha a ocorrer.

A promoção e realização de inspeções periódicas aos ativos revela-se como a forma mais expedita de efetuar um diagnóstico sobre o seu estado de conservação e, sempre que aplicável, do seu estado de funcionamento (ADP, 2014).

Atendendo, agora, à pertinência do artigo sobre Inspeções inserido na revista *Ingenium* de julho/agosto de 2014, reproduz-se, neste subcapítulo, a matéria relativa ao tema de “Inspeções – Uma ferramenta da Gestão do Risco”.

As inspeções, em termos de metodologia, poderão realizar-se com recurso às seguintes técnicas:

- Inspeções visuais (as únicas efetuadas pelo o autor durante o estágio);
- Testes e ensaios não destrutivos;
- Testes destrutivos.

A atividade de Inspeção, por definição, corresponde à *“Implementação de um procedimento formal - controlo de conformidade realizado através de observações, medições, testes ou calibrações das características significativas de um bem, em regra escrito, cujos resultados ficam registados de forma a permitir à entidade gestora avaliar a operacionalidade das infraestruturas e tomar medidas apropriadas.”*

Um sistema de inspeções assenta nos seguintes 4 vetores fundamentais:

- i. Periodicidade de inspeções
- ii. Origem da inspeção
- iii. Nível de inspeção
- iv. Notas de inspeção

2.4.1 Objetivos e Importância das Inspeções

O programa de Inspeções assenta no desenvolvimento de um sistema de avaliação do estado de conservação dos vários ativos, definindo-se simultaneamente, os seguintes objetivos parcelares:

- Proceder ao levantamento da situação atual das infraestruturas;
- Avaliar os riscos associados à gestão e exploração das infraestruturas;
- Organizar de forma sistemática e coerente a informação para apoio à Tomada de Decisão quanto à priorização dos investimentos de manutenção/reabilitação a realizar;
- Otimizar a afetação dos recursos disponíveis, canalizando-os para os investimentos mais prioritários;
- Identificar e diagnosticar patologias existentes e definir possíveis soluções de intervenção/reabilitação;
- Elaborar e desenvolver um Programa de Procedimentos suportado documentalmente;

Decorre do senso comum que a fiabilidade de uma infraestrutura depende da sua condição física e das ações de manutenção a que tenha sido sujeita durante o seu período de vida. Neste contexto, as inspeções permitem a obtenção de informação relevante sobre essa condição e, conseqüentemente, sobre a própria fiabilidade dos ativos em causa.

2.4.2 Causas da inspeção

As inspeções, quando classificadas em função da causa que as origina, são classificadas em três categorias:

Inspeção Sistemática – inspeção efetuada a intervalos de tempo pré-estabelecidos, correspondendo à calendarização prevista no Planeamento de Inspeções.

Inspeção Condicionada – inspeção decorrente de uma necessidade pontual resultante da condição física de determinada infraestrutura ou componente da mesma.

Inspeção de Ocorrência – inspeção efetuada na sequência da ocorrência de um acontecimento inesperado e imprevisível numa determinada infraestrutura ou componente que implique a inoperacionalidade do ativo.

2.4.3 Nível de inspeção

O programa de Inspeções, definido no artigo mencionado, contempla três níveis de inspeção:

Inspeção Corrente – inspeção visual, efetuada com base em “*check lists*” pré-definidas e no âmbito das rotinas de vigilância e de manutenção que, em caso de anomalia, espoleta a realização de uma Inspeção Principal.

Inspeção Principal – inspeção visual, complementada quando possível por ensaios não destrutivos, realizada, ou coordenada, por uma equipa de técnicos qualificados (engenheiros) detentores de formação específica na matéria, espoletada pela informação de uma Inspeção Corrente.

Inspeção Detalhada – realizada por uma entidade especializada, em articulação com a equipa da Inspeção Principal que, suportada numa campanha de ensaios específicos, elabora um relatório detalhado sobre o estado de conservação da infraestrutura ou de determinado componente, apontando as possíveis causas para a anomalia ou ocorrência verificada e, se possível, referindo as abordagens alternativas para a resolução dessas situações.

Embora cada um dos referidos níveis de inspeção apresente a sua importância específica para o Programa de Inspeções, a Inspeção Principal é a que, na realidade, assume um carácter de maior relevância, uma vez que é através desta que se procede à avaliação geral da condição física das infraestruturas e,

consequentemente, do risco associado à sua exploração. A Inspeção Detalhada será realizada sempre que, decorrente de uma Inspeção Principal, se justifique a sua necessidade.

2.4.4 Organização da Informação

Para se poder inspecionar as diversas infraestruturas de qualquer entidade é essencial, antes de mais, identificar, caracterizar e listar os diferentes tipos de ativos existentes. Para que estas tarefas sejam efetuadas com sucesso é necessário proceder à atualização do respetivo inventário, o que implica proceder ao levantamento de todas as infraestruturas operacionais, bem como das principais características das mesmas.

O inventário das infraestruturas analisadas pelo autor foi efetuado por recurso a uma aplicação informática específica denominada *AQUAMAN* (ver Figura 2.24). O *AQUAMAN*, criado pela *AQUASIS* em parceria com a *IBM*, é uma solução de Gestão Integrada de Manutenção de Ativos adaptada à realidade e às necessidades das Entidades Gestoras de Sistemas de Abastecimento de Água, Saneamento de Águas Residuais e Resíduos Sólidos Urbanos.

O *AQUAMAN* permite o acompanhamento de todo o ciclo de vida dos ativos, desde a aquisição até ao abate, passando pela conservação, adequação, substituição e prevenção. Esta aplicação permite o controlo de todo o trabalho – planeado (manutenção preventiva e preditiva) e não planeado (manutenção corretiva e ocasional) – associado à manutenção das infraestruturas e equipamentos, ligando a atividade de manutenção com outras áreas relevantes, tais como a financeira (contabilidade de custos e de registo), a logística (compras e gestão de armazém) e os recursos alocados. (Aquaman, 2018)

Ativo	Código MAXIMO	Descrição	Localização	N.º Inventário	Tipo	N.º Imobilizado	N.º Equipamento SAF	Par	Status	Site
215015		EE Quinta do Tapado - Detecção extinção incêndios GE	1-VS-106-106-E40-110			420000002039-0000			ACTIVE	3230
215034		EE Quinta do Tapado	1-VS-106-106-E40-110			420000002914-0000			ACTIVE	3230
215002	GE0640003	EE Quinta do Tapado - Grupo de bombagem 3	1-VS-106-106-E40-110-917-GE0001			420000003020-0000			ACTIVE	3230
215091	GR0250001	EE Quinta do Tapado - Grupo gerador	1-VS-106-106-E40-110-501-GGE001			420000002061-0000			ACTIVE	3230
215131	GC0800001	Quinta do Tapado - Sistema de ar condicionado nr.1	1-VS-106-106-E40-110			420000002073-0000			ACTIVE	3230
215132	GC0800002	EE Quinta do Tapado - Sistema de ar condicionado nr.2	1-VS-106-106-E40-110-700-CAC001			420000002074-0000			ACTIVE	3230
215151		RE Quinta do Tapado	1-VS-106-106-E40-110			420000001656-0000			ACTIVE	3230
215206		EE Quinta do Tapado - IE - Baixa Tensão	1-VS-106-106-E40-110			420000002917-0000			ACTIVE	3230
215211	GE0640001	EE Quinta do Tapado - Grupo de bombagem 1	1-VS-106-106-E40-110-917-GE0001			420000002915-0000			ACTIVE	3230
215216	GE0640002	EE Quinta do Tapado - Grupo de bombagem 2	1-VS-106-106-E40-110-917-GE0002			420000002916-0000			ACTIVE	3230
215237		EE Quinta do Tapado - Detecção extinção incêndios GE	1-VS-106-106-E40-110			420000002899-0001			ACTIVE	3230
215558		RE de quinta do Tapado - Fibra óptica	1-VS-106-106-E40-110			420000001666-0001			ACTIVE	3230
216067	EX0050045	Extintor de 2 kg de CO2	1-VS-106-106-E40-110				215151		ACTIVE	3230
216088	DV0640004	Sistema de insonorização	1-VS-106-106-E40-110				215151		ACTIVE	3230
216089	I0020022	Instalação de iluminação exterior	1-VS-106-106-E40-110				215151		ACTIVE	3230
216090	CV1430001	Contador água Woltmann fang DN80	1-VS-106-106-E40-110				215151		ACTIVE	3230
216091	EX0020181	Extintor de 6 kg de pó químico	1-VS-106-106-E40-110				215151		ACTIVE	3230
216092	EX0020116	Extintor de 6 kg de pó químico	1-VS-106-106-E40-110				215151		ACTIVE	3230

Figura 2.24 – Exemplo de listagem produzida pela aplicação *AQUAMAN* (AdDP, 2018)

2.4.5 Metodologia de Inspeção

De uma forma simplificada a realização de uma inspeção é composta por três etapas:

- i. Preparação em gabinete
- ii. Inspeção da infraestrutura
- iii. Compilação de informação e elaboração do relatório de inspeção

As inspeções devem garantir a funcionalidade das construções durante toda a sua vida útil e prolongar esta tanto quanto possível. A realização das inspeções deve obedecer a critérios técnicos, com procedimentos normalizados e adequados ao tipo de construção. Numa estratégia de manutenção preventiva, as inspeções devem ser realizadas com um calendário pré-definido e abranger todos os componentes e equipamentos que requerem cuidados de manutenção.

2.4.6 Notas de Inspeção

A avaliação quantitativa global das instalações traduz-se numa escala de classificação para avaliação global do desempenho, apresentada na Tabela 2.2. Esta escala de avaliação foi implementada pelas Águas de Portugal (que se baseia no artigo “Report Card for America’s Infrastructure”, ASCE 2013) na classificação das suas infraestruturas, a mesma, foi adotada pelo autor.

Tabela 2.2 – Escala de notas de inspeção de ativos e infraestruturas (AdP)

AVALIAÇÃO GLOBAL DO DESEMPENHO	EXCELENTE: NOVA OU REABILITADA	BOM: APTA PARA AS SOLICITAÇÕES	SATISFATÓRIO: NECESSITA DE INTERVENÇÃO	MEDÍOCRE: EM RISCO DE FUNCIONAMENTO	CRÍTICO: INADEQUADA PARA AS FUNÇÕES OU SOLICITAÇÕES
Escala de classificação da ficha de avaliação	5,0 a 4,5, inclusive	4,49 a 3,75, inclusive	3,74 a 3,0, inclusive	2,99 a 2,24, inclusive	< 2,24

2.5 PRINCIPAIS PATOLOGIAS NAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

Por “patologia” será considerada, de forma simplificada, toda a manifestação de acidente ou anomalia verificada no ativo em análise, quer durante a execução da obra ou num período de tempo imediatamente a seguir à sua entrada em serviço, quer num período de tempo considerado suficientemente afastado da entrada em serviço (Taborda, 2017).

Neste subcapítulo serão abordados os tipos mais frequentes de patologias detetadas pelo autor durante o seu estágio na AdDP. Estas patologias serão agrupadas em duas categorias: patologias em edifícios e patologias em equipamentos de sistemas de elevação.

2.5.1 Patologias em edifícios

As patologias em edifícios podem ser divididas em dois tipos: estruturais e não estruturais. A distinção entre patologia estrutural e não-estrutural varia consoante os autores. Este facto resulta, fundamentalmente, de duas causas, a saber:

- É difusa a fronteira entre a estrutura e os restantes elementos construtivos;
- São raras as situações de patologia confinadas a um único elemento construtivo e sem qualquer impacto no funcionamento global do edifício.

De seguida, apresentam-se os tipos de patologias mais frequentes em edifícios.

2.5.1.1 Fissuras

Uma fissura pode ser superficial, sendo assim inofensiva. Quando afeta a alvenaria pode ser perigosa, já que poderá estar também a afetar elementos estruturais e, assim, estar a comprometer a estabilidade da construção. Apresentam-se, na Tabela 2.3, as principais causas de fissuras em elementos de construção civil.

Tabela 2.3 – Fissuras em edifícios: principais causas, consequências e medidas preventivas (Fonte: Silva, 2002)

Causas		Consequências	Soluções		
i.	Falta de conservação/manutenção	i.	Desabamento dos edifícios (em caso grave)	i.	Antes de se construir, fazer uma análise cuidada acerca das propriedades físico-químicas do terreno de construção
ii.	Condições climatéricas	ii.	Infiltração de água através das fissuras	ii.	Durante a construção, executar uma revisão coerente relacionada com a qualidade dos materiais de construção
iii.	Defeito de construção	iii.	Perda de estabilidade do edifício (em caso grave)	iii.	Com o passar do tempo após o edifício concluído, realizar inspeções regulares, para a eventual reparação de pequenas fissuras
iv.	Má escolha dos terrenos de construção (e.g. solo pouco consolidado)				
v.	Assento de fundações, derivado da má escolha dos terrenos				
vi.	Expansão dos materiais constituintes				
vii.	Deficiente integridade estrutural				
viii.	Sismos				
ix.	Perda de isolamento térmico				

2.5.1.2 Infiltrações

Um dos grandes objetivos dos construtores é impedir a passagem indesejável de águas, fluidos e vapores, ou, pelo menos, escoá-los para fora do local que necessitamos proteger. Em particular, a capacidade de

infiltração da água é um desafio para a construção civil e o Homem procura, a cada dia, combatê-la. As infiltrações provocam uma grande variedade de problemas que afetam sobretudo a estrutura física da obra, mas que também podem tornar insalubre tornam o ambiente interior das construções. (Castilho *et al.* 2009)

Uma infiltração pode ser caracterizada como a ocorrência de passagem da água do meio exterior para o interior ou em sentido contrário. A água penetra nas paredes por capilaridade através de fissuras, ou de poros, existentes nos materiais constituintes das superfícies envolventes das construções. Caso estas infiltrações causem o arrastamento de sais apelidam-se de eflorescências. As infiltrações, ao afetarem os materiais de construção, irão afetar a estrutura física da obra. (Castilho *et al.* 2009)

2.5.2 Patologias em equipamentos

Na Tabela 2.4, expõe-se as patologias e as suas causas mais frequentes que advêm dos sistemas de elevação:

Tabela 2.4 – Patologias manifestadas nos sistemas de elevação (Macedo, 2015)

Patologias	Causas das patologias
Deficientes níveis de caudal e pressão	Mau dimensionamento do sistema elevatório;
	Desgaste físico da bomba, condicionando o seu correto funcionamento;
	Avaria de bombas;
Ruídos e vibrações	Ausência de sistemas de isolamento de ruídos aéreos e de percussão em todo o sistema de elevação/sobrepessão;

Para além de patologias, achou-se pertinente colocar na Tabela 2.5, uma listagem das principais avarias em bombas centrífugas e as suas causas mais frequentes, de acordo com Lencastre.

Tabela 2.5 – Avarias de bombas centrífugas (Lencastre, 1996)

Avárias	Causas frequentes
Não há caudal	Bomba não ferrada; Velocidade muito baixa; Altura de aspiração ou de compressão muito grandes; Impulsor completamente entupido;
Há pouco caudal	Bolsas de ar na aspiração ou no interior da bomba; Velocidade baixa; Altura de aspiração ou de compressão grande; Defeitos mecânicos ou impulsor danificado;
Há pouca pressão	Velocidade muito baixa; Ar ou gases no líquido; Defeitos mecânicos ou impulsor danificado; Diâmetro do impulsor muito pequeno.
Perda de aspiração a seguir a um período de funcionamento satisfatório	Entradas de ar na conduta de aspiração; Entupimento na aspiração; Altura de aspiração muito elevada; Ar ou gases no líquido.
Consumo exagerado de energia	Carga inferior à prevista ocasionando bombagem de grande caudal; Peso específico do líquido elevado; Defeitos mecânicos (tais como eixo empenado); Elementos que rodam excessivamente justos.

As inspeções efetuadas pelo autor permitiram constatar ser muito comum a ocorrência de corrosão nos equipamentos. A aparência da corrosão é característica de fácil avaliação por mera inspeção visual *in situ*. Quanto à aparência visual existem dois tipos de corrosão, a saber: a corrosão uniforme e a corrosão localizada. Na Tabela 2.6 apresentam-se as principais diferenças entre estes dois tipos.

Tabela 2.6 – Corrosão uniforme e corrosão localizada: principais características

(adaptado de Salvador, 2007)

Corrosão uniforme	Corrosão localizada
<ul style="list-style-type: none"> • Também chamada corrosão generalizada; • Traduz-se num ataque uniforme ao metal, que pode perder o seu brilho e tornar-se rugoso; • Pode levar à falha do equipamento por diminuição da espessura; • Dado que é facilmente detetada (por deteriorar a aparência das peças), estas são normalmente reparadas antes de haver riscos estruturais. 	<ul style="list-style-type: none"> • É difícil de detetar; • As suas consequências são difíceis de prever; • A velocidade de corrosão num ponto atacado pode ser muito elevada; • É muito mais perigosa que a corrosão uniforme devido ao facto de, por vezes, não ser identificada a tempo.

Há, no entanto, outros casos em que existe uma forte interação entre o meio corrosivo, a tensão e os seus efeitos em termos de ataque por corrosão. Fala-se, então, de corrosão sob solicitações mecânicas.

São apresentados os principais tipos de corrosão sob solicitações mecânicas, segundo Salvador, 2017:

- Corrosão sob tensão - envolve deterioração de material devido à presença simultânea de tensões (tensões aplicadas ou tensões residuais) e de um meio corrosivo. Dado que normalmente envolve a fratura do material, é também designada por corrosão sob tensão fraturante;
- Corrosão sob fadiga – fadiga é a tendência de um metal a fraturar quando sujeito a tensões cíclicas. Quando um componente é sujeito a esforços cíclicos num meio que o pode atacar química ou electroquimicamente, verificam-se condições para a ocorrência de corrosão sob fadiga;
- Corrosão-Erosão – consiste no aumento ou aceleração do ataque a um metal como resultado do movimento relativo entre o fluido e a superfície metálica. Este tipo de corrosão surge geralmente em materiais cuja resistência à corrosão depende da formação de um filme protetor (Al, Pb, aços inoxidáveis). É a remoção e/ou maior dificuldade de formação desses filmes que leva à corrosão-erosão;
- Corrosão-Cavitação – deve-se ao processo hidrodinâmico de cavitação. Para além do efeito mecânico da cavitação, pode levar à destruição de filmes protetores, levando à ocorrência de corrosão. A corrosão-cavitação é frequente em sistemas onde um líquido se move a altas velocidades e onde ocorram variações bruscas de pressão, seja em bombas, turbinas, hélices de navios, condutas de água, entre outros.

CAPÍTULO 3

A METODOLOGIA APDA

Neste capítulo serão apresentados os traços gerais do “Guia Prático de Aplicação de Gestão de Ativos a Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais”. Será dedicada atenção particular à sua aplicação a estações elevatórias, que foram o objeto do estágio curricular que o autor efetuou na AdDP.

O “Guia Prático de Aplicação de Gestão de Ativos a Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais”, de ora em diante denominado Guia Prático, foi editado em 2017 pela Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA) e é da autoria da sua Comissão Especializada de Gestão de Ativos (CEGA). A metodologia proposta no Guia Prático, que neste documento será denominada Metodologia APDA, foi a adotada nos trabalhos elaborados pelo autor durante o seu estágio curricular na AdDP.

3.1 NOTA INTRODUTÓRIA

A APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas – decidiu criar, em 2012, um Grupo de Trabalho dedicado às questões relacionadas com a Gestão de Ativos (GTGA). Este grupo passou a Comissão em 2017 – a Comissão Especializada de Gestão de Ativos. A CEGA assumiu, como principal tarefa a realizar, o desenvolvimento de um guia prático de aplicação de Gestão de Ativos a sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais

O objetivo principal da CEGA é contribuir para a implementação da Gestão de Ativos nas Entidades gestoras dos Serviços de Abastecimento de Água e de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais, as quais, dotadas de novos instrumentos de planeamento e de apoio à decisão poderão melhorar os seus níveis de serviço, aumentar a rentabilidade e a sustentabilidade, assegurando um equilíbrio entre as dimensões de desempenho, custo e risco ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos. (CEGA, 2017)

O objetivo do Guia Prático é servir de auxílio às Entidades Gestoras que estão a iniciar a implementação da GA, facilitando, assim, a tarefa dos técnicos responsáveis pela sua aplicação e consolidação. (CEGA, 2017)

Com esta mudança de paradigma – mais propriamente, mudança de ciclo nas prioridades de investimento – passou-se de uma fase de nova construção de infraestruturas para uma fase de gestão otimizada das infraestruturas existentes. Importa agora, nesta nova fase, dotar as Entidades Gestoras de ferramentas de análise de apoio à tomada de decisões que visem minimizar o custo total sem comprometer a segurança e respeitando padrões elevados de qualidade do serviço, desta forma otimizando o desempenho.

3.2 ENQUADRAMENTO GERAL

A Gestão de Ativos, na prática, é uma filosofia ou disciplina que, mediante o acompanhamento integrado e transversal de todo o ciclo de vida dos ativos infraestruturais, cria valor (ou evita custos) ao tomar as melhores decisões relativas aos ativos (CEGA, 2017).

De uma forma genérica as decisões a tomar incidirão sobre as seguintes quatro grandes questões:

- Manter ou reabilitar?
- Substituir ou desativar?
- Qual o ponto ótimo da manutenção preventiva?
- Qual a extensão da reabilitação?

Numa abordagem simplificada pode-se dizer que o ciclo de vida dos ativos tem início no planeamento estratégico, seguindo-se a fase de aquisição/construção e instalação. Após a entrada em exploração, a infraestrutura é operada e mantida até à sua desativação ou reabilitação. (CEGA, 2017)

Na Figura 3.1 ilustram-se as cinco etapas do ciclo de vida dos ativos infraestruturais, de acordo com a CEGA:

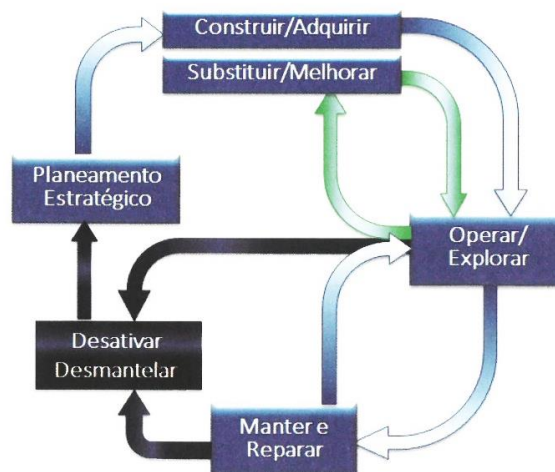


Figura 3.1 – Esquema do ciclo de vida dos ativos infraestruturais (Fonte: CEGA, 2017)

As maiores poupanças conseguem-se na fase inicial do ciclo, mediante acertadas decisões de conceção e de execução (Luís, 2017). Agora que o País está já dotado da maior parte das infraestruturas de que necessita, importa apostar decididamente na boa gestão das infraestruturas existentes. Para que este objetivo possa ser atingido é fundamental munir as Entidades Gestoras de adequadas ferramentas de análise e de apoio à decisão, de modo a otimizarem os investimentos necessários à preservação operacional dos sistemas.

Conforme já foi referido no Capítulo 2, o ativo é um qualquer bem ao qual é atribuído um valor que é definido pela organização que detém a sua posse, bem como por todas as partes interessadas. A GA vai incidir sobre os ativos infraestruturais, os quais representam a parte mais significativa do capital das EG. (CEGA, 2017)

Em 2017 surgiu a terceira geração do sistema de avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores, estruturado e fomentado pela Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (ERSAR). Neste novo sistema de avaliação, cuja aplicação foi alargada a todas as EG que operam neste setor de atividade, destaca-se a maior atenção dada a nível de atuação das EG perante o nível de conhecimento infraestrutural dos sistemas geridos, bem como um maior grau de reabilitação (mais exigente) efetuado às infraestruturas de SAA.

A ERSAR considera que os ativos infraestruturais de abastecimento de água, quando comparados com ativos infraestruturais de outros setores de atividade, apresentam especificidades que em muito condicionam a sua gestão:

- Dão suporte a serviços em que são monopólios naturais, perante os quais as regras de mercado não são facilmente aplicáveis, em particular no que se refere à concorrência e à forma de avaliação do valor do património existente;
- Os serviços a que dão suporte são assumidos como evidentes nas sociedades industrializadas, sendo pouco valorizadas pelas populações;
- São predominantemente constituídas por componentes enterrados, cuja condição física é difícil de avaliar;
- São infraestruturas que se comportam como um sistema e não como um somatório de componentes individuais.

Os SAA asseguram a prestação de um serviço público essencial, cuja continuidade e qualidade é imperioso garantir. A Metodologia APDA visa contribuir para este objetivo, apresentando um conjunto de “boas práticas” que visam garantir que as EG operam sob os princípios fundamentais da GA e que, por isso, sempre procuram encontrar, na sua atividade, um justo equilíbrio entre custo, desempenho e risco.

3.2.1 Apoio à Decisão

A avaliação e gestão do risco associado aos diversos modos de falha das infraestruturas ou ativos não lineares (e.g. ETA, EEAA, etc.) deve iniciar-se, numa primeira fase, num conjunto de ativos selecionados com critérios que garantam proporcionalidade face ao total dos ativos geridos. (CEGA, 2017)

A triagem prévia das instalações mais significativas pode ser efetuada de forma matricial, recorrendo aos critérios inseridos nas matrizes de risco, tais como:

- Capacidade da instalação;
- Localização da instalação em meios sensíveis;
- Valor patrimonial;
- Ranking do consumo energético.

Esta seleção de ativos pode orientar a alocação de recursos associados à reunião de informação essencial e complementar à GA. Instalações mais significativas determinam um nível de conhecimento superior, mais aprofundado e vasto.

Identificadas as infraestruturas mais relevantes pode-se aplicar nestas uma metodologia simplificada baseada na determinação de modos de falha – ausência da função requerida – efeitos e análise de criticidade, orientada de acordo com os objetivos definidos para a determinação do risco associado a cada falha potencial.

A aplicação desta metodologia tem como principal vantagem assegurar a focalização nas falhas potenciais relevantes, não desperdiçando recursos na avaliação de falhas com importância residual no cumprimento dos objetivos da EG.

3.2.2 Matrizes de Risco de Falha

As matrizes apresentadas, adiante em 3.4.2, foram desenvolvidas em 2015 por um Subgrupo da AdP, coordenado por Gabriel Silva (Águas de Santo André, S.A.). Estas matrizes têm como finalidade apoiar as EG na decisão de priorização dos respetivos investimentos de reabilitação e, no presente caso dos ativos de abastecimento de água, basearam-se em matrizes utilizadas pela EPAL.

Na aplicação das matrizes é recomendável a utilização de um número contido de vetores ou variáveis (não superior a três ou quatro), assegurando a independência entre estes. A atribuição de pesos aos diversos critérios deve refletir a missão e prioridades da EG.

As análises de risco devem ter sempre presentes o risco que está a ser analisado: Risco do Quê e Para Quem. Nesse sentido, as matrizes apresentadas centram-se sobretudo no risco de falha dos ativos para a

exploração do sistema, não esquecendo: Qual a probabilidade de risco? Quais as consequências? (CEGA, 2017).

3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS ATIVOS

3.3.1 Informação a obter

Do ponto de vista prático pode dizer-se que a informação mais importante para a Gestão de Ativos será a que permita responder às seguintes questões:

❖ **Que ativos possui a EG?**

O sistema de gestão de ativos assenta em primeiro lugar no conhecimento dos ativos sob a responsabilidade da EG. Para tal poderá ser necessário proceder a uma inventariação desses ativos, a qual deverá obedecer a critérios pré-estabelecidos, como os atributos mínimos necessários à sua identificação, localização, idade e associar as características técnica e financeira.

❖ **Qual a tipologia de cada ativo?**

São consideradas duas classes: lineares e pontuais. Na Tabela 3.1 encontram-se listadas as principais infraestruturas de cada classe.

Tabela 3.1 – Proposta de tipificação de infraestruturas (Fonte: CEGA, 2017)

Infraestruturas lineares	Infraestruturas pontuais
Rede de distribuição de água em “baixa”	Captação de água
Rede de adução de água em “alta”	Estações de tratamento de água (ETA)
Rede de drenagem de águas residuais domésticas, industriais e pluviais em “baixa”	Reservatórios de água
Rede de transporte e recolha de águas residuais domésticas e industriais em “alta”	Estações elevatórias de água (EEAA)
	Estações de tratamento de águas residuais (ETAR)
	Estações elevatórias de águas residuais (EEAR)
	Outras infraestruturas de tratamentos (e.g. cloragem)

❖ **Qual a localização de cada ativo?**

Uma vez que a gestão de ativos infraestruturais incide sobre ativos geograficamente dispersos, e na sua maioria enterrados, é importante para as EG obter informação geográfica das suas infraestruturas (em papel, em CAD, em SIG e levantamentos de terreno).

❖ **Qual a posição hierárquica do ativo?**

O nível de desagregação poderá variar consoante a complexidade das infraestruturas da EG, como se apresenta na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Tipificação de infraestruturas (Fonte: CEGA, 2017)

Designação:	Exemplo:
Área de negócio	AA ou AR
Sistema	Nome da ETA ou da ETAR
Subsistema	Rede, bacia
Troço ou conduta	Esta segmentação pode ter mais do que um nível para subsistemas muito extensos, por exemplo, subtroço.
Instalação ou recinto	Para as infraestruturas pontuais torna-se necessário criar esta classificação, pois facilita a localização da infraestrutura.
Tipo de infraestrutura ou processo	O tipo de infraestrutura pode corresponder ao último nível desta hierarquia. Dentro de uma instalação podem existir várias infraestruturas pontuais de diferentes tipos: uma ETA, um reservatório, uma estação elevatória, entre outros, e neste caso cada infraestrutura corresponderá a um nível de localização.

❖ **Qual o desempenho do ativo?**

A resposta a esta questão faz-se através da análise dos registos sistemáticos das ocorrências de operação e manutenção (por exemplo: número de avarias, consumo de energia). Estes registos devem estar devidamente organizados e normalizados de forma a permitir o alinhamento com os cadastros.

❖ **Qual a condição do ativo?**

A avaliação da condição pode ser obtida através de inspeções recorrendo a observações diretas, a inspeções vídeo, a ensaios no local. Nos casos em que não é possível avaliar todos os ativos, podem realizar-se inspeções por amostragem permitindo inferir a condição de um determinado conjunto de ativos.

❖ **Qual a “criticidade” do ativo?**

A resposta a esta questão passará por identificar, numa primeira instância, quais as consequências para a exploração, segurança, ambiente e performance financeira que advirão da falha de um determinado tipo de ativo.

❖ **Qual o valor do ativo?**

Definir qual o valor atual do ativo, face às suas características e idade.

3.3.2 As dificuldades a ultrapassar

A recolha e a gestão de informação relativa aos ativos são atividades fundamentais em todo o processo de GA, já que só com informação completa, detalhada e atualizada é possível tomar decisões racionais. Desta forma, o processo de recolha, sistematização e organização da informação disponível relacionada com os ativos deve iniciar-se tão cedo possível, acautelando assim que a mesma está disponível e atualizada sempre que dela se necessitar.

Durante o processo de recolha e de tratamento dos dados existentes é muito provável que surjam uma, ou várias, das dificuldades que se caracterizam de seguida, de acordo com a CEGA.

- **Fragmentação.**

A informação existente está estruturada em função das necessidades da unidade orgânica que dela necessita em primeiro lugar, não existindo preocupação disponibilizar essa informação transversalmente dentro da EG.

- **Dificuldades de acesso e/ou de utilização.**

O acesso à informação existente é difícil, ou informação não é disponibilizada de forma adequada à sua imediata utilização.

- **Incoerência e falta de normalização.**

O mesmo tipo de informação apresenta-se registada de formas distintas, dificultando muito o relacionamento e compilação da informação disponível. Este fenómeno ocorre quando não existem procedimentos de normalização adequados, ou quando estes não são respeitados.

- **Falta de completude.**

Ocorrem falhas (hiatos) nos dados históricos.

- **Duplicação da informação.**

O mesmo tipo de informação existe foi obtida de fontes diferentes e/ou foi armazenada em diferentes bases de dados, sob formas distintas e com níveis de rigor e completude também distintos entre si.

Para evitar estas e outras dificuldades, a EG deverá gerir a informação recolhida de forma centralizada, garantindo a sua permanentemente atualização. Uma vez que a atividade diária das equipas de operação, manutenção e obras é realizada junto dos ativos, estas deverão estar aptas a recolher informação, de forma a permitir a atualização sistemática dos cadastros, inventários e condição das infraestruturas.

Independentemente da hierarquia de infraestruturas ou estrutura adotada, esta deve ser utilizada em todos os sistemas da EG, principalmente nos que contribuem para os seguintes três cadastros:

- **Geográfico** – através de contributos devidamente alinhados com o cadastro técnico permitindo a associação dos principais elementos constituintes, por exemplo, recorrendo a códigos de localização;
- **Técnico** – os primeiros níveis da estrutura deste cadastro devem ser idênticos aos da estrutura do cadastro financeiro. Deste modo, o registo de avarias e atividades de manutenção incluindo os custos associados, ficarão associados ao sistema financeiro;
- **Financeiro** – este é o sistema mais rígido. Como tal deve ser dada especial atenção à ligação e compatibilização para o cadastro técnico-financeiro.

3.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA APDA ÀS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DA AdDP

3.4.1 A Ficha de Inventário e Cadastro

O autor, no âmbito do estágio que efetuou na AdDP, elaborou uma ficha de recolha de dados que denominou de Ficha de Inventário e Cadastro e que é destinada à recolha de informação relativa às EEAA. Procurou-se que a estrutura de dados subjacente a esta ficha refletisse a filosofia de GA preconizada pelo Guia APDA. Este trabalho foi realizado para todos os sistemas da empresa, a saber: Lever, Vale do Sousa e Baixo Tâmega.

A informação a recolher foi agrupada em duas classes – “Informação Comum”, ou “Informação Essencial”, e “Informação Específica”, ou “Informação Complementar” – que se distinguem, fundamentalmente, pelo nível de detalhe da informação que delas consta. A informação comum é constituída pelos dados considerados mínimos para caracterizar genericamente o ativo e que, por isso, é a suficiente para criar, na base de dados que suporta a GA, um registo para o ativo em apreço. A informação específica é constituída por dados técnicos detalhados.

A informação associada a cada uma das duas classes atrás definidas foi agrupada em três categorias: “Informação de Cadastro”, “Informação de Condição e Desempenho” e “Informação de Custos”. A organização da informação que se acaba de expor levou a que, nas Fichas de Inventário e Cadastro dos ativos, sejam consideradas duas áreas (uma para cada classe de informação) e, em cada uma delas, três subáreas (uma para cada categoria de informação). O trabalho efetuado pelo autor será exemplificado com a Ficha de Inventário e Cadastro referente à Estação Elevatória Final da ETA de Lever.

3.4.1.1 Informação comum da infraestrutura – Cadastro

A primeira subárea da Ficha de Inventário e Cadastro é constituída por um conjunto de campos destinados à recolha de informação respeitante à classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Cadastro”.

O cabeçalho da ficha (ver Figura 3.2) identifica a infraestrutura em apreço (no caso presente, a Estação Elevatória Final da ETA de Lever) e a empresa concessionária (a Águas do Douro e Paiva). Note-se que a informação contida no cabeçalho da ficha constitui, em bom rigor, informação “comum” pertencente à categoria “cadastrado”.


FICHA DE INFORMAÇÃO PARA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Estação Elevatória Final da ETA de Lever	
CONCESSIONÁRIA	Águas do Douro e Paiva, S.A. 

Figura 3.2 – Ficha de Inventário e Cadastro de EEAA: secção de Identificação da Elevatória

Logo após o cabeçalho da ficha são apresentados os campos respeitantes à restante informação comum cadastral (ver Figura 3.3).

No item “localização georreferenciada” são indicadas as aplicações informáticas, ou bases de dados, nos quais a infraestrutura está representada, bem como a localização, em coordenadas geodésicas WGS84, da infraestrutura. Estas coordenadas podem ser de grande importância já que, por vezes, as infraestruturas se encontram em locais de difícil acesso ou são de muito difícil identificação (caso das redes subterrâneas).

Os itens “esquemas” e “planta cadastral” apresentam os endereços que, no Web Server da AdDP, dão acesso aos ficheiros informáticos que contêm as telas finais, diagramas esquemáticos e lineares da instalação.

Seguidamente é apresentado o código pelo qual a AdDP designa internamente a instalação. Este código é constituído por cinco campos de informação com formato genérico N1-N2-N3-N4-XXX, agregados hierarquicamente em sentido decrescente da esquerda para a direita. O campo N1 identifica a área de negócio (o identificador “1” está reservado para o abastecimento de água “em alta”), o campo N2 é usado para identificar o sistema (e.g. “LV” – Lever, “VS” – Vale do Sousa e “BT” – Baixo Tâmega), o campo N3 identifica o subsistema (e.g. “103” – Lever Sul, “104” – Lever Norte), o campo N4 identifica a família de infraestruturas (“106” é o código reservado para as estações elevatórias) e, finalmente, o código XXX é o identificador único (identificadores de “E01” a “E60”) que, no interior da família de infraestruturas a que pertence, é atribuído à instalação em apreço.

Na ficha da Figura 3.3 está indicado o código “1-LV-103-106-E01” que, face ao exposto, se pode ler como: estação elevatória de abastecimento de água E01, pertencente ao subsistema Lever Sul do Sistema de Lever.

Segue-se o estado do ciclo de vida da infraestrutura. No exemplo que tem vindo a ser apresentado, a infraestrutura encontra-se em funcionamento, ou seja, em fase de utilização.

1. INFORMAÇÃO COMUM DA INFRAESTRUTURA			
1.1. CADASTRO			
Localização georreferenciada	Suportes Existentes:		
	WebSIG	✓	
	Webmaps	✓	
	AutoCAD	✓	
	Coordenadas (WGS84)	Lat = 41,07297500	Long = -8,47752500
Esquemas (global e da instalação)	\\srvdpfs01.dp.local\SIG\AdDP\Tela Final AdDP\LV-103 Lever Sul\R01+E01 RR+EE RAT + EE Final ETA Lever		
Planta cadastral	\\srvdpfs01.dp.local\SIG\AdDP\Tela Final AdDP\LV-103 Lever Sul\R01+E01 RR+EE RAT + EE Final ETA Lever		
Código (designação/classificação)	1-LV-103-106-E01		
Estado do ciclo de vida	Em serviço / exploração	✓	Obs:
	Em projeto / prevista		
	Fora de serviço		
	Outros		
Estado de exploração	Integrada		Obs:
	Construído pela EG	✓	
	Outros		
Data de construção	2000 / 2009	Data de entrada em exploração real	2000
Data de reabilitação	-	Data de entrada em exploração pela AdDP	2000
Valor de aquisição	3.654.211,69 € (só para equipamentos)		
Valor contabilístico atual	1.295.010,70 €		
Listagem dos principais equipamentos e órgãos	consultar AQUAMAN		
Listagem dos restantes equipamentos, instrumentos de monitorização, automação e instalações elétricas	consultar AQUAMAN		

Figura 3.3 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Cadastro”.

Quanto ao estado de exploração, este pode ser classificado como: integrado na EG (aplicável a infraestruturas que, tendo já pertencido a outras entidades gestoras, atualmente se encontram integradas na AdDP), construído pela EG ou outros. No caso que tem vindo a ser tomado como exemplo, a EE de Lever foi construída pela AdDP.

Seguidamente são listadas as datas mais relevantes do histórico da instalação: data de construção, de entrada em exploração real, data de entrada em exploração pela EG (AdDP) e data de reabilitação. No exemplo que tem vindo a ser analisado, entendeu-se ser conveniente indicar a data de construção inicial (ano 2000), mas também a data em que foi inserido um novo grupo eletrobomba na estação elevatória (ano 2009).

Os valores contabilísticos – valor de aquisição e valor atual – são dados da responsabilidade da Área Financeira da EG. O valor contabilístico de aquisição refere-se ao valor no ano de aquisição. O valor contabilístico atual é o valor de aquisição deduzido das amortizações desde o ano de construção até ao presente ano.

A ficha termina com os campos destinados a duas listagens de equipamentos e de órgãos de maior relevância. No exemplo da Figura 3.3 não é apresentada qualquer listagem, sendo o interessado remetido para a utilização do *software* AQUAMAN. O AQUAMAN é uma aplicação informática de apoio à gestão da manutenção, que está disponível na AdDP.

3.4.1.2 Informação comum da infraestrutura – Condição e Desempenho

A segunda subárea da ficha de inventário e cadastro é constituída pelos campos destinados à recolha de informação respeitante à classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Condição e Desempenho” (ver Figura 3.4).

1.2. CONDIÇÃO E DESEMPENHO					
Estado geral de conservação	Classificação:				
	1 - Muito bom				
	2 - Bom		✓		
	3 - Razoável				
	4 - Mau				
Resultado da avaliação da condição das componentes de construção civil	Classificação:				
	1 - Muito bom				
	2 - Bom		✓		
	3 - Razoável				
	4 - Mau				
Resultado da avaliação da condição dos equipamentos	Classificação:		Obs:		
	1 - Muito bom		✓		
	2 - Bom				
	3 - Razoável				
	4 - Mau				
Grau de obsolescência (equipamentos e/ou construção civil)	Inexistentes		Obs. Sinalizar/identificar as infraestruturas e equipamentos com partes ou componentes que apresentem dificuldades acrescidas, ou mesmo impossibilidade, de reparação ou substituição, em caso de avaria.		
	Falhas e Avarias (Registos das ocorrências nos últimos 12 meses)	Quantidade:	1		
		Tipos principais:	Avaria no analisador de pH		
Registo de reclamações	Quantidade:	0			

Figura 3.4 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Condição e Desempenho”

A caracterização da condição e do desempenho da infraestrutura implica efetuar três avaliações, a saber: avaliação do estado geral de conservação, avaliação das componentes de construção civil e avaliação dos equipamentos. O resultado de cada uma destas três avaliações é traduzido numa mesma escala qualitativa ordinal com cinco níveis, de 1 a 5, em que 1 é a melhor classificação.

O grau de obsolescência identifica as infraestruturas e equipamentos com partes ou componentes que apresentem dificuldades em reparações ou substituições em caso de avaria.

Esta subárea da ficha de inventário e cadastro termina com os dados relativos a falhas e avarias (informação obtida junto da Direção de Exploração da AdDP), bem como com informação relativa a eventuais reclamações que, tendo sido apresentadas à AdDP, tivessem a infraestrutura como objeto.

3.4.1.3 Informação comum da infraestrutura – Custos

A recolha de informação respeitante à classe “Informação Comum” termina na terceira subárea da Ficha de Inventário e Cadastro. Nesta subárea, que é constituída por campos destinados à recolha de informação respeitante à categoria “Informação de Custos”, é incluída a informação relativa aos custos CAPEX e OPEX.

Para a tomada de decisões sobre ativos é essencial possuir dados fidedignos e enquadrados em termos contabilísticos. Deverão ser assumidos como CAPEX os gastos de capitais ocorridos quando uma empresa investe na compra, melhoria ou aumento de desempenho de um determinado bem, ou sistema, que tenha um período de vida útil superior a um ano e produza benefícios para a empresa. Por consequência, é sujeito a reconhecimento do respetivo custo via amortizações. Já o OPEX designa o capital utilizado para manter em operação os bens de uma empresa, nomeadamente os equipamentos e instalações, representando o custo despendido continuamente para manter em funcionamento um determinado sistema ou a atividade produtiva.

Foram reunidos os dados com os valores dos custos CAPEX (ver Figura 3.5). Os custos OPEX não foram abordados no presente trabalho.

1.3. CUSTOS	
De projeto, construção e aquisição - CAPEX	3.654.211,69 € (só em equipamento)
De manutenção - OPEX (últimos 12 meses)	a definir
De operação - OPEX (últimos 12 meses)	a definir
De intervenções classificadas como CAPEX	a definir

Figura 3.5 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Comum”, categoria “Informação de Custos”

3.4.1.4 Informação específica para a estação elevatória de abastecimento – Cadastro

A informação referente à classe “Informação Específica” tem início com a quarta subárea da Ficha de Inventário e Cadastro, que diz respeito à “informação de Cadastro” (ver Figura 3.6). Nesta secção da ficha a informação cadastral recolhida é detalhada e apresenta um vincado cunho técnico.

2. INFORMAÇÃO ESPECÍFICA PARA A ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ABASTECIMENTO			
2.1. CADASTRO			
Número total de grupos eletrobomba (GEB)	6+4	6 para Jovim e Lagoa 4 para Seixo Alvo	
Número total de GEB de reserva	1+1	Para Jovim e Lagoa funcionam alternadamente 3+3 ou 4+2	
Potência dos GEB [kW]	10800 (total dos 6 GEB) 3600 (total dos 4 GEB)	1800 (potência unitária) 800 (potência unitária)	Característica técnica do motor
Altura manométrica da bomba [m.c.a.]	135 210	Jovim e Lagoa Seixo Alvo	Característica técnica da bomba
Altura manométrica efetiva da bomba [m.c.a.]	161,12	Hman ponderada	
Caudal máximo de elevação [m ³ /h]	21600 4320	Característica técnica da bomba para 6 GEB Característica técnica da bomba para 4 GEB	
Tipo de GEB	Submersível de eixo vertical com motor a seco (tipo furo)		
Tipo de Estação Elevatória	Estação elevatória com reservatório (ETA)		
Cota do eixo das bombas [m]	21,00	Valores ETC	
Ano de instalação dos GEB	1998	Obs. Um dos GEB de elevação para Seixo Alvo é de 2009	
Relevância no sistema	Classificação:		Obs. Medida em função de: Caudal elevado [(m ³ /ano)/m ³ totais]
	5 - Muito importante	✓	
	4 - Importante		
	3 - Normal		
	2 - Pouca relevância		
1 - Sem relevância			

Figura 3.6 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Específica”, categoria “Informação de Cadastro”

Nos dois primeiros campos da subárea são registados o número total de grupos eletrobomba e o número de grupos de reserva. Esta elevatória é um caso excepcional na AdDP, já que tem três destinos de elevação diferentes: Jovim, Lagoa e Seixo Alvo.

Seguem-se os campos destinados à caracterização hidráulica da instalação: potência instalada dos grupos por destino de elevação, alturas manométricas, alturas manométricas efetivas e alturas manométricas ponderadas. É também registado o tipo de bomba utilizado em cada grupo e do tipo da estação elevatória.

Por fim, é avaliada a relevância de que a infraestrutura se reveste para o sistema gerido pela AdDP. Para o efeito é utilizada escala ordinal com cinco níveis, de 1 a 5, em que 1 é a menor classificação. Esta avaliação foi efetuada por recurso a uma métrica que será apresentada adiante, na Tabela 3.5 – Métrica de relevância no sistema.

3.4.1.5 Informação específica para a estação elevatória de abastecimento – Condição e Desempenho

A informação específica registada nesta subárea da Ficha de Inventário e Cadastro está patente na Figura 3.7.

2.2. CONDIÇÃO E DESEMPENHO			
Volume total elevado [m ³] (últimos 12 meses)	65 579 333	Valores indicadores ERSAR	
Registo do nº de horas de funcionamento dos grupos eletrobomba	Obs. Identificação do grupo; Data e hora de arranque; Data e hora de paragem; Motivo da paragem.		
Consumo energético anual da Estação [kWh/ano]	38 102 948	Valores indicadores ERSAR	
Registos de inspeção/verificação ou manutenção preventiva dos grupos eletrobomba	Efetuados pela área de manutenção da empresa		
Eficiência energética da EE [kWh/(m ³ *100m)]	0,36	ano de referência:	2017
Registos de verificação ou calibração de medidores	Efetuados pela área de manutenção da empresa		

Figura 3.7 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Específica”, categoria “Informação de Condição e Desempenho”

Primeiramente é registado o volume total elevado nos últimos doze meses. Seguem-se o consumo energético anual e o indicador de eficiência energética, valores medidos pela EG, nas instalações elevatórias. Este indicador é calculado através da equação 3.1:

$$Eficiência\ energética = \frac{Energia\ Consumida}{Volume\ bombeado \times Altura\ manométrica} \times 100 \text{ [kWh}/(m^3 \cdot 100m)] \quad (3.1)$$

O referido indicador destina-se a avaliar o nível de sustentabilidade ambiental do serviço em termos da eficiência na utilização de recursos, no que respeita à adequada utilização dos recursos energéticos, enquanto bem escasso que exige uma gestão racional. É definido como o consumo de energia médio normalizado das instalações elevatórias. (ERSAR e LNEC, 2017)

O referido indicador traduz-se um resultado entre 0 e 5, cuja eficiência é avaliada segundo valores de referência indicados na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Valores de referência para o indicador energético

Indicador	Intervalo de valores	Eficiência (%)
Qualidade do serviço boa	[0,27; 0,40]	Eficiências médias entre 68 e 100%
Qualidade do serviço mediana]0,40; 0,54]	Eficiências médias entre 50 e 68%
Qualidade do serviço insatisfatória]0,54; 5,00[Eficiências médias inferiores a 50%

Note-se que este indicador de medida do desempenho não estava previsto na informação específica da infraestrutura, porém, entendeu-se ser útil neste tipo de instalações (para EEAA), pelo que o mesmo foi incorporado na ficha.

A restante informação patente na Figura 3.7, como por exemplo o registo do número de horas de funcionamento dos grupos eletrobomba, não foi objeto de análise no presente trabalho.

3.4.1.6 Informação específica para a estação elevatória de abastecimento – Custos

A informação registada na última subárea da Ficha de Inventário e Cadastro é apresentada na Figura 3.8.

2.3. CUSTOS (Ano de referência: 2017)			
Valor atual [€] (C.C. / Equipamento)	2.843.847,55 €	2.110.155,89 €	
Custo de substituição [€] (C.C. / Equipamento)	4.031.066,75 €	6.867.355,88 €	
Índice de Valor da Infraestrutura (IVI)	0,45		
Custos globais de energia [€/ano] (Valor s/IVA)	2.691.718,75 €		

Figura 3.8 – Ficha de Inventário e Cadastro da Estação Elevatória Final da ETA de Lever: classe “Informação Específica”, categoria “Informação de Custos”

São apresentados os custos atuais e de substituição, quer para os elementos de construção civil quer para os equipamentos. Para além disto, também se apresentam os custos globais de energia elétrica.

De referir que, o custo de substituição é o custo de substituir a infraestrutura, no ano em estudo, por outra com as mesmas características. Enquanto que, o valor atual é o custo da infraestrutura na situação atual tendo em conta a depreciação técnica. (Moreira, 2018)

Apesar do CEGA, 2017, não abordar o cálculo do IVI – índice de valor da infraestrutura, entendeu-se adequado incorporá-lo na informação específica de cada EE, pelas razões que se expõem em seguida.

A avaliação da deterioração de uma infraestrutura, através da avaliação do custo, pode ser realizada com a utilização do Índice de Valor da Infraestrutura (IVI), proposto por Alegre, 2008.

Dividindo, o valor atual dos ativos pelo correspondente valor de substituição, obtém-se o IVI, que se calcula através da equação 3.2:

$$IVI(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \left(cs_{i,t} \cdot \frac{vr_{i,t}}{vu_i} \right)}{\sum_{i=1}^N cs_{i,t}} \tag{3.2}$$

Onde:

t – Ano de referência em que se está a fazer a avaliação (2017);

$IVI(t)$ – Índice de valor da infraestrutura no ano t ;

N – Número total de ativos;

$cs_{i,t}$ – Custo de substituição do ativo i no ano t (€);

$vr_{i,t}$ – Vida útil residual do ativo i no ano t (ano);

$vu_{i,t}$ – Vida útil técnica total do ativo i (ano).

O IVI representa o grau de juventude, maturidade ou envelhecimento de uma infraestrutura, sendo dado pela razão entre o valor atual da infraestrutura e o respetivo valor de substituição. Este índice, toma valores entre 0 e 1, constituindo uma medida adequada para definir metas relativas a critérios de sustentabilidade infraestrutural (Almeida e Cardoso, 2010). A interpretação dos valores do IVI pode ser efetuada de acordo com a Figura 3.9.

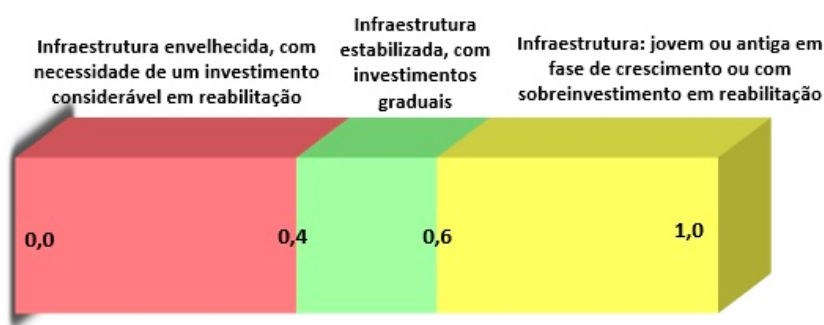


Figura 3.9 – Gama de valores que o IVI pode tomar relativamente à infraestrutura (Moreira, 2017)

No caso da EE Final da ETA de Lever, obteve-se um valor de IVI de 0,45, o que indica que a infraestrutura está estabilizada.

De acordo com o Guia da ERSAR nº 22 (ERSAR e LNEC, 2017) o desenvolvimento do IVI nos serviços de abastecimento de água tem os seguintes objetivos, entre outros:

- (i) Identificar o grau de envelhecimento das infraestruturas;
- (ii) Permitir às entidades gestoras planear o investimento a longo prazo;
- (iii) Apoiar a regulação económica nos serviços de águas.

Uma parte importante do cálculo do IVI é a definição da vida útil dos ativos dos sistemas. Segundo Alegre e Matos (2015), determinar a vida útil de um ativo não é uma tarefa fácil porque os ativos não “morrem”. A vida útil termina quando o ativo não é mais adequado ao seu serviço, devido à sua condição, capacidade, facilidade de operação e manutenção, ao equilíbrio relativo entre os custos de risco e renovação, entre outros. Sendo assim, não existe um critério de forma a determinar, por cálculo, o fim de vida dos ativos.

De acordo com o Guia ERSAR nº 23, Covas D. *et al.* 2017, em consulta pública, a vida útil técnica corresponde ao período, após a instalação, durante o qual o componente cumpre a função a que se destina. Para tal, foram analisadas as datas de construção das EEAA e recorreu-se aos parâmetros propostos do referido Guia com intuito de se adequarem as datas à vida útil técnica recomendada.

Tipo de componente	Vida útil contabilística (DR 25/2009, Art. 3.º)	Vida útil técnica			
	Valor mínimo (tabelado)	GT 16*	USEPA**	NSW***	Recomendada
Construção civil					
Edifícios (geral)	25	40-50	60-75	-	60
Reservatórios				100 (edifício)	60
Apoiados ou elevados	25	50	60-75	40 (cobertura)	
Subterrâneos	40				
Estações elevatórias					
Águas abastecimento	-	-	-	50	60
Águas residuais	-	-	-	70	40
Condutas (geral)	-	40	60	80 (novas); 50 (entub.)	50
Ferro fundido dúctil e aço	20	60	-	40	60
Betão	20	50	-	45	50
Policloreto de vinilo (PVC)	-	45	-	70	40
Polietileno (PE)	-	45	-	70	50
Fibrocimento (FC)	16	30	-	45	40
Grés	20	50-60	-	70	60
Entubamento Rígido (AA)	-	-	-	50	50
Entubamento Tela (AR)	-	-	-	-	40
Instalações de tratamento					
Águas abastecimento	-	-	-	70	60
Águas residuais	-	-	-	50	40
Equipamento					
Equipamento eletromecânico	8	20	35-40	25	20-25 (AA) 10-15 (AR)
Válvulas	8	20	30	30	
Instalações elétricas	8	15	35	30	
Equipamento de medida e de controlo	8	15	25	30	15-20 (AA) 10-15 (AR)
Equipamento de tratamento	9	15-20	25	20-30	10-15

Notas:

AA : Sistemas de abastecimento de água

AR : Sistemas de drenagem de águas residuais

* Fonte: Alegre e Covas, 2010, Guia técnico nº 16 ERSAR, www.ersar.pt

** Fonte: USEPA GHD Asset Management Training Workshops 2006, www.epa.gov

*** Fonte: NSW Reference Rates Manual - Valuation of Water Supply, Sewerage and Stormwater Assets, 2014, www.water.nsw.gov.au.

Figura 3.10 – Vida média útil técnica por tipo de componente (Fonte: Covas D. *et al.*)

Como se pode observar na Figura 3.10, as vidas úteis dependem do tipo e da natureza dos componentes. Em estações elevatórias de abastecimento de água, a vida útil recomendada, pelo Guia ERSAR nº 23, é de 60 anos para a construção civil e de 20 a 25 anos para o equipamento de AA – abastecimento de água.

3.4.2 Matrizes de Risco de Falha

3.4.2.1 Introdução

O risco é a vertente (das três anteriormente indicadas no subcapítulo 2.3.2 – custo, desempenho e risco) menos tangível por ser a mais difícil de quantificar, pelo que importa clarificar o respetivo conceito no âmbito de um sistema de gestão de ativos.

É frequente definir-se risco como sendo a probabilidade de ocorrência de um determinado evento com consequências adversas (Luís, 2015). Em termos quantitativos, o risco R pode ser entendido como o produto da probabilidade, P, pela consequência, C, associadas a determinado evento, ou ação (equação 3.3).

$$R = P \times C \quad (3.3)$$

Esta definição suscita, desde logo, algumas conclusões, as quais constituem regras básicas em matéria de gestão do risco (CEGA, 2017):

- Quando nos referimos a “risco” é necessário identificar o evento a que ele está associado;
- Um mesmo evento pode ter diversas consequências associadas, importando, por isso, ter em conta qual a consequência que se está a considerar;
- O “risco” de um evento tem um par (P, C) associado, o que corresponde a definir a probabilidade de ocorrer o evento e a consequência associada a essa ocorrência.

No âmbito da gestão de ativos, a análise de risco de falha de um ativo – a falha do ativo é o evento a caracterizar em termos de risco – requer um conjunto de informação de base, associado ao conhecimento real e efetivo da condição do ativo (inspeções), do seu desempenho (registo de avarias, consumo de energia, entre outros) e da sua criticidade (importância relativa do ativo no sistema em que se insere). Com efeito, os dois primeiros *inputs* (condição e desempenho) são fundamentais para avaliar a probabilidade de falha do ativo, enquanto o último (criticidade) permite aferir as respetivas consequências.

Na conceção do sistema de gestão de ativos, para além da estrutura da informação base, dos objetivos e indicadores que tenham sido definidos, devem também ser consideradas e integradas ferramentas de apoio à análise e à decisão. De entre todas as ferramentas deste tipo, as “matrizes de risco” – também denominadas “matrizes multicritério” – estarão, porventura, entre as mais utilizadas. As matrizes de risco permitem comparar – de uma forma visualmente apelativa e de interpretação muito intuitiva – as avaliações de um conjunto de entidades de idêntica natureza segundo duas, e apenas duas, perspetivas. Porém, como cada uma destas perspetivas resulta da composição de avaliações em termos de vários critérios devidamente ponderados, as matrizes de risco são ferramentas de análise multicritérios.

A representação gráfica das avaliações atribuídas a cada entidade é feita sobre um plano coordenado, em que cada um dos eixos é associado a uma das perspetivas de avaliação. Cada entidade será representada, neste plano coordenado, por um ponto. A análise visual da nuvem de pontos assim obtida permitirá identificar, com facilidade, duas regiões: a região onde se situam os ativos mais problemáticos e a região onde se situam os ativos que inspiram maior confiança. Sobre o plano coordenado, estas duas regiões estarão sempre em quadrantes diametralmente opostos. A síntese das avaliações obtidas em termos de

cada um dos critérios considerados, complementada com a análise visual que foi descrita período anterior, permite selecionar e priorizar os investimentos a efetuar nos ativos.

A interpretação de uma matriz de risco deve ser sempre acompanhada por técnicos operacionais experimentados e conhecedores da realidade em análise. Garante-se, desta forma, que no processo de avaliação seja incorporada a componente técnica e operacional. Para além de validar os resultados, esta forma de atuar irá contribuir para melhor aferir pesos e ponderações, aumentando a eficácia e a credibilidade do processo de decisão. (CEGA, 2017)

Nos dois subcapítulos seguintes são apresentadas, em forma de tabelas, as sugestões da APDA para os critérios de avaliação, bem como os respetivos indicadores, a utilizar na análise do risco de falha em estações elevatórias “em alta”. (CEGA, 2017). De acordo com este documento, deverão ser duas as análises a efetuar a este tipo de infraestruturas: uma análise incidirá sobre os componentes de “Construção Civil” e a outra sobre os “Equipamentos”, ou seja, sobre os componentes eletromecânicos.

3.4.2.2 Critérios de avaliação para Construção Civil

Relativamente à análise de risco de falha associada a componentes de construção civil, os critérios e indicadores utilizados foram os patentes na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Critérios de avaliação do risco de falha das EEAA motivada pelos elementos de construção civil (Fonte: CEGA, 2017)

	Critério	Indicador	Peso	Métrica	Pontuação
Funcionalidade (Probabilidade)	Avaliação Estrutural	Nota da Inspeção	80%	Muito bom	1
				Bom	2
				Razoável	3
				Mau	4
				Muito mau	5
	Implicação na Operação	Gravidade do Impacto	20%	Sem gravidade	1
				Pouco grave	3
				Grave	4
				Muito grave	5
				Criticidade (Consequência)	Relevância
(*)	2				
(*)	3				
(*)	4				
(*)	5				
Redundância	Alternativa de Elevação	25%	Total		1
			Total/Parcial		2
			Parcial		3
			Não/Parcial		4
			Não		5

(*) As métricas são definidas pela EG, em função da sua dimensão e volume anual elevado.

3.4.2.2.1 Funcionalidade

A funcionalidade, ou probabilidade de falha, resulta da avaliação dos componentes de construção civil da estação elevatória em termos dos seguintes critérios:

- **Avaliação estrutural** – com um peso de 80%, foi alvo de caso de estudo do autor. Esta avaliação é traduzida quantitativamente pela nota da inspeção, derivada do preenchimento das Fichas de Avaliação da AdP, expostas no capítulo seguinte;
- **Implicação na operação** - tem peso de 20%. Traduz a gravidade do impacto para a construção civil. A pontuação dada revela se a patologia existente, provoca de alguma forma, gravidade na operação na elevatória.

A funcionalidade é, então, expressa através da equação 3.4:

$$\text{Funcionalidade} = \text{Nota da Inspeção} \times 0.80 + \text{Gravidade no Impacto} \times 0.20 \quad (3.4)$$

3.4.2.2.2 Criticidade

A criticidade, ou consequência da falha, divide-se em relevância e redundância: a relevância é expressa em função do volume anual elevado, tendo por base os dados de Exploração da EG em 2017, já a redundância é definida em função da existência de alternativas de elevação.

Pela equação 3.5, mostra-se o cálculo da criticidade:

$$\text{Criticidade} = \text{Volume Anual Elevado} \times 0.75 + \text{Alternativa de elevação} \times 0.25 \quad (3.5)$$

Para o indicador de volume anual elevado definiu-se a métrica (Tabela 3.5) para os cinco patamares, com pontuações de 1 a 5, sendo que o patamar menos crítico exprime um valor inferior, ou igual a 0,1 e o superior expressa um volume superior a 10. Na tabela seguinte apresenta-se a métrica alcançada, com unidades definidas em milhões de metros cúbicos.

Tabela 3.5 – Métrica de relevância no sistema

Escala da métrica	Pontuação
Volume $\leq 0,1 \text{ Mm}^3$	1
$0,1 \text{ Mm}^3 < \text{Volume} \leq 1 \text{ Mm}^3$	2
$1 \text{ Mm}^3 < \text{Volume} \leq 5 \text{ Mm}^3$	3
$5 \text{ Mm}^3 < \text{Volume} \leq 10 \text{ Mm}^3$	4
Volume $> 10 \text{ Mm}^3$	5

3.4.2.3 Critérios de avaliação para Equipamentos

Na Tabela 3.6 apresentam-se os critérios e indicadores relativos à análise de risco de falha das EEAA motivadas pelos equipamentos eletromecânicos. Nota-se que os referidos critérios e indicadores utilizados para a avaliação em termos da criticidade (consequência da falha) são idênticos aos apresentados para a construção civil.

Tabela 3.6 – Critérios de avaliação do risco de falha das EEAA motivada pelos componentes eletromecânicos (fonte: CEGA, 2017)

	Critério	Indicador	Peso	Métrica	Pontuação
Funcionalidade (Probabilidade)	Desempenho real	Grau de Obsolescência	20%	Sem problemas	1
				Dificuldade na obtenção de peças de reserva	3
				Descontinuados	5
		Número de Anomalias	30%	Impacto reduzido	1
				Impacto médio	3
				Impacto elevado	5
		Adequação à Exploração	50%	Adequado	1
				Adequado com limitações	3
				Não adequado	5
Criticidade (Consequência)	Relevância	Volume Anual Elevado [m ³]	75%	(*)	1
				(*)	2
				(*)	3
				(*)	4
				(*)	5
	Redundância	Alternativa de Elevação	25%	Total	1
				Total/Parcial	2
				Parcial	3
				Não/Parcial	4
				Não	5

(*) As métricas são definidas pela EG, em função da sua dimensão e volume anual elevado.

3.4.2.3.1 Funcionalidade

A funcionalidade apresenta, na matriz de risco de equipamentos, um só critério – desempenho real. Este divide-se em três indicadores:

- i. Grau de obsolescência, com um peso de 20%;
- ii. Número de anomalias, com um peso de 30%;
- iii. Adequação à exploração, com um peso de 50%.

Apresenta-se o cálculo da funcionalidade através da expressão 3.6:

$$\text{Funcionalidade} = \text{Grau de obsolescência} \times 0.20 + \text{Número de Anomalias} \times 0.30 + \text{Adequação à Exploração} \times 0.50 \quad (3.6)$$

3.4.2.3.2 Criticidade

A criticidade para os equipamentos toma os mesmos critérios e a mesma métrica que foi concebida para a construção civil, a qual se calcula através da equação 3.5.

CAPÍTULO 4

AS INSPEÇÕES ÀS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DA AdDP

Este capítulo irá abordar a avaliação do desempenho, mais propriamente a avaliação da aptidão funcional das estações elevatórias. O desempenho, que está associado aos níveis de serviço assegurados pelos ativos, deverá ser avaliado através de inspeções visuais (referidas no subcapítulo 2.4) a incidirem nos elementos da construção civil e dos equipamentos.

As visitas às instalações decorreram entre os dias 12 de março e 18 de abril de 2018. Antecipadamente foram preparadas as visitas, em gabinete, com o intuito de recolher toda a informação necessária a partir de projetos de execução, telas finais de obra, dados de caudais elevados, anomalias e consumos energéticos. O autor colaborou ativamente em todas estas atividades.

Em fase posterior às inspeções, após a análise das estações elevatórias, teve lugar o preenchimento de fichas de inspeção, nas quais foi vertida toda a informação recolhida *in situ*, complementada com a informação relevante recolhida em gabinete. Tudo isto servirá de base à elaboração da análise de risco que irá ser apresentada no capítulo seguinte.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

A empresa de acolhimento possui, de acordo com o Contrato de Concessão do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Sul do Grande Porto, vinte e cinco estações elevatórias em regime de exploração e em serviço. Todas estas EEAA foram visitadas pelo autor no âmbito do seu estágio curricular. Para além destas vinte e cinco EEAA, existe mais uma que se encontra fora de serviço e que, por isso, não foi visitada. A AdDP tem, em fase de projeto, duas novas EEAA.

4.1.1 Localização Geográfica

As elevatórias estão situadas em 3 sistemas de abastecimento distintos: Lever, Vale do Sousa e Baixo Tâmega. O sistema de Lever divide-se em dois subsistemas: Lever Norte e Lever Sul; o sistema de Vale do Sousa reparte-se entre Norte e Paiva; o sistema de Baixo Tâmega apenas tem um subsistema: Baixo Tâmega Ovil. O mapa da Figura 4.1 mostra a localização das vinte e cinco EEAA em operação.

Tabela 4.1 – Listagem das Estações Elevatórias em estudo

Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 – Final da ETA de Lever
			E02 – Lagoa
			E03 – Seixo Alvo
			E05 – S. Vicente de Louredo
			E07 – Escariz
			E11 – S. João de Ver
			E14 – Milheirós de Poiares
	E16 – Mozelos		
	Lever Norte	1-LV-104-106	E20 – Jovim
			E21 – Ramalde
E23 – Vale Ferreiros			
E25 – Feiteira			
Vale do Sousa	Vale do Sousa Paiva	1-VS-105-106	E30 – Final da ETA de Castelo de Paiva
			E31 – Cunha
			E33 – Louredo (Paredes)
	Vale do Sousa Norte	1-VS-106-106	E35 – Final da ETA Ferreira
			E40 – Quinta do Tapado
			E43 – Final da ETA do Ferro
			E44 – Pombeiro de Ribavizela
			E45 – Santa Eulália
			E46 – Cova da Lixa
			E47 – Figueiró
E48 – Sete Casas			
E49 – Avelal			
Baixo Tâmega	Baixo Tâmega Ovil	1-BT-107-106	E60 – Final da ETA de Pousada-Gôve

4.2 METODOLOGIA E DESCRIÇÃO DAS INSPEÇÕES

As últimas inspeções realizadas às EEAA da AdDP datavam de 2014, pelo que a empresa de acolhimento entendeu conveniente mandar proceder a novas inspeções, de modo a que pudessem ser detetadas todas as situações anómalas que, entretanto, se tivessem manifestado. Neste capítulo será apresentada a metodologia aplicada pelo autor a todo o trabalho inspetivo que realizou durante o seu estágio na AdDP.

Cronologicamente, as primeiras inspeções incidiram sobre as EEAA do subsistema de Lever Norte (em termos geográficos estas são as infraestruturas mais próximas do edifício sede da AdDP), às quais se seguiram, por ordem, as EEAA de Lever Sul, Vale do Sousa Paiva, Baixo Tâmega Ovil e, por fim, as EEAA do subsistema de Vale do Sousa Norte.

Foram realizadas inspeções visuais efetuadas com base em “*check lists*” previamente definidas em gabinete. Desta forma criou-se uma rotina de procedimentos que foi aplicada a toda as infraestruturas inspeccionadas, com o objetivo de garantir coerência entre as inspeções. Seguidamente será apresentada

a *check list* utilizada em todas as inspeções, tomando como exemplo a inspeção realizada à EE de Vale Ferreiros, pertencente ao subsistema de Lever Norte.

4.2.1 Inspeção exterior: elementos de Construção Civil

A inspeção tinha início com a avaliação, efetuada pelo exterior, dos elementos de construção civil, com o objetivo de detetar fissuras ou quaisquer outras anomalias observáveis à vista desarmada (Figura 4.2).



a) Alçado principal



b) Alçado posterior



c) Alçado lateral

Figura 4.2 – Exemplo de inspeção exterior

4.2.2 Inspeção interior: elementos de Construção Civil

Uma vez no interior do edifício da estação elevatória, procedia-se à avaliação do espaço interior em termos de Construção Civil, sendo registadas todas as anomalias visíveis (Figura 4.3).



a) Vista geral interior



b) Pormenor de pilar com capitel



c) Pormenor de parede interior

Figura 4.3 – Exemplo de inspeção interior

4.2.3 Inspeção interior: equipamentos de elevação

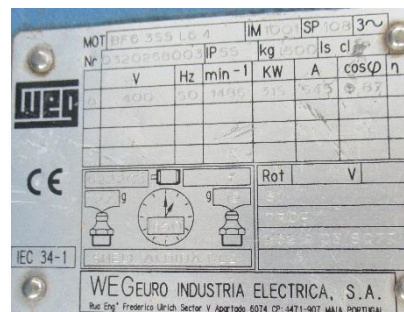
Seguidamente procedia-se à inspeção visual dos grupos eletrobomba (bombas centrífugas e respetivos motores) e registavam-se, cuidadosamente, todas as características destes equipamentos (Figura 4.4).



a) Grupos eletrobomba



b) Informação da bomba



c) Informação do motor

Figura 4.4 – Exemplo de inspeção aos equipamentos de elevação

4.2.4 Inspeção interior: equipamentos acessórios

Era também verificado o estado de conservação aparente dos equipamentos acessórios, nomeadamente reservatórios de ar comprimido e em equipamentos de movimentação de cargas. Quando existente, era também verificado o gerador de emergência.



a) Conduitas, válvulas e acessórios



b) Motores e compressores do RAC



c) Equipamentos de movimentação de cargas

Figura 4.5 – Exemplo de inspeção de equipamentos acessórios

4.2.5 Inspeção interior: outros equipamentos elétricos

Eram inspecionados todos os equipamentos elétricos ainda não verificados, com o intuito de se verificar se estavam em funcionamento, se se encontravam em espaços devidamente confinados e se estavam livres de humidades. Verificavam-se também os variadores de velocidade, quadros elétricos e posto de transformação (Figura 4.6).

4.3.1.1 Fissuras



a) Fissura interior, junto a elemento fenestrado

b) Fissura horizontal no exterior do edifício

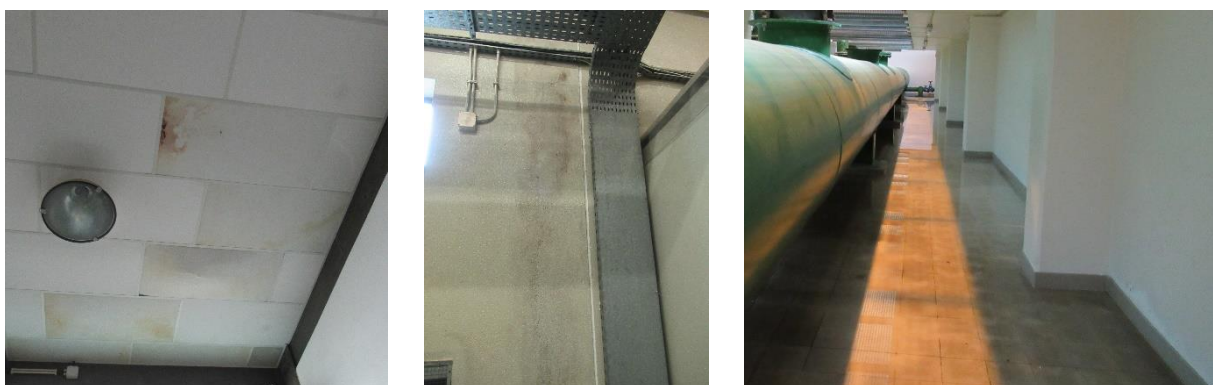
c) Fissura oblíqua no exterior do edifício

Figura 4.8 – Exemplos de fissuras em elementos de construção civil

Esta patologia, ilustrada na Figura 4.8, manifesta-se com maior exuberância nas seguintes EEAA:

- a. Mozelos;
- b. Final da ETA de Pousada-Gôve;
- c. Final da ETA do Ferro.

4.3.1.2 Infiltrações



a) Infiltração pela cobertura

b) Infiltração na parede

c) Infiltração eventualmente devida à subida de níveis freáticos ou a fenómenos de capilaridade

Figura 4.9 – Exemplos de infiltrações em elementos de construção civil

Este tipo de patologia, ilustrada na Figura 4.9, ocorre principalmente nas seguintes EEAA:

- a) Feiteira;
- b) Pombeiro de Ribavizela;
- c) Lagoa.

4.3.1.3 Eflorescências

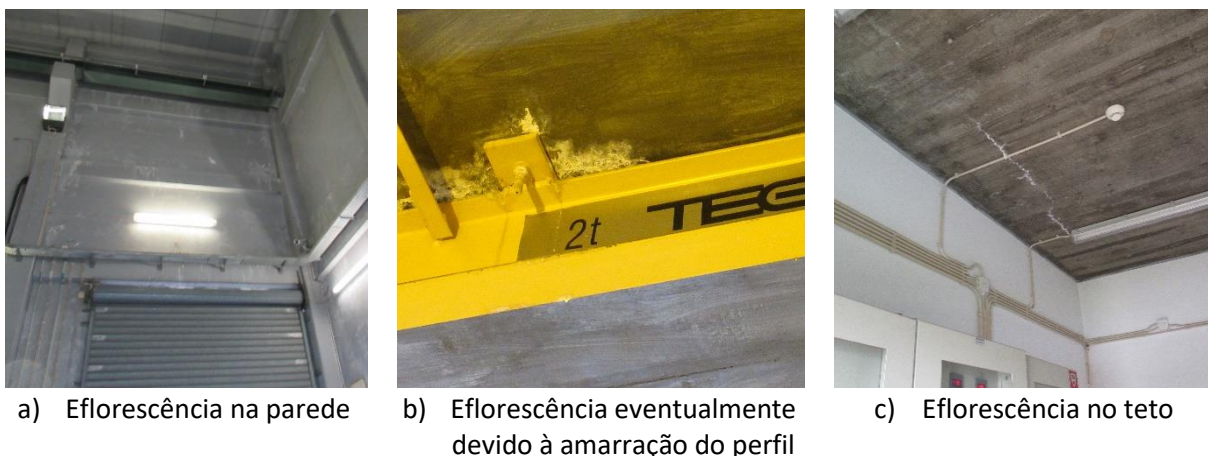


Figura 4.10 – Exemplos de eflorescências

As principais manifestações deste tipo de patologia, ilustradas na Figura 4.10, ocorrem principalmente nas seguintes EEAA:

- a) Final da ETA de Lever;
- b) Santa Eulália;
- c) Louredo (Paredes).

4.3.1.4 Destacamento de revestimento exterior



- a) Destacamento de revestimento na EEAA de Vale Ferreiros b) A mesma anomalia na EEAA de Santa Eulália

Figura 4.11 – Exemplos de destacamento de revestimento exterior

4.3.2 Patologias em equipamentos

Conforme já foi referido atrás, apenas foram efetuadas inspeções visuais. Este facto limita, muito significativamente, a profundidade das avaliações efetuadas, bem como o tipo de problemas passíveis de detetar. Face ao exposto, compreender-se-á que apenas tenham sido detetados, nas inspeções,

problemas relacionados com fenómenos de corrosão. Apresentam-se, na Figura 4.12, fotografias dos mais graves problemas de corrosão detetados nos grupos eletrobomba pertencentes a EE.



a) Corrosão no eixo (ETA do Ferro)



b) Corrosão nos apoios (ETA de Ferreira)



c) Corrosão generalizada (ETA de Castelo de Paiva)



d) Indícios de corrosão (ETA de Pousada-Gôve)

Figura 4.12 – Corrosão em grupos eletrobomba pertencentes a EE Finais de Estações de Tratamento de Águas

Todos os mais graves problemas de corrosão detetados nas inspeções ocorrem em EE finais de ETA. Não foram detetados fenómenos com idêntica gravidade nas restantes EE da AdDP. Este facto poderá ser explicado pela existência, na água que sai das ETA, de agentes químicos agressores (nomeadamente cloro) em concentrações bem mais elevadas do que as que existirão em zonas dos Sistemas de Abastecimento de Água situadas mais a jusante. A confirmar-se este diagnóstico, resulta ser imperativo adotar, nas EEAA que estejam próximas de ETA, cuidados redobrados no que diz respeito a ações de manutenção preventiva.

Em algumas EE foram também detetados fenómenos de corrosão em equipamentos acessórios, tal como se mostra na Figura 4.13.



- a) Corrosão em ventosa de duplo efeito (Final da ETA de Lever)
- b) Corrosão na junta entre a válvula e o atuador (EE de Lagoa)
- c) Corrosão nos manómetros de pressão (EE de S. João de Ver)

Figura 4.13 – Corrosão em equipamentos acessórios de EEAA

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS INSPEÇÕES

4.4.1 Caracterização por idade

As idades das instalações alvo de inspeção variam entre 4 anos (o caso das EEAA de Avelal e de Sete Casas) e os 29 anos (o caso da EEAA de Seixo Alvo). No gráfico da Figura 4.14 apresenta-se a distribuição das instalações inspecionadas por patamares de idades com 5 anos de amplitude.

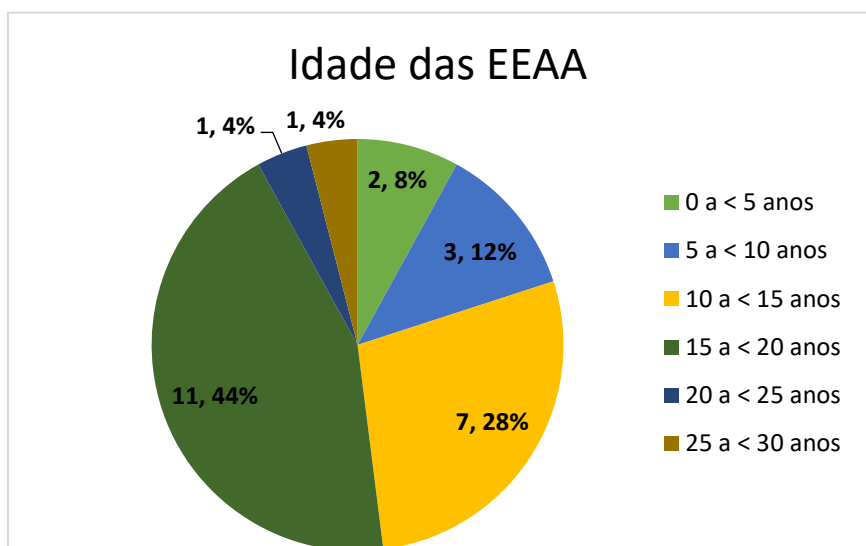


Figura 4.14 – Distribuição das EEAA da AdDP por classes de idade com cinco anos de amplitude

A faixa entre o 15 e os 20 anos, à qual pertencem 11 estações elevatórias, é a que contém o maior número de EEAA da AdDP. Das 25 EEAA da AdDP, 23 (ou seja, 92% do total) têm menos de 20 anos. A ERSAR recomenda, para componentes de construção civil, a consideração de uma vida útil técnica de 60 anos

(ver Figura 3.10). Portanto, no que diz respeito à construção civil, a esmagadora maioria das EE são ainda jovens, não tendo atingido ainda 1/3 da sua vida útil.

No que diz respeito aos equipamentos o panorama é um pouco diferente. Numa mesma EE da AdDP a idade dos equipamentos é, no máximo, idêntica à da construção civil. Assim, a ERSAR preconiza uma vida útil técnica de 25 anos para os equipamentos. Existem uma EEAA em que esta vida se torna limitada por esta classificação, sendo esta, a EE de Seixo Alvo que possui 29 anos. Este indicador, aliado ao facto de sempre terem existido manutenções periódicas dos equipamentos, permite supor que a vida útil dos equipamentos possa vir a prolongar-se no tempo, ultrapassando mesmo os limites preconizados pela ERSAR.

4.4.2 Caracterização por volumes elevados

Apresentam-se na Tabela 4.2, os volumes anuais elevados por cada EEAA da AdDP, bem como a relevância que, por esse facto, a cada uma delas foi atribuída, em concordância com a métrica definida Tabela 3.5, exposta no capítulo anterior.

Tabela 4.2 – Volumes anuais elevados pelas EEAA em 2017 e respetiva relevância

Estação Elevatória	Volume (m ³)	Relevância no sistema
E01 – Final da ETA de Lever	65.579.333	5
E20 – Jovim	55.918.405	5
E03 – Seixo Alvo	13.283.752	5
E21 – Ramalde	9.087.076	4
E40 – Quinta do Tapado	7.269.488	4
E02 – Lagoa	7.200.260	4
E23 – Vale Ferreiros	5.590.659	4
E11 – S. João de Ver	4.101.065	3
E47 – Figueiró	2.588.596	3
E14 – Milheirós de Poiares	1.823.052	3
E46 – Cova da Lixa	1.748.116	3
E05 – S. Vicente de Louredo	1.723.545	3
E33 – Louredo (Paredes)	1.533.850	3
E07 – Escariz	1.140.059	3
E45 – Santa Eulália	827.525	2
E30 – Final da ETA de Castelo de Paiva	643.495	2
E25 – Feiteira	586.464	2
E43 – Final da ETA do Ferro	502.411	2
E44 – Pombeiro de Ribavizela	502.411	2
E16 – Mozelos	458.365	2
E35 – Final da ETA Ferreira	457.056	2
E31 – Cunha	406.754	2
E48 – Sete Casas	149.070	2
E60 – Final da ETA de Pousada-Gôve	63.346	1
E49 – Avelal	54.743	1

Relativamente ao caudal elevado anualmente constata-se a existência de grandes diferenças entre as instalações. A EG possui três EEAA que elevam volumes superiores a 10 milhões de m³ por ano, estas são: a EE Final da ETA de Lever, a EE de Jovim e a EE de Seixo Alvo. Por sua vez, encontram-se onze EEAA com volumes elevados inferiores a um milhão de m³.

Com propósito de se ter outra visão da distribuição da Tabela 4.2, que se encontra ordenada em valores decrescentes, concebeu-se o gráfico da Figura 4.15.

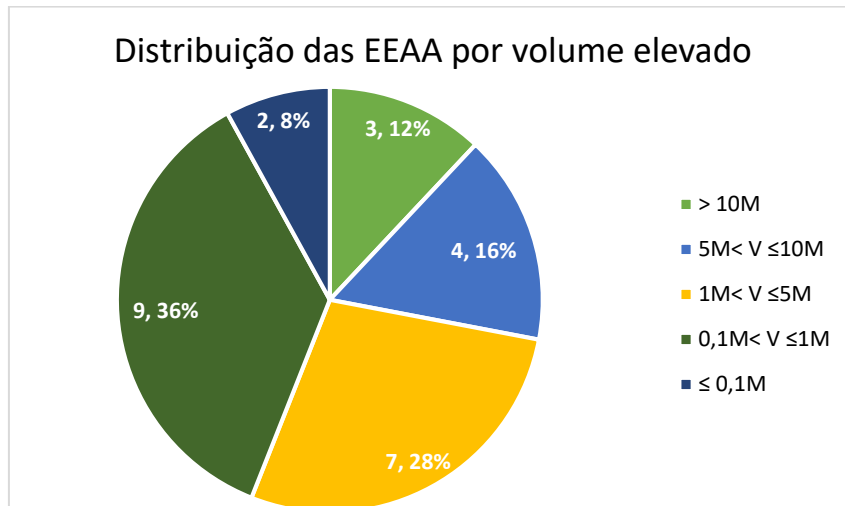


Figura 4.15 – Distribuição das EEAA da AdDP por classes de volume anual elevado (milhão de m³) em 2017

4.4.3 Tipos de eletrobombas instaladas

Durante as visitas às instalações identificou-se serem quatro os tipos de grupos eletrobomba existentes nas EEAA da AdDP, a saber: bomba multicelular submersível com motor a seco, bomba monocelular de eixo horizontal com corpo bipartido, bomba multicelular de eixo horizontal e bomba multicelular de eixo vertical. Na Figura 4.16 é apresentado um exemplo de cada um destes quatro tipos de eletrobomba.



a) Bomba multicelular submersível com motor a seco



b) Bomba monocelular de eixo horizontal com corpo bipartido



c) Bomba multicelular de eixo horizontal

d) Bomba multicelular de eixo vertical

Figura 4.16 – Tipos de eletrobombas centrífugas da AdDP

Exposta esta visão geral de tipos de eletrobombas observa-se, no gráfico da Figura 4.17, que 80% das EE estão equipadas por bombas de apenas dois tipos: as multicelulares horizontais e as monocelulares de corpo bipartido. Este facto dever-se-á, provavelmente, ao facto de serem estes os tipos de bombas mais comuns no mercado. Existem 4 EE equipadas com bombas multicelulares de eixo vertical. Tecnicamente, estas bombas apenas diferem das bombas multicelulares de eixo vertical pela posição de montagem. Importa notar que a única EE equipada com bombas submersíveis é, de longe, a que apresenta o maior volume elevado. Este facto justifica serem 10 os grupos elevatórios deste tipo existentes na EE Final da ETA de Lever.

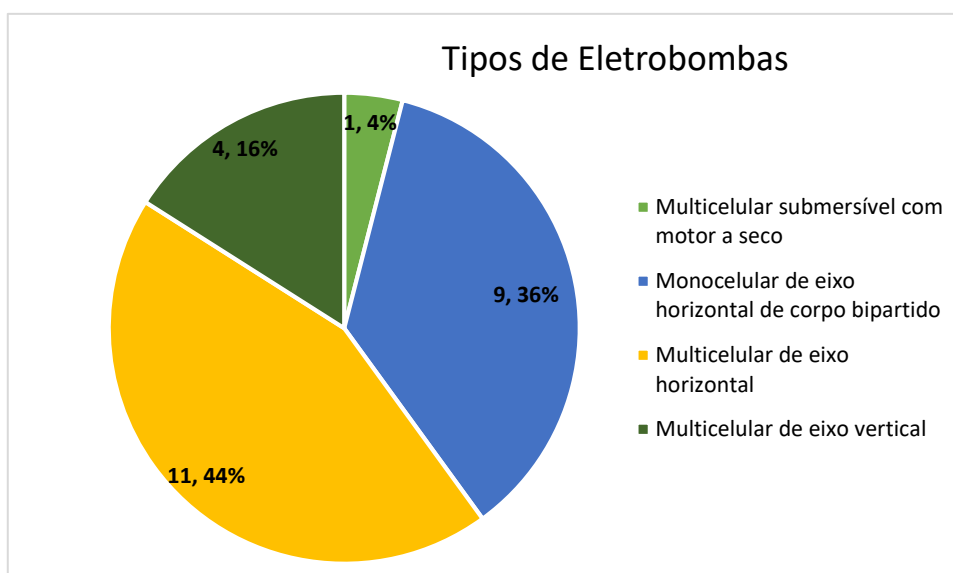
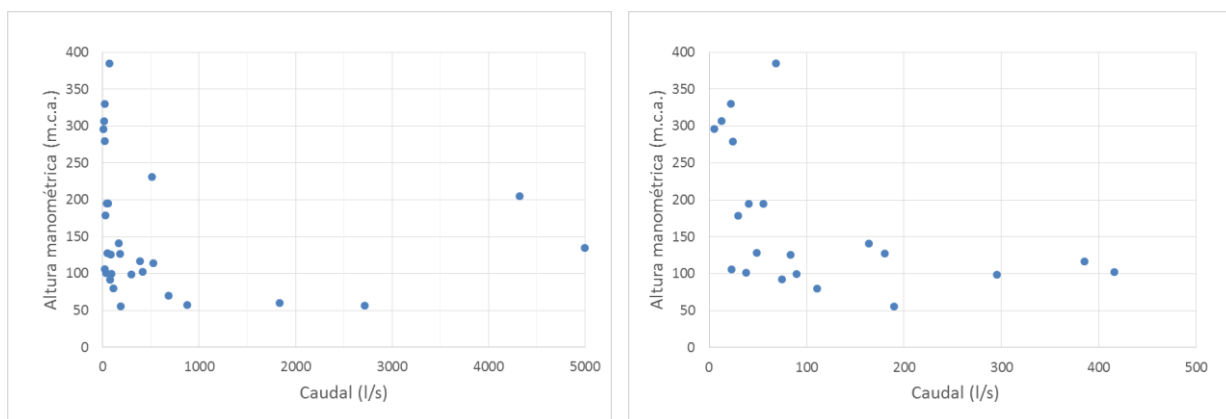


Figura 4.17 – Distribuição de tipo de eletrobombas centrífugas

Faz-se, também, uma análise pela relação de alturas de elevação por caudais elevados, exposta no gráfico da Figura 4.18. A gama de caudais varia de 5,3 a 5000 l/s e garantem alturas de 56 a 385 metros de elevação, refletindo a variadíssima gama de características dos grupos da AdDP.



a) Universo total de EAA

b) Detalhe para $Q_{elev} \leq 500$ l/s

Figura 4.18 – Particularidades das EAA da AdDP, relação H_{man}/Q_{elev}

4.4.4 Análise dos indicadores IVI e Eficiência Energética

Apresentam-se, na Tabela 4.3, os valores encontrados, em cada EAA da AdDP, para o respetivo indicador IVI e indicador de eficiência energética (ver 3.4.1.5 e 3.4.1.6).

Tabela 4.3 – Indicador IVI e Eficiência Energética

Estação Elevatória	IVI	Eficiência Energética
E01 - Final da ETA de Lever	0,45	0,36
E02 - Lagoa	0,40	0,38
E03 - Seixo Alvo	0,27	0,36
E05 - S. Vicente de Louredo	0,41	0,43
E07 - Escariz	0,52	0,41
E11 - S. João de Ver	0,40	0,36
E14 - Milheirós de Poiars	0,63	0,41
E16 - Mozelos	0,40	0,42
E20 - Jovim	0,35	0,30
E21 - Ramalde	0,75	0,34
E23 - Vale Ferreiros	0,51	0,31
E25 - Feiteira	0,53	0,35
E30 - Final da ETA de Castelo de Paiva	0,39	0,45
E31 - Cunha	0,39	0,54
E33 - Louredo (Paredes)	0,45	0,52
E35 - Final da ETA Ferreira	0,19	0,60
E40 - Quinta do Tapado	0,76	0,42
E43 - Final da ETA do Ferro	0,42	0,51
E44 - Pombeiro de Ribavizela	0,52	0,47
E45 - Santa Eulália	0,52	0,41
E46 - Cova da Lixa	0,69	0,49
E47 - Figueiró	0,76	0,46
E48 - Sete Casas	0,87	0,46
E49 - Avelal	0,87	0,70
E60 - Final da ETA de Pousada-Gôve	0,80	0,56

A consulta da Tabela 4.3 mostra existirem cinco EE com IVI inferiores a 0,4, o que é indício de serem infraestruturas envelhecidas. Existem doze instalações com resultados entre os 0,4 e 0,6, valores característicos de infraestruturas estabelecidas. As restantes oito instalações apresentam resultados de IVI superiores a 0,6, o que é característico de infraestruturas jovens.

Obtiveram-se resultados de boa eficiência energética em oito EE e níveis de média eficiência em mais catorze instalações. As três restantes EE apresentam valores do indicador de eficiência energética que indicam baixa eficiência energética. Estas três infraestruturas – EE final da ETA Ferreira, EE final da ETA de Pousada-Gôve e EE de Avelal – propõe-se que deverão ser alvo de intervenção tendo em vista a melhoria do rendimento dos grupos eletrobomba.

4.4.5 Notas de Inspeção

4.4.5.1 As componentes da avaliação global

A avaliação global do desempenho das infraestruturas de abastecimento de água da AdDP foi desenvolvida pelo autor tendo por base a metodologia descrita no Manual de Avaliação da Aptidão Funcional de Infraestruturas do Grupo AdP e, conseqüentemente, procedeu-se ao preenchimento das Fichas de Avaliação. Cada infraestrutura deverá ser avaliada em cada uma das três componentes seguintes:

- Performance (33,3%);
- Estado ou condição (33,3%);
- Segurança (33,3%).

4.4.5.2 Avaliação em termos de performance

Na componente Performance são avaliados os seguintes descritores relativos ao funcionamento da infraestrutura:

- i. Capacidade hidráulica;
- ii. Sustentabilidade do serviço, em termos de fiabilidade, gestão energética (pelo indicador ERSAR de eficiência energética) e ruído.

As avaliações dos vários descritores da componente Performance reportam-se aos dados do ano civil de 2017.

4.4.5.3 Avaliação em termos de estado

Na componente Estado ou condição são avaliados os seguintes descritores em termos de especialidades de engenharia:

- i. Construção Civil;
- ii. Equipamento eletromecânico;
- iii. Instrumentação e automação;
- iv. Condições de manutenção.

A avaliação dos descritores da componente Estado, ou Condição, reportam-se aos dados da inspeção visual e condições da infraestrutura, à data da visita de inspeção na qual o autor participou.

4.4.5.4 Avaliação em termos de segurança

Na componente Segurança a infraestrutura é avaliada em termos do cumprimento das especificações legais referentes a:

- i. Requisitos associados a equipamentos;
- ii. Prevenção e proteção em caso de emergência;
- iii. Controlo de riscos.

4.4.5.5 Exemplo de ficha de avaliação (EE de Seixo Alvo)

As fichas de avaliação utilizadas pelo autor nas inspeções das EEAA da AdDP seguem o modelo preconizado pela AdP. A título de exemplo é apresentada a ficha relativa à elevatória de Seixo Alvo (ver Figura 4.19 a Figura 4.23).

FICHA DE AVALIAÇÃO PARA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

INSTALAÇÃO	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE SEIXO ALVO E03		
CONCESSIONÁRIA	ÁGUAS DO DOURO E PAIVA, S.A.		
OBJETIVO	AVALIAÇÃO GLOBAL DO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
DATA DA VISITA À INSTALAÇÃO	28/03/2018		
PERÍODO DA AVALIAÇÃO	2017	OBS.	1 ano
INTERVENIENTES	Tiago Barreira		GAE
	Lígia Ramos		GAE
	Rego Costa		GAE
	Jorge Silva		EXP

AVALIAÇÃO GLOBAL DO DESEMPENHO		
	ESTADO GLOBAL	EXCELENTE
PERFORMANCE	5,00	NOVA OU REABILITADA
ESTADO OU CONDIÇÃO	4,89	
SEGURANÇA	5,00	
GLOBAL	4,96	
PERFORMANCE	A infraestrutura tem capacidade hidráulica adequada, assegura a sustentabilidade dos serviços prestados e apresenta excelentes condições de fiabilidade e robustez, demonstrando capacidade para solicitações futuras	
ESTADO OU CONDIÇÃO	O estado geral da infraestrutura é excelente, maioritariamente nova ou recentemente reabilitada. Um reduzido número de elementos apresenta sinal de deterioração geral requerendo atenção. A infraestrutura garante totalmente os requisitos/padrões de funcionalidade e resiliência.	
SEGURANÇA	A infraestrutura cumpre as exigências legais e regulamentares no que respeita às suas condições de segurança.	

Figura 4.19 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: Capa

INSTALAÇÃO		ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE SEIXO ALVO E03			
I. ENQUADRAMENTO					
I.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA INSTALAÇÃO					
I.1.1 GERAIS					
ANO DE ENTRADA EM FUNCIONAMENTO		1997	OBS.	Entrada em exploração real em 1999	
ANO DE ENTRADA EM EXPLORAÇÃO PELA CONCESSIONÁRIA		1985	OBS.	Integrada na EG	
TIPO DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA		Estação elevatória com reservatório		OBS.	
CAPACIDADE ELEVACÃO INSTALADA (SEM RESERVA)	856,0 L/s	57 m c.a.	N.º TOTAL DE GRUPOS (INCLUINDO RESERVA)		3+1
TIPO DE GRUPO(S) ELETROBOMBA(S)	Corpo bipartido	MARCA(S)	KSB bomba; WEG motor	MODELO(S)	OMEGA 250-480 A
I.1.2 UNIDADE FUNCIONAL DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA					
	UNIDADE FUNCIONAL	SIM	NÃO	N.º EQUIP.	OBS.
I.1.2.1	BY-PASS Á INSTALAÇÃO		x		
	FILTRAGEM		x		
	RESERVATÓRIO	x		2	2 células
	SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	x		1	Cloragem do Reservatório
	GRUPOS ELETROBOMBA	x		4	3 GEB 1989, 1 GEB 2009
	CONTROLO DE VELOCIDADE/ CAUDAL DOS GRUPOS ELETROBOMBA	x		4	1 por bomba
	VÁLVULAS (EQUIP. HIDROMECÂNICOS)	x			
	MEDIÇÃO CAUDAL	x			
	RESERVATÓRIO HIDROPNEUMÁTICO		x		
	DISPOSITIVO(S) DE PROTEÇÃO CONTRA O GOLPE DE ARIETE	x		1	Chaminé de Equilibrio
	GRUPO GERADOR DE EMERGÊNCIA	x			
	SISTEMA VENTILAÇÃO	x			
	SISTEMA DE NEUTRALIZAÇÃO DE GASES		x		
	CIRCUITOS HIDRÁULICOS	x			
	SISTEMAS DE MOVIMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	x		1	4,0 ton
	EDIFÍCIO (inclui instalações eléctricas gerais/ exclui quadros parciais)	x			
	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO	x			
I.1.2 DADOS DE BASE DE PROJETO (se aplicável, referente à última remodelação/reabilitação)					
		OBS.			
CAUDAL MÉDIO DIÁRIO	61 632 m3/dia	3 GEB, admitindo funcionamento de 20h/dia			
CAPACIDADE ELEVACÃO (TOTAL)	856 L/s				
ALTURA MANOMÉTRICA	m c.a.				
N.º GRUPOS INSTALADOS	4				
N.º GRUPOS DE RESERVA	1				
TIPO DE GRUPO(S) ELETROBOMBA(S)	Corpo bipartido	Centrifuga horizontal de corpo bipartido			
CAUDAL DE PONTA	856 L/s				
CARACTERÍSTICAS DO(S) DISPOSITIVO(S) CONTRA O GOLPE DE ARIETE					
VOLUME	84,7 m3	Cota de fundo de descarga = 246,6m			
PRESSÃO DE SERVIÇO	1,0 atm	Cota descarregadora Troplain = 268,9m			
		Altura (estimada) = 22,3m			
		Diâmetro interior (estimado) = 2,2m			

Figura 4.20 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: Enquadramento

INSTALAÇÃO		ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE SEIXO ALVO E03				
2. DIAGNÓSTICO DA APTIDÃO DA INSTALAÇÃO						
2.1 PERFORMANCE DA INSTALAÇÃO						
2.1.1 CAPACIDADE HIDRÁULICA						
2017	CAUDAL ELEVADO (valores médios mensais do período de análise)	m ³ /dia	36 394	ESTADO	Satisfatório	OBS. <i>Satisfatório</i>
	CAUDAL MÉDIO DIÁRIO - MÊS DE MAIOR CONSUMO (Q _{mmc})	m ³ /dia	40 445	ESTADO	Satisfatório	OBS. <i>Agosto</i>
	N.º DE OCORRÊNCIAS DE PARAGENS POR SOBREDIMENSIONAMENTO DOS GRUPOS ELETROBOMBA OU SUBDIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO ASSOCIADO	nº/ano	0	ESTADO	Satisfatório	OBS. <i>Satisfatório; Insatisfatório</i>
2.1.2 SUSTENTABILIDADE DO SERVIÇO						
2017			ESTADO	OBS. <i>Satisfatório; Insatisfatório; Não Aplicável</i>		
	FIABILIDADE DA INSTALAÇÃO EM TERMOS DE SERVIÇO		Satisfatório			
	GESTÃO ENERGÉTICA		Satisfatório	O funcionamento da instalação tem em conta o tarifário energético		
	GESTÃO DE RESÍDUOS (ATIVIDADES DE O&M)		Satisfatório	No local verificou-se a adequada separação de resíduos e limpeza da instalação		
	MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE (se aplicável)		Satisfatório	Verificado no LAV 012 R1 Higiene Ocupacional e Ruído Ambiente		
2.1.3 FIABILIDADE/ DISPONIBILIDADE POR UNIDADE FUNCIONAL						
	UNIDADE FUNCIONAL		FUNC. OPERACIONAL	DISPONIBILIDADE/ROBUSTEZ	REDUNDÂNCIA EQUIP.	OBS. <i>Bom; Satisfatório; Aceitável; Insatisfatório; Não aplicável</i>

	RESERVATÓRIO		Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	
	SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA		Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	
	GRUPOS ELETROBOMBA		Bom	Elevada	Existente	
	CONTROLO DE VELOCIDADE/ CAUDAL DOS GRUPOS		Bom	Elevada	Não aplicável	
	VÁLVULAS (EQUIP. HIDROMECÂNICOS)		Bom	Elevada	Não aplicável	
	MEDIÇÃO CAUDAL		Bom	Elevada	Não aplicável	

	DISPOSITIVO(S) DE PROTEÇÃO CONTRA O GOLPE DE ARIETE		Bom	Elevada	Não aplicável	
	GRUPO GERADOR DE EMERGÊNCIA		Bom	Elevada	Não aplicável	
	SISTEMA VENTILAÇÃO		Bom	Elevada	Não aplicável	

	CIRCUITOS HIDRÁULICOS		Bom	Elevada	Não aplicável	
	SISTEMAS DE MOVIMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS		Bom	Elevada	Não aplicável	
	EDIFÍCIO (inclui instalações eléctricas gerais/ exclui quadros parciais)		Bom	Elevada	Não aplicável	
	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO		Bom	Elevada	Não aplicável	

Figura 4.21 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: descritor Performance

2.2 ESTADO OU CONDIÇÃO DA INSTALAÇÃO						
2.2.1 INSPEÇÃO VISUAL						
	UNIDADE FUNCIONAL	C. CIVIL	EQUIP. ELETROM.	INST. ELÉTRICAS	INSTRUM / AUTOM	OBS. <i>Bom; Satisfatório; Aceitável; Insatisfatório; Não aplicável</i>

	RESERVATÓRIO	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	
	SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	
	GRUPOS ELETROBOMBA	Bom	Bom	Bom	Bom	
	CONTROLO DE VELOCIDADE/ CAUDAL DOS GRUPOS			Bom		
	VÁLVULAS (EQUIP. HIDROMECÂNICOS)	Bom	Bom	Bom	Bom	Válvulas com atuadores elétricos
	MEDIÇÃO CAUDAL				Bom	

2.2.1	DISPOSITIVO(S) DE PROTEÇÃO CONTRA O GOLPE DE ARIETE		Bom	Bom	Bom	
	GRUPO GERADOR DE EMERGÊNCIA		Bom		Bom	
	SISTEMA VENTILAÇÃO		Aceitável			Corrosão no ventilador

	CIRCUITOS HIDRÁULICOS	Bom	Bom			
	SISTEMAS DE MOVIMENTAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	Bom	Bom	Bom		
	EDIFÍCIO (inclui instalações eléctricas gerais/ exclui quadros parciais)	Bom		Bom		
	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO	Bom	Bom	Bom		

2.2.2 CONDIÇÕES DE MANUTENÇÃO						
		ESTADO	OBS. <i>Satisfatório; Insatisfatório</i>			
	EXISTÊNCIA DE PLANO DE MANUTENÇÃO	Satisfatório				
	CUMPRIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO	Satisfatório				

Figura 4.22 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: descritor Estado/Condição

2.3 SEGURANÇA DA INSTALAÇÃO			
		ESTADO	OBS. <i>Cumpr; Condicionado; Não cumpre</i>
2.3.1	CUMPRIMENTO DE REQUISITOS ASSOCIADOS A EQUIPAMENTOS	Cumpr	
	CUMPRIMENTO REQUISITOS ASSOCIADOS A INST. ELÉTRICAS	Cumpr	
	PREVENÇÃO E PROTEÇÃO EM CASO DE EMERGÊNCIA	Cumpr	
	ADEQUABILIDADE DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO COLETIVA/ CONTROLO DE RISCOS	Cumpr	
2.3.2	OS PROCEDIMENTOS E INSTRUÇÕES DE TRABALHO CONTEMPLAM MEDIDAS QUE PROMOVAM A MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS EXISTENTES?	Sim	

Figura 4.23 – Ficha de avaliação da Elevatória de Seixo Alvo: descritor Segurança

4.4.5.6 Notas de inspeção de todas as EEAA da AdDP

Foram efetuadas inspeções a todas as 25 EEAA da AdDP, atividade na qual, conforme já foi referido, o autor participou. A Tabela 4.4 apresenta as classificações (parcelares e global) atribuídas a cada uma destas infraestruturas.

Tabela 4.4 – Notas de inspeção das fichas AdP

Estação Elevatória	PERFORMANCE	ESTADO OU CONDIÇÃO	SEGURANÇA	GLOBAL
E01 - Final da ETA de Lever	5,00	4,70	5,00	4,90
E02 - Lagoa	5,00	4,81	5,00	4,94
E03 - Seixo Alvo	5,00	4,89	5,00	4,96
E05 - S. Vicente Louredo - Abelheira	0	4,67	5,00	0
E05 - S. Vicente Louredo - Guisande	5,00	4,67	5,00	4,89
E07 - Escariz	5,00	4,93	5,00	4,98
E11 - S. João de Ver	5,00	4,85	5,00	4,95
E14 - Milheirós de Poiares	5,00	4,78	4,20	4,66
E16 - Mozelos	4,92	4,89	4,20	4,67
E20 - Jovim	5,00	4,85	4,20	4,68
E21 - Ramalde	4,82	4,73	5,00	4,85
E23 - Vale Ferreiros	5,00	4,85	4,20	4,68
E25 - Feiteira	5,00	4,93	4,20	4,71
E30 - Final da ETA de Castelo de Paiva	5,00	4,88	5,00	4,96
E31 - Cunha	5,00	4,85	5,00	4,95
E33 - Louredo (Paredes)	4,83	4,66	4,20	4,57
E35 - Final da ETA Ferreira	5,00	4,85	4,20	4,68
E40 - Quinta do Tapado	4,92	4,74	4,20	4,62
E43 - Final da ETA do Ferro	4,95	4,66	4,20	4,60
E44 - Pombeiro de Ribavizela	5,00	4,91	4,20	4,60
E45 - Santa Eulália - Barrosas	0	4,87	4,20	0
E45 - Santa Eulália - Cruz Nova	4,95	4,87	4,20	4,67
E46 - Cova da Lixa	5,00	4,96	4,20	4,72
E47 - Figueiró	5,00	5,00	4,20	4,73
E48 - Sete Casas	5,00	5,00	5,00	5,00
E49 - Avelal	5,00	5,00	5,00	5,00
E60 - Final da ETA de Pousada-Gôve	4,68	4,27	5,00	4,65

As elevatórias de S. Vicente de Louredo e Santa Eulália destacam-se (pela negativa) por obterem, num destino de elevação de cada uma delas, uma pontuação nula no descritor “Performance”, que se traduz numa nota global – crítica. Esta classificação negativa deve-se ao facto de que volumes elevados para esses destinos por estas EEAA em 2017 (foram os dados de 2017 os que foram utilizados nesta análise) estarem muito próximos das suas capacidades máximas. Porém, no presente ano civil tem-se vindo a verificar a diminuição dos volumes elevados, o que tem contribuído para um certo grau de restabelecimento da capacidade hidráulica das instalações em causa. De qualquer modo estas duas situações parecem merecer urgente intervenção corretiva por parte da AdDP.

As restantes EEAA também foram analisadas por destinos de elevação. Todas elas mostraram estar aptas para as solicitações, tendo todas obtido uma pontuação de excelente.

Faz-se uma análise dos descritores abordados pelas fichas das ADP:

- Performance – neste descritor, que traduz a capacidade hidráulica das instalações, estas obtiveram pontuações entre 4,68 e 5, o que significa que a capacidade hidráulica está, na sua maioria, dentro dos parâmetros aceitáveis – a capacidade hidráulica das EEAA é superior perante os volumes de água requeridos pelas populações.
- Estado ou condição – a nível deste descritor é onde são encontradas maiores diferenças entre as pontuações, estas apresentam valores entre o 4,27 e 5. Resultaram de bastante análise crítica relativamente a todos os elementos de construção analisados. Deste modo, as EEAA de Avelal, Sete Casas e Figueiró destacam-se imenso neste descritor, devido a serem instalações novas, sem qualquer tipo de patologias ou anomalias visíveis. Por sua vez a EEAA de Pousada Gôve apresenta a nota mais baixa, devido a apresentar sobretudo pouca ventilação no seu espaço interior, haver presenças de humidades gerais, alguma corrosão em elementos metálicos devido do facto de existir uma baixa taxa de renovação de ar, criando um ambiente com um nível de humidade constante.
- Segurança – aqui as pontuações apresentam dois valores 4,2 e 5,0. Todas as instalações que obtiveram pontuação de 5 cumprem todos os requisitos relativos à segurança, por outro lado, as que obtiveram 4,2 não cumprem, ou melhor, no presente ano de 2018 faltam renovar as licenças de alguns equipamentos acessórios, tais como movimentação de cargas ou de reservatórios de ar comprimido (RAC).

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DO RISCO DAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DA AdDP

5.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada a aplicação, às EEAA da AdDP, da metodologia exposta no Capítulo 3. Este trabalho, que foi efetuado pelo autor durante o seu estágio curricular, tem como finalidade vir a apoiar a AdDP nas decisões de priorização dos investimentos que, estando relacionados com tarefas de reabilitação de EEAA, esta entidade gestora entenda dever vir a tomar.

As estações elevatórias são infraestruturas constituídas por um edifício e pelos equipamentos neles alojados. A degradação da infraestrutura ocorre, usualmente, de forma independente nestes dois elementos constituintes. É esta a razão pela qual a já referida metodologia prevê que devam ser efetuadas duas análises independentes, a saber: análise relativa à construção civil e análise relativa aos equipamentos. A preparação das matrizes de risco e subsequente análise que delas foi feita, permitiu estimar o nível de risco de falha de cada EEAA. Serão estes níveis de risco de falha que possibilitarão à AdDP uma gestão racional do estado de conservação destas infraestruturas.

O procedimento de aplicação da metodologia APDA a este caso de estudo passou pelas seguintes etapas:

- i. Recolha, análise e tratamento de toda a informação relevante existente na AdDP. Verificou-se que grande parte desta informação se encontra já em formato digital, mas repartida por vários sistemas informáticos em uso na AdDP, nomeadamente: *software* AQUAMAN (listagem de todos os ativos presentes numa EEAA, conforme apresentado em 2.4.4), SIG (no qual se obtiveram os dados relativos à localização e referenciação geográfica das EEAA), CAD (consulta de Telas Finais). Quando necessário, também foram consultados os Projetos de Execução existentes na EG;
- ii. Visita e inspeção visual às EEAA (tema já abordado no Capítulo 4);
- iii. Resultados das Fichas de Avaliação da AdP;
- iv. Recolha de dados de caudais, dados energéticos e registos de avarias, referentes ao ano de 2017 (informação obtida junto da Área de Exploração da AdDP);

- v. Análise multicritério e preenchimento das matrizes de risco de falha das EEAA, de forma a determinar e comparar os níveis de risco estimados.

Uma vez de posse de toda a informação relevante disponível na AdDP, agora completada com as Notas de Inspeção atribuídas de acordo com o especificado no Capítulo 4, estavam criadas as condições para efetuar uma Análise de Risco a todas as EEAA da AdDP. Nos subcapítulos seguintes será apresentado, de forma necessariamente muito sucinta, o trabalho elaborado pelo autor de que resultou, para cada uma das EEAA da AdDP, a quantificação do Risco de Falha relativo à Construção Civil e do Risco de Falha relativo a Equipamentos. Tal como está indicado no subcapítulo 3.4.2, cada um destes dois riscos de falha resultará de duas avaliações parcelares, uma em termos de Funcionalidade e o outro em termos de Criticidade.

5.2 RISCO DE FALHA - CONSTRUÇÃO CIVIL

5.2.1 Funcionalidade

Conforme dito no subcapítulo 3.4.2.2.1, a avaliação funcional dos elementos de construção civil resulta da combinação das avaliações que esses elementos obtiverem em termos de dois critérios: o critério de Avaliação Estrutural e critério de Implicação na Operação.

As pontuações em termos de Avaliação Estrutural advêm das notas de inspeção obtidas a partir das fichas de avaliação da AdP. Duas das EEAA obtiveram pontuação nula, mas todas as restantes obtiveram notas excelente (pontuações entre 4,5 e 5). Para melhor diferenciação das notas de excelente, estas foram divididas em três patamares iguais uma vez que não faria sentido estarem todas ao mesmo nível porque dentro da referida classificação existem diferenças entre as instalações. Apresenta-se na Tabela 5.1, a nova métrica utilizada:

Tabela 5.1 – Métricas e pontuações estabelecidas para a matriz de risco de Construção Civil

Intervalo de referência	Métrica	Pontuação
[4,83; 5]	Muito Bom	1
[4,67; 4,83[Bom	2
[4,5; 4,67[Razoável	3

De seguida, na Figura 5.1, apresentam-se as pontuações atribuídas às elevatórias pertencentes ao sistema de Lever (note-se que a tabela com todos os dados consta no Anexo I – Matrizes de Risco aplicadas a elementos de construção civil).

Matriz de Risco - Construção Civil				Funcionalidade (Probabilidade)						
Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória	Avaliação Estrutural			Implicação na Operação			Funcionalidade (Probabilidade)
				Nota da Inspeção	Pontuação	Peso (80%)	Gravidade do Impacto	Pontuação	Peso (20%)	
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 - Final da ETA de Lever	Muito Bom	1,00	0,80	Sem gravidade	1,00	0,20	1
			E02 - Lagoa	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1
			E03 - Seixo Alvo	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1
			E05 - S.Vicente de Louredo	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1
			E07 - Escariz	Muito Bom	1,00		Pouco grave	3,00		1,4
			E11 - S. João de Ver	Muito Bom	1,00		Pouco grave	3,00		1,4
			E14 - Milheirós de Poiares	Razoável	3,00		Pouco grave	3,00		3
	Lever Norte	1-LV-104-106	E16 - Mozelos	Bom	2,00		Pouco grave	3,00		2,2
			E20 - Jovim	Bom	2,00		Pouco grave	3,00		2,2
			E21 - Ramalde	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1
			E23 - Vale Ferreiros	Bom	2,00		Pouco grave	3,00		2,2
			E25 - Feiteira	Bom	2,00		Sem gravidade	1,00		1,8

Figura 5.1 – Funcionalidade das EEAA do Sistema de Lever, no que diz respeito a Construção Civil

5.2.2 Criticidade

A Criticidade advém do critério Relevância e do critério Redundância. A título de exemplo são apresentadas as pontuações que, em termos de Criticidade foram atribuídas às EEAA do Sistema de Lever – ver Figura 5.3. Apenas as classificações atribuídas no critério de redundância de elevação serão aqui objeto de análise detalhada.

Como a própria designação sugere, o critério redundância busca quantificar a medida em que, no caso de se verificarem anomalias no funcionamento da EEAA em análise, existem alternativas à elevação providenciada por esta infraestrutura. Com intuito de facilitar a compreensão do que se acaba de expor atente-se na Figura 5.2, que apresenta um pormenor do sistema a cargo da AdDP. Facilmente se compreende que, caso ocorra uma anomalia na EE de Lagoa que impeça, ou comprometa, a elevação para a instalação de Seixo Alvo, é possível, a partir da ETA de Lever, entregar água na EE de Seixo Alvo. Análises deste tipo foram efetuadas para cada EEAA da AdDP.



Figura 5.2 – Redundância de elevação, detalhe da EE de Lagoa

Neste critério, as EEAA foram classificadas em cinco níveis, desde a existência de alternativa total à elevação, com pontuação 1, até à inexistência de alternativa à elevação, com pontuação 5.

Matriz de Risco - Construção Civil				Criticidade (Consequência)						
Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória	Relevância			Redundância			Criticidade (Consequência)
				Volume Anual Elevado [m ³]	Pontuação	Peso (75%)	Alternativa de Elevação	Pontuação	Peso (25%)	
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 - Final da ETA de Lever	> 10M	5,00	0,75	Total/Parcial	2	0,25	4,25
			E02 - Lagoa	5M < Vol ≤ 10M	4,00		Total	1		3,25
			E03 - Seixo Alvo	> 10M	5,00		Não	5		5
			E05 - S.Vicente de Louredo	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5		3,5
			E07 - Escariz	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75
			E11 - S. João de Ver	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5		3,5
			E14 - Milheirós de Poiaras	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5		3,5
			E16 - Mozelos	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Total	1		1,75
	Lever Norte	1-LV-104-106	E20 - Jovim	> 10M	5,00		Não/Parcial	4		4,75
			E21 - Ramalde	5M < Vol ≤ 10M	4,00		Total	1		3,25
			E23 - Vale Ferreiros	5M < Vol ≤ 10M	4,00		Não	5		4,25
			E25 - Feiteira	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75

Figura 5.3 – Criticidade das EEA do Sistema de Lever, no que diz respeito a Construção Civil

5.3 RISCO DE FALHA - EQUIPAMENTOS

5.3.1 Funcionalidade

No que respeita à análise da funcionalidade do equipamento, validou-se o grau de obsolescência, o número de anomalias e a adequação à exploração, a partir de dados recebidos da Direção de Exploração da EG.

O grau de obsolescência revela que, para todas as EEA, não existem dificuldades na obtenção de peças de reserva, ou seja, nenhuma elevatória se encontra obsoleta.

O número de anomalias foi analisado tendo por base os registos existentes no sistema de manutenção da empresa, recorrendo ao *software* AQUAMAN.

Na avaliação do último indicador de funcionalidade - adequação à exploração, foram questionados os responsáveis pela operação, verificando-se a adequação das instalações à exploração do sistema.

De seguida, na Figura 5.4, apresentam-se as pontuações atribuídas às elevatórias pertencentes ao sistema de Lever (note-se que a tabela com todos os dados consta no Anexo II – Matrizes de Risco aplicadas a Equipamentos).

Matriz de Risco - Equipamentos				Funcionalidade (Probabilidade)									
Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória	Desempenho Real								Funcionalidade (Probabilidade)	
				Grau de Obsolescência	Pontuação	Peso (20%)	Número de anomalias	Pontuação	Peso (30%)	Adequação à exploração	Pontuação		Peso (50%)
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 - Final da ETA de Lever	Sem problemas	1,00	0,20	Impacto reduzido	1,00	0,30	Adequado	1,00	0,50	1
			E02 - Lagoa	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1
			E03 - Seixo Alvo	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1
			E05 - S.Vicente de Louredo	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado com limitações	3,00		2,6
			E07 - Escariz	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado com limitações	3,00		2,6
			E11 - S.João de Ver	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado	1,00		1,6
			E14 - Milheirós de Poiares	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado	1,00		1,6
			E16 - Mozelos	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1
	Lever Norte	1-LV-104-106	E20 - Jovim	Sem problemas	1,00	Impacto médio	3,00	Adequado	1,00	1,6			
			E21 - Ramalde	Sem problemas	1,00	Impacto médio	3,00	Adequado	1,00	1,6			
			E23 - Vale Ferreiros	Sem problemas	1,00	Impacto reduzido	1,00	Adequado	1,00	1			
			E25 - Feiteira	Sem problemas	1,00	Impacto reduzido	1,00	Adequado	1,00	1			

Figura 5.4 – Funcionalidade das EEAA do Sistema de Lever, no que diz respeito a Equipamentos

5.3.2 Criticidade

Para a criticidade dos equipamentos foi utilizada a métrica, e aplicadas as pontuações, já empregues empregue na Construção Civil. Tal com já foi feito para os subcapítulos anteriores, os resultados obtidos são exemplificados com o caso do Sistema de Lever (ver Figura 5.5).

Matriz de Risco - Equipamentos				Criticidade (Consequência)						
Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória	Relevância			Redundância			Criticidade (Consequência)
				Volume anual elevado [m ³]	Pontuação	Peso (75%)	Alternativa de elevação	Pontuação	Peso (25%)	
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 - Final da ETA de Lever	> 10M	5,00	0,75	Total/Parcial	2,00	0,25	4,25
			E02 - Lagoa	5M < Vol ≤ 10M	4,00		Total	1,00		3,25
			E03 - Seixo Alvo	> 10M	5,00		Não	5,00		5
			E05 - S.Vicente de Louredo	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5,00		3,5
			E07 - Escariz	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5,00		2,75
			E11 - S.João de Ver	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5,00		3,5
			E14 - Milheirós de Poiares	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5,00		3,5
			E16 - Mozelos	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Total	1,00		1,75
	Lever Norte	1-LV-104-106	E20 - Jovim	> 10M	5,00	Não/Parcial	4,00	4,75		
			E21 - Ramalde	5M < Vol ≤ 10M	4,00	Total	1,00	3,25		
			E23 - Vale Ferreiros	5M < Vol ≤ 10M	4,00	Não	5,00	4,25		
			E25 - Feiteira	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00	Não	5,00	2,75		

Figura 5.5 – Criticidade das EEAA do Sistema de Lever, no que diz respeito para Equipamentos

5.4 RISCO DE FALHA DAS EEAA DA ADDP

A Figura 5.6 sintetiza, numa única tabela, as duas avaliações do Risco de Falha – uma relativa a falhas devidas a problemas de Construção Civil e a outra relativa a falhas devidas a problemas nos Equipamentos

– obtidas para cada uma das 25 EEAA da AdDP. Cada um destes riscos de falha resulta de produto de duas avaliações – uma em termos de Funcionalidade e a outra em termos de Criticidade – que assumem valores numa escala de 1 a 5, pelo que um Risco de Falha assumirá valores entre 1 e 25. Note-se que a criticidade para Equipamentos é igual à da Construção Civil, uma vez que para ambos os casos foi aplicada a mesma métrica.

Cálculo do Risco				Funcionalidade (Probabilidade) C.Civil	Criticidade (Consequência) C.Civil	Risco Construção Civil	Funcionalidade (Probabilidade) Equipamentos	Criticidade (Consequência) Equipamentos	Risco Equip.
Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória						
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 - Final da ETA de Lever	1,00	4,25	4,25	1,00	4,25	4,25
			E02 - Lagoa	1,00	3,25	3,25	1,00	3,25	3,25
			E03 - Seixo Alvo	1,00	5,00	5,00	1,00	5,00	5,00
			E05 - S. Vicente de Louredo	1,00	3,50	3,50	2,60	3,50	9,10
			E07 - Escariz	1,40	2,75	3,85	2,60	2,75	7,15
			E11 - S. João de Ver	1,40	3,50	4,90	1,60	3,50	5,60
			E14 - Milheirós de Poiaras	3,00	3,50	10,50	1,60	3,50	5,60
	Lever Norte	1-LV-104-106	E16 - Mozelos	2,20	1,75	3,85	1,00	1,75	1,75
			E20 - Jovim	2,20	4,75	10,45	1,60	4,75	7,60
			E21 - Ramalde	1,00	3,25	3,25	1,60	3,25	5,20
E23 - Vale Ferreiros			2,20	4,25	9,35	1,00	4,25	4,25	
Vale do Sousa	Vale do Sousa Paiva	1-VS-105-106	E25 - Feiteira	1,80	2,75	4,95	1,00	2,75	2,75
			E30 - Final da ETA de Castelo de Paiva	1,00	2,75	2,75	1,60	2,75	4,40
			E31 - Cunha	1,00	2,75	2,75	1,00	2,75	2,75
			E33 - Louredo (Paredes)	2,60	3,25	8,45	1,00	3,25	3,25
	Vale do Sousa Norte	1-VS-106-106	E35 - Final da ETA Ferreira	2,20	1,75	3,85	1,00	1,75	1,75
			E40 - Quinta do Tapado	3,00	4,25	12,75	1,60	4,25	6,80
			E43 - Final da ETA do Ferro	3,00	2,50	7,50	1,00	2,50	2,50
			E44 - Pombeiro de Ribavizela	2,60	2,50	6,50	1,60	2,50	4,00
			E45 - Santa Eulália	2,20	2,75	6,05	2,60	2,75	7,15
			E46 - Cova da Lixa	1,80	3,00	5,40	2,00	3,00	6,00
Baixo Tâmega	Baixo Tâmega Ovil	1-BT-107-106	E47 - Figueiró	1,80	3,25	5,85	1,00	3,25	3,25
			E48 - Sete Casas	1,00	2,75	2,75	1,00	2,75	2,75
			E49 - Avelal	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
			E60 - Final da ETA de Pousada-Góve	2,60	2,00	5,20	1,00	2,00	2,00

Figura 5.6 – Cálculo do Risco de Falha para a Construção Civil e para Equipamentos

Uma análise mais detalhada do Risco de Falha poderá ser conseguida por recurso à utilização de Matrizes de Risco de Falha para representar a posição de cada EEAA, no plano coordenado, mediante as pontuações por ela obtida em termos de Funcionalidade e de Criticidade. Essas análises, que implicam a construção de duas matrizes de risco, uma para Construção Civil e outra para Equipamentos, serão o objeto dos dois subcapítulos seguintes. Para facilitar a visualização foi utilizada, em cada matriz, uma paleta de cores que gradualmente vai do verde ao vermelho, passando pelo amarelo. Esta paleta foi

aplicada de modo a que a sua evolução se fizesse segundo a diagonal que ascende da esquerda para a direita, desta forma garantindo que aos verdes correspondam níveis de risco baixos e aos vermelhos correspondam níveis de risco elevado.

5.4.1 Matriz de Risco para elementos de Construção Civil

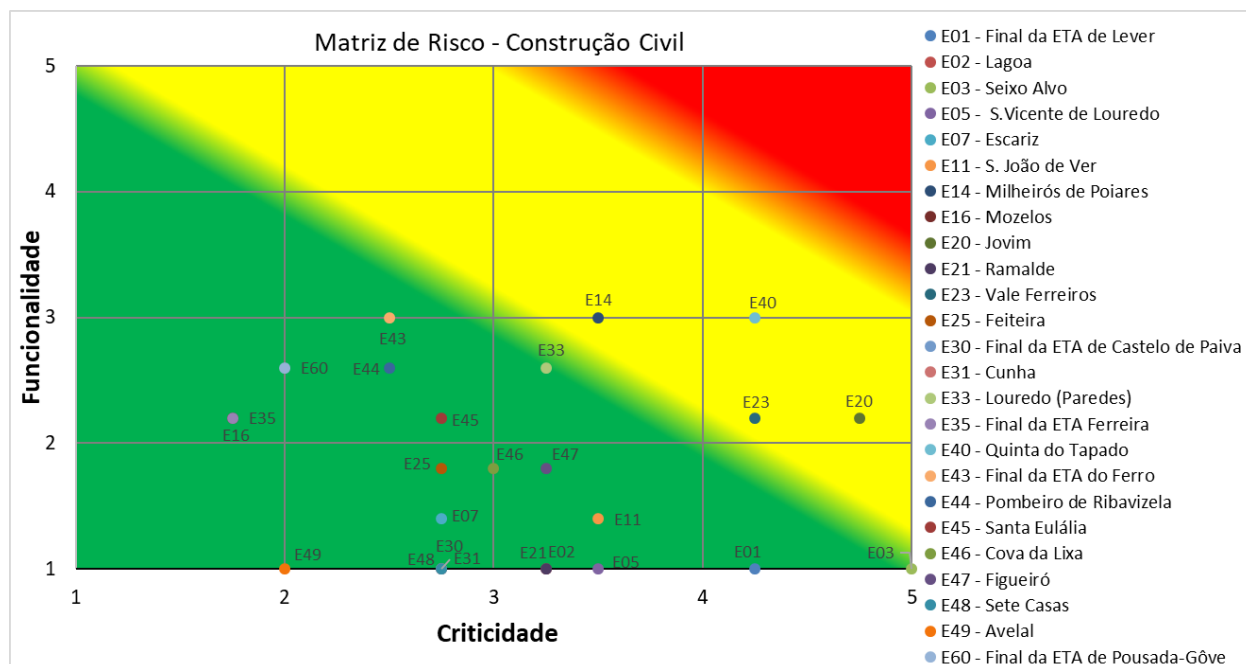


Figura 5.7 – Matriz de Risco para elementos de Construção Civil

Pela análise da matriz de construção civil (Figura 5.7), é possível verificar que as instalações com riscos moderados são: Milheirós de Poiares, Jovim, Vale Ferreiros e Quinta do Tapado

Era expectável que a instalação de Jovim atingisse estes resultados porque é das mais relevantes em termos de volume anual elevado, acima de 10 milhões de metros cúbicos ao ano. Acrescentando, ainda, a elevatória de Jovim não tem alternativa de elevação, apresenta uma redundância de elevação classificada como “não/parcial”, ou seja, até 25% da água bombeada por esta elevatória consegue ser encaminhada para outros locais.

Relativamente às instalações de Vale Ferreiros e de Quinta do Tapado, em termos de volumes encontram-se no segundo nível mais crítico, para além disto, no que concerne à alternativa de elevação, esta é inexistente, colocando-as em maior risco – moderado.

No caso da elevatória de Milheirós de Poiares, com nível de risco moderado deve-se precisamente por ter nota de inspeção razoável, um volume elevado com pontuação 3 – entre um e cinco milhões, e, por não apresentar alternativas de elevação, o que leva a este grau de risco.

No que concerne às instalações com um risco aceitável, deve-se ter em atenção a EE Final da Eta de Lever e a EE de Seixo Alvo, estas possuem uma criticidade elevada devido aos volumes elevados anualmente, são elevatórias de grande relevância no sistema da AdDP.

Relativamente à EE de Louredo e a EE Final da ETA do Ferro também não devem ser descuradas. Apresentam risco de 8,45 e 7,50, respetivamente. Estão no limiar do risco aceitável e caso não sejam cumpridas as devidas ações de manutenção, podem aumentar o grau de risco a curto/médio prazo.

Por fim, o resto das instalações possuem uma média criticidade e média funcionalidade, encontram-se na zona central da matriz de risco. Desta análise a elevatória com menor risco em termos de construção civil foi a EE de Avelal, tratando-se de uma estação elevatória nova, construída em 2014.

5.4.2 Matriz de Risco para Equipamentos

Apresenta-se na Figura 5.8, a matriz de risco de equipamentos. Observar-se, à partida que a EE de São Vicente de Louredo e a EE de Jovim estão numa zona de risco moderado.

De uma maneira geral todos os equipamentos se encontraram em boas condições como se pode verificar pela matriz de risco, apesar de possuírem uma criticidade elevada, a funcionalidade (traduz-se em probabilidade de risco) é reduzida. No entanto, a instalação referida, obteve as piores pontuações quer na funcionalidade quer na criticidade, por isto, encaminhou-a este patamar de risco intermédio.

Atente-se, também, que Jovim é uma instalação com algum grau de risco a nível de equipamentos, esta apresenta uma criticidade alta, porém, uma probabilidade baixa, isto deve-se a elevar mais de 10 milhões de metros cúbicos anualmente.

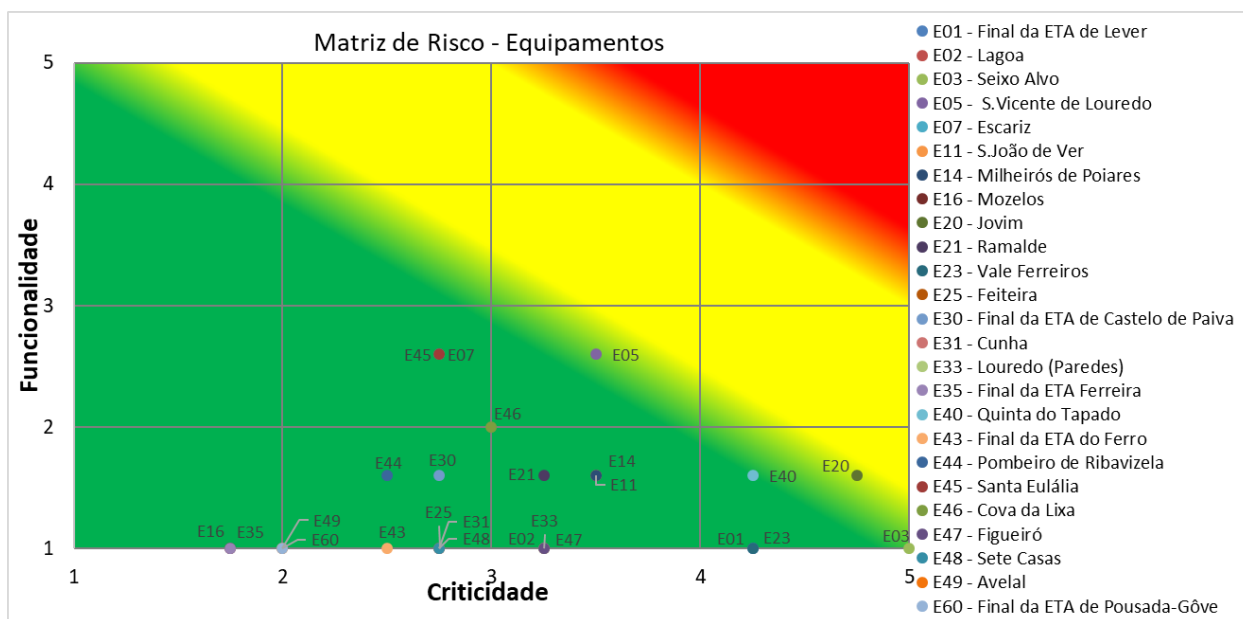


Figura 5.8 – Matriz de Risco de Equipamentos

As restantes elevatórias, tal como na análise de risco a elementos de construção civil, possuem média criticidade e uma baixa/média funcionalidade, colocando-as num nível de risco aceitável.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste capítulo serão apresentadas as conclusões do presente Relatório de Estágio, bem como, propostas e considerações para desenvolvimentos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

O presente documento refere-se ao trabalho que o autor desenvolveu durante o seu Estágio Curricular. Este estágio teve lugar na Área de Sistemas de Abastecimento de Água da AdDP e focou-se nas Estações Elevatórias, que são componente fundamental destes sistemas.

O autor, no decurso dos trabalhos que desenvolveu, teve o seu primeiro contacto com temática da Gestão de Ativos – particularmente no que à Gestão do Risco diz respeito – e crê ter ganho sensibilidade para as questões relacionadas com a Prevenção do Risco (nomeadamente mediante a extensa campanha de inspeções em que participou), com a Avaliação de Custos (de que a utilização do IVI é exemplo) e com a Sustentabilidade Ambiental (através do Indicador de Eficiência Energética). Como futuro profissional da Engenharia, o autor considera de grande interesse estas aprendizagens.

A AdDP gere um número elevado de estações elevatórias, entre muitas outras infraestruturas que servem de apoio a todo o sistema de abastecimento de água. Sendo assim é muito importante que esta EG aposte em bons métodos de manutenção e de reabilitação das suas infraestruturas, para assim procurar que o serviço prestado às populações se mantenha com os elevadíssimos níveis de qualidade que até agora tem conseguido assegurar. Para que esta aposta seja ganha é necessário que a AdDP invista, como tem vindo a investir, em medidas de gestão de infraestruturas/ativos que permitam determinar o estado de conservação das mesmas. Só assim será possível definir, com racionalidade e com a antecedência devida, quando e onde será necessário intervir num futuro próximo.

Ao longo do estágio foram várias as dificuldades que foi necessário ultrapassar. Uma das dificuldades principais foi falta de tempo para inspecionar, com o detalhe exigido, todas as elevatórias da AdDP. A esta dificuldade deve adicionar-se a duração das viagens que foi necessário efetuar e a natural falta de tempo disponível (mas enorme vontade para colaborar) por parte dos operadores das EEAA. Em termos de

trabalho de gabinete foi grande a dificuldade em reunir toda a informação necessária para o preenchimento das Fichas de Informação. Este processo, que implicou a recolha de informação junto de múltiplas áreas da AdDP (nomeadamente a Manutenção, a Contabilidade e a Sustentabilidade Empresarial) revelou-se moroso e relativamente complexo em termos burocráticos.

Após a realização das Inspeções e da Análise de Risco das EEAA da AdDP, foi possível chegar às seguintes conclusões:

1. As fichas de informação realizadas no contexto da GA, derivadas da metodologia APDA, foram uma mais valia para a empresa e para quem as consulta, fornecendo todo o tipo de informação relativa às instalações.
2. As notas de inspeção derivadas das fichas de avaliação das Águas de Portugal revelaram ser importantes no que diz respeito à capacidade hidráulica das instalações. Note-se, porém, a necessidade de adaptar alguns dos critérios às especificidades da AdDP.
3. A análise de risco mostrou o seu interesse ao evidenciar que as instalações de S. Vicente de Louredo e Jovim se encontram efetivamente no patamar de risco moderado. No que diz respeito à análise de risco aplicada à Construção Civil é opinião do autor que poderá revelar-se vantajoso estudar uma reformulação dos critérios utilizados.

Face ao trabalho realizado e que este documento apresenta, o autor entende propor distribuir as 25 EEAA analisadas por 3 classes de “necessidade de intervenção”, a saber:

- I. Classe 1: O risco de falha é elevado. Esta classe deverá incluir as duas elevatórias que estão no limite da sua capacidade, Santa Eulália e S. Vicente de Louredo.
- II. Classe 2: O risco de falha é moderado. Nesta classe deverão ser incluídas todas as elevatórias associadas as ETA, ou nas proximidades, visto os equipamentos eletromecânicos estarem mais expostos a agentes químicos agressores. Também deverão ser incluídas nesta classe mais três EE: Jovim, Seixo Alvo e Final da ETA de Lever. A inclusão destas três EE prende-se com o facto de serem infraestruturas que se revestem, para o sistema gerido pela AdDP, de relevância esmagadora.
- III. Classe 3: O risco é reduzido. Todas as restantes EE deverão ser incluídas nesta classe. Afigura-se ser interessante efetuar uma otimização energética das instalações, devido ao facto de se poder reduzir custos e, ao mesmo tempo, tornar-se-iam mais eficientes.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Relativamente às potencialidades de desenvolvimentos futuros, o autor entende apresentar as seguintes sugestões de índole “operacional”:

- Atualizar as fichas de informação devido ao facto de existir muita informação nas mesmas e serem de grande utilidade para a empresa de acolhimento;
- Dar continuidade às fichas de informação, aplicadas aos restantes sistemas, como por exemplo à captação, à adução, ao tratamento, e à reserva. Ainda há muito trabalho no contexto de Gestão de Ativos, uma vez que todas estas infraestruturas terão de ser bem geridas nas próximas décadas.
- Atualizar o nível de risco das infraestruturas de acordo com as obras de reabilitação realizadas pela empresa, melhorando a sua nota de inspeção e consequentemente a sua funcionalidade (probabilidade).
- Tornar-se a fazer a análise de risco proposta com um melhoramento, rearranjo ou inclusão de critérios quer para a funcionalidade quer para a criticidade, com vista noutra perspetiva de comparação dos resultados.

Para terminar o autor entende partilhar as seguintes reflexões, relativas a questões conceptuais:

No que à priorização das intervenções de manutenção diz respeito, os Riscos de Falha são instrumentos de apoio à decisão importantes. Porém, só serão de fácil aplicação se as intervenções de manutenção de EEAA tiverem como objeto os elementos de Construção Civil, ou os Equipamentos, mas não os dois em simultâneo. Nestas condições as “Matrizes de Risco de Falha – Construção Civil” e as “Matrizes de Risco de Falha – Equipamentos” (ver subcapítulos 5.4.1 e 5.4.2) podem revelar-se auxiliares úteis.

Poderá dar-se o caso de, para a priorização das intervenções de manutenção, se pretender considerar, em simultâneo, o estado dos elementos de Construção Civil e o estado dos Equipamentos. Dito de outro modo: poderá entender-se conveniente priorizar intervenções sobre EE, incluindo nessas intervenções a execução de trabalhos de Construção Civil e, também, a recuperação/reparação de Equipamentos. Quando for este o caso outras matrizes, que se poderão denominar Matrizes de Globais de Risco de Falha, poderão revelar-se uma interessante ferramenta de apoio à decisão.

Tendo em atenção o que está escrito no subcapítulo 3.4.2, facilmente se compreende que cada EEAA da AdDP pode ser representada por um ponto do plano de um plano coordenado, desde que cada um dos eixos coordenados seja utilizado para marcar um dos dois riscos de falha (o Risco de Falha – Construção Civil e o Risco de Falha – Equipamentos) associados a essa EEAA. A Matriz Global de Risco de Falha seria constituída pela representação, neste plano coordenado, de todas as EE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADP – Guia Metodológico: Gestão de Ativos AdP. Versão 0.0. 2014. Águas de Portugal.

AdDP – Quem somos [Em linha]. 2018. [Consultado out. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://www.addp.pt/dados.php?ref=quem-somos

AdDP – Estrutura Funcional [Em linha]. 2018. [Consultado out. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://www.addp.pt/dados.php?ref=estrutura-funcional

AdDP – Visão, Missão, Responsabilidade [Em linha]. 2018. [Consultado out. 2018]. Disponível em WWW:<URL:www.addp.pt/dados.php?ref=visao-missao-responsabilidade

AQUAMAN – [Em linha]. 2018. [Consultado ago. 2018]. Disponível em WWW:<URL:www.aquasis.pt/Cache/binImagens/Flyer_Aquaman-1054.pdf

ALEGRE, Helena - Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais. Lisboa: LNEC, 2008. ISBN 978-972-49-2134-1.

ALMEIDA, Maria Do Céu; CARDOSO, Maria Adriana – Gestão patrimonial de águas residuais e pluviais: uma abordagem centrada na reabilitação. Lisboa: ERSAR e LNEC, 2010. ISBN 978-989-8360-05-2.

Bhawganm – Compendium of Best Practices in Water Infrastructure Asset Management, Compiled and edited by Jay Bhagwan, Nov, 2009.

BRITO, Mário – Manutenção: Manual Pedagógico. 2003. ISBN: 972-8702-12-4

CARRIÇO, Nelson Jorge Gaudêncio – Metodologia multicritério de apoio à decisão na gestão patrimonial de infraestruturas urbanas de água. Lisboa, 2014. Tese de doutoramento.

CASTILHO, António, et al. – Reabilitação de edifícios: As patologias mais frequentes e as técnicas de reabilitação. Porto: [s.n], 2009.

CASTRO, Ivo Freitas – Aplicação de matrizes de risco para priorização de intervenções nas condutas adutoras da Águas do Norte. Porto: [s.n.], 2016. Tese de mestrado.

CEGA – Guia prático de aplicação de gestão de ativos: Sistemas de abastecimento de água e drenagem de águas residuais. Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas. Lisboa, 2017.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO, Russel – Aplicação do conceito de Gestão de Ativos Físicos numa Estação Elevatória de Águas. Lisboa: [s.n.], 2015. Tese de mestrado.

Covas, D., Cabral, M., Pinheiro, A., Marchionni, V., Antunes, S., Lopes, N., Mamouros, L., Brôco, N. Série Guias Técnicos nº 23 - Custos de construção de infraestruturas associadas ao ciclo urbano da água, em processo de consulta pública, 2017. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

EFAFLU – Bombas multicelulares. [Em linha]. [Consultado 3 abril 2018]. Disponível em WWW:<URL: https://www.efaflu.pt/files/ficha_datasheet_KPH,KPR,KPV.pdf

ERSAR – Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP), Vol. 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos. ISBN: 978-972-98996-2-1. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. 2017. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/site-publicacoes/Paginas/edicoes-anuais-do-RASARP.aspx> (acedido em agosto de 2018).

ERSAR, & LNEC – Série Guias Técnicos nº 22 – Guia de avaliação da qualidade dos serviços de água e resíduos prestados aos utilizadores, 3.ª geração do sistema de avaliação. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. 2017. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/publicacoes-tecnicas> (acedido em julho de 2018).

FALCAO, A. – Turbomáquinas, Folhas AEIST. Lisboa, 2004.

GRUNDFOS – Sistemas de Pressurização. Manual de Engenharia. 2005. ISBN: 972 - 99554 - 0 – 9.

INGENIUM – Inspeções: Uma ferramenta de gestão do risco. Lisboa. Julho/Agosto 2004. II Série, Número 142. ISSN 0870-5968.

LEITE, P., VIVAS, E., VALENTE, L., FERREIRA, F., REGO COSTA, J., TEIXEIRA, M. (2014), *Avaliação de desempenho de grupos eletrobomba através da realização de testes de eficiência*, 12º Congresso da Água, APRH, Lisboa, 5 a 8 de março de 2014.

LENCASTRE, Armando – Hidráulica Geral. Lisboa, 1996. ISBN: 972-95859-0-3.

LUÍS, A.M. – Noções de base sobre Gestão de Ativos, módulo do Curso “Gestão de Ativos Patrimoniais II”, Academia das Águas Livres, 14 a 16 de dezembro, Lisboa, 2015.

LUÍS, A.M. – Gestão de Risco, módulo do Curso “Sistemas de Gestão de Ativos – Organização e metodologias avançadas”, Academia das Águas Livres, 11 a 13 de março, Lisboa, 2015.

LOPES, Rui Bonifácio Viana – Análise do fenómeno de choque hidráulico numa estação elevatória de águas residuais: Modelação e análise de funcionamento. Porto: [s.n.], 2016. Tese de mestrado.

MACEDO, Noémia Pereira – Estudo de patologias em instalações prediais de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. Porto: [s.n.], 2015. Tese de mestrado.

- MARTINS, Tiago José Carrilho – Sistemas de abastecimento de água para consumo humano: Desenvolvimento e aplicação de ferramenta informática para a sua gestão integrada. Bragança: [s.n.], 2014. Tese de mestrado.
- MENDES, Luís Filipe Martins – Métodos clássicos de proteção de sistemas elevatórios contra o golpe de aríete. Lisboa: [s.n.], 2011. Tese de mestrado.
- MARQUES, José; SOUSA, Joaquim. Hidráulica Urbana – Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais. 2ª Edição. ISBN 978-989-26-0124-3 – Imprensa da Universidade de Coimbra, 2009.
- MONTEIRO, António Jorge – Sistemas de abastecimento de água e ambiente, 2015. [Em linha]. [Consult. 14 jul. 2018]. Disponível em WWW:<URL:https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/282093452002950/Agua%20e%20Saneamento_VAE_2015.pdf
- MOREIRA, Diogo – Contributos para o plano estratégico de gestão de ativos de um sistema multimunicipal de abastecimento de água. FEUP. Porto [s.n.], 2018. Tese de mestrado.
- MOREIRA, Lisete – Aplicação de ferramentas de gestão de ativos numa empresa do setor do saneamento básico. ISEP. Porto [s.n.], 2017. Tese de mestrado.
- NP ISO 55000 2016 – Gestão de Ativos, visão geral, princípios e terminologia. Instituto Português da Qualidade (IPQ).
- PIQUEIRO, Francisco – Choque Hidráulico, elementos de apoio da cadeira de Hidráulica Urbana e Ambiental, FEUP, Porto, 2017/2018.
- PINTO, Marco – Avaliação do Choque Hidráulico e Dispositivos de Proteção em Estações Elevatórias de Águas Residuais. ISEP. Porto [s.n.], 2016. Tese de mestrado.
- SALVADOR, João – Corrosão e proteção, 2007. [Em linha]. [Consult. 19 set. 2018]. Disponível em WWW:<URL:http://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571452054/Capitulo3(2007).pdf
- SILVA, J. Alvenarias não estruturais. Patologias e estratégias de reabilitação. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B. Lourenço & H. Sousa (Eds.), Porto, 2002.
- SOUSA, Ana - Metodologia de otimização energética da operação de sistemas de abastecimento de água com base num caso de estudo. Porto [s.n.], 2016. Tese de mestrado.
- TABORDA, Rui – Textos de apoio à disciplina de Conservação e Reabilitação. ISEP. Porto, 2010.
- VASCONCELOS, Pedro – Sistema de Gestão de Ativos e Manutenção. Porto [s.n.], 2009. FEUP. Tese de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIVAS, Eduardo; LEITE, Pedro; VALENTE, Luís – Avaliação de desempenho de sistemas elevatórios na perspectiva de gestão de ativos. Experiência acumulada na realização de testes a grupos eletrobomba *in loco*. 2018.

VIVAS, Eduardo – Apontamentos da disciplina de Hidráulica Urbana. ISEP. Porto, 2017.

**ANEXO I – MATRIZ DE RISCO APLICADA A ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO
CIVIL**

Anexo I – Matriz de Risco aplicada a elementos de Construção Civil

Matriz de Risco - Construção Civil				Funcionalidade (Probabilidade)						Criticidade (Consequência)						Risco		
Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória	Avaliação Estrutural			Implicação na Operação			Funcionalidade (Probabilidade)	Relevância			Redundância			Criticidade (Consequência)	
				Nota da Inspeção	Pontuação	Peso (80%)	Gravidade do Impacto	Pontuação	Peso (20%)		Volume Anual Elevado [m³]	Pontuação	Peso (75%)	Alternativa de Elevação	Pontuação			Peso (25%)
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 - Final da ETA de Lever	Muito Bom	1,00	0,80	Sem gravidade	1,00	0,20	1	> 10M	5,00	0,75	Total/Parcial	2	0,25	4,25	4,25
			E02 - Lagoa	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1	5M < Vol ≤ 10M	4,00		Total	1		3,25	3,25
			E03 - Seixo Alvo	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1	> 10M	5,00		Não	5		5	5
			E05 - S.Vicente de Louredo	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5		3,5	3,5
			E07 - Escariz	Muito Bom	1,00		Pouco grave	3,00		1,4	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75	3,85
			E11 - S. João de Ver	Muito Bom	1,00		Pouco grave	3,00		1,4	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5		3,5	4,9
			E14 - Milheirós de Poiares	Razoável	3,00		Pouco grave	3,00		3	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5		3,5	10,5
			E16 - Mozelos	Bom	2,00		Pouco grave	3,00		2,2	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Total	1		1,75	3,85
	Lever Norte	1-LV-104-106	E20 - Jovim	Bom	2,00	Pouco grave	3,00	2,2	> 10M	5,00	Não/Parcial	4	4,75	10,45				
			E21 - Ramalde	Muito Bom	1,00	Sem gravidade	1,00	1	5M < Vol ≤ 10M	4,00	Total	1	3,25	3,25				
			E23 - Vale Ferreiros	Bom	2,00	Pouco grave	3,00	2,2	5M < Vol ≤ 10M	4,00	Não	5	4,25	9,35				
			E25 - Feiteira	Bom	2,00	Sem gravidade	1,00	1,8	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00	Não	5	2,75	4,95				
Vale do Sousa	Vale do Sousa Paiva	1-VS-105-106	E30 - Final da ETA de Castelo de Paiva	Muito Bom	1,00	0,80	Sem gravidade	1,00	0,20	1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00	0,75	Não	5	0,25	2,75	2,75
			E31 - Cunha	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75	2,75
			E33 - Louredo (Paredes)	Razoável	3,00		Sem gravidade	1,00		2,6	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não/Parcial	4		3,25	8,45
			E35 - Final da ETA Ferreira	Bom	2,00		Pouco grave	3,00		2,2	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Total	1		1,75	3,85
	Vale do Sousa Norte	1-VS-106-106	E40 - Quinta do Tapado	Razoável	3,00		Pouco grave	3,00		3	5M < Vol ≤ 10M	4,00		Não	5		4,25	12,75
			E43 - Final da ETA do Ferro	Razoável	3,00		Pouco grave	3,00		3	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não/Parcial	4		2,5	7,5
			E44 - Pombeiro de Ribavizela	Razoável	3,00		Sem gravidade	1,00		2,6	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não/Parcial	4		2,5	6,5
			E45 - Santa Eulália	Bom	2,00		Pouco grave	3,00		2,2	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75	6,05
			E46 - Cova da Lixa	Bom	2,00		Sem gravidade	1,00		1,8	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Parcial	3		3	5,4
			E47 - Figueiró	Bom	2,00		Sem gravidade	1,00		1,8	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não/Parcial	4		3,25	5,85
			E48 - Sete Casas	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75	2,75
			E49 - Avelal	Muito Bom	1,00		Sem gravidade	1,00		1	≤ 0,1M	1,00		Não	5		2	2
Baixo Tâmega	Baixo Tâmega Ovil	1-BT-107-106	E60 - Final da ETA de Pousada-Gôve	Razoável	3,00	0,80	Sem gravidade	1,00	0,20	2,6	≤ 0,1M	1,00	0,75	Não	5	0,25	2	5,2

ANEXO II – MATRIZ DE RISCO APLICADA A EQUIPAMENTOS

Anexo II – Matriz de Risco aplicada a Equipamentos

Matriz de Risco - Equipamentos				Funcionalidade (Probabilidade)									Criticidade (Consequência)						Risco		
Sistema	Subsistema	Designação	Estação Elevatória	Desempenho Real									Relevância			Redundância				Criticidade (Consequência)	
				Grau de Obsolescência	Pontuação	Peso (20%)	Número e gravidade das anomalias	Pontuação	Peso (30%)	Adequação à exploração	Pontuação	Peso (50%)	Funcionalidade (Probabilidade)	Volume anual elevado [m ³]	Pontuação	Peso (75%)	Alternativa de elevação	Pontuação	Peso (25%)		
Lever	Lever Sul	1-LV-103-106	E01 - Final da ETA de Lever	Sem problemas	1,00	0,20	Impacto reduzido	1,00	0,30	Adequado	1,00	0,50	1	> 10M	5,00	0,75	Total/Parcial	2,00	0,25	4,25	4,25
			E02 - Lagoa	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	5M < Vol ≤ 10M	4,00		Total	1,00		3,25	3,25
			E03 - Seixo Alvo	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	> 10M	5,00		Não	5,00		5	5
			E05 - S.Vicente de Louredo	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado com limitações	3,00		2,6	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5,00		3,5	9,1
			E07 - Escariz	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado com limitações	3,00		2,6	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5,00		2,75	7,15
			E11 - S.João de Ver	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado	1,00		1,6	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5,00		3,5	5,6
			E14 - Milheirós de Poiães	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado	1,00		1,6	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não	5,00		3,5	5,6
			E16 - Mozelos	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Total	1,00		1,75	1,75
	Lever Norte	1-LV-104-106	E20 - Jovim	Sem problemas	1,00	Impacto médio	3,00	Adequado	1,00	1,6	> 10M	5,00	Não/Parcial	4,00	4,75	7,6					
			E21 - Ramalde	Sem problemas	1,00	Impacto médio	3,00	Adequado	1,00	1,6	5M < Vol ≤ 10M	4,00	Total	1,00	3,25	5,2					
			E23 - Vale Ferreiros	Sem problemas	1,00	Impacto reduzido	1,00	Adequado	1,00	1	5M < Vol ≤ 10M	4,00	Não	5,00	4,25	4,25					
			E25 - Feiteira	Sem problemas	1,00	Impacto reduzido	1,00	Adequado	1,00	1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00	Não	5,00	2,75	2,75					
Vale do Sousa	Vale do Sousa Paiva	1-VS-105-106	E30 - Final da ETA de Castelo de Paiva	Sem problemas	1,00	0,20	Impacto médio	3,00	0,30	Adequado	1,00	0,50	1,6	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00	0,75	Não	5	0,25	2,75	4,4
			E31 - Cunha	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75	2,75
			E33 - Louredo (Paredes)	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não/Parcial	4		3,25	3,25
			E35 - Final da ETA Ferreira	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Total	1		1,75	1,75
	Vale do Sousa Norte	1-VS-106-106	E40 - Quinta do Tapado	Sem problemas	1,00	0,20	Impacto médio	3,00	0,30	Adequado	1,00	0,50	1,6	5M < Vol ≤ 10M	4,00	0,75	Não	5	0,25	4,25	6,8
			E43 - Final da ETA do Ferro	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não/Parcial	4		2,5	2,5
			E44 - Pombeiro de Ribavizela	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado	1,00		1,6	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não/Parcial	4		2,5	4
			E45 - Santa Eulália	Sem problemas	1,00		Impacto médio	3,00		Adequado com limitações	3,00		2,6	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75	7,15
			E46 - Cova da Lixa	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado com limitações	3,00		2	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Parcial	3		3	6
			E47 - Figueiró	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	1M < Vol ≤ 5M	3,00		Não/Parcial	4		3,25	3,25
			E48 - Sete Casas	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	0,1M < Vol ≤ 1M	2,00		Não	5		2,75	2,75
			E49 - Avelal	Sem problemas	1,00		Impacto reduzido	1,00		Adequado	1,00		1	≤ 0,1M	1,00		Não	5		2	2
Baixo Tâmega	Baixo Tâmega Ovil	1-BT-107-106	E60 - Final da ETA de Pousada-Góve	Sem problemas	1,00	0,20	Impacto reduzido	1	0,30	Adequado	1,00	0,50	1	≤ 0,1M	1,00	0,75	Não	5	0,25	2	2

